

**ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI TRENTO**

**dott.ing. ROBERTO BOSETTI**

**INSCRIZIONE ALBO N° 1027**

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
*dott. ing. Roberto Bosetti*

# autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE  
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO  
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE  
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

|                |  |
|----------------|--|
| <b>A1</b>      | <b>LOTTO 2 - dal km 223+100 al km 230+717</b>  |
| <b>4.12.1.</b> | <b>INTERVENTI SULLE OPERE D'ARTE</b><br>Svincolo A4 - Viadotto rampa Venezia-Modena (pr km 227+903)<br>Relazione tecnica illustrativa e di calcolo |

|                               |           |   |   |           |  |
|-------------------------------|-----------|---|---|-----------|--|
| 0                             | MAR. 2021 | EMISSIONE   | POLUZZI                                   | M. ZINI   | C. COSTA   |
| REVISIONE:                    | DATA:     | DESCRIZIONE:  | REDAZIONE:                                | VERIFICA: | APPROVAZIONE:  |
| DATA PROGETTO:<br>LUGLIO 2009 |           |  | <b>DIREZIONE<br/>TECNICA<br/>GENERALE</b> |           | IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA:   |
| NUMERO PROGETTO:<br>31/09     |           |   |   |           | <b>ORDINE DEGLI INGEGNERI<br/>DELLA PROV. DI BOLZANO</b><br><b>Dott. Ing. CARLO COSTA</b><br>Nr. 891<br><b>INGENIEURKAMMER<br/>DER PROVINZ BOZEN</b> |



## INDICE

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>1</b>     | <b>RELAZIONE ILLUSTRATIVA</b>   | <b>10</b> |
| <b>1.1</b>   | <b>ELEMENTI STRUTTURALI</b>   | <b>14</b> |
| <b>1.1.1</b> | <b>IMPALCATO</b>  | <b>14</b> |
| 1.1.1.1      | Impalcato tipo 1  | 14        |
| 1.1.1.2      | Impalcato tipo 2  | 14        |
| <b>1.1.2</b> | <b>APPOGGI</b>  | <b>16</b> |
| <b>1.1.3</b> | <b>PILE .</b>   | <b>17</b> |
| 1.1.3.1      | Pila P1   | 17        |
| 1.1.3.2      | Pila P2   | 18        |
| <b>1.1.4</b> | <b>SPALLE</b>   | <b>19</b> |
| <b>1.2</b>   | <b>METODO DI CALCOLO</b>  | <b>22</b> |
| <b>1.2.1</b> | <b>CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA</b>                                    | <b>22</b> |
| <b>1.2.2</b> | <b>COMBINAZIONI DI CARICO</b>   | <b>27</b> |
| <b>1.2.3</b> | <b>SISTEMA DI VINCOLAMENTO</b>  | <b>30</b> |
| <b>1.2.4</b> | <b>VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO</b>   | <b>30</b> |
| <b>1.2.5</b> | <b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>   | <b>31</b> |
| <b>2</b>     | <b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>   | <b>33</b> |
| <b>2.1</b>   | <b>OPERE IN C.A. E ACCIAIO</b>  | <b>33</b> |
| <b>2.2</b>   | <b>PRINCIPI NORME UNI</b>   | <b>33</b> |
| <b>2.3</b>   | <b>PRINCIPALI ISTRUZIONI CNR</b>  | <b>34</b> |
| <b>2.4</b>   | <b>NORME STRADALI</b>   | <b>34</b> |
| <b>3</b>     | <b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>  | <b>36</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO<br/>NORMATIVA UNI EN 206-1</b> | <b>36</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>CALCESTRUZZO PER MAGRONE</b>   | <b>37</b> |
| <b>3.3</b>   | <b>CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE</b>  | <b>37</b> |
| <b>3.4</b>   | <b>CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE</b>   | <b>37</b> |
| <b>3.5</b>   | <b>CALCESTRUZZO PER OPERE DI ELEVAZIONE</b>   | <b>38</b> |
| <b>3.6</b>   | <b>CALCESTRUZZO PER IMPALCATO - MARCIAPIEDI</b>                                     | <b>38</b> |

|             |  |           |
|-------------|--|-----------|
| <b>3.7</b>  | <b>ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO</b>                        | <b>38</b> |
| <b>3.8</b>  | <b>STRUTTURE METALLICHE</b>                              | <b>39</b> |
| 3.8.1       | CARPENTERIA METALLICA                                    | 39        |
| 3.8.2       | PIOLI  | 39        |
| <b>3.9</b>  | <b>ACCIAIO PER ARMATURA DA PRECOMPRESSIONE</b>           | <b>39</b> |
| <b>3.10</b> | <b>COPRIFERRI</b>  | <b>40</b> |
| <b>4</b>    | <b>CODICI DI CALCOLO</b>                                 | <b>41</b> |
| 4.1         | SAP 2000   | 41        |
| 4.2         | ENG - SIGMAC   | 43        |
| 4.3         | VCASLU   | 45        |
| 4.4         | CMP – XFINEST  | 46        |
| <b>5</b>    | <b>RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO</b>                    | <b>48</b> |
| <b>5.1</b>  | <b>IMPALCATO TIPO 1 – VIA SUPERIORE</b>                  | <b>48</b> |
| 5.1.1       | CRITERI DI CALCOLO IMPALCATO TIPO 1                      | 49        |
| 5.1.2       | ANALISI DEI CARICHI                                      | 52        |
| 5.1.2.1     | Analisi dei carichi in generale                          | 52        |
| 5.1.2.2     | Riepilogo dei carichi agenti sulla trave più sollecitata | 54        |
| 5.1.3       | MODELLI DI CALCOLO                                       | 54        |
| 5.1.4       | ANALISI STRUTTURALE                                      | 55        |
| 5.1.4.1     | Criteri generali   | 55        |
| 5.1.4.2     | Diagrammi delle Sollecitazioni                           | 55        |
| 5.1.5       | VERIFICHE TRAVI PRINCIPALI                               | 60        |
| 5.1.5.1     | Verifiche di resistenza (SLU)                            | 60        |
| 5.1.5.1.1   | Verifica delle travi                                     | 61        |
| 5.1.5.1.2   | Verifica dei pannelli                                    | 69        |
| 5.1.5.1.3   | Verifica dei pioli                                       | 71        |
| <b>5.2</b>  | <b>IMPALCATO TIPO 2 – AD ARCO</b>                        | <b>74</b> |
| 5.2.1       | CRITERI DI CALCOLO IMPALCATO TIPO 2                      | 74        |
| 5.2.2       | ANALISI DEI CARICHI                                      | 75        |
| 5.2.3       | SOLLECITAZIONI SIGNIFICATIVE TRAVI PRINCIPALI            | 78        |
| 5.2.3.1     | Momento in mezzeria                                      | 78        |

| VIADOTTO RAMPA VENEZIA-MODENA<br>(PR KM 227+903) |  | AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.                        |                    |
|--|--|---|--------------------|
|  |  | CODIFICA DOCUMENTO<br>AI_4_12_1_RELAZIONE_CALCULO.DOC | FOGLIO<br>4 DI 268 |
| 5.2.3.2  | Taglio all'appoggio  |   | 78                 |
| 5.2.3.3  | Taglio al 1° montante  |   | 78                 |
| 5.2.4  | SOLLECITAZIONI SIGNIFICATIVE TRAVERSI                          |   | 79                 |
| 5.2.4.1  | Momento in mezzeria  |   | 79                 |
| 5.2.4.2  | Taglio all'appoggio  |   | 80                 |
| 5.2.5  | VERIFICHE  |   | 82                 |
| 5.2.5.1  | Travi principali cassonate                                     |   | 82                 |
| 5.2.5.2  | Cavi diagonali nelle travi cassonate                           |   | 83                 |
| 5.2.5.3  | Traversi   |   | 83                 |
| 6  | RELAZIONE DI CALCOLO APPOGGI                                   |   | 84                 |
| 6.1  | CARATTERISTICHE DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO – SPALLE E PILA 2 |   | 84                 |
| 6.2  | CARATTERISTICHE DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO PILA P1           |   | 87                 |
| 6.3  | VALUTAZIONE SISMICA  |   | 88                 |
| 6.4  | AZIONI SUGLI APPOGGI - SPALLE                                  |   | 89                 |
| 6.4.1  | SPALLA SA  |   | 89                 |
| 6.4.1.1  | CARICHI STATICI  |   | 89                 |
| 6.4.1.2  | SISMA  |   | 89                 |
| 6.4.2  | SPALLA SB  |   | 91                 |
| 6.4.2.1  | CARICHI STATICI  |   | 91                 |
| 6.4.2.2  | SISMA  |   | 91                 |
| 6.5  | AZIONI SUGLI APPOGGI – PILE                                    |   | 93                 |
| 6.5.1  | PILA P1  |   | 93                 |
| 6.5.1.1  | Carichi statici  |   | 93                 |
| 6.5.2  | PILA P2A   |   | 93                 |
| 6.5.2.1  | CARICHI STATICI  |   | 93                 |
| 6.5.2.2  | SISMA  |   | 94                 |
| 6.5.3  | PILA P2B   |   | 95                 |
| 6.5.3.1  | CARICHI STATICI  |   | 95                 |
| 6.5.3.2  | SISMA  |   | 95                 |
| 7  | RELAZIONE DI CALCOLO PILA                                      |   | 97                 |
| 7.1  | GEOMETRIA DELLA STRUTTURA                                      |   | 97                 |
| 7.2  | CALCOLO DELLA STRUTTURA  |   | 100                |

|   |            |
|---|------------|
| <b>7.2.1 DATI PER ANALISI SISMICA</b>                           | <b>100</b> |
| <b>7.3 PILA P1</b>  | <b>101</b> |
| <b>7.3.1 ELENCO DATI</b>  | <b>101</b> |
| 7.3.1.1 Dati generali dell'impalcato                            | 101        |
| 7.3.1.2 Dati per analisi sismica                                | 101        |
| 7.3.1.3 Dati generali della pila                                | 102        |
| 7.3.1.4 Palificata di fondazione                                | 102        |
| <b>7.3.2 AZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO</b>                  | <b>103</b> |
| 7.3.2.1 Azioni trasmesse dall'impalcato                         | 103        |
| 7.3.2.1.1 Pesì permanenti                                       | 103        |
| 7.3.2.1.2 Carichi mobili  | 103        |
| 7.3.2.1.3 Azioni orizzontali longitudinali                      | 105        |
| 7.3.2.1.4 Azioni orizzontali trasversali - Vento                | 105        |
| 7.3.2.1.5 Azioni orizzontali trasversali - Centrifuga           | 106        |
| 7.3.2.2 Azioni relative alla pila                               | 106        |
| <b>7.3.3 AZIONI IN CONDIZIONI SISMICHE</b>                      | <b>108</b> |
| 7.3.3.1 Azioni sismiche   | 108        |
| 7.3.3.2 Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno           | 109        |
| 7.3.3.3 Azioni sismiche trasmesse dall'impalcato                | 110        |
| 7.3.3.4 Azioni sismiche trasmesse dalla pila                    | 110        |
| <b>7.3.4 CASI DI CARICO E COMBINAZIONI</b>                      | <b>110</b> |
| <b>7.3.5 SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>          | <b>112</b> |
| 7.3.5.1 Sollecitazioni fusto pila                               | 112        |
| 7.3.5.2 Sollecitazioni pulvino                                  | 113        |
| 7.3.5.3 Sollecitazioni platea                                   | 113        |
| 7.3.5.4 Sollecitazioni palificata                               | 114        |
| 7.3.5.4.1 Struttura pali  | 114        |
| 7.3.5.4.2 Portanza pali   | 115        |
| <b>7.3.6 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>               | <b>116</b> |
| 7.3.6.1 Fusto della pila  | 117        |
| 7.3.6.1.1 Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A) | 117        |
| 7.3.6.1.2 Verifiche in condizioni sismiche                      | 120        |
| 7.3.6.2 VERIFICHE DEL PULVINO                                   | 122        |
| 7.3.6.3 PLATEA DI FONDAZIONE                                    | 122        |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 7.3.6.3.1 | Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A) | 124 |
| 7.3.6.3.2 | Verifiche in condizioni sismiche                      | 125 |
| 7.3.6.3.3 | Verifica di punzonamento della platea                 | 125 |
| 7.3.7     | <b>VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE</b>        | 127 |
| 7.3.7.1   | Verifica strutturale dei pali                         | 127 |
| 7.3.7.1.1 | Caratteristiche geometriche dei pali                  | 127 |
| 7.3.7.1.2 | Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A) | 127 |
| 7.3.7.1.3 | Verifiche in condizioni sismiche                      | 130 |
| 7.4       | <b>PILA P2</b>  | 132 |
| 7.4.1     | <b>ELENCO DATI</b>                                    | 132 |
| 7.4.1.1   | Dati generali dell'impalcato                          | 132 |
| 7.4.1.2   | Dati per analisi sismica                              | 133 |
| 7.4.1.3   | Dati generali della pila                              | 134 |
| 7.4.1.4   | Palificata di fondazione                              | 135 |
| 7.4.2     | <b>AZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO</b>              | 135 |
| 7.4.2.1   | Azioni trasmesse dall'impalcato                       | 135 |
| 7.4.2.1.1 | Pesi permanenti                                       | 135 |
| 7.4.2.1.2 | Carichi mobili  | 136 |
| 7.4.2.1.3 | Azioni orizzontali longitudinali                      | 138 |
| 7.4.2.1.4 | Azioni orizzontali trasversali                        | 139 |
| 7.4.2.2   | Azioni relative alla pila                             | 141 |
| 7.4.3     | <b>AZIONI IN CONDIZIONI SISMICHE</b>                  | 143 |
| 7.4.3.1   | Azioni sismiche                                       | 143 |
| 7.4.3.2   | Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno         | 144 |
| 7.4.3.3   | Azioni sismiche trasmesse dall'impalcato              | 145 |
| 7.4.3.4   | Azioni sismiche trasmesse dalla pila                  | 145 |
| 7.4.4     | <b>CASI DI CARICO E COMBINAZIONI</b>                  | 146 |
| 7.4.5     | <b>SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>      | 148 |
| 7.4.5.1   | Sollecitazioni fusto pila                             | 148 |
| 7.4.5.2   | Sollecitazioni pulvino                                | 149 |
| 7.4.5.3   | Sollecitazioni platea                                 | 149 |
| 7.4.5.4   | Sollecitazioni palificata                             | 150 |
| 7.4.5.4.1 | Struttura pali  | 150 |
| 7.4.5.4.2 | Portanza pali   | 151 |

|              |   |            |
|--------------|---|------------|
| <b>7.4.6</b> | <b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI</b>                         | <b>152</b> |
| 7.4.6.1      | Fusto della pila  | 153        |
| 7.4.6.1.1    | Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A)               | 153        |
| 7.4.6.1.2    | Verifiche in condizioni sismiche                                    | 156        |
| 7.4.6.2      | <b>VERIFICHE DEL PULVINO</b>  | <b>158</b> |
| 7.4.6.3      | <b>PLATEA DI FONDAZIONE</b>   | <b>158</b> |
| 7.4.6.3.1    | Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A)               | 160        |
| 7.4.6.3.2    | Verifiche in condizioni sismiche                                    | 161        |
| 7.4.6.3.3    | Verifica di punzonamento della platea                               | 161        |
| <b>7.4.7</b> | <b>VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE</b>                      | <b>163</b> |
| 7.4.7.1      | <b>VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI</b>                                | <b>163</b> |
| 7.4.7.1.1    | Caratteristiche geometriche dei pali                                | 163        |
| 7.4.7.1.2    | Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A)               | 163        |
| 7.4.7.1.3    | Verifiche in condizioni sismiche                                    | 166        |
| <b>8</b>     | <b>RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE</b>                                  | <b>168</b> |
| <b>8.1</b>   | <b>SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA</b>                             | <b>168</b> |
| 8.1.1        | SPALLA  | 168        |
| 8.1.2        | IMPALCATO   | 169        |
| 8.1.3        | CONVENZIONI SUI SEGNI   | 173        |
| <b>8.2</b>   | <b>DATI PER ANALISI SISMICA</b>                                     | <b>174</b> |
| <b>8.3</b>   | <b>ELENCO DATI</b>  | <b>174</b> |
| 8.3.1        | DATI RELATIVI ALLE TRAVI  | 174        |
| 8.3.2        | DATI RELATIVI ALLA SOLETTA, ALLA PAVIMENTAZIONE ED ALLE<br>FINITURE | 174        |
| 8.3.3        | DATI RELATIVI AI CARICHI MOBILI                                     | 175        |
| 8.3.4        | DATI RELATIVI ALLE AZIONI SISMICHE                                  | 176        |
| 8.3.5        | DATI RELATIVI AGLI APPOGGI ED ALLA CURVATURA IMPALCATO              | 177        |
| 8.3.6        | DATI RELATIVI AI BAGGIOLI   | 177        |
| 8.3.7        | DATI RELATIVI ALLA SPALLA   | 177        |
| 8.3.8        | DATI RELATIVI ALLA PLATEA DI FONDAZIONE                             | 178        |
| 8.3.9        | DATI RELATIVI AL TERRENO  | 178        |
| 8.3.10       | DATI RELATIVI ALLA PALIFICATA DI FONDAZIONE                         | 179        |



|            |   |            |
|------------|---|------------|
| <b>8.4</b> | <b>CASI DI CARICO E COMBINAZIONI</b>            | <b>180</b> |
| 8.4.1      | CARICHI ELEMENTARI SAP2000                      | 180        |
| 8.4.2      | CARICHI ELEMENTARI CMP                          | 183        |
| 8.4.3      | COMBINAZIONI DI CARICO CMP                      | 185        |
| 8.4.3.1    | Involuppi di base                               | 185        |
| 8.4.3.2    | Involuppi principali                            | 192        |
| <b>8.5</b> | <b>AZIONI</b>                                   | <b>199</b> |
| 8.5.1      | AZIONI TRASMESSE ALL'IMPALCATO                  | 199        |
| 8.5.1.1    | Carichi permanenti                              | 199        |
| 8.5.1.2    | Carichi accidentali                             | 199        |
| 8.5.1.3    | Azione di frenamento                            | 200        |
| 8.5.1.4    | Azione centrifuga                               | 200        |
| 8.5.1.5    | Azione del vento                                | 201        |
| 8.5.1.6    | Azione sismica                                  | 202        |
| 8.5.1.7    | Azione di attrito                               | 202        |
| 8.5.2      | AZIONI RELATIVE ALLA SPALLA                     | 203        |
| 8.5.2.1    | Peso proprio                                    | 203        |
| 8.5.2.2    | Spinta delle terre                              | 203        |
| 8.5.2.2.1  | Spinta Del Terreno Di Monte                     | 203        |
| 8.5.2.2.2  | Spinta Relativa Del Sovraccarico Sul Terrapieno | 204        |
| 8.5.2.2.3  | Spinta Relativa Al Terreno Di Valle             | 207        |
| 8.5.2.2.4  | Carico Sulla Platea Fondazione                  | 207        |
| 8.5.2.3    | Azione del vento                                | 207        |
| 8.5.2.4    | Azione sismica                                  | 207        |
| 8.5.2.4.1  | Azioni Inerziali                                | 207        |
| 8.5.2.4.2  | Spinta Terre                                    | 208        |
| <b>8.6</b> | <b>SOLLECITAZIONI</b>                           | <b>212</b> |
| 8.6.1      | SOLLECITAZIONI PALIFICATA DI FONDAZIONE         | 212        |
| 8.6.1.1    | Stati limite ultimi Struttura: A1+M1            | 213        |
| 8.6.1.2    | Stati limite ultimi Geotecnica: A2+M1           | 217        |
| 8.6.1.3    | Condizione sismica Struttura: A1+M1             | 218        |
| 8.6.1.4    | Condizione sismica Geotecnica: A2+M1            | 222        |
| 8.6.2      | SOLLECITAZIONI MURI DI RISVOLTO                 | 223        |
| 8.6.2.1    | Stati limite ultimi Struttura: A1+M1            | 224        |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 8.6.2.2 | Condizione sismica Struttura: A1+M1                     | 226 |
| 8.6.3   | SOLLECITAZIONI FUSTO                                    | 229 |
| 8.6.3.1 | Stati limite ultimi Struttura: A1+M1                    | 230 |
| 8.6.3.2 | Condizione sismica Struttura: A1+M1                     | 232 |
| 8.7     | VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI                    | 235 |
| 8.7.1   | VERIFICHE FUSTO   | 236 |
| 8.7.1.1 | Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione | 236 |
| 8.7.1.2 | Verifiche a taglio allo stato limite ultimo             | 238 |
| 8.7.1.3 | Verifiche in campo elastico (sisma)                     | 238 |
| 8.7.2   | VERIFICHE MURI DI RISVOLTO                              | 245 |
| 8.7.2.1 | Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione | 245 |
| 8.7.2.2 | Verifiche a taglio allo stato limite ultimo             | 247 |
| 8.7.2.3 | Verifiche in campo elastico (sisma)                     | 247 |
| 8.7.3   | VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE                            | 255 |
| 8.7.3.1 | Geometria adottata per le verifiche                     | 255 |
| 8.7.3.2 | Verifiche allo stato limite ultimo per flessione        | 257 |
| 8.7.3.3 | Verifiche a taglio allo stato limite ultimo             | 260 |
| 8.7.3.4 | Verifiche in campo elastico (sisma)                     | 261 |
| 8.7.3.5 | Verifiche a taglio (sisma)                              | 264 |
| 9       | RELAZIONE GEOTECNICA – PORTANZA PALI                    | 266 |
| 9.1     | VERIFICA DI PORTANZA DEI PALI DELLE PILE                | 266 |
| 9.2     | VERIFICA DI PORTANZA DEI PALI DELLE SPALLE              | 266 |
| 9.3     | INDIVIDUAZIONE PORTANZA PALI                            | 267 |

## 1 RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Nell'ambito del progetto definitivo di adeguamento del tracciato A22 tra lo svincolo di Verona Nord (km 225+372) ed il sovrappasso della linea ferroviaria Verona-Mantova (km 230+163) è previsto l'intervento di allargamento del tratto autostradale in prossimità del ponte di sovrappasso all'Autostrada Serenissima.

La criticità del nodo richiede la necessità di deviare le rampe di accesso alla A22, che attualmente si innestano sull'opera di scavalco A4 (accelerazione verso Modena sulla via sud, e accelerazione verso Trento sulla via nord), realizzando a tergo dell'asse principale due nuovi viadotti.

Per ridurre i carichi in gioco la soluzione più indicata è apparsa quella di impalcati metallici a lastra ortotropa, da montare sulla stessa sede del rilevato per organizzare lo spostamento (varo) su carrelli adeguati in ore notturne con sospensione momentanea del traffico dell'Autostrada A4.

La geometria si presenta come ponti a 3 campate in struttura mista acciaio-calcestruzzo e lastra ortotropa: dalla spalla A alla pila P2, il ponte a via di corsa superiore scavalca una rampa, mentre dalla pila P2 alla spalla B l'opera a via di corsa inferiore sovrappassa l'autostrada Serenissima;

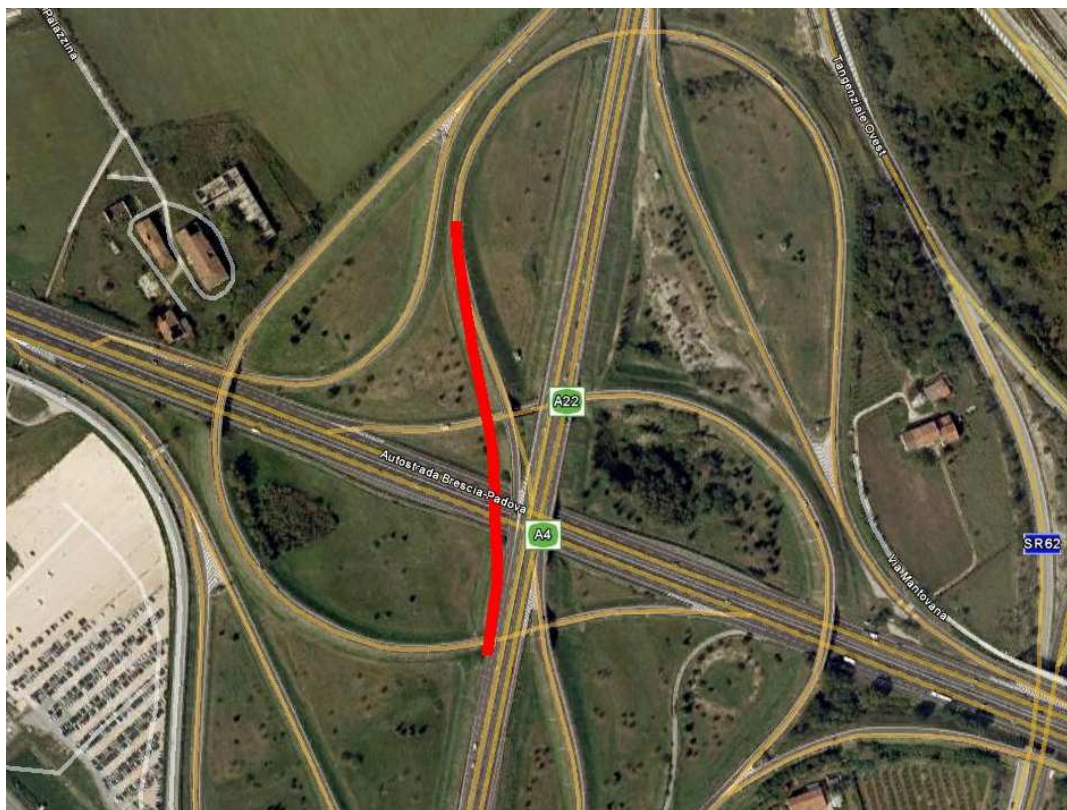


Figura 1.1 Vista planimetrica stato di fatto

La luce delle campate lungo l'asse tracciamento risultano:

da spalla SA a pila P1 e da pila P1 a pila P2     $L_c = 16.00\text{m}$  (con un retrotrave di 0.50msu spalla e 0.40m su pila):

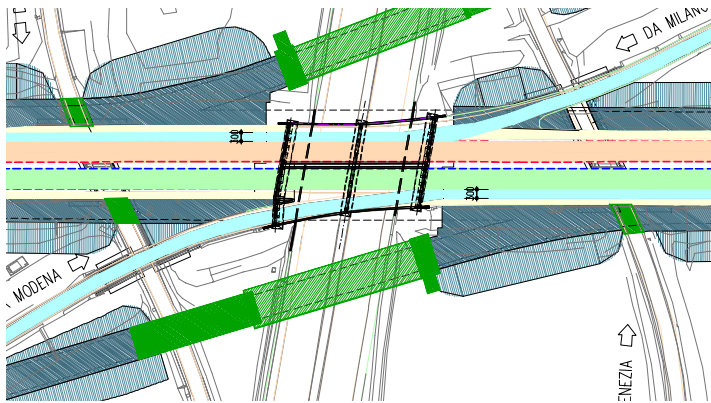
da pila P2 a spalla SB

Lc = 61.60m (con un retrotrave di 0.50m)

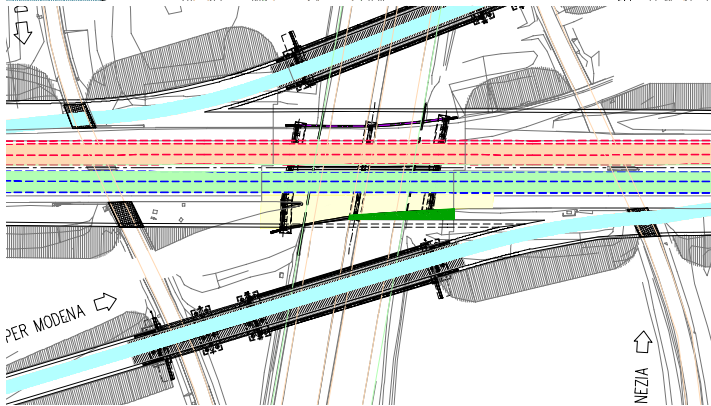
Il franco minimo garantito nel progetto rispetto alla sottopassante Autostrada Serenissima è pari a 5.30m.

Per quanto riguarda i manufatti del nodo di intersezione fra A22 e A4, si presentano problematiche di mantenimento del traffico anche (ovviamente) per tutto il sistema di interscambio fra le due Autostrade; l'intervento di allargamento comporta pertanto cinque fasi realizzative, durante le quali deve essere mantenuto il traffico, garantendo un minimo di n.2 corsie per senso di marcia:

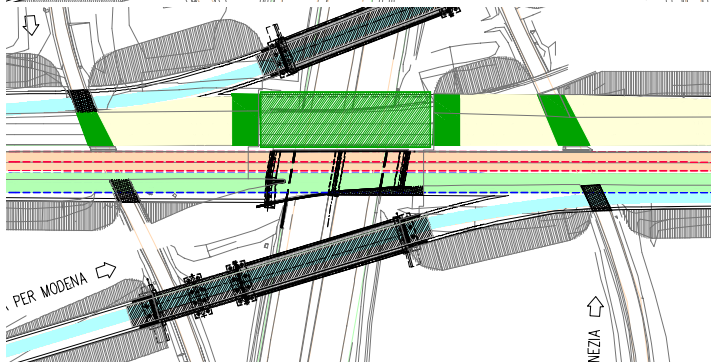
1. regimazione del traffico sia in direzione nord, sia in direzione sud individuando 2 corsie per senso di marcia rispettivamente di 3.75m per la marcia e 3.25m per il sorpasso. la corsia di emergenza (o parte delle corsie di immissione opportunamente ristrette) saranno occupate dal cantiere. Realizzazione dei rilevati necessari per consentire l'allargamento a tre corsie della A22 e per consentire la realizzazione degli svincoli VE-MO e MI-TN in progetto. Realizzazione di opere d'arte per l'ampliamento dei manufatti esistenti, inizio della costruzione dei due ponti definitivi delle rampe VE-MO e MI-TN (spalle, pile e campate a via di corsa superiore). Demolizione e costruzione degli impalcati delle piste, si prevede la sospensione del traffico nelle ore notturne. Realizzazione degli impalcati a via di corsa inferiore e varo degli stessi di punta dalla campata realizzata in precedenza con sospensione di traffico notturna su A4.
2. deviazione definitiva del traffico sulle rampe VE-MO e MI-TN, mantenendo la regimazione del traffico sulla A22. Limitazione del cantiere in prossimità dell'impalcato della via sud esistente relativamente all'opera di scavalco serenissima per consentire l'allargamento temporaneo della stessa previa realizzazione di una mensola sulla pila esistente e di una spalla provvisoria lato Modena. Realizzazione dell'opera lato via nord della pista VE-MO.
3. deviazione traffico sulla via sud (due corsie per senso di marcia). Realizzazione delle opere sulla via nord. Realizzazione degli impalcati a via di corsa inferiore e varo degli stessi con l'impiego di opportuni carrelli con sospensione di traffico notturna su A4.
4. deviazione del traffico sulla via nord (due corsie per senso di marcia). Realizzazione delle opere sulla via sud. Realizzazione degli impalcati a via di corsa inferiore e varo degli stessi con l'impiego di opportuni carrelli con sospensione di traffico notturna su A4.
5. completamento delle opere della via sud con mantenimento del traffico sulla via nord.



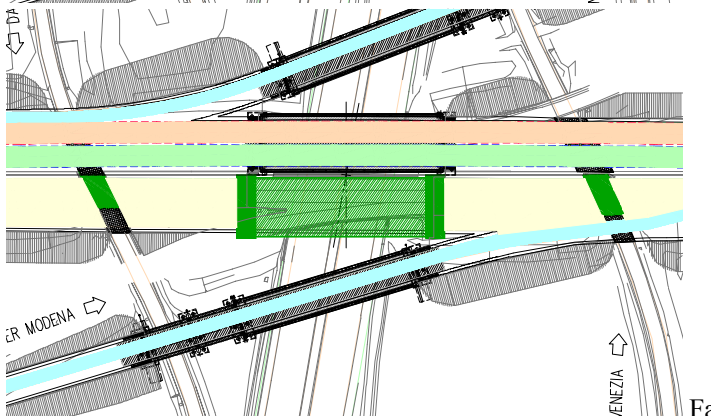
Fase 1



Fase 2



Fase 3



Fase 4 e 5



## 1.1 ELEMENTI STRUTTURALI

### 1.1.1 IMPALCATO

Si identificano due tipologie differenti di impalcato, che per comodità chiameremo “Tipo 1” tra la spalla A e la pila P2, e “Tipo 2” tra la pila P2 e la spalla B.

#### 1.1.1.1 Impalcato tipo 1

Il viadotto si presenta ad un'unica carreggiata a due campate di luce pari a 16.00m ciascuna, e retro trave di 0.50m; la larghezza totale dell'impalcato è pari a 11.16m, ottenuta dalla somma della corsia di marcia (4.00m) e delle banchine (1.00+3.00m), oltre che dai cordoli per il sostegno delle barriere di sicurezza di larghezza 1.30m. La pendenza trasversale della carreggiata ha un valore costante del 2.50%.

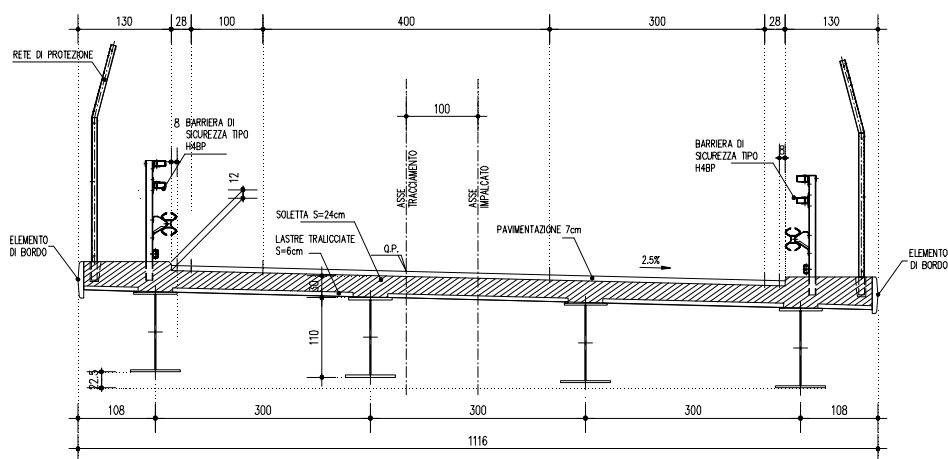


Figura 1.5 Sezione trasversale via superiore

#### 1.1.1.2 Impalcato tipo 2

Il viadotto ad unica carreggiata presenta una luce pari a 61.20m, e retrotrave di 0.50m.

La larghezza totale dell'impalcato è pari a 11.16m, ed è inserito tra le travi principali di interasse 12.20m, ed ingombro esterno-esterno pari a 13.16m. La larghezza totale dell'impalcato è dovuta alla somma delle larghezze di due cordoli esterni di 1.30m e ad una superficie carrabile totale di 8.28m (0.28+1.00+4.00+3.00+0.28m) comprensivi dell'ingombro degli elementi di bordo (8.0cm). La pendenza trasversale della carreggiata ha un valore costante del 2.50% in destra.

L'impalcato è a lastra ortotropa nervata in acciaio e trasversi collegati alle travi principali composte a sezione variabile (cassone chiuso alle estremità e doppia “U” nella parte centrale con barre Gewy di apprensione).

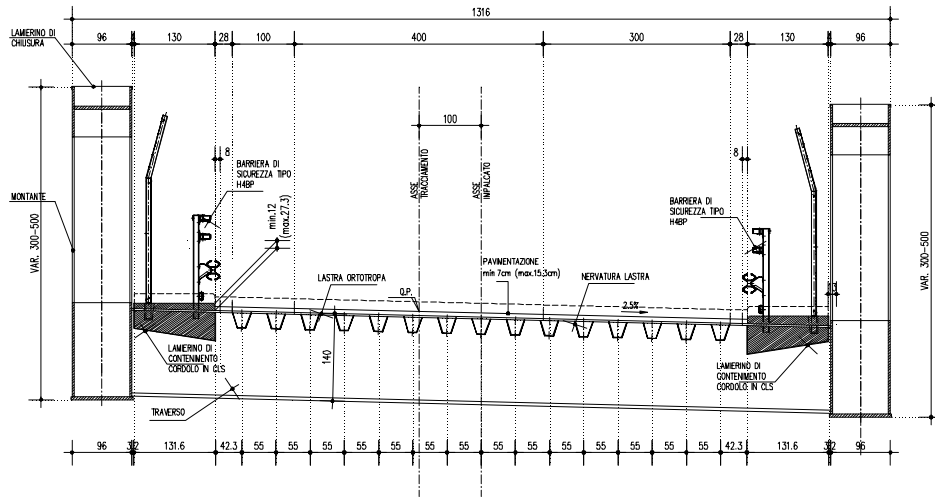


Figura 1.6 Sezione trasversale via inferiore



### 1.1.2 APPOGGI

Si prevede che le spalle siano sede di isolatori elastomerici antisismici ad alta dissipazione con le caratteristiche riportate nelle tavole grafiche, realizzati mediante un cuscino di elastomero armato ad alto valore di smorzamento, vulcanizzato sopra e sotto ad una piastra di acciaio a cui va fissata mediante viti una o più piastre con funzione di ancoraggio.

La pila P1 sarà dotata di appoggi multidirezionali, mentre la pila P2 sarà sede di isolatori elastomerici antisismici diversificati per gli appoggi dell'impalcato a via superiore e per gli appoggi dell'impalcato ad arco.

Tale sistema di vincolamento consente di trasferire le azioni sismiche longitudinali trasmesse dagli impalcati alle spalle ed alla pila P2.

I dispositivi previsti sono disposti sulle spalle e sulle pile con la logica seguente:

*Direzione longitudinale e trasversale:*

- Spalla A: 4 isolatori elastomerici
- Pila P1: 4 appoggi multidirezionali
- Pila: 4+2 isolatori elastomerici
- Spalla B: 2 isolatori elastomerici

I dispositivi saranno progettati affinché resistano all'azione di progetto allo stato limite ultimo, così come prescritto dalla nuova normativa sismica riportata nelle Nuove norme Tecniche, per un evento sismico con periodo di ritorno di circa 1900 anni (vita nomina  $V_n=100$ , coefficiente d'uso  $C_u=2$ ).

### 1.1.3 PILE .

Il viadotto oggetto della presente relazione è costituito da due pile di tipologia diversificata: la pila P1 sostiene l'impalcato continuo su due campate a via di corsa superior; la pila P2 sostiene entrambe le tipologie di impalcato.

#### 1.1.3.1 Pila P1

La pila presenta una sezione in pianta a forma di rettangolo allungato a sezione piena, di dimensioni 1.20m x 14.40m; l'altezza della pila è costante pari a 7.50m.

Il plinto di fondazione ha spessore pari a 1.50m e presenta una sezione in pianta di dimensioni 6.00m x 15.00m; è posto su palificata da 8 pali  $\Phi = 1200\text{mm}$ ,  $L=25.00\text{m}$ , interessati di 4.20m in direzione trasversale e di 3.60m in direzione longitudinale all'asse del ponte.

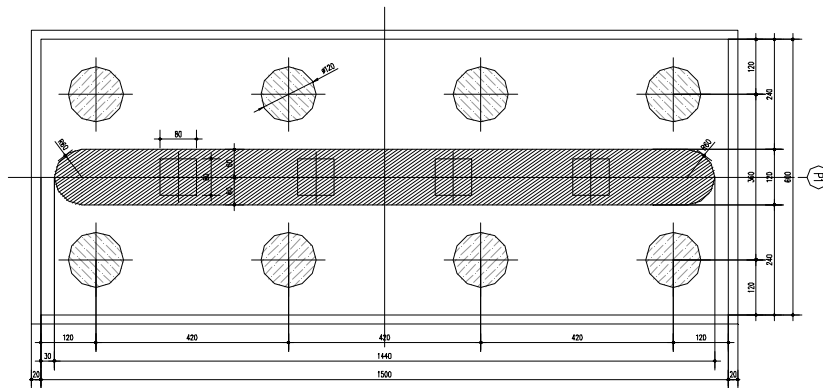


Figura 1.7 Pila P1 – Pianta

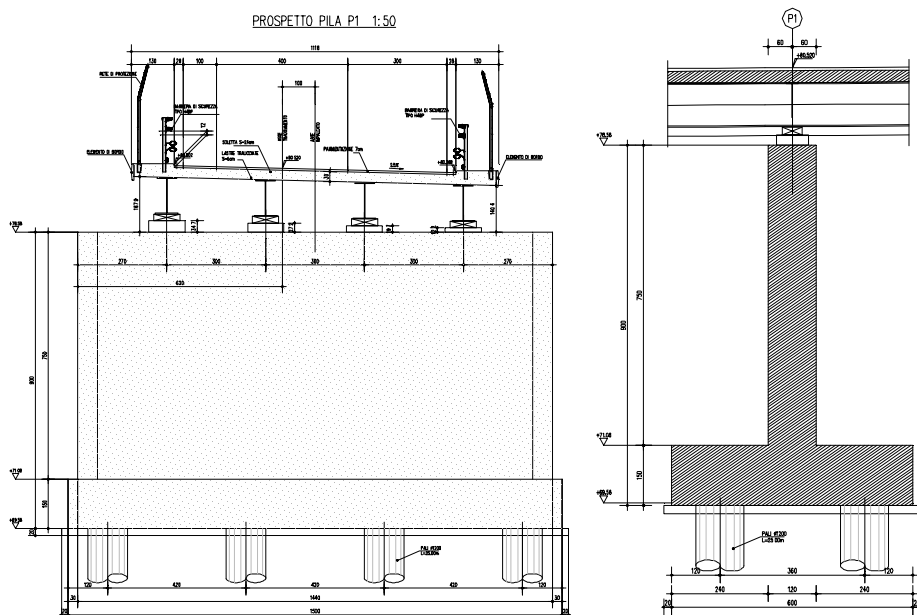


Figura 1.8 Pila P1 - Sezione in retto impalcato e sezione trasversale

### 1.1.3.2 Pila P2

La pila presenta una sezione in pianta a forma di rettangolo allungato a sezione piena, di dimensioni 4.40m x 14.40m; l'altezza della pila è costante pari a 7.40m.

Il plinto di fondazione ha spessore pari a 1.50m e presenta una sezione in pianta di dimensioni 6.80m x 15.00m; è posto su palificata da 8 pali  $\Phi = 1200\text{mm}$ ,  $L=25.00\text{m}$ , interessati di 4.20m in direzione trasversale e di 3.40m in direzione longitudinale all'asse del ponte. La larghezza del fusto è stata condizionata dalla presenza dei dispositivi di appoggio (4+2 appoggi) oltre che dalle sollecitazioni afferenti.

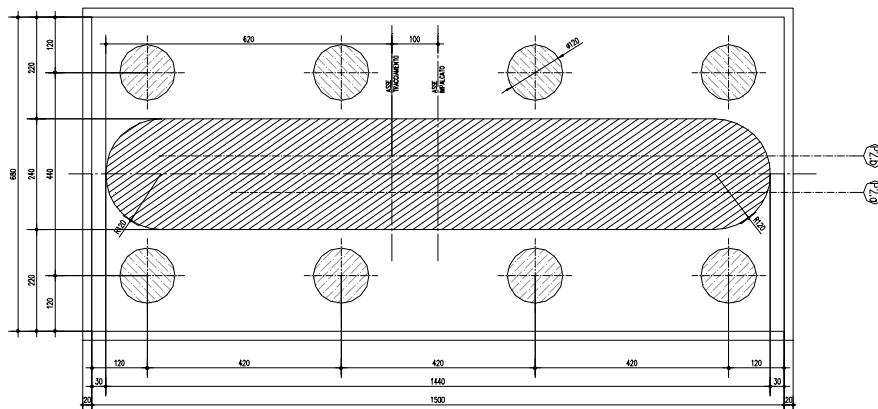


Figura 1.9 Pila P2 – Pianta

PROSPETTO PILA P2 1:50

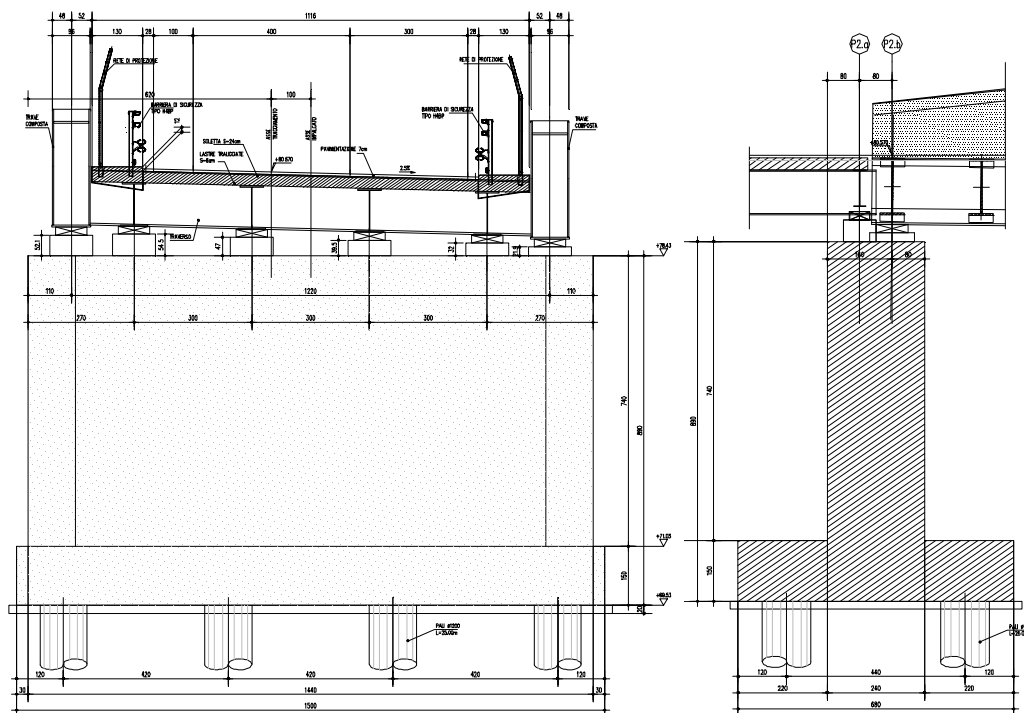


Figura 1.10 Pila P2 - Sezione in retto impalcato e sezione trasversale

### 1.1.4 SPALLE

Le spalle del ponte prevedono una fondazione a platea, di altezza 2.00m su 16 pali  $\phi=1200\text{mm}$  disposti su tre file,  $L=25.00\text{m}$ , unica per pareti di risvolto e fusto: differiscono sostanzialmente per il tipo di impalcato che afferrisce alle stesse, mentre la geometria è molto simile, presentando un'altezza massima di circa 9.00m, dei risvolti di 0.80m di spessore ed orecchie di spessore 0.60m e lunghezza 2.40m.

A prosecuzione della spalla SA si individuano due muri d'ala, giuntati di altezza massima 4.00m e ciabatta di fondazione ( $S=0.80\text{m}$ ), mentre la spalla SB individua un unico muro d'ala in destra (delle stesse dimensioni), mentre in sinistra il risvolto assume una geometria tale da consentire il sostegno del rilevato fino al giunto con la spalla SB dell'opera della via Sud dell'opera principale.

PIANTA FONDAZIONE E SPICCATO ELEVAZIONE SPALLA A 1:50

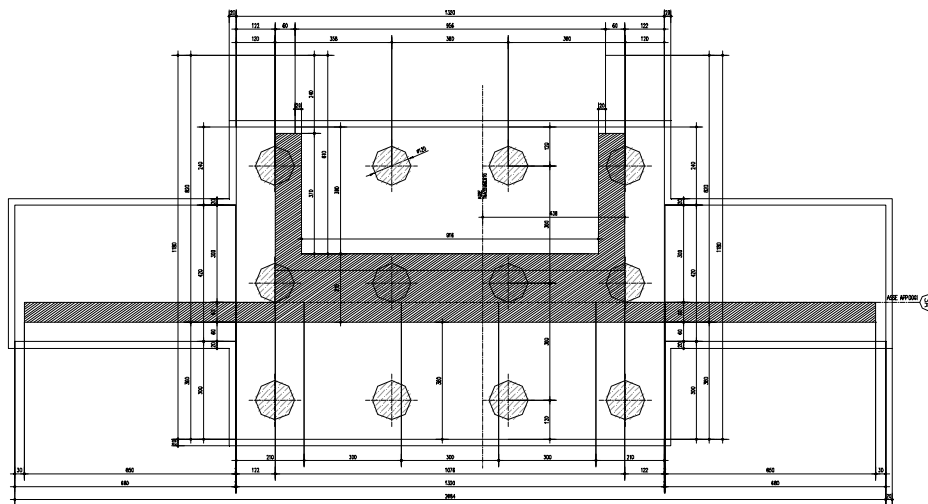


Figura 1.11 Spalla SA- Pianta fondazioni

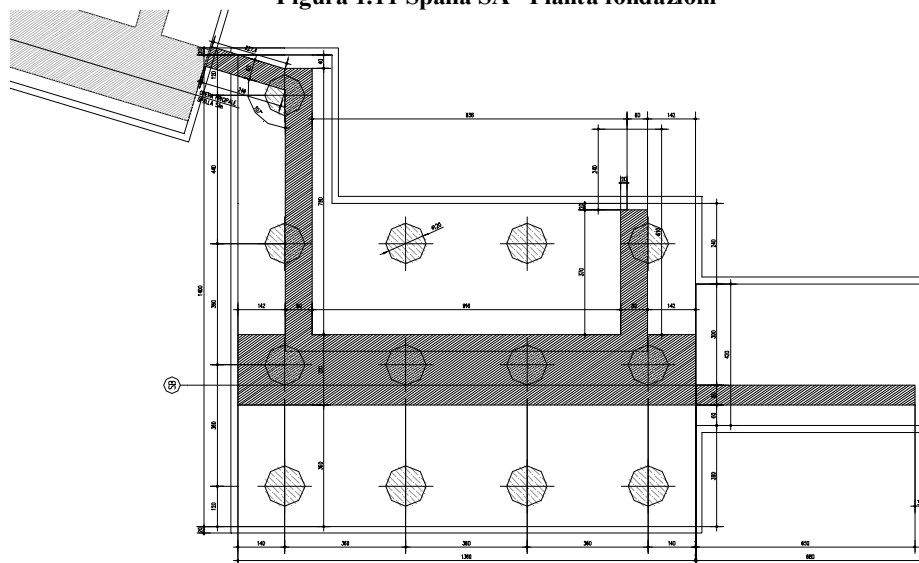


Figura 1.12 Spalla SB- Pianta fondazioni

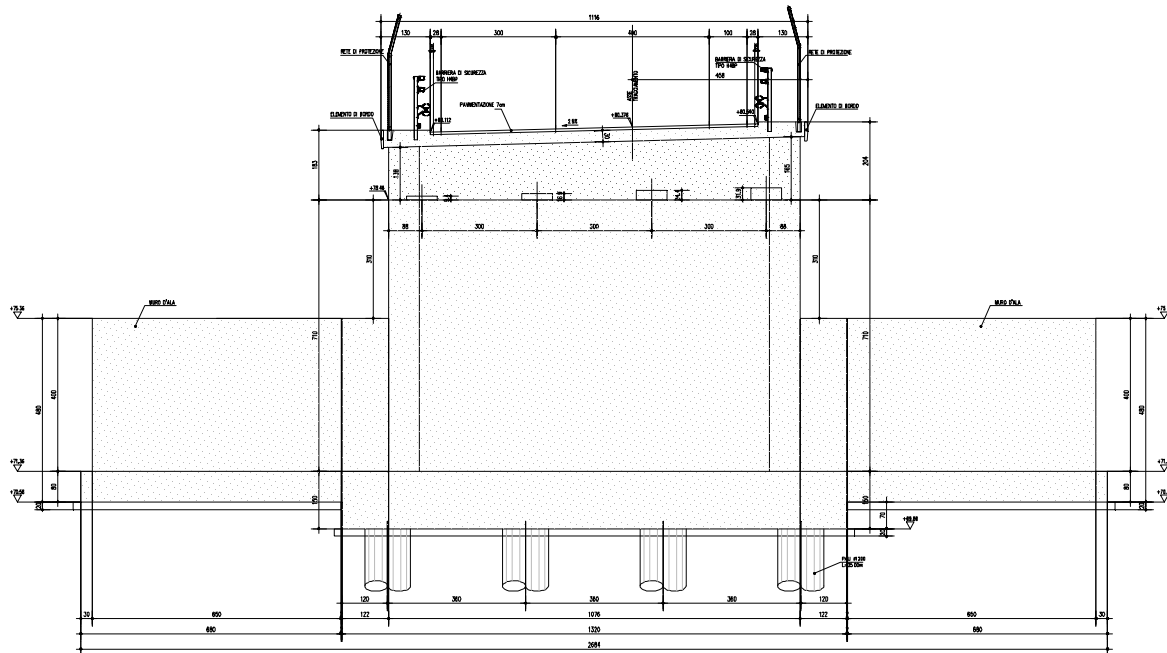


Figura 1.13 Spalla SA- Prospetto

PROSPETTO SPALLA B 1:50

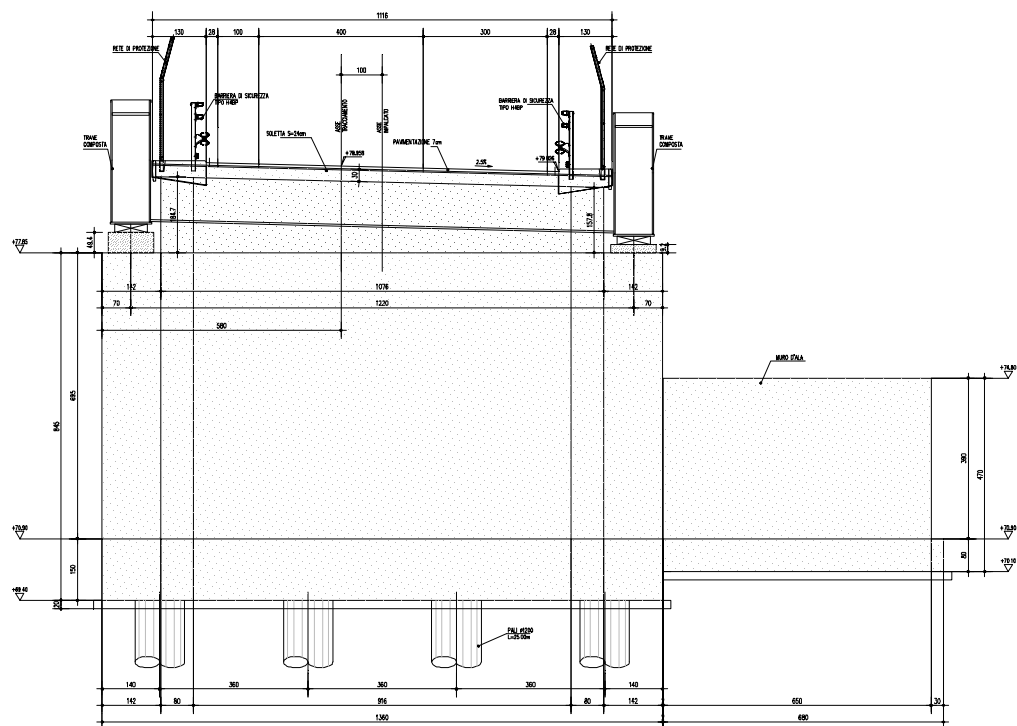


Figura 1.14 Spalla SB- Prospetto

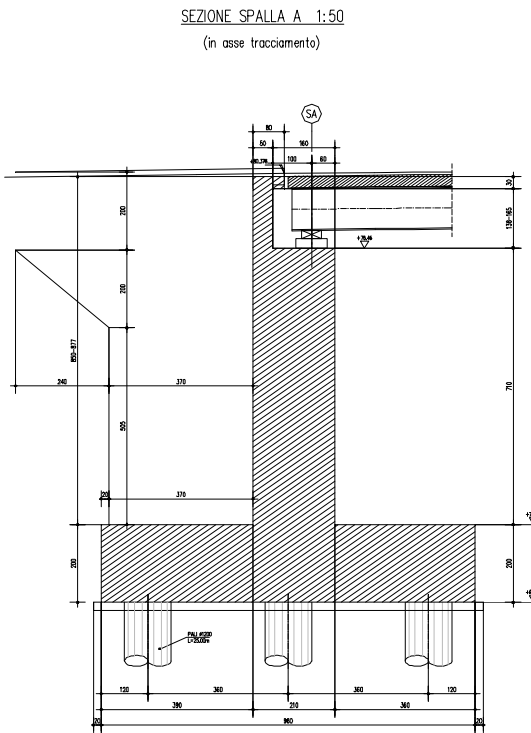


Figura 1.15 Spalla SA- Sezione trasversale

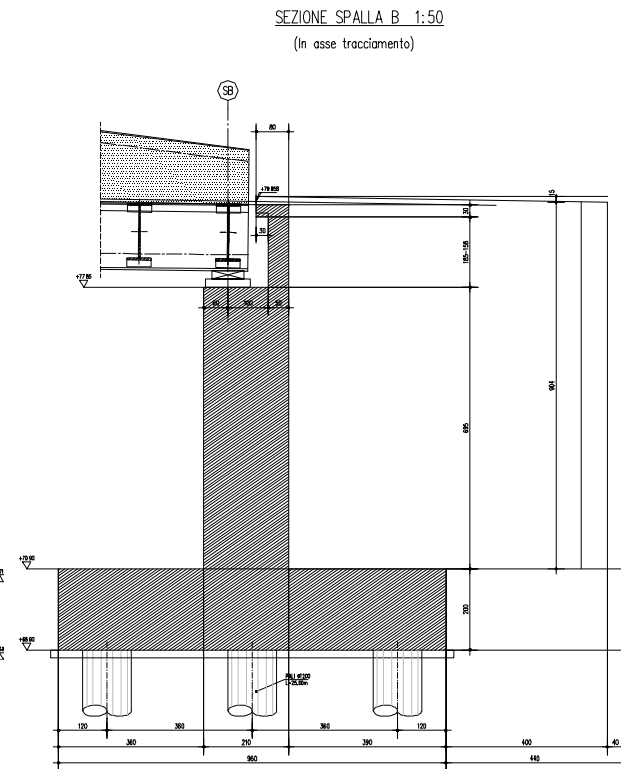


Figura 1.16 Spalla SB- Sezione trasversale

## 1.2 METODO DI CALCOLO

La sicurezza strutturale è verificata tramite il metodo semiprobabilistico agli stati limite, applicando il DM14/01/2008 “Norme Tecniche per le costruzioni” e relative Istruzioni.

In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sia nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE).

### 1.2.1 CRITERI E DEFINIZIONE DELL’AZIONE SISMICA

L’effetto dell’azione sismica di progetto sull’opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.

Il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative al solo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel § 7 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Per Stato Limite di Danno (SLD) s’intende che l’opera, nel suo complesso, a seguito del terremoto, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non provocare rischi agli utenti e non compromette significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali. Lo stato limite di esercizio comporta la verifica delle tensioni di lavoro, come riportato al § 4.1.2.2.5.

Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l’opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidezza) nei confronti delle azioni verticali.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l’opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l’opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l’esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

### IMPALCATO

Per quanto riguarda l’azione sismica, i suoi effetti sull’impalcato vanno valutati a ponte “scarico” (per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_2 = 0$ , come si desume dal punto 3.2.4 e Tab.5.1.VI delle NTC, data la scarsa probabilità di avere la contemporaneità dei due eventi).

I risultati relativi alla combinazione sismica non vengono riportati, essendo per l'impalcato più severa la condizione sotto l'azione dei carichi da traffico.

#### PILE

In merito alle pile, rientrando nella categoria di ponti con isolamento sismico (§ 7.10), la sovrastruttura e la sottostruttura si devono mantenere sostanzialmente in campo elastico. Per questo la struttura può essere progettata con riferimento ai particolari costruttivi della zona 4, con deroga, per le strutture in c.a., a quanto previsto al § 7.4.6.

Pertanto per tutte le parti di struttura non "critiche" (quindi con esclusione degli appoggi) si prevede il dimensionamento sismico applicando uno spettro elastico (fattore di struttura  $q=1.0$ ), e si effettuano verifiche tensionali utilizzando le tensioni indicate per la combinazione "rara".

#### SPALLE

Nel paragrafo § 7.9 della NTC2008, specifico per i ponti, si legge: *"La struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che sotto l'azione sismica di progetto per lo SLV essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile, nel quale la dissipazione sia limitata alle spalle o ad appositi apparecchi dissipativi"...."Gli elementi ai quali non viene richiesta capacità dissipativa e devono, quindi, mantenere un comportamento sostanzialmente elastico sono: l'impalcato, gli apparecchi di appoggio, le strutture di fondazione ed il terreno da esse interessato, le spalle se sostengono l'impalcato attraverso appoggi mobili o deformabili. A tal fine si adotta il criterio della "gerarchia delle resistenze"..."*.

A riguardo delle spalle quindi, nel calcolo allo SLV, dovendo la struttura mantenere durante l'evento sismico un comportamento elastico, vengono eseguite le verifiche alle tensioni di esercizio (§ 4.1.2.2.5), assumendo come limite delle tensioni di esercizio quelle adottate per la combinazione caratteristica (rara). Tale condizione inoltre, in accordo al punto § 7.10.6.1., consente di ritenere soddisfatte anche le verifiche nei confronti dello SLD. In accordo con quanto indicato dalla normativa attuale in merito alle strutture dotate di dispositivi dissipativi (come nel caso in oggetto), si è adottato il coefficiente di struttura  $q= 1.0$  e le forze d'inerzia di progetto sono state determinate considerando un'accelerazione pari a  $a_g \cdot S$ . Infatti, in accordo con il § 7.9.5.6.2., la spalla in progetto sostiene un terreno rigido naturale per più dell'80% dell'altezza e quindi si può considerare che essa si muova con il suolo.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni.

La classe d'uso assunta è la IV.

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 200 \text{ anni}$$

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:



$$P_{VR}(SLV) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni, vale:

$$T_R(SLV) = -\frac{Vr}{\ln(1 - Pvr)} = 1898 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma, è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ .

- $a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria C, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- $F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*_c$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

L'opera ricade all'incirca alla Latitudine di  $45^\circ 24' 29''$  N e Longitudine  $10^\circ 54' 46''$  E, ad una quota di circa 71 m.s.m..

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ ) per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita sono riportati di seguito:

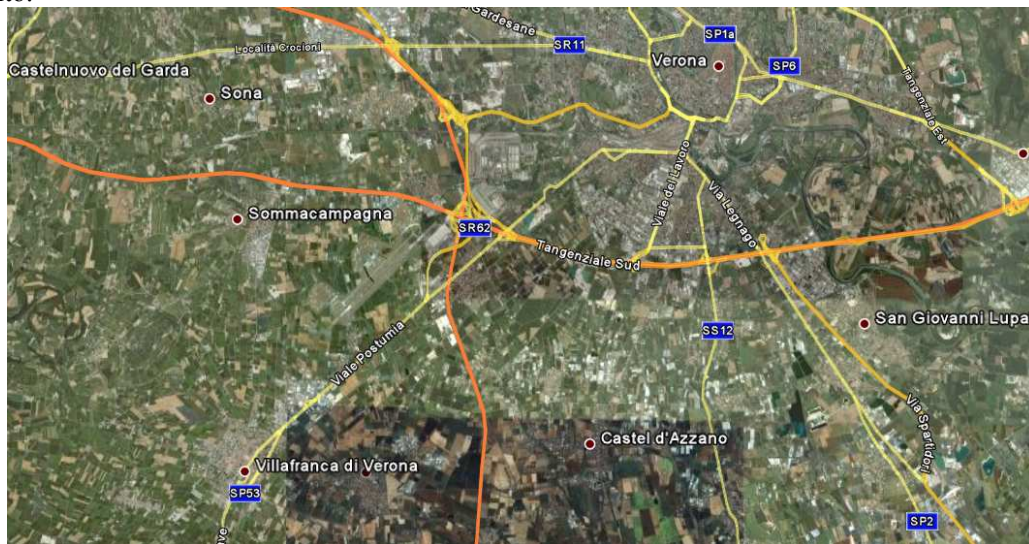


Figura 1.17 Tratto adeguamento del tracciato A22

Ricerca per coordinate  
 LONGITUDINE: 10.91278  
 LATITUDINE: 45.40806

Ricerca per comune  
 REGIONE: Veneto  
 PROVINCIA: Verona  
 COMUNE: Verona

Elaborazioni grafiche:  
 Grafici spettri di risposta  
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:  
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito:  
 km 7.5  
 12506 - 12507  
 -7.5 12728 12729 7.5 km  
 -7.5

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:  
 Sito esterno al reticolo  
 Interpolazione su 3 nodi  
 Interpolazione corretta

Interpolazione:  
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Figura 1.18 Individuazione coordinate Verona

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL sono:

| SLATO LIMITE | $T_R$ [anni] | $a_g$ [g]    | $F_o$ [-]    | $T_C^*$ [s]  |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| SLO          | 120          | 0.063        | 2.577        | 0.275        |
| SLD          | 201          | 0.077        | 2.617        | 0.276        |
| SLV          | <b>1898</b>  | <b>0.185</b> | <b>2.467</b> | <b>0.292</b> |
| SLC          | 2475         | 0.203        | 2.454        | 0.293        |

Per le sottostrutture (spalle e pile) il calcolo viene eseguito con il metodo dell'analisi statica equivalente, applicando come prescritto da normativa un'accelerazione pari ad  $a_g S$ .

Il sottosuolo su cui insiste l'opera può essere inserito nella categoria "A".

Il valore del coefficiente di amplificazione stratigrafico risulta:

$$S_S (SLV) \Rightarrow 1.00$$

$$S_T (SLV) \Rightarrow 1.00$$

L'accelerazione massima è valutata con la relazione

$$a_{\max}(SLV) = S \cdot a_g = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 0.185g$$

Lo studio sismico delle opere facenti parte del tratto di intervento è stato impostato in maniera univoca, affidando a favore di sicurezza lo spettro della città di Verona (di cui si riportano i parametri di seguito), risultando questo sempre più "gravoso" di quello specifico dell'opera.

Latitudine di 45.4351 e Longitudine 10.9988.

Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL sono:

| SLATO<br>LIMITE | $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_o$<br>[-] | $T_C^*$<br>[s] |
|-----------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO             | 120             | 0.087        | 2.443        | 0.263          |
| SLD             | 201             | 0.111        | 2.409        | 0.271          |
| SLV             | <b>1898</b>     | <b>0.260</b> | <b>2.406</b> | <b>0.287</b>   |
| SLC             | 2475            | 0.286        | 2.381        | 0.290          |

### 1.2.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al . 5.1.3.12 e 2.5.3 del D.M. 14/01/2008.

I carichi variabili sono stati suddivisi in carichi da traffico, vento e resistenza passiva dei vincoli; di conseguenza, le combinazioni sono state generate assumendo alternativamente ciascuno dei tre suddetti carichi come azione variabile di base.

Fra i carichi variabili si distinguono:

- Q carichi da traffico
- Q<sub>T</sub> azioni termiche
- Q<sub>w</sub> azione del vento

Inoltre, come indicato nella tabella 5.1.IV, sono stati identificati tre gruppi di azioni caratteristiche, corrispondenti rispettivamente ai carichi verticali, alla forza di frenamento e alla forza centrifuga.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

**1) – Combinazione fondamentale**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

**2) – Combinazione caratteristica (rara)**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

**3) – Combinazione frequente**, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

**4) – Combinazione quasi permanente (SLE)**, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

**5) – Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

**6) – Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A<sub>d</sub> (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q<sub>kj</sub> che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G<sub>2</sub>.

Gli stati limite ultimi delle opere interrate si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso, determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU): collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR): raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V per i parametri geotecnici e le azioni, Tabella 6.2.II per i parametri del terreno, e Tabella 6.4.II e 6.4.III per i parametri di resistenza di strutture di fondazione su pali.

**OPERE DI FONDAZIONE – PALI (CAP.6.4)**

*Approccio 1*

Combinazione 1: (A1+M1+R1) (STR)

Combinazione 2: (A2+M1+R2) (GEO)

*Approccio 2*

(A1+M1+R3) (Se verifica struttura  $\gamma_r$  non si considera)

**Tabella 6.2.I/5.1.V** - Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

|  |             | Coefficiente  | EQU <sup>(1)</sup>  | A1<br>STR           | A2<br>GEO |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|-----------|
| Carichi permanenti   | favorevoli  | $\gamma_{G1}$   | 0.90                | 1.00                | 1.00      |
|  | sfavorevoli |   | 1.10                | 1.35                | 1.00      |
| Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>            | favorevoli  | $\gamma_{G2}$   | 0.00                | 0.00                | 0.00      |
|  | sfavorevoli |   | 1.50                | 1.50                | 1.30      |
| Carichi variabili da traffico                                | favorevoli  | $\gamma_Q$  | 0.00                | 0.00                | 0.00      |
|  | sfavorevoli |   | 1.35                | 1.35                | 1.15      |
| Carichi variabili  | favorevoli  | $\gamma_{Qi}$   | 0.00                | 0.00                | 0.00      |
|  | sfavorevoli |   | 1.50                | 1.50                | 1.30      |
| Distorsioni e presollecitazioni di progetto                  | favorevoli  | $\gamma_{\epsilon 1}$   | 0.90                | 1.00                | 1.00      |
|  | sfavorevoli |   | 1.00 <sup>(3)</sup> | 1.00 <sup>(4)</sup> | 1.00      |
| Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari | favorevoli  | $\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$ | 0.00                | 0.00                | 0.00      |
|  | sfavorevoli |   | 1.20                | 1.20                | 1.00      |

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno: altrimenti si applicano i valori GEO.

<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare coefficienti validi per le azioni permanenti.

<sup>(3)</sup> 1.30 per instabilità in strutture con precompressione esterna.

<sup>(4)</sup> 1.20 per effetti locali

**Tabella 6.2.II** - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| PARAMETRO                                    | GRANDEZZA ALLA<br>QUALE APPLICARE IL<br>COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE<br>PARZIALE<br>$\gamma_M$ | (M1) | (M2) |
|--|---|--|------|------|
| Tangente dell'angolo di resistenza al taglio | $\tan \phi'_k$  | $\gamma_{\phi'}$                       | 1.00 | 1.25 |
| Coazione efficace                            | $c'_k$  | $\gamma_{c'}$                          | 1.00 | 1.25 |
| Resistenza non drenata                       | $c_{uk}$  | $\gamma_{cu}$                          | 1.00 | 1.40 |
| Peso dell'unità di volume                    | $\gamma$  | $\gamma_{\gamma}$                      | 1.00 | 1.00 |

**Tabella 6.5.I** - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno

**Tabella 6.5.I** - Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno

| PARAMETRO                          | COEFFICIENTE PARZIALE (R1) | COEFFICIENTE PARZIALE (R2) | COEFFICIENTE E PARZIALE (R3) |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Capacità portante della fondazione | $\gamma_R = 1.0$           | $\gamma_R = 1.0$           | $\gamma_R = 1.4$             |
| Scorrimento                        | $\gamma_R = 1.0$           | $\gamma_R = 1.0$           | $\gamma_R = 1.1$             |
| Resistenza del terreno a valle     | $\gamma_R = 1.0$           | $\gamma_R = 1.0$           | $\gamma_R = 1.4$             |

**Tabella 6.4.II** - Coefficienti parziali  $\gamma_s$  da applicare alle resistenze caratteristiche.

| Resistenza               | Simbolo       | Pali infissi |      |      | Pali trivellati |      |      | Pali ad elica continua |      |      |
|--------------------------|---------------|--------------|------|------|-----------------|------|------|------------------------|------|------|
|                          |               | (R1)         | (R2) | (R3) | (R1)            | (R2) | (R3) | (R1)                   | (R2) | (R3) |
| Base                     | $\gamma_b$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,7  | 1,35 | 1,0                    | 1,6  | 1,3  |
| Laterale in compressione | $\gamma_s$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,45 | 1,15 | 1,0                    | 1,45 | 1,15 |
| Totale <sup>(1)</sup>    | $\gamma_s$    | 1,0          | 1,45 | 1,15 | 1,0             | 1,6  | 1,30 | 1,0                    | 1,55 | 1,25 |
| Laterale in trazione     | $\gamma_{st}$ | 1,0          | 1,6  | 1,25 | 1,0             | 1,6  | 1,25 | 1,0                    | 1,6  | 1,25 |

<sup>(1)</sup> da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

- 1A) STR)  $\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$   
 1B) GEO)  $\Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d')$   
 6) Eccezionale)  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

- 2) Rara)  $\Rightarrow G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione) si definiscono le seguenti combinazioni:

- 3) Frequente)  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$   
 4) Quasi permanente)  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione sono le seguenti:

- 5) STR)  $\Rightarrow E + G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d' = \Phi_k')$

(per i pali non c'è differenza di combinazione sismica STR da GEO)

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente  $\psi_{2i}$  sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere stradali, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_{2i} = 0.2$

(condizione cautelativa). Data la natura dell'opera in progetto, così come previsto dalla norma, si assume  $\psi_{2i} = 0.00$ .

### 1.2.3 SISTEMA DI VINCOLAMENTO

Il calcolo svolto nella condizione sismica è un'analisi statica equivalente, secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento. Tale analisi è dipendente dalle caratteristiche dei dispositivi di isolamento ed in particolare dal valore della rigidezza orizzontale e dal coefficiente di smorzamento equivalente.

Le caratteristiche dei dispositivi ed in particolare i valori delle rigidezze orizzontali vengono considerate nel calcolo delle sollecitazioni degli elementi di sostegno dell'opera in condizioni sismiche in un'analisi di tipo statico equivalente al fine della valutazione delle azioni sismiche ed in condizioni di esercizio per la ripartizione delle forze orizzontali tra i diversi elementi di sostegno.

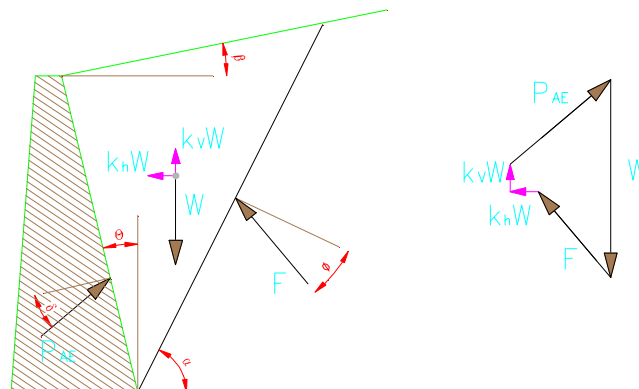
Le caratteristiche dei dispositivi di appoggio ed isolamento utilizzati per l'opera in oggetto, già descritte nella premessa, consentono la trasmissione delle azioni longitudinali alle sole spalle: l'azione sismica dell'impalcato viene ripartita proporzionalmente alla rigidezza del dispositivo, ma a favore di sicurezza si è applicato un coefficiente pari a 0.5 (superiore al valore trasmesso effettivamente dall'elastometro).

### PILE

Il calcolo svolto nella condizione sismica è un'analisi statica equivalente, secondo quanto previsto dalla normativa di riferimento. Tale analisi è dipendente dalle caratteristiche dei dispositivi che per le pile, essendo previsti multidirezionali, consentono di escludere il comportamento sismico dell'impalcato per la determinazione delle sollecitazioni.

### 1.2.4 VALUTAZIONE DELLE SPINTE DEL TERRENO

Il calcolo delle spinte del terreno (per le strutture di sostegno – spalle) verrà svolto considerando uno schema di "spinta a riposo" in condizioni di esercizio. In condizioni sismiche, invece, si considererà lo schema di spinta attiva con incremento dinamico secondo l'approccio di Mononobe-Okabe.



$$E_d = 1/2 \gamma^* (1 \pm kv) K H^2 + E_{ws}$$

H : altezza del muro

$E_{ws}$  : spinta idrostatica

$\gamma^*$  : peso specifico del terreno

K : coefficiente di spinta del terreno (statico+dinamico)

$$\psi = \arctan (k_h / (1 \pm k_v)) =$$

$$k_{AE} = \frac{[\cos^2 (\phi - \theta - \psi)]}{[\cos \psi^* \cos^2 \theta * \cos(\delta + \theta + \psi) * (1 + ((\sin(\delta + \phi) * \sin(\phi - \beta - \psi) / \cos(\delta + \theta + \psi) / \cos(\beta - \theta))^{1/2})^2]}$$

$$\Delta ed = P_{AE(kv)} - S_a$$

## 1.2.5 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### IMPALCATO

In particolare viene verificata la sicurezza sia nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) sia nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE), mentre, come specificato in precedenza, i risultati relativi alla combinazione sismica non vengono riportati, essendo per l'impalcato più severa la condizione sotto l'azione dei carichi da traffico.

### PILE

La struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che sotto l'azione sismica di progetto per lo *SLV* essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile, nel quale la dissipazione sia limitata alle pile o ad appositi apparecchi dissipativi. Al fine del dimensionamento sismico è stata effettuata un'analisi statica lineare applicando lo spettro di progetto elastico per le sottostrutture (fusto, fondazione, pali, con fattore di struttura  $q_0=1.0$ ).

A tal fine le verifiche in condizioni sismiche per le zone non critiche, vengono svolte controllando che i materiali si mantengano al di sotto di limiti tensionali che possono ritenersi i massimi, valori entro i quali il loro comportamento si mantiene sostanzialmente lineare elastico. Tali limiti tensionali massimi assunti sono riportati nel paragrafo specifico relativo alle caratteristiche dei materiali.

In ottemperanza a quanto indicato nel paragrafo § 7.10.6.2.1, gli elementi della sottostruttura devono essere verificati rispetto alle sollecitazioni ottenute direttamente dall'analisi, quando il modello include anche la sottostruttura. In caso contrario, essi devono essere verificati rispetto alle sollecitazioni prodotte dalle forze trasmesse dal sistema d'isolamento combinate con le sollecitazioni prodotte dalle accelerazioni del terreno direttamente applicate alla sottostruttura. Nel caso in cui la sottostruttura possa essere assunta infinitamente rigida (periodo proprio inferiore a 0,05s) le forze d'inerzia direttamente applicate ad essa possono essere assunte pari al prodotto delle masse della sottostruttura per l'accelerazione del terreno  $a_g$ . La combinazione delle sollecitazioni può essere effettuata mediante la regola della radice quadrata della somma dei quadrati.



Le verifiche a pressoflessione in condizioni sismiche vengono svolte ponendo:

$$\sigma(N_{Ed}; M_{Ed}) \leq \sigma_{amm}$$

nella quale:

$N_{Ed}$  è lo sforzo normale di progetto;

$M_{Ed}$  è il momento flettente di calcolo..

Le verifiche a taglio in condizioni sismiche vengono svolte ponendo

$$V_{Ed} < V_{Rd} / \gamma'_{Rd}$$

nella quale:

$V_{Ed}$  è il taglio di progetto;

$V_{Rd}$  è il Taglio resistente della sezione;

$\gamma'_{Rd}$  è un coefficiente riduttivo della resistenza nei confronti della rottura fragile (si assume a favore di sicurezza =1.25)

$$1 \leq \gamma'_{Rd} = 1,25 + 1 - q \cdot \frac{V_{Ed}}{V_{gr.o}} \leq 1,25$$

Le verifiche in condizioni di esercizio vengono svolte:

allo stato limite ultimo per la combinazione fondamentale;

di controllo del mantenimento del comportamento elastico dei materiali per la condizione rara, nonché le verifiche a fessurazione

## SPALLE

Gli elementi di sostegno (spalle) sono progettati affinché, come richiesto dalla norma stessa al paragrafo 7.9.2., si mantengano in campo elastico sotto l'azione sismica allo stato limite ultimo: in questo modo si ottiene la garanzia che, anche a seguito di un evento sismico di eccezionale intensità, gli unici elementi che ne possono rimanere danneggiati sono i dispositivi di vincolamento, più facilmente sostituibili alla fine dell'evento sismico, mentre gli elementi strutturali costituenti l'opera mantengono integre le proprie capacità di resistenza (criterio della gerarchia delle resistenze). A tal fine le verifiche in condizioni sismiche vengono svolte controllando che i materiali si mantengano al di sotto di limiti tensionali che possono ritenersi i massimi, valori entro i quali il loro comportamento si mantiene sostanzialmente lineare elastico. Tali limiti tensionali massimi assunti sono riportati nel paragrafo specifico relativo alle caratteristiche dei materiali.

Anche i pali di fondazione devono essere progettati in modo da rimanere in campo elastico, secondo quanto richiesto dalla norma al paragrafo 7.9.2..

Per le verifiche degli elementi strutturali costituenti le spalle saranno quindi svolti due tipi di verifiche: allo stato limite ultimo per le condizioni di esercizio e di controllo del mantenimento del comportamento elastico dei materiali per le condizioni sismiche, nonché le verifiche a fessurazione per lo stato limite di esercizio.

## 2        **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

I calcoli sviluppati nel seguito sono svolti secondo il Metodo degli Stati Limite e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nei seguenti documenti:

### 2.1        **OPERE IN C.A. E ACCIAIO**

**D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008** – Norme tecniche per le costruzioni;

**Circolare 2 febbraio 2009, n. 617** – Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

**Legge 5 novembre 1971 n. 1086** - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;

**Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951** – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086";

**Legge 2 febbraio 1974 n. 64**, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

**Linee guida sul calcestruzzo strutturale** - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale.

### 2.2        **PRINCIPIALI NORME UNI**

**UNI EN 1990 (Eurocodice 0)** – Aprile 2006: "Criteri generali di progettazione strutturale";

**UNI EN 1991-2-4 (Eurocodice 1)** – Agosto 2004 – Azioni in generale: "Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici";

**UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1)** – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: "Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici";

**UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1)** – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: "Carico da traffico sui ponti";

**UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2)** – Novembre 2005: "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: "Regole generali e regole per gli edifici";

**UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2)** – Gennaio 2006: "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: "Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi";

**UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3)** – Ottobre 1993: "Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici";

**UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7)** – Febbraio 2005: "Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali";

**UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8)** – Marzo 2005: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici";

**UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8)** – Febbraio 2006: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti";

**UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8)** – Gennaio 2005: "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici".

**UNI EN 197-1 giugno 2001** – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni;

**UNI EN 11104 marzo 2004** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;

**UNI EN 206-1 ottobre 2006** – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

### 2.3 PRINCIPALI ISTRUZIONI CNR

**CNR 10011/97** – Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l’ esecuzione, il collaudo e la manutenzione;

**CNR 10016/00** – Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l’impiego nelle costruzioni;

**CNR 10018/99** – Apparecchi di appoggio per le costruzioni. Istruzioni pr l’impiego;

**CNR 10024/86** – Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo.

Il progetto definitivo dell’opera in oggetto è stato sviluppato utilizzando le NTC2008, norma il cui utilizzo è consentito purché i lavori vengano iniziati entro marzo dell’anno 2023 (entro cioè 5 anni dall’entrata in vigore delle NTC2018 ai sensi dell’art. 2 comma 2). In fase di progettazione esecutiva l’opera sarà progettata ai sensi delle Norme Tecniche vigenti alla data in cui la progettazione esecutiva verrà svolta. Tuttavia, al fine di verificare l’idoneità delle opere progettate anche con le Norme Tecniche attualmente vigenti, è stato effettuato un confronto tra normative (NTC2008 e NTC2018) verificandone le principali differenze.

Nel caso in esame le verifiche preliminari condotte hanno evidenziato come l’utilizzo delle norme attualmente vigenti non comporti variazioni strutturali significative.

### 2.4 NORME STRADALI

**D.M. 5 novembre 2001** – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade

**D.M. 22 aprile 2004** – Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”

**D. Lgs 30 aprile 1992 n. 285**– Nuovo codice della strada;

**D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495** – Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;

**D.Lgs. 15 gennaio 2002 n. 9** – Disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada, a norma dell’articolo 1, comma 1, della L. 22 marzo 2001, n. 85.

**D.L. 20 giugno 2002 n. 121** – Disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale

**L. 1 agosto 2002 n. 168** – Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 20 giugno 2002, n. 121, recante disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale

**D.L. 27 giugno 2003 n. 151** – Modifiche ed integrazioni al codice della strada

**L. 1 agosto 2003 n. 214** – Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada

**D.M. 30 novembre 1999 n. 557** – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili

**Bollettino CNR n. 150** – Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Materiali come prescritti dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

#### 3.1 TABELLA RIASSUNTIVA CLASSI DI ESPOSIZIONE SECONDO NORMATIVA UNI EN 206-1

Questa tabella è da compilarsi in funzione dell'opera da eseguire: associare ad ogni elemento progettuale (fondazione, elevazione.....).

Tab 2

| <b>Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1</b>   |  |   |          |             |   |                              |  |                       |
|--|--|---|----------|-------------|---|------------------------------|--|-----------------------|
| Classe di esposizione ambientale   | Descrizione dell'ambiente di esposizione                                   | Esempi di condizioni ambientali   | UNI 9888 | A/C massimo | Contenuto minimo di cemento kg/m <sup>3</sup> | Rok minima N/mm <sup>2</sup> | Contenuto minimo di aria %                 | Copri ferro minimo Mm |
| <b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>  |  |   |          |             |   |                              |  |                       |
| XD   | Molto secco  | Cls per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa  | 1        | -           |   | C12/15                       | -  | 15                    |
| <b>2 Composizione delle armature per effetto della carbonatazione</b>                                      |  |   |          |             |   |                              |  |                       |
| XC1  | Secco o permanentemente bagnato  | Cls per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua  | 2a       | 0,65        | 260   | C20/25                       | -  | 20                    |
| XC2  | Bagnato, raramente secco   | Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni  | 2a       | 0,60        | 280   | C25/30                       | -  | 20                    |
| XC3  | Umidità moderata   | Cls per interni con umidità relativa moderata o alta e cls all'esterno protetto dalla pioggia                                     | 5a       | 0,55        | 280   | C30/37                       | -  | 30                    |
| XC4  | Ciclicamente bagnato ed asciutto   | Superfici in cls a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.  | 4a, 5b   | 0,50        | 300   | C30/37                       | -  | 30                    |
| <b>3 Composizione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b> |  |   |          |             |   |                              |  |                       |
| XD1  | Umidità moderata   | Superfici in cls esposte a nebbia salina  | 5a       | 0,55        | 300*  | C30/37                       | -  | 30                    |
| XD2  | Bagnato, raramente asciutto  | Piscine; cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri  | 4a, 5b   | 0,55        | 300   | C30/37                       | -  | 30                    |
| XD3  | Ciclicamente bagnato ed asciutto   | Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggio   | 5c       | 0,45        | 320   | C35/45                       | -  | 40                    |
| <b>4 Composizione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>                        |  |   |          |             |   |                              |  |                       |
| XS1  | Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare                        | Strutture prossime o sulla costa  | 4a, 5b   | 0,50        | 300   | C30/37                       | -  | 30                    |
| XS2  | Permanentemente sommerso   | Parti di strutture marine   | 5c       | 0,45        | 320   | C35/45                       | -  | 40                    |
| XS3  | Zone esposte alle onde o alla marea  | Parti di strutture marine   | 5c       | 0,45        | 340   | C35/45                       | -  | 40                    |
| <b>5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo o con o senza sali disgelanti</b>                                   |  |   |          |             |   |                              |  |                       |
| XF1  | Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti                 | Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo   | 2b       | 0,55        | 300   | C30/37                       | -  | 30                    |
| XF2  | Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti                | Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti                                     | 3, 4b    | 0,55        | 300   | C25/30                       | 4,0 e aggregati resistenti al gelo/Disgelo | 30                    |
| XF3  | Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti                  | Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo   | 2b       | 0,50        | 320   | C30/37                       | 4,0 e aggregati resistenti al gelo/Disgelo | 30                    |
| XF4  | Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare | Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti | 3, 4b    | 0,45        | 340   | C30/37                       | 4,0 e aggregati resistenti al gelo/Disgelo | 40                    |
| <b>6 Attacco chimico</b>   |  |   |          |             |   |                              |  |                       |
| XA1  | Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)      | -   | 5a       | 0,55        | 300   | C30/37                       | -  | 30                    |
| XA2  | Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)   | -   | 4*, 5b   | 0,50        | 320 cemento resistente ai solfati             | C30/37                       | -  | 30                    |
| XA3  | Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)      | -   | 5c       | 0,45        | 360 cemento resistente ai solfati             | C35/45                       | -  | 40                    |

**Conglomerato cementizio per elementi strutturali:**

| ELEMENTO                                     | CLASSE DI ESPOSIZIONE | CLASSE DI RESISTENZA MINIMA (Mpa) | COPRIFERRO (mm) | CLASSE DI CONSISTENZA | CLASSE DI CONTENUTO IN CLORURI | DIMENSIONE MASSIMA NOMINALE DEGLI AGGREGATI (mm) |
|--|-----------------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------------|--|
| PALI $\Phi < 800$ mm<br>PALI $\Phi > 800$ mm | XC1                   | C25/30                            | 60<br>70        | S4                    | 0.40                           | 32   |
| PLINTI                                       | XC2                   | C25/30                            | 50              | S4                    | 0.40                           | 32   |
| ELEVAZIONE PILE E SPALLE                     | XC4+XD1+XF4           | C32/40                            | 50              | S4                    | 0.40                           | 25   |
| BAGGIOLI E MARCIAPIEDI                       | XC4+XD1+XF4           | C35/45                            | 40              | S5                    | 0.40                           | 20   |

**3.2 CALCESTRUZZO PER MAGRONE**

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

**3.3 CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE**

Per la realizzazione dei pali di fondazione in cemento armato delle spalle e delle pile, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck  $\geq 30$  N/mm<sup>2</sup>, che presenta le seguenti caratteristiche:

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| Resistenza a compressione (cilindrica)        | $\rightarrow f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$   | 24.90 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza di calcolo a compressione          | $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$ | 14.16 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza di calcolo a compressione elastica | $\rightarrow \sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$                                       | 15.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a trazione media                   | $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$                                  | 2.56 N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a trazione                         | $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$  | 1.795 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a trazione di calcolo              | $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$                                   | 1.197 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza di calcolo a trazione              | $\rightarrow \tau_c = 0.50 * f_{ctk} =$  | 0.900 N/mm <sup>2</sup> |

**3.4 CALCESTRUZZO PER OPERE DI FONDAZIONE**

Per la realizzazione della platea di fondazione in cemento armato delle spalle e delle pile, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck  $\geq 30$  N/mm<sup>2</sup>, che presenta le seguenti caratteristiche:

|   |  |                         |
|---|--|-------------------------|
| Resistenza a compressione (cilindrica)        | $\rightarrow f_{ck} = 0.83 * R_{ck} =$   | 24.90 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza di calcolo a compressione          | $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 =$ | 14.16 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza di calcolo a compressione elastica | $\rightarrow \sigma_c = 0.60 * f_{ck} =$                                       | 15.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a trazione media                   | $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3} =$                                  | 2.56 N/mm <sup>2</sup>  |
| Resistenza a trazione                         | $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 * f_{ctm} =$  | 1.795 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza a trazione di calcolo              | $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$                                   | 1.197 N/mm <sup>2</sup> |
| Resistenza di calcolo a trazione              | $\rightarrow \tau_c = 0.50 * f_{ctk} =$  | 0.900 N/mm <sup>2</sup> |

### 3.5 CALCESTRUZZO PER OPERE DI ELEVAZIONE

Per la realizzazione delle opere di elevazione in cemento armato delle spalle e delle pile, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe  $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ , che presenta le seguenti caratteristiche:

|   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| Resistenza a compressione (cilindrica)        | → $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$   | 33.20 $\text{N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo a compressione          | → $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 =$ | 18.81 $\text{N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo a compressione elastica | → $\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} =$   | 19.92 $\text{N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione media                   | → $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$                                      | 3.10 $\text{N/mm}^2$  |
| Resistenza a trazione                         | → $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$  | 2.169 $\text{N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione di calcolo              | → $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$   | 1.446 $\text{N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo a trazione              | → $\tau_c = 0.50 \cdot f_{ctk} =$  | 1.080 $\text{N/mm}^2$ |

\* La resistenza a taglio elastica è una tensione assunta dagli scriventi come limite superiore per la massima tensione sollecitante a taglio, nel caso di verifica sismica. Dovendo in tal caso la sezione rimanere in campo elastico e non essendoci da normativa una tensione elastica di riferimento, si è assunto che tale tensione sia assunta pari a:  $f_{ctE} = 0.5 \cdot f_{ctk}$ .

### 3.6 CALCESTRUZZO PER IMPALCATO - MARCIAPIEDI

Per la realizzazione dei marciapiedi dell'impalcato, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe  $R_{ck} \geq 45 \text{ N/mm}^2$ , che presenta le seguenti caratteristiche:

|   |  |                       |
|---|--|-----------------------|
| Resistenza a compressione (cilindrica)        | → $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} =$   | 37.35 $\text{N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo a compressione          | → $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 =$ | 21.16 $\text{N/mm}^2$ |
| Resistenza di calcolo a compressione elastica | → $\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} =$   | 22.41 $\text{N/mm}^2$ |
| Resistenza a trazione media                   | → $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} =$                                      | 3.35 $\text{N/mm}^2$  |
| Resistenza a trazione                         | → $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} =$  | 2.35 $\text{N/mm}^2$  |
| Resistenza a trazione di calcolo              | → $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c =$   | 1.56 $\text{N/mm}^2$  |

### 3.7 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

| Proprietà                                      | Requisito                     |
|--|-------------------------------|
| Limite di snervamento $f_y$                    | $\geq 450 \text{ MPa}$        |
| Limite di rottura $f_t$                        | $\geq 540 \text{ MPa}$        |
| Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$ | $\geq 7\%$                    |
| Rapporto $f_t/f_y$                             | $1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$ |

$$\left| \frac{\text{Rapporto } f_{y \text{ misurato}} / f_{y \text{ nom}}}{\leq 1,25} \right|$$

|  |                                  |                          |
|--|----------------------------------|--------------------------|
| Tensione di snervamento caratteristica | → $f_{yk} \geq$                  | 450.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione caratteristica a rottura      | → $f_{tk} \geq$                  | 540.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione di calcolo elastica           | → $\sigma_c = 0.80 * f_{yk} =$   | 360.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Fattore di sicurezza acciaio           | → $\gamma_s =$                   | 1.15                     |
| Resistenza a trazione di calcolo       | → $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$ | 391.30 N/mm <sup>2</sup> |

### 3.8 STRUTTURE METALLICHE

#### 3.8.1 CARPENTERIA METALLICA

Per la realizzazione delle travi e dell'impalcato in lastra ortotropica si prevede l'impiego di acciaio con le seguenti caratteristiche.

S355 (ex Fe 510)

|                              |                               |                          |
|------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Per $t \leq 40$ mm:          | acciaio S355J2 (UNI EN 10025) |                          |
| Tensione di snervamento      | → $f_y \geq$                  | 355.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Fattore di sicurezza acciaio | → $\gamma_{M0} =$             | 1.05                     |
| Resistenza di calcolo        | → $f_d = f_y / \gamma_{M0}$   | 338.10 N/mm <sup>2</sup> |
| Per $t \geq 40$ mm:          | acciaio S335K2 (UNI EN 10025) |                          |
| Tensione di snervamento      | → $f_y \geq$                  | 335.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Fattore di sicurezza acciaio | → $\gamma_{M0} =$             | 1.05                     |
| Resistenza di calcolo        | → $f_d = f_y / \gamma_{M0}$   | 319.05 N/mm <sup>2</sup> |

Elementi principali composti per saldatura

#### 3.8.2 PIOLI

Per il collegamento del marciapiede si impiegano pioli con le seguenti caratteristiche

Secondo UNI EN ISO 13918

Pioli tipo Nelson (diametro ed altezza come da elaborati grafici):

Acciaio ex ST37-3K (S235J2G3+C450)

|                         |              |                          |
|-------------------------|--------------|--------------------------|
| Tensione di snervamento | → $f_y \geq$ | 350.00 N/mm <sup>2</sup> |
| Tensione di rottura     | → $f_t \geq$ | 450.00 N/mm <sup>2</sup> |

### 3.9 ACCIAIO PER ARMATURA DA PRECOMPRESSIONE

Barre tipo Gewi:

Si adotta acciaio tipo 555/700 avente caratteristiche:



Tensione caratteristica a rottura →  $f_{ptk} \geq$  700.00 N/mm<sup>2</sup>  
 Carico caratteristico all'1% →  $f_{p(0.1)k} \geq$  550.00 N/mm<sup>2</sup>

### 3.10 COPRIFERRI

Spalle - Si adottano copriferri pari a:

|                             | Copriferro - $c_{min}$ [mm] |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <i>FONDAZIONI</i>           |                             |
| Pali $f < 800$ mm           | 60                          |
| Pali $f \geq 800$ mm        | 70                          |
| Platea                      | 50                          |
| <i>ELEVAZIONE</i>           |                             |
| Fusti / Risvolti / Orecchie | 50                          |
| Baggioli                    | 40                          |
| Cordoli                     | 40                          |

Impalcato - Si adottano copriferri pari a:

|             | Copriferro - $c_{min}$ [mm] |
|-------------|-----------------------------|
| Marciapiede | 40                          |

## 4 CODICI DI CALCOLO

### 4.1 SAP 2000

| Nome software | N° revisione | Data revisione | Estensore | Data d'acquisto | Data validazione                 |
|---------------|--------------|----------------|-----------|-----------------|----------------------------------|
| SAP 2000      | 14.1.0       | 29 Luglio 2008 | CSI       | 10.09.2009      | (fare riferimento al produttore) |

Il calcolo della struttura in esame viene condotto con il programma SAP 2000 (prodotto dalla CSI Computers and Structures, Inc. Berkeley, California, USA).

L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo FRAME (trave)
- Elemento tipo SHELL (membrana o piastra quadrilatera)
- Elemento tipo PLANE (membrana o piastra da tre a nove nodi)
- Elemento tipo SOLID (solidi simmetrici)
- Elemento tipo ASOLID (solidi asimmetrici)
- Elemento tipo NLLINK (elementi con proprietà non lineari) che si dividono in :
  1. Elemento DAMPER (smorzatore)
  2. Elemento GAP (elemento resistente alla sola compressione)
  3. Elemento HOOK (elemento resistente alla sola trazione)
  4. Elemento ISOLATOR 1 (isolatore isteretico biassiale)
  5. Elemento ISOLATOR 2 (comportamento di gap nella direzione verticale e isolatore a frizione nelle due direzioni del taglio)

Il programma SAP 2000 applica il metodo degli elementi finiti a strutture di forma qualunque, comunque caricate e vincolate, nell'ambito del comportamento lineare delle stesse. Oltre all'analisi statica e dinamica delle strutture, il programma può svolgere l'analisi P-Delta e l'analisi delle strutture da ponte sottoposte all'azione di carichi mobili, costruendo le linee d'influenza ad essi relative. L'analisi sismica lineare o non lineare, infine, può essere svolta sottoponendo la struttura all'azione di uno spettro di risposta o a quella di un'accelerogramma reale (time history analysis).

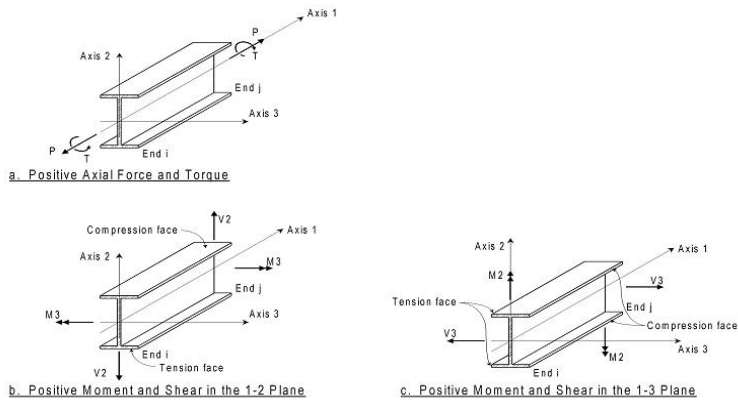


Figura 4.1 Elementi Frame – Convenzione sui segni

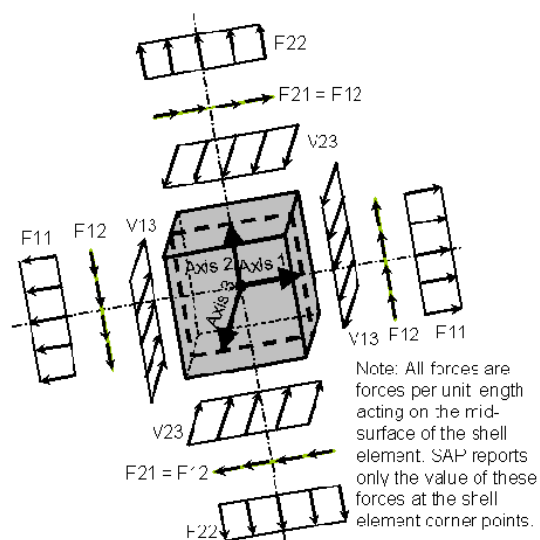


Figura 4.2 Elementi Shell – Convenzione sui segni

Per lo studio dell'impalcato si è fatto ricorso al modulo "bridge" utilizzato per il calcolo delle linee di influenza e delle sollecitazioni dovute ai carichi mobili.

#### 4.2 ENG - SIGMAC

| Nome software | N° revisione | Data revisione | Estensore   | Data d'acquisto | Data validazione                 |
|---------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|----------------------------------|
| Eng           | 8.11         | Dicembre 2008  | SIGMAc Soft |                 | (fare riferimento al produttore) |

Il programma ENG (prodotto dalla SIGMAc Soft snc, Corso del Popolo n.46 30170 Venezia-Mestre) è uno strumento di semplice utilizzo, perché permette di risolvere le problematiche più ricorrenti del calcolo strutturale, senza dover eseguire sofisticate analisi agli elementi finiti per le quali il tempo per realizzare il modello, l'attenzione e l'impegno dell'utilizzatore devono essere adeguati; studia le seguenti tipologie strutturali:

**TRSP:** calcolo di telai

**GRAT:** calcolo di grigliati

**TCONT:** calcolo di travi continue

**PREFLE:** verifica sezioni in c.a. (livelli tensionali - rotture)

**MURO:** calcolo muri di sostegno

**DIAF:** calcolo di diaframmi - berlinesi – palanco late

**TCAD:** post-processore di verifica automatica delle aste in c.a.

**STEEL:** post-processore di verifica automatica delle aste in acciaio.

I moduli di calcolo del presente programma utilizzati per il dimensionamento delle strutture facenti parte della presente relazione, sono i seguenti:

##### TELAI

Il calcolo di alcune parti di struttura della spalla (paraghaia) viene condotto con il modulo per strutture intelaiate piane.

Il programma esegue l'analisi in campo lineare di strutture piane composte da aste soggette a carichi statici con il metodo degli elementi finiti. Il programma consente la schematizzazione di giunzioni nodali tra le aste, comunque inclinate, ad incastro oppure a cerniera e permette di determinare l'involuppo delle sollecitazioni dovute a diverse condizioni di carico visualizzando, asta per asta, l'andamento massimo e minimo del momento, del taglio, dello sforzo normale e, nel caso di aste su suolo elastico, della pressione agente sul terreno.

##### VERIFICA SEZ IN C.A.

La verifica delle sezioni facenti parte della presente relazione, viene condotta col modulo di verifica a pressoflessione deviata di sezioni in cemento armato di forma qualsiasi e comunque armate.

Il programma esegue le verifiche sia tensionali, sia agli stati limite ultimi, individuando il dominio di resistenza della sezione.

La sezione è descritta da una poligonale individuata attraverso le coordinate dei vertici; le armature sono puntiformi e vengono individuate dalla posizione del baricentro e dall'area dell'acciaio. La verifica prevede tutti i tipi di sollecitazione longitudinale: compressione e trazione semplice, flessione retta e deviata, presso e tenso flessione retta, presso e tenso flessione deviata.

#### **4.3 VCASLU**

Il programma VcaSlu consente la verifica di sezioni in cemento armato normale e precompresso, soggette a presso-flessione o tenso-flessione retta o deviata sia allo stato limite ultimo che con il metodo n.

#### 4.4 CMP – XFINEST

| Nome software | N° revisione    | Data revisione     | Estensore                         | Data d'acquisto   | Modifiche effettuate | Data validazione |
|---------------|-----------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| <b>CMP</b>    | <b>2.10.012</b> | <b>Aprile 2009</b> | Coop. Arch. Ing.<br>Reggio Emilia | <b>12.06.2009</b> | –                    |                  |

Le verifiche previste dalla Norma (DM 14/01/2008, in condizioni ultime e di esercizio) vengono svolte mediante il postprocessore del programma CMP della Cooperativa Ingegneri ed Architetti di Reggio Emilia, via Ghandi 1, 42100 Reggio Emilia).

Questo codice acquisisce il modello SAP2000, con la definizione delle caratteristiche geometrico-meccaniche della struttura ed i risultati del calcolo delle sollecitazioni, e combinando le sollecitazioni dovute varie tipologie di carichi (pesi propri, permanenti, varie tipologie di accidentali ecc...) effettua le verifiche previste dalla normativa, previa progettazione delle sezioni di cls e delle armature di acciaio.

Il collegamento fra i due software consente a quanti operano in modellazione e calcolo con Sap 2000 di sfruttare agevolmente la potenza del postprocessore CMP nella ricerca degli involucri di sollecitazioni, reazioni, spostamenti, nel progetto-verifica secondo le normative in vigore concludendo con la redazione dei disegni esecutivi e la stesura della relazione di calcolo.

La modellazione avviene normalmente all'interno di Sap 2000, effettuando il tipo di analisi specifico (statica, modale, spettrale); una volta svolta l'analisi in Sap2000, Cmp è in grado di svolgere le seguenti funzioni:

1. lettura della geometria del modello e delle sezioni;
2. lettura delle sollecitazioni e delle caratteristiche dei materiali;
3. rielaborazione delle combinazioni delle condizioni di carico elementari;
4. progettazione e verifica delle sezioni in c.a. e in acciaio;
5. progetto dell'armatura di piastre, platee e muri in c.a.;
6. disegni esecutivi;
7. relazione di calcolo della progettazione e delle verifiche;
8. rilettura dello stesso modello a seguito di modifiche senza perdere la progettazione già svolta

#### SISTEMA DI RIFERIMENTO

Il Sistema di Riferimento Locale 123 degli Elementi tipo Beam è una Terna destrorsa Cartesiana con asse 1 avente la direzione dell'elemento, asse 2 definibile dall'utente e asse 3 avente la direzione che completa la terna.

Il Sistema di Riferimento Locale 123 predefinito degli Elementi tipo Shell è una Terna destrorsa cartesiana con origine nel baricentro dell'Elemento, asse 1 avente la direzione della normale, asse 2 avente la direzione della congiungente i punti medi dei due lati N2-N3 e N1-N4 (N1,N2,N3,N4 sono i nodi che definiscono l'elemento) e asse 3 avente la direzione che completa la terna.

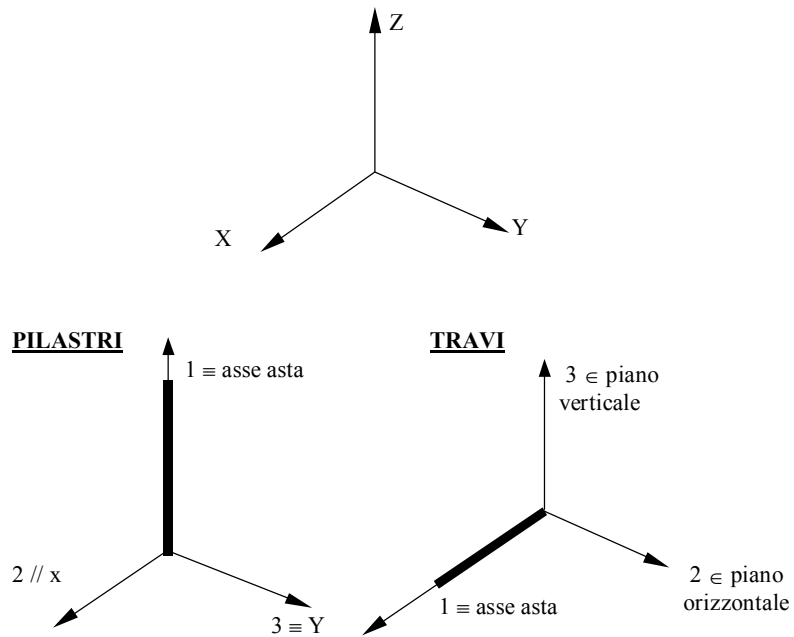


Figura 4.3 Elementi BEAM – Convenzione sui segni

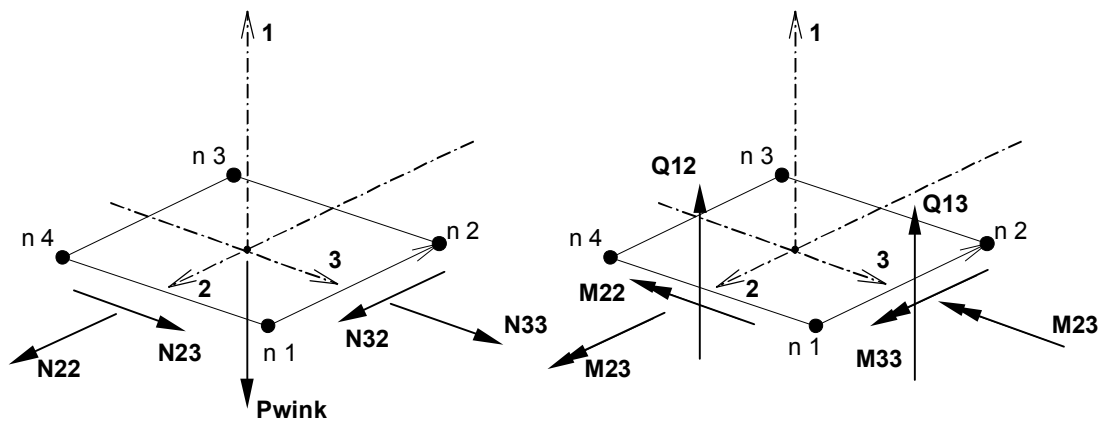


Figura 4.4 Elementi Shell – Convenzione sui segni



## 5 RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

Come già indicato nel paragrafo 1.1.1, si identificano due tipologie differenti di impalcato, che per comodità sono stati identificati come “Tipo 1” tra la spalla A e la pila P2, e “Tipo 2” tra la pila P2 e la spalla B.

### 5.1 IMPALCATO TIPO 1 – VIA SUPERIORE

Il viadotto presenta una unica carreggiata a due campate di luce  $L = 16.00$  m, per una lunghezza totale di 32.00m.

Si prevede un impalcato continuo a struttura mista con travi in acciaio, soletta superiore in conglomerato cementizio armato. La larghezza totale della soletta dell’impalcato è pari a 11.16m circa: tale larghezza totale è dovuta alla somma delle larghezze di due cordoli (1.30m) e ad una superficie carrabile totale di 8.56m ( $0.28+1.00+4.00+3.00+0.28$ m) oltre che dall’ingombro degli elementi di bordo. La pendenza trasversale della carreggiata ha un valore costante del 2.50%, in destra.

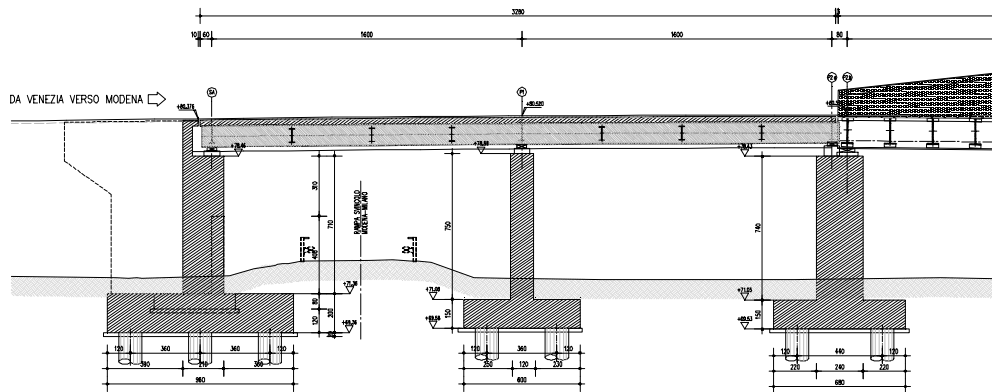


Figura 5.1 Sezione longitudinale

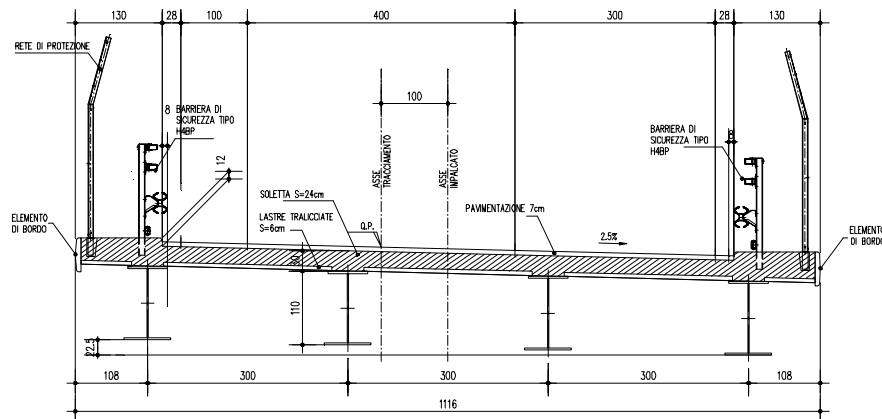


Figura 5.2 Sezione trasversale

### 5.1.1 CRITERI DI CALCOLO IMPALCATO TIPO 1

Lo schema statico adottato è quello di trave continua a due campate ad asse rettilineo con luci pari agli interassi degli appoggi misurati sull'asse stradale.

L'analisi strutturale è condotta su una singola trave composta, sottoposta al peso proprio, ai sovraccarichi permanenti, alle distorsioni, all'aliquota dei carichi mobili che discende dalla ripartizione trasversale dei carichi ed al vento.

La trave continua composta è discretizzata in conci di sezione costante, tenendo conto quindi delle variazioni geometriche, della fessurazione della soletta e delle azioni concentrate.

Nell'analisi strutturale si tiene conto delle fasi transitorie e di esercizio e si opera con i seguenti modelli:

- Modello 1: ottenuto considerando le proprietà inerziali delle sole travi metalliche ed utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dai pesi propri strutturali
- Modello 2: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione composta con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente 6. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di breve durata.
- Modello 3: ottenuto considerando le proprietà inerziali ideali della sezione mista con soletta collaborante omogeneizzata all'acciaio mediante coefficiente 18. Il modello è utilizzato per la valutazione degli effetti indotti dalle azioni di lunga durata e dal ritiro.

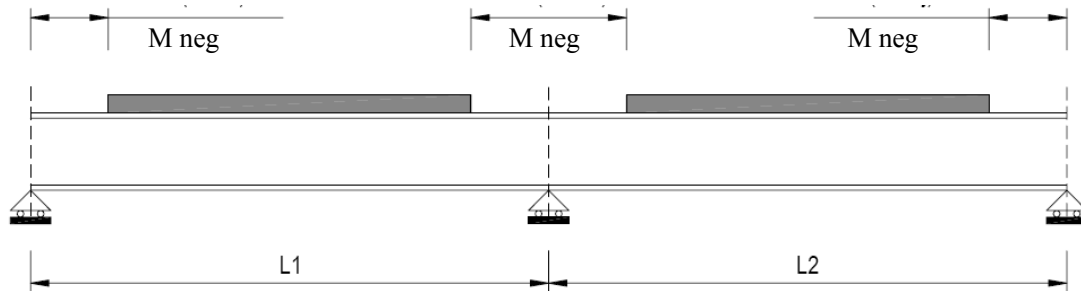


Figura 5.3 Modellazione degli effetti dovuti alla fessurazione

Nei modelli 2 e 3 si tiene conto della riduzione di rigidezza della sezione composta in prossimità degli appoggi interni per la fessurazione della soletta, trascurando il contributo inerziale del calcestruzzo sul tratto di lunghezza in cui nasce momento flettente negativo e mettendo comunque in conto il contributo inerziale delle armature presenti entro la larghezza collaborante (Figura 5.3).

Le larghezze efficaci della soletta sono così definite:

Campata SA-P1 e campata P1-SB:  $L_e = 0.85 \cdot 16.00 = 13.60\text{m}$        $L_e/8 = 1.70\text{m}$

$$b_{\text{eff}} = 0.24 + 1.38 + 0.96 = 2.58\text{m}$$

Presso pila:  $L_e = 0.25(16.00 + 16.00) = 8.00\text{m}$        $L_e/8 = 1.00\text{m}$

$$b_{\text{eff}} = 0.24 + 1.00 + 0.96 = 2.20\text{m}$$

Presso spalle:  $L_e = 0.85 \cdot 16.00 = 13.60\text{m}$        $L_e/8 = 1.70\text{m}$

$$\beta_1 = (0.55 + 0.025 \cdot 13.60 / 1.38) = 0.80 \quad \beta_2 = (0.55 + 0.025 \cdot 13.60 / 0.96) = 0.90$$

$$b_{\text{eff}} = 0.24 + 0.80 \cdot 1.38 + 0.90 \cdot 0.96 = 2.20\text{m}$$

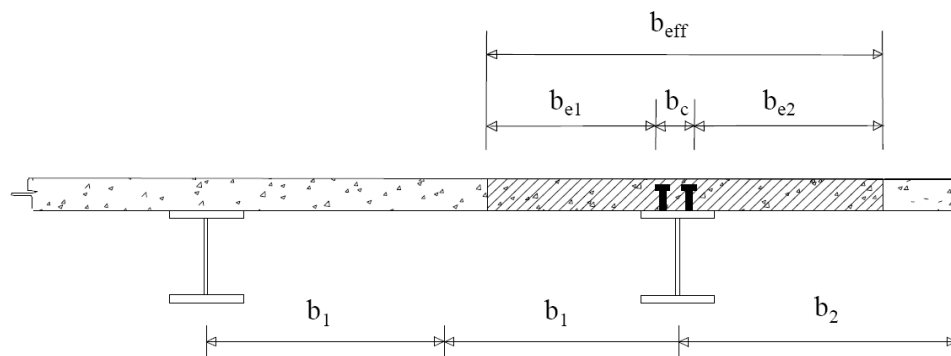


Figura 5.4 Definizione della larghezza efficace

Per le verifiche di sicurezza alle tensioni, si considerano le seguenti quattro sezioni tipo:

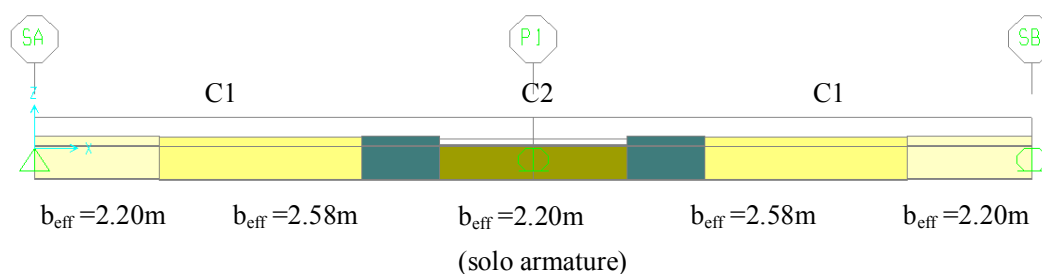
Sezione Tipo 1: proprietà inerziali della sola membratura metallica soggetta alle sollecitazioni dovute al peso proprio dell'acciaio e della soletta di calcestruzzo.

Sezione Tipo 2: proprietà inerziali ideali della sezione mista con calcestruzzo omogeneizzato all'acciaio con coefficiente di omogeneizzazione  $n = 6$ . La sezione è utilizzata per le sollecitazioni prodotte dalle azioni di breve durata nelle regioni a momento flettente positivo.

Sezione Tipo 3: proprietà inerziali ideali della sezione mista con calcestruzzo omogeneizzato all'acciaio con coefficiente di omogeneizzazione  $n = 18$ . La sezione è utilizzata per le sollecitazioni prodotte dai sovraccarichi permanenti e dal ritiro nelle regioni a momento flettente positivo.

Sezione Tipo 4: proprietà inerziali della sezione costituita dalla membratura metallica e dalle barre di armatura con esclusione del calcestruzzo. La sezione è utilizzata nelle regioni a momento flettente negativo.

Lo schema statico, con indicazioni sulla discretizzazione e sulla larghezza di soletta collaborante, è presentato nella figura seguente:



**Figura 5.5 Schema statico**

Concio C1:

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Ala superiore : 500 x 25

Spessore anima: 16

Ala inferiore : 700 x 30

Concio C2:

Altezza totale della trave in acciaio: 1100

Ala superiore : 500 x 25

Spessore anima: 20

Ala inferiore : 700 x 30

Armatura soletta:

Tipica: estradosso 1Φ16/25''

intradosso 1Φ16/25''

Zona pila: estradosso 1Φ16/12.5''

intradosso 1Φ16/12.5''

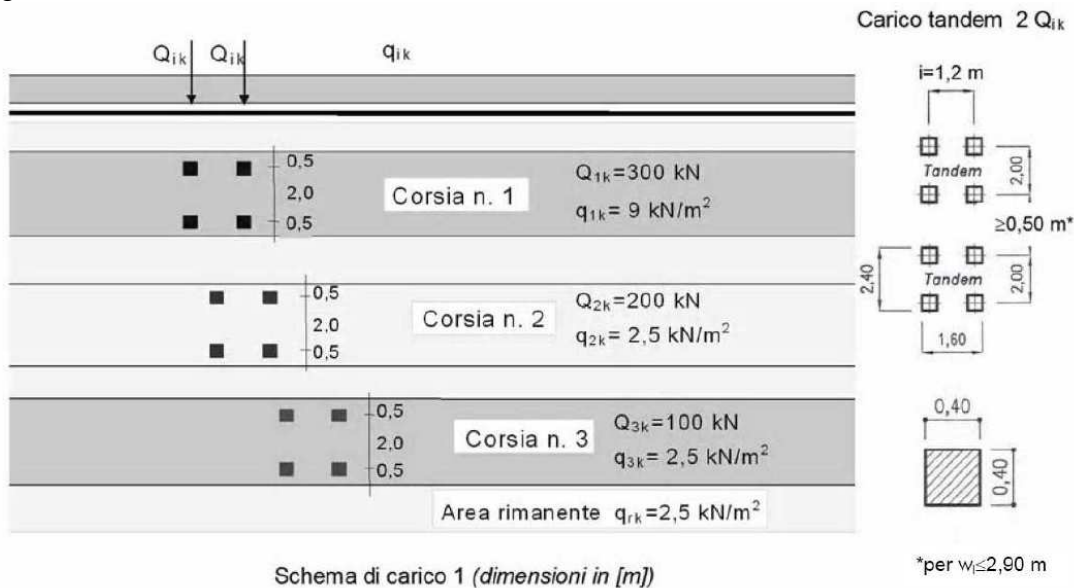
## 5.1.2 ANALISI DEI CARICHI

### 5.1.2.1 Analisi dei carichi in generale

| Analisi dei carichi   |       |                   |   |       |    |                                      |
|---|-------|-------------------|---|-------|----|--------------------------------------|
| <i>Peso proprio della struttura (G<sub>1</sub>)</i>   |       |                   |   |       |    |                                      |
| Carpenteria metallica   | 3.00  | kN/m <sup>2</sup> | * | 11.16 | m  | = 33.48 kN/m                         |
| Soletta   | 25    | kN/m <sup>3</sup> | * | 0.30  | m  | * 11.16 m = 83.70 kN/m               |
| Totale (G <sub>1</sub> )  |       |                   |   |       |    | 117.18 kN/m                          |
| <i>Carichi permanenti (G<sub>2</sub>)</i>   |       |                   |   |       |    |                                      |
| Pavimentazione stradale   | 3.00  | kN/m <sup>2</sup> | * | 8.56  | m  | = 25.68 kN/m                         |
| Cordoli   | 25    | kN/m <sup>3</sup> | * | 2.60  | m  | * 0.12 m = 7.80 kN/m                 |
| Barriere, parapetti, velette  |       |                   |   |       |    | 7.50 kN/m                            |
| Totale (G <sub>2</sub> )  |       |                   |   |       |    | 40.98 kN/m                           |
| <i>Ritiro (G)</i>   |       |                   |   |       |    |                                      |
| Dimensione fittizia h <sub>0</sub> = 2A <sub>c</sub> /u   | 2.00  |                   | * | 3.35  | m  | / 11.16 m = 600 mm                   |
| Umidita' relativa   |       |                   |   |       |    | 50%                                  |
| Resistenza cilindrica caratt. f <sub>ck</sub>   |       |                   |   |       |    | 37 N/mm <sup>2</sup>                 |
| Deformazione ε <sub>cd</sub> essiccamento   |       |                   |   |       |    | 3.0E-04                              |
| Deformazione ε <sub>ca</sub> autogeno   |       |                   |   |       |    | 6.8E-05                              |
| Deformazione ε <sub>cs</sub> totale   |       |                   |   |       |    | 3.7E-04                              |
| Coefficiente di viscosita' φ  |       |                   |   |       |    | 2.0                                  |
| Dist. baricentri G <sub>sol</sub> e G <sub>mista</sub> in testata                                 |       |                   |   |       |    | 0.42 m                               |
| Coeff. di omogeneizzazione a t <sub>0</sub> n <sub>0</sub>  |       |                   |   |       |    | 6                                    |
| Coeff. di omogeneizzazione a t <sub>inf</sub> n <sub>r</sub> = n <sub>0</sub> (1+φ)               |       |                   |   |       |    | 18                                   |
| Modulo elastico acciaio E <sub>s</sub>  |       |                   |   |       |    | 210000 N/mm <sup>2</sup>             |
| Area soletta A <sub>c</sub>   |       |                   |   | 240   | mm | * 11160 mm = 2678400 mm <sup>2</sup> |
| Forza di testata N <sub>r</sub> = ε <sub>cs</sub> *E <sub>s</sub> *A <sub>c</sub> /n <sub>r</sub> |       |                   |   |       |    | -11499 kN                            |
| Momento di testata M <sub>r</sub> = N <sub>r</sub> *e <sub>r</sub>                                |       |                   |   |       |    | 4829.69 kNm                          |
| <i>Variazioni termiche (Q)</i>  |       |                   |   |       |    |                                      |
| Coeff. di dilatazione termica α   |       |                   |   |       |    | 1.00E-05 1/°C                        |
| Coeff. di omogeneizzazione a t <sub>0</sub> n <sub>0</sub>  |       |                   |   |       |    | 6                                    |
| Modulo elastico acciaio E <sub>s</sub>  |       |                   |   |       |    | 210000 N/mm <sup>2</sup>             |
| Area soletta A <sub>c</sub>   |       |                   |   | 300   | mm | * 11160 mm = 3348000 mm <sup>2</sup> |
| Dist. baricentri G <sub>sol</sub> e G <sub>mista</sub> in testata                                 |       |                   |   |       |    | 0.22 m                               |
| Variazione termica positiva   |       |                   |   |       |    | 10 °C                                |
| Forza di testata N <sub>dt</sub> = α * E <sub>s</sub> * A <sub>c</sub> * Δt/n <sub>0</sub>        |       |                   |   |       |    | 11718 kN                             |
| Momento di testata M <sub>dt</sub> = N <sub>dt</sub> *e <sub>dt</sub>                             |       |                   |   |       |    | -2578 kNm                            |
| Variazione termica negativa   |       |                   |   |       |    | -5 °C                                |
| Forza di testata N <sub>dt</sub> = α * E <sub>s</sub> * A <sub>c</sub> * Δt/n <sub>0</sub>        |       |                   |   |       |    | -5859 kN                             |
| Momento di testata M <sub>dt</sub> = N <sub>dt</sub> *e <sub>dt</sub>                             |       |                   |   |       |    | 1288.98 kNm                          |
| <i>Azione del vento (Q)</i>   |       |                   |   |       |    |                                      |
| Pressione del vento   |       |                   |   |       |    | 2.50 kN/m <sup>2</sup>               |
| Risultante del vento  | 2.50  | kN/m <sup>2</sup> | * | 4.40  | m  | = 11.00 kN/m                         |
| Momento del vento   | 11.00 | kN/m              | * | 2.20  | m  | = 24.20 kNm/m                        |
| Carico vento su trave esterna   | 24.20 | kN/m/m            | / | 9.00  | m  | = 2.69 kN/m                          |

*Carichi mobili (Q)*

Si considerano le azioni da traffico dello Schema di Carico 1, le cui caratteristiche sono riportate nella figura seguente:



In senso trasversale i carichi sono stati distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3.00m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa per la singola trave (Figura 5.6).

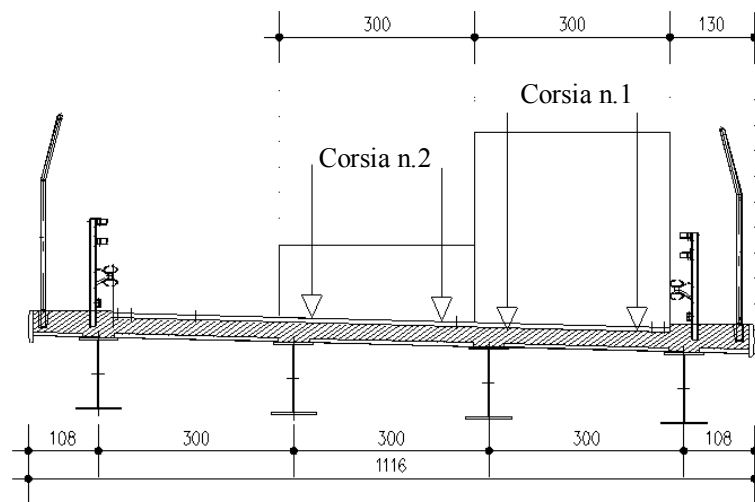


Figura 5.6 Distribuzione trasversale dei carichi da traffico

Eccentricità dei carichi di corsia:

Corsia n.1:  $d_1 = (1.50 + 3.00 + 1.08) - 1.30 - 1.50 = 2.78$  m

Corsia n.2:  $d_2 = 2.78 - 3.00 = -0.22\text{m}$

Si considera una ripartizione dei carichi da traffico sulle travi alla Courbon; l'azione generata dalla generica forza di corsia F sulla trave maggiormente sollecitata (trave di bordo) vale:

Corsia n.1:  $R_1 = F_1/4 + F_1 * 2.78 / (2 * 1.50^2 + 2 * 4.50^2) * 4.50 = F_1(0.25 + 0.28) = 0.53 * F_1$

Corsia n.2:  $R_2 = F_2/4 - F_2 * 0.22 / (2 * 1.50^2 + 2 * 4.50^2) * 4.50 = F_2(0.25 - 0.02) = 0.23 * F_2$

#### *Cedimenti vincolari (G)*

Si ipotizza l'entità di tali cedimenti sulla base delle già citate indicazioni della Società Autostrade. Tale documento suggerisce di assumere per essi un valore pari ad 1/5000 della luce delle campate afferenti sull'appoggio. Trattandosi di un fenomeno "lento", gli effetti prodotti dai cedimenti (qualora presi in considerazione) verranno determinati assumendo per il calcestruzzo un modulo di elasticità:

$$E = 11'667 \text{ N/mm}^2$$

$$\delta = 1/5000 * 16.00 = 0.32 \text{ cm}$$

#### 5.1.2.2 Riepilogo dei carichi agenti sulla trave più sollecitata

##### **Carichi agenti sulla trave piu' sollecitata**

|   |                   |            |
|---|-------------------|------------|
| <i>Larghezza di influenza</i>                             | i =               | 2.58 m     |
| <i>Peso proprio carpenteria metallica (G<sub>1</sub>)</i> | q <sub>G1</sub> = | 7.74 kN/m  |
| <i>Peso proprio soletta (G<sub>1</sub>)</i>               | q <sub>G1</sub> = | 19.35 kN/m |
| <i>Carichi permanenti (G<sub>2</sub>)</i>                 | q <sub>G1</sub> = | 9.47 kN/m  |
| <i>Ritiro (G)</i>   | Nr =              | -2658 kN   |
|   | Mr =              | 1117 kNm   |
| <i>Variazione termica +10°C (Q)</i>                       | Nr =              | 2709 kN    |
|   | Mr =              | -596 kNm   |
| <i>Azione del vento (Q)</i>                               | q <sub>w</sub> =  | 2.69 kN/m  |

#### 5.1.3 MODELLI DI CALCOLO

Nelle analisi strutturali si fa riferimento alla trave maggiormente sollecitata soggetta ai carichi individuati al paragrafo 5.1.2.

Le analisi sono eseguite per le fasi costruttive (varo e getto della soletta) e per le condizioni di esercizio della struttura a breve termine e a lungo termine. La larghezza collaborante della soletta per la definizione delle caratteristiche inerziali della sezione, sia per l'analisi strutturale che per la verifica, è stata valutata secondo le indicazioni della norma NTC punto 4.3.2.3. Per ulteriori dettagli si veda il paragrafo 5.1.1.

## 5.1.4 ANALISI STRUTTURALE

### 5.1.4.1 Criteri generali

Il calcolo delle sollecitazioni è stato effettuato con riferimento alla trave maggiormente sollecitata, su un modello agli elementi finiti ottenuto discretizzando la struttura in conci di caratteristiche geometriche ed inerziali costanti.

Le analisi sono state eseguite per le seguenti condizioni di carico:

- Peso proprio della carpenteria metallica
- Peso proprio della soletta.
- Carichi permanenti.
- Ritiro.
- Variazione termica differenziale.
- Carichi mobili.
- Vento.
- Cedimenti vincolari.

Ai fini delle verifiche di resistenza, per quanto riguarda la seconda condizione di carico, la soletta è stata considerata realizzata in un unico getto. Con tale ipotesi si sovrastimano le tensioni sulle travi metalliche e quindi si perviene ad una verifica conservativa della sicurezza.

### 5.1.4.2 Diagrammi delle Sollecitazioni

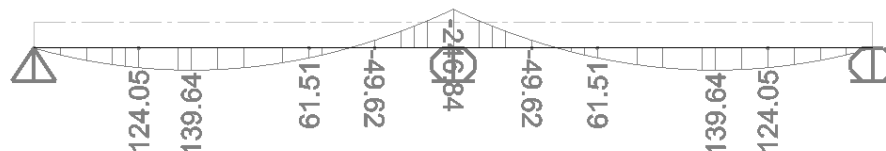


Figura 5.7 Peso proprio della carpenteria metallica - Momenti flettenti

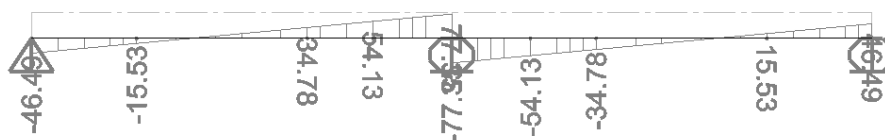


Figura 5.8 Peso proprio della carpenteria metallica - Taglio



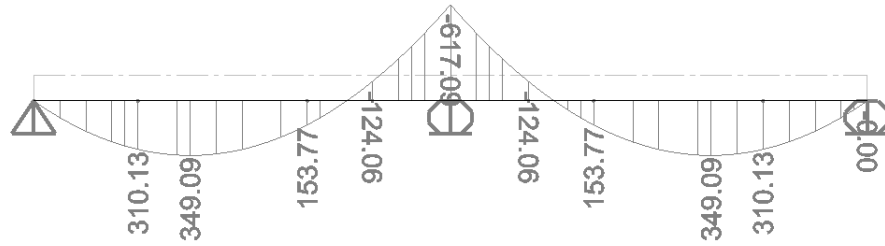


Figura 5.9 Peso proprio della soletta – Momenti flettenti

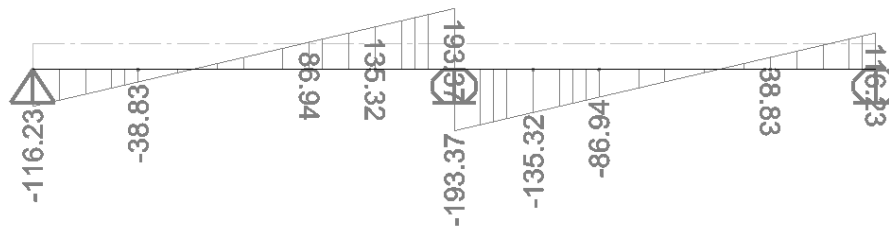


Figura 5.10 Peso proprio della soletta – Taglio

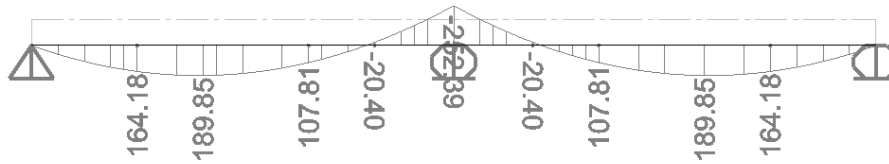


Figura 5.11 Carichi permanenti – Momenti flettenti

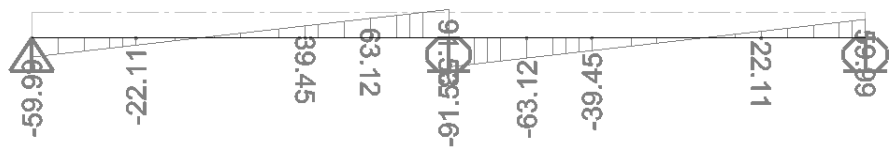


Figura 5.12 Carichi permanenti – Taglio

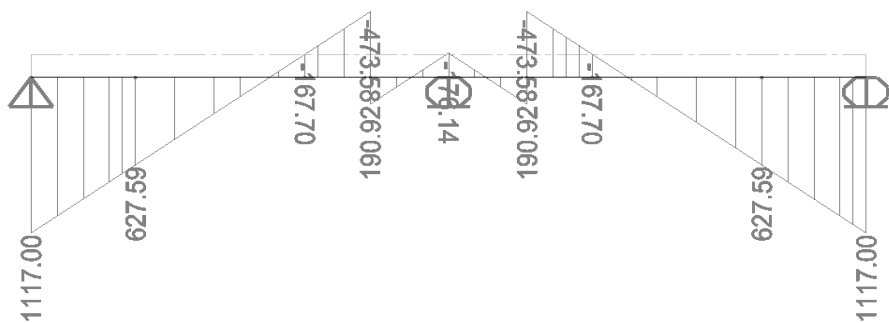


Figura 5.13 Azione del ritiro - Momenti flettenti

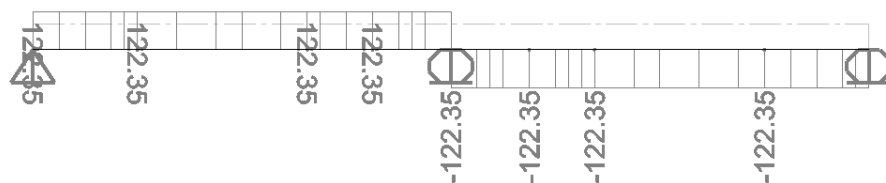


Figura 5.14 Azione del ritiro - Taglio

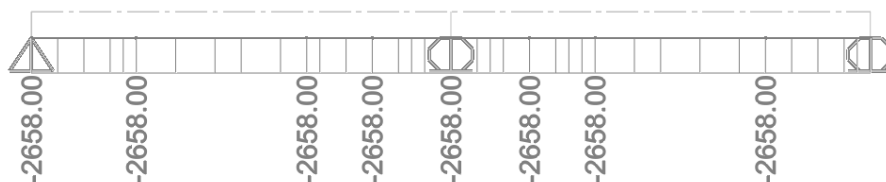


Figura 5.15 Azione del ritiro – Sforzo assiale

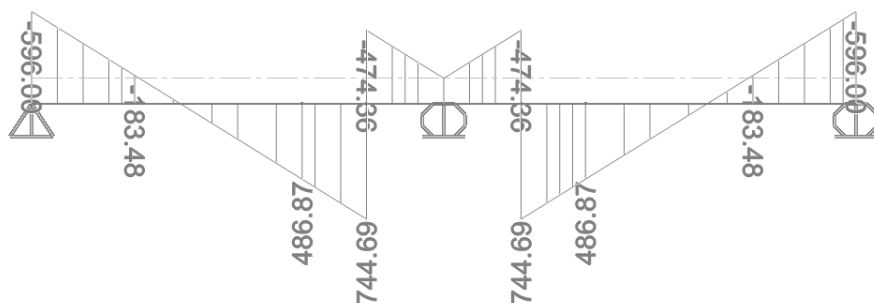


Figura 5.16 Variazione termica in soletta +10°C - Momenti flettenti

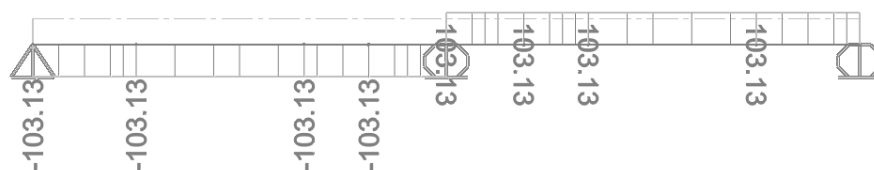


Figura 5.17 Variazione termica in soletta +10°C - Taglio

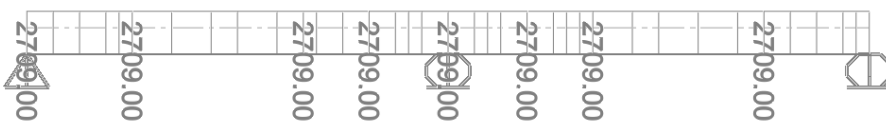


Figura 5.18 Variazione termica in soletta +10°C – Sforzo assiale

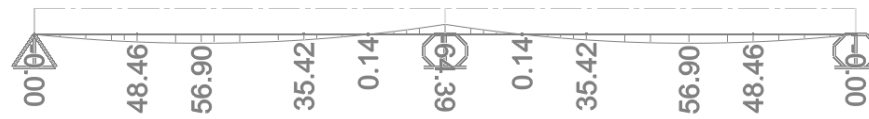


Figura 5.19 Azione del vento - Momenti flettenti

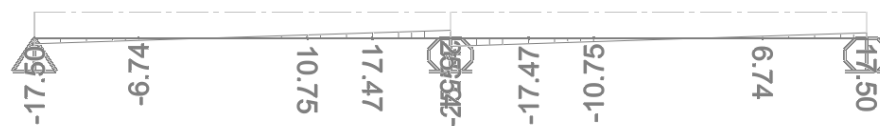


Figura 5.20 Azione del vento - Taglio

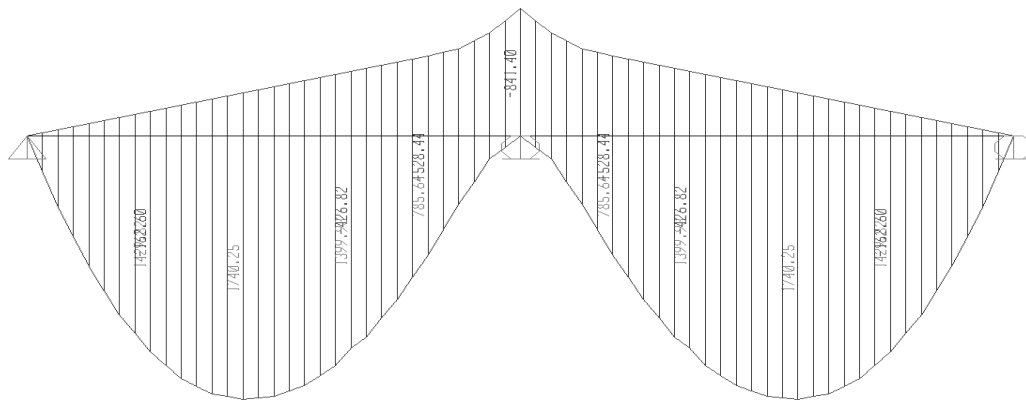


Figura 5.21 Carichi mobili - Momenti flettenti max e min

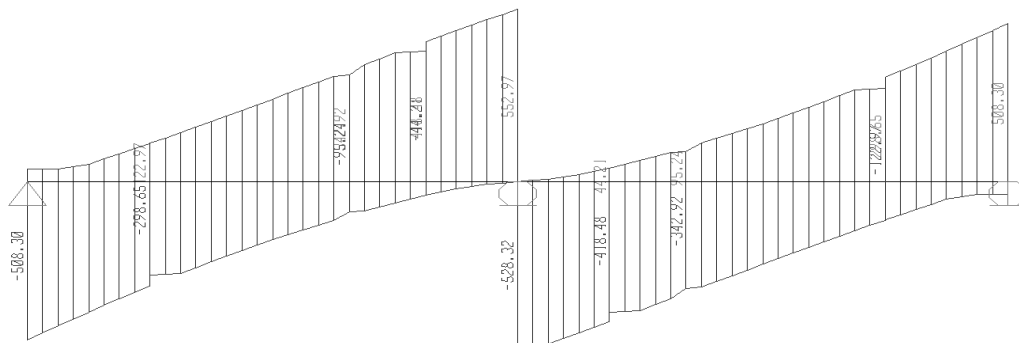


Figura 5.22 Carichi mobili - Tagli max e min

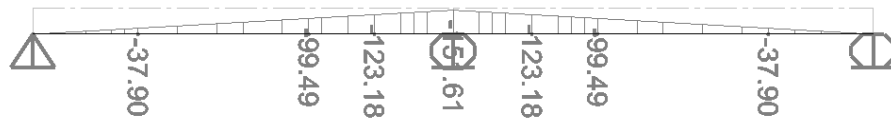


Figura 5.23 Cedimento spalle - Momenti flettenti

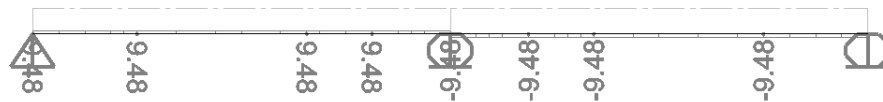


Figura 5.24 Cedimento spalle - Taglio

### 5.1.5 VERIFICHE TRAVI PRINCIPALI

Le verifiche vengono eseguite nelle sezioni significative:

- S1: sezione di massimo momento positivo in campata ( $x=6.00m$ );
- S2: sezione di pila (P1);

Riepilogo delle sollecitazioni nelle sezioni significative

| <b>Sezione S1 - In campata <math>x=6.00m</math> (SA-P1)</b>         | <b>M</b> |
|---|----------|
| <i>Peso proprio carpenteria metallica (<math>G_1</math>)</i>        | 140 kNm  |
| <i>Peso proprio soletta (<math>G_1</math>)</i>                      | 350 kNm  |
| <i>Carichi permanenti (<math>G_2</math>)</i>                        | 190 kNm  |
| <i>Ritiro (<math>G</math>)</i>                                      | 380 kNm  |
| <i>Variazione termica <math>+10^\circ C</math> (<math>Q</math>)</i> | 30 kNm   |
| <i>Azione del vento (<math>Q</math>)</i>                            | 57 kNm   |
| <i>Cedimenti vincolari (<math>G</math>)</i>                         | 57 kNm   |
| <i>Mobili (<math>Q</math>)</i>                                      | 1740 kNm |

| <b>Sezione S2 - Pila (P1)</b>                                       | <b>M</b> | <b>T</b> |
|---|----------|----------|
| <i>Peso proprio carpenteria metallica (<math>G_1</math>)</i>        | -247 kNm | 77 kN    |
| <i>Peso proprio soletta (<math>G_1</math>)</i>                      | -617 kNm | 193 kN   |
| <i>Carichi permanenti (<math>G_2</math>)</i>                        | -252 kNm | 252 kN   |
| <i>Ritiro (<math>G</math>)</i>                                      | -176 kNm | 122 kN   |
| <i>Variazione termica <math>+10^\circ C</math> (<math>Q</math>)</i> | -170 kNm | 105 kN   |
| <i>Azione del vento (<math>Q</math>)</i>                            | -65 kNm  | 26 kN    |
| <i>Cedimenti vincolari (<math>G</math>)</i>                         | -152 kNm | 10 kN    |
| <i>Mobili (<math>Q</math>) (M max)</i>                              | -841 kNm | 427 kN   |
| <i>Mobili (<math>Q</math>) (T max)</i>                              | -481 kNm | 553 kN   |

#### 5.1.5.1 Verifiche di resistenza (SLU)

Le verifiche sono condotte in base alla combinazione di carico fondamentale con i carichi mobili assunti come azione variabile dominante:

$$1.35 \cdot G_1 + 1.50 \cdot G_2 + 1.20 \cdot Q_{rit} + 1.20 \cdot Q_{ced} + 1.35 \cdot Q + 1.20 \cdot 0.6 \cdot Q_T + 1.50 \cdot 0.6 \cdot Q_w$$

5.1.5.1.1 Verifica delle travi

Metodo elastico (punto 4.3.4.2.1.1 delle NTC)

a) Variazione termica in soletta positiva ( $dT=+10^{\circ}C$ )

**SEZIONE S1. Campata centrale Mmax** (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 16

Ala inferiore : 700 x 30 Ala superiore : 500 x 25

**SOLETTA SUPERIORE**

Soletta: larghezza= 2580 spessore totale= 300

Coppella: appoggio sull'ala= 60 spessore= 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.30

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -2.52

**SOLETTA INFERIORE**

Soletta: larghezza= 0 spessore totale= 0 Armatura 1: Aa= 0 Y= 0

Coppella: larghezza= 0 spessore= 0 Armatura 2: Aa= 0 Y= 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

|                                     |   | TRAVE IN ACCIAIO | TRAVE + SOL. INF.<br>n= 18.0 | TRAVE COMPLETA |            |
|-------------------------------------|---|------------------|------------------------------|----------------|------------|
|                                     |   |                  |                              | n= 18.0        | n= 6.0     |
| Quota baricentro                    |   | 460.9            | 460.9                        | 798.84         | 1014.73    |
| Area                                |   | 5.0220E+04       | 5.0220E+04                   | 8.5887E+04     | 1.5722E+05 |
| Momento d'inerzia                   |   | 1.0747E+10       | 1.0747E+10                   | 2.4751E+10     | 3.3960E+10 |
| Intradosso                          | W | 2.3318E+07       | 2.3318E+07                   | 3.0984E+07     | 3.3467E+07 |
| Attacco Anima-Piattabanda Inferiore | W | 2.4941E+07       | 2.4941E+07                   | 3.2193E+07     | 3.4486E+07 |
|                                     | C | 5.4455E-05       | 5.4455E-05                   | 5.4455E-05     | 5.4455E-05 |
| Baricentro Trave Acciaio            | C | 6.3094E-05       | 6.3094E-05                   | 6.3094E-05     | 6.3094E-05 |
| Baricentro Trave Completa           | C |                  | 6.3094E-05                   | 1.2323E-04     | 1.6721E-04 |
| Attacco Anima-Piattabanda Superiore | W | 1.7501E+07       | 1.7501E+07                   | 8.9626E+07     | 5.6351E+08 |
|                                     | C | 4.5549E-05       | 4.5549E-05                   | 4.5549E-05     | 4.5549E-05 |
| Estradosso Trave Acciaio            | W | 1.6816E+07       | 1.6816E+07                   | 8.2186E+07     | 3.9828E+08 |
| (b= 380.00)                         | C |                  |                              | 1.8044E-06     | 2.1553E-06 |
| Estradosso Soletta Superiore        | W |                  |                              | 7.4110E+08     | 5.2888E+08 |

**SOLLECITAZIONI**

|   | Sforzo Normale | Taglio   | Momento Flettente |
|---|----------------|----------|-------------------|
| <b>Sezione reagente: trave in acciaio</b>                     |                |          |                   |
| Peso travi in acciaio   | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 1.890E+8          |
| Prima precompressione   | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| Peso soletta inferiore  | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| <b>Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore</b> |                |          |                   |
| Peso soletta superiore  | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 4.725E+8          |
| Ritiro soletta inferiore (1^ quota)                           | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |

| Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)  |           |          |          |
|--|-----------|----------|----------|
| Seconda precompressione                            | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 0.000E+0 |
| Carichi permanenti portati                         | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 2.850E+8 |
| Ritiro soletta superiore                           | -3.192E+6 | 0.000E+0 | 4.560E+8 |
| Ritiro soletta inferiore (2^ quota)                | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 0.000E+0 |
| Cedimenti appoggi                                  | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 6.840E+7 |
| Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci) |           |          |          |
| Carichi mobili                                     | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 2.349E+9 |
| Effetti termici                                    | 1.951E+6  | 0.000E+0 | 2.160E+7 |
| Vento  | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 5.130E+7 |

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

|   |               | Peso travi acciaio | 1^ Prec. | Peso sol. inf. | Totale Trave in Acciaio | Peso sol. sup. | Ritiro sol.inf. 1^quota | Totale trave in acciaio +sol.inf. |
|---|---------------|--------------------|----------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Intradosso  | $\sigma$      | 8.11               | 0.00     | 0.00           | <b>8.11</b>             | 20.26          | 0.00                    | <b>28.37</b>                      |
| Attacco Anima-Piat.Inf.                           | $\sigma$      | 7.58               | 0.00     | 0.00           | <b>7.58</b>             | 18.94          | 0.00                    | <b>26.52</b>                      |
|   | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
|   | $\sigma_{id}$ | 7.58               | 0.00     | 0.00           | <b>7.58</b>             | 18.94          | 0.00                    | <b>26.52</b>                      |
| Baricentro Trave Acciaio                          | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Baricentro trave Completa                         | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Attacco Anima-Piat.Sup.                           | $\sigma$      | -10.80             | 0.00     | 0.00           | <b>-10.80</b>           | -27.00         | 0.00                    | <b>-37.80</b>                     |
|   | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
|   | $\sigma_{id}$ | 10.80              | 0.00     | 0.00           | <b>10.80</b>            | 27.00          | 0.00                    | <b>37.80</b>                      |
| Estradosso Trave Acciaio                          | $\sigma$      | -11.24             | 0.00     | 0.00           | <b>-11.24</b>           | -28.10         | 0.00                    | <b>-39.34</b>                     |
| (b= 380.00)                                       | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Estradosso Soletta                                | $\sigma$      | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |

TENSIONI - (Situazione finale)

|   |               | 2^ Prec. | Carichi perm. portati | Ritiro sol. sup. | Ritiro sol.inf. 2^quota | Cedimenti appoggi | Carichi mobili | Effetti termici | Vento | Totale Trave compl. |
|---|---------------|----------|-----------------------|------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------|---------------------|
| Intradosso  | $\sigma$      | 0.00     | 9.20                  | -22.45           | 0.00                    | 2.21              | 70.19          | 13.06           | 1.53  | <b>124.55</b>       |
| Attacco Anima-Piat.Inf.                           | $\sigma$      | 0.00     | 8.85                  | -23.00           | 0.00                    | 2.12              | 68.11          | 13.04           | 1.49  | <b>120.14</b>       |
|   | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
|   | $\sigma_{id}$ | 0.00     | 8.85                  | 23.00            | 0.00                    | 2.12              | 68.11          | 13.04           | 1.49  | <b>120.14</b>       |
| Baricentro Trave Acciaio                          | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Baricentro trave Completa                         | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Attacco Anima-Piat.Sup.                           | $\sigma$      | 0.00     | -3.18                 | -42.25           | 0.00                    | -0.76             | -4.17          | 12.37           | -0.09 | <b>-75.88</b>       |
|   | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
|   | $\sigma_{id}$ | 0.00     | 3.18                  | 42.25            | 0.00                    | 0.76              | 4.17           | 12.37           | 0.09  | <b>75.88</b>        |
| Estradosso Trave Acciaio                          | $\sigma$      | 0.00     | -3.47                 | -42.71           | 0.00                    | -0.83             | -5.90          | 12.36           | -0.13 | <b>-80.02</b>       |
| (b= 380.00)                                       | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Estradosso Soletta                                | $\sigma$      | 0.00     | -0.38                 | 1.62             | 0.00                    | -0.09             | -4.44          | -0.49           | -0.10 | <b>-5.51</b>        |

**SEZIONE S2. Presso P1 Mmax** (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 20

Ala inferiore : 700 x 30 Ala superiore : 500 x 25

**SOLETTA SUPERIORE**

Armatura 1 Aa= 3538. Y= 1330.

Armatura 2 Aa= 3538. Y= 1170.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.30

Tensione da variazioni termiche (1° fase): -2.52

**SOLETTA INFERIORE**

Soletta: larghezza= 0.00 spessore totale= 0.00 Armatura 1: Aa= 0 Y= 0

Coppella: larghezza= 0.00 spessore= 0.00 Armatura 2: Aa= 0 Y= 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

|                                     |   | TRAVE IN ACCIAIO | TRAVE + SOL. INF.<br>n= 18.0 | TRAVE COMPLETA |            |
|-------------------------------------|---|------------------|------------------------------|----------------|------------|
|                                     |   |                  |                              | n= 18.0        | n= 6.0     |
| Quota baricentro                    |   | 467.94           | 467.94                       | 557.96         | 557.96     |
| Area                                |   | 5.4400E+04       | 5.4400E+04                   | 6.1476E+04     | 6.1476E+04 |
| Momento d'inerzia                   |   | 1.1160E+10       | 1.1160E+10                   | 1.5035E+10     | 1.5035E+10 |
| Intradosso                          | W | 2.3849E+07       | 2.3849E+07                   | 2.6946E+07     | 2.6946E+07 |
| Attacco Anima-Piattabanda Inferiore | W | 2.5483E+07       | 2.5483E+07                   | 2.8478E+07     | 2.8478E+07 |
|                                     | C | 4.2615E-05       | 4.2615E-05                   | 4.2615E-05     | 4.2615E-05 |
| Baricentro Trave Acciaio            | C | 5.1208E-05       | 5.1208E-05                   | 5.1208E-05     | 5.1208E-05 |
| Baricentro Trave Completa           | C |                  | 5.1208E-05                   | 6.3573E-05     | 6.3573E-05 |
| Attacco Anima-Piattabanda Superiore | W | 1.8384E+07       | 1.8384E+07                   | 2.9079E+07     | 2.9079E+07 |
|                                     | C | 3.4697E-05       | 3.4697E-05                   | 3.4697E-05     | 3.4697E-05 |
| Estradosso Trave Acciaio            | W | 1.7657E+07       | 1.7657E+07                   | 2.7738E+07     | 2.7738E+07 |
| (b= 380.00)                         | C |                  |                              | 8.5710E-07     | 8.5710E-07 |
| Armatura 1 (Y= 1330.00)             | W |                  |                              | 1.9474E+07     | 1.9474E+07 |
| Armatura 2 (Y= 1170.00)             | W |                  |                              | 2.4565E+07     | 2.4565E+07 |

**SOLLECITAZIONI**

|   | Sforzo Normale | Taglio   | Momento Flettente |
|---|----------------|----------|-------------------|
| <b>Sezione reagente: trave in acciaio</b>                     |                |          |                   |
| Peso travi in acciaio   | 0.000E+0       | 1.040E+5 | -3.335E+8         |
| Prima precompressione   | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| Peso soletta inferiore  | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| <b>Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore</b> |                |          |                   |
| Peso soletta superiore  | 0.000E+0       | 2.606E+5 | -8.330E+8         |
| Ritiro soletta inferiore (1^ quota)                           | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| <b>Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)</b>      |                |          |                   |
| Seconda precompressione                                       | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| Carichi permanenti portati                                    | 0.000E+0       | 1.380E+5 | -3.780E+8         |
| Ritiro soletta superiore                                      | -3.192E+6      | 1.464E+5 | -2.112E+8         |
| Ritiro soletta inferiore (2^ quota)                           | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |



|   |          |          |           |
|---|----------|----------|-----------|
| Cedimenti appoggi   | 0.000E+0 | 1.200E+4 | -1.824E+8 |
| <b>Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)</b> |          |          |           |
| Carichi mobili  | 0.000E+0 | 5.765E+5 | -1.135E+9 |
| Effetti termici   | 1.951E+6 | 7.560E+4 | -1.224E+8 |
| Vento   | 0.000E+0 | 2.340E+4 | -5.850E+7 |

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

|   |               | Peso travi acciaio | 1^ Prec. | Peso sol. inf. | Totale Trave in Acciaio | Peso sol. sup. | Ritiro sol.inf. 1^quota | Totale trave in acciaio +sol.inf. |
|---|---------------|--------------------|----------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Intradosso  | $\sigma$      | -13.98             | 0.00     | 0.00           | <b>-13.98</b>           | -34.93         | 0.00                    | <b>-48.91</b>                     |
| Attacco Anima-Piat.Inf.                           | $\sigma$      | -13.09             | 0.00     | 0.00           | <b>-13.09</b>           | -32.69         | 0.00                    | <b>-45.77</b>                     |
|   | $\tau$        | 4.43               | 0.00     | 0.00           | <b>4.43</b>             | 11.10          | 0.00                    | <b>15.53</b>                      |
|   | $\sigma_{id}$ | 15.17              | 0.00     | 0.00           | <b>15.17</b>            | 37.92          | 0.00                    | <b>53.09</b>                      |
| Baricentro Trave Acciaio                          | $\tau$        | 5.32               | 0.00     | 0.00           | <b>5.32</b>             | 13.34          | 0.00                    | <b>18.67</b>                      |
| Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Baricentro trave Completa                         | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Attacco Anima-Piat.Sup.                           | $\sigma$      | 18.14              | 0.00     | 0.00           | <b>18.14</b>            | 45.31          | 0.00                    | <b>63.45</b>                      |
|   | $\tau$        | 3.61               | 0.00     | 0.00           | <b>3.61</b>             | 9.04           | 0.00                    | <b>12.65</b>                      |
|   | $\sigma_{id}$ | 19.18              | 0.00     | 0.00           | <b>19.18</b>            | 47.94          | 0.00                    | <b>67.12</b>                      |
| Estradosso Trave Acciaio                          | $\sigma$      | 18.89              | 0.00     | 0.00           | <b>18.89</b>            | 47.17          | 0.00                    | <b>66.06</b>                      |
| (b= 380.00)                                       | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Sol.Sup.: Arm.1                                   | $\sigma$      | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Sol.Sup.: Arm.2                                   | $\sigma$      | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |

TENSIONI - (Situazione finale)

|   |               | 2^ Prec. | Carichi perm. portati | Ritiro sol. sup. | Ritiro sol.inf. 2^quota | Cedimenti appoggi | Carichi mobili | Effetti termici | Vento | Totale Trave compl. |
|---|---------------|----------|-----------------------|------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------|---------------------|
| Intradosso  | $\sigma$      | 0.00     | -14.03                | -59.76           | 0.00                    | -6.77             | -42.13         | 27.20           | -2.17 | <b>-146.57</b>      |
| Attacco Anima-Piat.Inf.                           | $\sigma$      | 0.00     | -13.27                | -59.34           | 0.00                    | -6.41             | -39.87         | 27.44           | -2.05 | <b>-139.27</b>      |
|   | $\tau$        | 0.00     | 5.88                  | 6.24             | 0.00                    | 0.51              | 24.57          | 3.22            | 1.00  | <b>56.95</b>        |
|   | $\sigma_{id}$ | 0.00     | 16.73                 | 60.31            | 0.00                    | 6.47              | 58.31          | 28.00           | 2.68  | <b>170.66</b>       |
| Baricentro Trave Acciaio                          | $\tau$        | 0.00     | 7.07                  | 7.50             | 0.00                    | 0.61              | 29.52          | 3.87            | 1.20  | <b>68.43</b>        |
| Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Baricentro trave Completa                         | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Attacco Anima-Piat.Sup.                           | $\sigma$      | 0.00     | 13.00                 | -44.66           | 0.00                    | 6.27              | 39.04          | 35.95           | 2.01  | <b>159.72</b>       |
|   | $\tau$        | 0.00     | 4.79                  | 5.08             | 0.00                    | 0.42              | 20.00          | 2.62            | 0.81  | <b>46.37</b>        |
|   | $\sigma_{id}$ | 0.00     | 15.42                 | 45.52            | 0.00                    | 6.31              | 52.20          | 36.23           | 2.45  | <b>178.78</b>       |
| Estradosso Trave Acciaio                          | $\sigma$      | 0.00     | 13.63                 | -44.31           | 0.00                    | 6.58              | 40.93          | 36.15           | 2.11  | <b>165.46</b>       |
| (b= 380.00)                                       | $\tau$        | 0.00     | 0.12                  | 0.13             | 0.00                    | 0.01              | 0.49           | 0.06            | 0.02  | <b>0.83</b>         |
| Sol.Sup.: Arm.1                                   | $\sigma$      | 0.00     | 19.41                 | 36.32            | 0.00                    | 9.37              | 58.30          | 22.90           | 3.00  | <b>149.31</b>       |
| Sol.Sup.: Arm.2                                   | $\sigma$      | 0.00     | 15.39                 | 34.07            | 0.00                    | 7.43              | 46.22          | 21.60           | 2.38  | <b>127.09</b>       |

b) Variazione termica in soletta negativa ( $dT=-5^{\circ}C$ )

**SEZIONE S1. Campata centrale Mmax** (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 16

Ala inferiore : 700 x 30 Ala superiore : 500 x 25

**SOLETTA SUPERIORE**

Soletta: larghezza= 2580 spessore totale= 300

Coppella: appoggio sull'ala= 60 spessore= 60

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.30

Tensione da variazioni termiche (1° fase): 1.26

**SOLETTA INFERIORE**

Soletta: larghezza= 0 spessore totale= 0 Armatura 1: Aa= 0 Y= 0

Coppella: larghezza= 0 spessore= 0 Armatura 2: Aa= 0 Y= 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

|                                     |   | TRAVE IN ACCIAIO | TRAVE + SOL. INF. | TRAVE COMPLETA |            |
|-------------------------------------|---|------------------|-------------------|----------------|------------|
|                                     |   |                  | n= 18.0           | n= 18.0        | n= 6.0     |
| Quota baricentro                    |   | 460.9            | 460.9             | 798.84         | 1014.73    |
| Area                                |   | 5.0220E+04       | 5.0220E+04        | 8.5887E+04     | 1.5722E+05 |
| Momento d'inerzia                   |   | 1.0747E+10       | 1.0747E+10        | 2.4751E+10     | 3.3960E+10 |
| Intradosso                          | W | 2.3318E+07       | 2.3318E+07        | 3.0984E+07     | 3.3467E+07 |
| Attacco Anima-Piattabanda Inferiore | W | 2.4941E+07       | 2.4941E+07        | 3.2193E+07     | 3.4486E+07 |
|                                     | C | 5.4455E-05       | 5.4455E-05        | 5.4455E-05     | 5.4455E-05 |
| Baricentro Trave Acciaio            | C | 6.3094E-05       | 6.3094E-05        | 6.3094E-05     | 6.3094E-05 |
| Baricentro Trave Completa           | C |                  | 6.3094E-05        | 1.2323E-04     | 1.6721E-04 |
| Attacco Anima-Piattabanda Superiore | W | 1.7501E+07       | 1.7501E+07        | 8.9626E+07     | 5.6351E+08 |
|                                     | C | 4.5549E-05       | 4.5549E-05        | 4.5549E-05     | 4.5549E-05 |
| Estradosso Trave Acciaio            | W | 1.6816E+07       | 1.6816E+07        | 8.2186E+07     | 3.9828E+08 |
| (b= 380.00)                         | C |                  |                   | 1.8044E-06     | 2.1553E-06 |
| Estradosso Soletta Superiore        | W |                  |                   | 7.4110E+08     | 5.2888E+08 |

**SOLLECITAZIONI**

|   | Sforzo Normale | Taglio   | Momento Flettente |
|---|----------------|----------|-------------------|
| <b>Sezione reagente: trave in acciaio</b>                     |                |          |                   |
| Peso travi in acciaio   | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 1.890E+8          |
| Prima precompressione   | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| Peso soletta inferiore  | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| <b>Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore</b> |                |          |                   |
| Peso soletta superiore  | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 4.725E+8          |
| Ritiro soletta inferiore (1^ quota)                           | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| <b>Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)</b>      |                |          |                   |
| Seconda precompressione                                       | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| Carichi permanenti portati                                    | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 2.850E+8          |
| Ritiro soletta superiore                                      | -3.192E+6      | 0.000E+0 | 4.560E+8          |

|   |           |          |           |
|---|-----------|----------|-----------|
| Ritiro soletta inferiore (2^ quota)                       | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 0.000E+0  |
| Cedimenti appoggi   | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 6.840E+7  |
| <b>Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)</b> |           |          |           |
| Carichi mobili  | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 2.349E+9  |
| Effetti termici   | -9.756E+5 | 0.000E+0 | -1.080E+7 |
| Vento   | 0.000E+0  | 0.000E+0 | 5.130E+7  |

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

|   |               | Peso travi acciaio | 1^ Prec. | Peso sol. inf. | Totale Trave in Acciaio | Peso sol. sup. | Ritiro sol.inf. 1^quota | Totale trave in acciaio +sol.inf. |
|---|---------------|--------------------|----------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Intradosso  | $\sigma$      | 8.11               | 0.00     | 0.00           | <b>8.11</b>             | 20.26          | 0.00                    | <b>28.37</b>                      |
| Attacco Anima-Piat.Inf.                           | $\sigma$      | 7.58               | 0.00     | 0.00           | <b>7.58</b>             | 18.94          | 0.00                    | <b>26.52</b>                      |
|   | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
|   | $\sigma_{id}$ | 7.58               | 0.00     | 0.00           | <b>7.58</b>             | 18.94          | 0.00                    | <b>26.52</b>                      |
| Baricentro Trave Acciaio                          | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Baricentro trave Completa                         | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Attacco Anima-Piat.Sup.                           | $\sigma$      | -10.80             | 0.00     | 0.00           | <b>-10.80</b>           | -27.00         | 0.00                    | <b>-37.80</b>                     |
|   | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
|   | $\sigma_{id}$ | 10.80              | 0.00     | 0.00           | <b>10.80</b>            | 27.00          | 0.00                    | <b>37.80</b>                      |
| Estradosso Trave Acciaio                          | $\sigma$      | -11.24             | 0.00     | 0.00           | <b>-11.24</b>           | -28.10         | 0.00                    | <b>-39.34</b>                     |
| (b= 380.00)                                       | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Estradosso Soletta                                | $\sigma$      | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |

TENSIONI - (Situazione finale)

|   |               | 2^ Prec. | Carichi perm. portati | Ritiro sol. sup. | Ritiro sol.inf. 2^quota | Cedimenti appoggi | Carichi mobili | Effetti termici | Vento | Totale Trave compl. |
|---|---------------|----------|-----------------------|------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------|---------------------|
| Intradosso  | $\sigma$      | 0.00     | 9.20                  | -22.45           | 0.00                    | 2.21              | 70.19          | -6.53           | 1.53  | <b>104.97</b>       |
| Attacco Anima-Piat.Inf.                           | $\sigma$      | 0.00     | 8.85                  | -23.00           | 0.00                    | 2.12              | 68.11          | -6.52           | 1.49  | <b>100.58</b>       |
|   | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
|   | $\sigma_{id}$ | 0.00     | 8.85                  | 23.00            | 0.00                    | 2.12              | 68.11          | 6.52            | 1.49  | <b>100.58</b>       |
| Baricentro Trave Acciaio                          | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Baricentro trave Completa                         | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Attacco Anima-Piat.Sup.                           | $\sigma$      | 0.00     | -3.18                 | -42.25           | 0.00                    | -0.76             | -4.17          | -6.19           | -0.09 | <b>-94.44</b>       |
|   | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
|   | $\sigma_{id}$ | 0.00     | 3.18                  | 42.25            | 0.00                    | 0.76              | 4.17           | 6.19            | 0.09  | <b>94.44</b>        |
| Estradosso Trave Acciaio                          | $\sigma$      | 0.00     | -3.47                 | -42.71           | 0.00                    | -0.83             | -5.90          | -6.18           | -0.13 | <b>-98.56</b>       |
| (b= 380.00)                                       | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Estradosso Soletta                                | $\sigma$      | 0.00     | -0.38                 | 1.62             | 0.00                    | -0.09             | -4.44          | 0.25            | -0.10 | <b>-4.77</b>        |

**SEZIONE S2. Presso P1 Mmax** (Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

**TRAVE METALLICA**

Altezza totale della trave in acciaio: 1100 Spessore anima: 20

Ala inferiore : 700 x 30 Ala superiore : 500 x 25

**SOLETTA SUPERIORE**

Armatura 1 Aa= 3538. Y= 1330.

Armatura 2 Aa= 3538. Y= 1170.

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 4.30

Tensione da variazioni termiche (1° fase): 1.26

**SOLETTA INFERIORE**

Soletta: larghezza= 0.00 spessore totale= 0.00 Armatura 1: Aa= 0 Y= 0

Coppella: larghezza= 0.00 spessore= 0.00 Armatura 2: Aa= 0 Y= 0

Tensione da ritiro in soletta (1° fase): 0.00

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE**

|                                     |   | TRAVE IN ACCIAIO | TRAVE + SOL. INF.<br>n= 18.0 | TRAVE COMPLETA |            |
|-------------------------------------|---|------------------|------------------------------|----------------|------------|
|                                     |   |                  |                              | n= 18.0        | n= 6.0     |
| Quota baricentro                    |   | 467.94           | 467.94                       | 557.96         | 557.96     |
| Area                                |   | 5.4400E+04       | 5.4400E+04                   | 6.1476E+04     | 6.1476E+04 |
| Momento d'inerzia                   |   | 1.1160E+10       | 1.1160E+10                   | 1.5035E+10     | 1.5035E+10 |
| Intradosso                          | W | 2.3849E+07       | 2.3849E+07                   | 2.6946E+07     | 2.6946E+07 |
| Attacco Anima-Piattabanda Inferiore | W | 2.5483E+07       | 2.5483E+07                   | 2.8478E+07     | 2.8478E+07 |
|                                     | C | 4.2615E-05       | 4.2615E-05                   | 4.2615E-05     | 4.2615E-05 |
| Baricentro Trave Acciaio            | C | 5.1208E-05       | 5.1208E-05                   | 5.1208E-05     | 5.1208E-05 |
| Baricentro Trave Completa           | C |                  | 5.1208E-05                   | 6.3573E-05     | 6.3573E-05 |
| Attacco Anima-Piattabanda Superiore | W | 1.8384E+07       | 1.8384E+07                   | 2.9079E+07     | 2.9079E+07 |
|                                     | C | 3.4697E-05       | 3.4697E-05                   | 3.4697E-05     | 3.4697E-05 |
| Estradosso Trave Acciaio            | W | 1.7657E+07       | 1.7657E+07                   | 2.7738E+07     | 2.7738E+07 |
| (b= 380.00)                         | C |                  |                              | 8.5710E-07     | 8.5710E-07 |
| Armatura 1 (Y= 1330.00)             | W |                  |                              | 1.9474E+07     | 1.9474E+07 |
| Armatura 2 (Y= 1170.00)             | W |                  |                              | 2.4565E+07     | 2.4565E+07 |

**SOLLECITAZIONI**

|   | Sforzo Normale | Taglio   | Momento Flettente |
|---|----------------|----------|-------------------|
| <b>Sezione reagente: trave in acciaio</b>                     |                |          |                   |
| Peso travi in acciaio   | 0.000E+0       | 1.040E+5 | -3.335E+8         |
| Prima precompressione   | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| Peso soletta inferiore  | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| <b>Sezione reagente: trave in acciaio + soletta inferiore</b> |                |          |                   |
| Peso soletta superiore  | 0.000E+0       | 2.606E+5 | -8.330E+8         |
| Ritiro soletta inferiore (1^ quota)                           | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| <b>Sezione reagente: trave completa (fenomeni lenti)</b>      |                |          |                   |
| Seconda precompressione                                       | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |
| Carichi permanenti portati                                    | 0.000E+0       | 1.380E+5 | -3.780E+8         |
| Ritiro soletta superiore                                      | -3.192E+6      | 1.464E+5 | -2.112E+8         |
| Ritiro soletta inferiore (2^ quota)                           | 0.000E+0       | 0.000E+0 | 0.000E+0          |

|   |          |          |           |
|---|----------|----------|-----------|
| Cedimenti appoggi   | 0.000E+0 | 1.200E+4 | -1.824E+8 |
| <b>Sezione reagente: trave completa (fenomeni veloci)</b> |          |          |           |
| Carichi mobili  | 0.000E+0 | 5.765E+5 | -1.135E+9 |
| Effetti termici   | 9.756E+5 | 3.780E+4 | -6.120E+7 |
| Vento   | 0.000E+0 | 2.340E+4 | -5.850E+7 |

TENSIONI - (Fasi di costruzione)

|   |               | Peso travi acciaio | 1^ Prec. | Peso sol. inf. | Totale Trave in Acciaio | Peso sol. sup. | Ritiro sol.inf. 1^quota | Totale trave in acciaio +sol.inf. |
|---|---------------|--------------------|----------|----------------|-------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Intradosso  | $\sigma$      | -13.98             | 0.00     | 0.00           | <b>-13.98</b>           | -34.93         | 0.00                    | <b>-48.91</b>                     |
| Attacco Anima-Piat.Inf.                           | $\sigma$      | -13.09             | 0.00     | 0.00           | <b>-13.09</b>           | -32.69         | 0.00                    | <b>-45.77</b>                     |
|   | $\tau$        | 4.43               | 0.00     | 0.00           | <b>4.43</b>             | 11.10          | 0.00                    | <b>15.53</b>                      |
|   | $\sigma_{id}$ | 15.17              | 0.00     | 0.00           | <b>15.17</b>            | 37.92          | 0.00                    | <b>53.09</b>                      |
| Baricentro Trave Acciaio                          | $\tau$        | 5.32               | 0.00     | 0.00           | <b>5.32</b>             | 13.34          | 0.00                    | <b>18.67</b>                      |
| Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Baricentro trave Completa                         | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Attacco Anima-Piat.Sup.                           | $\sigma$      | 18.14              | 0.00     | 0.00           | <b>18.14</b>            | 45.31          | 0.00                    | <b>63.45</b>                      |
|   | $\tau$        | 3.61               | 0.00     | 0.00           | <b>3.61</b>             | 9.04           | 0.00                    | <b>12.65</b>                      |
|   | $\sigma_{id}$ | 19.18              | 0.00     | 0.00           | <b>19.18</b>            | 47.94          | 0.00                    | <b>67.12</b>                      |
| Estradosso Trave Acciaio                          | $\sigma$      | 18.89              | 0.00     | 0.00           | <b>18.89</b>            | 47.17          | 0.00                    | <b>66.06</b>                      |
| (b= 380.00)                                       | $\tau$        | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Sol.Sup.: Arm.1                                   | $\sigma$      | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |
| Sol.Sup.: Arm.2                                   | $\sigma$      | 0.00               | 0.00     | 0.00           | <b>0.00</b>             | 0.00           | 0.00                    | <b>0.00</b>                       |

TENSIONI - (Situazione finale)

|   |               | 2^ Prec. | Carichi perm. portati | Ritiro sol. sup. | Ritiro sol.inf. 2^quota | Cedimenti appoggi | Carichi mobili | Effetti termici | Vento | Totale Trave compl. |
|---|---------------|----------|-----------------------|------------------|-------------------------|-------------------|----------------|-----------------|-------|---------------------|
| Intradosso  | $\sigma$      | 0.00     | -14.03                | -59.76           | 0.00                    | -6.77             | -42.13         | 13.60           | -2.17 | <b>-160.17</b>      |
| Attacco Anima-Piat.Inf.                           | $\sigma$      | 0.00     | -13.27                | -59.34           | 0.00                    | -6.41             | -39.87         | 13.72           | -2.05 | <b>-152.99</b>      |
|   | $\tau$        | 0.00     | 5.88                  | 6.24             | 0.00                    | 0.51              | 24.57          | 1.61            | 1.00  | <b>55.34</b>        |
|   | $\sigma_{id}$ | 0.00     | 16.73                 | 60.31            | 0.00                    | 6.47              | 58.31          | 14.00           | 2.68  | <b>180.54</b>       |
| Baricentro Trave Acciaio                          | $\tau$        | 0.00     | 7.07                  | 7.50             | 0.00                    | 0.61              | 29.52          | 1.94            | 1.20  | <b>66.50</b>        |
| Baricentro Trave di Acciaio più Soletta Inferiore | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Baricentro trave Completa                         | $\tau$        | 0.00     | 0.00                  | 0.00             | 0.00                    | 0.00              | 0.00           | 0.00            | 0.00  | <b>0.00</b>         |
| Attacco Anima-Piat.Sup.                           | $\sigma$      | 0.00     | 13.00                 | -44.66           | 0.00                    | 6.27              | 39.04          | 17.97           | 2.01  | <b>141.75</b>       |
|   | $\tau$        | 0.00     | 4.79                  | 5.08             | 0.00                    | 0.42              | 20.00          | 1.31            | 0.81  | <b>45.06</b>        |
|   | $\sigma_{id}$ | 0.00     | 15.42                 | 45.52            | 0.00                    | 6.31              | 52.20          | 18.12           | 2.45  | <b>161.81</b>       |
| Estradosso Trave Acciaio                          | $\sigma$      | 0.00     | 13.63                 | -44.31           | 0.00                    | 6.58              | 40.93          | 18.08           | 2.11  | <b>147.38</b>       |
| (b= 380.00)                                       | $\tau$        | 0.00     | 0.12                  | 0.13             | 0.00                    | 0.01              | 0.49           | 0.03            | 0.02  | <b>0.80</b>         |
| Sol.Sup.: Arm.1                                   | $\sigma$      | 0.00     | 19.41                 | 36.32            | 0.00                    | 9.37              | 58.30          | 26.57           | 3.00  | <b>152.97</b>       |
| Sol.Sup.: Arm.2                                   | $\sigma$      | 0.00     | 15.39                 | 34.07            | 0.00                    | 7.43              | 46.22          | 25.92           | 2.38  | <b>131.41</b>       |

5.1.5.1.2 Verifica dei pannelli

Per quanto riguarda la stabilità dei pannelli di elementi in parete sottile le NTC rimandano a normative di comprovata validità (punto 4.2.4.1.3.4).

Le verifiche vengono svolte in accordo a quanto indicato nella CNR 10011 al punto 7.6.

In particolare la verifica risulta soddisfatta quando il rapporto  $\sigma_{cr}/\sigma_{id}$  indicato nella penultima colonna è maggiore del fattore di sicurezza  $\beta \times v$ , riportato nell'ultima colonna.

a) Variazione termica in soletta positiva ( $dT=+10^{\circ}C$ )

SEZIONE S1. Campata centrale Mmax

STABILITA' DELL' ANIMA - VERIFICA ALL' IMBOZZAMENTO DEI PANNELLI

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima= 1045.0, spessore= 16.0

Numero dei pannelli= 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1045.0 x 3000.0

Tensioni nel piatto d'anima:  $\sigma_{sup} = -75.88$   $\sigma_{inf} = 120.14$   $\tau = 0.00$

| Pannello | $\alpha$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\Psi$ | $\sigma$ di riferimento | $\sigma$ critica | $\sigma$ critica ridotta | $\sigma$ ideale | $\sigma_{cr.}/\sigma_{id.}$ | $\beta * v$ |
|----------|----------|------------|------------|--------|-------------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| 1        | 2.87     | -75.88     | 120.14     | -1.58  | 43.65                   | 1043.24          | 350.86                   | 75.88           | 4.62                        | 1.00        |

SEZIONE S2. Presso P1 Mmax

STABILITA' DELL' ANIMA - VERIFICA ALL' IMBOZZAMENTO DEI PANNELLI

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima= 1045.0, spessore= 20.0

Numero dei pannelli= 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1045.0 x 3000.0

Tensioni nel piatto d'anima:  $\sigma_{sup} = 159.72$   $\sigma_{inf} = -139.27$   $\tau = 56.95$

| Pannello | $\alpha$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\Psi$ | $\sigma$ di riferimento | $\sigma$ critica | $\sigma$ critica ridotta | $\sigma$ ideale | $\sigma_{cr.}/\sigma_{id.}$ | $\beta * v$ |
|----------|----------|------------|------------|--------|-------------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------------|-------------|
| 1        | 2.87     | -139.27    | 159.72     | -1.15  | 68.20                   | 867.49           | 349.00                   | 170.66          | 2.04                        | 1.00        |

b) Variazione termica in soletta negativa (dT=-5°C)

SEZIONE S1. Campata centrale Mmax

STABILITA' DELL' ANIMA - VERIFICA ALL' IMBOZZAMENTO DEI PANNELLI

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima= 1045.0, spessore= 16.0

Numero dei pannelli= 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1045.0 x 3000.0

Tensioni nel piatto d'anima:  $\sigma_{sup} = -94.44$   $\sigma_{inf} = 100.58$   $\tau = 0.00$

| Pannello | $\alpha$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\Psi$ | $\sigma$ di riferimento | $\sigma$ critica | $\sigma$ critica ridotta | $\sigma$ ideale | $\sigma cr./\sigma id.$ | $\beta * v$ |
|----------|----------|------------|------------|--------|-------------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-------------|
| 1        | 2.87     | -94.44     | 100.58     | -1.07  | 43.65                   | 1043.24          | 350.86                   | 94.44           | 3.72                    | 1.00        |

SEZIONE S2. Presso P1 Mmax

STABILITA' DELL' ANIMA - VERIFICA ALL' IMBOZZAMENTO DEI PANNELLI

Acciaio tipo Fe 510

(Unità di misura - Forze: N, Lunghezze: mm)

Altezza totale dell' anima= 1045.0, spessore= 20.0

Numero dei pannelli= 1

Geometria dei pannelli:

pannello 1045.0 x 3000.0

Tensioni nel piatto d'anima:  $\sigma_{sup} = 141.75$   $\sigma_{inf} = -152.99$   $\tau = 55.34$

| Pannello | $\alpha$ | $\sigma_1$ | $\sigma_2$ | $\Psi$ | $\sigma$ di riferimento | $\sigma$ critica | $\sigma$ critica ridotta | $\sigma$ ideale | $\sigma cr./\sigma id.$ | $\beta * v$ |
|----------|----------|------------|------------|--------|-------------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|-------------|
| 1        | 2.87     | -152.99    | 141.75     | -0.93  | 68.20                   | 890.93           | 349.32                   | 180.54          | 1.93                    | 1.00        |

### 5.1.5.1.3 Verifica dei pioli

La collaborazione tra la trave metallica e la soletta è assicurata mediante pioli elettrosaldati all'ala della trave di acciaio. Per le verifiche si fa riferimento al punto 4.3.4.3.1 delle NTC.

#### Caratteristiche e limitazioni dimensionali

Pioli  $\phi = 22$  mm, area  $A_p = 380$  mm<sup>2</sup>, altezza  $h_p = 220$  mm

Caratteristiche geometriche della piolatura:

base collaborante  $b_c = 220$  mm

interasse trasversale (variabile)  $i_t = 240/2 = 120$  mm (3 pioli nelle zone di pila)  
= 240 mm (2 pioli nelle zone di campata)

interasse longitudinale  $i_l = 200$  mm

Caratteristiche geometriche della soletta e della piattabanda:

$h_c = 300$ mm       $d = 60$ mm       $t_s = 25$ mm       $b_s = 500$ mm

Per le limitazioni dimensionali le NTC al punto 4.3.4.3.1.1 rimandano a normative di comprovata validità; si fa quindi riferimento alle limitazioni delle CNR10016.

I pioli previsti soddisfano le limitazioni dimensionali di seguito riportate.

#### Limitazioni inerenti il diametro dei connettori:

$$8\text{mm} \leq \phi = 22\text{mm} \leq 26\text{mm}$$

$$6 \leq h_c/\phi = 14 \leq 15$$

$$t_s/\phi = 1.1 \geq 0.50$$

#### Limitazioni inerenti le distanze tra i connettori:

$$\text{interasse trasversale} \quad i_t \geq 5 \phi = 110\text{mm}$$

$$\text{interasse longitudinale} \quad 7\phi = 154 \leq i_l = 200\text{cm} \leq h_c = 300\text{mm}$$

$$(b_s - b_c)/2 = 130\text{mm} \geq 2.5 * t_s = 62.5\text{mm} \text{ e comunque } \geq 25.0\text{mm}$$

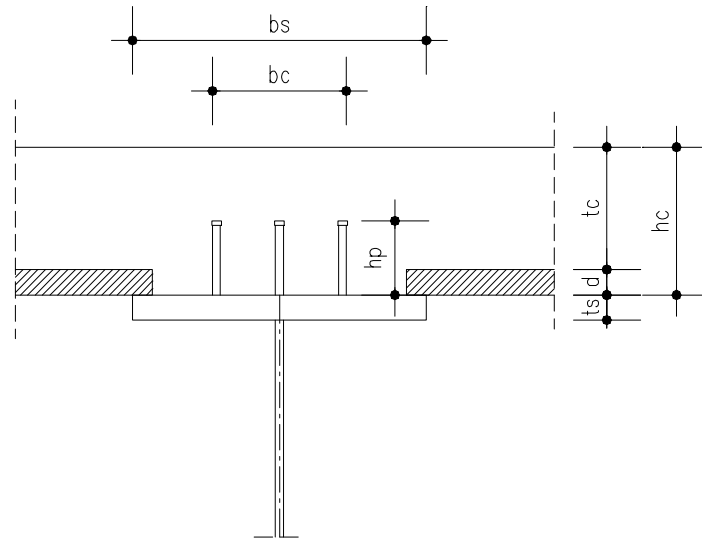
#### Limitazioni inerenti l'altezza dei connettori:

$$h_p = 220\text{mm} \geq d + 0.6 * t_c = 60 + 0.6 * 240 = 204\text{mm}$$

L'altezza efficace dei pioli è da assumersi pari a:

$$h'_p = 4 \phi = 88 \text{ mm} \quad \text{essendo } h_p > 4\phi$$





### Criteria di calcolo e sollecitazioni

I connettori sono dimensionati in base agli sforzi taglianti dovuti ai carichi permanenti ed ai sovraccarichi accidentali.

Per determinare il numero di connettori necessari nelle varie sezioni dell'impalcato si fa riferimento al valore della  $\tau$  fornito dalle tabelle all'estradosso della trave d'acciaio nelle combinazioni di carico che producono il massimo taglio.

Tutte le sezioni (anche quelle nei pressi degli appoggi (e quindi tese superiormente), sede però generalmente dei massimi tagli), sono state prese in considerazione non parzializzate, in modo da determinare la massima  $\tau$ , e quindi il massimo scorrimento fra trave e soletta.

Si riporta di seguito la verifica per la sezione significativa, vale a dire la sezione di pila S2.

A livello di sollecitazioni si è considerata la distribuzione dei carichi accidentali che massimizza lo sforzo di taglio.

Lo scorrimento in corrispondenza di una sezione generica per un tratto di lunghezza  $\Delta x = 1\text{m}$  vale:

$$S = \tau * b * \Delta x$$

dove  $b$  è la larghezza convenzionale della piattabanda superiore, al netto dell'ingombro delle coppelle, sulla quale si valuta lo sforzo di scorrimento.

La resistenza di calcolo a taglio per il connettore  $\phi=22\text{mm}$ , con un calcestruzzo di classe  $R_{ck}=45$  (per il quale  $f_{ck} = 0.83*45.0 = 37.35\text{N/mm}^2$ ), per un acciaio di tipo ST 37-3K risulta pari al minore dei due valori  $P_d$  così ricavati:

Crisi lato calcestruzzo:

$$P_{Rd,c} = 0.29\alpha d^2 (f_{ck} E_c)^{0.5} / \gamma_v = 0.29*1*22^2(37.35*25000)^{0.5} / 1.25 = 108.5 \text{ kN}$$

Crisi lato acciaio:

$$P_{Rd,a} = 0.8f_t(\pi d^2 / 4) / \gamma_v = 0.8*450*(3.14*22^2/4) / 1.25 = 109.5 \text{ kN}$$

essendo  $\alpha = 1.0$  ( $h_{sc}/d = 10 > 4$ )

In presenza di azioni dinamiche (CNR-UNI 10016 – 2.2.1.5.):  $P_{\text{dinam.}} = 0.8 * P_d = 86.8 \text{ kN}$

Verifiche delle piolature

Si prevede su ciascuna piattabanda superiore delle quattro travi l'inserimento di 3 pioli/20 cm nella zona presso la pila (concio C2) e di 2 pioli/20cm altrove (concio C1).

L'indicazione dettagliata delle piolature prescritte è riportata nelle tavole grafiche; di seguito si riportano i calcoli della verifica della sezione di spalla.

Scorrimento:  $S = 745 \text{ kN}$

Pioli prescritti su ogni piattabanda :  $3 / 0.20\text{m} \rightarrow 15 \text{ pioli/m}$

Taglio su un piolo:  $T = 745 / 15 = 49.7 \text{ kN} < P_{\text{dinam.}}$

## 5.2 IMPALCATO TIPO 2 – AD ARCO

Il sovrappasso “rampa VE-MO dell’A22 - Autostrada del Brennero” sulla Sottostante “Serenissima A4” è previsto con un ponte metallico configurato a “via inferiore” stanti le limitate altezze disponibili determinate dall’andamento dei profili attuali. Lo sviluppo in altezza di eventuali opere sospese o strallate non è accettabile stante la vicinanza dell’Aeroporto di Verona.

Pertanto lo sviluppo delle strutture portanti su di uno scavalco di oltre 62 m di larghezza si attua con due travi a cassone ai bordi della carreggiata: dette travi appendono inferiormente le travi trasversali (traversi) che contribuiscono alla stabilizzazione delle prime e fanno da supporto ad una lastra nervata (lastra ortotropa) che costituisce il supporto alla pavimentazione per il traffico veicolare.

### 5.2.1 CRITERI DI CALCOLO IMPALCATO TIPO 2

Il calcolo delle membrature principali (travi cassonate ai lati) e travi trasversali ai fini del dimensionamento si pone in termini semplici ed anche il fenomeno di instabilità “fuori piano” del corrente compresso è contenuto dalla presenza delle travi trasversali. Tali travi convenientemente ravvicinate (interasse  $\cong 2.20$  m) coincidono alternativamente con i montati dei cassoni laterali che, per motivi di una certa “trasparenza” per chi percorre la A22, nelle parti centrali si trasformano in travi reticolari con diagonali in cavi.

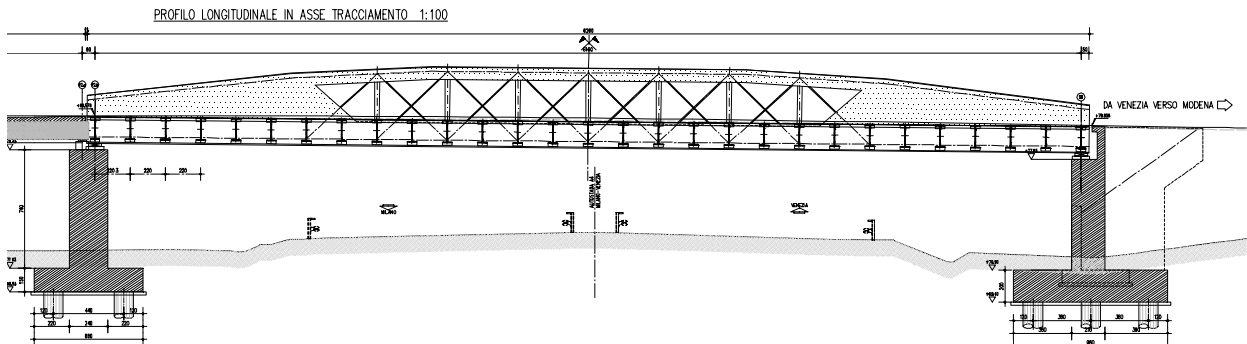


Figura 5.25 Sezione longitudinale

SEZIONE TRASVERSALE CAMPATA VIA DI CORSA INFERIORE 1:50

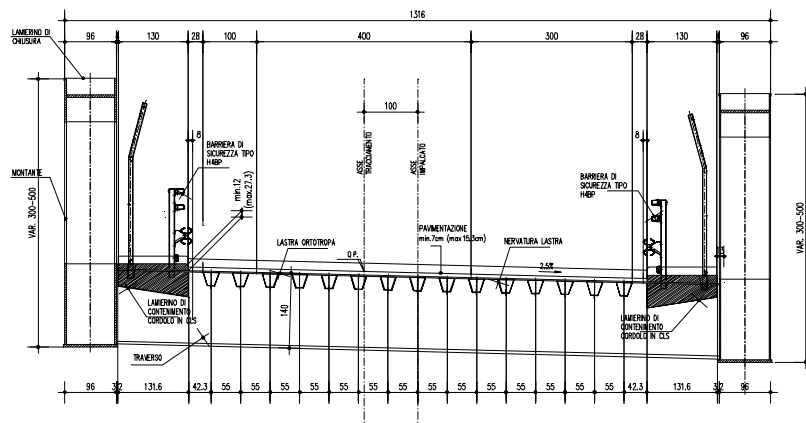


Figura 5.26 Sezione trasversale

Dati geometrici essenziali

|   |         |
|---|---------|
| Lunghezza impalcato, $L_i =$  | m 62.60 |
| Luce di calcolo, $L_c =$  | m 61.60 |
| Larghezza di ogni impalcato, $B =$  | m 11.16 |
| Interasse fra le travi cassonate, $i =$   | m 12.20 |
| Lunghezza traversi, $L_t =$   | m 11.24 |
| Spessore dei traversi (da estradosso lamiera ortotropa a intradosso piattabande), $h_t =$ | m 1.40  |

Gli impalcati non presentano obliquità.

**5.2.2 ANALISI DEI CARICHI**

*Peso proprio della struttura ( $G_1$ )*

|   |                           |
|---|---------------------------|
| lamiera nervata, incidenza traversi, incidenza cordoli di C.A., | $p = 4.50 \text{ kN/m}^2$ |
| peso presunto per travi cassonate longitudinali,                | $q_1 = 8.00 \text{ kN/m}$ |

pertanto il contributo strutturale di carico unitario su ciascuna trave cassonata, considerando una  $L_t \approx 11.50\text{m}$  (a favore di sicurezza), diviene:

$$q_T = 8.00 + (4.50 * 11.50)/2 = 33.875 \text{ kN/m}$$

*Peso della pavimentazione ( $G_2$ )*

In via preliminare si considera

|                 |                             |
|-----------------|-----------------------------|
| Pavimentazione: | $p^1 = 3.00 \text{ kN/m}^2$ |
|-----------------|-----------------------------|

pertanto il contributo di carico unitario di carico portato su ciascuna trave cassonata, considerando una  $L_t \approx 11.50\text{m}$  (a favore di sicurezza), diviene:

$$q^1 = 3.00 * (11.50/2) = 17.250 \text{ kN/m}$$

*Effetti dei carichi mobili ( $Q$ )*





### 5.2.3 SOLLECITAZIONI SIGNIFICATIVE TRAVI PRINCIPALI

#### 5.2.3.1 Momento in mezzeria

Contributo strutturale e permanente

$$M_{(qT+q1)} = 1/8 * [(33.9 + 17.3) * 61.60^2] = 24285.18 \text{ kNm}$$

Contributi mobili

$$M_{(mob)} = [(443.0 * 61.60)/4] + [1/8*(26.4 * 61.60^2)] = 6822.20 + 11668.27 = 18490.47 \text{ kNm}$$

Complessivamente in mezzeria si ha:

$$M_{max} = 24285.18 + 18490.47 = 42775.65 \text{ kNm}$$

#### 5.2.3.2 Taglio all'appoggio

Contributo strutturale e permanente

$$T_{(qT+q1)} = (33.9 + 17.3) * (61.60/2) = 1576.96 \text{ kN}$$

Contributi mobili

$$T_{(mob)} = 443.00 + (26.43 * 61.60/2) = 1257.05 \text{ kN}$$

Complessivamente all'appoggio

$$T_{max} = 1576.96 + 1257.05 = 2834.01 \text{ kN}$$

#### 5.2.3.3 Taglio al 1° montante

Prudenzialmente si assume una distanza dall'appoggio di 17.60m

(ai fini dei cavi diagonali è prudente assumere tutto il carico in quanto localmente è "appeso")

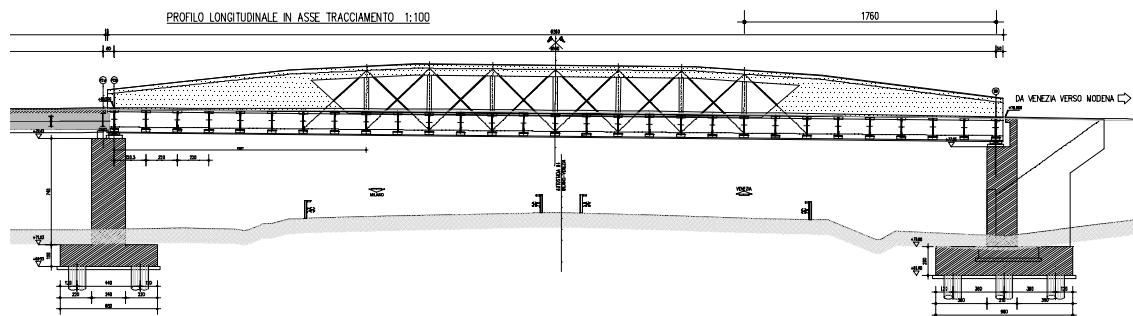


Figura 5.29 Individuazione I° montante

Contributo strutturale e permanente

$$T_{(qT+q)} = [(33.9 + 17.3) * (61.60/2)] - (33.9 + 17.3) * 17.60 = 1576.96 - 901.12 = 675.84 \text{ kN}$$

Contributi mobili - effetto "tandem"

$$T_{\text{mob,t}} = 443.0 * [(61.60 - 17.60)/61.60] = 316.43 \text{ kN}$$

Contributi mobili - effetto degli accidentali distribuiti

$$T_{\alpha} = [26.4 * (61.60 - 17.60)] * [(61.60 - 17.60)/2] / 61.60 = 386.57 \text{ kN}$$

Il taglio totale vale:

$$T_T = 675.84 + 316.43 + 386.57 = \mathbf{1378.83 \text{ kN}}$$

Ai fini del calcolo dei tiranti obliqui si assume

$$T^* = 1378.83 + (443.00 - 316.43) = \mathbf{1505.41 \text{ kN}}$$

#### 5.2.4 SOLLECITAZIONI SIGNIFICATIVE TRAVERSI

I traverzi sono interessati di 2.20m: la sezione è costante per l'intera struttura e risulta:

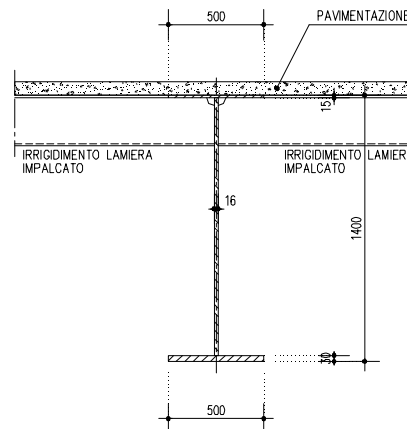


Figura 5.30 Sezione trasversale travetto

##### 5.2.4.1 Momento in mezzeria

L'onere flessionale dei traverzi va considerato con le corsie più gravose al centro della carreggiata, come indicato nello schema grafico riportato precedentemente.

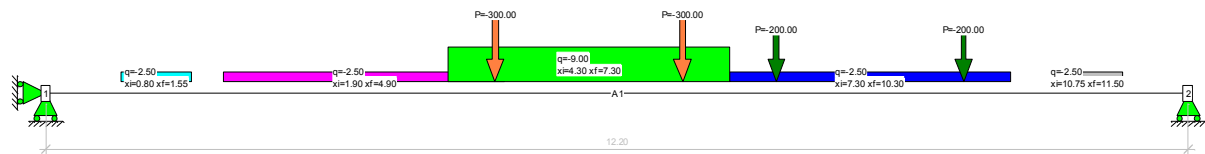
Ai fini flessionali, riservando verifiche più accurate al progetto "esecutivo" e stante il passo ravvicinato dei traverzi ( $i = 2.20 \text{ m}$ ), si ipotizza che gli effetti dei Tandem interessano almeno due traverzi:

Effetti carichi permanenti e pavimentazione

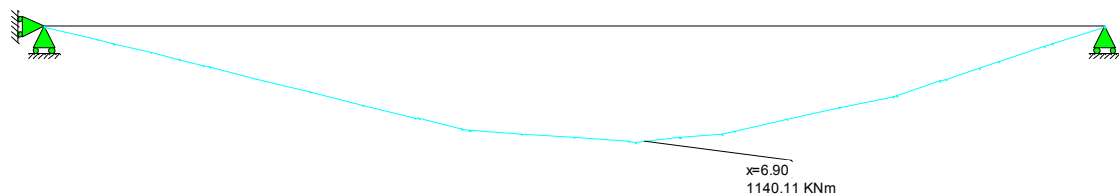


$$q = (4.50 + 3.00) * 2.20 = 16.50 \text{ kN/m}$$

$$M_{mezz} = 1/8 * 16.50 * 12.20^2 = 306.92 \text{ kNm}$$

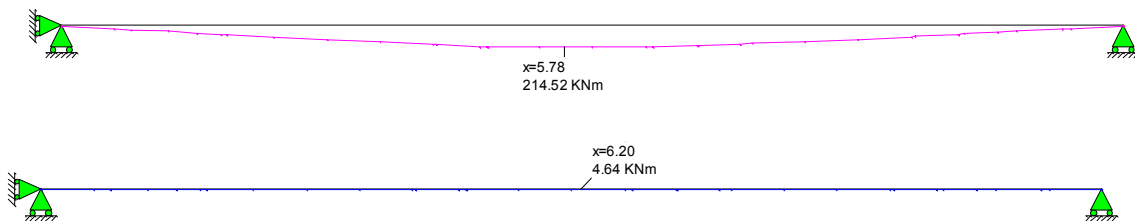


Contributi mobili - effetto "tandem" (si valuta la collaborazione di due traversi)



$$M_{mezz,Q} = 1140.11 \text{ kNm}$$

Contributi mobili - effetto degli accidentali distribuiti



$$M_{mezz,q} = 214.52 \text{ kNm (distribuiti)}$$

$$M_{mezz,q} = 4.64 \text{ kNm (folla)}$$

Complessivamente

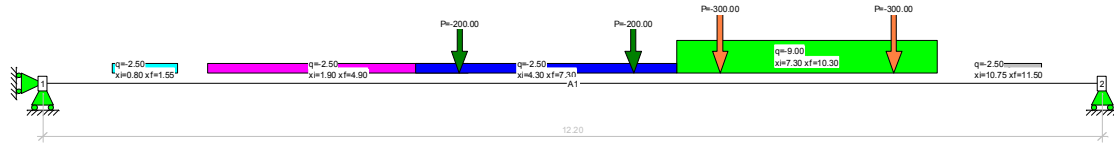
$$M_{max,q} = 306.92 + 1140.11 + 214.52 + 4.64 = 1666.19 \text{ kNm}$$

#### 5.2.4.2 Taglio all'appoggio

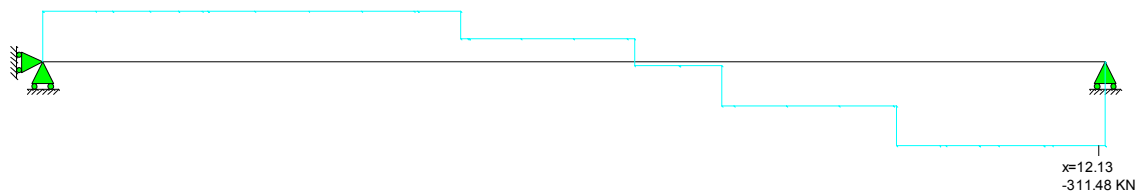
Come risulta dallo schema grafico riportato precedentemente, il carico massimo si ha quando la corsia n.1 è ubicata esternamente, verso il cordolo.

Effetti carichi permanenti e pavimentazione

$$T = [(4.50 + 3.00) * 2.20 * (12.20/2)] = 100.65 \text{ kN}$$

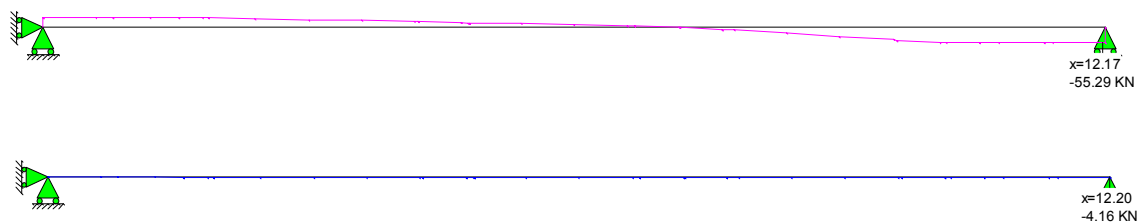


Contributi mobili - effetto "tandem" (si valuta al solito la collaborazione di due traversi)



$$T_{\max, Q} = 311.48 \text{ kN}$$

Contributi mobili - effetto degli accidentali distribuiti



$$T_{\max, q} = 55.29 \text{ kN}$$

$$T_{\max, f} = 4.16 \text{ kN}$$

Complessivamente

$$T_{\max} = 100.65 + 311.48 + 55.29 + 4.16 = 471.58 \text{ kN}$$

### 5.2.5 VERIFICHE

Si ricorda che le sollecitazioni precedentemente indicate si riferiscono a valori “caratteristici” pertanto saranno ampliate col coefficiente  $\gamma = 1.35$ , per rientrare nelle verifiche dello stato limite ultimo.

Si riporta il riassunto delle sollecitazioni:

Travi principali

|                           | carichi strutturali + permanenti | carichi accidentali | Totale   | g    | Totale amplificato |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------|----------|------|--------------------|
|                           | (G1)                             | (Q)                 |          |      |                    |
| <b>M, mezzeria [kNm]</b>  | 24285.18                         | 18490.47            | 42775.65 | 1.35 | 57747.13           |
| <b>T, appoggio [N]</b>    | 1576.96                          | 1257.05             | 2834.01  | 1.35 | 3825.91            |
| <b>T, 1° montante [N]</b> | 675.84                           | 703.00              | 1378.84  | 1.35 | 1861.43            |

Traversi

|                          | carichi strutturali + permanenti | carichi accidentali | Totale  | g    | Totale amplificato |
|--------------------------|----------------------------------|---------------------|---------|------|--------------------|
|                          | (G1)                             | (Q)                 |         |      |                    |
| <b>M, mezzeria [kNm]</b> | 306.92                           | 1359.27             | 1666.19 | 1.35 | 2249.36            |
| <b>T, appoggio [N]</b>   | 100.65                           | 370.93              | 471.58  | 1.35 | 636.63             |

#### 5.2.5.1 Travi principali cassonate

Stante la composizione dei correnti con particolare riguardo al corrente superiore nella parte tralicciata, l'onere ultimo di sforzo normale stimando il braccio di coppia in cm 430, si ha:

$$N_s = 57747.13 / 4.30 = \mathbf{13429.56 \text{ kN}}$$
 (sforzo sollecitante SLU)

La sezione del corrente superiore, depurata dei fori di passaggio dei cavi GEWI risulta:

$$A = 2 * 80 * 3 + (90 - 6 * 8) * 5 = 690 \text{ cm}^2$$

cui corrisponde uno sforzo ultimo resistente:

$$N_r = 69000 * 338.10 / 1000 = 23328.90 \text{ kN} > N_s$$

Per  $t \leq 40 \text{ mm}$ :

acciaio S355J2 (UNI EN 10025)

Tensione di snervamento

→  $f_y \geq$

355.00 N/mm<sup>2</sup>

Fattore di sicurezza acciaio

→  $\gamma_{M0} =$

1.05

Resistenza di calcolo

→  $f_d = f_y / \gamma_{M0}$

338.10 N/mm<sup>2</sup>

### 5.2.5.2 Cavi diagonali nelle travi cassonate

Il primo ordine di cavi obliqui ( $\cong 45^\circ$ ) è soggetto ad una forza di trazione la cui componente verticale è il taglio corrispondente al primo montante ( $T_i=1505.41$  kN).

Pertanto  $N = 1505.41 * 1.41 = 2122.63$  kN (valore caratteristico)

$$N_s = 2122.63 * 1.35 = 2865.55 \text{ kN}$$

Sono previsti cavi di apprensione tipo GEWI di diametro  $\phi = 63.5$ mm, da cui un'area pari a:

$$A = 3167 \text{ mm}^2$$

$$f_{p0,1k} = 555 \text{ N/mm}^2$$

Da cui un valore resistente pari a:

$$N_r = (555/1.05) * 3167 * 3 = 5021.96 \text{ kN} > N_s$$

### 5.2.5.3 Traversi

La massima sollecitazione flessionale risulta:

Massima flessione  $M_s = 2249.36$  kNm (momento sollecitante SLU)

Si considera un'ala superiore collaborante di larghezza 100 cm, da cui:

$$J = 1490000 \text{ cm}^4 \quad W_i = 22737 \text{ cm}^3 \quad W_s = 23100 \text{ cm}^3$$

Al lembo inferiore:

$$f_d = 2249.36 * 10^6 / (22737 * 10^3) = 98.92 \text{ N/mm}^2 < 338.10 \text{ N/mm}^2$$

Al lembo superiore

$$f_d = 4956.13 * 10^6 / (23100 * 10^3) = 97.37 \text{ N/mm}^2 < 338.10 \text{ N/mm}^2$$

Per  $t \leq 40$  mm:

acciaio S355J2 (UNI EN 10025)

Tensione di snervamento

→  $f_y \geq$

355.00 N/mm<sup>2</sup>

Fattore di sicurezza acciaio

→  $\gamma_{M0} =$

1.05

Resistenza di calcolo

→  $f_d = f_y / \gamma_{M0}$

338.10 N/mm<sup>2</sup>

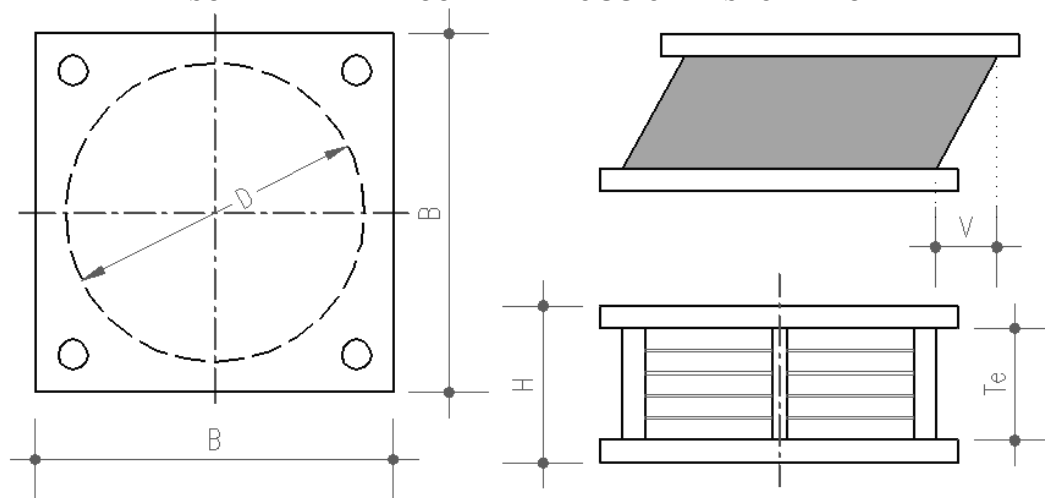
## 6 RELAZIONE DI CALCOLO APPOGGI

### 6.1 CARATTERISTICHE DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO – SPALLE E PILA 2

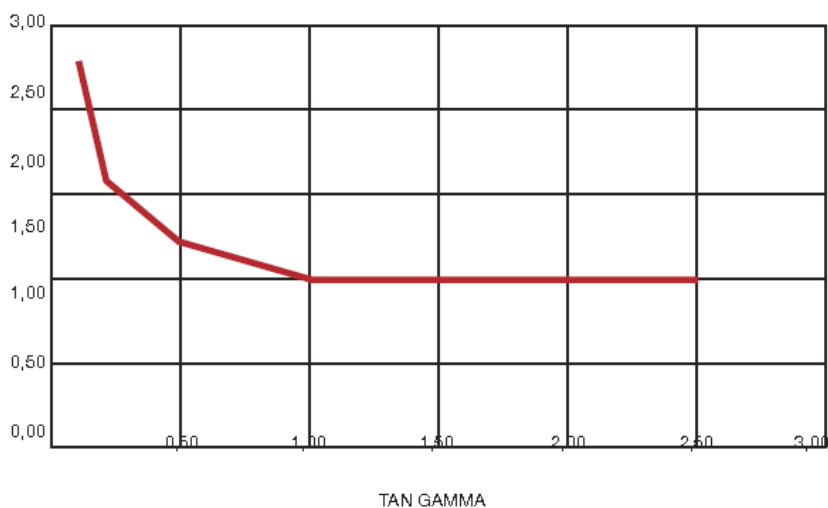
Per effettuare i calcoli di verifica si farà riferimento ad appoggi tipo HDRB della ditta “ALGA” precisando che tale riferimento è solo indicativo, in quanto questi apparecchi sono ormai prodotti dalle principali ditte del settore.

Le caratteristiche dimensionali e meccaniche degli apparecchi previsti sono descritte negli schemi e tabelle successive: gli appoggi della spalle si diversificano da spalla SA a spalla SB.

SCHEMA APPARECCHI DI APPOGGIO ELASTOMERICI



CURVA  $G/\gamma$

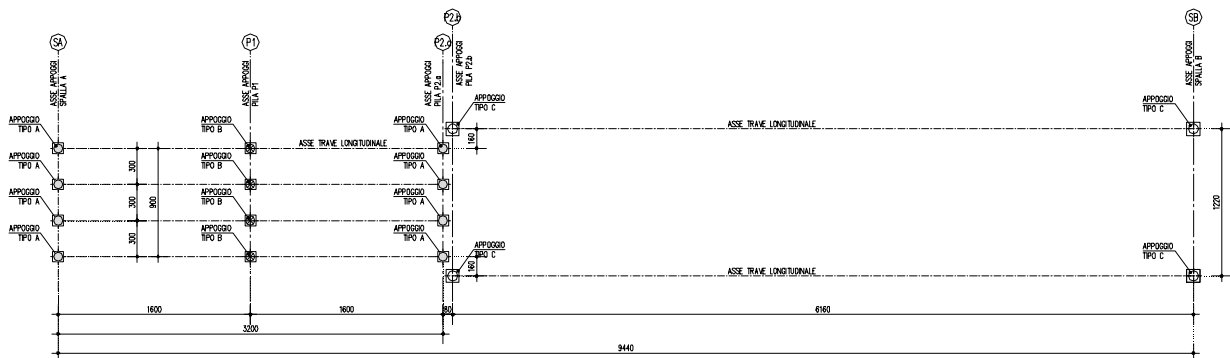


Variazione relativa della rigidezza in funzione della deformazione tangenziale  
*Relative variation of stiffness as a function of shear strain (shear deformation)*

| Caratteristiche fisico-meccaniche delle mescole<br><i>Rubber compound physical-mechanical characteristic</i> |                   | Mescola / Compound        |                   |                     |             |
|--|-------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|-------------|
|  |                   | Normale nd<br>/ Normal nd | Morbida /<br>Soft | Normale /<br>Normal | Dura / Hard |
| Durezza / <i>Hardness</i>  | Shore A3          | 50±3                      | 40±3              | 60±3                | 75±3        |
| Resistenza a rottura / <i>Tensile strength</i>   | N/mm <sup>2</sup> | 20                        | 20                | 20                  | 18          |
| Allungamento a rottura / <i>Tensile strain</i>   | %                 | 600                       | 750               | 600                 | 500         |
| Modulo di elasticità G / <i>G Modulus</i>  | N/mm <sup>2</sup> | 0,9                       | 0,4               | 0,8                 | 1,4         |
| Smorzamento viscoso equivalente del solo elastomero /<br><i>Equivalent viscous damping</i>                   | %                 | 4                         | 10                | 10                  | 16          |
| Smorzamento viscoso equivalente dell'intero isolatore /<br><i>Equivalent viscous damping</i>                 | %                 | 30<                       | 10                | 10                  | 16          |
| Isolatore corrispondente / <i>Corresponding Isolator</i>   |                   | LRN                       | LRS / HDS         | HDN                 | HDH         |

Per l'opera in progetto si prevede il seguente schema di disposizione degli appoggi, con isolatori sismici elatomerici ad alta dissipazione di caratteristiche riportate di seguito:

SCHEMA E CARATTERISTICHE APPARECCHI DI APPOGGIO 1:200



Si prevede l'impiego di un dispositivo tipo

CARATTERISTICHE APPARECCHI DI APPOGGIO SPALLE

SA - PILA P2a

HDN350 B400 Z300

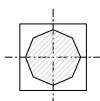
| Geometrical DATA             |      | Technical DATA |      |       |         |         |
|------------------------------|------|----------------|------|-------|---------|---------|
| HDN $\xi=10\%$ - G = 0.8 Mpa |      |                |      |       |         |         |
| te                           | H    | Smax           | Vmax | Vsism | Kr      | Kv      |
| [mm]                         | [mm] | [mm]           | [kN] | [kN]  | [kN/mm] | [kN/mm] |
| 84                           | 198  | 170            | 2000 | 1050  | 0.92    | 985     |

PILA P2b - SB

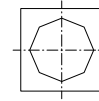
HDH500 B550 Z410

| Geometrical DATA             |      | Technical DATA |      |       |         |         |
|------------------------------|------|----------------|------|-------|---------|---------|
| HDH $\xi=16\%$ - G = 1.4 Mpa |      |                |      |       |         |         |
| te                           | H    | Smax           | Vmax | Vsism | Kr      | Kv      |
| [mm]                         | [mm] | [mm]           | [kN] | [kN]  | [kN/mm] | [kN/mm] |
| 120                          | 265  | 240            | 7400 | 4000  | 2.29    | 2165    |

APPOGGI TIPO A



APPOGGI TIPO C



DATI APPARECCHI DI APPOGGIO

| DISPOSITIVI DI APPOGGIO SU SPALLA                 |          |
|---|----------|
| Tipo di appoggio                                  | HDN D350 |
| Spostamento orizzontale massimo in sisma (S.L.U.) | 150 mm   |
| Coefficiente di smorzamento equivalente ( $\xi$ ) | 0.10     |
| Diametro gamma ( $\emptyset$ )                    | 350 mm   |
| Altezza totale (H)                                | 198 mm   |
| Piastra di base (Z)                               | 400 mm   |
| Modulo di elasticità G (per scorrimento del 100%) | 1.0 MPa  |

DATI APPARECCHI DI APPOGGIO

| DISPOSITIVI DI APPOGGIO SU SPALLA                 |          |
|---|----------|
| Tipo di appoggio                                  | HDH D500 |
| Spostamento orizzontale massimo in sisma (S.L.U.) | 200 mm   |
| Coefficiente di smorzamento equivalente ( $\xi$ ) | 0.16     |
| Diametro gamma ( $\emptyset$ )                    | 500 mm   |
| Altezza totale (H)                                | 265 mm   |
| Piastra di base (Z)                               | 550 mm   |
| Modulo di elasticità G (per scorrimento del 100%) | 1.4 MPa  |

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE HDRB - HDN

| Durezza  | Resistenza a rottura | Allungamento a rottura | Modulo G (scorrimento 100%) | Smorzamento viscoso equivalente |
|----------|----------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Shore A3 | N/mm <sup>2</sup>    | %                      | N/mm <sup>2</sup>           | %                               |
| 60 ± 3   | 20                   | 600                    | 0.8                         | 10                              |

CARATTERISTICHE FISICO MECCANICHE HDRB - HDH

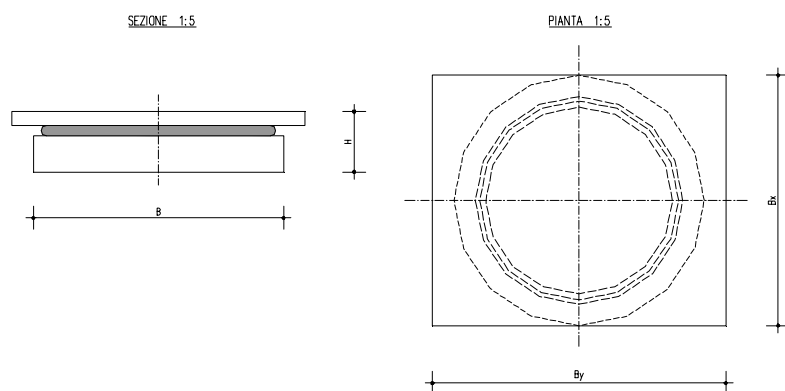
| Durezza  | Resistenza a rottura | Allungamento a rottura | Modulo G (scorrimento 100%) | Smorzamento viscoso equivalente |
|----------|----------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Shore A3 | N/mm <sup>2</sup>    | %                      | N/mm <sup>2</sup>           | %                               |
| 75 ± 3   | 18                   | 500                    | 1.4                         | 16                              |

## 6.2 CARATTERISTICHE DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO PILA P1

Per effettuare i calcoli di verifica si farà riferimento ad appoggi metallici a disco elastomerico tipo ALGAPOT-PNm della ditta "ALGA" precisando che tale riferimento è solo indicativo, in quanto questi apparecchi sono ormai prodotti dalle principali ditte del settore.

Le caratteristiche dimensionali e meccaniche degli apparecchi previsti sono descritte negli schemi e tabelle successive.

### APPOGGI MOBILI MULTIDIREZIONALI



Angolo di rotazione =  $\pm 10\%$

Pressione media sotto piastra  $\leq 20 \text{ N/mm}^2$

$B_x$  è determinato dall'escursione trasversale  $e_x = \pm 1 \text{ cm}$

$B_y$  è determinato dall'escursione longitudinale  $e_y = \pm 2,5 \text{ cm}$  Per valori di  $e_y$  maggiori utilizzare la seguente formula:

$B_y = B + 2e_y$

### TIPO DI APPOGGIO

| Portata<br>kN | $B=B_x$<br>mm | $B_y$<br>mm | H<br>mm   |
|---------------|---------------|-------------|-----------|
| <b>2000</b>   | <b>360</b>    | <b>410</b>  | <b>80</b> |



### 6.3 VALUTAZIONE SISMICA

Gli apparecchi di appoggio impiegati nel presente viadotto sono influenzati dall'azione sismica: per ogni singolo dispositivo si è individuate il periodo proprio e lo spettro elastico valutato dai parametri sismici dello spettro di collasso di seguito riportato.

#### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC

##### Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLC     |
|--------------|---------|
| $a_n$        | 0.290 g |
| $F_0$        | 2.383   |
| $T_C$        | 0.289 s |
| $S_S$        | 1.000   |
| $C_C$        | 1.000   |
| $S_T$        | 1.000   |
| $q$          | 1.000   |

##### Parametri dipendenti

|        |         |
|--------|---------|
| $S$    | 1.000   |
| $\eta$ | 1.000   |
| $T_B$  | 0.096 s |
| $T_C$  | 0.289 s |
| $T_D$  | 2.760 s |

##### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

##### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_e(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

##### Punti dello spettro di risposta

|       | T [s] | Se [g] |
|-------|-------|--------|
|       | 0.000 | 0.290  |
| $T_B$ | 0.096 | 0.691  |
| $T_C$ | 0.289 | 0.691  |
|       | 0.407 | 0.492  |
|       | 0.525 | 0.381  |
|       | 0.642 | 0.312  |
|       | 0.760 | 0.263  |
|       | 0.878 | 0.228  |
|       | 0.995 | 0.201  |
|       | 1.113 | 0.180  |
|       | 1.231 | 0.163  |
|       | 1.348 | 0.148  |
|       | 1.466 | 0.137  |
|       | 1.584 | 0.126  |
|       | 1.701 | 0.118  |
|       | 1.819 | 0.110  |
|       | 1.937 | 0.103  |
|       | 2.054 | 0.097  |
|       | 2.172 | 0.092  |
|       | 2.290 | 0.087  |
|       | 2.407 | 0.083  |
|       | 2.525 | 0.079  |
|       | 2.643 | 0.076  |
| $T_D$ | 2.760 | 0.073  |
|       | 2.819 | 0.069  |
|       | 2.878 | 0.067  |
|       | 2.938 | 0.064  |
|       | 2.997 | 0.062  |
|       | 3.056 | 0.059  |
|       | 3.115 | 0.058  |
|       | 3.174 | 0.058  |
|       | 3.233 | 0.058  |
|       | 3.292 | 0.058  |
|       | 3.351 | 0.058  |
|       | 3.410 | 0.058  |
|       | 3.469 | 0.058  |
|       | 3.528 | 0.058  |
|       | 3.587 | 0.058  |
|       | 3.646 | 0.058  |
|       | 3.705 | 0.058  |
|       | 3.764 | 0.058  |
|       | 3.823 | 0.058  |
|       | 3.882 | 0.058  |
|       | 3.941 | 0.058  |
|       | 4.000 | 0.058  |

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

**6.4 AZIONI SUGLI APPOGGI - SPALLE****6.4.1 SPALLA SA**

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| N. travi            | n = 4            |
| Luce di calcolo     | L = 16.00+16.00m |
| Retrotrave          | R = 0.50m        |
| Larghezza impalcato | B = 11.16m       |

**6.4.1.1 CARICHI STATICI**

Dalla relazione di calcolo dell'impalcato risulta che il carico massimo sull'appoggio più caricato è:

| CARICHI                          | SLE           |           | $\gamma$ | SLU            |           |
|----------------------------------|---------------|-----------|----------|----------------|-----------|
| Peso proprio struttura ( $G_1$ ) | 46.44         | kN        | 1.35     | 62.69          | kN        |
| Peso proprio soletta ( $G_1$ )   | 309.98        | kN        | 1.35     | 418.47         | kN        |
| Carichi permanenti ( $G_2$ )     | 56.82         | kN        | 1.5      | 85.23          | kN        |
| Carichi mobili (Q)               | 440.60        | kN        | 1.35     | 594.81         | kN        |
| <b>TOTALE</b>                    | <b>853.84</b> | <b>kN</b> |          | <b>1161.20</b> | <b>kN</b> |

**6.4.1.2 SISMA**

Il calcolo che segue ha un carattere orientativo, in linea con le premesse convenute di seguire la normativa precedente (D.M. 14/01/08); tuttavia è stato effettuato con lo scopo di vedere l'adeguatezza del sistema di vincolo previsto, anche con riferimento alle normative tuttora in fase sperimentale.

L'elastomero che realizza questi apparecchi ha un comportamento non lineare diventando più deformabile (minor modulo G) ad elevati scorrimenti ( $\gamma$  può superare il 100%).

Pertanto l'individuazione delle grandezze che intervengono nei calcoli ad interpretare il funzionamento in fase sismica, fra loro collegate da legami non lineari, parte da ipotesi di tentativo essenzialmente sul periodo proprio del sistema, o sulle deformazioni di scorrimento.

Lo smorzamento equivalente per questo tipo di appoggio è pari a:

$$\xi = 0.10 = 10\%$$

Avremo quindi

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} = 1.400$$

Secondo quanto detto in precedenza ipotizziamo, per lo svolgimento dei calcoli, uno scorrimento dell'appoggio pari a:

$$\gamma_{sis} = 100\% \Rightarrow G_{100\%} (HDN) = 0.8 \text{ N/mm}^2$$

Le rigidzze degli appoggi saranno pari a:

$$K_i = \text{rigidezza del singolo appoggio} = 0.92 \text{ kN/mm}$$

$K = \text{rigidezza totale degli appoggi} = K_i * 4 * 2 = 7.36 \text{ kN/mm}$

Il peso complessivo dell'impalcato sarà:

| CARICHI                          | SLE                | Luce calcolo | Massa             |
|----------------------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| Peso proprio struttura ( $G_1$ ) | 33.48 kN/m         | 32.80        | 1098.14 kN        |
| Peso proprio soletta ( $G_1$ )   | 83.70 kN/m         | 32.80        | 2745.36 kN        |
| Carichi permanenti ( $G_2$ )     | 40.98 kN/m         | 32.80        | 1344.14 kN        |
| <b>TOTALE</b>                    | <b>158.16 kN/m</b> |              | <b>5187.65 kN</b> |

Il periodo proprio dell'impalcato sarà quindi pari a:

$$T = 2 * \pi * \sqrt{(M/K)} = 1.668 \text{ s}$$

Lo spettro di risposta elastico è quindi dato dall'espressione

$$S_e = 0.1170g$$

La forza sismica complessiva è quindi pari a

$$F_{\text{sis}} = M * S_e \quad \mathbf{606.89 \text{ kN}}$$

Forza sismica sul singolo appoggio

$$F_{\text{sis},i} = \quad \mathbf{75.86 \text{ kN}}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto a questa forza sarà pari a

$$\Delta L_{\text{sis}} = F_{\text{sis},i} / K_i = \quad \mathbf{82.46 \text{ mm}} \quad < \quad S_{\text{max}}$$

$$\gamma_{\text{sis,calc}} = \Delta L_{\text{sis}} / T_e = \quad \mathbf{98.16\%} \quad < \quad \gamma_{\text{sis}}$$

Come si nota l'entità dello scorrimento calcolato coincide sostanzialmente con il valore ipotizzato inizialmente, il che assicura sulla correttezza dei calcoli effettuati.

**6.4.2 SPALLA SB**

|                     |            |
|---------------------|------------|
| N. travi            | n = 2      |
| Luce di calcolo     | L = 61.60m |
| Retrotrave          | R = 0.50m  |
| Larghezza impalcato | B = 11.16m |

**6.4.2.1 CARICHI STATICI**

Dalla relazione di calcolo dell'impalcato risulta che il carico massimo sull'appoggio più caricato è:

| CARICHI                          | SLE            |           | $\gamma$ | SLU            |           |
|----------------------------------|----------------|-----------|----------|----------------|-----------|
| Peso proprio struttura ( $G_1$ ) | 1060.29        | kN        | 1.35     | 1431.39        | kN        |
| Carichi permanenti ( $G_2$ )     | 536.48         | kN        | 1.5      | 804.71         | kN        |
| Carichi mobili (Q)               | 1270.26        | kN        | 1.35     | 1714.85        | kN        |
| <b>TOTALE</b>                    | <b>2867.02</b> | <b>kN</b> |          | <b>3950.95</b> | <b>kN</b> |

**6.4.2.2 SISMA**

Il calcolo che segue ha un carattere orientativo, in linea con le premesse convenute di seguire la normativa precedente (D.M. 14/01/08); tuttavia è stato effettuato con lo scopo di vedere l'adeguatezza del sistema di vincolo previsto, anche con riferimento alle normative tuttora in fase sperimentale.

L'elastomero che realizza questi apparecchi ha un comportamento non lineare diventando più deformabile (minor modulo G) ad elevati scorrimenti ( $\gamma$  può superare il 100%).

Pertanto l'individuazione delle grandezze che intervengono nei calcoli ad interpretare il funzionamento in fase sismica, fra loro collegate da legami non lineari, parte da ipotesi di tentativo essenzialmente sul periodo proprio del sistema, o sulle deformazioni di scorrimento.

Lo smorzamento equivalente per questo tipo di appoggio è pari a:

$$\xi = 0.16 = 16\%$$

Avremo quindi

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} = 1.392$$

Secondo quanto detto in precedenza ipotizziamo, per lo svolgimento dei calcoli, uno scorrimento dell'appoggio pari a:

$$\gamma_{\text{sis}} = 100\% \Rightarrow G_{100\%} = 1.4 \text{ N/mm}^2$$

Le rigidezze degli appoggi saranno pari a:

$$K_i = \text{rigidezza del singolo appoggio} = 2.29 \text{ kN/mm}$$

$$K = \text{rigidezza totale degli appoggi} = K_i * 2 * 2 = 9.16 \text{ kN/mm}$$

La massa dell'impalcato è pari a:

| CARICHI                                  | SLE                | Luce calcolo | Massa             |
|--|--------------------|--------------|-------------------|
| Peso proprio struttura (G <sub>1</sub> ) | 67.75 kN/m         | 62.60        | 4241.15 kN        |
| Peso proprio soletta (G <sub>1</sub> )   | kN/m               | 62.60        | 0.00 kN           |
| Carichi permanenti (G <sub>2</sub> )     | 34.50 kN/m         | 62.60        | 2159.70 kN        |
| <b>TOTALE</b>                            | <b>102.25 kN/m</b> |              | <b>6400.85 kN</b> |

Il periodo proprio dell'impalcato sarà quindi pari a:

$$T = 2 * \pi * \sqrt{(M/K)} = 1.661 \text{ s}$$

Lo spettro di risposta elastico è quindi dato dall'espressione

$$S_e = 0.1175g$$

La forza sismica complessiva è quindi pari a

$$F_{\text{sis}} = M * S_e \quad \mathbf{752.22} \quad \text{kN}$$

Forza sismica sul singolo appoggio

$$F_{\text{sis},i} = \quad \mathbf{188.05} \quad \text{kN}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto a questa forza sarà pari a

$$\Delta L_{\text{sis}} = F_{\text{sis},i} / K_i = \quad \mathbf{82.12} \quad \text{mm} \quad < \quad S_{\text{max}}$$

$$\gamma_{\text{sis,calc}} = \Delta L_{\text{sis}} / T_e = \quad \mathbf{68.43\%} \quad < \quad \gamma_{\text{sis}}$$

Come si nota l'entità dello scorrimento calcolato coincide sostanzialmente con il valore ipotizzato inizialmente, il che assicura sulla correttezza dei calcoli effettuati.

## 6.5 AZIONI SUGLI APPOGGI – PILE

### 6.5.1 PILA P1

N. travi  $n = 4$   
Luce di calcolo  $L = 16.00+16.00\text{m}$   
Larghezza impalcato  $B = 11.16\text{m}$

#### 6.5.1.1 Carichi statici

Dalla relazione di calcolo dell'impalcato risulta che il carico massimo sull'appoggio più caricato è:

| CARICHI                          | SLE               | $\gamma$ | SLU               |
|----------------------------------|-------------------|----------|-------------------|
| Peso proprio struttura ( $G_1$ ) | 154.80 kN         | 1.35     | 208.98 kN         |
| Peso proprio soletta ( $G_1$ )   | 387.00 kN         | 1.35     | 522.45 kN         |
| Carichi permanenti ( $G_2$ )     | 189.40 kN         | 1.5      | 284.10 kN         |
| Carichi mobili (Q)               | 712.02 kN         | 1.35     | 961.23 kN         |
| <b>TOTALE</b>                    | <b>1443.22 kN</b> |          | <b>1976.76 kN</b> |

| Portata<br>Vort. Load<br>KN | B=Bx<br>mm | By<br>mm   | H<br>mm   |
|-----------------------------|------------|------------|-----------|
| <b>2000</b>                 | <b>360</b> | <b>410</b> | <b>80</b> |

### 6.5.2 PILA P2A

N. travi  $n = 4$   
Luce di calcolo carichi statici  $L = 16.00\text{m}$   
Luce di calcolo carichi sismici  $L = 16.00+16.00\text{m}$   
Retrotrave  $R = 0.40\text{m}$   
Larghezza impalcato  $B = 11.16\text{m}$

#### 6.5.2.1 CARICHI STATICI

Dalla relazione di calcolo dell'impalcato risulta che il carico massimo sull'appoggio più caricato è:

| CARICHI                          | SLE              | $\gamma$ | SLU               |
|----------------------------------|------------------|----------|-------------------|
| Peso proprio struttura ( $G_1$ ) | 46.44 kN         | 1.35     | 62.69 kN          |
| Peso proprio soletta ( $G_1$ )   | 309.98 kN        | 1.35     | 418.47 kN         |
| Carichi permanenti ( $G_2$ )     | 56.82 kN         | 1.5      | 85.23 kN          |
| Carichi mobili (Q)               | 440.60 kN        | 1.35     | 594.81 kN         |
| <b>TOTALE</b>                    | <b>853.84 kN</b> |          | <b>1161.20 kN</b> |

### 6.5.2.2 SISMA

Il calcolo che segue ha un carattere orientativo, in linea con le premesse convenute di seguire la normativa precedente (D.M. 14/01/08); tuttavia è stato effettuato con lo scopo di vedere l'adeguatezza del sistema di vincolo previsto, anche con riferimento alle normative tuttora in fase sperimentale.

L'elastomero che realizza questi apparecchi ha un comportamento non lineare diventando più deformabile (minor modulo G) ad elevati scorrimenti ( $\gamma$  può superare il 100%).

Pertanto l'individuazione delle grandezze che intervengono nei calcoli ad interpretare il funzionamento in fase sismica, fra loro collegate da legami non lineari, parte da ipotesi di tentativo essenzialmente sul periodo proprio del sistema, o sulle deformazioni di scorrimento.

Lo smorzamento equivalente per questo tipo di appoggio è pari a:

$$\xi = 0.10 = 10\%$$

Avremo quindi

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} = 1.400$$

Secondo quanto detto in precedenza ipotizziamo, per lo svolgimento dei calcoli, uno scorrimento dell'appoggio pari a:

$$\gamma_{\text{sis}} = 100\% \Rightarrow G_{100\%}(\text{HDN}) = 0.8 \text{ N/mm}^2$$

Le rigidità degli appoggi saranno pari a:

$$K_i = \text{rigidità del singolo appoggio} = 0.92 \text{ kN/mm}$$

$$K = \text{rigidità totale degli appoggi} = K_i * 4 * 2 = 7.36 \text{ kN/mm}$$

Il peso totale dell'impalcato sarà:

| CARICHI                          | SLE                | Luce calcolo | Massa             |
|----------------------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| Peso proprio struttura ( $G_1$ ) | 33.48 kN/m         | 32.80        | 1098.14 kN        |
| Peso proprio soletta ( $G_1$ )   | 83.70 kN/m         | 32.80        | 2745.36 kN        |
| Carichi permanenti ( $G_2$ )     | 40.98 kN/m         | 32.80        | 1344.14 kN        |
| <b>TOTALE</b>                    | <b>158.16 kN/m</b> |              | <b>5187.65 kN</b> |

Il periodo proprio dell'impalcato sarà quindi pari a:

$$T = 2 * \pi * \sqrt{M/K} = 1.668 \text{ s}$$

Lo spettro di risposta elastico è quindi dato dall'espressione

$$S_e = 0.1170g$$

La forza sismica complessiva è quindi pari a

$$F_{\text{sis}} = M \cdot S_e \quad \mathbf{606.89} \quad \text{kN}$$

Forza sismica sul singolo appoggio

$$F_{\text{sis},i} = \quad \mathbf{75.86} \quad \text{kN}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto a questa forza sarà pari a

$$\Delta L_{\text{sis}} = F_{\text{sis},i} / K_i = \quad \mathbf{82.46} \quad \text{mm} \quad < \quad S_{\text{max}}$$

$$\gamma_{\text{sis,calc}} = \Delta L_{\text{sis}} / T_e = \quad \mathbf{98.16\%} \quad < \quad \gamma_{\text{sis}}$$

Come si nota l'entità dello scorrimento calcolato coincide sostanzialmente con il valore ipotizzato inizialmente, il che assicura sulla correttezza dei calcoli effettuati.

### 6.5.3 PILA P2B

|                     |            |
|---------------------|------------|
| N. travi            | n = 2      |
| Luce di calcolo     | L = 61.60m |
| Retrotrave          | R = 0.50m  |
| Larghezza impalcato | B = 11.16m |

#### 6.5.3.1 CARICHI STATICI

Dalla relazione di calcolo dell'impalcato risulta che il carico massimo sull'appoggio più caricato è:

| CARICHI                          | SLE            |           | $\gamma$ | SLU            |           |
|----------------------------------|----------------|-----------|----------|----------------|-----------|
| Peso proprio struttura ( $G_1$ ) | 1060.29        | kN        | 1.35     | 1431.39        | kN        |
| Carichi permanenti ( $G_2$ )     | 536.48         | kN        | 1.5      | 804.71         | kN        |
| Carichi mobili (Q)               | 1270.26        | kN        | 1.35     | 1714.85        | kN        |
| <b>TOTALE</b>                    | <b>2867.02</b> | <b>kN</b> |          | <b>3950.95</b> | <b>kN</b> |

#### 6.5.3.2 SISMA

Il calcolo che segue ha un carattere orientativo, in linea con le premesse convenute di seguire la normativa precedente (D.M. 14/01/08); tuttavia è stato effettuato con lo scopo di vedere l'adeguatezza del sistema di vincolo previsto, anche con riferimento alle normative tuttora in fase sperimentale.

L'elastomero che realizza questi apparecchi ha un comportamento non lineare diventando più deformabile (minor modulo G) ad elevati scorrimenti ( $\gamma$  può superare il 100%).

Pertanto l'individuazione delle grandezze che intervengono nei calcoli ad interpretare il funzionamento in fase sismica, fra loro collegate da legami non lineari, parte da ipotesi di tentativo essenzialmente sul periodo proprio del sistema, o sulle deformazioni di scorrimento.

Lo smorzamento equivalente per questo tipo di appoggio è pari a:

$$\xi = 0.16 = 16\%$$

Avremo quindi



$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} = 1.392$$

Secondo quanto detto in precedenza ipotizziamo, per lo svolgimento dei calcoli, uno scorrimento dell'appoggio pari a:

$$\gamma_{\text{sis}} = 100\% \Rightarrow G_{100\%} = 1.4 \text{ N/mm}^2$$

Le rigidità degli appoggi saranno pari a:

$$K_i = \text{rigidità del singolo appoggio} = 2.29 \text{ kN/mm}$$

$$K = \text{rigidità totale degli appoggi} = K_i * 2 * 2 = 9.16 \text{ kN/mm}$$

La massa dell'impalcato è pari a:

| CARICHI                          | SLE                | Luce calcolo | Massa             |
|----------------------------------|--------------------|--------------|-------------------|
| Peso proprio struttura ( $G_1$ ) | 67.75 kN/m         | 62.60        | 4241.15 kN        |
| Peso proprio soletta ( $G_1$ )   | kN/m               | 62.60        | 0.00 kN           |
| Carichi permanenti ( $G_2$ )     | 34.50 kN/m         | 62.60        | 2159.70 kN        |
| <b>TOTALE</b>                    | <b>102.25 kN/m</b> |              | <b>6400.85 kN</b> |

Il periodo proprio dell'impalcato sarà quindi pari a:

$$T = 2 * \pi * \sqrt{M/K} = 1.661 \text{ s}$$

Lo spettro di risposta elastico è quindi dato dall'espressione

$$S_e = 0.1175g$$

La forza sismica complessiva è quindi pari a

$$F_{\text{sis}} = M * S_e = \mathbf{752.22} \text{ kN}$$

Forza sismica sul singolo appoggio

$$F_{\text{sis},i} = \mathbf{188.05} \text{ kN}$$

Lo spostamento e lo scorrimento angolare dovuto a questa forza sarà pari a

$$\Delta L_{\text{sis}} = F_{\text{sis},i} / K_i = \mathbf{82.12} \text{ mm} < S_{\text{max}}$$

$$\gamma_{\text{sis,calc}} = \Delta L_{\text{sis}} / T_e = \mathbf{68.43\%} < \gamma_{\text{sis}}$$

Come si nota l'entità dello scorrimento calcolato coincide sostanzialmente con il valore ipotizzato inizialmente, il che assicura sulla correttezza dei calcoli effettuati.

## 7 RELAZIONE DI CALCOLO PILA

Le pile presenti nel viadotto in oggetto si differenziano per la tipologia di vincolamento all'impalcato e di conseguenza anche per la geometria.

### 7.1 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La geometria è quella riportata nelle fig.re 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 7.5 e 7.6.

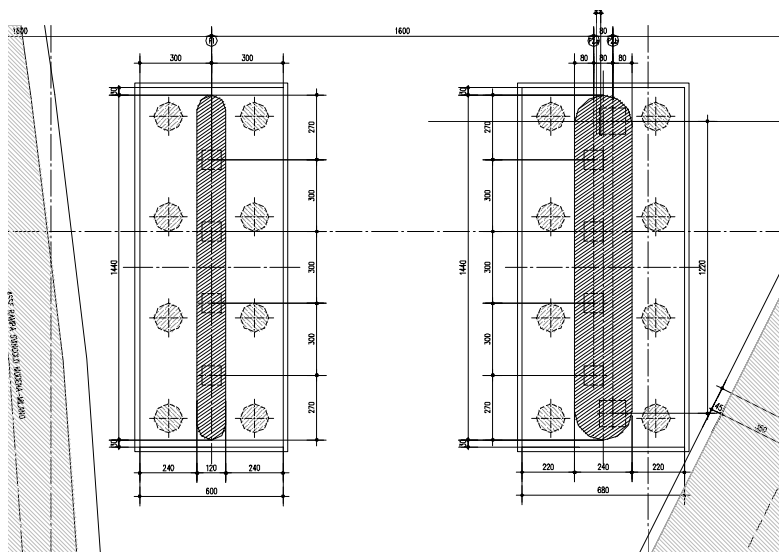


Figura 7.1 Pianta generale delle fondazioni

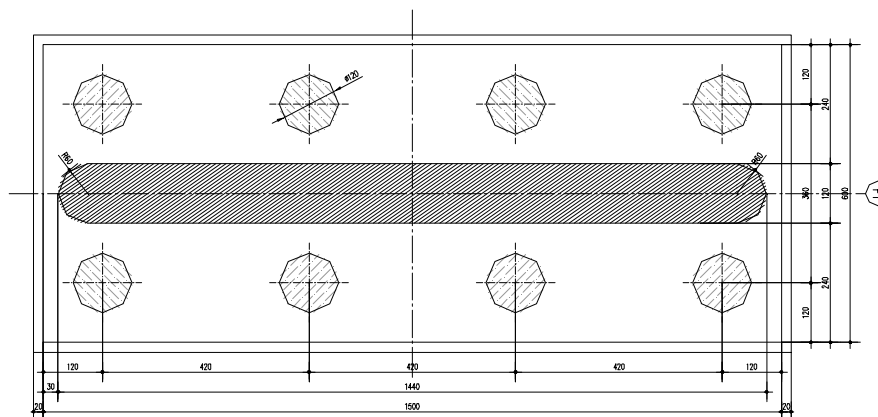


Figura 7.2 Pianta fondazione pila P1

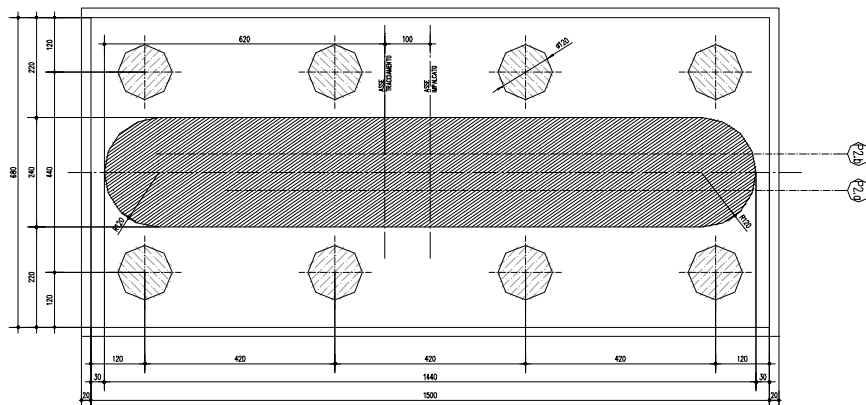


Figura 7.3 Pianta fondazione pila P2

PROSPETTO PILA P1 1:50

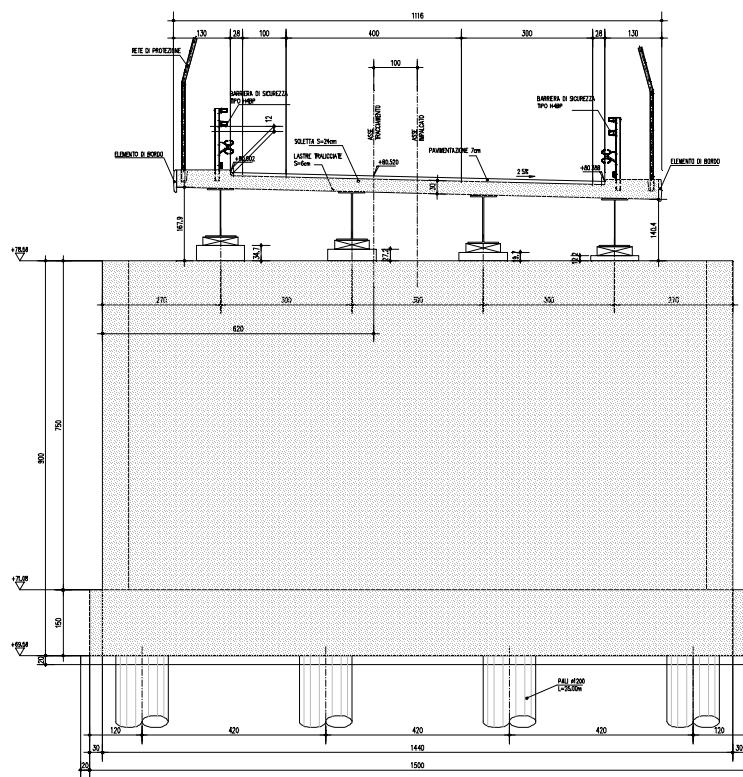


Figura 7.4 Vista frontale in retto pila P1

PROSPETTO PILA P2 1:50

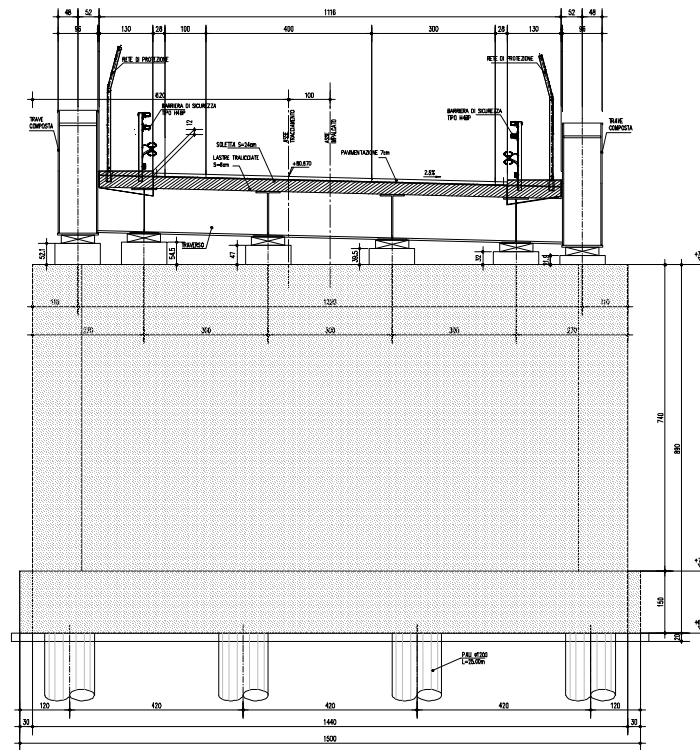


Figura 7.5 Vista frontale in retto pila P2

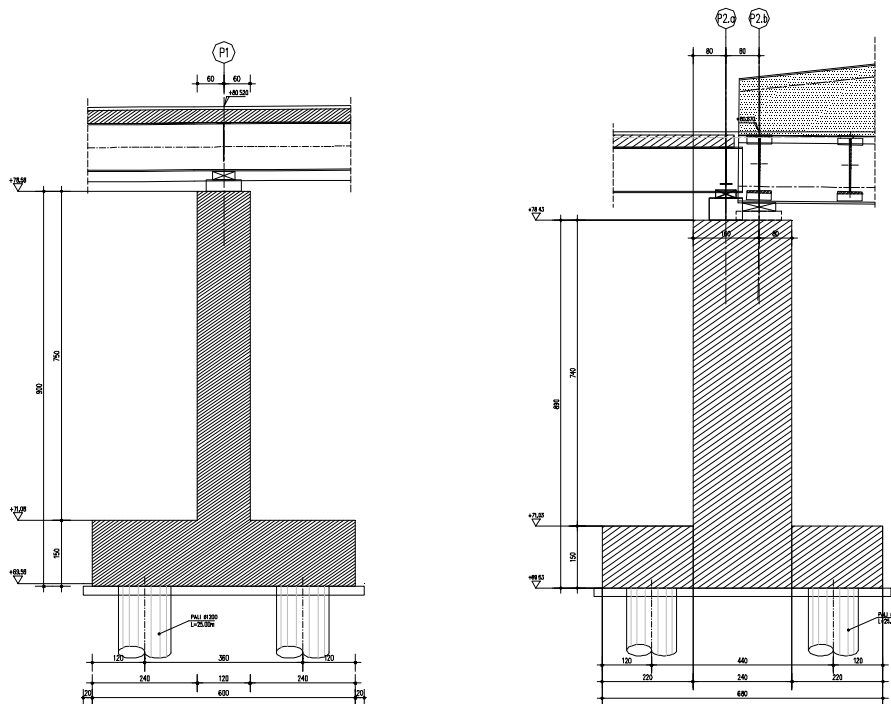


Figura 7.6 Sezione trasversale pile P1 e P2

## 7.2 CALCOLO DELLA STRUTTURA

Per la valutazione delle sollecitazioni sulle strutture facenti parte della pila (fusto e fondazioni) si è fatto ricorso ad un modello semplificato di calcolo con l'elaboratore, utilizzando un foglio di excell per identificare le sollecitazioni significative.

Per la valutazione sismica, si è proceduto ad un'analisi statica equivalente, individuando lo spettro di progetto, così come previsto dalla normativa vigente.

Le due tipologie di pile presenti nel viadotto oggetto della presente relazione, si differenziano per il vincolamento all'impalcato e di conseguenza anche per la geometria: in specifico la pila P1 è sede di appoggi multidirezionali (quindi non risente di sollecitazioni orizzontali trasmesse dall'impalcato se non l'attrito degli appoggi stessi), mentre la pila P2 è sede di appoggi isolatori elastomerici che vincolano gli impalcati alla pila stessa: per il motivo sopracitato, si sono individuate due modellazioni separate, una per pila.

### 7.2.1 DATI PER ANALISI SISMICA

Per il tipo di vincolamento (dispositivi elastomerici) le sottostrutture devono rimanere in campo elastico: le sollecitazioni della pila P1 derivano soltanto le azioni inerziali della pila stessa e della terra imbarcata, mentre le sollecitazioni della pila P2 oltre a quelle indicate per la pila P1 si devono considerare anche le sollecitazioni sismiche trasmesse dai dispositivi.

Le verifiche sismiche delle pile da ponte, possono essere eseguite applicando l'azione sismica indipendentemente nelle due direzioni orizzontali, mentre la componente sismica verticale si può trascurare, essendo il ponte in zona 3.

Gli effetti massimi generati dalle due componenti sismiche ai fini delle verifiche di resistenza allo SLU, possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto:

$$\gamma_1 \times E + G_k + P_k$$

Le combinazioni delle azioni dovute alle due componenti orizzontali sono ottenute utilizzando come azione di progetto (§ 7.3.5), la combinazione più sfavorevole tra:

$$E_L = A_{EL} + 0.30 A_{ET}$$

$$E_T = A_{ET} + 0.30 A_{EL}$$

Lo *SLV* della sottostruttura e della sovrastruttura deve essere verificato con i valori di  $\gamma_M$  utilizzati per le costruzioni non isolate.

Coem indicato nel § 7.10.6.2.1., gli elementi della sottostruttura devono essere verificati rispetto alle sollecitazioni ottenute direttamente dall'analisi, quando il modello include anche la sottostruttura; in caso contrario, essi devono essere verificati rispetto alle sollecitazioni prodotte dalle forze trasmesse dal sistema d'isolamento combinate con le sollecitazioni prodotte dalle accelerazioni del terreno direttamente applicate alla sottostruttura. Nel caso in cui la sottostruttura possa essere assunta infinitamente rigida (periodo proprio inferiore a 0,05s) le forze d'inerzia direttamente applicate ad essa possono essere assunte pari al prodotto

delle masse della sottostruttura per l'accelerazione del terreno ag. La combinazione delle sollecitazioni può essere effettuata mediante la regola della radice quadrata della somma dei quadrati.

Le condizioni di resistenza degli elementi strutturali della sovrastruttura possono essere soddisfatte considerando gli effetti dell'azione sismica divisi del fattore  $q=1,50$  combinati con le altre azioni secondo le regole del § 3.2.4.: a favore di sicurezza si è applicato lo spettro elastico ( $q=1.0$ ).

### 7.3 PILA P1

#### 7.3.1 ELENCO DATI

##### 7.3.1.1 Dati generali dell'impalcato

Di seguito si elencano i dati relativi all'impalcato utilizzati per il calcolo delle azioni verticali e orizzontali trasmesse alla pila.

|  |                        |
|--|------------------------|
| Larghezza carreggiata                                      | 8.56 m                 |
| Larghezza pavimentazione                                   | 8.56 m                 |
| Larghezza cordolo 1  | 1.30 m                 |
| Larghezza cordolo 2  | 1.30 m                 |
| Spessore medio soletta                                     | 0.30 m                 |
| Spessore massimo soletta                                   | 0.30 m                 |
| Spessore minimo soletta                                    | 0.30 m                 |
| Spessore pavimentazione                                    | 0.07 m                 |
| Pendenza trasversale                                       | 0.28 m                 |
| Spessore medio cordoli                                     | 0.12 m                 |
| Altezza travi  | 1.10 m                 |
| Peso travi in acciaio                                      | 3.00 kN/m <sup>2</sup> |
| Altezza baggioli   | 0.23 m                 |
| Altezza appoggi  | 0.10 m                 |
| Interasse pile minimo                                      | 16.00 m                |
| Lunghezza di afferenza alla pila                           | 20.00 m                |
| Lunghezza totale impalcato                                 | 33.00 m                |
| Peso pavimentazione  | 3.00 kN/m <sup>2</sup> |
| Peso della singola barriera                                | 2.00 kN/m              |
| Peso del singolo elemento di bordo                         | 2.00 kN/m              |
| Pesi permanenti aggiuntivi                                 | 1.00 kN/m              |
| Reazione 1° colonna di carico imposto                      | 1660.25 kN             |
| Eccentricità carichi accidentali imposta                   | 1.86 m                 |
| Numero dei dispositivi di appoggio                         | 4.00                   |
| Somma delle rigidzze di tutti i dispositivi sulla pila     | 0.00 kN/m              |
| Somma delle rigidzze di tutti i dispositivi dell'impalcato | 0.00 kN/m              |
| Superficie esposta al vento ponte scarico imposta          | 0.00 m <sup>2</sup>    |
| Superficie esposta al vento ponte carico imposta           | 0.00 m <sup>2</sup>    |
| Azione attrito imposta                                     | 12.60 kN               |

##### 7.3.1.2 Dati per analisi sismica

|  |        |
|--|--------|
| Quota baricentro impalcato da intradosso travi | 1.05 m |
| Zona sismica                                   | 3.00   |

Categoria suolo A  
Coefficiente di importanza 1.00

### 7.3.1.3 Dati generali della pila

Di seguito si elencano i dati relativi alla pila utilizzati per il calcolo delle azioni verticali e orizzontali.

#### DATI RELATIVI ALL'ELEVAZIONE

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Altezza fusto   | 7.50 m                  |
| Area della sezione della pila alla base                   | 17.28 m <sup>2</sup>    |
| Larghezza di pila investita dal vento in dir. trasversale | 1.20 m                  |
| Area della sezione del baggiolo                           | 0.64 m <sup>2</sup>     |
| Quota baricentro fusto+pulvino da base fusto              | 3.75 m                  |
| Peso proprio pulvino+baggioli imposto                     | 15.01 kN                |
| Momento d'inerzia fusto longitudinale                     | 2.07 m <sup>4</sup>     |
| Momento d'inerzia fusto trasversale                       | 298.60 m <sup>4</sup>   |
| Rck calcestruzzo pila                                     | 40.00 N/mm <sup>2</sup> |

#### DATI RELATIVI ALLA PLATEA DI FONDAZIONE

|                  |         |
|------------------|---------|
| Lunghezza platea | 6.00 m  |
| Larghezza platea | 15.00 m |
| Spessore platea  | 1.50 m  |

#### DATI RELATIVI AL TERRENO

|  |            |
|--|------------|
| Peso specifico del terreno di ricoprimento | 20.00 kN/m |
| Altezza del terreno di ricoprimento        | 1.00 m     |

### 7.3.1.4 Palificata di fondazione

Il palo è schematizzato come elemento immerso in suolo elastico alla Winkler: le caratteristiche del terreno inducono ad assumere una costante elastico pari a:

$$k_w = 0.03 \text{ N/mm}^3$$

#### Geometria Della Palificata

|  |        |
|--|--------|
| diametro pali =                        | 120 cm |
| numero totale pali =                   | 8      |
| numero pali attivi longitudinalmente = | 8      |
| numero pali attivi trasversalmente =   | 8      |

### 7.3.2 AZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO

#### 7.3.2.1 Azioni trasmesse dall'impalcato

##### 7.3.2.1.1 Pesi permanenti

Si riportano i pesi permanenti lineari dei diversi elementi dell'impalcato, calcolati in base ai dati definiti in precedenza.

|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Peso travi                      | 33.48 kN/m       |
| Peso soletta                    | 83.70 kN/m       |
| Peso pavimentazione             | 25.68 kN/m       |
| Peso dei cordoli                | 7.80 kN/m        |
| Peso barriere di sicurezza      | 3.75 kN/m        |
| Peso elementi di bordo          | 4.00 kN/m        |
| Pesi permanenti aggiuntivi      | <u>2.00 kN/m</u> |
| Peso permanente lineare assunto | 161.00 kN/m      |

Il peso complessivo dell'impalcato si ottiene moltiplicando il peso permanente lineare ottenuto per la lunghezza totale dell'opera; analogamente, la quota parte del peso permanente totale che grava sulla pila è pari al suddetto peso permanente lineare moltiplicato per la lunghezza di afferenza definita in precedenza.

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Peso totale dell'impalcato | 5313.00 kN |
| Peso afferente alla pila   | 3220.00 kN |

##### 7.3.2.1.2 Carichi mobili

Secondo quanto disposto dalla normativa vigente (cap.5 DM 14.01.2008), la disposizione e la numerazione delle corsie va determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto.

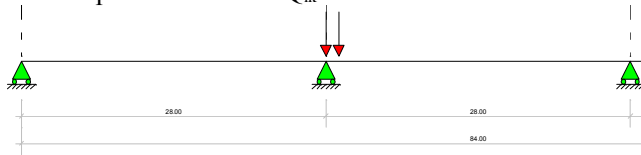
Per ciascuna singola verifica e per ciascuna corsia convenzionale, si applicano gli Schemi di Carico definiti come già indicato nel capitol 5.2 (impalcato), per una lunghezza e per una disposizione longitudinale, tali da ottenere l'effetto più sfavorevole.

La valutazione dei carichi accidentali è stata effettuata con una distribuzione alla Courbon, in cui le colonne dei carichi mobili sono state disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo più esterno: si specifica che i carichi "tandem" sono stati ubicati con un asse sull'allineamento degli appoggi, e l'altro asse a 1.20m (come prescritto da normativa); i carichi distribuiti sono stati applicati alla luce di calcolo di afferenza della pila amplificati di un coefficiente di afferenza per le travi continue su più appoggi (vedasi schema).

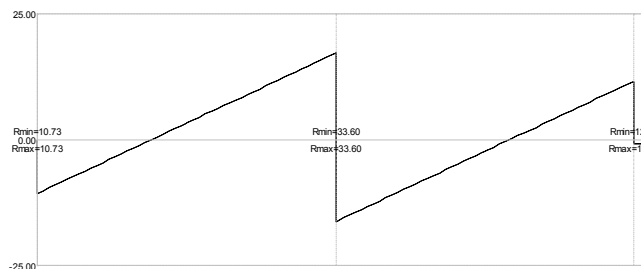
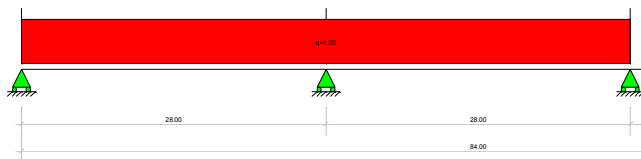
Non si considera il carico della folla poiché sull'impalcato non sono presenti i marciapiedi.



Schema disposizione carico  $Q_{ik}$



Diagrammi per individuazione del coefficiente di afferenza  $\xi$



$$\xi = 33.6/28.0 = 1.25$$

#### Accidentale pila

|                                      |       |   |
|--------------------------------------|-------|---|
| Larghezza carreggiata                | 8.56  | m |
|                                      |       | m |
| Larghezza cordolo dx + ingombro onda | 1.30  | m |
| Larghezza cordolo sx + ingombro onda | 1.30  | m |
| $L_{c,sx} =$                         | 16.00 | m |
| $L_{c,dx} =$                         | 16.00 | m |
| Interasse Travi                      | 3.00  | m |
| Sbalzo dx                            | 1.08  | m |
| Sbalzo sx                            | 1.08  | m |
| Numero Travi                         | 4     |   |

#### Tandem

|                          |     |    |
|--------------------------|-----|----|
| $Q_{1k}$                 | 300 | kN |
| $Q_{2k}$                 | 200 | kN |
| $Q_{3k}$                 | 100 | kN |
| Numero colonne di carico | 2   |    |

#### Distribuito

|                                   |      |      |
|-----------------------------------|------|------|
| $q_{1k}$                          | 9.00 | kN/m |
| $q_{2k}$                          | 2.50 | kN/m |
| $q_{nk}$                          | 2.50 | kN/m |
| Coefficiente trave continua $\xi$ | 1.20 |      |

Il carico totale trasmesso alla pila risulta

|               |                |            |
|---------------|----------------|------------|
| <b>Rtot =</b> | <b>1660.25</b> | <b>kN</b>  |
| <b>Mtot</b>   | <b>3081.12</b> | <b>kNm</b> |
| <b>etot =</b> | <b>1.86</b>    | <b>m</b>   |

#### 7.3.2.1.3 Azioni orizzontali longitudinali

##### Azione di frenamento

L'azione di frenamento non ha influenza sulle pile essendo attrezzate con appoggi mobili.

##### Azione di attrito

Data la tipologia di vincolo scorrevole si considera che alla pila venga trasmessa l'azione dovuta all'attrito proporzionale alla reazione dei pesi permanenti.

Azione dell'attrito (trasmessa in presenza di appoggi scorrevoli) 12.60 kN

L'azione di attrito è agente a quota appoggi.

#### 7.3.2.1.4 Azioni orizzontali trasversali - Vento

Come prescritto nel § 5.1.3.7 (Azioni di Neve, Vento: q5) del D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), per le azioni da neve e vento vale quanto specificato al Cap. 3.

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi (ad es. le pile). Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

Il carico neve si considera non concomitante con i carichi da traffico, salvo che per ponti coperti

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b * c_e * c_p * C_d \quad (3.3.2)$$

dove

$q_b$  è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

$c_e$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;

$c_p$  è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;

ca è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Indicazioni per la sua valutazione sono riportate al § 3.3.8.

Si è fatta una prima analisi confrontando la pressione cinetica determinata con i criteri del DM del 14/01/2008, considerando un coefficiente di forma relativo alle travi ad anima piena e reticolari multiple (§ 3.3.10.4.2 ), con i criteri suggeriti dalle “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni” emanate dal CNR del 17 gennaio 2008. Da tale confronto sono risultate pressioni del vento inferiori a quelle indicate nel DM 4 maggio 1990 (aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali), pertanto, a favore di sicurezza, si assume un carico pari a 2.50 kN/m<sup>2</sup>.

Data la presenza di appoggi multidirezionale, non è presente l'effetto del vento dell'impalcato sulla pila, ma soltanto la pressione cinetica sul fusto della pila stessa.

#### 7.3.2.1.5 Azioni orizzontali trasversali - Centrifuga

Poichè il ponte è in rettilineo non è presente la forza centrifuga.

#### **7.3.2.2 Azioni relative alla pila**

##### AZIONE DEL VENTO

|   |                     |
|---|---------------------|
| Superficie investita dal vento in direzione trasversale | 9.00 m <sup>2</sup> |
| Azione del vento  | 22.50 kN            |
| Applicata a quota da base fusto                         | 3.75 m              |

##### AZIONI RELATIVE ALL'ELEVAZIONE

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Peso proprio fusto     | 3240.00 kN      |
| Peso proprio pulvino   | <u>15.01 kN</u> |
| Peso totale elevazione | 3255.01 kN      |

##### AZIONI RELATIVE ALLA PLATEA DI FONDAZIONE

|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Peso proprio della platea        | 3375.00 kN        |
| Peso del terreno di ricoprimento | <u>1454.40 kN</u> |
| Peso totale fondazione           | 4829.40 kN        |

##### AZIONI ECCEZZIONALI – URTI

*Urto di un veicolo contro le strutture.*

I piedritti dei ponti ubicati a distanza  $\leq 5,0$  m dalla sede stradale, dovranno essere protetti contro il pericolo di urti di veicoli stradali, mediante adeguate opere chiaramente destinate alla protezione dei piedritti stessi.  
Per il ponte in oggetto non si deve tener conto di tale condizione di carico essendo il fusto della pila posizionato ad una distanza superiore alla minima richiesta

### 7.3.3 AZIONI IN CONDIZIONI SISMICHE

L'opera viene progettata ai sensi del DM 14.01.2008, inerente la nuova normativa e classificazione sismica del territorio nazionale; coerentemente con il contenuto del succitato DM le verifiche vengono condotte secondo il criterio semi-probabilistico agli stati limite.

Come anticipato nel capitolo 2.1, essendo una struttura realizzata con dispositivi dissipativi, si è applicato un fattore di struttura  $q_0=1.0$  (spettro elastico) per il dimensionamento della sottostruttura (fusto pila, platea, pali).

Le azioni sismiche sono calcolate mediante l'analisi statica equivalente utilizzando gli accelerogrammi compatibili con lo spettro di elastico agenti separatamente nelle tre direzioni principali (x, y, z), e successivamente combinati secondo quanto prescritto dalla normativa.

Al fine della verifica delle strutture di fondazione, essendo applicata la gerarchia delle resistenze, si considera la combinazione di carico con lo spettro elastico (fattore di struttura  $q=1.0$ ).

Lo studio dei pali in condizioni sismiche, seguendo l'approccio 1, prevede:

combinazione 1 (Struttura):           A1+M1+R1  
combinazione 2 (Geotecnica):        A2+M1+R2

Dove però i coefficienti  $\gamma_a$  di amplificazione dei carichi devono essere posti = 1; esiste quindi un'unica combinazione di carico.

Le masse che intervengono per la determinazione delle sollecitazioni sismiche sono:

fusto pila  
fondazione pila  
terreno imbarcato  
pali

#### 7.3.3.1 Azioni sismiche

Si opera ai sensi del DM 14.01.2008. In base alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale il comune ricade in zona 3.

Le azioni sismiche di seguito riportate sono ottenute applicando lo spettro (di progetto o elastico, in funzione dell'elemento verificato) della zona considerata, in specifico Verona.

### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato: **SLV** info

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo: **A** info  $S_s = 1.000$   $C_c = 1.000$  info  
 Categoria topografica: **T1** info  $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
( $h$ : quota s.d.o.,  $H$ : altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%): **5**  $\eta = 1.000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q_0$ : **1** Regol. in altezza: **si** info

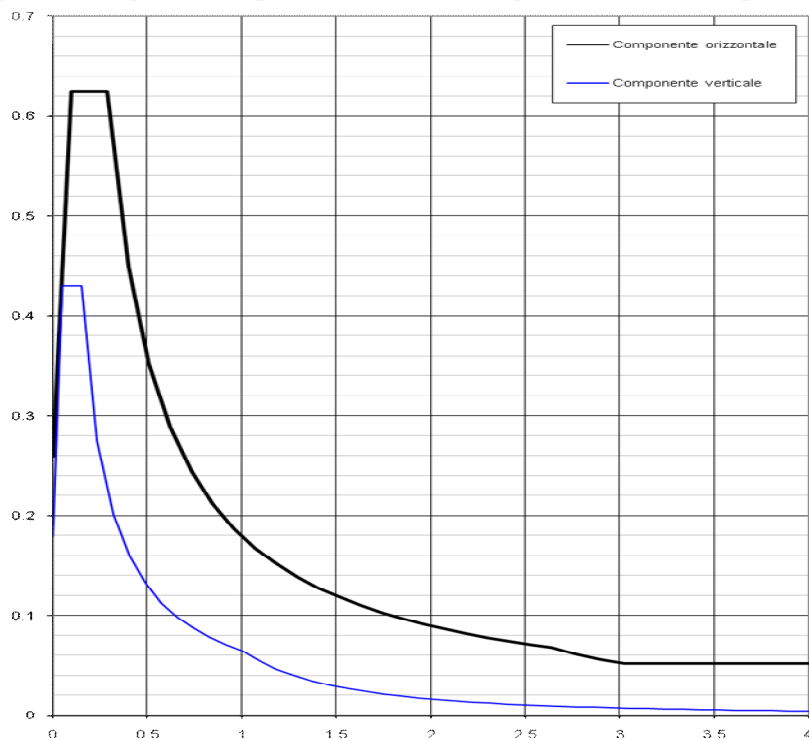
**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto Fattore  $q$ : **1**  $\eta = 1.000$  info

**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta  
 Parametri e punti spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
 — Spettro di progetto - componente verticale  
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite,  $q_0 = 1.0$ :**



### 7.3.3.2 Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, il suolo può essere inquadrato nella categoria di tipo "A".

### 7.3.3.3 Azioni sismiche trasmesse dall'impalcato

Essendo la pila attrezzata con appoggi multi direzionali, l'impalcato non trasmette nessuna sollecitazione sismica.

### 7.3.3.4 Azioni sismiche trasmesse dalla pila

Di seguito si riporta l'analisi statica equivalente relativa alla pila.

|                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| Peso elevazione pila            | 3255.01 kN                 |
| Massa pila                      | 331.81 kNs <sup>2</sup> /m |
| Modulo di elasticità della pila | 36049.97 N/mm <sup>2</sup> |

#### DIREZIONE LONGITUDINALE

|   |                |
|---|----------------|
| Rigidezza traslazionale della pila                    | 531578.37 kN/m |
| Periodo della pila                                    | 0.16 sec       |
| Ordinata dello spettro di risposta della pila         | 0.00 g         |
| Forza trasmessa in direzione longitudinale dalla pila | 2011.59 kN     |

#### DIREZIONE TRASVERSALE

|   |                  |
|---|------------------|
| Rigidezza traslazionale della pila                  | 76547285.09 kN/m |
| Periodo della pila                                  | 0.01 sec         |
| Ordinata dello spettro di risposta della pila       | 0.00 g           |
| Forza trasmessa in direzione trasversale dalla pila | 999.29 kN        |

### 7.3.4 CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

Il DM del 14/01/2008 individua le seguenti combinazioni di azioni.

#### Stati limite ultimo

1A) Carichi elementari combinazione A1-M1 (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)

$$\gamma_{G1} * G1 + \gamma_{G2} * G2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

#### Stati limite ultimo per geotecnica pali

1B) Carichi elementari combinazione A2-M1 (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)

$$\gamma_{G1} * G1 + \gamma_{G2} * G2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_2 * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_3 * Q_{k3} + \dots$$

#### Stati limite di esercizio

2) SLE - Combinazione caratteristica rara (G<sub>1</sub> + G<sub>2</sub> + P + Q<sub>k1</sub> +  $\psi_{02}$  \* Q<sub>k2</sub> +  $\psi_{03}$  \* Q<sub>k3</sub> + ...)

*Stati limite di esercizio: fessurazione*

3) SLE - Combinazione frequente ( $G_1 + G_2 + P + \psi_{11}Q_{k1} + \psi_{22}^*Q_{k2} + \psi_{23}^*Q_{k3} +$ )

4) SLE - Quasi Permanente ( $G_1 + G_2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}^*Q_{k2} + \psi_{23}^*Q_{k3} +$ )

*Stati limite ultimo - Sisma*

5) SLE - Combinazione sismica ( $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$ )

*Stati limite ultimo - Eccezionale*

6) SLU - Combinazione eccezionale ( $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}^*Q_{k2} + \psi_{23}^*Q_{k3} + \dots$ )

Si riportano di seguito le combinazioni di carico considerate nelle condizioni di esercizio e sismiche.

|               |      | g1,g2 | Q1<br>(traffico) | q1<br>(traffico) | q3<br>(fren) | q4<br>(centr) | q5<br>(vento scar) | q5<br>(vento car) | q6<br>(sisma L) | q6<br>(sisma T) | q7<br>(parass) | q9<br>(urto) |
|---------------|------|-------|------------------|------------------|--------------|---------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------|
| STR<br>SLU_A1 | U1a  | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 1.50               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U1b  | 1.35  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 1.50               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U2a  | 1.00  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 1.50              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U2b  | 1.35  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 1.50              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U3a  | 1.00  | 1.35             | 1.35             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U3b  | 1.35  | 1.35             | 1.35             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U4a  | 1.00  | 1.01             | 0.54             | 1.35         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U4b  | 1.35  | 1.01             | 0.54             | 1.35         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U5a  | 1.00  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 1.35          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U5b  | 1.35  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 1.35          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
| U6a           | 1.00 | 1.01  | 0.54             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.90               | 0.00              | 0.00            | 1.20            | 0.00           |              |
| U6b           | 1.35 | 1.01  | 0.54             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.90               | 0.00              | 0.00            | 1.20            | 0.00           |              |
| GEO<br>SLU_A2 | U1   | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 1.30               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | U2   | 1.00  | 0.86             | 0.46             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 1.30              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | U3   | 1.00  | 1.15             | 1.15             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.78              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | U4   | 1.00  | 0.86             | 0.46             | 1.15         | 0.00          | 0.00               | 0.78              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | U5   | 1.00  | 0.86             | 0.46             | 0.00         | 1.15          | 0.00               | 0.78              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | U6   | 1.00  | 0.86             | 0.46             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.78              | 0.00            | 0.00            | 1.00           | 0.00         |
| SLE           | A1   | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 1.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A2   | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 1.00              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A3   | 1.00  | 1.00             | 1.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.60              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A4   | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 1.00         | 0.00          | 0.00               | 0.60              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A5   | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 0.00         | 1.00          | 0.00               | 0.60              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A6   | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.60              | 0.00            | 0.00            | 1.00           | 0.00         |
|               | F1   | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.20               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.50           | 0.00         |
|               | F2   | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.50           | 0.00         |
|               | F3   | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | QP   | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.50           | 0.00         |
| SISMA         | S1   | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 1.00            | 0.30            | 0.00           | 0.00         |
|               | S2   | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.30            | 1.00            | 0.00           | 0.00         |
| ECCEZIONALE   | E1   | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.50           | 1.00         |



### 7.3.5 SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Si specifica che nella presente relazione viene riportato il dimensionamento della sola Pila n.1, in quanto la Pila n.2 è analoga in geometria e condizioni di carico.

Le combinazioni di carico considerate sono quelle indicate nel capitolo 1: di seguito si riportano le sollecitazioni significative per il dimensionamento, ed in specifico quelle relative alle combinazioni:

1A) Stato limite ultimo - STR

1B) Stato limite ultimo - GEO

5) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

#### 7.3.5.1 Sollecitazioni fusto pila

##### ELENCO CARICHI ELEMENTARI A BASE FUSTO

| Condizione elementare                      |           | N (kN) | MI (kNm) | Mt (kNm) | TI (kN) | Tt (kN) |
|--|-----------|--------|----------|----------|---------|---------|
| Peso proprio elevazione pila               | PILA      | g      | 3255.01  |          |         |         |
| Vento su pila                              |           | q5     |          | 84.38    |         | 22.50   |
| Urto di veicoli in svio                    |           | q9     |          | 0.00     | 0.00    | 0.00    |
| Azioni aggiuntive                          |           | q9     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00    |
| Azioni sismiche long. alla base del fusto  |           | q6l    |          | 7543.48  |         | 2011.59 |
| Azioni sismiche trasv. alla base del fusto |           | q6t    |          |          | 3747.33 | 999.29  |
| Azioni aggiuntive                          |           |        |          |          |         |         |
| Peso permanente                            | IMPALCATO | g      | 3220.00  |          |         |         |
| Accidentali                                |           | q1+q2  | 1660.25  |          | 3088.07 |         |
| Frenatura                                  |           | q3     |          | 0.00     |         | 0.00    |
| Azione centrifuga                          |           | q4     |          |          | 0.00    | 0.00    |
| Vento su impalcato carico                  |           | q5     |          |          | 0.03    | 0.00    |
| Vento su impalcato scarico                 |           | q5     |          |          | 0.03    | 0.00    |
| Azione di attrito                          |           | q7     |          | 97.45    |         | 12.60   |
| Azione elastica                            |           | q7     |          | 0.00     |         | 0.00    |
| Azione sismica orizzontale longitudinale   |           | q6l    |          | 0.00     |         | 0.00    |
| Azione sismica orizzontale trasversale     |           | q6t    |          |          | 0.00    | 0.00    |

| AZIONI ALLA BASE DEL FUSTO |          |          |          |         |         |
|----------------------------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Combinazione di carico     | N (kN)   | MI (kNm) | Mt (kNm) | TI (kN) | Tt (kN) |
| U1a                        | 6475.01  | 70.17    | 126.91   | 9.07    | 33.79   |
| U1b                        | 8741.26  | 70.17    | 126.91   | 9.07    | 33.79   |
| U2a                        | 8156.01  | 70.17    | 3253.61  | 9.07    | 33.79   |
| U2b                        | 10422.26 | 70.17    | 3253.61  | 9.07    | 33.79   |
| U3a                        | 8716.35  | 70.17    | 4245.05  | 9.07    | 20.27   |
| U3b                        | 10982.60 | 70.17    | 4245.05  | 9.07    | 20.27   |
| U4a                        | 8156.01  | 70.17    | 3202.83  | 9.07    | 20.27   |
| U4b                        | 10422.26 | 70.17    | 3202.83  | 9.07    | 20.27   |
| U5a                        | 8156.01  | 70.17    | 3202.83  | 9.07    | 20.27   |
| U5b                        | 10422.26 | 70.17    | 3202.83  | 9.07    | 20.27   |
| U6a                        | 8156.01  | 116.95   | 3202.83  | 15.12   | 20.27   |
| U6b                        | 10422.26 | 116.95   | 3202.83  | 15.12   | 20.27   |
| S1                         | 6475.01  | 7543.48  | 1124.20  | 2011.59 | 299.79  |
| S2                         | 6475.01  | 2263.04  | 3747.33  | 603.48  | 999.29  |

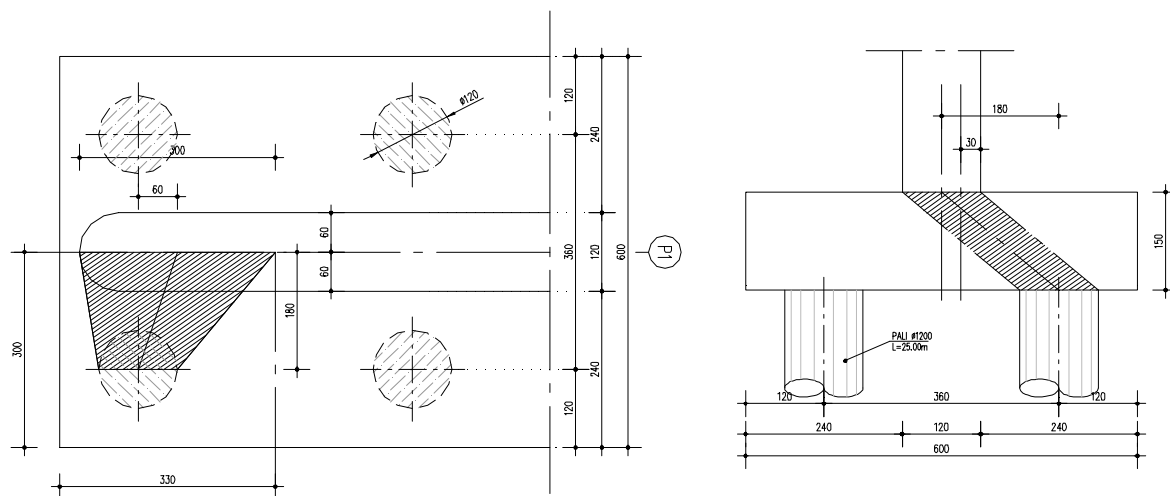
### 7.3.5.2 Sollecitazioni pulvino

La tipologia della pila in oggetto non presenta in sommità l'elemento strutturale "Pulvino"

### 7.3.5.3 Sollecitazioni platea

Per le geometrie presenti, la platea risulta comportarsi come un element tozzo. le sollecitazioni per la verifica sono quelle trasmesse dalla palificata decurtate del carico di afferenza soprastante (peso proprio platea e terreno imbarcato).

Per il palo di bordo (più gravoso) risulta:



$$A_f \text{ (area afferenza)} = 3.00 \times 3.30 = 9.90 \text{ m}^2$$

Peso plinto 445.5 kN

Peso Terreno 188.1 kN

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmax,aff (kN) |
|------------------------|-----------|---------------|
| U1a                    | 1425.21   | 791.61        |
| U1b                    | 1919.78   | 1286.18       |
| U2a                    | 1747.00   | 1113.40       |
| U2b                    | 2241.57   | 1607.97       |
| U3a                    | 1851.73   | 1218.13       |
| U3b                    | 2346.30   | 1712.70       |
| U4a                    | 1744.47   | 1110.87       |
| U4b                    | 2239.03   | 1605.43       |
| U5a                    | 1744.47   | 1110.87       |
| U5b                    | 2239.03   | 1605.43       |
| U6a                    | 1748.35   | 1114.75       |
| U6b                    | 2242.91   | 1609.31       |
| S1                     | 2202.65   | 1569.05       |
| S2                     | 1820.44   | 1186.84       |

### 7.3.5.4 Sollecitazioni palificata

#### ELENCO CARICHI ELEMENTARI AD INTRADOSSO FONDAZIONE

| Condizione elementare                              |           | <i>N (kN)</i> | <i>MI (kNm)</i> | <i>Mt (kNm)</i> | <i>TI (kN)</i> | <i>Tt (kN)</i> |        |
|--|-----------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|--------|
| Peso proprio elevazione pila                       | PILA      | g             | 3255.01         |                 |                |                |        |
| Peso fondazione (platea + terreno di ricoprimento) |           | g             | 4829.40         |                 |                |                |        |
| Vento su pila                                      |           | q5            |                 |                 | 118.13         |                | 22.50  |
| Urto di veicoli in svio                            |           | q9            |                 | 0.00            | 0.00           | 0.00           | 0.00   |
| Azioni aggiuntive                                  |           | q9            | 0.00            | 0.00            | 0.00           | 0.00           | 0.00   |
| Azioni sismiche long. alla base della fondaz.      |           | q6l           |                 | 10560.87        |                | 2011.59        |        |
| Azioni sismiche trasv. alla base della fondaz.     |           | q6t           |                 |                 | 5246.26        |                | 999.29 |
| Azioni aggiuntive                                  |           |               |                 |                 |                |                |        |
|  |           |               |                 |                 |                |                |        |
|  |           |               |                 |                 |                |                |        |
| Peso permanente                                    | IMPALCATO | g             | 3220.00         |                 |                |                |        |
| Distorsioni di progetto                            |           | e1            |                 |                 |                |                |        |
| Accidentali  |           | Q1            |                 |                 |                |                |        |
| Accidentali  |           | q1            | 1660.25         |                 | 3088.07        |                |        |
| Frenatura  |           | q3            |                 | 0.00            |                | 0.00           |        |
| Azione centrifuga                                  |           | q4            |                 |                 | 0.00           |                | 0.00   |
| Vento su impalcato carico                          |           | q5            |                 |                 | 0.03           |                | 0.00   |
| Vento su impalcato scarico                         |           | q5            |                 |                 | 1499.80        |                | 139.75 |
| Azione di attrito                                  |           | q7            |                 | 116.35          |                | 12.60          |        |
| Azione elastica                                    |           | q7            |                 | 0.00            |                | 0.00           |        |
| Azione sismica orizzontale longitudinale           | q6l       |               | 0.00            |                 | 0.00           |                |        |
| Azione sismica orizzontale trasversale             | q6t       |               |                 | 0.00            |                | 0.00           |        |

#### 7.3.5.4.1 Struttura pali

##### 1A) Stato limite ultimo; 5.2) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

| Combinazione di carico | <i>N (kN)</i> | <i>MI (kNm)</i> | <i>Mt (kNm)</i> | <i>TI (kN)</i> | <i>Tt (kN)</i> | <i>Qmax (kN)</i> | <i>Qmin (kN)</i> | <i>Qmed (kN)</i> | <i>Hmax (kN)</i> | <i>Mmax (kNm)</i> |
|------------------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| U1a                    | 11304.41      | 83.78           | 2426.88         | 9.07           | 243.38         | 1505.54          | 1320.56          | 1413.05          | 30.44            | 66.09             |
| U1b                    | 15260.95      | 83.78           | 2426.88         | 9.07           | 243.38         | 2000.11          | 1815.13          | 1907.62          | 30.44            | 66.09             |
| U2a                    | 12985.41      | 83.78           | 3303.90         | 9.07           | 33.75          | 1746.99          | 1499.36          | 1623.18          | 4.37             | 9.49              |
| U2b                    | 16941.95      | 83.78           | 3303.90         | 9.07           | 33.75          | 2241.56          | 1993.93          | 2117.74          | 4.37             | 9.49              |
| U3a                    | 13545.75      | 83.78           | 4275.23         | 9.07           | 20.25          | 1851.72          | 1534.71          | 1693.22          | 2.77             | 6.02              |
| U3b                    | 17502.29      | 83.78           | 4275.23         | 9.07           | 20.25          | 2346.29          | 2029.28          | 2187.79          | 2.77             | 6.02              |
| U4a                    | 12985.41      | 83.78           | 3233.00         | 9.07           | 20.25          | 1744.46          | 1501.89          | 1623.18          | 2.77             | 6.02              |
| U4b                    | 16941.95      | 83.78           | 3233.00         | 9.07           | 20.25          | 2239.03          | 1996.46          | 2117.74          | 2.77             | 6.02              |
| S1                     | 11304.41      | 10560.87        | 1573.88         | 2011.59        | 299.79         | 2202.65          | 623.45           | 1413.05          | 254.23           | 551.94            |
| S2                     | 11304.41      | 3168.26         | 5246.26         | 603.48         | 999.29         | 1820.44          | 1005.67          | 1413.05          | 145.92           | 316.81            |

7.3.5.4.2 Portanza pali

U) Stato limite ultimo

S) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

| Combinazione di carico | <i>N (kN)</i> | <i>MI (kNm)</i> | <i>Mt (kNm)</i> | <i>TI (kN)</i> | <i>Tt (kN)</i> | <i>Qmax (kN)</i> | <i>Qmin (kN)</i> | <i>Qmed (kN)</i> | <i>Hmax (kN)</i> | <i>Mmax (kNm)</i> |
|------------------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| U1                     | 11304.41      | 69.81           | 2103.30         | 7.56           | 210.93         | 1493.02          | 1333.09          | 1413.05          | 26.38            | 57.28             |
| U2                     | 12736.37      | 69.81           | 2817.06         | 7.56           | 29.25          | 1697.50          | 1486.59          | 1592.05          | 3.78             | 8.20              |
| U3                     | 13213.70      | 69.81           | 3643.44         | 7.56           | 17.55          | 1786.68          | 1516.74          | 1651.71          | 2.39             | 5.19              |
| U4                     | 12736.37      | 69.81           | 2755.62         | 7.56           | 17.55          | 1695.31          | 1488.78          | 1592.05          | 2.39             | 5.19              |
| U5                     | 12736.37      | 69.81           | 2755.62         | 7.56           | 17.55          | 1695.31          | 1488.78          | 1592.05          | 2.39             | 5.19              |
| U6                     | 12736.37      | 116.35          | 2755.62         | 12.60          | 17.55          | 1698.54          | 1485.55          | 1592.05          | 2.70             | 5.86              |
| S1                     | 11304.41      | 10560.87        | 1573.88         | 2011.59        | 299.79         | 2202.65          | 623.45           | 1413.05          | 254.23           | 551.94            |
| S2                     | 11304.41      | 3168.26         | 5246.26         | 603.48         | 999.29         | 1820.44          | 1005.67          | 1413.05          | 145.92           | 316.81            |

### 7.3.6 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

- 1) Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1R1):  $E_d \leq R_d$   
    Presso-Flessione  
    Taglio
- 2) Verifiche delle azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1): si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  e quelle dell'acciaio  $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$   
    Presso-Flessione  
    Taglio

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche degli elementi strutturali di cui sono state calcolate le sollecitazioni di verifica nei paragrafi precedenti.

Sono state condotte verifiche agli stati limite ultimi e verifiche in condizioni sismiche; nel caso in oggetto il ponte non è dotato di un sistema di vincolamento di isolamento sismico, per questo la struttura dovrà essere progettata in condizioni sismiche applicando le regole di gerarchia delle resistenze, come meglio specificato in altre parti della presente relazione. Nelle zone “non critiche” sono state eseguite verifiche tensionali tali da dimostrare che il materiale mantiene un comportamento di tipo sostanzialmente elastico anche quando è soggetto all'azione sismica allo stato limite ultimo.

Per ogni elemento strutturale si riporta la sollecitazione massima in una direzione con le restanti sollecitazioni associate:

- $N_{max}/N_{min}$  con M e T associate
- $M_{max}/M_{min}$  con N e T associate (sia in x, sia in y)
- $T_{max}/T_{min}$  con N e M associate

### 7.3.6.1 Fusto della pila

#### *Caratteristiche geometriche della sezione*

Sezione piena

Larghezza sezione in direzione trasversale: 1.20 m

Larghezza sezione in direzione longitudinale: 14.40 m

Armatura verticale:

1  $\phi$  20/20"

$$c = 50 + 16 + 20/2 = 76.0\text{mm}$$

Armatura orizzontale:

1  $\phi$  16/20"

$$c = 50 + 16/2 = 58.0\text{mm}$$

#### 7.3.6.1.1 Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A)

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" rientrino all'interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

Le verifiche a taglio vengono eseguite controllando che il taglio di progetto massimo sia inferiore rispetto al taglio ultimo della sezione.

#### Combinazione 1A) - Presso-Flessione deviata

Si effettua la verifica a Rottura

#### *Sollecitazioni Resistenti (M,N)*

| Piano | Soll. Minima | Def. Limite   | Soll. Massima | Def. Limite |
|-------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| N     | -300345.50   | -0.0035 (sez) | 18427.49      | 0.01 (arm)  |
| Mx    | -117059.40   | 0.01 (arm)    | 117061.30     | 0.01 (arm)  |
| My    | -9621.94     | 0.01 (arm)    | 9637.81       | 0.01 (arm)  |

#### *Sollecitazioni di progetto*

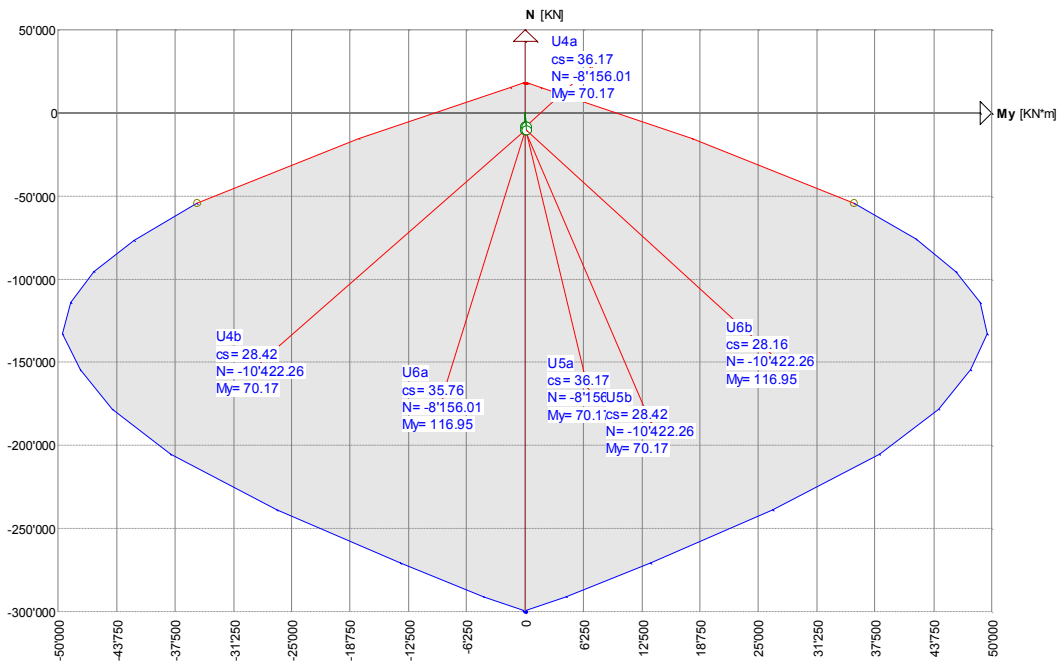
| Comb | Desc. | N         | Ecc. X | Ecc. Y | Mx      | My     |
|------|-------|-----------|--------|--------|---------|--------|
| 1    | U1a   | -6475.01  | 0.00   | 0.00   | 126.91  | 70.17  |
| 2    | U1b   | -8741.26  | 0.00   | 0.00   | 126.91  | 70.17  |
| 3    | U2a   | -8156.01  | 0.00   | 0.00   | 3253.61 | 70.17  |
| 4    | U2b   | -10422.26 | 0.00   | 0.00   | 3253.61 | 70.17  |
| 5    | U3a   | -8716.35  | 0.00   | 0.00   | 4245.05 | 70.17  |
| 6    | U3b   | -10982.60 | 0.00   | 0.00   | 4245.05 | 70.17  |
| 7    | U4a   | -8156.01  | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 70.17  |
| 8    | U4b   | -10422.26 | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 70.17  |
| 9    | U5a   | -8156.01  | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 70.17  |
| 10   | U5b   | -10422.26 | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 70.17  |
| 11   | U6a   | -8156.01  | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 116.95 |
| 12   | U6b   | -10422.26 | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 116.95 |

*Verifica*

| Comb | Coeff. di sicurezza | Mat. limitazione |
|------|---------------------|------------------|
| 1    | 45.3374             | sezione          |
| 2    | 33.7822             | sezione          |
| 3    | 34.2198             | sezione          |
| 4    | 27.2119             | sezione          |
| 5    | 31.5091             | sezione          |
| 6    | 25.4874             | sezione          |
| 7    | 34.2590             | sezione          |
| 8    | 27.2356             | sezione          |
| 9    | 34.2590             | sezione          |
| 10   | 27.2356             | sezione          |
| 11   | 34.1319             | sezione          |
| 12   | 27.1791             | sezione          |

*Dominio*

Mx costante= 3'202.83 [KN\*m]



La verifica risulta soddisfatta.

Combinazione 1a) - Taglio

Si effettua la verifica a taglio ultimo: le sollecitazioni massime di taglio (con Nmin associato) risultano:

| AZIONI ALLA BASE DEL FUSTO |         |         |         |
|----------------------------|---------|---------|---------|
| Combinazione di carico     | N (kN)  | Tl (kN) | Tt (kN) |
| U1a                        | 6475.01 | 9.07    | 33.79   |
| U6a                        | 8156.01 | 15.12   | 20.27   |

Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, per le sezioni non armate a taglio si ha:

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

A favore di sicurezza si trascura la componente di compressione

#### Verifica direzione longitudinale

|                  |         |                   |   |
|------------------|---------|-------------------|---|
| $V_{Ed}$         | 15.21   | kN                | taglio sollecitante   |
| $N_{Ed}$         | 0       | kN                | sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio) |
| CLS              | C32/40  |                   |   |
| $f_{ck}$         | 33.2    | N/mm <sup>2</sup> |   |
| $\gamma_c$       | 1.5     |                   |   |
| $f_{cd}$         | 18.8    |                   |   |
| $b_w$            | 14400   | mm                | larghezza della sezione resistente                                |
| $h$              | 1200    | mm                |   |
| $d$              | 1120    | mm                | altezza utile della sezione resistente                            |
| $A_{sl} = 71d20$ | 222.94  | mm <sup>2</sup>   | sola armatura tesa ? Si   |
| $\rho_l$         | 0.000   |                   | <0.02   |
| $\sigma_{cp}$    | 0.0     | N/mm <sup>2</sup> | <0.2fcd   |
| $k$              | 1.4226  |                   | <2  |
| $v_{min}$        | 0.3422  |                   | <input type="checkbox"/>  |
|                  | 985.72  | kN                |   |
|                  | 5518.63 | kN                |   |
| $V_{rd}$         | 5518.63 | kN                | <b>Verificata</b>   |

La verifica risulta soddisfatta.



**Verifica direzione trasversale**

|                 |                |                   |   |
|-----------------|----------------|-------------------|---|
| $V_{Ed}$        | <b>33.79</b>   | kN                | taglio sollecitante   |
| $N_{Ed}$        | 0              | kN                | sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio) |
| CLS             | C32/40         |                   |   |
| $f_{ck}$        | 33.2           | N/mm <sup>2</sup> |   |
| $\gamma_c$      | 1.5            |                   |   |
| $f_{cd}$        | 18.8           |                   |   |
| $b_w$           | 1200           | mm                | larghezza della sezione resistente                                |
| $h$             | 14400          | mm                |   |
| $d$             | 14320          | mm                | altezza utile della sezione resistente                            |
| $A_{sI} = 5D20$ | 15.7           | mm <sup>2</sup>   | sola armatura tesa ? Si   |
| $\rho_l$        | 0.000          |                   | <0.02   |
| $\sigma_{cp}$   | 0.0            | N/mm <sup>2</sup> | <0.2 $f_{cd}$   |
| $k$             | 1.1182         |                   | <2  |
| $V_{min}$       | 0.2385         |                   | <input type="checkbox"/>  |
|                 | 333.78         | kN                |   |
|                 | 4097.59        | kN                |   |
| $V_{rd}$        | <b>4097.59</b> | kN                | <b>Verificata</b>   |

La verifica risulta soddisfatta.

7.3.6.1.2 Verifiche in condizioni sismiche

Assecondando il criterio di gerarchia delle resistenze, si effettua la verifica tensionale del fusto, facendo rimanere la sezione in campo elastico.

Le verifiche a taglio vengono eseguite controllando che il taglio di progetto massimo sia inferiore rispetto al taglio ultimo della sezione.

Combinazione 5.1) - Presso-Flessione deviata

*Sollecitazioni di progetto*

| N Comb. | N        | Ecc. X | Ecc. Y | Mx      | My      |
|---------|----------|--------|--------|---------|---------|
| 1       | -6475.01 | 0.00   | 0.00   | 1124.20 | 7543.48 |
| 2       | -6475.01 | 0.00   | 0.00   | 3747.33 | 2263.04 |

*Verifica*

| comb. | $\sigma$ max | $\sigma$ min | $\sigma$ s max | $\sigma$ s min |
|-------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| 1     | -4.68        | 0.00         | 187.60         | -46.96         |
| 2     | -1.19        | 0.00         | 7.37           | -15.83         |

La verifica risulta soddisfatta.

Combinazione 5.1) – Taglio

La sollecitazione massima risulta

| AZIONI ALLA BASE DEL FUSTO |         |         |         |
|----------------------------|---------|---------|---------|
| Combinazione di carico     | N (kN)  | Tl (kN) | Tt (kN) |
| S1                         | 6475.01 | 2011.59 | 299.79  |
| S2                         | 6475.01 | 603.48  | 999.29  |

Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, per le sezioni non armate a taglio si ha:

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Verifica direzione longitudinale

|                  |                |                   |   |
|------------------|----------------|-------------------|---|
| $V_{Ed}$         | <b>2011.69</b> | kN                | taglio sollecitante   |
| $N_{Ed}$         | 0              | kN                | sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio) |
| CLS              | C32/40         |                   |   |
| $f_{ck}$         | 33.2           | N/mm <sup>2</sup> |   |
| $\gamma_c$       | 1.5            |                   |   |
| $f_{cd}$         | 18.8           |                   |   |
| $b_w$            | 14400          | mm                | larghezza della sezione resistente                                |
| $h$              | 1200           | mm                |   |
| $d$              | 1120           | mm                | altezza utile della sezione resistente                            |
| $A_{sl} = 71d20$ | 222.94         | mm <sup>2</sup>   | sola armatura tesa ? Si   |
| $\rho_l$         | 0.000          |                   | <0.02   |
| $\sigma_{cp}$    | 0.0            | N/mm <sup>2</sup> | <0.2fcd   |
| $k$              | 1.4226         |                   | <2  |
| $v_{min}$        | 0.3422         |                   | □   |
|                  | 985.72         | kN                |   |
|                  | 5518.63        | kN                |   |
| $V_{Rd}$         | <b>4414.90</b> | kN                | <b>Verificata</b>   |

Verifica direzione trasversale

|          |               |                   |   |
|----------|---------------|-------------------|---|
| $V_{Ed}$ | <b>999.29</b> | kN                | taglio sollecitante   |
| $N_{Ed}$ | 0             | kN                | sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio) |
| CLS      | C32/40        |                   |   |
| $f_{ck}$ | 33.2          | N/mm <sup>2</sup> |   |

|                 |                |                   |  |
|-----------------|----------------|-------------------|--|
| $\gamma_c =$    | 1.5            |                   |  |
| $f_{cd}$        | 18.8           |                   |  |
| $b_w$           | 1200           | mm                | larghezza della sezione resistente     |
| $h$             | 14400          | mm                |  |
| $d$             | 14320          | mm                | altezza utile della sezione resistente |
| $A_{sl} = 5D20$ | 15.7           | mm <sup>2</sup>   | sola armatura tesa ? Si                |
| $\rho_l$        | 0.000          |                   | <0.02                                  |
| $\sigma_{cp}$   | 0.0            | N/mm <sup>2</sup> | <0.2fcd                                |
| $k$             | 1.1182         |                   | <2                                     |
| $V_{min}$       | 0.2385         |                   | <input type="checkbox"/>               |
|                 | 333.78         | kN                |  |
|                 | 4097.59        | kN                |  |
| $V_{rd}$        | <b>3278.07</b> | kN                | <b>Verificata</b>                      |

### 7.3.6.2 VERIFICHE DEL PULVINO

La tipologia della pila in oggetto non presenta in sommità l'elemento strutturale "Pulvino".

### 7.3.6.3 PLATEA DI FONDAZIONE

In riferimento ai dati riportati nel paragrafo relativo le sollecitazioni platea, si riportano le verifiche relative.

La sollecitazione massima risulta

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmax,aff (kN) |
|------------------------|-----------|---------------|
| U6b                    | 2242.91   | 1609.31       |
| S1                     | 2202.65   | 1569.05       |

#### *Caratteristiche geometriche della sezione*

Altezza sezione: 1.80 m

2-2) Armatura direzione longitudinale

*Estradosso*

1  $\phi$  16/20"

$$c = 50 + 16 + 1.6/2 = 74.0\text{mm}$$

1-1) Armatura direzione trasversale

*Estradosso*

1  $\phi$  16/20"

$$c = 50 + 16/2 = 58.0\text{mm}$$

*Intradosso*

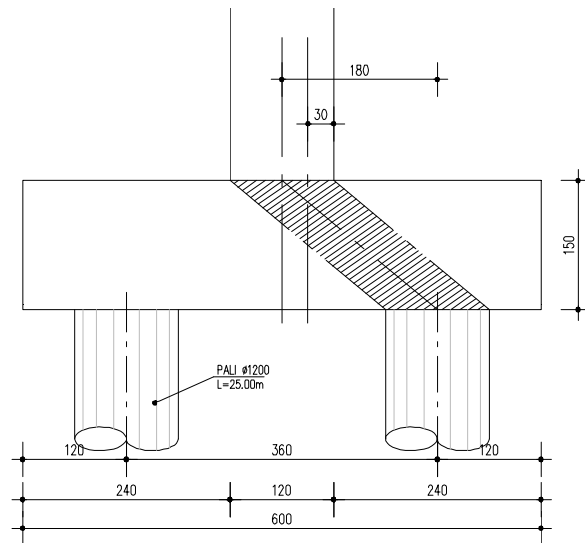
1  $\phi$  20/20" + 1  $\phi$  20/40"

$$c = 50 + 25 + 25/2 = 87.5\text{mm}$$

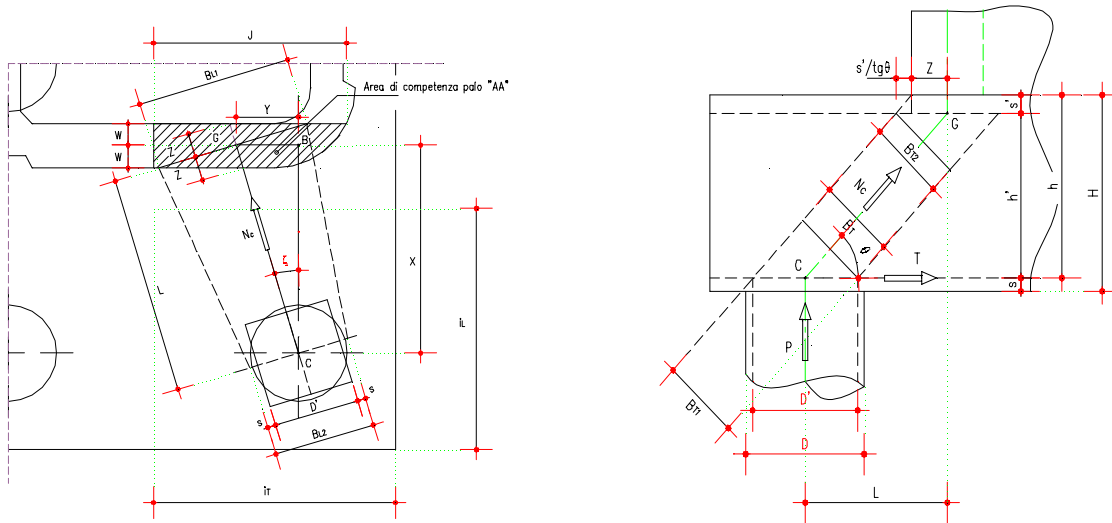
*Intradosso*

1  $\phi$  20/20"

$$c = 50 + 25/2 = 62.5\text{mm}$$



Per le caratteristiche geometriche della sezione in oggetto si imposta la verifica come “sezione Tozza”: si individua quindi la biella compressa che dal centro del palo si attesta ad  $\frac{1}{4}$  della sezione del fusto, secondo lo schema riportato nel grafico seguente.



### Verifica plinto di fondazione con il "metodo delle bielle"

**Pila P1: Palo di bordo tipo "A"**

#### Dati geometrici

|  |                                |        |        |
|--|--------------------------------|--------|--------|
| Distanza trasversale baricentro G dell' area "AA" di competenza palo / palo:     | Y =                            | 0.600  | [ m ]  |
| Distanza longitudinale baricentro "G" dell' area "AA" di competenza palo / palo: | X =                            | 1.800  | [ m ]  |
| Larghezza area "AA":   | J =                            | 3.000  | [ m ]  |
| Angolo tra la direzione longitudinale e quella della biella tesa:                | $\zeta = \arctg ( Y / X ) =$   | 18.435 | [ ° ]  |
| Distanza palo / baricentro G:  | $L = X / \cos \zeta =$         | 1.897  | [ m ]  |
| Distanza longitudinale baricentro G / bordo area "AA":                           | W =                            | 0.600  | [ m ]  |
| Distanza, lungo la direzione della biella tesa, baricentro G / bordo area "AA":  | $Z = W / \cos \zeta =$         | 0.632  | [ m ]  |
| Diametro palo:   | D =                            | 1.20   | [ m ]  |
| Lato sezione quadrata equivalente:   | $D' = D / 2 * \sqrt{\pi} =$    | 1.06   | [ m ]  |
| Spessore plinto di fondazione:   | H =                            | 1.50   | [ m ]  |
| Copriferro baricentro armatura tesa:   | s =                            | 10     | [ cm ] |
| Altezza utile plinto:  | h = H - s =                    | 1.40   | [ m ]  |
| Braccio del tirante:   | h' = 0.85 * h =                | 1.19   | [ m ]  |
| Altezza utile plinto - braccio del tirante:                                      | s' = h - h' = 0.15 * h =       | 0.21   | [ m ]  |
| Angolo di inclinazione della direzione del puntone rispetto all'orizzontale:     | $\theta = \arctg ( h' / L ) =$ | 32.10  | [ ° ]  |

#### Area sezione biella compressa

|  |  |       |       |
|--|--|-------|-------|
| Base in direzione trasversale: $B_T = \min [ B_{T1}; B_{T2} ]$                             |  | 0.565 | [ m ] |
| con:   |  |       |       |
| $B_{T1} = D' * \sin \theta =$  |  | 0.565 | [ m ] |
| $B_{T2} = 2 * (Z + s' / \tan \theta) * \sin \theta =$                                      |  | 1.028 | [ m ] |
| Base in direzione longitudinale: $B_L = \min [ B_{L1}; B_{L2} ]$                           |  | 1.263 | [ m ] |
| con:   |  |       |       |
| $B_{L1} = 2 * Z / \tan \zeta, \text{ se } \zeta \neq 0; B_{L1} = J, \text{ se } \zeta = 0$ |  | 3.795 | [ m ] |
| $B_{L2} = D' + 2 * s =$  |  | 1.263 | [ m ] |

#### Armatura

|   |  |        |                     |
|---|--|--------|---------------------|
| Larghezza di influenza in direzione trasversale: $i_T =$                                |  | 3.300  | [ m ]               |
| Armatura in direzione longitudinale: $A_{aL} = (1\phi_{20}/20 + 1\phi_{20}/40) * i_T =$ |  | 77.715 | [ cm <sup>2</sup> ] |
| Larghezza di influenza in direzione longitudinale: $i_L =$                              |  | 3.000  | [ m ]               |
| Armatura in direzione trasversale: $A_{aT} = (1\phi_{20}/20) * i_L =$                   |  | 47.1   | [ cm <sup>2</sup> ] |

#### 7.3.6.3.1 Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A)

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" siano inferiori ai valori di rottura indicati dalla normativa.

**b) Condizioni di esercizio**

|  |  |         |                       |
|--|--|---------|-----------------------|
| Carico sul palo: $P =$   |  | 1609.31 | [ kN ]                |
| Compressione nel puntone: $N_{ce} = P / \sin\theta =$  |  | 3028.84 | [ kN ]                |
| Tiro nella biella tesa: $T_e = N_{ce} * \cos\theta =$  |  | 2565.93 | [ kN ]                |
| Tiro longitudinale: $T_{Le} = T_e * \cos\zeta =$   |  | 2434.25 | [ kN ]                |
| Tiro trasversale: $T_{Te} = T_e * \sin\zeta =$   |  | 811.42  | [ kN ]                |
| <b>Verifica armatura biella tesa</b>   |  |         |                       |
| In direzione longitudinale: $\sigma_{ae} = T_{Le} / A_{aL} =$                                  |  | 313.23  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{amm\_Le} =$   |  | 360.00  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| In direzione trasversale: $\sigma_{ae} = T_{Te} / A_{aT} =$                                    |  | 172.28  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{amm\_Te} =$   |  | 360.00  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| <b>Verifica a compressione del puntone [ <math>N_c = \max(N_{cs}, N_{ce}, N_{cr})</math> ]</b> |  |         |                       |
| $\sigma_c = N_c / (B_T * B_L) =$   |  | 4.24    | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{c\_amm} =$  |  | 15.00   | [ N/mm <sup>2</sup> ] |

La verifica risulta soddisfatta.

7.3.6.3.2 Verifiche in condizioni sismiche

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" siano inferiori allo stato limite tensionale indicato dalla normativa per la condizione rara (resistenza a compressione della biella compressa, resistenza a trazione dell'armatura tesa).

S effettua la verifica in campo elastico come prescritto dalla normativa

**a) Condizioni sismiche**

|  |  |         |                       |
|--|--|---------|-----------------------|
| Carico sul palo: $P =$   |  | 1569.05 | [ kN ]                |
| Compressione nel puntone: $N_{cs} = P / \sin\theta =$  |  | 2953.06 | [ kN ]                |
| Tiro nella biella tesa: $T_s = N_{cs} * \cos\theta =$  |  | 2501.73 | [ kN ]                |
| Tiro longitudinale: $T_{Ls} = T_s * \cos\zeta =$   |  | 2373.35 | [ kN ]                |
| Tiro trasversale: $T_{Ts} = T_s * \sin\zeta =$   |  | 791.12  | [ kN ]                |
| <b>Verifica armatura biella tesa</b>   |  |         |                       |
| In direzione longitudinale: $\sigma_{as} = T_{Ls} / A_{aL} =$                                  |  | 305.39  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{amm\_Ls} =$   |  | 360.00  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| In direzione trasversale: $\sigma_{as} = T_{Ts} / A_{aT} =$                                    |  | 167.97  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{amm\_Ts} =$   |  | 360.00  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| <b>Verifica a compressione del puntone [ <math>N_c = \max(N_{cs}, N_{ce}, N_{cr})</math> ]</b> |  |         |                       |
| $\sigma_c = N_c / (B_T * B_L) =$   |  | 4.24    | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{c\_amm} =$  |  | 15.00   | [ N/mm <sup>2</sup> ] |

Tali tensioni sono minori rispetto a quelle di limite elastico dunque la verifica è soddisfatta.

7.3.6.3.3 Verifica di punzonamento della platea

Si esegue la verifica di punzonamento della platea per effetto dell'azione assiale ultima trasmessa dal palo più sollecitato.

La forza resistente al punzonamento è pari a:

$$F_d = 0.5 * u * h * f_{ctd}$$

Il termine “u” è il perimetro ottenuto dal contorno effettivo del palo mediante una ripartizione a 45° fino al piano medio della platea.

La sollecitazione massima trasmessa è in condizione sismiche

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmax,aff (kN) |
|------------------------|-----------|---------------|
| U6b                    | 2242.91   | 1609.31       |

| VERIFICA A<br>PUNZONAMENTO |         |                   |
|----------------------------|---------|-------------------|
| N <sub>sdu</sub>           | 1609.31 | kN                |
|                            |         |                   |
| R <sub>ck</sub>            | 30      | N/mm <sup>2</sup> |
| f <sub>yk</sub>            | 450     | N/mm <sup>2</sup> |
| f <sub>cd</sub>            | 14.11   | N/mm <sup>2</sup> |
| f <sub>ctd</sub>           | 1.19    | N/mm <sup>2</sup> |
| f <sub>yd</sub>            | 391.30  | N/mm <sup>2</sup> |
|                            |         |                   |
| h                          | 150.00  | cm                |
| u                          | 847.80  | cm                |
| <input type="checkbox"/>   |         |                   |
| F <sub>Ru</sub>            | 7590.71 | kN                |
| <b>SEZIONE VERIFICATA</b>  |         |                   |

### 7.3.7 VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE

#### 7.3.7.1 Verifica strutturale dei pali

I pali sono soggetti ad un'azione di sforzo normale ed ad un'azione tagliante necessaria ad equilibrare le spinte.

Per valutare le caratteristiche di sollecitazione nel palo, relative all'azione tagliante applicata in sommità, si segue l'ipotesi di Winkler, assumendo il coefficiente  $k = 0.030\text{N/mm}^3$  (valore plausibile per i terreni attraversati) ed ipotizzando che la pur debole coesione degli strati superficiali consenta una risposta 'elastica anche alle quote più alte ove il carico di terra è modesto.

#### Verifiche in condizioni di esercizio

1A) Dominio di rottura

#### Verifiche in condizioni sismiche

5.2) Verifica tensionale

#### 7.3.7.1.1 Caratteristiche geometriche dei pali

|                            |          |                      |                                   |  |
|----------------------------|----------|----------------------|-----------------------------------|--|
| Diametro palo              | $\phi_p$ | = 1200 mm            |                                   |  |
| Area palo                  | $A_p$    | = $\pi * \phi_p^2/4$ | 11310 cm <sup>2</sup>             |  |
| Armatura corrente del palo | $A_a$    | = 16 $\phi$ 25=      | 78.5 cm <sup>2</sup> > 0.3% $A_p$ |  |
| Copriferro                 | c        | = 82 mm              |                                   |  |
| Lunghezza palo             | L        | = 20.00 m            |                                   |  |

#### 7.3.7.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A)

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" rientrino all'interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

Le verifiche a taglio vengono eseguite controllando che il taglio di progetto massimo sia inferiore rispetto al taglio ultimo della sezione.

#### Combinazione 1A) - Presso-Flessione deviata

Si effettua la verifica a Rottura

#### *Sollecitazioni Resistenti (M,N)*

| Piano | Soll. Minima | Def. Limite   | Soll. Massima | Def. Limite |
|-------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| N     | -16888.22    | -0.0035 (sez) | 1966.91       | 0.01 (arm)  |
| Mx    | -908.05      | 0.01 (arm)    | 908.05        | 0.01 (arm)  |



|    |         |            |        |            |
|----|---------|------------|--------|------------|
| My | -908.27 | 0.01 (arm) | 908.27 | 0.01 (arm) |
|----|---------|------------|--------|------------|

*Sollecitazioni di progetto*

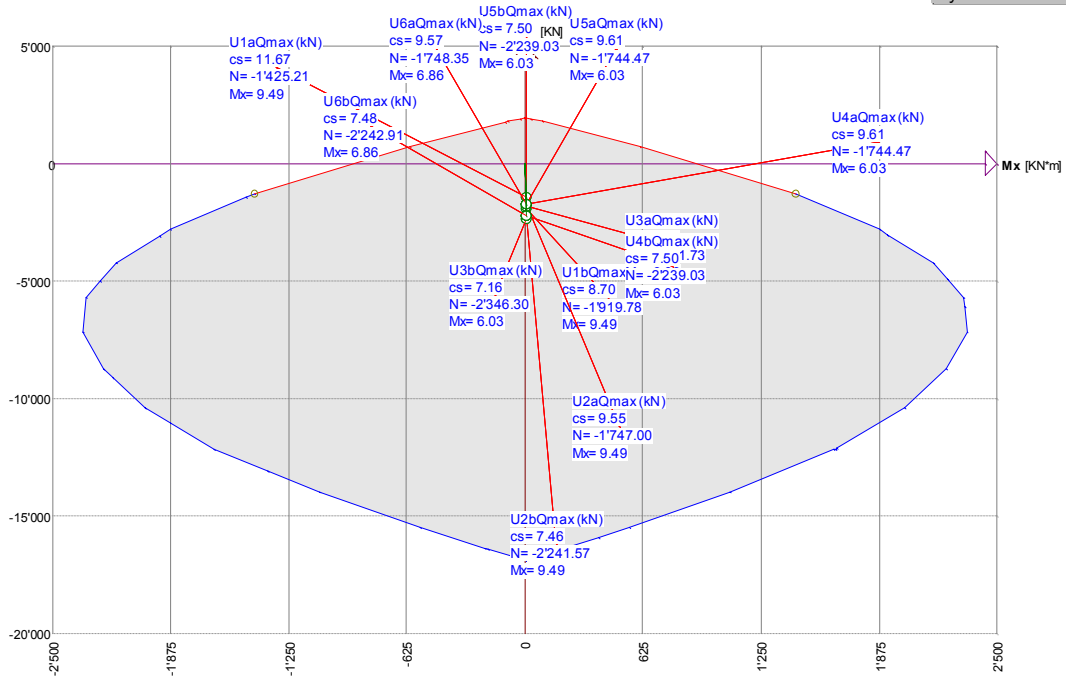
| Comb | Desc.        | N        | Ecc. X | Ecc. Y | Mx   | My   |
|------|--------------|----------|--------|--------|------|------|
| 1    | U1aQmax (kN) | -1425.21 | 0.00   | 0.00   | 9.49 | 0.00 |
| 2    | U1bQmax (kN) | -1919.78 | 0.00   | 0.00   | 9.49 | 0.00 |
| 3    | U2aQmax (kN) | -1747.00 | 0.00   | 0.00   | 9.49 | 0.00 |
| 4    | U2bQmax (kN) | -2241.57 | 0.00   | 0.00   | 9.49 | 0.00 |
| 5    | U3aQmax (kN) | -1851.73 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 6    | U3bQmax (kN) | -2346.30 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 7    | U4aQmax (kN) | -1744.47 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 8    | U4bQmax (kN) | -2239.03 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 9    | U5aQmax (kN) | -1744.47 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 10   | U5bQmax (kN) | -2239.03 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 11   | U6aQmax (kN) | -1748.35 | 0.00   | 0.00   | 6.86 | 0.00 |
| 12   | U6bQmax (kN) | -2242.91 | 0.00   | 0.00   | 6.86 | 0.00 |
| 1    | U1aQmin (kN) | -1400.89 | 0.00   | 0.00   | 9.49 | 0.00 |
| 2    | U1bQmin (kN) | -1895.46 | 0.00   | 0.00   | 9.49 | 0.00 |
| 3    | U2aQmin (kN) | -1499.35 | 0.00   | 0.00   | 9.49 | 0.00 |
| 4    | U2bQmin (kN) | -1993.92 | 0.00   | 0.00   | 9.49 | 0.00 |
| 5    | U3aQmin (kN) | -1534.71 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 6    | U3bQmin (kN) | -2029.27 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 7    | U4aQmin (kN) | -1501.89 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 8    | U4bQmin (kN) | -1996.45 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 9    | U5aQmin (kN) | -1501.89 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 10   | U5bQmin (kN) | -1996.45 | 0.00   | 0.00   | 6.03 | 0.00 |
| 11   | U6aQmin (kN) | -1498.01 | 0.00   | 0.00   | 6.86 | 0.00 |
| 12   | U6bQmin (kN) | -1992.58 | 0.00   | 0.00   | 6.86 | 0.00 |

*Verifica*

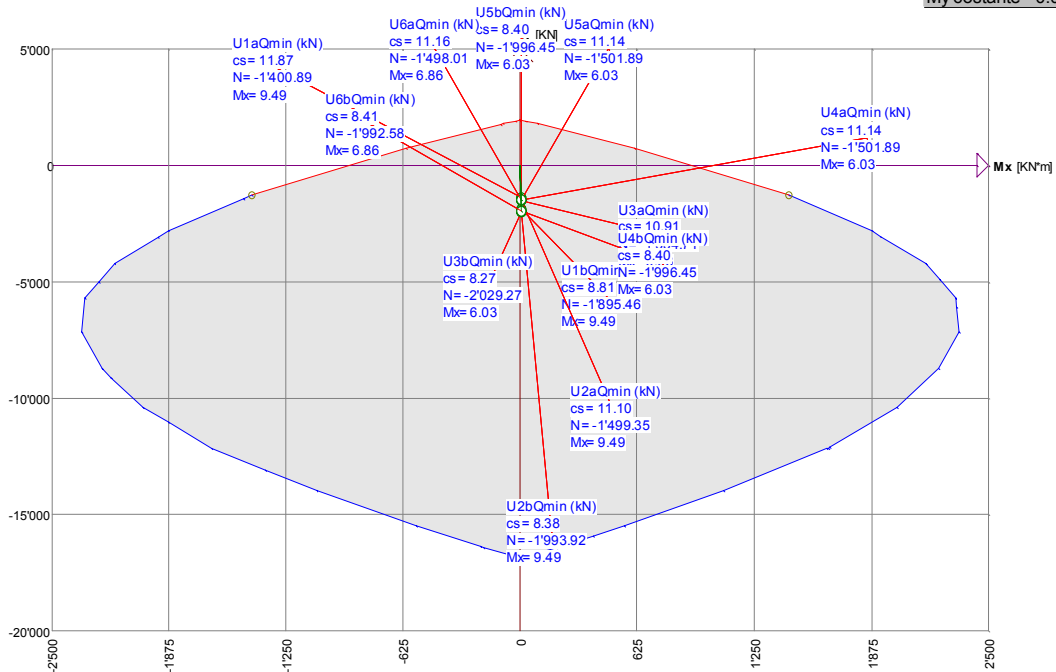
| Comb | Coeff. di sicurezza | Mat. limitazione |
|------|---------------------|------------------|
| 1    | 11.6723             | sezione          |
| 2    | 8.6995              | sezione          |
| 3    | 9.5491              | sezione          |
| 4    | 7.4628              | sezione          |
| 5    | 9.0543              | sezione          |
| 6    | 7.1571              | sezione          |
| 7    | 9.6065              | sezione          |
| 8    | 7.4978              | sezione          |
| 9    | 9.6065              | sezione          |
| 10   | 7.4978              | sezione          |
| 11   | 9.5749              | sezione          |
| 12   | 7.4785              | sezione          |
| 1    | 11.8718             | sezione          |
| 2    | 8.8098              | sezione          |
| 3    | 11.1035             | sezione          |
| 4    | 8.3795              | sezione          |
| 5    | 10.9076             | sezione          |
| 6    | 8.2675              | sezione          |
| 7    | 11.1438             | sezione          |
| 8    | 8.4025              | sezione          |
| 9    | 11.1438             | sezione          |
| 10   | 8.4025              | sezione          |
| 11   | 11.1582             | sezione          |
| 12   | 8.4106              | sezione          |

Dominio

My costante= 0.00 [KN\*m]



My costante= 0.00 [KN\*m]



La verifica risulta soddisfatta.

Combinazione 1A) - Taglio

Si effettua la verifica a taglio ultimo: le sollecitazioni massime di taglio (con Nmin associato) risultano:

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmin (kN) | Hmax (kN) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| UIa                    | 1505.54   | 1320.56   | 30.44     |
| UIb                    | 2000.11   | 1815.13   | 30.44     |

|                             |   |          |    |   |
|-----------------------------|---|----------|----|---|
| $V_{rd}$                    | = | 828.20   | kN | Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio |
| $V_{ed}$                    | = | 30.44    | kN | Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente                                   |
| $V_{rsd}$                   | = | 828.20   | kN | Resistenza di calcolo a "taglio trazione"   |
| $V_{rcd}$                   | = | 2825.21  | kN | Resistenza di calcolo a "taglio compressione"                                     |
| $N_{ed}$                    | = | -1320.46 | kN | Valore di calcolo dello sforzo normale (negativo se di compressione)              |
| sezione verificata a taglio |   |          |    |   |

|          |   |        |    |   |
|----------|---|--------|----|---|
| $\theta$ | = | 30.00  | °  | Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave |
| $b_w$    | = | 108.00 | cm | Larghezza utile della sezione                             |
| $d$      | = | 86.48  | cm | Altezza utile della sezione                               |

|               |   |     |                   |   |
|---------------|---|-----|-------------------|---|
| $\phi_{staf}$ | = | 10  | mm                | Diametro staffe   |
| $A_{sw}$      | = | 157 | mm <sup>2</sup>   | Area armatura trasversale   |
| s             | = | 10  | cm                | Interasse tra due armature trasversali consecutive                            |
| $\alpha$      | = | 90  | °                 | angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave |
| $f_{yk}$      | = | 450 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe                |

### 7.3.7.1.3 Verifiche in condizioni sismiche

Dovendo sottostare alle condizioni di gerarchia delle resistenze, e come prescritto dalla Normativa nel capitolo § 7.2.5 (requisiti strutturali degli elementi di fondazione), è da evitare la formazione di cerniere plastiche nei pali di fondazione. Qualora non fosse possibile escluderne la formazione, le corrispondenti sezioni devono essere progettate per un comportamento duttile e opportunamente confinate. L'armatura perimetrale di confinamento dei pali di fondazione, di diametro non inferiore a 8 mm, deve essere costituita da spirale continua per tutti i tratti interessati da potenziali cerniere plastiche. In tali tratti, assunti di dimensione almeno pari a 3 volte il diametro, e comunque per uno sviluppo, a partire dalla testa del palo, di almeno 10 diametri, l'armatura longitudinale deve avere area non inferiore all'1% di quella del calcestruzzo. Si effettuano quindi le verifiche tensionali.

### Combinazione 5.2) - Presso-Flessione deviata

#### Sollecitazioni

| N Comb. | N        | Ecc. X | Ecc. Y | Mx     | My   |
|---------|----------|--------|--------|--------|------|
| 1       | -2202.65 | 0.00   | 0.00   | 551.94 | 0.00 |
| 2       | -1820.44 | 0.00   | 0.00   | 316.81 | 0.00 |
| 3       | -623.45  | 0.00   | 0.00   | 551.94 | 0.00 |
| 4       | -1005.67 | 0.00   | 0.00   | 316.81 | 0.00 |

Tensioni massime nei materiali :

| comb. | $\sigma$ max | $\sigma$ min | $\sigma$ s max | $\sigma$ s min |
|-------|--------------|--------------|----------------|----------------|
|       |              |              |                |                |

|   |       |      |        |        |
|---|-------|------|--------|--------|
| 1 | -5.06 | 0.00 | 16.91  | -68.25 |
| 2 | -3.23 | 0.00 | -0.82  | -44.50 |
| 3 | -6.69 | 0.00 | 182.30 | -76.89 |
| 4 | -2.92 | 0.00 | 19.86  | -38.48 |

Combinazione 5.2) – Taglio

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmin (kN) | Hmax (kN) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| S1                     | 2202.65   | 623.45    | 254.23    |
| S2                     | 1820.44   | 1005.67   | 145.92    |

|                             |   |         |    |  |
|-----------------------------|---|---------|----|--|
| $V_{rd}$                    | = | 956.39  | kN | Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio/1.25 |
| $V_{ed}$                    | = | 254.23  | kN | Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente  |
| $V_{rsd}$                   | = | 1195.48 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio trazione"  |
| $V_{rcd}$                   | = | 2141.57 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio compressione"  |
| $N_{ed}$                    | = | -623.45 | kN | Valore di calcolo dello sforzo normale (negativo se di compressione)                   |
| sezione verificata a taglio |   |         |    |  |

|          |   |        |    |   |
|----------|---|--------|----|---|
| $\theta$ | = | 21.80  | °  | Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave |
| $b_w$    | = | 108.00 | cm | Larghezza utile della sezione                             |
| $d$      | = | 86.48  | cm | Altezza utile della sezione                               |

|               |   |     |                   |   |
|---------------|---|-----|-------------------|---|
| $\phi_{staf}$ | = | 10  | mm                | Diametro staffe   |
| $A_{sw}$      | = | 157 | mm <sup>2</sup>   | Area armatura trasversale   |
| s             | = | 10  | cm                | Interasse tra due armature trasversali consecutive                            |
| $\alpha$      | = | 90  | °                 | angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave |
| $f_{yk}$      | = | 450 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe                |

La verifica risulta soddisfatta.

## 7.4 PILA P2

La pila P2 è sede di due tipologie di appoggi diversificati, n.4 relativi alla campata a via di corsa superiore (P2a, travi in acciaio e soletta collaborante) e n.2 relativi alla campata ad arco (P2b). Si sono quindi implementate le “quote-parte” dei contributi separati delle campate e opportunamente combinate.

### 7.4.1 ELENCO DATI

I dati relative alla pila P2b sono stati adattati in modo tale che il contributo relativo alla pila ed alla platea venga considerate solo 1 volta (tali dati sono evidenziati con (\*)).

#### 7.4.1.1 Dati generali dell'impalcato

Di seguito si elencano i dati relativi all'impalcato utilizzati per il calcolo delle azioni verticali e orizzontali trasmesse alla pila.

#### P2a

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Larghezza carreggiata                                       | 8.56 m                   |
| Larghezza pavimentazione                                    | 8.56 m                   |
| Larghezza cordolo 1   | 1.30 m                   |
| Larghezza cordolo 2   | 1.30 m                   |
| Spessore medio soletta                                      | 0.30 m                   |
| Spessore massimo soletta                                    | 0.30 m                   |
| Spessore minimo soletta                                     | 0.30 m                   |
| Spessore pavimentazione                                     | 0.07 m                   |
| Pendenza trasversale  | 0.28 m                   |
| Spessore medio cordoli                                      | 0.12 m                   |
| Altezza travi   | 1.10 m                   |
| Peso travi in acciaio                                       | 3.00 kN/m <sup>2</sup>   |
| Altezza baggioli  | 0.43 m                   |
| Altezza appoggi   | 0.15 m                   |
| Interasse pile minimo                                       | 16.00 m                  |
| Lunghezza di afferenza alla pila                            | 6.00 m                   |
| Lunghezza totale impalcato                                  | 32.00 m                  |
| Peso pavimentazione   | 3.00 kN/m <sup>2</sup>   |
| Peso della singola barriera                                 | 2.00 kN/m                |
| Pesi permanenti aggiuntivi                                  | 1.00 kN/m                |
| Reazione 1° colonna di carico imposto                       | 104.78 kN                |
| Larghezza colonna folla su cordolo 1                        | 0.75 m                   |
| Larghezza colonna folla su cordolo 2                        | 0.75 m                   |
| Eccentricità carichi accidentali imposta                    | 2.16 m                   |
| Numero dei dispositivi di appoggio                          | 2.00                     |
| Somma delle rigidezze di tutti i dispositivi sulla pila     | 3680.00 kN/m             |
| Somma delle rigidezze di tutti i dispositivi dell'impalcato | 7360.00 kN/m             |
| Superficie esposta al vento ponte scarico imposta           | 48.00 m <sup>2</sup>     |
| Superficie esposta al vento ponte carico imposta            | 70.40 m <sup>2</sup>     |
| Coefficiente di attrito                                     | 6.00 %                   |
| Coefficiente di dilazione termica                           | 0.00001 °C <sup>-1</sup> |
| Variazione termica per calcolo azione elastica              | 30.00 °C                 |
| Distanza della pila dal baricentro delle rigidezze          | 16.00 m                  |

**P2b**

|   |                          |
|---|--------------------------|
| Larghezza carreggiata                                       | 8.56 m                   |
| Larghezza pavimentazione                                    | 8.56 m                   |
| Larghezza cordolo 1   | 1.30 m                   |
| Larghezza cordolo 2   | 1.30 m                   |
| Spessore medio soletta                                      | 0.10 m                   |
| Spessore massimo soletta                                    | 0.10 m                   |
| Spessore minimo soletta                                     | 0.10 m                   |
| Spessore pavimentazione                                     | 0.07 m                   |
| Pendenza trasversale  | 0.28 m                   |
| Spessore medio cordoli                                      | 0.12 m                   |
| Altezza travi   | 1.43 m                   |
| Peso travi in acciaio                                       | 5.93 kN/m <sup>2</sup>   |
| Altezza baggioli  | 0.37 m                   |
| Altezza appoggi   | 0.27 m                   |
| Interasse pile minimo                                       | 62.60 m                  |
| Lunghezza di afferenza alla pila                            | 30.80 m                  |
| Lunghezza totale impalcato                                  | 61.60 m                  |
| Peso pavimentazione   | 3.00 kN/m <sup>2</sup>   |
| Peso della singola barriera                                 | 2.00 kN/m                |
| Pesi permanenti aggiuntivi                                  | 1.00 kN/m                |
| Reazione 1° colonna di carico imposto                       | 2052.86 kN               |
| Larghezza colonna folla su cordolo 1                        | 0.75 m                   |
| Larghezza colonna folla su cordolo 2                        | 0.75 m                   |
| Eccentricità carichi accidentali imposta                    | 1.78 m                   |
| Numero dei dispositivi di appoggio                          | 2.00                     |
| Somma delle rigidezze di tutti i dispositivi sulla pila     | 4580.00 kN/m             |
| Somma delle rigidezze di tutti i dispositivi dell'impalcato | 9160.00 kN/m             |
| Superficie esposta al vento ponte scarico imposta           | 92.40 m <sup>2</sup>     |
| Superficie esposta al vento ponte carico imposta            | 135.52 m <sup>2</sup>    |
| Coefficiente di attrito                                     | 6.00 %                   |
| Coefficiente di dilazione termica                           | 0.00001 °C <sup>-1</sup> |
| Variazione termica per calcolo azione elastica              | 30.00 °C                 |
| Distanza della pila dal baricentro delle rigidezze          | 30.80 m                  |

**7.4.1.2 Dati per analisi sismica**

**P2a**

|  |        |
|--|--------|
| Quota baricentro impalcato da intradosso travi | 1.05 m |
| Zona sismica                                   | 3.00   |
| Categoria suolo                                | A      |
| Coefficiente di importanza                     | 1.00   |

**P2b**

|  |        |
|--|--------|
| Quota baricentro impalcato da intradosso travi | 1.50 m |
| Zona sismica                                   | 3.00   |
| Categoria suolo                                | A      |
| Coefficiente di importanza                     | 1.00   |

### 7.4.1.3 Dati generali della pila

Di seguito si elencano i dati relativi alla pila utilizzati per il calcolo delle azioni verticali e orizzontali.

#### P2a

##### DATI RELATIVI ALL'ELEVAZIONE

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Altezza fusto   | 7.40 m                  |
| Area della sezione della pila alla base                   | 34.56 m <sup>2</sup>    |
| Larghezza di pila investita dal vento in dir. trasversale | 2.40 m                  |
| Area della sezione del baggiolo                           | 0.64 m <sup>2</sup>     |
| Quota baricentro fusto+pulvino da base fusto              | 3.70 m                  |
| Peso proprio pulvino+baggioli imposto                     | 27.81 kN                |
| Momento d'inerzia fusto longitudinale                     | 16.59 m <sup>4</sup>    |
| Momento d'inerzia fusto trasversale                       | 597.20 m <sup>4</sup>   |
| Rck calcestruzzo pila                                     | 40.00 N/mm <sup>2</sup> |

##### DATI RELATIVI ALLA PLATEA DI FONDAZIONE

|                  |         |
|------------------|---------|
| Lunghezza platea | 6.80 m  |
| Larghezza platea | 15.00 m |
| Spessore platea  | 1.50 m  |

##### DATI RELATIVI AL TERRENO

|  |            |
|--|------------|
| Peso specifico del terreno di ricoprimento | 20.00 kN/m |
| Altezza del terreno di ricoprimento        | 1.00 m     |

#### P2b

##### DATI RELATIVI ALL'ELEVAZIONE

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Altezza fusto   | 7.40 m                  |
| Area della sezione della pila alla base                   | 0.00 m <sup>2</sup> (*) |
| Larghezza di pila investita dal vento in dir. trasversale | 0.00 m (*)              |
| Area della sezione del baggiolo                           | 1.21 m <sup>2</sup>     |
| Quota baricentro fusto+pulvino da base fusto              | 3.70 m                  |
| Peso proprio pulvino+baggioli imposto                     | 22.39 kN                |
| Momento d'inerzia fusto longitudinale                     | 16.59 m <sup>4</sup>    |
| Momento d'inerzia fusto trasversale                       | 597.20 m <sup>4</sup>   |
| Rck calcestruzzo pila                                     | 40.00 N/mm <sup>2</sup> |

##### DATI RELATIVI ALLA PLATEA DI FONDAZIONE

|                  |            |
|------------------|------------|
| Lunghezza platea | 6.80 m     |
| Larghezza platea | 15.00 m    |
| Spessore platea  | 0.00 m (*) |

##### DATI RELATIVI AL TERRENO

|  |            |
|--|------------|
| Peso specifico del terreno di ricoprimento | 20.00 kN/m |
| Altezza del terreno di ricoprimento        | 0.00 m     |

#### 7.4.1.4 Palificata di fondazione

Il palo è schematizzato come elemento immerso in suolo elastico alla Winkler: le caratteristiche del terreno inducono ad assumere una costante elastica pari a:

$$k_w = 0.03 \text{ N/mm}^3$$

#### Geometria Della Palificata

|  |        |
|--|--------|
| diametro pali =                        | 120 cm |
| numero totale pali =                   | 8      |
| numero pali attivi longitudinalmente = | 8      |
| numero pali attivi trasversalmente =   | 8      |

#### 7.4.2 AZIONI IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO

##### 7.4.2.1 Azioni trasmesse dall'impalcato

###### 7.4.2.1.1 Pesi permanenti

Si riportano i pesi permanenti lineari dei diversi elementi dell'impalcato, calcolati in base ai dati definiti in precedenza.

#### P2a

|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Peso travi                      | 33.48 kN/m       |
| Peso soletta                    | 83.70 kN/m       |
| Peso pavimentazione             | 25.68 kN/m       |
| Peso dei cordoli                | 7.80 kN/m        |
| Peso barriere di sicurezza      | 3.70 kN/m        |
| Pesi permanenti aggiuntivi      | <u>2.00 kN/m</u> |
| Peso permanente lineare assunto | 157.00 kN/m      |

Il peso complessivo dell'impalcato si ottiene moltiplicando il peso permanente lineare ottenuto per la lunghezza totale dell'opera; analogamente, la quota parte del peso permanente totale che grava sulla pila è pari al suddetto peso permanente lineare moltiplicato per la lunghezza di afferenza definita in precedenza.

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Peso totale dell'impalcato | 5024.00 kN |
| Peso afferente alla pila   | 942.00 kN  |

#### P2b

|            |            |
|------------|------------|
| Peso travi | 66.22 kN/m |
|------------|------------|



|                                 |                  |
|---------------------------------|------------------|
| Peso soletta (cordoli)          | 27.90 kN/m       |
| Peso pavimentazione             | 25.68 kN/m       |
| Peso dei cordoli (integrazione) | 7.80 kN/m        |
| Peso barriere di sicurezza      | 3.70 kN/m        |
| Pesi permanenti aggiuntivi      | <u>2.00 kN/m</u> |
| Peso permanente lineare assunto | 134.00 kN/m      |

Il peso complessivo dell'impalcato si ottiene moltiplicando il peso permanente lineare ottenuto per la lunghezza totale dell'opera; analogamente, la quota parte del peso permanente totale che grava sulla pila è pari al suddetto peso permanente lineare moltiplicato per la lunghezza di afferenza definita in precedenza.

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| Peso totale dell'impalcato | 8254.40 kN |
| Peso afferente alla pila   | 4127.20 kN |

#### 7.4.2.1.2 Carichi mobili

Secondo quanto disposto dalla normativa vigente (cap.5 DM 14.01.2008), la disposizione e la numerazione delle corsie va determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto.

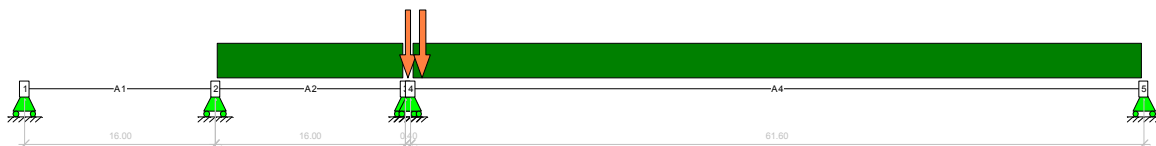
Per ciascuna singola verifica e per ciascuna corsia convenzionale, si applicano gli Schemi di Carico definiti come già indicato nel capitol 5.2 (impalcato), per una lunghezza e per una disposizione longitudinale, tali da ottenere l'effetto più sfavorevole.

La valutazione dei carichi accidentali è stata effettuata con una distribuzione alla Courbon, in cui le colonne dei carichi mobili sono state disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo più esterno: si specifica che i carichi "tandem" sono stati ubicati con un asse sull'allineamento degli appoggi, e l'altro asse a 1.20m (come prescritto da normativa); i carichi distribuiti sono stati applicati alla luce di calcolo di afferenza della pila amplificati di un coefficiente di afferenza per le travi continue su più appoggi (vedasi schema).

Si è considerato il carico della folla pari a 2.50 kN/mq per una larghezza di 0.75m sui cordoli esterni.

Il carico concentrato (tandem) è stato ubicato sull'appoggio P2b (verso la campata più lunga in modo da considerare la posizione più gravosa per la pila), mentre il carico uniforme è stato distribuito sulle campate di destra e di sinistra in maniera da individuare la condizione più gravosa.

Schema disposizione carichi mobili  $Q_{ik}$ ,  $q_{ik}$ .



**P2a**

|                                      |       |   |
|--------------------------------------|-------|---|
| Larghezza carreggiata                | 8.56  | m |
|                                      |       | m |
| Larghezza cordolo dx + ingombro onda | 1.30  | m |
| Larghezza cordolo sx + ingombro onda | 1.30  | m |
| Lc,sx =                              | 16.00 | m |
| Lc,dx =                              | 16.00 | m |
| Interasse Travi                      | 3.00  | m |
| Sbalzo dx                            | 1.08  | m |
| Sbalzo sx                            | 1.08  | m |
| Numero Travi                         | 4     |   |

**Tandem**

|     |     |    |
|-----|-----|----|
| Q1k | 300 | kN |
| Q2k | 200 | kN |
| Q3k | 100 | kN |

Numero colonne di carico 2

**Distribuito**

|                                   |      |      |
|-----------------------------------|------|------|
| q <sub>1k</sub>                   | 9.00 | kN/m |
| q <sub>2k</sub>                   | 2.50 | kN/m |
| q <sub>nk</sub>                   | 2.50 | kN/m |
| Coefficiente trave continua $\xi$ | 0.38 |      |

Il carico totale trasmesso alla pila risulta

|               |               |            |
|---------------|---------------|------------|
| <b>Rtot =</b> | <b>104.78</b> | <b>kN</b>  |
| <b>Mtot</b>   | <b>226.75</b> | <b>kNm</b> |
| <b>etot =</b> | <b>2.16</b>   | <b>m</b>   |

**P2b**

**Accidentale pila**

|                                      |       |   |
|--------------------------------------|-------|---|
| Larghezza carreggiata                | 8.56  | m |
|                                      |       | m |
| Larghezza cordolo dx + ingombro onda | 1.30  | m |
| Larghezza cordolo sx + ingombro onda | 1.30  | m |
| Lc,sx =                              | 61.60 | m |
| Lc,dx =                              | 0.00  | m |
| Interasse Travi                      | 12.20 | m |
| Sbalzo dx                            | 0.00  | m |
| Sbalzo sx                            | 0.00  | m |
| Numero Travi                         | 2     |   |

**Tandem**

|     |     |    |
|-----|-----|----|
| Q1k | 300 | kN |
| Q2k | 200 | kN |
| Q3k | 100 | kN |

**Numero colonne di carico 2**

**Distribuito**

|                               |      |      |
|-------------------------------|------|------|
| q <sub>1k</sub>               | 9.00 | kN/m |
| q <sub>2k</sub>               | 2.50 | kN/m |
| q <sub>nk</sub>               | 2.50 | kN/m |
| Coefficiente trave continua ξ | 1.00 |      |

|               |                |            |
|---------------|----------------|------------|
| <b>Rtot =</b> | <b>2052.86</b> | <b>kN</b>  |
| <b>Mtot</b>   | <b>3661.41</b> | <b>kNm</b> |
| <b>etot =</b> | <b>1.78</b>    | <b>m</b>   |

7.4.2.1.3 Azioni orizzontali longitudinali

**P2a**

Azione di frenamento

L'azione di frenamento si è applicata all'impalcato più lungo (P2b).

Azione Termica

I dispositivi di appoggio in elastomero armato previsti per l'opera in oggetto trasmettono agli elementi di sostegno un'azione orizzontale proporzionale alla loro rigidezza ed allo scorrimento massimo dovuto a deformazioni lente corrispondenti alla dilatazione termica dell'impalcato.

L'accorciamento dovuto ad escursione termica tra due punti A e B dell'impalcato è dato dalla seguente espressione:

$$dL_{AB} = L_{AB} * \alpha * dT$$

dove si assume:

L<sub>AB</sub> = distanza tra la pila e il baricentro delle rigidezze degli appoggi

α = coefficiente di dilatazione termica

dT = variazione termica

Di seguito, considerando i valori delle rigidezze orizzontali in condizioni di esercizio dei dispositivi previsti in corrispondenza della pila e la lunghezza dell'impalcato interessato da una variazione termica di 25°C, viene calcolata l'azione orizzontale conseguente alla suddetta deformazione termica.

$$H_{el} = n * dL_{AB} * k$$

dove si assume:

n = numero dei dispositivi sulla pila

k = rigidezza orizzontale di ciascun dispositivo;

Azione elastica (in presenza di appoggi elastomerici fissi) 52.99 kN

applicata in corrispondenza degli appoggi.

A favore di sicurezza si è trascurato il contributo dell'azione termica dell'impalcato n.1, in quanto sarebbe un contributo da sottrarre.

**P2b**

Azione di frenamento

L'azione di frenamento totale massima per l'impalcato in oggetto risulta:

Azione di frenamento totale 526.32 kN

I dispositivi posti in corrispondenza della pila trasmettono parte della suddetta azione secondo il rapporto tra la rigidezza orizzontale dei dispositivi della pila e la somma delle rigidezze orizzontali di tutti i dispositivi posti su pile e spalle. La risultante di detta azione trasmessa alla singola pila risulta:

Azione di frenamento sulla pila 263.16 kN

Applicata a quota rispetto base appoggi .27 m

Azione Termica

I dispositivi di appoggio in elastomero armato previsti per l'opera in oggetto trasmettono agli elementi di sostegno un'azione orizzontale proporzionale alla loro rigidezza ed allo scorrimento massimo dovuto a deformazioni lente corrispondenti alla dilatazione termica dell'impalcato.

L'accorciamento dovuto ad escursione termica tra due punti A e B dell'impalcato è dato dalla seguente espressione:

$$dL_{AB} = L_{AB} \cdot \alpha \cdot dT$$

dove si assume:

$L_{AB}$  = distanza tra la pila e il baricentro delle rigidezze degli appoggi

$\alpha$  = coefficiente di dilatazione termica

$dT$  = variazione termica

Di seguito, considerando i valori delle rigidezze orizzontali in condizioni di esercizio dei dispositivi previsti in corrispondenza della pila e la lunghezza dell'impalcato interessato da una variazione termica di 25°C, viene calcolata l'azione orizzontale conseguente alla suddetta deformazione termica.

$$H_{el} = n \cdot dL_{AB} \cdot k$$

dove si assume:

$n$  = numero dei dispositivi sulla pila

$k$  = rigidezza orizzontale di ciascun dispositivo;

Azione elastica (in presenza di appoggi elastomerici fissi) 126.96 kN

applicata in corrispondenza degli appoggi.

7.4.2.1.4 Azioni orizzontali trasversali

Come prescritto nel § 5.1.3.7 (Azioni di Neve, Vento: q5) del D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), per le azioni da neve e vento vale quanto specificato al Cap. 3.

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi (ad es. le pile). Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

Il carico neve si considera non concomitante con i carichi da traffico, salvo che per ponti coperti

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b * C_e * C_p * C_d \quad (3.3.2)$$

dove

$q_b$  è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

$C_e$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;

$C_p$  è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;

$C_d$  è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Indicazioni per la sua valutazione sono riportate al § 3.3.8.

Si è fatta una prima analisi confrontando la pressione cinetica determinata con i criteri del DM del 14/01/2008, considerando un coefficiente di forma relativo alle travi ad anima piena e reticolari multiple (§ 3.3.10.4.2 ), con i criteri suggeriti dalle "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni" emanate dal CNR del 17 gennaio 2008. Da tale confronto sono risultate pressioni del vento inferiori a quelle indicate nel DM 4 maggio 1990 (aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali), pertanto, a favore di sicurezza, si assume un carico pari a 2.50 kN/m<sup>2</sup>.

### Vento

#### **P2a**

Per la determinazione delle azioni del vento sulle pile si considerano le due distinte situazioni di ponte carico e ponte scarico; si assume la pressione cinetica del vento prevista da normativa  $q_v = 2.50 \text{ kN/m}^2$ .

|   |                      |
|---|----------------------|
| Superficie esposta al vento a ponte scarico | 48.00 m <sup>2</sup> |
| Azione del vento a ponte scarico            | 120.00 kN            |
| Applicata a quota rispetto base appoggi     | 2.93 m               |

|  |                      |
|--|----------------------|
| Superficie esposta al vento a ponte carico | 70.40 m <sup>2</sup> |
| Azione del vento a ponte carico            | 176.00 kN            |
| Applicata a quota rispetto base appoggi    | .22 m                |

#### **P2b**

Per la determinazione delle azioni del vento sulle pile si considerano le due distinte situazioni di ponte carico e ponte scarico; si assume la pressione cinetica del vento prevista da normativa  $q_v = 2.50 \text{ kN/m}^2$ .

|   |                      |
|---|----------------------|
| Superficie esposta al vento a ponte scarico | 92.40 m <sup>2</sup> |
| Azione del vento a ponte scarico            | 231.00 kN            |
| Applicata a quota rispetto base appoggi     | 2.93 m               |

|  |                       |
|--|-----------------------|
| Superficie esposta al vento a ponte carico | 135.52 m <sup>2</sup> |
| Azione del vento a ponte carico            | 338.80 kN             |
| Applicata a quota rispetto base appoggi    | .22 m                 |

Poichè il ponte è in rettilineo non è presente la forza centrifuga.

#### 7.4.2.2 Azioni relative alla pila

##### P2a

##### AZIONE DEL VENTO

|   |                      |
|---|----------------------|
| Superficie investita dal vento in direzione trasversale | 17.76 m <sup>2</sup> |
| Azione del vento  | 44.40 kN             |
| Applicata a quota da base fusto                         | 3.70 m               |

##### AZIONI RELATIVE ALL'ELEVAZIONE

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Peso proprio fusto     | 6393.60 kN      |
| Peso proprio pulvino   | <u>27.81 kN</u> |
| Peso totale elevazione | 6421.41 kN      |

##### AZIONI RELATIVE ALLA PLATEA DI FONDAZIONE

|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| Peso proprio della platea        | 3825.00 kN        |
| Peso del terreno di ricoprimento | <u>1348.80 kN</u> |
| Peso totale fondazione           | 5173.80 kN        |

##### P2b

##### AZIONE DEL VENTO (\*)

|   |                     |
|---|---------------------|
| Superficie investita dal vento in direzione trasversale | 0.00 m <sup>2</sup> |
| Azione del vento  | 0.00 kN             |
| Applicata a quota da base fusto                         | 3.70 m              |

##### AZIONI RELATIVE ALL'ELEVAZIONE (\*)

|                        |                 |
|------------------------|-----------------|
| Peso proprio fusto     | 0.00 kN         |
| Peso proprio pulvino   | <u>22.39 kN</u> |
| Peso totale elevazione | 22.39 kN        |

AZIONI RELATIVE ALLA PLATEA DI FONDAZIONE (\*)

|                                  |         |
|----------------------------------|---------|
| Peso proprio della platea        | 0.00 kN |
| Peso del terreno di ricoprimento | 0.00 kN |
| Peso totale fondazione           | 0.00 kN |

AZIONI ECCEZZIONALI – URTI

*Urto di un veicolo contro le strutture.*

I piedritti dei ponti ubicati a distanza  $\leq 5,0$  m dalla sede stradale, dovranno essere protetti contro il pericolo di urti di veicoli stradali, mediante adeguate opere chiaramente destinate alla protezione dei piedritti stessi.

Per il ponte in oggetto non si deve tener conto di tale condizione di carico essendo il fusto della pila posizionato ad una distanza superiore alla minima richiesta

### 7.4.3 AZIONI IN CONDIZIONI SISMICHE

L'opera viene progettata ai sensi del DM 14.01.2008, inerente la nuova normativa e classificazione sismica del territorio nazionale; coerentemente con il contenuto del succitato DM le verifiche vengono condotte secondo il criterio semi-probabilistico agli stati limite.

Come anticipato nel capitolo 2.1, essendo una struttura realizzata con dispositivi dissipativi, si è applicato un fattore di struttura  $q_0=1.0$  (spettro elastico) per il dimensionamento della sottostruttura (fusto pila, platea, pali).

Le azioni sismiche sono calcolate mediante l'analisi statica equivalente utilizzando gli accelerogrammi compatibili con lo spettro di elastico agenti separatamente nelle tre direzioni principali (x, y, z), e successivamente combinati secondo quanto prescritto dalla normativa.

Al fine della verifica delle strutture di fondazione, essendo applicata la gerarchia delle resistenze, si considera la combinazione di carico con lo spettro elastico (fattore di struttura  $q=1.0$ ).

Lo studio dei pali in condizioni sismiche, seguendo l'approccio 1, prevede:

combinazione 1 (Struttura):           A1+M1+R1  
combinazione 2 (Geotecnica):        A2+M1+R2

Dove però i coefficienti  $\gamma_a$  di amplificazione dei carichi devono essere posti = 1; esiste quindi un'unica combinazione di carico.

Le masse che intervengono per la determinazione delle sollecitazioni sismiche sono:

fusto pila  
fondazione pila  
terreno imbarcato  
pali

#### 7.4.3.1 Azioni sismiche

Si opera ai sensi del DM 14.01.2008. In base alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale il comune ricade in zona 3.

Le azioni sismiche di seguito riportate sono ottenute applicando lo spettro (di progetto o elastico, in funzione dell'elemento verificato) della zona considerata, in specifico Verona.



### FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato: **SLV** info

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo: **A** info       $S_S = 1.000$        $C_C = 1.000$  info  
 Categoria topografica: **T1** info       $h/H = 0.000$        $S_T = 1.000$  info  
( $h$ : quota s.d.o.,  $H$ : altezza rilievo topografico)

**Compon. orizzontale**  
 Spettro di progetto elastico (SLE)      Smorzamento  $\xi$  (%): **5**       $\eta = 1.000$  info  
 Spettro di progetto inelastico (SLU)      Fattore  $q_0$ : **1**      Regol. in altezza: **si** info

**Compon. verticale**  
 Spettro di progetto      Fattore  $q$ : **1**       $\eta = 1.000$  info

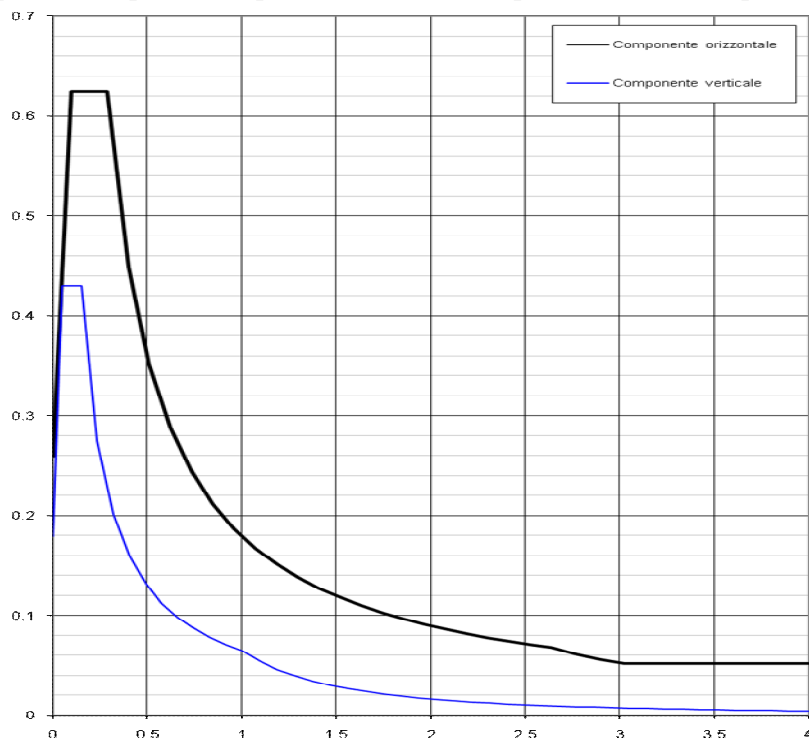
**Elaborazioni**  
 Grafici spettri di risposta →  
 Parametri e punti spettri di risposta →

**Spettri di risposta**

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
 — Spettro di progetto - componente verticale  
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite,  $q_0 = 1.0$ :**



#### 7.4.3.2 Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, il suolo può essere inquadrato nella categoria di tipo "A".

#### 7.4.3.3 Azioni sismiche trasmesse dall'impalcato

Di seguito si riportano i parametri sismici relativi alla zona di appartenenza dell'opera e alla categoria del suolo di fondazione e si calcolano la forza totale applicata al sistema di isolamento, il corrispondente spostamento e l'azione trasmessa alla pila, separatamente per le due direzioni longitudinale e trasversale.

|  |      |
|--|------|
| Categoria della zona sismica (1, 2, 3) | 3.00 |
| Tipo di suolo (A, B, C, D)             | A    |
| Coefficiente di importanza             | 1.00 |

#### P2a

|  |              |
|--|--------------|
| Rigidità del singolo dispositivo di appoggio | 1840.00 kN/m |
| Numero dispositivi per elemento di sostegno  | 4.00         |

#### DIREZIONE LONGITUDINALE

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Forza trasmessa alla pila | 303.45 kN |
|---------------------------|-----------|

#### DIREZIONE TRASVERSALE

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Forza trasmessa alla pila | 303.45 kN |
|---------------------------|-----------|

#### P2b

|  |              |
|--|--------------|
| Coefficiente di smorzamento equivalente      | 10.00 %      |
| Rigidità del singolo dispositivo di appoggio | 2290.00 kN/m |
| Numero dispositivi per elemento di sostegno  | 2.00         |

#### DIREZIONE LONGITUDINALE

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Forza trasmessa alla pila | 376.11 kN |
|---------------------------|-----------|

#### DIREZIONE TRASVERSALE

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| Forza trasmessa alla pila | 376.11 kN |
|---------------------------|-----------|

#### 7.4.3.4 Azioni sismiche trasmesse dalla pila

#### P2a

Di seguito si riporta l'analisi statica equivalente relativa alla pila.

|                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| Peso elevazione pila            | 6421.41 kN                 |
| Massa pila                      | 654.58 kNs <sup>2</sup> /m |
| Modulo di elasticità della pila | 36049.97 N/mm <sup>2</sup> |

#### DIREZIONE LONGITUDINALE

|                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| Rigidità traslazionale della pila | 4427371.02 kN/m |
|-----------------------------------|-----------------|

|                    |          |
|--------------------|----------|
| Periodo della pila | 0.08 sec |
|--------------------|----------|

|   |        |
|---|--------|
| Ordinata dello spettro di risposta della pila | 0.00 g |
|---|--------|

Forza trasmessa in direzione longitudinale dalla pila 3531.77 kN

**DIREZIONE TRASVERSALE**

Rigidezza traslazionale della pila 159385356.74 kN/m

Periodo della pila 0.01 sec

Ordinata dello spettro di risposta della pila 0.00 g

Forza trasmessa in direzione trasversale dalla pila 1964.95 kN

**P2b**

Di seguito si riporta l'analisi statica equivalente relativa alla pila. (\*)

**7.4.4 CASI DI CARICO E COMBINAZIONI**

Il DM del 14/01/2008 individua le seguenti combinazioni di azioni.

Stati limite ultimo

1A) Carichi elementari combinazione A1-M1 (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)

$$\gamma_{G1} * G1 + \gamma_{G2} * G2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_{02} * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$$

Stati limite ultimo per geotecnica pali

1B) Carichi elementari combinazione A2-M1 (terreno non defattorizzato e spinta a riposo)

$$\gamma_{G1} * G1 + \gamma_{G2} * G2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q2} * \psi_2 * Q_{k2} + \gamma_{Q3} * \psi_3 * Q_{k3} + \dots$$

Stati limite di esercizio

2) SLE - Combinazione caratteristica rara ( $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} * Q_{k2} + \psi_{03} * Q_{k3} + \dots$ )

Stati limite di esercizio: fessurazione

3) SLE - Combinazione frequente ( $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$ )

4) SLE - Quasi Permanente ( $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$ )

Stati limite ultimo - Sisma

5) SLE - Combinazione sismica ( $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} * Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \dots$ )

Stati limite ultimo - Eccezionale

6) SLU - Combinazione eccezionale ( $G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} * Q_{k2} + \psi_{23} * Q_{k3} + \dots$ )

Si riportano di seguito le combinazioni di carico considerate nelle condizioni di esercizio e sismiche.

|               |     | g1,g2 | Q1<br>(traffico) | q1<br>(traffico) | q3<br>(fren) | q4<br>(centr) | q5<br>(vento scar) | q5<br>(vento car) | q6<br>(sisma L) | q6<br>(sisma T) | q7<br>(parass) | q9<br>(urto) |
|---------------|-----|-------|------------------|------------------|--------------|---------------|--------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------|--------------|
| STR<br>SLU_A1 | U1a | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 1.50               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U1b | 1.35  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 1.50               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U2a | 1.00  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 1.50              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U2b | 1.35  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 1.50              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U3a | 1.00  | 1.35             | 1.35             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U3b | 1.35  | 1.35             | 1.35             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U4a | 1.00  | 1.01             | 0.54             | 1.35         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U4b | 1.35  | 1.01             | 0.54             | 1.35         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U5a | 1.00  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 1.35          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
|               | U5b | 1.35  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 1.35          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 0.72           | 0.00         |
| GEO<br>SLU_A2 | U6a | 1.00  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 1.20           | 0.00         |
|               | U6b | 1.35  | 1.01             | 0.54             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.90              | 0.00            | 0.00            | 1.20           | 0.00         |
|               | U1  | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 1.30               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | U2  | 1.00  | 0.86             | 0.46             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 1.30              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | U3  | 1.00  | 1.15             | 1.15             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.78              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | U4  | 1.00  | 0.86             | 0.46             | 1.15         | 0.00          | 0.00               | 0.78              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
| SLE           | U5  | 1.00  | 0.86             | 0.46             | 0.00         | 1.15          | 0.00               | 0.78              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | U6  | 1.00  | 0.86             | 0.46             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.78              | 0.00            | 0.00            | 1.00           | 0.00         |
|               | A1  | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 1.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A2  | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 1.00              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A3  | 1.00  | 1.00             | 1.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.60              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A4  | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 1.00         | 0.00          | 0.00               | 0.60              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A5  | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 0.00         | 1.00          | 0.00               | 0.60              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | A6  | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.60              | 0.00            | 0.00            | 1.00           | 0.00         |
|               | F1  | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.20               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.50           | 0.00         |
|               | F2  | 1.00  | 0.75             | 0.40             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.50           | 0.00         |
| SISMA         | F3  | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.60           | 0.00         |
|               | QP  | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.50           | 0.00         |
| SISMA         | S1  | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 1.00            | 0.30            | 0.00           | 0.00         |
|               | S2  | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.30            | 1.00            | 0.00           | 0.00         |
| ECCEZIONALE   | E1  | 1.00  | 0.00             | 0.00             | 0.00         | 0.00          | 0.00               | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.50           | 1.00         |

#### 7.4.5 SOLLECITAZIONI SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Si riportano le sollecitazioni complessive dei contribute P2a+P2b.

Le combinazioni di carico considerate sono quelle indicate nel capitolo 1: di seguito si riportano le sollecitazioni significative per il dimensionamento, ed in specifico quelle relative alle combinazioni:

1A) Stato limite ultimo - STR

1B) Stato limite ultimo - GEO

5) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

##### 7.4.5.1 Sollecitazioni fusto pila

###### ELENCO CARICHI ELEMENTARI A BASE FUSTO

| <i>Condizione elementare</i>               |           |       | <i>N (kN)</i> | <i>MI (kNm)</i> | <i>Mt (kNm)</i> | <i>TI (kN)</i> | <i>Tt (kN)</i> |
|--|-----------|-------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Peso proprio elevazione pila               | PILA      | g     | 6443.79       | 0.00            | 0.00            | 0.00           | 0.00           |
| Vento su pila                              |           | q5    | 0.00          | 0.00            | 164.28          | 0.00           | 44.40          |
| Urto di veicoli in svio                    |           | q9    | 0.00          | 0.00            | 0.00            | 0.00           | 0.00           |
| Azioni aggiuntive                          |           | q9    | 0.00          | 0.00            | 0.00            | 0.00           | 0.00           |
| Azioni sismiche long. alla base del fusto  |           | q6l   | 0.00          | 13113.12        | 0.00            | 3544.09        | 0.00           |
| Azioni sismiche trasv. alla base del fusto |           | q6t   | 0.00          | 0.00            | 7295.66         | 0.00           | 1971.80        |
| Azioni aggiuntive                          |           |       |               |                 |                 |                |                |
| Peso permanente                            | IMPALCATO | g     | 5069.20       | 0.00            | 0.00            | 0.00           | 0.00           |
| Accidentali                                |           | q1+q2 | 2157.64       | 0.00            | 3880.42         | 0.00           | 0.00           |
| Frenatura                                  |           | q3    | 0.00          | 2116.27         | 0.00            | 263.38         | 0.00           |
| Azione centrifuga                          |           | q4    | 0.00          | 0.00            | 0.00            | 0.00           | 0.00           |
| Vento su impalcato carico                  |           | q5    | 0.00          | 0.00            | 5151.63         | 0.00           | 514.80         |
| Vento su impalcato scarico                 |           | q5    | 0.00          | 0.00            | 3763.44         | 0.00           | 351.00         |
| Azione di attrito                          |           | q7    | 0.00          | 0.00            | 0.00            | 0.00           | 0.00           |
| Azione elastica                            |           | q7    | 0.00          | 986.46          | 0.00            | 126.96         | 0.00           |
| Azione sismica orizzontale longitudinale   |           | q6l   | 0.00          | 5028.71         | 0.00            | 679.56         | 0.00           |
| Azione sismica orizzontale trasversale     |           | q6t   | 0.00          | 0.00            | 6327.68         | 0.00           | 679.56         |

###### AZIONI ALLA BASE DEL FUSTO

| <b>Combinazione di carico</b> | <b><i>N (kN)</i></b> | <b><i>MI (kNm)</i></b> | <b><i>Mt (kNm)</i></b> | <b><i>TI (kN)</i></b> | <b><i>Tt (kN)</i></b> |
|-------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| U1a                           | 11512.99             | 710.25                 | 5891.58                | 91.41                 | 593.10                |
| U1b                           | 15542.54             | 710.25                 | 5891.58                | 91.41                 | 593.10                |
| U2a                           | 13697.60             | 710.25                 | 11902.79               | 91.41                 | 838.80                |
| U2b                           | 17727.15             | 710.25                 | 11902.79               | 91.41                 | 838.80                |
| U3a                           | 14425.81             | 710.25                 | 10022.88               | 91.41                 | 503.28                |
| U3b                           | 18455.35             | 710.25                 | 10022.88               | 91.41                 | 503.28                |
| U4a                           | 13697.60             | 3567.22                | 8713.24                | 446.98                | 503.28                |
| U4b                           | 17727.15             | 3567.22                | 8713.24                | 446.98                | 503.28                |
| U5a                           | 13697.60             | 710.25                 | 8713.24                | 91.41                 | 503.28                |
| U5b                           | 17727.15             | 710.25                 | 8713.24                | 91.41                 | 503.28                |
| U6a                           | 13697.60             | 1183.75                | 8713.24                | 152.35                | 503.28                |
| U6b                           | 17727.15             | 1183.75                | 8713.24                | 152.35                | 503.28                |
| S1                            | 11512.99             | 18141.83               | 4087.00                | 4223.64               | 795.41                |
| S2                            | 11512.99             | 5442.55                | 13623.35               | 1267.09               | 2651.36               |

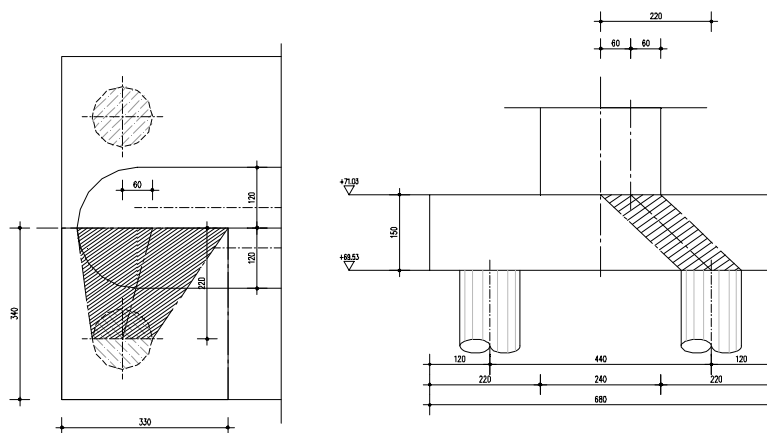
### 7.4.5.2 Sollecitazioni pulvino

La tipologia della pila in oggetto non presenta in sommità l'elemento strutturale "Pulvino"

### 7.4.5.3 Sollecitazioni platea

Per le geometrie presenti, la platea risulta comportarsi come un element tozzo. le sollecitazioni per la verifica sono quelle trasmesse dalla palificata decurtate del carico di afferenza soprastante (peso propio platea e terreno imbarcato).

Per il palo di bordo (più gravoso) risulta:



$$A_f (\text{area afferenza}) = 3.40 \times 3.30 = 11.2 \text{ m}^2$$

Peso plinto 504.9 kN  
Peso Terreno 213.18 kN

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmax,aff (kN) |
|------------------------|-----------|---------------|
| U1a                    | 2349.83   | 1631.75       |
| U1b                    | 3079.88   | 2361.80       |
| U2a                    | 2842.09   | 2124.01       |
| U2b                    | 3572.14   | 2854.06       |
| U3a                    | 2858.89   | 2140.81       |
| U3b                    | 3588.94   | 2870.86       |
| U4a                    | 2883.45   | 2165.37       |
| U4b                    | 3613.49   | 2895.41       |
| U5a                    | 2721.09   | 2003.01       |
| U5b                    | 3451.14   | 2733.06       |
| U6a                    | 2748.00   | 2029.92       |
| U6b                    | 3478.04   | 2759.96       |
| S1                     | 3625.92   | 2907.84       |
| S2                     | 3101.21   | 2383.13       |

### 7.4.5.4 Sollecitazioni palificata

#### ELENCO CARICHI ELEMENTARI AD INTRADOSSO FONDAZIONE

| Condizione elementare                              |           | N (kN) | MI (kNm) | Mt (kNm) | TI (kN)  | Tt (kN) |         |
|--|-----------|--------|----------|----------|----------|---------|---------|
| Peso proprio elevazione pila                       | PILA      | g      | 6443.79  | 0.00     | 0.00     | 0.00    |         |
| Peso fondazione (platea + terreno di ricoprimento) |           | g      | 5173.80  | 0.00     | 0.00     | 0.00    |         |
| Vento su pila                                      |           | q5     | 0.00     | 0.00     | 230.88   | 0.00    | 44.40   |
| Urto di veicoli in svio                            |           | q9     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00    |
| Azioni aggiuntive                                  |           | q9     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00    |
| Azioni sismiche long. alla base della fondaz.      |           | q6l    | 0.00     | 18410.78 | 0.00     | 3544.09 | 0.00    |
| Azioni sismiche trasv. alla base della fondaz.     |           | q6t    | 0.00     | 0.00     | 10243.09 | 0.00    | 1971.80 |
| Azioni aggiuntive                                  |           |        | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00    |
|  |           |        |          |          |          |         |         |
|  |           |        |          |          |          |         |         |
| Peso permanente                                    | IMPALCATO | g      | 5069.20  | 0.00     | 0.00     | 0.00    |         |
| Distorsioni di progetto                            |           | e1     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00    |
| Accidentali  |           | Q1     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00    |
| Accidentali  |           | q1     | 2157.64  | 0.00     | 3880.42  | 0.00    | 0.00    |
| Frenatura  |           | q3     | 0.00     | 2116.61  | 0.00     | 263.38  | 0.00    |
| Azione centrifuga                                  |           | q4     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00    |
| Vento su impalcato carico                          |           | q5     | 0.00     | 0.00     | 5415.63  | 0.00    | 514.80  |
| Vento su impalcato scarico                         |           | q5     | 0.00     | 0.00     | 3943.44  | 0.00    | 351.00  |
| Azione di attrito                                  |           | q7     | 0.00     | 0.00     | 0.00     | 0.00    | 0.00    |
| Azione elastica                                    |           | q7     | 0.00     | 986.46   | 0.00     | 126.96  | 0.00    |
| Azione sismica orizzontale longitudinale           | q6l       | 0.00   | 5483.87  | 0.00     | 679.56   | 0.00    |         |
| Azione sismica orizzontale trasversale             | q6t       | 0.00   | 0.00     | 6782.85  | 0.00     | 679.56  |         |

#### 7.4.5.4.1 Struttura pali

#### 1A) Stato limite ultimo; 5.2) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

| Combinazione di carico | Carichi in testa alla palificata |          |          |         |         | Carichi su pali più sollecitati |           |           |           |            |
|------------------------|----------------------------------|----------|----------|---------|---------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                        | N (kN)                           | MI (kNm) | Mt (kNm) | TI (kN) | Tt (kN) | Qmax (kN)                       | Qmin (kN) | Qmed (kN) | Hmax (kN) | Mmax (kNm) |
| U1a                    | 16686.79                         | 710.25   | 6261.48  | 91.41   | 593.10  | 2349.83                         | 1821.87   | 2085.85   | 75.62     | 164.17     |
| U1b                    | 22527.17                         | 710.25   | 6261.48  | 91.41   | 593.10  | 3079.88                         | 2551.92   | 2815.90   | 75.62     | 164.17     |
| U2a                    | 18871.40                         | 710.25   | 12398.69 | 91.41   | 838.80  | 2842.09                         | 1875.76   | 2358.93   | 105.87    | 229.85     |
| U2b                    | 24711.78                         | 710.25   | 12398.69 | 91.41   | 838.80  | 3572.14                         | 2605.81   | 3088.97   | 105.87    | 229.85     |
| U3a                    | 19599.61                         | 710.25   | 10320.42 | 91.41   | 503.28  | 2858.89                         | 2041.01   | 2449.95   | 64.59     | 140.22     |
| U3b                    | 25439.98                         | 710.25   | 10320.42 | 91.41   | 503.28  | 3588.94                         | 2771.06   | 3180.00   | 64.59     | 140.22     |
| U4a                    | 18871.40                         | 3567.67  | 9010.78  | 446.98  | 503.28  | 2883.45                         | 1834.40   | 2358.93   | 92.40     | 200.60     |
| U4b                    | 24711.78                         | 3567.67  | 9010.78  | 446.98  | 503.28  | 3613.49                         | 2564.45   | 3088.97   | 92.40     | 200.60     |
| U5a                    | 18871.40                         | 710.25   | 9010.78  | 91.41   | 503.28  | 2721.09                         | 1996.76   | 2358.93   | 64.59     | 140.22     |
| U5b                    | 24711.78                         | 710.25   | 9010.78  | 91.41   | 503.28  | 3451.14                         | 2726.80   | 3088.97   | 64.59     | 140.22     |
| U6a                    | 18871.40                         | 1183.75  | 9010.78  | 152.35  | 503.28  | 2748.00                         | 1969.85   | 2358.93   | 67.40     | 146.34     |
| U6b                    | 24711.78                         | 1183.75  | 9010.78  | 152.35  | 503.28  | 3478.04                         | 2699.90   | 3088.97   | 67.40     | 146.34     |
| S1                     | 16686.79                         | 23894.65 | 5107.78  | 4223.64 | 795.41  | 3625.92                         | 545.78    | 2085.85   | 537.52    | 1167.00    |
| S2                     | 16686.79                         | 7168.40  | 17025.94 | 1267.09 | 2651.36 | 3101.21                         | 1070.48   | 2085.85   | 367.98    | 798.90     |

7.4.5.4.2 Portanza pali

U) Stato limite ultimo

S) Stato limite di ultimo – combinazione sismica

| Combinazione di carico | Carichi in testa alla palificata |                 |                 |                |                | Carichi su pali più sollecitati |                  |                  |                  |                   |
|------------------------|----------------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|---------------------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
|                        | <i>N (kN)</i>                    | <i>MI (kNm)</i> | <i>Mt (kNm)</i> | <i>TI (kN)</i> | <i>Tt (kN)</i> | <i>Qmax (kN)</i>                | <i>Qmin (kN)</i> | <i>Qmed (kN)</i> | <i>Hmax (kN)</i> | <i>Mmax (kNm)</i> |
| U1                     | 16686.79                         | 591.88          | 5426.62         | 76.17          | 514.02         | 2313.29                         | 1858.41          | 2085.85          | 65.44            | 142.08            |
| U2                     | 18547.76                         | 591.88          | 10687.32        | 76.17          | 726.96         | 2733.79                         | 1903.15          | 2318.47          | 91.69            | 199.06            |
| U3                     | 19168.08                         | 591.88          | 8866.76         | 76.17          | 436.18         | 2746.31                         | 2045.71          | 2396.01          | 55.87            | 121.29            |
| U4                     | 18547.76                         | 3025.98         | 7751.14         | 379.07         | 436.18         | 2767.23                         | 1869.71          | 2318.47          | 79.22            | 172.00            |
| U5                     | 18547.76                         | 591.88          | 7751.14         | 76.17          | 436.18         | 2628.93                         | 2008.01          | 2318.47          | 55.87            | 121.29            |
| U6                     | 18547.76                         | 986.46          | 7751.14         | 126.96         | 436.18         | 2651.34                         | 1985.59          | 2318.47          | 58.14            | 126.22            |
| S1                     | 16686.79                         | 23894.65        | 5107.78         | 4223.64        | 795.41         | 3625.92                         | 545.78           | 2085.85          | 537.52           | 1167.00           |
| S2                     | 16686.79                         | 7168.40         | 17025.94        | 1267.09        | 2651.36        | 3101.21                         | 1070.48          | 2085.85          | 367.98           | 798.90            |



#### 7.4.6 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

- 3) Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1R1):  $E_d \leq R_d$   
    Presso-Flessione  
    Taglio
- 4) Verifiche delle azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1): si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  e quelle dell'acciaio  $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$   
    Presso-Flessione  
    Taglio

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche degli elementi strutturali di cui sono state calcolate le sollecitazioni di verifica nei paragrafi precedenti.

Sono state condotte verifiche agli stati limite ultimi e verifiche in condizioni sismiche; nel caso in oggetto il ponte non è dotato di un sistema di vincolamento di isolamento sismico, per questo la struttura dovrà essere progettata in condizioni sismiche applicando le regole di gerarchia delle resistenze, come meglio specificato in altre parti della presente relazione. Nelle zone “non critiche” sono state eseguite verifiche tensionali tali da dimostrare che il materiale mantiene un comportamento di tipo sostanzialmente elastico anche quando è soggetto all'azione sismica allo stato limite ultimo.

Per ogni elemento strutturale si riporta la sollecitazione massima in una direzione con le restanti sollecitazioni associate:

- $N_{max}/N_{min}$  con M e T associate
- $M_{max}/M_{min}$  con N e T associate (sia in x, sia in y)
- $T_{max}/T_{min}$  con N e M associate

#### 7.4.6.1 Fusto della pila

##### *Caratteristiche geometriche della sezione*

Sezione piena

Larghezza sezione in direzione trasversale: 2.40 m

Larghezza sezione in direzione longitudinale: 14.40 m

Armatura verticale:

1  $\phi$  20/20"

$$c = 50 + 16 + 20/2 = 76.0\text{mm}$$

Armatura orizzontale:

1  $\phi$  16/20"

$$c = 50 + 16/2 = 58.0\text{mm}$$

##### 7.4.6.1.1 Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A)

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" rientrino all'interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

Le verifiche a taglio vengono eseguite controllando che il taglio di progetto massimo sia inferiore rispetto al taglio ultimo della sezione.

##### Combinazione 1A) - Presso-Flessione deviata

Si effettua la verifica a Rottura

##### *Sollecitazioni Resistenti (M,N)*

| Piano | Soll. Minima | Def. Limite   | Soll. Massima | Def. Limite |
|-------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| N     | -583253.30   | -0.0035 (sez) | 19417.65      | 0.01 (arm)  |
| Mx    | -124763.10   | 0.01 (arm)    | 124757.20     | 0.01 (arm)  |
| My    | -21122.94    | 0.01 (arm)    | 21109.06      | 0.01 (arm)  |

##### *Sollecitazioni di progetto*

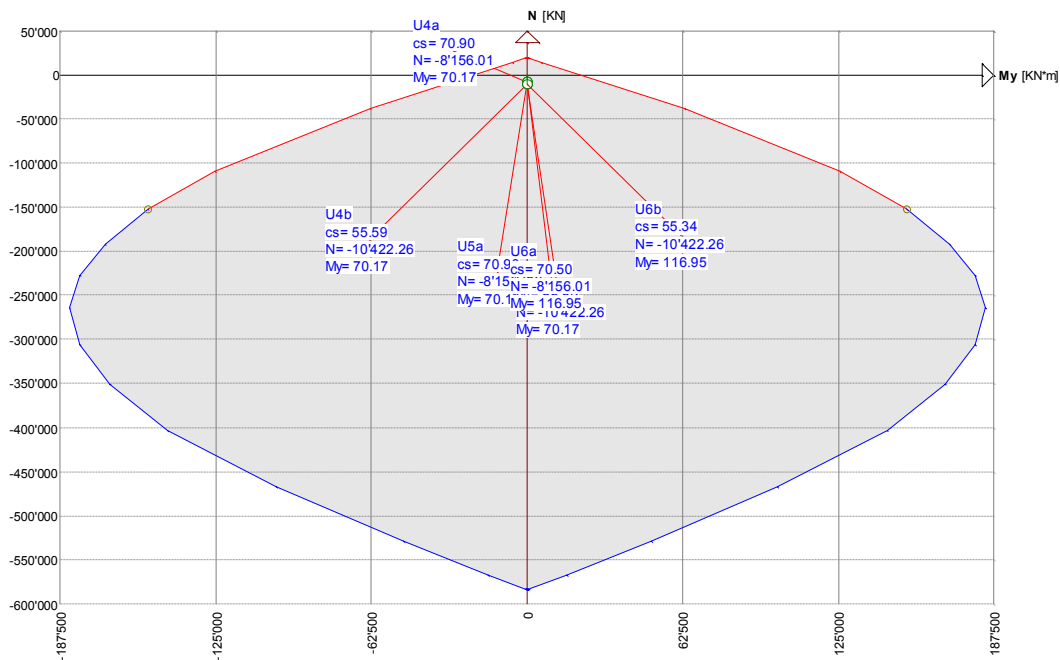
| Comb | Desc. | N         | Ecc. X | Ecc. Y | Mx      | My     |
|------|-------|-----------|--------|--------|---------|--------|
| 1    | U1a   | -6475.01  | 0.00   | 0.00   | 126.91  | 70.17  |
| 2    | U1b   | -8741.26  | 0.00   | 0.00   | 126.91  | 70.17  |
| 3    | U2a   | -8156.01  | 0.00   | 0.00   | 3253.61 | 70.17  |
| 4    | U2b   | -10422.26 | 0.00   | 0.00   | 3253.61 | 70.17  |
| 5    | U3a   | -8716.35  | 0.00   | 0.00   | 4245.05 | 70.17  |
| 6    | U3b   | -10982.60 | 0.00   | 0.00   | 4245.05 | 70.17  |
| 7    | U4a   | -8156.01  | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 70.17  |
| 8    | U4b   | -10422.26 | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 70.17  |
| 9    | U5a   | -8156.01  | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 70.17  |
| 10   | U5b   | -10422.26 | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 70.17  |
| 11   | U6a   | -8156.01  | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 116.95 |
| 12   | U6b   | -10422.26 | 0.00   | 0.00   | 3202.83 | 116.95 |

Verifica

| Comb | Coeff. di sicurezza | Mat. limitazione |
|------|---------------------|------------------|
| 1    | 89.0879             | sezione          |
| 2    | 66.1842             | sezione          |
| 3    | 66.5840             | sezione          |
| 4    | 52.9256             | sezione          |
| 5    | 61.3316             | sezione          |
| 6    | 49.5657             | sezione          |
| 7    | 66.6573             | sezione          |
| 8    | 52.9719             | sezione          |
| 9    | 66.6573             | sezione          |
| 10   | 52.9719             | sezione          |
| 11   | 66.6120             | sezione          |
| 12   | 52.9414             | sezione          |

Dominio

Mx costante= 3'202.83 [KN\*m]



La verifica risulta soddisfatta.

Combinazione 1a) - Taglio

Si effettua la verifica a taglio ultimo: le sollecitazioni massime di taglio (con Nmin associato) risultano:

| Combinazione di carico | N (kN)   | Tl (kN) | Tt (kN) |
|------------------------|----------|---------|---------|
| U2a                    | 13697.60 | 91.41   | 838.80  |
| U4a                    | 13697.60 | 446.98  | 503.28  |

Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, per le sezioni non armate a taglio si ha:

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

A favore di sicurezza si trascura la componente di compressione

#### Verifica direzione longitudinale

|                  |                |                   |   |
|------------------|----------------|-------------------|---|
| $V_{Ed}$         | <b>446.98</b>  | kN                | taglio sollecitante   |
| $N_{Ed}$         | 0              | kN                | sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio) |
| CLS              | C32/40         |                   |   |
| $f_{ck}$         | 33.2           | N/mm <sup>2</sup> |   |
| $\gamma_c$       | 1.5            |                   |   |
| $f_{cd}$         | 18.8           |                   |   |
| $b_w$            | 14400          | mm                | larghezza della sezione resistente                                |
| $h$              | 2400           | mm                |   |
| $d$              | 2320           | mm                | altezza utile della sezione resistente                            |
| $A_{sl} = 71d20$ | 222.94         | mm <sup>2</sup>   | sola armatura tesa  |
| $\rho_l$         | 0.000          |                   | <0.02   |
| $\sigma_{cp}$    | 0.0            | N/mm <sup>2</sup> | <0.2fcd   |
| $k$              | 1.2936         |                   | <2  |
| $v_{min}$        | 0.2967         |                   | □   |
|                  | 1456.56        | kN                |   |
|                  | 9912.72        | kN                |   |
| $V_{rd}$         | <b>9912.72</b> | kN                | <b>Verificata</b>   |

La verifica risulta soddisfatta.

**Verifica direzione trasversale**

|                 |                |                   |   |
|-----------------|----------------|-------------------|---|
| $V_{Ed}$        | <b>838.80</b>  | kN                | taglio sollecitante   |
| $N_{Ed}$        | 0              | kN                | sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio) |
| CLS             | C32/40         |                   |   |
| $f_{ck}$        | 33.2           | N/mm <sup>2</sup> |   |
| $\gamma_c$      | 1.5            |                   |   |
| $f_{cd}$        | 18.8           |                   |   |
| $b_w$           | 1400           | mm                | larghezza della sezione resistente                                |
| $h$             | 14400          | mm                |   |
| $d$             | 14320          | mm                | altezza utile della sezione resistente                            |
| $A_{sI} = 9D20$ | 28.26          | mm <sup>2</sup>   | sola armatura tesa ? Si   |
| $\rho_l$        | 0.000          |                   | <0.02   |
| $\sigma_{cp}$   | 0.0            | N/mm <sup>2</sup> | <0.2fcd   |
| $k$             | 1.1182         |                   | <2  |
| $V_{min}$       | 0.2385         |                   | <input type="checkbox"/>  |
|                 | 449.96         | kN                |   |
|                 | 4780.53        | kN                |   |
| $V_{rd}$        | <b>4780.53</b> | kN                | <b>Verificata</b>   |

La verifica risulta soddisfatta.

7.4.6.1.2 Verifiche in condizioni sismiche

Assecondando il criterio di gerarchia delle resistenze, si effettua la verifica tensionale del fusto, facendo rimanere la sezione in campo elastico.

Le verifiche a taglio vengono eseguite controllando che il taglio di progetto massimo sia inferiore rispetto al taglio ultimo della sezione.

Combinazione 5.1) - Presso-Flessione deviata

*Sollecitazioni di progetto*

| N Comb. | N         | Ecc. X | Ecc. Y | Mx       | My       |
|---------|-----------|--------|--------|----------|----------|
| 1       | -11512.99 | 0.00   | 0.00   | 4087.00  | 18141.83 |
| 2       | -11512.99 | 0.00   | 0.00   | 13623.35 | 5442.55  |

*Verifica*

| comb. | $\sigma$ max | $\sigma$ min | $\sigma$ s max | $\sigma$ s min |
|-------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| 1     | -3.33        | 0.00         | 134.52         | -42.16         |
| 2     | -0.90        | 0.00         | 3.43           | -12.90         |

La verifica risulta soddisfatta.

Combinazione 5.1) – Taglio

La sollecitazione massima risulta

| Combinazione di carico | N (kN)   | Tl (kN) | Tt (kN) |
|------------------------|----------|---------|---------|
| S1                     | 11512.99 | 4223.64 | 795.41  |
| S2                     | 11512.99 | 1267.09 | 2651.36 |

Secondo quanto previsto dalla normativa vigente, per le sezioni non armate a taglio si ha:

La verifica di resistenza (SLU) si pone con

$$V_{Rd} \geq V_{Ed} \quad (4.1.13)$$

dove  $V_{Ed}$  è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

$d$  è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  è la tensione media di compressione nella sezione ( $\leq 0,2 f_{cd}$ );

$b_w$  è la larghezza minima della sezione (in mm).

Verifica direzione longitudinale

|                  |                |                   |   |
|------------------|----------------|-------------------|---|
| $V_{Ed}$         | <b>4223.64</b> | kN                | taglio sollecitante   |
| $N_{Ed}$         | 0              | kN                | sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio) |
| CLS              | C32/40         |                   |   |
| $f_{ck}$         | 33.2           | N/mm <sup>2</sup> |   |
| $\gamma_c$       | 1.5            |                   |   |
| $f_{cd}$         | 18.8           |                   |   |
| $b_w$            | 14400          | mm                | larghezza della sezione resistente                                |
| $h$              | 2400           | mm                |   |
| $d$              | 2320           | mm                | altezza utile della sezione resistente                            |
| $A_{sl} = 71d20$ | 222.94         | mm <sup>2</sup>   | sola armatura tesa  |
| $\rho_l$         | 0.000          |                   | <0.02   |
| $\sigma_{cp}$    | 0.0            | N/mm <sup>2</sup> | <0.2fcd   |
| $k$              | 1.2936         |                   | <2  |
| $v_{min}$        | 0.2967         |                   | □   |
|                  | 1456.56        | kN                |   |
|                  | 9912.72        | kN                |   |
| $V_{Rd}$         | <b>9912.72</b> | kN                | <b>Verificata</b>   |

Verifica direzione trasversale

|            |                |                   |   |
|------------|----------------|-------------------|---|
| $V_{Ed}$   | <b>2651.36</b> | kN                | taglio sollecitante   |
| $N_{Ed}$   | 0              | kN                | sforzo normale + se compr. (con traz. ci vuole armatura a taglio) |
| CLS        | C32/40         |                   |   |
| $f_{ck}$   | 33.2           | N/mm <sup>2</sup> |   |
| $\gamma_c$ | 1.5            |                   |   |

|                 |                |                   |  |
|-----------------|----------------|-------------------|--|
| $f_{cd}$        | 18.8           |                   |  |
| $b_w$           | 1400           | mm                | larghezza della sezione resistente     |
| $h$             | 14400          | mm                |  |
| $d$             | 14320          | mm                | altezza utile della sezione resistente |
| $A_{sl} = 9D20$ | 28.26          | mm <sup>2</sup>   | sola armatura tesa                     |
| $\rho_l$        | 0.000          |                   | <0.02                                  |
| $\sigma_{cp}$   | 0.0            | N/mm <sup>2</sup> | <0.2fcd                                |
| $k$             | 1.1182         |                   | <2                                     |
| $V_{min}$       | 0.2385         |                   | □                                      |
|                 | 449.96         | kN                |  |
|                 | 4780.53        | kN                |  |
| $V_{rd}$        | <b>4780.53</b> | kN                | <b>Verificata</b>                      |

#### 7.4.6.2 VERIFICHE DEL PULVINO

La tipologia della pila in oggetto non presenta in sommità l'elemento strutturale "Pulvino".

#### 7.4.6.3 PLATEA DI FONDAZIONE

In riferimento ai dati riportati nel paragrafo relativo le sollecitazioni platea, si riportano le verifiche specifiche.

La sollecitazione massima risulta

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmax,aff (kN) |
|------------------------|-----------|---------------|
| U4b                    | 3613.49   | 2895.41       |
| S1                     | 3625.92   | 2907.84       |

#### *Caratteristiche geometriche della sezione*

Altezza sezione: 1.50 m

2-2) Armatura direzione longitudinale

*Estradosso*

1  $\phi$  16/20"

$$c = 50 + 16 + 1.6/2 = 74.0\text{mm}$$

1-1) Armatura direzione trasversale

*Estradosso*

1  $\phi$  16/20"

$$c = 50 + 16/2 = 58.0\text{mm}$$

*Intradosso*

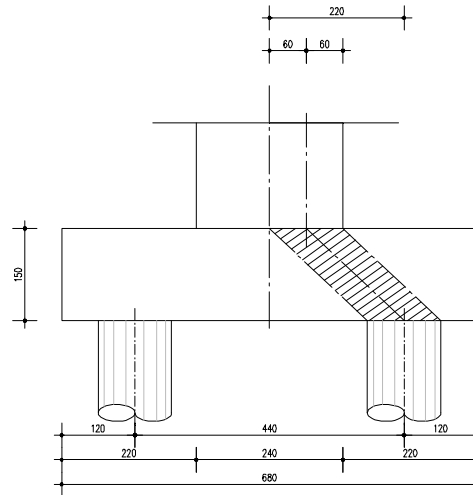
1  $\phi$  25/20" + 1  $\phi$  25/20"

$$c = 50 + 25 + 25/2 = 87.5\text{mm}$$

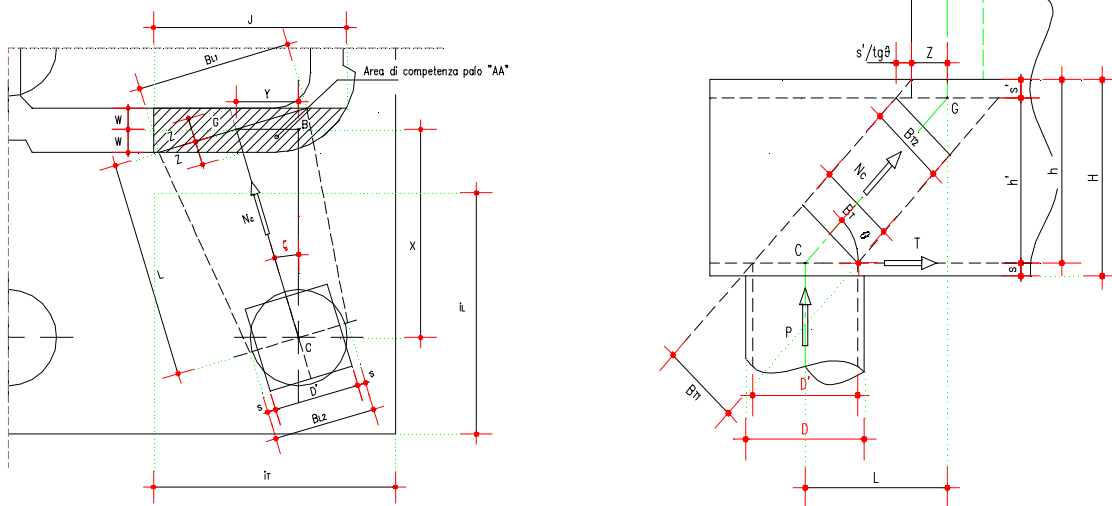
*Intradosso*

1  $\phi$  25/20"

$$c = 50 + 25/2 = 62.5\text{mm}$$



Per le caratteristiche geometriche della sezione in oggetto si imposta la verifica come “sezione Tozza”: si individua quindi la biella compressa che dal centro del palo si attesta ad  $\frac{1}{4}$  della sezione del fusto, secondo lo schema riportato nel grafico seguente.





### Verifica plinto di fondazione con il "metodo delle bielle"

**Pila P1: Palo di bordo tipo "A"**

#### Dati geometrici

|  |                                |        |        |
|--|--------------------------------|--------|--------|
| Distanza trasversale baricentro G dell' area "AA" di competenza palo / palo:     | Y =                            | 0.600  | [ m ]  |
| Distanza longitudinale baricentro "G" dell' area "AA" di competenza palo / palo: | X =                            | 2.200  | [ m ]  |
| Larghezza area "AA":   | J =                            | 3.000  | [ m ]  |
| Angolo tra la direzione longitudinale e quella della biella tesa:                | $\zeta = \arctg ( Y / X ) =$   | 15.255 | [ ° ]  |
| Distanza palo / baricentro G:  | $L = X / \cos \zeta =$         | 2.280  | [ m ]  |
| Distanza longitudinale baricentro G / bordo area "AA":                           | W =                            | 1.200  | [ m ]  |
| Distanza, lungo la direzione della biella tesa, baricentro G / bordo area "AA":  | $Z = W / \cos \zeta =$         | 1.244  | [ m ]  |
| Diametro palo:   | D =                            | 1.20   | [ m ]  |
| Lato sezione quadrata equivalente:   | $D' = D/2 * \sqrt{\pi} =$      | 1.06   | [ m ]  |
| Spessore plinto di fondazione:   | H =                            | 1.50   | [ m ]  |
| Copriferro baricentro armatura tesa:   | s =                            | 10     | [ cm ] |
| Altezza utile plinto:  | $h = H - s =$                  | 1.40   | [ m ]  |
| Braccio del tirante:   | $h' = 0.85 * h =$              | 1.19   | [ m ]  |
| Altezza utile plinto - braccio del tirante:                                      | $s' = h - h' = 0.15 * h =$     | 0.21   | [ m ]  |
| Angolo di inclinazione della direzione del puntone rispetto all'orizzontale:     | $\theta = \arctg ( h' / L ) =$ | 27.56  | [ ° ]  |

#### Area sezione biella compressa

|  |  |       |       |
|--|--|-------|-------|
| Base in direzione trasversale: $B_T = \min [ B_{T1}; B_{T2} ]$                             |  | 0.492 | [ m ] |
| con:   |  |       |       |
| $B_{T1} = D' * \sin \theta =$  |  | 0.492 | [ m ] |
| $B_{T2} = 2 * (Z + s' / \tan \theta) * \sin \theta =$                                      |  | 1.523 | [ m ] |
| Base in direzione longitudinale: $B_L = \min [ B_{L1}; B_{L2} ]$                           |  | 1.263 | [ m ] |
| con:   |  |       |       |
| $B_{L1} = 2 * Z / \tan \zeta, \text{ se } \zeta \neq 0; B_{L1} = J, \text{ se } \zeta = 0$ |  | 9.121 | [ m ] |
| $B_{L2} = D' + 2 * s =$  |  | 1.263 | [ m ] |

#### Armatura

|  |  |        |                     |
|--|--|--------|---------------------|
| Larghezza di influenza in direzione trasversale: $i_T =$                             |  | 3.400  | [ m ]               |
| Armatura in direzione longitudinale: $A_{aL} = (1\phi_{25}/20 + 1f_{25}/20) * i_T =$ |  | 166.94 | [ cm <sup>2</sup> ] |
| Larghezza di influenza in direzione longitudinale: $i_L =$                           |  | 3.300  | [ m ]               |
| Armatura in direzione trasversale: $A_{aT} = (1f_{25}/20) * i_L =$                   |  | 81.015 | [ cm <sup>2</sup> ] |

#### 7.4.6.3.1 Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A)

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" siano inferiori ai valori di rottura indicati dalla normativa.

**b) Condizioni di esercizio**

|  |  |         |                       |
|--|--|---------|-----------------------|
| Carico sul palo: $P =$   |  | 2895.41 | [ kN ]                |
| Compressione nel puntone: $N_{ce} = P / \sin\theta =$  |  | 6258.41 | [ kN ]                |
| Tiro nella biella tesa: $T_e = N_{ce} * \cos\theta =$  |  | 5548.36 | [ kN ]                |
| Tiro longitudinale: $T_{Le} = T_e * \cos\zeta =$   |  | 5352.86 | [ kN ]                |
| Tiro trasversale: $T_{Te} = T_e * \sin\zeta =$   |  | 1459.87 | [ kN ]                |
| <b>Verifica armatura biella tesa</b>   |  |         |                       |
| In direzione longitudinale: $\sigma_{ae} = T_{Le} / A_{aL} =$                                  |  | 320.65  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{amm\_Le} =$   |  | 360.00  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| In direzione trasversale: $\sigma_{ae} = T_{Te} / A_{aT} =$                                    |  | 180.20  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{amm\_Te} =$   |  | 360.00  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| <b>Verifica a compressione del puntone [ <math>N_c = \max(N_{cs}, N_{ce}, N_{cf})</math> ]</b> |  |         |                       |
| $\sigma_c = N_c / (B_T * B_L) =$   |  | 10.11   | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{c\_amm} =$  |  | 15.00   | [ N/mm <sup>2</sup> ] |

La verifica risulta soddisfatta.

7.4.6.3.2 Verifiche in condizioni sismiche

Le verifiche vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" siano inferiori allo stato limite tensionale indicato dalla normativa per la condizione rara (resistenza a compressione della biella compressa, resistenza a trazione dell'armatura tesa).

Si effettua la verifica in campo elastico come prescritto dalla normativa

**a) Condizioni sismiche**

|  |  |         |                       |
|--|--|---------|-----------------------|
| Carico sul palo: $P =$   |  | 2907.84 | [ kN ]                |
| Compressione nel puntone: $N_{cs} = P / \sin\theta =$  |  | 6285.28 | [ kN ]                |
| Tiro nella biella tesa: $T_s = N_{cs} * \cos\theta =$  |  | 5572.18 | [ kN ]                |
| Tiro longitudinale: $T_{Ls} = T_s * \cos\zeta =$   |  | 5375.84 | [ kN ]                |
| Tiro trasversale: $T_{Ts} = T_s * \sin\zeta =$   |  | 1466.14 | [ kN ]                |
| <b>Verifica armatura biella tesa</b>   |  |         |                       |
| In direzione longitudinale: $\sigma_{as} = T_{Ls} / A_{aL} =$                                  |  | 322.02  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{amm\_Ls} =$   |  | 360.00  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| In direzione trasversale: $\sigma_{as} = T_{Ts} / A_{aT} =$                                    |  | 180.97  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{amm\_Ts} =$   |  | 360.00  | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| <b>Verifica a compressione del puntone [ <math>N_c = \max(N_{cs}, N_{ce}, N_{cf})</math> ]</b> |  |         |                       |
| $\sigma_c = N_c / (B_T * B_L) =$   |  | 10.11   | [ N/mm <sup>2</sup> ] |
| Tensione ammissibile: $\sigma_{c\_amm} =$  |  | 15.00   | [ N/mm <sup>2</sup> ] |

Tali tensioni sono minori rispetto a quelle di limite elastico dunque la verifica è soddisfatta.

7.4.6.3.3 Verifica di punzonamento della platea

Si esegue la verifica di punzonamento della platea per effetto dell'azione assiale ultima trasmessa dal palo più sollecitato.

La forza resistente al punzonamento è pari a:

$$F_d = 0.5 * u * h * f_{ctd}$$

Il termine “u” è il perimetro ottenuto dal contorno effettivo del palo mediante una ripartizione a 45° fino al piano medio della platea.

La sollecitazione massima trasmessa è in condizione sismiche

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmax,aff (kN) |
|------------------------|-----------|---------------|
| S1                     | 3625.92   | 2907.84       |

| VERIFICA A PUNZONAMENTO  |         |                   |  |
|--------------------------|---------|-------------------|--|
| <b>N<sub>sdu</sub></b>   | 2907.84 | kN                |  |
| <b>R<sub>ck</sub></b>    | 30      | N/mm <sup>2</sup> |  |
| <b>f<sub>yk</sub></b>    | 450     | N/mm <sup>2</sup> |  |
| <b>f<sub>cd</sub></b>    | 14.11   | N/mm <sup>2</sup> |  |
| <b>f<sub>ctd</sub></b>   | 1.19    | N/mm <sup>2</sup> | resistenza a trazione di un cls R <sub>ck</sub> 30 |
| <b>f<sub>yd</sub></b>    | 391.30  | N/mm <sup>2</sup> |  |
| <b>h</b>                 | 150.00  | cm                | spessore della platea                              |
| <b>u</b>                 | 847.80  | cm                | perimetro proiezione                               |
| <input type="checkbox"/> |         |                   |  |
| <b>F<sub>Ru</sub></b>    | 7590.71 | kN                |  |
| SEZIONE VERIFICATA       |         |                   |  |

## 7.4.7 VERIFICA DELLA PALIFICATA DI FONDAZIONE

### 7.4.7.1 VERIFICA STRUTTURALE DEI PALI

I pali sono soggetti ad un'azione di sforzo normale ed ad un'azione tagliante necessaria ad equilibrare le spinte.

Per valutare le caratteristiche di sollecitazione nel palo, relative all'azione tagliante applicata in sommità, si segue l'ipotesi di Winkler, assumendo il coefficiente  $k = 0.030\text{N/mm}^3$  (valore plausibile per i terreni attraversati) ed ipotizzando che la pur debole coesione degli strati superficiali consenta una risposta 'elastica anche alle quote più alte ove il carico di terra è modesto.

#### Verifiche in condizioni di esercizio

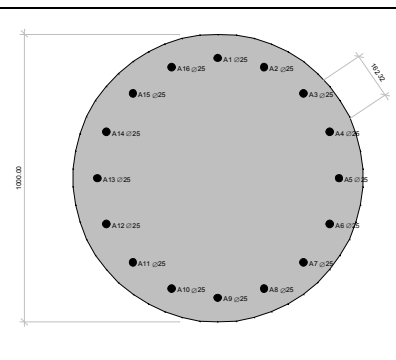
1A) Dominio di rottura

#### Verifiche in condizioni sismiche

5.2) Verifica tensionale

#### 7.4.7.1.1 Caratteristiche geometriche dei pali

|                            |          |                      |                                   |
|----------------------------|----------|----------------------|-----------------------------------|
| Diametro palo              | $\phi_p$ | = 1200 mm            |                                   |
| Area palo                  | $A_p$    | = $\pi * \phi_p^2/4$ | 11310 cm <sup>2</sup>             |
| Armatura corrente del palo | $A_a$    | = 16 $\phi$ 25=      | 78.5 cm <sup>2</sup> > 0.3% $A_p$ |
| Copriferro                 | c        | = 82 mm              |                                   |
| Lunghezza palo             | L        | = 25.00 m            |                                   |



#### 7.4.7.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo - Combinazione 1A)

Le verifiche a presso-flessione vengono eseguite controllando che per la combinazione di carico più gravosa i valori delle sollecitazioni calcolati in precedenza e riportati nel paragrafo "Sollecitazioni sugli elementi strutturali" rientrino all'interno del dominio di rottura SLU della sezione di verifica.

Le verifiche a taglio vengono eseguite controllando che il taglio di progetto massimo sia inferiore rispetto al taglio ultimo della sezione.

#### Combinazione 1A) - Presso-Flessione deviata

Si effettua la verifica a Rottura

#### Sollecitazioni Resistenti (M,N)

| Piano | Soll. Minima | Def. Limite | Soll. Massima | Def. Limite |
|-------|--------------|-------------|---------------|-------------|
|-------|--------------|-------------|---------------|-------------|

|    |           |               |         |               |
|----|-----------|---------------|---------|---------------|
| N  | -17994.61 | -0.0035 (sez) | 3073.30 | 0.01 (arm)    |
| Mx | -1374.04  | -0.0035 (sez) | 1374.04 | -0.0035 (sez) |
| My | -1373.93  | -0.0035 (sez) | 1373.93 | -0.0035 (sez) |

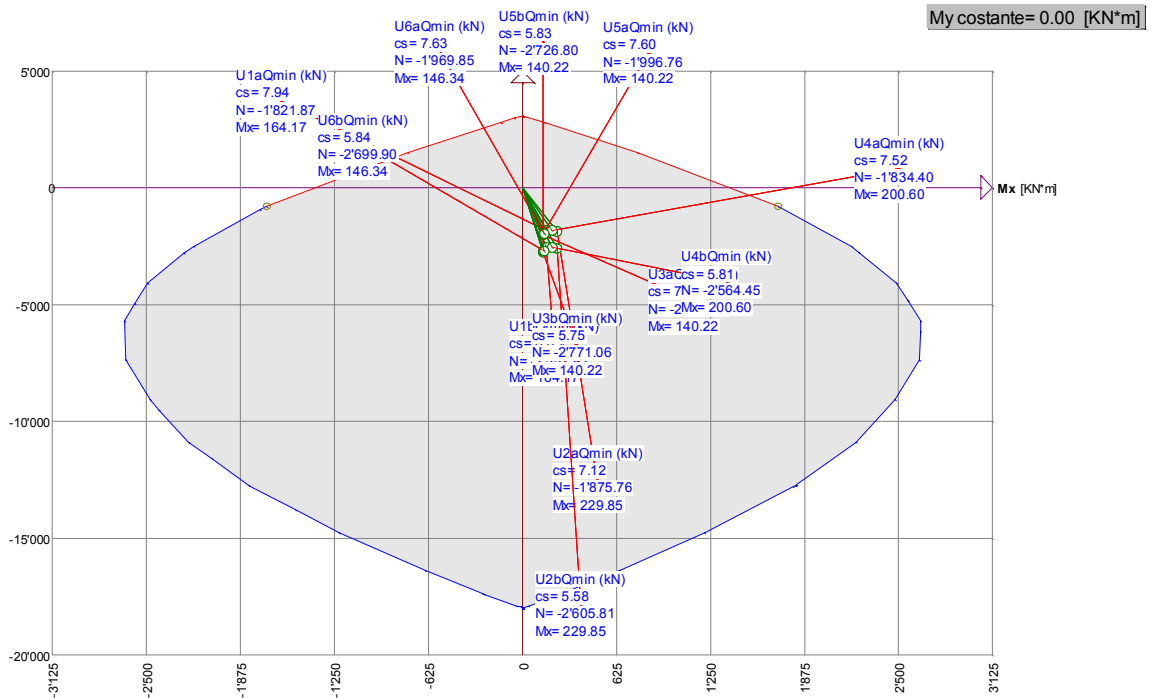
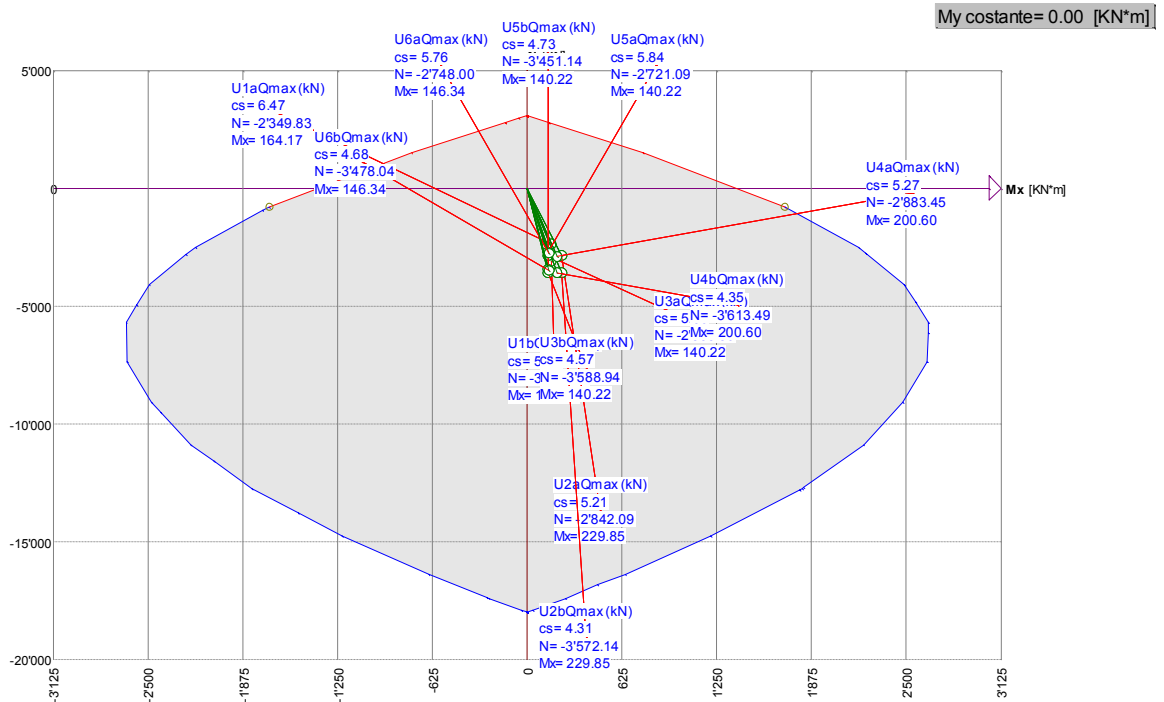
*Sollecitazioni di progetto*

| Comb | Desc.        | N        | Ecc. X | Ecc. Y | Mx     | My   |
|------|--------------|----------|--------|--------|--------|------|
| 1    | U1aQmax (kN) | -2349.83 | 0.00   | 0.00   | 164.17 | 0.00 |
| 2    | U1bQmax (kN) | -3079.88 | 0.00   | 0.00   | 164.17 | 0.00 |
| 3    | U2aQmax (kN) | -2842.09 | 0.00   | 0.00   | 229.85 | 0.00 |
| 4    | U2bQmax (kN) | -3572.14 | 0.00   | 0.00   | 229.85 | 0.00 |
| 5    | U3aQmax (kN) | -2858.89 | 0.00   | 0.00   | 140.22 | 0.00 |
| 6    | U3bQmax (kN) | -3588.94 | 0.00   | 0.00   | 140.22 | 0.00 |
| 7    | U4aQmax (kN) | -2883.45 | 0.00   | 0.00   | 200.60 | 0.00 |
| 8    | U4bQmax (kN) | -3613.49 | 0.00   | 0.00   | 200.60 | 0.00 |
| 9    | U5aQmax (kN) | -2721.09 | 0.00   | 0.00   | 140.22 | 0.00 |
| 10   | U5bQmax (kN) | -3451.14 | 0.00   | 0.00   | 140.22 | 0.00 |
| 11   | U6aQmax (kN) | -2748.00 | 0.00   | 0.00   | 146.34 | 0.00 |
| 12   | U6bQmax (kN) | -3478.04 | 0.00   | 0.00   | 146.34 | 0.00 |
| 1    | U1aQmin (kN) | -1821.87 | 0.00   | 0.00   | 164.17 | 0.00 |
| 2    | U1bQmin (kN) | -2551.92 | 0.00   | 0.00   | 164.17 | 0.00 |
| 3    | U2aQmin (kN) | -1875.76 | 0.00   | 0.00   | 229.85 | 0.00 |
| 4    | U2bQmin (kN) | -2605.81 | 0.00   | 0.00   | 229.85 | 0.00 |
| 5    | U3aQmin (kN) | -2041.01 | 0.00   | 0.00   | 140.22 | 0.00 |
| 6    | U3bQmin (kN) | -2771.06 | 0.00   | 0.00   | 140.22 | 0.00 |
| 7    | U4aQmin (kN) | -1834.40 | 0.00   | 0.00   | 200.60 | 0.00 |
| 8    | U4bQmin (kN) | -2564.45 | 0.00   | 0.00   | 200.60 | 0.00 |
| 9    | U5aQmin (kN) | -1996.76 | 0.00   | 0.00   | 140.22 | 0.00 |
| 10   | U5bQmin (kN) | -2726.80 | 0.00   | 0.00   | 140.22 | 0.00 |
| 11   | U6aQmin (kN) | -1969.85 | 0.00   | 0.00   | 146.34 | 0.00 |
| 12   | U6bQmin (kN) | -2699.90 | 0.00   | 0.00   | 146.34 | 0.00 |

*Verifica*

| Comb | Coeff. di sicurezza | Mat. limitazione |
|------|---------------------|------------------|
| 1    | 6.4658              | sezione          |
| 2    | 5.1347              | sezione          |
| 3    | 5.2100              | sezione          |
| 4    | 4.3097              | sezione          |
| 5    | 5.5903              | sezione          |
| 6    | 4.5664              | sezione          |
| 7    | 5.2729              | sezione          |
| 8    | 4.3527              | sezione          |
| 9    | 5.8373              | sezione          |
| 10   | 4.7302              | sezione          |
| 11   | 5.7556              | sezione          |
| 12   | 4.6764              | sezione          |
| 1    | 7.9396              | sezione          |
| 2    | 6.0329              | sezione          |
| 3    | 7.1225              | sezione          |
| 4    | 5.5781              | sezione          |
| 5    | 7.4647              | sezione          |
| 6    | 5.7453              | sezione          |
| 7    | 7.5165              | sezione          |
| 8    | 5.8096              | sezione          |
| 9    | 7.6026              | sezione          |
| 10   | 5.8266              | sezione          |
| 11   | 7.6330              | sezione          |
| 12   | 5.8444              | sezione          |

Dominio



La verifica risulta soddisfatta.

Combinazione 1A) - Taglio

Si effettua la verifica a taglio ultimo: le sollecitazioni massime di taglio (con Nmin associato) risultano:

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmin (kN) | Hmax (kN) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| U2a                    | 2842.09   | 1875.76   | 105.87    |
| U2b                    | 3572.14   | 2605.81   | 105.87    |

|                             |   |          |    |   |
|-----------------------------|---|----------|----|---|
| $V_{rd}$                    | = | 828.20   | kN | Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio |
| $V_{ed}$                    | = | 105.87   | kN | Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente                                   |
| $V_{rsd}$                   | = | 828.20   | kN | Resistenza di calcolo a "taglio trazione"   |
| $V_{rcd}$                   | = | 2933.41  | kN | Resistenza di calcolo a "taglio compressione"                                     |
| $N_{ed}$                    | = | -1875.76 | kN | Valore di calcolo dello sforzo normale (negativo se di compressione)              |
| sezione verificata a taglio |   |          |    |   |

|          |   |        |    |   |
|----------|---|--------|----|---|
| $\theta$ | = | 30.00  | °  | Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave |
| $b_w$    | = | 108.00 | cm | Larghezza utile della sezione                             |
| $d$      | = | 86.48  | cm | Altezza utile della sezione                               |

|               |   |     |                   |   |
|---------------|---|-----|-------------------|---|
| $\phi_{staf}$ | = | 10  | mm                | Diametro staffe   |
| $A_{sw}$      | = | 157 | mm <sup>2</sup>   | Area armatura trasversale   |
| s             | = | 10  | cm                | Interasse tra due armature trasversali consecutive                            |
| $\alpha$      | = | 90  | °                 | angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave |
| $f_{yk}$      | = | 450 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe                |

#### 7.4.7.1.3 Verifiche in condizioni sismiche

Dovendo sottostare alle condizioni di gerarchia delle resistenze, e come prescritto dalla Normativa nel capitolo § 7.2.5 (requisiti strutturali degli elementi di fondazione), è da evitare la formazione di cerniere plastiche nei pali di fondazione. Qualora non fosse possibile escluderne la formazione, le corrispondenti sezioni devono essere progettate per un comportamento duttile e opportunamente confinate. L'armatura perimetrale di confinamento dei pali di fondazione, di diametro non inferiore a 8 mm, deve essere costituita da spirale continua per tutti i tratti interessati da potenziali cerniere plastiche. In tali tratti, assunti di dimensione almeno pari a 3 volte il diametro, e comunque per uno sviluppo, a partire dalla testa del palo, di almeno 10 diametri, l'armatura longitudinale deve avere area non inferiore all'1% di quella del calcestruzzo. Si effettuano quindi le verifiche tensionali.

#### Combinazione 5.2) - Presso-Flessione deviata

##### Sollecitazioni

| N Comb. | N        | Ecc. X | Ecc. Y | Mx      | My   |
|---------|----------|--------|--------|---------|------|
| 1       | -3625.92 | 0.00   | 0.00   | 1167.00 | 0.00 |
| 2       | -3101.21 | 0.00   | 0.00   | 798.90  | 0.00 |
| 3       | -545.78  | 0.00   | 0.00   | 1167.00 | 0.00 |
| 4       | -1070.48 | 0.00   | 0.00   | 798.90  | 0.00 |

Tensioni massime nei materiali :

| comb. | $\sigma$ max | $\sigma$ min | $\sigma$ s max | $\sigma$ s min |
|-------|--------------|--------------|----------------|----------------|
| 1     | -10.07       | 0.00         | 65.86          | -133.00        |
| 2     | -6.94        | 0.00         | 23.69          | -93.48         |
| 3     | -12.29       | 0.00         | 373.71         | -137.97        |
| 4     | -7.90        | 0.00         | 162.76         | -95.17         |

**Combinazione 5.2) – Taglio**

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmin (kN) | Hmax (kN) |
|------------------------|-----------|-----------|-----------|
| S1                     | 3625.92   | 545.78    | 537.52    |
| S2                     | 3101.21   | 1070.48   | 367.98    |

|                             |   |         |    |  |
|-----------------------------|---|---------|----|--|
| $V_{rd}$                    | = | 956.39  | kN | Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio/1.25 |
| $V_{ed}$                    | = | 537.52  | kN | Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente  |
| $V_{rsd}$                   | = | 1195.48 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio trazione"  |
| $V_{rcd}$                   | = | 2129.52 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio compressione"  |
| $N_{ed}$                    | = | -545.78 | kN | Valore di calcolo dello sforzo normale (negativo se di compressione)                   |
| sezione verificata a taglio |   |         |    |  |

|          |   |        |    |   |
|----------|---|--------|----|---|
| $\theta$ | = | 21.80  | °  | Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave |
| $b_w$    | = | 108.00 | cm | Larghezza utile della sezione                             |
| $d$      | = | 86.48  | cm | Altezza utile della sezione                               |

|               |   |     |                   |   |
|---------------|---|-----|-------------------|---|
| $\phi_{staf}$ | = | 10  | mm                | Diametro staffe   |
| $A_{sw}$      | = | 157 | mm <sup>2</sup>   | Area armatura trasversale   |
| s             | = | 10  | cm                | Interasse tra due armature trasversali consecutive                            |
| $\alpha$      | = | 90  | °                 | angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave |
| $f_{vk}$      | = | 450 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe                |

La verifica risulta soddisfatta.



## 8 RELAZIONE DI CALCOLO SPALLE

Nel documento verrà affrontato il calcolo delle sollecitazioni trasmesse agli elementi di sostegno dell'opera: in particolare nel seguito verrà riportato il dimensionamento relativo la spalla SB, essendo la più sollecitata, mentre si omette di riportare quelli relativi la spalla SA.

### 8.1 SCHEMATIZZAZIONE DELLA STRUTTURA

Per la valutazione delle sollecitazioni sulle strutture facenti parte della spalla si è fatto ricorso ad un modello di calcolo con l'elaboratore, utilizzando il programma di calcolo agli elementi finiti Sap2000 della CSI. Si sono implementati i singoli elementi strutturali come di seguito descritto.

#### 8.1.1 SPALLA

La spalla è l'elemento principale di verifica: è quindi stata implementata come struttura ogni sua parte.

##### Pali

I pali sono schematizzati come elementi frame di rigidezza equivalente al palo in oggetto (modulo elastico relative il material, area relative l'elemento) immerso in un suolo elastico alla Winkler; la schematizzazione del terreno viene quindi fatta tramite "line spring", molle lineari nelle 2 direzioni principali dell'elemento.

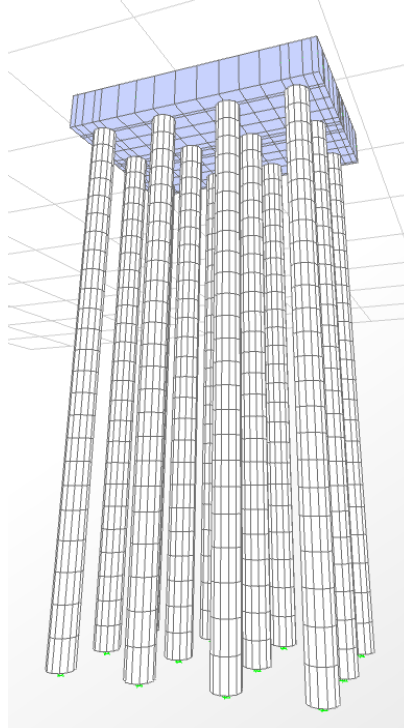


Figura 8.1 Schema 3D palificata

##### Fondazioni

La platea di fondazione è stata schematizzata come elemento shell.

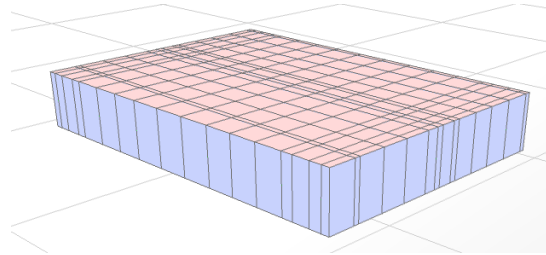


Figura 8.2 Schema reticolo di fondazione

### Elevazione

I muri di risvolto e il muro paraghiaia sono stati schematizzati come elementi shell.

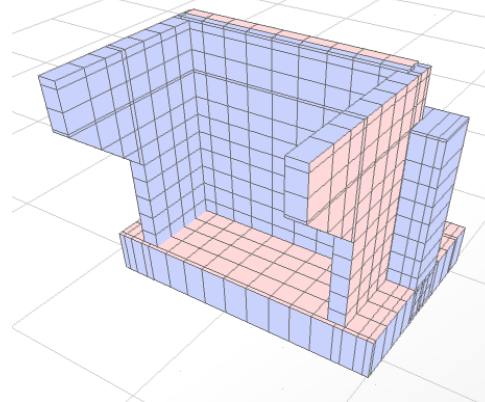


Figura 8.3 Schema elevazioni

### Elementi accessori

Gli altri elementi introdotti nel modello relativamente alla spalla sono quelli denominati “rigidi” funzionali ad una corretta schematizzazione della struttura e dotati di peso nullo e rigidità elevata.

### **8.1.2 IMPALCATO**

Per la struttura della spalla l’impalcato rappresenta un carico che deve essere correttamente trasmesso alla struttura sottostante. Per tale motivo si sono implementati degli elementi fittizi di ausilio denominati: appoggi, traversi (T.C1, T.C2 e T.Cordolo) e barriera.

Per quanto riguarda gli appoggi si tratta di elementi tipo “frame” con sezione fittizia circolare (0,01m di diametro) e costituiti da un materiale fittizio “nullo” caratterizzato da un peso specifico nullo e modulo elastico basso. L’elevata deformabilità dell’elemento appoggio ha consentito il trasferimento del carico da parte dell’impalcato, rispetto alla struttura delle spalle e delle pile, in modo differenziale, tenendo conto anche della deformazione trasversale dell’impalcato stesso determinata dai carichi sull’impalcato.

I traversi sono stati funzionali all’introduzione dei carichi mobili da ponte. Si tratta di elementi tipo “frame” con sezione fittizia circolare (1m di diametro) e materiale “rigido” caratterizzato da un peso specifico nullo e modulo elastico molto elevato. Il peso proprio è stato introdotto direttamente con i carichi e l’alto modulo associato all’elevata sezione ha consentito un trasferimento totale del carico alla sottostruttura.

La barriera infine ha permesso l'introduzione dell'azione del vento. Anch'essa è stata schematizzata ad elemento "frame", con sezione circolare (diametro 10m) e materiale "rigido". Il peso proprio di tali elementi è stato attribuito come peso proprio direttamente sul traverso e il tipo di materiale e la sezione hanno permesso un completo trasferimento del carico del vento sull'impalcato data la scarsa deformabilità dell'elemento.

**TABLE: Material Properties 02 - Basic Mechanical Properties**

| Material                    | UnitWeight | UnitMass | E1          | G12         | U12      | A1        |
|-----------------------------|------------|----------|-------------|-------------|----------|-----------|
| Text                        | KN/m3      | KN-s2/m4 | KN/m2       | KN/m2       | Unitless | 1/C       |
| 4000Psi                     | 23.563     | 2.4028   | 24855578.28 | 10356490.95 | 0.2      | 0.0000099 |
| A615Gr60                    | 76.973     | 7.849    | 199947978.8 |             |          | 0.0000117 |
| A992Fy50                    | 76.973     | 7.849    | 199947978.8 | 76903068.77 | 0.3      | 0.0000117 |
| C20/25                      | 25         | 2.5493   | 30200000    | 12583333.33 | 0.2      | 0.000001  |
| C35/45                      | 25         | 2.5493   | 34625000    | 14427083.33 | 0.2      | 0.000001  |
| ElevazionePesoNulla         | 0          | 0        | 33019000    | 13757916.67 | 0.2      | 0.000001  |
| Nulla                       | 0          | 0        | 100000      | 45454.55    | 0.1      | 0.000001  |
| PlateaBeam                  | 0          | 0        | 33019000    | 13757916.67 | 0.2      | 0.000001  |
| PlateaShell_2m              | 5000       | 509.86   | 33019000    | 13757916.67 | 0.2      | 0.000001  |
| PlateaShell_alta133         | 3325       | 339.06   | 33019000    | 13757916.67 | 0.2      | 0.000001  |
| PlateaShell_alta60          | 1500       | 152.96   | 33019000    | 13757916.67 | 0.2      | 0.000001  |
| PlateaShell_bassa_esistente | 2625       | 267.68   | 33019000    | 13757916.67 | 0.2      | 0.000001  |
| Rigido                      | 0          | 0        | 10000000000 | 4166666667  | 0.2      | 0.000001  |
| S275                        | 78.5       | 8.0048   | 210000000   | 80769230.77 | 0.3      | 0.0000117 |
| S355                        | 78.5       | 8.0048   | 210000000   | 80769230.77 | 0.3      | 0.0000117 |
| Tirante                     | 0          | 0        | 98066.5     | 44575.68    | 0.1      | 1         |

**TABLE: Area Section Properties**

| Section         | Material            | MatAngle | AreaType | Type        | Thickness | BendThick |
|-----------------|---------------------|----------|----------|-------------|-----------|-----------|
| Text            | Text                | Degrees  | Text     | Text        | m         | m         |
| Parag.Orizz     | C35/45              | 0        | Shell    | Shell-Thick | 0.3       | 0.3       |
| Paraghiaia      | C35/45              | 0        | Shell    | Shell-Thick | 0.5       | 0.5       |
| ParaghiaiaNulla | ElevazionePesoNulla | 0        | Shell    | Shell-Thick | 0.5       | 0.5       |
| Parete220       | C35/45              | 0        | Shell    | Shell-Thick | 2.2       | 2.2       |
| Parete220_Nulla | C35/45              | 0        | Shell    | Shell-Thick | 2.2       | 2.2       |
| Parete80        | C35/45              | 0        | Shell    | Shell-Thick | 0.8       | 0.8       |
| Parete80_Nulla  | ElevazionePesoNulla | 0        | Shell    | Shell-Thick | 0.8       | 0.8       |
| Platea_2m       | PlateaShell_2m      | 0        | Shell    | Shell-Thin  | 0.01      | 0.01      |

**TABLE: Frame Section Properties 01 - General**

| SectionName        | Material   | Shape       | t3     | t2   |
|--------------------|------------|-------------|--------|------|
| Text               | Text       | Text        | m      | m    |
| Appoggio           | Nulla      | Circle      | 0.01   |      |
| BarrieraAntiRumore | Rigido     | Circle      | 10     |      |
| Micropali          | C20/25     | Circle      | 0.24   |      |
| Palo1200-L20       | C20/25     | Circle      | 1.2    |      |
| Rigido             | Rigido     | Circle      | 10     |      |
| S1.1               | PlateaBeam | Rectangular | 2      | 3.6  |
| S1.2               | PlateaBeam | Rectangular | 2      | 1.08 |
| S1.3               | PlateaBeam | Rectangular | 2      | 1.27 |
| S1.4               | PlateaBeam | Rectangular | 2      | 0.8  |
| S1.5               | PlateaBeam | Rectangular | 2      | 0.67 |
| T.C1               | Rigido     | Circle      | 1      |      |
| T.C2               | Rigido     | Circle      | 1      |      |
| T.Cordolo          | Rigido     | Circle      | 1      |      |
| TIRANTI            | Tirante    | Circle      | 0.0113 |      |
| _NULLO             | Nulla      | General     | 0.05   | 0.05 |

SCHEMA GENERALE DEL MODELLO

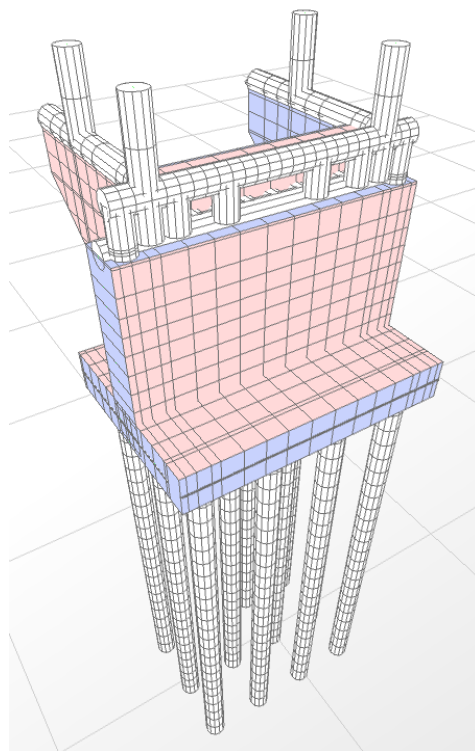


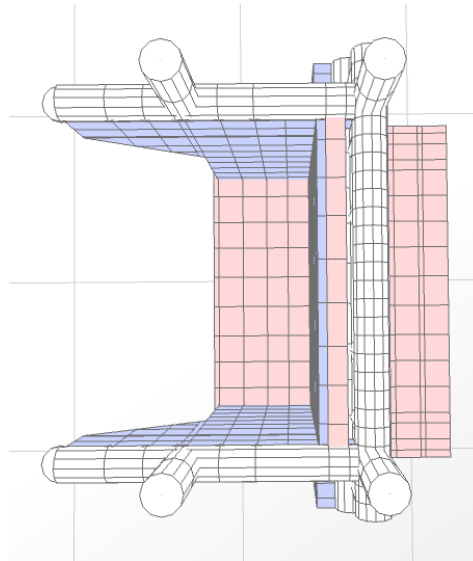
Figura 8.4 Schema 3D

### 8.1.3 CONVENZIONI SUI SEGNI

Il sistema di riferimento globale è costituito dagli assi X, Y con l'asse X parallelo all'asse del ponte. In direzione longitudinale X, si considerano positive le azioni che hanno effetto destabilizzante nei confronti della spalla.

RISVOLTO SINISTRO

RISVOLTO DESTRO



FUSTO e PARAGHIAIA

## 8.2 DATI PER ANALISI SISMICA

L'analisi sismica è stata condotta secondo il metodo dell'Analisi Statica Equivalente.

Come si è già ripetuto la struttura della spalla deve conservare sotto l'azione sismica un comportamento elastico, quindi senza innesco di sistemi dissipativi (cerniere plastiche stabili). Le verifiche sismiche delle spalle da ponte possono essere eseguite applicando l'azione sismica (azione statica equivalente) indipendentemente nelle due direzioni orizzontali, rispettivamente trasversale e longitudinale e combinandole successivamente tra di loro.

Gli effetti massimi generati dalle due componenti sismiche ai fini delle verifiche di resistenza allo SLU, possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto:

$$\gamma_1 \times E + G_k + P_k$$

Le combinazioni delle azioni dovute alle due componenti orizzontali sono ottenute utilizzando come azione di progetto (§ 7.3.5), la combinazione più sfavorevole tra:

$$E_L = A_{EL} + 0.30 A_{ET}$$

$$E_T = A_{ET} + 0.30 A_{EL}$$

Per il calcolo delle forze d'inerzia agenti sulla spalla, vengono considerati i contributi di tutte le sue parti nonché del terreno imbarcato.

## 8.3 ELENCO DATI

### 8.3.1 DATI RELATIVI ALLE TRAVI

|   |        |              |
|---|--------|--------------|
| numero travi  |        | <b>2</b>     |
| lunghezza travi                                     | (m)    | <b>62.60</b> |
| peso singola trave                                  | (kN/m) | <b>93.88</b> |
| interasse travi                                     | (m)    | <b>12.10</b> |
| altezza trave                                       | (m)    | <b>4.00</b>  |
| interasse giunti                                    | (m)    | <b>62.60</b> |
| Interasse appoggi (campata): L                      | (m)    | <b>61.60</b> |
| Lunghezza di afferenza carichi permanenti Impalcato | (m)    | <b>31.25</b> |

### 8.3.2 DATI RELATIVI ALLA SOLETTA, ALLA PAVIMENTAZIONE ED ALLE FINITURE

|   |     |              |
|---|-----|--------------|
| larghezza soletta (totale da esterno veletta a esterno veletta)           | (m) | <b>13.00</b> |
| spessore soletta  | (m) | <b>0.00</b>  |
| larghezza cordolo n.1 sx - esterno -                                      | (m) | <b>2.00</b>  |
| larghezza cordolo n.2 sx - interno -                                      | (m) | <b>0.00</b>  |
| larghezza cordolo n.1 dx - esterno -                                      | (m) | <b>2.00</b>  |
| larghezza cordolo n.2 dx - interno -                                      | (m) | <b>0.00</b>  |
| altezza cordoli   | (m) | <b>0.60</b>  |
| peso aggiuntivo (barriere di sicurezza/antirumore, velette, polifore, ..) |     |              |

|  |  |        |             |
|--|--|--------|-------------|
| cordolo n.1 sx - esterno                             |  | (kN/m) | <b>4.00</b> |
| cordolo n.2 sx - interno                             |  | (kN/m) | <b>0.00</b> |
| cordolo n.3 dx - esterno                             |  | (kN/m) | <b>4.00</b> |
| cordolo n.4 dx - interno                             |  | (kN/m) | <b>0.00</b> |
| altezza barriere (per calcolo vento)                 |  | (m)    | <b>3.10</b> |
| <i>Coefficienti per trave continua a più campate</i> |  |        |             |
| $\zeta$ (str)  |  |        | <b>1.00</b> |
| $\zeta$ (perm)                                       |  |        | <b>1.00</b> |

|                         |                      |             |
|-------------------------|----------------------|-------------|
| spessore pavimentazione | (m)                  | <b>0.07</b> |
| peso pavimentazione     | (kN/m <sup>2</sup> ) | <b>3.00</b> |

*Coefficienti per trave continua a più campate*

|                |  |             |
|----------------|--|-------------|
| $\zeta$ (perm) |  | <b>1.00</b> |
|----------------|--|-------------|

### 8.3.3 DATI RELATIVI AI CARICHI MOBILI

|  |     |             |
|--|-----|-------------|
| numero colonne di carico                                 |     | <b>3</b>    |
| larghezza colonne di carico                              | (m) | <b>3.00</b> |
| Lunghezza colonna $Q_i$ per sovraccarico terrapieno      | (m) | <b>2.20</b> |
| larghezza colonna $q_{IF}$ su cordolo n.1 sx - esterno - | (m) | <b>0.00</b> |
| larghezza colonna $q_{IF}$ su cordolo n.2 sx - interno - | (m) | <b>0.00</b> |
| larghezza colonna $q_{IF}$ su cordolo n.1 dx - esterno - | (m) | <b>0.00</b> |
| larghezza colonna $q_{IF}$ su cordolo n.2 dx - interno - | (m) | <b>0.00</b> |

*Dati per reazione appoggio trave semplicemente appoggiata*

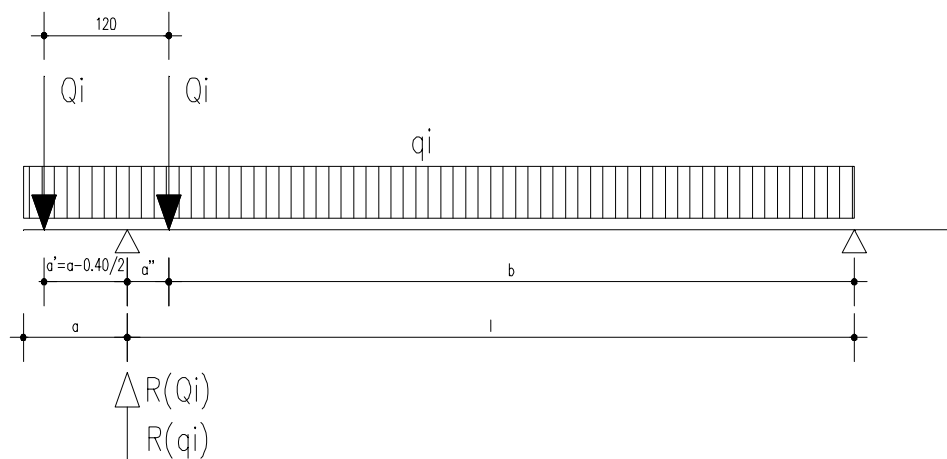
|  |                      |               |
|--|----------------------|---------------|
| $Q_i$ (carico concentrato) - valore unitario | (kN)                 | <b>100.00</b> |
| $q_i$ (carico distribuito) - valore unitario | (kN/m <sup>2</sup> ) | <b>1.00</b>   |

|  |     |              |
|--|-----|--------------|
| Retrotrave: a                            | (m) | <b>0.45</b>  |
| Interasse appoggi (campata): L           | (m) | <b>61.60</b> |
| Distanza asse 1° ruota-asse appoggio: a' | (m) | <b>0.25</b>  |

*Coefficienti per trave continua a più campate*

|             |  |             |
|-------------|--|-------------|
| $\zeta$ (Q) |  | <b>1.00</b> |
| $\zeta$ (q) |  | <b>1.00</b> |
| $\zeta$ (F) |  | <b>1.00</b> |





### 8.3.4 DATI RELATIVI ALLE AZIONI SISMICHE

|  |             |                   |
|--|-------------|-------------------|
| <i>Parametri spettrali (D.M. 14/01/2008 - par. 3.2.3.1)</i>                                      |             |                   |
| Comune   |             | <b>Verona</b>     |
| Latitudine   |             | <b>45.4351</b>    |
| Longitudine  |             | <b>10.9988</b>    |
| Vita nominale dell'opera   |             | <b>100</b>        |
| Coefficiente d'uso   |             | <b>2</b>          |
| Periodo di riferimento   |             | <b>200</b>        |
| Categoria del suolo - A B C D E -  |             | <b>A</b>          |
| Coefficienti di amplificazione topografica - T1 T2 T3 T4 -                                       |             | <b>T1</b>         |
| Quota baricentro impalcato rispetto intradosso travi   | (m)         | <b>1.40</b>       |
| <i>Stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV</i>  |             |                   |
|  | $T_R$       | <b>1898</b>       |
| Accelerazione orizzontale massima sul sito di riferimento rigido                                 | $a_g/g$     | <b>0.260</b>      |
|  | $F_0$       | <b>2.406</b>      |
|  | $T'_c$      | <b>0.287</b>      |
| coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza | $\beta_m$   | <b>1.00</b>       |
| coefficiente di amplificazione stratigrafica   | $S_S$       | <b>1.00</b>       |
| coefficiente di amplificazione topografica   | $S_T$       | <b>1.0</b>        |
| accelerazione orizzontale massima del sito = $S_S * S_T * a_g =$                                 | $a_{max}/g$ | <b>0.260</b>      |
| coefficiente sismico orizzontale = $a_{max}/g * \beta_m =$                                       | $k_h$       | <b>0.260</b>      |
| considerare spinta verticale (si/no)   |             | <b>no</b>         |
| coefficiente sismico verticale = $0.5 k_h =$   | $k_{v+-}$   | "+-" <b>0.000</b> |
| Squilibrio sisma longitudinale (mettere Si/No):  |             | <b>no</b>         |

### 8.3.5 DATI RELATIVI AGLI APPOGGI ED ALLA CURVATURA IMPALCATO

|   |  |     |              |
|---|--|-----|--------------|
| raggio di curvatura impalcato - zero se rettilineo -  |  | (m) | <b>0.00</b>  |
| altezza appoggio  |  | (m) | <b>0.20</b>  |
| <i>Tipo di appoggio</i>   |  |     | <b>C</b>     |
| Appoggio fisso solo su spalla = 1<br>Appoggio mobile su questa spalla = 0<br>Appoggi fissi multipli - coeff. Di afferenza = C<br>Appoggi in Neoprene = N<br>Dispositivi dissipativi = D |  |     |              |
| <i>Dati per Frenatura</i>   |  |     |              |
| Lunghezza zona caricata per frenatura L (vedi cap. 5.1.3.5 DM 2008)   |  | (m) | <b>31.10</b> |
| Categoria di Ponte (mettere 1 o 2):   |  |     | <b>1</b>     |
| Squilibrio di frenatura (mettere Si/No):  |  |     | <b>si</b>    |
| <i>Dati per Attrito sugli appoggi</i>   |  |     |              |
| Coefficiente d'attrito sugli appoggi in % sui carichi permanenti  |  | %   | <b>0.06</b>  |
| Delta T per calcolo appoggi Neoprene/Dissipativi  |  | (°) | <b>40</b>    |

### 8.3.6 DATI RELATIVI AI BAGGIOLI

|   |  |     |             |
|---|--|-----|-------------|
| numero baggioli                                       |  |     | <b>2</b>    |
| altezza baggioli                                      |  | (m) | <b>0.20</b> |
| larghezza baggioli                                    |  | (m) | <b>1.10</b> |
| profondità baggioli                                   |  | (m) | <b>1.10</b> |
| posizione asse baggioli rispetto filo di valle spalla |  | (m) | <b>1.00</b> |

### 8.3.7 DATI RELATIVI ALLA SPALLA

|  |  |     |              |
|--|--|-----|--------------|
| <i>Paraghiaia</i>                                |  |     |              |
| altezza paraghiaia                               |  | (m) | <b>2.00</b>  |
| spessore paraghiaia                              |  | (m) | <b>0.50</b>  |
| distanza asse paraghiaia da filo anteriore fusto |  | (m) | <b>1.85</b>  |
| lunghezza paraghiaia                             |  | (m) | <b>9.96</b>  |
| <i>Fusto</i>                                     |  |     |              |
| altezza fusto                                    |  | (m) | <b>7.90</b>  |
| spessore fusto                                   |  | (m) | <b>2.10</b>  |
| lunghezza fusto                                  |  | (m) | <b>13.60</b> |
| <i>Risolto di sx</i>                             |  |     |              |
| altezza risolto sx                               |  | (m) | <b>9.80</b>  |
| lunghezza risolto sx                             |  | (m) | <b>4.80</b>  |
| spessore risolto sx                              |  | (m) | <b>0.80</b>  |
| altezza orecchia sx                              |  | (m) | <b>3.35</b>  |
| lunghezza orecchia sx                            |  | (m) | <b>3.40</b>  |
| spessore orecchia sx                             |  | (m) | <b>0.60</b>  |

|  |  |      |               |
|--|--|------|---------------|
| <b>Risvolto di dx</b>  |  |      |               |
| altezza risvolto dx  |  | (m)  | <b>9.80</b>   |
| lunghezza risvolto dx  |  | (m)  | <b>4.80</b>   |
| spessore risvolto dx   |  | (m)  | <b>0.80</b>   |
| altezza orecchia sx  |  | (m)  | <b>3.35</b>   |
| lunghezza orecchia sx  |  | (m)  | <b>3.40</b>   |
| spessore orecchia sx   |  | (m)  | <b>0.60</b>   |
|  |  |      |               |
| azione longitudinale aggiuntiva - tiranti -                      |  | (kN) | <b>300.00</b> |
| quota di app.ne azione long. aggiuntiva da intradosso fondazione |  | (m)  | <b>2.00</b>   |

### 8.3.8 DATI RELATIVI ALLA PLATEA DI FONDAZIONE

|   |  |     |              |
|---|--|-----|--------------|
| <b>Fusto</b>                                |  |     |              |
| lunghezza platea di fondazione              |  | (m) | <b>13.60</b> |
| larghezza platea di fondazione              |  | (m) | <b>6.00</b>  |
| spessore platea                             |  | (m) | <b>1.50</b>  |
| ciabatta posteriore (per terreno imbarcato) |  | (m) | <b>2.90</b>  |
| <b>Risvolto di sx</b>                       |  |     |              |
| lunghezza platea di fondazione              |  | (m) | <b>0.00</b>  |
| larghezza platea di fondazione              |  | (m) | <b>0.00</b>  |
| spessore platea                             |  | (m) | <b>1.50</b>  |
| ciabatta posteriore (per terreno imbarcato) |  | (m) | <b>9.96</b>  |
| <b>Risvolto di dx</b>                       |  |     |              |
| lunghezza platea di fondazione              |  | (m) | <b>0.00</b>  |
| larghezza platea di fondazione              |  | (m) | <b>0.00</b>  |
| spessore platea                             |  | (m) | <b>1.50</b>  |
| ciabatta posteriore (per terreno imbarcato) |  | (m) | <b>9.96</b>  |

### 8.3.9 DATI RELATIVI AL TERRENO

|   |          |                      |              |
|---|----------|----------------------|--------------|
| peso specifico terreno  | $\gamma$ | (kN/m <sup>3</sup> ) | <b>19.00</b> |
| angolo di attrito interno terreno di monte                    | $\phi$   | (°)                  | <b>35.00</b> |
| angolo di attrito terreno-muro                                | $\delta$ | (°)                  | <b>0.00</b>  |
| inclinazione muro rispetto alla verticale $\theta$            | $\theta$ | (°)                  | <b>0.00</b>  |
| inclinazione terrapieno rispetto all'orizzontale $\beta$      | $\beta$  | (°)                  | <b>0.00</b>  |
|   |          |                      |              |
| altezza a filo anteriore fondazione del terreno di valle      |          | (m)                  | <b>0.00</b>  |
| altezza a filo elevazione del terreno di valle                |          | (m)                  | <b>0.00</b>  |
| altezza a filo elevazione del terreno alle testate            |          | (m)                  | <b>0.00</b>  |
| altezza a filo posteriore fondazione del terreno alle testate |          | (m)                  | <b>0.00</b>  |

|  |  |                      |                |
|--|--|----------------------|----------------|
| angolo di attrito interno del terreno a valle          |  | (°)                  | <b>30.00</b>   |
| <i>DATI RELATIVI AL SOVRACCARICO</i>                   |  |                      |                |
| Altezza spalla per diffusione                          |  | (m)                  | <b>9.90</b>    |
| Angolo di diffusione                                   |  | (°)                  | <b>30</b>      |
| Carico Qi (su impronta 3.00x2.20m)                     |  | kN                   | <b>1200.00</b> |
| Carico qi (su impronta 3.00x2.20m)                     |  | kN                   | <b>92.40</b>   |
| <b>Carico Totale</b>                                   |  | kN                   | <b>1292.40</b> |
| Larghezza totale colonne+diffusione                    |  | (m)                  | <b>14.72</b>   |
| Lunghezza totale colonne Qi+diffusione                 |  | (m)                  | <b>7.92</b>    |
| Carico accidentale sul terrapieno ad impalcato carico  |  | (kN/m <sup>2</sup> ) | <b>9.00</b>    |
| Carico accidentale sul terrapieno ad impalcato scarico |  | (kN/m <sup>2</sup> ) | <b>20.00</b>   |

### 8.3.10 DATI RELATIVI ALLA PALIFICATA DI FONDAZIONE

|                   |     |              |
|-------------------|-----|--------------|
| <i>Paraghiata</i> |     |              |
| numero pali       |     | <b>12</b>    |
| interasse pali    | (m) | <b>3.60</b>  |
| lunghezza pali    | (m) | <b>25.00</b> |

## 8.4 CASI DI CARICO E COMBINAZIONI

### 8.4.1 CARICHI ELEMENTARI SAP2000

TABLE: Load Pattern Definitions

| LoadPat                            | DesignType | SelfWtMult | AutoLoad |
|------------------------------------|------------|------------|----------|
| Text                               | Text       | Unitless   | Text     |
| A1.a) Spalla Peso Proprio          | DEAD       | 1          |          |
| A1.b) Tiranti                      | DEAD       | 0          |          |
| A2.a) Spinta della Terra M1        | DEAD       | 0          |          |
| A2.b) Spinta della Terra M2        | DEAD       | 0          |          |
| A2.c) Spinta della TerraSismica M1 | DEAD       | 0          |          |
| A3.a) Spalla Perm.                 | DEAD       | 0          |          |
| A2.d) Spinta della TerraSismica M2 | DEAD       | 0          |          |
| B1) Impalcato Peso Proprio         | DEAD       | 0          |          |
| B2) Impalcato Perm.                | DEAD       | 0          |          |
| C1a) Acc.1 Imp. Tandem             | LIVE       | 0          |          |
| C2a) Acc.1 Imp. Distribuito        | LIVE       | 0          |          |
| C1b) Acc.2 Imp. Tandem             | LIVE       | 0          |          |
| C2b) Acc.2 Imp. Distribuito        | LIVE       | 0          |          |
| C3a1) Folla 1 Marc.Lato Acc.       | LIVE       | 0          |          |
| C3a2) Folla 1 Marc.Centro          | LIVE       | 0          |          |
| C3a3) Folla 1 Marc.Lato Opposto    | LIVE       | 0          |          |
| C3b1) Folla 2 Marc.Lato Acc.       | LIVE       | 0          |          |
| C3b2) Folla 2 Marc.Centro          | LIVE       | 0          |          |
| C3b3) Folla 2 Marc.Lato Opposto    | LIVE       | 0          |          |
| Da) Acc.Ril+Carico M1              | LIVE       | 0          |          |
| Db) Acc.Ril+Carico M2              | LIVE       | 0          |          |
| Ea) Acc.Ril+Scarico M1             | LIVE       | 0          |          |
| Eb) Acc.Ril+Scarico M2             | LIVE       | 0          |          |
| F1) Frenatura 1                    | LIVE       | 0          |          |
| F2) Frenatura 2                    | LIVE       | 0          |          |
| G1) Azione Centrifuga 1            | LIVE       | 0          |          |
| G2) Azione Centrifuga 2            | LIVE       | 0          |          |
| H1) VENTO+y Imp.carico             | WIND       | 0          | None     |
| H2) VENTO-y Imp.carico             | WIND       | 0          | None     |
| I1) VENTO+y Imp.scarico            | WIND       | 0          | None     |
| I2) VENTO-y Imp.scarico            | WIND       | 0          | None     |
| L1) Vento +y Spalla                | WIND       | 0          | None     |
| L2) Vento -y Spalla                | WIND       | 0          | None     |
| L3) Neve                           | LIVE       | 0          |          |
| M1a) SismaX Spalla                 | QUAKE      | 0          | None     |
| M1b) SismaX Terra Imbarcata        | QUAKE      | 0          | None     |
| M2a+) X TERRA V+ M1                | QUAKE      | 0          | None     |
| M2a-) X TERRA V- M1                | QUAKE      | 0          | None     |
| M2b+) X TERRA V+ M2                | QUAKE      | 0          | None     |
| M2b-) X TERRA V- M2                | QUAKE      | 0          | None     |
| M3) SISMA X IMP.                   | QUAKE      | 0          | None     |
| N1a) SismaY Spalla                 | QUAKE      | 0          | None     |
| N1bsx) SismaY Terra Imbarcata      | QUAKE      | 0          | None     |
| N1bdx) SismaY Terra Imbarcata      | QUAKE      | 0          | None     |
| N2a+) Y TERRA V+ M1                | QUAKE      | 0          | None     |
| N2a-) Y TERRA V- M1                | QUAKE      | 0          | None     |
| N2b+) Y TERRA V+ M2                | QUAKE      | 0          | None     |
| N2b-) Y TERRA V- M2                | QUAKE      | 0          | None     |
| N3) SISMA Y IMP.                   | QUAKE      | 0          | None     |
| O1) SISMA V SPALLA                 | QUAKE      | 0          | None     |
| O2a) V TERRA V+                    | QUAKE      | 0          | None     |
| O2b) V TERRA V-                    | QUAKE      | 0          | None     |
| O3) SISMA V IMP.                   | QUAKE      | 0          | None     |
| P1) Attrito Imp.Struttura          | DEAD       | 0          |          |
| P2) Attrito Imp.Portati            | DEAD       | 0          |          |

**TABLE: Load Case Definitions**

| Case                              | DesignType |
|-----------------------------------|------------|
| Text                              | Text       |
| A1) Spalla Peso Proprio+ Tiranti  | DEAD       |
| A2a) Spinta della Terra M1        | DEAD       |
| A2b) Spinta della Terra M2        | DEAD       |
| A2c) Spinta della TerraSismica M1 | DEAD       |
| A2d) Spinta della TerraSismica M2 | DEAD       |
| A3) Spalla Perm.                  | DEAD       |
| B1) Imp. Peso Proprio             | DEAD       |
| B2) Impalcato Perm.               | DEAD       |
| C1a) Acc.1 Imp.Tandem             | LIVE       |
| C2a) Acc.1 Imp.Distribuito        | LIVE       |
| C1b) Acc.2 Imp.Tandem             | LIVE       |
| C2b) Acc.2 Imp. Distribuito       | LIVE       |
| C3a) Folla 1                      | LIVE       |
| C3b) Folla 2                      | LIVE       |
| Da) Acc. Ril+Carico M1            | LIVE       |
| Db) Acc.Ril+Carico M2             | LIVE       |
| Ea) Acc. Ril+Scarico M1           | LIVE       |
| Eb) Acc.Ril+Scarico M2            | LIVE       |
| F1) Frenatura 1                   | LIVE       |
| F2) Frenatura 2                   | LIVE       |
| G1) Azione Centrifuga 1           | LIVE       |
| G2) Azione Centrifuga 2           | LIVE       |
| H1) Vento+ Ponte Carico           | WIND       |
| H2) Vento- Ponte Carico           | WIND       |
| I1) Vento+ Ponte scarico          | WIND       |
| I2) Vento- Ponte scarico          | WIND       |
| L1) Vento+ Spalla                 | WIND       |
| L2) Vento- Spalla                 | WIND       |
| L3) Neve                          | LIVE       |
| Ma+) Sisma Longitudinale M1 V+    | QUAKE      |
| Ma-) Sisma Longitudinale M1 V-    | QUAKE      |
| Mb+) Sisma Longitudinale M2 V+    | QUAKE      |
| Mb-) Sisma Longitudinale M2 V-    | QUAKE      |
| M3) SISMA X IMP.                  | QUAKE      |
| Na+) Sisma Trasversale M1 V+      | QUAKE      |
| Na-) Sisma Trasversale M1 V-      | QUAKE      |
| Nb+) Sisma Trasversale M2 V+      | QUAKE      |
| Nb-) Sisma Trasversale M2 V-      | QUAKE      |
| N3) SISMA Y IMP.                  | QUAKE      |
| Oa) Sisma Verticale V+            | QUAKE      |
| Ob) Sisma Verticale V-            | QUAKE      |
| O3) SISMA V IMP.                  | QUAKE      |
| P1) Attrito Imp.Struttura         | DEAD       |
| P2) Attrito Imp.Portati           | DEAD       |
| MODAL                             | OTHER      |

TABLE: Case - Static 1 - Load Assignments

| Case                              | LoadType     | LoadName                           | LoadSF   |
|-----------------------------------|--------------|------------------------------------|----------|
| Text                              | Text         | Text                               | Unitless |
| A1) Spalla Peso Proprio+Tiranti   | Load pattern | A1.a) Spalla Peso Proprio          | 1        |
| A1) Spalla Peso Proprio+Tiranti   | Load pattern | A1.b) Tiranti                      | 1        |
| A2a) Spinta della Terra M1        | Load pattern | A2.a) Spinta della Terra M1        | 1        |
| A2b) Spinta della Terra M2        | Load pattern | A2.b) Spinta della Terra M2        | 1        |
| A2c) Spinta della TerraSismica M1 | Load pattern | A2.c) Spinta della TerraSismica M1 | 1        |
| A2d) Spinta della TerraSismica M2 | Load pattern | A2.d) Spinta della TerraSismica M2 | 1        |
| A3) Spalla Perm.                  | Load pattern | A3.a) Spalla Perm.                 | 1        |
| B1) Imp. Peso Proprio             | Load pattern | B1) Impalcato Peso Proprio         | 1        |
| B2) Impalcato Perm.               | Load pattern | B2) Impalcato Perm.                | 1        |
| C1a) Acc.1 Imp.Tandem             | Load pattern | C1a) Acc.1 Imp. Tandem             | 1        |
| C2a) Acc.1 Imp.Distribuito        | Load pattern | C2a) Acc.1 Imp. Distribuito        | 1        |
| C1b) Acc.2 Imp.Tandem             | Load pattern | C1b) Acc.2 Imp. Tandem             | 1        |
| C2b) Acc.2 Imp. Distribuito       | Load pattern | C2b) Acc.2 Imp. Distribuito        | 1        |
| C3a) Folla 1                      | Load pattern | C3a1) Folla 1 Marc.Lato Acc.       | 1        |
| C3a) Folla 1                      | Load pattern | C3a2) Folla 1 Marc.Centro          | 1        |
| C3a) Folla 1                      | Load pattern | C3a3) Folla 1 Marc.Lato Opposto    | 1        |
| C3b) Folla 2                      | Load pattern | C3a2) Folla 1 Marc.Centro          | 1        |
| C3b) Folla 2                      | Load pattern | C3b2) Folla 2 Marc.Centro          | 1        |
| C3b) Folla 2                      | Load pattern | C3b3) Folla 2 Marc.Lato Opposto    | 1        |
| Da) Acc. Ril+Carico M1            | Load pattern | Da) Acc.Ril+Carico M1              | 1        |
| Db) Acc.Ril+Carico M2             | Load pattern | Db) Acc.Ril+Carico M2              | 1        |
| Ea) Acc. Ril+Scarico M1           | Load pattern | Ea) Acc.Ril+Scarico M1             | 1        |
| Eb) Acc.Ril+Scarico M2            | Load pattern | Eb) Acc.Ril+Scarico M2             | 1        |
| F1) Frenatura 1                   | Load pattern | F1) Frenatura 1                    | 1        |
| F2) Frenatura 2                   | Load pattern | F2) Frenatura 2                    | 1        |
| G1) Azione Centrifuga 1           | Load pattern | G1) Azione Centrifuga 1            | 1        |
| G2) Azione Centrifuga 2           | Load pattern | G2) Azione Centrifuga 2            | 1        |
| H1) Vento+ Ponte Carico           | Load pattern | H1) VENTO+y Imp.carico             | 1        |
| H2) Vento- Ponte Carico           | Load pattern | H2) VENTO-y Imp.carico             | 1        |
| I1) Vento+ Ponte scarico          | Load pattern | I1) VENTO+y Imp.scarico            | 1        |
| I2) Vento- Ponte scarico          | Load pattern | I2) VENTO-y Imp.scarico            | 1        |
| L1) Vento+ Spalla                 | Load pattern | L1) Vento +y Spalla                | 1        |
| L2) Vento- Spalla                 | Load pattern | L2) Vento -y Spalla                | 1        |
| L3) Neve                          | Load pattern | L3) Neve                           | 1        |
| Ma+) Sisma Longitudinale M1 V+    | Load pattern | M1a) SismaX Spalla                 | 1        |
| Ma+) Sisma Longitudinale M1 V+    | Load pattern | M2a+) X TERRA V+ M1                | 1        |
| Ma+) Sisma Longitudinale M1 V+    | Load pattern | M1b) SismaX Terra Imbarcata        | 1        |
| Ma-) Sisma Longitudinale M1 V-    | Load pattern | M1a) SismaX Spalla                 | 1        |
| Ma-) Sisma Longitudinale M1 V-    | Load pattern | M2a-) X TERRA V- M1                | 1        |
| Ma-) Sisma Longitudinale M1 V-    | Load pattern | M1b) SismaX Terra Imbarcata        | 1        |
| Mb+) Sisma Longitudinale M2 V+    | Load pattern | M1a) SismaX Spalla                 | 1        |
| Mb+) Sisma Longitudinale M2 V+    | Load pattern | M2b+) X TERRA V+ M2                | 1        |
| Mb+) Sisma Longitudinale M2 V+    | Load pattern | M1b) SismaX Terra Imbarcata        | 1        |
| Mb-) Sisma Longitudinale M2 V-    | Load pattern | M1a) SismaX Spalla                 | 1        |
| Mb-) Sisma Longitudinale M2 V-    | Load pattern | M2b-) X TERRA V- M2                | 1        |
| Mb-) Sisma Longitudinale M2 V-    | Load pattern | M1b) SismaX Terra Imbarcata        | 1        |
| M3) SISMA X IMP.                  | Load pattern | M3) SISMA X IMP.                   | 1        |
| Na+) Sisma Trasversale M1 V+      | Load pattern | N1a) SismaY Spalla                 | 1        |
| Na+) Sisma Trasversale M1 V+      | Load pattern | N2a+) Y TERRA V+ M1                | 1        |
| Na+) Sisma Trasversale M1 V+      | Load pattern | N1bdx) SismaY Terra Imbarcata      | 1        |
| Na+) Sisma Trasversale M1 V+      | Load pattern | N1bsx) SismaY Terra Imbarcata      | 1        |
| Na-) Sisma Trasversale M1 V-      | Load pattern | N1a) SismaY Spalla                 | 1        |
| Na-) Sisma Trasversale M1 V-      | Load pattern | N2a-) Y TERRA V- M1                | 1        |
| Na-) Sisma Trasversale M1 V-      | Load pattern | N1bdx) SismaY Terra Imbarcata      | 1        |
| Na-) Sisma Trasversale M1 V-      | Load pattern | N1bsx) SismaY Terra Imbarcata      | 1        |
| Nb+) Sisma Trasversale M2 V+      | Load pattern | N1a) SismaY Spalla                 | 1        |
| Nb+) Sisma Trasversale M2 V+      | Load pattern | N2b+) Y TERRA V+ M2                | 1        |
| Nb+) Sisma Trasversale M2 V+      | Load pattern | N1bdx) SismaY Terra Imbarcata      | 1        |
| Nb+) Sisma Trasversale M2 V+      | Load pattern | N1bsx) SismaY Terra Imbarcata      | 1        |
| Nb-) Sisma Trasversale M2 V-      | Load pattern | N1a) SismaY Spalla                 | 1        |
| Nb-) Sisma Trasversale M2 V-      | Load pattern | N2b-) Y TERRA V- M2                | 1        |
| Nb-) Sisma Trasversale M2 V-      | Load pattern | N1bdx) SismaY Terra Imbarcata      | 1        |
| Nb-) Sisma Trasversale M2 V-      | Load pattern | N1bsx) SismaY Terra Imbarcata      | 1        |
| N3) SISMA Y IMP.                  | Load pattern | N3) SISMA Y IMP.                   | 1        |
| Oa) Sisma Verticale V+            | Load pattern | O1) SISMA V SPALLA                 | 1        |
| Oa) Sisma Verticale V+            | Load pattern | O2a) V TERRA V+                    | 1        |
| Ob) Sisma Verticale V-            | Load pattern | O1) SISMA V SPALLA                 | 1        |
| Ob) Sisma Verticale V-            | Load pattern | O2b) V TERRA V-                    | 1        |
| O3) SISMA V IMP.                  | Load pattern | O3) SISMA V IMP.                   | 1        |
| P1) Attrito Imp.Struttura         | Load pattern | P1) Attrito Imp.Struttura          | 1        |
| P2) Attrito Imp.Portati           | Load pattern | P2) Attrito Imp.Portati            | 1        |

#### 8.4.2 CARICHI ELEMENTARI CMP

Il peso proprio degli Elementi tipo Beam e tipo Shell viene calcolato automaticamente in base alle caratteristiche dei materiali, alla geometria degli elementi e ai seguenti parametri:

|                          |   |
|--------------------------|---|
| CdC                      | = Numero Condizione di Carico Elementare  |
| mltX                     | = Moltiplicatore del peso proprio in direzione X Globale                          |
| mltY                     | = Moltiplicatore del peso proprio in direzione Y Globale                          |
| mltZ                     | = Moltiplicatore del peso proprio in direzione Z Globale                          |
| Tipo                     | = Tipo di Condizione di Carico (St = Statico, StEq = Sismico Statico Equivalente) |
| $\Psi_0, \Psi_1, \Psi_2$ | = coefficienti di combinazione  |
| $\Psi_{2s}$              | = coefficiente di combinazione sismica  |
| $\varphi$                | = coefficiente per calcolo masse  |



| Nome                                | CdC | mltX | mltY | mltZ | Tipo          | $\Psi_0$ | $\Psi_1$ | $\Psi_2$ | $\Psi_{2s}$ | $\phi$ |
|-------------------------------------|-----|------|------|------|---------------|----------|----------|----------|-------------|--------|
| A1.a) Spalla Peso Proprio           | 1   | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| A1.b) Tiranti                       | 2   | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| A2.a) Spinta della Terra M1         | 3   | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| A2.b) Spinta della Terra M2         | 4   | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| A2.c) Spinta della Terra Sismica M1 | 5   | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| A3.a) Spalla Perm.                  | 6   | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| A2.d) Spinta della Terra Sismica M2 | 7   | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| B1) Impalcato Peso Proprio          | 8   | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| B2) Impalcato Perm.                 | 9   | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C1a) Acc.1 Imp. Tandem              | 10  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C2a) Acc.1 Imp. Distribuito         | 11  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C1b) Acc.2 Imp. Tandem              | 12  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C2b) Acc.2 Imp. Distribuito         | 13  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C3a1) Folla 1 Marc.Lato Acc.        | 14  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C3a2) Folla 1 Marc.Centro           | 15  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C3a3) Folla 1 Marc.Lato Opposto     | 16  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C3b1) Folla 2 Marc.Lato Acc.        | 17  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C3b2) Folla 2 Marc.Centro           | 18  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| C3b3) Folla 2 Marc.Lato Opposto     | 19  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| Da) Acc.Ril+Carico M1               | 20  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| Db) Acc.Ril+Carico M2               | 21  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| Ea) Acc.Ril+Scarico M1              | 22  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| Eb) Acc.Ril+Scarico M2              | 23  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| F1) Frenatura 1                     | 24  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| F2) Frenatura 2                     | 25  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| G1) Azione Centrifuga 1             | 26  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| G2) Azione Centrifuga 2             | 27  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| H1) VENTO+y Imp.carico              | 28  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| H2) VENTO-y Imp.carico              | 29  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| I1) VENTO+y Imp.scarico             | 30  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| I2) VENTO-y Imp.scarico             | 31  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| L1) Vento +y Spalla                 | 32  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| L2) Vento -y Spalla                 | 33  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| L3) Neve                            | 34  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| M1a) SismaX Spalla                  | 35  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| M1b) SismaX Terra Imbarcata         | 36  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| M2a+) X TERRA V+ M1                 | 37  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| M2a-) X TERRA V- M1                 | 38  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| M2b+) X TERRA V+ M2                 | 39  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| M2b-) X TERRA V- M2                 | 40  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| M3) SISMA X IMP.                    | 41  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| N1a) SismaY Spalla                  | 42  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| N1bsx) SismaY Terra Imbarcata       | 43  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| N1bdx) SismaY Terra Imbarcata       | 44  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| N2a+) Y TERRA V+ M1                 | 45  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| N2a-) Y TERRA V- M1                 | 46  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| N2b+) Y TERRA V+ M2                 | 47  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| N2b-) Y TERRA V- M2                 | 48  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| N3) SISMA Y IMP.                    | 49  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| O1) SISMA V SPALLA                  | 50  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| O2a) V TERRA V+                     | 51  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| O2b) V TERRA V-                     | 52  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| O3) SISMA V IMP.                    | 53  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| P1) Attrito Imp.Struttura           | 54  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |
| P2) Attrito Imp.Portati             | 55  | 0    | 0    | 0    | Generico (St) | 1        | 1        | 1        | 1           | 1      |

### 8.4.3 COMBINAZIONI DI CARICO CMP

Le verifiche vengono svolte con il programma CMP che importa le sollecitazioni dei soli carichi base dal SAP2000 ed utilizza un metodo diverso per creare le combinazioni di carico in modo da massimizzare le sollecitazioni per le varie verifiche.

Tipologia delle condizioni di carico:

**-Permanente:** la CdC elementare è sempre presente nell'involuppo.

**-Variabile:** le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate solo se la componente considerata (N22, N33, N23, ...) è a sfavore, diminuendo il valore finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo.

**-Variabile non Contemporanea:** analoga alla Variabile ma vengono sommate le sollecitazioni della CdC più gravosa, per la componente in esame, fra tutte quelle che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp).

**-Permanente non Contemporanea:** analoga alle var. non contemporanea con la differenza che le sollecitazioni di almeno una CdC dello stesso gruppo vengono sommate indipendentemente se più o meno gravose per la componente in esame

**-Variabile Contemporanea:** le sollecitazioni della CdC elementare sono sommate insieme a tutte quelle Variabili Contemporanee che appartengono allo stesso gruppo (colonna grp) solo se applicandole tutte assieme vanno a sfavore diminuendo il valore finale se si cerca il minimo, aumentando il valore finale se si cerca il massimo.

#### 8.4.3.1 Involuppi di base

DESCRIZIONE Involuppo "A1) Spalla peso proprio + tiranti"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO      | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|---------------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 1ST     | A1.A) SPALLA PESO PROPRIO | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 2ST     | A1.B) TIRANTI             | PERMANENTE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Involuppo "A2.a) Spinta della terra M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 3ST     | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1 | PERMANENTE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Involuppo "A2.b) Spinta della terra M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 4ST     | A2.B) SPINTA DELLA TERRA M2 | PERMANENTE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Involuppo "A2.c) Spinta della terra sismica M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO               | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 5ST     | A2.C) SPINTA DELLA TERRASISMICA M1 | PERMANENTE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Involuppo "A2.d) Spinta della terra sismica M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO               | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 7ST     | A2.D) SPINTA DELLA TERRASISMICA M2 | PERMANENTE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Involuppo "A3) Spalla permanente"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 6ST     | A3.A) SPALLA PERM.   | PERMANENTE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Involuppo "B1) Imp. peso proprio"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO       | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 8ST     | B1) IMPALCATO PESO PROPRIO | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Involuppo "B2) Implacato permanente"

**VIADOTTO RAMPA VENEZIA-MODENA  
(PR KM 227+903)**

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.**

CODIFICA DOCUMENTO  
AI 4\_12\_1\_RELAZIONE\_CALCULO.DOC

FOGLIO  
186 di 268

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 9ST     | B2) IMPALCATO PERM.  | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "C1) Carichi mobili - tandem"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO           | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|--------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | C1A) CARICHI MOBILI A - TANDEM | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | C1B) CARICHI MOBILI B - TANDEM | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "C1a) Carichi mobili a - tandem"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 10ST    | C1A) ACC.1 IMP. TANDEM | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "C1b) Carichi mobili b - tandem"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 12ST    | C1B) ACC.2 IMP. TANDEM | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "C2) Carichi mobili - distribuiti"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | C2A) CARICHI MOBILI A - DISTRIBUITI | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | C2B) CARICHI MOBILI B - DISTRIBUITI | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "C2a) Carichi mobili a - distribuiti"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 11ST    | C2A) ACC.1 IMP. DISTRIBUITO | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "C2b) Carichi mobili b - distribuiti"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 13ST    | C2B) ACC.2 IMP. DISTRIBUITO | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "C3) Carichi mobili folla"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | C3A) CARICHI MOBILI FOLLA A | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | C3B) CARICHI MOBILI FOLLA B | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "C3a) Carichi mobili folla a"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO            | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|---------------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 14ST    | C3A1) FOLLA 1 MARC.LATO ACC.    | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 15ST    | C3A2) FOLLA 1 MARC.CENTRO       | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 16ST    | C3A3) FOLLA 1 MARC.LATO OPPOSTO | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "C3b) Carichi mobili folla b"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO            | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|---------------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 17ST    | C3B1) FOLLA 2 MARC.LATO ACC.    | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 18ST    | C3B2) FOLLA 2 MARC.CENTRO       | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 19ST    | C3B3) FOLLA 2 MARC.LATO OPPOSTO | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Ca) Carichi mobili a"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO            | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|---------------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 10ST    | C1A) ACC.1 IMP. TANDEM          | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 11ST    | C2A) ACC.1 IMP. DISTRIBUITO     | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 14ST    | C3A1) FOLLA 1 MARC.LATO ACC.    | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 15ST    | C3A2) FOLLA 1 MARC.CENTRO       | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 16ST    | C3A3) FOLLA 1 MARC.LATO OPPOSTO | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Carichi mobili - SLU"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO             | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | C1) CARICHI MOBILI - TANDEM      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | C2) CARICHI MOBILI - DISTRIBUITI | VAR.NON CONTEMP. | 2      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | C3) CARICHI MOBILI FOLLA         | VAR.NON CONTEMP. | 3      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | C1) CARICHI MOBILI - TANDEM      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 0.75     | 0.75     |
| INVILUPPO         | C2) CARICHI MOBILI - DISTRIBUITI | VAR.NON CONTEMP. | 2      | 0.4      | 0.4      |
| INVILUPPO         | C3) CARICHI MOBILI FOLLA         | VAR.NON CONTEMP. | 3      | 0.4      | 0.4      |
| INVILUPPO         | C1) CARICHI MOBILI - TANDEM      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 0.4      | 0.4      |
| INVILUPPO         | C2) CARICHI MOBILI - DISTRIBUITI | VAR.NON CONTEMP. | 2      | 0.75     | 0.75     |
| INVILUPPO         | C3) CARICHI MOBILI FOLLA         | VAR.NON CONTEMP. | 3      | 0.4      | 0.4      |

DESCRIZIONE Inviluppo "Cb) Carichi mobili b"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO            | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|---------------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 12ST    | C1B) ACC.2 IMP. TANDEM          | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 13ST    | C2B) ACC.2 IMP. DISTRIBUITO     | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 17ST    | C3B1) FOLLA 2 MARC.LATO ACC.    | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 18ST    | C3B2) FOLLA 2 MARC.CENTRO       | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 19ST    | C3B3) FOLLA 2 MARC.LATO OPPOSTO | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "D.a) Acc. ril. + carico M1"

**VIADOTTO RAMPA VENEZIA-MODENA  
(PR KM 227+903)**

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.**

CODIFICA DOCUMENTO  
**AI 4\_12\_1\_RELAZIONE CALCOLO.DOC**

FOLGIO  
**187 di 268**

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO  | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 20ST    | DA) ACC.RIL+CARICO M1 | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "D.b) Acc. ril. + carico M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO  | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 21ST    | DB) ACC.RIL+CARICO M2 | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "DEa) Acc. Rilevato M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | D.A) ACC. RIL. + CARICO M1  | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | E.A) ACC. RIL. + SCARICO M1 | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "DEb) Acc. rilevato M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | D.B) ACC. RIL. + CARICO M2  | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | E.B) ACC. RIL. + SCARICO M2 | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "E.a) Acc. ril. + scarico M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 22ST    | EA) ACC.RIL+SCARICO M1 | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "E.b) Acc. ril. + scarico M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 23ST    | EB) ACC.RIL+SCARICO M2 | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "F) Frenatura"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | F1) FRENATURA 1      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | F2) FRENATURA 2      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "F1) Frenatura 1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 24ST    | F1) FRENATURA 1      | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "F2) Frenatura 2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 25ST    | F2) FRENATURA 2      | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "G) Azione centrifuga"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | G1) AZIONE CENTRIFUGA 1 | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | G2) AZIONE CENTRIFUGA 2 | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "G1) Azione centrifuga 1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 26ST    | G1) AZIONE CENTRIFUGA 1 | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "G2) Azione centrifuga 2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 27ST    | G2) AZIONE CENTRIFUGA 2 | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "H1) Vento + ponte carico"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 28ST    | H1) VENTO+Y IMP.CARICO | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "H2) Vento - ponte carico"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 29ST    | H2) VENTO-Y IMP.CARICO | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "I1) Vento + ponte scarico"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 30ST    | I1) VENTO+Y IMP.SCARICO | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "I2) Vento - ponte scarico"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 31ST    | I2) VENTO-Y IMP.SCARICO | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "L1) Vento + spalla"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 32ST    | L1) VENTO +Y SPALLA  | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "L2) Vento - spalla"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 33ST    | L2) VENTO -Y SPALLA  | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "L3) Neve"

**VIADOTTO RAMPA VENEZIA-MODENA  
(PR KM 227+903)**

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.**

CODIFICA DOCUMENTO  
AI 4\_12\_1\_RELAZIONE CALCOLO.DOC

FOLGLIO  
188 DI 268

| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|--|-----------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 34ST   | L3) NEVE                    | VARIABILE         |        | 1        | 0        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "M1.b) Sisma X terra imbarcata"  |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 36ST   | M1B) SISMAX TERRA IMBARCATA | VARIABILE         |        | 1        | 1        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "M3) Sisma X Imp."               |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 41ST   | M3) SISMA X IMP.            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "Ma-) Sisma longitudinale M1 V-" |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 35ST   | M1A) SISMAX SPALLA          | VARIABILE         |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 38ST   | M2A-) X TERRA V- M1         | VARIABILE         |        | 1        | 1        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "Ma+) Sisma longitudinale M1 V+" |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 35ST   | M1A) SISMAX SPALLA          | VARIABILE         |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 37ST   | M2A+) X TERRA V+ M1         | VARIABILE         |        | 1        | 1        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "MaV) Sisma long. M1"            |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| INVILUPPO  | MAV+) SISMA X M1 V+         | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO  | MAV-) SISMA X M1 V-         | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "MaV) Sisma long. M1 no imb."    |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| INVILUPPO  | MAV+) SISMA X M1 V+ NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO  | MAV-) SISMA X M1 V- NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "MaV-) Sisma X M1 V-"            |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 35ST   | M1A) SISMAX SPALLA          | PERMANENTE        |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 36ST   | M1B) SISMAX TERRA IMBARCATA | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 38ST   | M2A-) X TERRA V- M1         | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "MaV-) Sisma X M1 V- no imb."    |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 35ST   | M1A) SISMAX SPALLA          | PERMANENTE        |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 38ST   | M2A-) X TERRA V- M1         | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "MaV+) Sisma X M1 V+"            |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 35ST   | M1A) SISMAX SPALLA          | PERMANENTE        |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 36ST   | M1B) SISMAX TERRA IMBARCATA | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 37ST   | M2A+) X TERRA V+ M1         | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "MaV+) Sisma X M1 V+ no imb."    |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 35ST   | M1A) SISMAX SPALLA          | PERMANENTE        |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 37ST   | M2A+) X TERRA V+ M1         | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "Mb-) Sisma longitudinale M2 V-" |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 35ST   | M1A) SISMAX SPALLA          | VARIABILE         |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 40ST   | M2B-) X TERRA V- M2         | VARIABILE         |        | 1        | 1        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "Mb+) Sisma longitudinale M2 V+" |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 35ST   | M1A) SISMAX SPALLA          | VARIABILE         |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 39ST   | M2B+) X TERRA V+ M2         | VARIABILE         |        | 1        | 1        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "MbV) Sisma long. M2"            |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| INVILUPPO  | MBV+) SISMA X M2 V+         | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO  | MBV-) SISMA X M2 V-         | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "MbV) Sisma long. M2 no imb."    |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| INVILUPPO  | MBV+) SISMA X M2 V+ NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO  | MBV-) SISMA X M2 V- NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| DESCRIZIONE Inviluppo "MbV-) Sisma X M2 V-"            |                             |                   |        |          |          |
| N°CDC O INVILUPPO                                      | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
| CDC ELEM. 35ST   | M1A) SISMAX SPALLA          | VARIABILE         |        | 1        | -1       |

**VIADOTTO RAMPA VENEZIA-MODENA  
(PR KM 227+903)**

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.**

CODIFICA DOCUMENTO  
AI 4\_12\_1\_RELAZIONE CALCOLO.DOC

FOGLIO  
189 DI 268

|                |                             |           |  |   |   |
|----------------|-----------------------------|-----------|--|---|---|
| CDC ELEM. 36ST | M1B) SISMAX TERRA IMBARCATA | VARIABILE |  | 1 | 0 |
| CDC ELEM. 40ST | M2B-) X TERRA V- M2         | VARIABILE |  | 1 | 0 |

DESCRIZIONE Inviluppo "MbV-) Sisma X M2 V- no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 35ST    | M1A) SISMAX SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 40ST    | M2B-) X TERRA V- M2  | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "MbV+) Sisma X M2 V+ "

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 35ST    | M1A) SISMAX SPALLA          | VARIABILE |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 36ST    | M1B) SISMAX TERRA IMBARCATA | VARIABILE |        | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 39ST    | M2B+) X TERRA V+ M2         | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "MbV+) Sisma X M2 V+ no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 35ST    | M1A) SISMAX SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 39ST    | M2B+) X TERRA V+ M2  | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "N1bdx) Sisma Y terra imbarcata"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO          | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 44ST    | N1BDX) SISMAX TERRA IMBARCATA | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "N1bsx) Sisma Y terra imbarcata"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO          | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 43ST    | N1BSX) SISMAX TERRA IMBARCATA | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "N3) Sisma Y Imp."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 49ST    | N3) SISMA Y IMP.     | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Na-) Sisma trasv. M1 V-"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAX SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 46ST    | N2A-) Y TERRA V- M1  | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Na+) Sisma trasv. M1 V+ "

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAX SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 45ST    | N2A+) Y TERRA V+ M1  | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NaV) Sisma trasv. M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | NAV+) SISMA Y M1 V+  | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | NAV-) SISMA Y M1 V-  | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NaV) Sisma trasv. M1 no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | NAV+) SISMA Y M1 V+ NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | NAV-) SISMA Y M1 V- NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NaV-) Sisma Y M1 V-"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO          | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAX SPALLA            | PERMANENTE        |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 43ST    | N1BSX) SISMAX TERRA IMBARCATA | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 44ST    | N1BDX) SISMAX TERRA IMBARCATA | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 46ST    | N2A-) Y TERRA V- M1           | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NaV-) Sisma Y M1 V- no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAX SPALLA   | PERMANENTE |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 46ST    | N2A-) Y TERRA V- M1  | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NaV+) Sisma Y M1 V+ "

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO          | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAX SPALLA            | PERMANENTE        |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 43ST    | N1BSX) SISMAX TERRA IMBARCATA | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 44ST    | N1BDX) SISMAX TERRA IMBARCATA | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 45ST    | N2A+) Y TERRA V+ M1           | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NaV+) Sisma Y M1 V+ no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAX SPALLA   | PERMANENTE |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 45ST    | N2A+) Y TERRA V+ M1  | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

**VIADOTTO RAMPA VENEZIA-MODENA  
(PR KM 227+903)**

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.**

CODIFICA DOCUMENTO  
AI 4\_12\_1\_RELAZIONE.CALCOLO.DOC

FOGLIO  
190 DI 268

DESCRIZIONE Inviluppo "Nb-) Sisma trasv. M2 V-"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAY SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 48ST    | N2B-) Y TERRA V- M2  | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Nb+) Sisma trasv. M2 V+"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAY SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 47ST    | N2B+) Y TERRA V+ M2  | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE INVILUPPO "NbV) SISMA TRASV. M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | NB V+) SISMA Y M2 V+ | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | NB V-) SISMA Y M2 V- | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NbV) Sisma trasv. M2 no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO         | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | NB V+) SISMA Y M2 V+ NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | NB V-) SISMA Y M2 V- NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NbV-) Sisma Y M2 V-"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO          | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAY SPALLA            | VARIABILE        |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 43ST    | N1BSX) SISMAY TERRA IMBARCATA | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 44ST    | N1BDX) SISMAY TERRA IMBARCATA | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 48ST    | N2B-) Y TERRA V- M2           | VARIABILE        |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NbV-) Sisma Y M2 V- no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAY SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 48ST    | N2B-) Y TERRA V- M2  | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NbV+) Sisma Y M2 V+"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO          | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAY SPALLA            | VARIABILE        |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 43ST    | N1BSX) SISMAY TERRA IMBARCATA | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 44ST    | N1BDX) SISMAY TERRA IMBARCATA | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 0        |
| CDC ELEM. 47ST    | N2B+) Y TERRA V+ M2           | VARIABILE        |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "NbV+) Sisma Y M2 V+ no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 42ST    | N1A) SISMAY SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 47ST    | N2B+) Y TERRA V+ M2  | VARIABILE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "O.a) Sisma verticale V+"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 50ST    | O1) SISMA V SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 51ST    | O2A) V TERRA V+      | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "O.b) Sisma verticale V-"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 50ST    | O1) SISMA V SPALLA   | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 52ST    | O2B) V TERRA V-      | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "O3) Sisma V Imp."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 53ST    | O3) SISMA V IMP.     | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "OV) Sisma vert."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | OV+) SISMA Z V+      | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | OV-) SISMA Z V-      | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "OV-) Sisma Z V-"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 50ST    | O1) SISMA V SPALLA   | PERMANENTE |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 52ST    | O2B) V TERRA V-      | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "OV+) Sisma Z V+"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 50ST    | O1) SISMA V SPALLA   | PERMANENTE |        | 1        | -1       |
| CDC ELEM. 51ST    | O2A) V TERRA V+      | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "P1) Attrito Imp. struttura"

**VIADOTTO RAMPA VENEZIA-MODENA  
(PR KM 227+903)**

**AUTOSTRADA DEL BRENNERO S.P.A.**

CODIFICA DOCUMENTO  
**AI 4\_12\_1\_RELAZIONE.CALCOLO.DOC**

FOGLIO  
**191 di 268**

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO      | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|---------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 54ST    | P1) ATTRITO IMP.STRUTTURA | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "P2) Attrito Imp. portati"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 55ST    | P2) ATTRITO IMP.PORTATI | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Sisma X M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | MAV) SISMA LONG. M1  | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | M3) SISMA X IMP.     | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Sisma X M1 no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | MAV) SISMA LONG. M1 NO IMB. | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | M3) SISMA X IMP.            | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Sisma X M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | MBV) SISMA LONG. M2  | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | M3) SISMA X IMP.     | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Sisma X M2 no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO        | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | MBV) SISMA LONG. M2 NO IMB. | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | M3) SISMA X IMP.            | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Sisma Y M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | NAV) SISMA TRASV. M1 | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | N3) SISMA Y IMP.     | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Sisma Y M1 no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO         | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | NAV) SISMA TRASV. M1 NO IMB. | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | N3) SISMA Y IMP.             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Sisma Y M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | NBV) SISMA TRASV. M2 | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | N3) SISMA Y IMP.     | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Sisma Y M2 no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO         | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | NBV) SISMA TRASV. M2 NO IMB. | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | N3) SISMA Y IMP.             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "Sisma Z"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | O0) SISMA VERT.      | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | O3) SISMA V IMP.     | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "V) Vento"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|----------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | V1) VENTO CARICO Y+  | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | V2) VENTO CARICO Y-  | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | V3) VENTO SCARICO Y+ | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | V4) VENTO SCARICO Y- | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "V1) Vento carico Y+"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 28ST    | H1) VENTO+Y IMP.CARICO | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 32ST    | L1) VENTO+Y SPALLA     | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "V2) Vento carico Y-"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 29ST    | H2) VENTO-Y IMP.CARICO | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 33ST    | L2) VENTO -Y SPALLA    | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "V3) Vento scarico Y+"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 30ST    | I1) VENTO+Y IMP.SCARICO | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 32ST    | L1) VENTO+Y SPALLA      | VARIABILE |        | 1        | 1        |

DESCRIZIONE Inviluppo "V4) Vento scarico Y-"



| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-----------|--------|----------|----------|
| CDC ELEM. 31ST    | I2) VENTO-Y IMP.SCARICO | VARIABILE |        | 1        | 1        |
| CDC ELEM. 33ST    | L2) VENTO -Y SPALLA     | VARIABILE |        | 1        | 1        |

### 8.4.3.2 Inviluppi principali

DESCRIZIONE Inviluppo "SLE 3) FREQUENTE"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLE 3) FREQUENTE VENTO  | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLE 3) FREQUENTE MOBILI | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

Descrizione degli inviluppi contenuti nell'inviluppo "SLE 3) FREQUENTE"

Descrizione inviluppo "SLE 3) FREQUENTE VENTO":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1       | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE  |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE  |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE  |        | 0.2      | 0        |

Descrizione inviluppo "SLE 3) FREQUENTE MOBILI":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1       | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE  |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE  |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | C1) CARICHI MOBILI - TANDEM       | VARIABILE  |        | 0.75     | 0        |
| INVILUPPO         | C2) CARICHI MOBILI - DISTRIBUITI  | VARIABILE  |        | 0.4      | 0        |
| INVILUPPO         | C3) CARICHI MOBILI FOLLA          | VARIABILE  |        | 0.4      | 0        |
| INVILUPPO         | DEA) ACC. RILEVATO M1             | VARIABILE  |        | 0.4      | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "SLE 4) QUASI PERMANENTE"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1       | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE  |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE  |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | L3) NEVE                          | VARIABILE  |        | 0.5      | 0        |

DESCRIZIONE Inviluppo "SLU 1A) - AIM1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLU 1A) MOBILI - AIM1   | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLU 1A) ACC.RIL. - AIM1 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLU 1A) VENTO - AIM1    | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

Descrizione degli inviluppi contenuti nell'inviluppo "SLU 1A) - AIM1"

Descrizione inviluppo "SLU 1A) MOBILI - AIM1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE       |        | 1.35     | 1        |
| INVILUPPO         | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1       | PERMANENTE       |        | 1.35     | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE       |        | 1.5      | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE       |        | 1.35     | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE       |        | 1.5      | 0        |
| INVILUPPO         | CARICHI MOBILI - SLU              | VARIABILE        |        | 1.35     | 0        |
| INVILUPPO         | F) FRENATURA                      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.35     | -1.35    |
| INVILUPPO         | G) AZIONE CENTRIFUGA              | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.35     | 0        |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE        |        | 0.9      | 0        |
| INVILUPPO         | D.A) ACC. RIL. + CARICO M1        | VARIABILE        |        | 1.35     | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE        |        | 0.72     | -0.72    |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE        |        | 0.72     | -0.72    |

Descrizione inviluppo "SLU 1A) ACC.RIL. - AIM1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE       |        | 1.35     | 1        |
| INVILUPPO         | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1       | PERMANENTE       |        | 1.35     | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE       |        | 1.5      | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE       |        | 1.35     | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE       |        | 1.5      | 0        |
| INVILUPPO         | F) FRENATURA                      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.35     | -1.35    |
| INVILUPPO         | G) AZIONE CENTRIFUGA              | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.35     | 0        |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE        |        | 0.9      | 0        |
| INVILUPPO         | E.A) ACC. RIL. + SCARICO M1       | VARIABILE        |        | 1.35     | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE        |        | 0.72     | -0.72    |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE        |        | 0.72     | -0.72    |

Descrizione involuppo "SLU 1A) VENTO - A1M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE |        | 1.35     | 1        |
| INVILUPPO         | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1       | PERMANENTE |        | 1.35     | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE |        | 1.5      | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE |        | 1.35     | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE |        | 1.5      | 0        |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE  |        | 1.5      | 0        |
| INVILUPPO         | DEA) ACC. RILEVATO M1             | VARIABILE  |        | 1.35     | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE  |        | 0.72     | -0.72    |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE  |        | 0.72     | -0.72    |

DESCRIZIONE Inviluppo "SLU 1B) - A2M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO    | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLU 1B) MOBILI - A2M1   | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLU 1B) ACC.RIL. - A2M1 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLU 1B) VENTO - A2M1    | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

Descrizione degli involuppi contenuti nell'involuppo "SLU 1B) - A2M1"

Descrizione involuppo "SLU 1B) MOBILI - A2M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE       |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1       | PERMANENTE       |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE       |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE       |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE       |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | CARICHI MOBILI - SLU              | VARIABILE        |        | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | F) FRENATURA                      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.15     | -1.15    |
| INVILUPPO         | G) AZIONE CENTRIFUGA              | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE        |        | 0.78     | 0        |
| INVILUPPO         | D.A) ACC. RIL. + CARICO M1        | VARIABILE        |        | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE        |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE        |        | 0.6      | -0.6     |

Descrizione involuppo "SLU 1B) ACC.RIL. - A2M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE       |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1       | PERMANENTE       |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE       |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE       |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE       |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | F) FRENATURA                      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.15     | -1.15    |
| INVILUPPO         | G) AZIONE CENTRIFUGA              | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE        |        | 0.78     | 0        |
| INVILUPPO         | E.A) ACC. RIL. + SCARICO M1       | VARIABILE        |        | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE        |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE        |        | 0.6      | -0.6     |

Descrizione involuppo "SLU 1B) VENTO - A2M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.A) SPINTA DELLA TERRA M1       | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE  |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE  |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE  |        | 0.6      | -0.6     |

DESCRIZIONE Inviluppo "SLU 1B) - A2M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO  | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLU 1B) MOBILI - A2M2 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

|           |                         |                   |   |   |   |
|-----------|-------------------------|-------------------|---|---|---|
| INVILUPPO | SLU 1B) ACC.RIL. - A2M2 | PERM.NON CONTEMP. | 1 | 1 | 1 |
| INVILUPPO | SLU 1B) VENTO - A2M2    | PERM.NON CONTEMP. | 1 | 1 | 1 |

Descrizione degli involucri contenuti nell'involucro "SLU 1B) - A2M2"

Descrizione involucro "SLU 1B) MOBILI - A2M2":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE       |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.B) SPINTA DELLA TERRA M2       | PERMANENTE       |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE       |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE       |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE       |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | CARICHI MOBILI - SLU              | VARIABILE        |        | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | F) FRENATURA                      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.15     | -1.15    |
| INVILUPPO         | G) AZIONE CENTRIFUGA              | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE        |        | 0.78     | 0        |
| INVILUPPO         | D.B) ACC. RIL. + CARICO M2        | VARIABILE        |        | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE        |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE        |        | 0.6      | -0.6     |

Descrizione involucro "SLU 1B) ACC.RIL. - A2M2":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA        | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE       |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.B) SPINTA DELLA TERRA M2       | PERMANENTE       |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE       |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE       |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE       |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | F) FRENATURA                      | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.15     | -1.15    |
| INVILUPPO         | G) AZIONE CENTRIFUGA              | VAR.NON CONTEMP. | 1      | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE        |        | 0.78     | 0        |
| INVILUPPO         | E.B) ACC. RIL. + SCARICO M2       | VARIABILE        |        | 1.15     | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE        |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE        |        | 0.6      | -0.6     |

Descrizione involucro "SLU 1B) VENTO - A2M2":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.B) SPINTA DELLA TERRA M2       | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE             | PERMANENTE |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO             | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE          | PERMANENTE |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | V) VENTO                          | VARIABILE  |        | 1.3      | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA        | VARIABILE  |        | 0.6      | -0.6     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI          | VARIABILE  |        | 0.6      | -0.6     |

DESCRIZIONE involucro "SLV 5A) SISMA - A1M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLV 5A) SISMA X - A1M1 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5A) SISMA Y - A1M1 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5A) SISMA Z - A1M1 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

Descrizione degli involucri contenuti nell'involucro "SLV 5A) SISMA - A1M1"

Descrizione involucro "SLV 5A) SISMA X - A1M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |
| INVILUPPO         | SISMA Y M1                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

Descrizione involucro "SLV 5A) SISMA Y - A1M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

|           |            |                   |   |     |      |
|-----------|------------|-------------------|---|-----|------|
| INVILUPPO | SISMA Y M1 | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 1   | -1   |
| INVILUPPO | SISMA Z    | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 0.3 | -0.3 |

Descrizione inviluppo "SLV 5A) SISMA Z - A1M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Y M1                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |

DESCRIZIONE Inviluppo "SLV 5A) SISMA - A1M1 no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO           | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLV 5A) SISMA X - A1M1 NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5A) SISMA Y - A1M1 NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5A) SISMA Z - A1M1 NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

Descrizione degli inviluppi contenuti nell'inviluppo "SLV 5A) SISMA - A1M1 no imb."

Descrizione inviluppo "SLV 5A) SISMA X - A1M1 no imb.":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |
| INVILUPPO         | SISMA Y M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

Descrizione inviluppo "SLV 5A) SISMA Y - A1M1 no imb.":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Y M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

Descrizione inviluppo "SLV 5A) SISMA Z - A1M1 no imb.":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Y M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |

DESCRIZIONE Inviluppo "SLV 5B) SISMA - A2M1"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA X - A2M1 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA Y - A2M1 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA Z - A2M1 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

Descrizione degli inviluppi contenuti nell'inviluppo "SLV 5B) SISMA - A2M1"

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA X - A2M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE |        | 1        | 0        |

|           |                            |                   |   |     |      |
|-----------|----------------------------|-------------------|---|-----|------|
| INVILUPPO | B1) IMP. PESO PROPRIO      | PERMANENTE        |   | 1   | 0    |
| INVILUPPO | B2) IMPLACATO PERMANENTE   | PERMANENTE        |   | 1   | 0    |
| INVILUPPO | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA | VARIABILE         |   | 0.5 | -0.5 |
| INVILUPPO | P2) ATTRITO IMP. PORTATI   | VARIABILE         |   | 0.5 | -0.5 |
| INVILUPPO | SISMA X M1                 | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 1   | -1   |
| INVILUPPO | SISMA Y M1                 | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 0.3 | -0.3 |
| INVILUPPO | SISMA Z                    | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 0.3 | -0.3 |

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA Y - A2M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Y M1                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA Z - A2M1":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Y M1                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |

DESCRIZIONE Inviluppo "SLV 5B) SISMA - A2M1 no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO           | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA X - A2M1 NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA Y - A2M1 NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA Z - A2M1 NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

Descrizione degli inviluppi contenuti nell'inviluppo "SLV 5B) SISMA - A2M1 no imb."

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA X - A2M1 no imb.":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |
| INVILUPPO         | SISMA Y M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA Y - A2M1 no imb.":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Y M1 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA Z - A2M1 no imb.":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.C) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M1 | PERMANENTE |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE  |        | 0.5      | -0.5     |

|           |                          |                   |   |     |      |
|-----------|--------------------------|-------------------|---|-----|------|
| INVILUPPO | P2) ATTRITO IMP. PORTATI | VARIABILE         |   | 0.5 | -0.5 |
| INVILUPPO | SISMA X M1 NO IMB.       | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 0.3 | -0.3 |
| INVILUPPO | SISMA Y M1 NO IMB.       | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 0.3 | -0.3 |
| INVILUPPO | SISMA Z                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 1   | -1   |

DESCRIZIONE Inviluppo "SLV 5B) SISMA - A2M2"

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO   | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA X - A2M2 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA Y - A2M2 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA Z - A2M2 | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

Descrizione degli inviluppi contenuti nell'inviluppo "SLV 5B) SISMA - A2M2"

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA X - A2M2":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.D) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M2 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M2                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |
| INVILUPPO         | SISMA Y M2                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA Y - A2M2":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.D) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M2 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M2                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Y M2                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA Z - A2M2":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.D) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M2 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M2                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Y M2                          | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |

DESCRIZIONE Inviluppo "SLV 5B) SISMA - A2M2 no imb."

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO           | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA X - A2M2 NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA Y - A2M2 NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | SLV 5B) SISMA Z - A2M2 NO IMB. | PERM.NON CONTEMP. | 1      | 1        | 1        |

Descrizione degli inviluppi contenuti nell'inviluppo "SLV 5B) SISMA - A2M2 no imb."

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA X - A2M2 no imb.":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.D) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M2 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M2 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |
| INVILUPPO         | SISMA Y M2 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA Y - A2M2 no imb.":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO              | TIPOLOGIA  | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-----------------------------------|------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI | PERMANENTE |        | 1        | 1        |

|           |                                     |                   |   |     |      |
|-----------|-------------------------------------|-------------------|---|-----|------|
| INVILUPPO | A2.D) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M2 | PERMANENTE        |   | 1   | 1    |
| INVILUPPO | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |   | 1   | 0    |
| INVILUPPO | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |   | 1   | 0    |
| INVILUPPO | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |   | 1   | 0    |
| INVILUPPO | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |   | 0.5 | -0.5 |
| INVILUPPO | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |   | 0.5 | -0.5 |
| INVILUPPO | SISMA X M2 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 0.3 | -0.3 |
| INVILUPPO | SISMA Y M2 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 1   | -1   |
| INVILUPPO | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1 | 0.3 | -0.3 |

Descrizione inviluppo "SLV 5B) SISMA Z - A2M2 no imb.":

| N°CDC O INVILUPPO | NOME CDC O INVILUPPO                | TIPOLOGIA         | GRUPPO | MOLT.MAX | MOLT.MIN |
|-------------------|-------------------------------------|-------------------|--------|----------|----------|
| INVILUPPO         | A1) SPALLA PESO PROPRIO + TIRANTI   | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A2.D) SPINTA DELLA TERRA SISMICA M2 | PERMANENTE        |        | 1        | 1        |
| INVILUPPO         | A3) SPALLA PERMANENTE               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B1) IMP. PESO PROPRIO               | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | B2) IMPLACATO PERMANENTE            | PERMANENTE        |        | 1        | 0        |
| INVILUPPO         | P1) ATTRITO IMP. STRUTTURA          | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | P2) ATTRITO IMP. PORTATI            | VARIABILE         |        | 0.5      | -0.5     |
| INVILUPPO         | SISMA X M2 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Y M2 NO IMB.                  | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 0.3      | -0.3     |
| INVILUPPO         | SISMA Z                             | VAR.CONTEMPORANEA | 1      | 1        | -1       |

## 8.5 AZIONI

### 8.5.1 AZIONI TRASMESSE ALL'IMPALCATO

#### 8.5.1.1 Carichi permanenti

| CARICHI PERMANENTI  | (g2)             |    | totale   |    | sull'appoggio |    |      | sul traverso di testata |           |
|---|------------------|----|----------|----|---------------|----|------|-------------------------|-----------|
| travi   |                  | kN | 11753.78 | kN | 5867.50       |    | kN/m | 451.35                  |           |
| soletta   |                  | kN | 0.00     | kN | 0.00          |    | kN/m | 0.00                    |           |
| <i>Struttura Impalcato (P.str.imp)</i>                      | (g2.1)           |    |          |    |               | B1 | kN/m | 451.35                  | Strut.Imp |
| cordolo esterno sx  | (g2.2)           | kN | 1878.00  | kN | 937.50        | B2 | kN/m | 468.75                  | Perm.Imp. |
| cordolo interno sx  | (g2.2)           | kN | 0.00     | kN | 0.00          | B2 | kN/m | 0.00                    | Perm.Imp. |
| cordolo esterno dx  | (g2.2)           | kN | 1878.00  | kN | 937.50        | B2 | kN/m | 468.75                  | Perm.Imp. |
| cordolo interno dx  | (g2.2)           | kN | 0.00     | kN | 0.00          | B2 | kN/m | 0.00                    | Perm.Imp. |
| pavimentazione  | (g2.2)           | kN | 1690.20  | kN | 843.75        | B2 | kN/m | 64.90                   | Perm.Imp. |
| pesi aggiunti cordolo esterno sx                            | (g2.2)           | kN | 250.40   | kN | 125.00        | B2 | kN   | 125.00                  | Perm.Imp. |
| pesi aggiunti cordolo interno sx                            | (g2.2)           | kN | 0.00     | kN | 0.00          | B2 | kN   | 0.00                    | Perm.Imp. |
| pesi aggiunti cordolo esterno dx                            | (g2.2)           | kN | 250.40   | kN | 125.00        | B2 | kN   | 125.00                  | Perm.Imp. |
| pesi aggiunti cordolo interno dx                            | (g2.2)           | kN | 0.00     | kN | 0.00          | B2 | kN   | 0.00                    | Perm.Imp. |
| <i>Carico Totale (P.tot)</i>                                |                  | kN | 17700.78 |    |               |    |      |                         |           |
| Carico permanente trasmesso dall'impalcato                  | R <sub>per</sub> | kN | 8836.25  |    |               |    |      |                         |           |
| Effetto dell'attrito sugli appoggi (6.0% R <sub>per</sub> ) | H <sub>att</sub> | kN | 530.18   |    |               |    |      |                         |           |

#### 8.5.1.2 Carichi accidentali

Le colonne dei carichi mobili vengono disposte, a partire da quella di entità massima, in adiacenza al cordolo più esterno: si considerano quindi due condizioni di carico limite:

1. Cordolo esterno lato risolto di sinistra
2. Cordolo esterno lato risolto di destra

Le reazioni sulla spalla dovute ad ogni singola colonna di carico, compresa la folla sui marciapiedi, e la reazione totale sono le seguenti:

| CARICHI ACCIDENTALI   | (q1)   |  |  |    | sul traverso di testata |    |      |                        |    |
|---|--|--|--|----|-------------------------|----|------|------------------------|----|
| <i>Reazioni dovute ad ogni singola colonna</i>                                      |  |  |  |    | Q <sub>ik</sub> (q1.1)  |    |      | q <sub>ik</sub> (q1.2) |    |
| 1° Colonna Q <sub>1k</sub> (4*150.00 kN), q <sub>1k</sub> (9.00 kN/m <sup>2</sup> ) | (Q <sub>k</sub> *ζ <sub>Q</sub> , q <sub>k</sub> *ζ <sub>q</sub> ) |  |  | kN | 298.30                  | C1 | kN/m | 281.26                 | C2 |
| 2° Colonna Q <sub>2k</sub> (4*100.00 kN), q <sub>2k</sub> (2.50 kN/m <sup>2</sup> ) | (Q <sub>k</sub> *ζ <sub>Q</sub> , q <sub>k</sub> *ζ <sub>q</sub> ) |  |  | kN | 198.86                  | C1 | kN/m | 78.13                  | C2 |
| 3° Colonna Q <sub>3k</sub> (4*50.00 kN), q <sub>3k</sub> (2.50 kN/m <sup>2</sup> )  | (Q <sub>k</sub> *ζ <sub>Q</sub> , q <sub>k</sub> *ζ <sub>q</sub> ) |  |  | kN | 99.43                   | C1 | kN/m | 78.13                  | C2 |



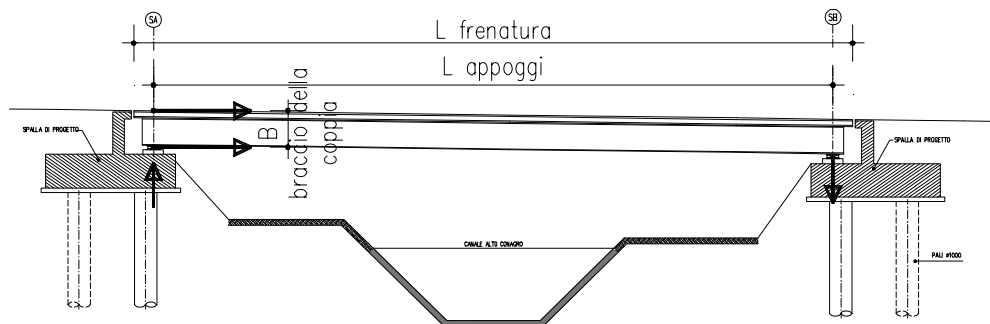
|   |                   |             |            |              |      |   |               |               |     |
|---|-------------------|-------------|------------|--------------|------|---|---------------|---------------|-----|
| 4° Colonna $q_{4k}$ (2.50 kN/m <sup>2</sup> )                 | $(q_k * \zeta_q)$ |             |            |              | kN   | - | kN/m          | 0.00          | C2) |
| 5° Colonna $q_{5k}$ (2.50 kN/m <sup>2</sup> )                 | $(q_k * \zeta_q)$ |             |            |              | kN   | - | kN/m          | 0.00          | C2) |
| 6° Colonna $q_{6k}$ (2.50 kN/m <sup>2</sup> )                 | $(q_k * \zeta_q)$ |             |            |              | kN   | - | kN/m          | 0.00          | C2) |
| 7° Colonna $q_{7k}$ (2.50 kN/m <sup>2</sup> )                 | $(q_k * \zeta_q)$ |             |            |              | kN   | - | kN/m          | 0.00          | C2) |
| 8° Colonna $q_{8k}$ (2.50 kN/m <sup>2</sup> )                 | $(q_k * \zeta_q)$ |             |            |              | kN   | - | kN/m          | 0.00          | C2) |
| 9° Colonna $q_{9k}$ (2.50 kN/m <sup>2</sup> )                 | $(q_k * \zeta_q)$ |             |            |              | kN   | - | kN/m          | 0.00          | C2) |
| 10° Colonna $q_{10k}$ (2.50 kN/m <sup>2</sup> )               | $(q_k * \zeta_q)$ |             |            |              | kN   | - | kN/m          | 0.00          | C2) |
| <b>Totale Accidentali</b>                                     |                   |             |            | <b>R acc</b> |      |   | <b>596.59</b> | <b>437.52</b> |     |
| <i>Folla cordoli</i>  |                   |             |            |              |      |   |               |               |     |
| Folla cordolo n.1 sx - esterno - (5.00*0.5) kN/m <sup>2</sup> | $(q_k * \zeta_F)$ | $R_{F1,sx}$ | <b>C3)</b> |              | kN/m |   | <b>0.00</b>   |               |     |
| Folla cordolo n.2 sx - interno - (5.00*0.5) kN/m <sup>2</sup> | $(q_k * \zeta_F)$ | $R_{F2,sx}$ | <b>C3)</b> |              | kN/m |   | <b>0.00</b>   |               |     |
| Folla cordolo n.1 dx - esterno - (5.00*0.5) kN/m <sup>2</sup> | $(q_k * \zeta_F)$ | $R_{F1,dx}$ | <b>C3)</b> |              | kN/m |   | <b>0.00</b>   |               |     |
| Folla cordolo n.2 dx - interno - (5.00*0.5) kN/m <sup>2</sup> | $(q_k * \zeta_F)$ | $R_{F2,dx}$ | <b>C3)</b> |              | kN/m |   | <b>0.00</b>   |               |     |

8.5.1.3 Azione di frenamento

|  |      |               |          |   |  |   |  |               |           |
|--|------|---------------|----------|---|--|---|--|---------------|-----------|
| <b>AZIONE DI FRENAMENTO</b>              | (q3) |               |          | <i>Tipo di appoggio</i>                 |  |   |  |               |           |
| Lunghezza della zona caricata L          | m    | <b>31.10</b>  |          | <b>Appoggi fissi multipli-</b>          |  | forza applicata a quota appoggio ed in      |  | kN            |           |
| Categoria di Ponte (mettere 1 o 2):      |      | <b>1</b>      |          | <b>Coefficiente afferenza</b>           |  | corrisp. ruote corsia n.1 (+X)              |  | <b>110.99</b> | <b>F)</b> |
| Frenatura totale (cap.5.1.3.5 DM2008)    | kN   | <b>443.97</b> |          | Calcola Coefficiente afferenza e scrivi |  | Squilibrio applicato a quota appoggio ed in |  | <b>15.03</b>  | <b>F)</b> |
| Squilibrio di frenatura (mettere Si/No): |      | <b>si</b>     |          |   |  | corrisp. ruote corsia n.1 (+Z)              |  |               |           |
|  |      |               | <b>C</b> | <b>0.500</b>                            |  |   |  |               |           |

L'impalcato trasmette questa azione alla spalla tramite gli appoggi. Tale azione genera uno squilibrio verticale schematizzato nel disegno seguente:

Frenatura orizzontale: da DM2008  
Squilibrio verticale:  $F_v = F_{tot} * B / L_{appoggi}$



8.5.1.4 Azione centrifuga

|                          |      |             |  |  |  |  |
|--------------------------|------|-------------|--|--|--|--|
| <b>AZIONE CENTRIFUGA</b> | (q4) |             |  |  |  |  |
| raggio di curvatura      | m    | <b>0.00</b> |  |  |  |  |

| Reazioni dovute ad ogni singola colonna  |  |    |                 |                   |    |                  |          |
|--|--|----|-----------------|-------------------|----|------------------|----------|
|  |  |    | Q <sub>ik</sub> |                   |    | Q <sub>vik</sub> |          |
| 1° Colonna Q <sub>1k</sub> (4*150.00 kN) |  | kN | <b>298.30</b>   | Q <sub>v,1k</sub> | kN | <b>0.00</b>      | <b>G</b> |
| 2° Colonna Q <sub>2k</sub> (4*100.00 kN) |  | kN | <b>198.86</b>   | Q <sub>v,2k</sub> | kN | <b>0.00</b>      | <b>G</b> |
| 3° Colonna Q <sub>3k</sub> (4*50.00 kN)  |  | kN | <b>99.43</b>    | Q <sub>v,3k</sub> | kN | <b>0.00</b>      | <b>G</b> |

Agente a quota pavimetazione.

### 8.5.1.5 Azione del vento

Come prescritto nel § 5.1.3.7 (Azioni di Neve, Vento: q5) del D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), per le azioni da neve e vento vale quanto specificato al Cap. 3.

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi (ad es. le pile). Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite. L'azione del vento può essere valutata come azione dinamica mediante una analisi dell'interazione vento-struttura.

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

Il carico neve si considera non concomitante con i carichi da traffico, salvo che per ponti coperti

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d \quad (3.3.2)$$

dove

q<sub>b</sub> è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

c<sub>e</sub> è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;

c<sub>p</sub> è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento;

c<sub>d</sub> è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.

Indicazioni per la sua valutazione sono riportate al § 3.3.8.

Si è fatta una prima analisi confrontando la pressione cinetica determinata con i criteri del DM del 14/01/2008, considerando un coefficiente di forma relativo alle travi ad anima piena e reticolari multiple (§ 3.3.10.4.2), con i criteri suggeriti dalle "Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni" emanate dal CNR del 17 gennaio 2008. Da tale confronto sono risultate pressioni del vento inferiori a quelle indicate nel DM 4 maggio 1990 (aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione,

la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali), pertanto, a favore di sicurezza, si assume un carico pari a 2.50 kN/m<sup>2</sup>.

| AZIONE DEL VENTO (D.M. 14/01/2008) | (q5)                   |                   |       |  |  |  |  |   |      |
|------------------------------------|------------------------|-------------------|-------|--|--|--|--|---|------|
| Pressione Vento                    |                        | kN/m <sup>2</sup> | 2.50  |  |  |  |  |   |      |
| Lung. di afferenza vento Impalcato |                        | m                 | 31.25 |  |  |  |  |   |      |
| Azione vento afferente alla spalla |                        | kN/m              | 78.13 |  |  |  |  |   |      |
|                                    |                        |                   |       |  |  |  |  |   |      |
| Impalcato SCARICO                  | F <sub>v,scarico</sub> | kN/m              | 78.13 | Superficie impalcato investita a ponte SCARICO |  |  |  | m | 7.70 |
| Impalcato CARICO                   | F <sub>v,carico</sub>  | kN/m              | 78.13 | Superficie impalcato investita a ponte CARICO  |  |  |  | m | 7.70 |

### 8.5.1.6 Azione sismica

Le azioni che l'impalcato trasferisce alla spalla dipendono dalle caratteristiche dei dispositivi stessi ed in particolare dal valore della loro rigidezza orizzontale.

Azioni orizzontali trasmesse alla spalla in condizione sismica:

| AZIONE SISMICA                             | (q6)             |    |         |   |  |  |  |                         |                        |
|--|------------------|----|---------|---|--|--|--|-------------------------|------------------------|
|  | kh               |    | 0.260   | Tipo di appoggio                              |  |  |  | sul traverso di testata |                        |
|  | kv               |    | 0.000   | Appoggi fissi multipli-Coefficiente afferenza |  |  |  |                         |                        |
|  |                  |    |         | C   |  |  |  |                         | F <sub>sl</sub> (kN/m) |
| <b>Sisma totale in senso longitudinale</b> | F <sub>sl</sub>  | kN | 2301.10 | Quota di sisma Long. afferente alla spalla    |  |  |  | (+X)                    | 177.01 M3              |
| agente a quota appoggi con braccio:        | h <sub>Fsl</sub> | m  | 1.50    | Calcola Coefficiente afferenza e scrivi       |  |  |  | Squilibrio (+Z)         | 8.62 M3                |
| Squilibrio sisma longitudinale             |                  |    | si      |   |  |  |  |                         |                        |
|  |                  |    |         | 0.5   |  |  |  |                         |                        |
|  |                  |    |         |   |  |  |  | F <sub>st</sub> (kN/m)  |                        |
| <b>Sisma totale in senso trasversale</b>   | F <sub>st</sub>  | kN | 2301.10 | Quota di sisma Trasv. afferente alla spalla   |  |  |  | (+Y)                    | 177.01 N3              |
| agente sopra quota appoggi:                | h <sub>Fst</sub> | m  | 1.50    | Calcola Coefficiente afferenza e scrivi       |  |  |  |                         |                        |
|  |                  |    |         | 0.5   |  |  |  |                         |                        |
|  |                  |    |         |   |  |  |  | F <sub>sv</sub> (kN/m)  |                        |
| <b>Sisma totale verticale</b>              | F <sub>sv</sub>  | kN | 0.00    |   |  |  |  | (+Z)                    | 0.00 O3                |

### 8.5.1.7 Azione di attrito

Azioni orizzontali longitudinali al ponte trasmesse alla spalla per attrito in funzione del tipo di appoggi:

| AZIONE DI ATTRITO             | (q7) |   |  |  |  |        |       |    |
|-------------------------------|------|---|--|--|--|--------|-------|----|
|                               |      | Tipo di appoggio                              |  |  |  | (q7.1) | kN    |    |
| Attrito (Struttura Impalcato) |      | Appoggi fissi multipli-Coefficiente afferenza |  |  |  | (+X)   | 12.44 | P1 |
|                               |      |   |  |  |  |        |       |    |

|  |  |      |   |            |      |     |
|--|--|------|---|------------|------|-----|
|  |  | C    | Calcola Attrito con (a*L*DT*Kel) e scrivi | Kel=EJ/H^3 |      |     |
|  |  | 0.25 |   |            |      |     |
|  |  |      | 12.44                                     | (q7.2)     | kN   |     |
| Attrito (Permanenti portati Impalcato) |  |      |   | (+X)       | 0.00 | P2) |

## 8.5.2 AZIONI RELATIVE ALLA SPALLA

### 8.5.2.1 Peso proprio

Avendo effettuato l'implementazione con un modello di calcolo che schematizza gli elementi strutturali sia in termini di geometria, sia in termini di rigidezza, il peso proprio degli elementi costituenti la spalla è applicato in automatico dal programma di calcolo, assumendo come peso specifico dell'elemento calcestrutto il valore:

$$\gamma_{cls} = 25.0 \text{ kN/m}^3$$

### 8.5.2.2 Spinta delle terre

#### 8.5.2.2.1 Spinta Del Terreno Di Monte

Si prevede un riempimento con terreno di buona qualità, con strati drenanti a ridosso della spalla.

Si assumono quindi i parametri geotecnici indicati nella tabella riportata di seguito.

Il diagramma delle pressioni è triangolare con valore massimo alla base:

| <b>SPINTA DELLE TERRE</b>                   |                       |                   |                |
|---|-----------------------|-------------------|----------------|
| <b>Spinta del terreno a monte</b>           |                       |                   |                |
| peso di volume                              | $\gamma$              | kN/m <sup>3</sup> | <b>19.00</b>   |
| angolo di attrito A1+M1                     | $\phi_{A1+M1}$        | °                 | <b>35.00</b>   |
| angolo di attrito A2+M2                     | $\phi_{A2+M2}$        | °                 | <b>29.26</b>   |
| <b>COMBINAZIONE A1-M1</b>                   |                       |                   |                |
| Coefficiente di spinta a riposo             | $k_r = 1 - \tan \phi$ |                   | <b>0.426</b>   |
| <b>SPALLA</b>                               |                       |                   |                |
| altezza totale della spalla+ 1/2 fondazione | $H_{tot} =$           | m                 | <b>10.65</b>   |
| A2.a) pressione massima alla base           | $p_1 =$               | kN/m <sup>2</sup> | <b>86.29</b>   |
| spinta massima                              | $S_1 =$               | kN/m              | <b>-459.48</b> |
| altezza alla quota da intradosso fondazione | $h_1 =$               | m                 | <b>3.550</b>   |
| <b>RISVOLTO SX</b>                          |                       |                   |                |
| altezza totale della spalla+ 1/2 fondazione | $H_{tot} =$           | m                 | <b>10.55</b>   |
| A2.a) pressione massima alla base           | $p_1 =$               | kN/m <sup>2</sup> | <b>85.48</b>   |
| spinta massima                              | $S_1 =$               | kN/m              | <b>-450.89</b> |
| altezza alla quota da intradosso fondazione | $h_1 =$               | m                 | <b>3.517</b>   |
| <b>RISVOLTO DX</b>                          |                       |                   |                |

|       |  |                                   |                   |                |
|-------|--|-----------------------------------|-------------------|----------------|
| A2.a) | altezza totale della spalla+ 1/2<br>fondazione | $H_{tot} =$                       | m                 | <b>10.55</b>   |
|       | pressione massima alla base                    | $p_1 =$                           | kN/m <sup>2</sup> | <b>85.48</b>   |
|       | spinta massima                                 | $S_1 =$                           | kN/m              | <b>-450.89</b> |
|       | agente alla quota da intradosso<br>fondazione  | $h_1 =$                           | m                 | <b>3.517</b>   |
|       | <b>COMBINAZIONE A2-M2</b>                      |                                   |                   |                |
|       | Coefficiente di spinta a riposo                | $k_r = 1 - \text{sen } \phi$<br>= |                   | <b>0.511</b>   |
|       | <i>SPALLA</i>                                  |                                   |                   |                |
|       | altezza totale della spalla+ 1/2<br>fondazione | $H_{tot} =$                       | m                 | <b>10.65</b>   |
| A2.b) | pressione massima alla base                    | $p_2 =$                           | kN/m              | <b>103.46</b>  |
|       | spinta massima                                 | $S_2 =$                           | kN                | <b>-550.92</b> |
|       | agente alla quota da intradosso<br>fondazione  | $h_2 =$                           | m                 | <b>3.550</b>   |
|       | <i>RISVOLTO SX</i>                             |                                   |                   |                |
|       | altezza totale della spalla+ 1/2<br>fondazione | $H_{tot} =$                       | m                 | <b>10.55</b>   |
| A2.b) | pressione massima alla base                    | $p_1 =$                           | kN/m <sup>2</sup> | <b>102.49</b>  |
|       | spinta massima                                 | $S_1 =$                           | kN/m              | <b>-540.62</b> |
|       | agente alla quota da intradosso<br>fondazione  | $h_1 =$                           | m                 | <b>3.517</b>   |
|       | <i>RISVOLTO DX</i>                             |                                   |                   |                |
|       | altezza totale della spalla+ 1/2<br>fondazione | $H_{tot} =$                       | m                 | <b>10.55</b>   |
| A2.b) | pressione massima alla base                    | $p_1 =$                           | kN/m <sup>2</sup> | <b>102.49</b>  |
|       | spinta massima                                 | $S_1 =$                           | kN/m              | <b>-540.62</b> |
|       | agente alla quota da intradosso<br>fondazione  | $h_1 =$                           | m                 | <b>3.517</b>   |

#### 8.5.2.2.2 Spinta Relativa Del Sovraccarico Sul Terrapieno

Secondo quanto indicato nella Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 (Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008) § C5.1.3.3.7.1 (Carichi verticali da traffico su rilevati e su terrapieni adiacenti al ponte), ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e delle altre parti del ponte a contatto con il terreno, sul rilevato o sul terrapieno si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità, i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga 3,0 m e lunga 2,20 m. In un rilevato correttamente consolidato, si può assumere una diffusione del carico con angolo di 30°. Ai fini del calcolo delle spalle, dei muri d'ala e dei muri laterali, i carichi orizzontali da traffico sui rilevati o sui terrapieni possono essere considerati assenti.

Si è quindi assunto un carico uniforme medio individuato come somma dei carichi dello schema 1, diffusi con un angolo di 30° fino a metà altezza del fusto spalla, pensati applicati in sommità spalla

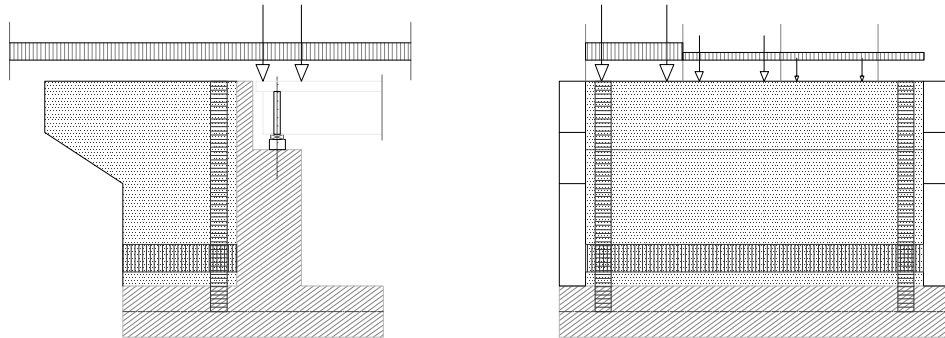
| SPINTA RELATIVA AL SOVRACCARICO SUL TERRAPIENO                |   |                              |                 |
|---|---|------------------------------|-----------------|
| <i>Si considerano due condizioni di carico sul terrapieno</i> |   |                              |                 |
|   | sovraccarico concomitante con impalcato carico  | kN/m <sup>2</sup>            | <b>9.00</b>     |
|   | sovraccarico concomitante con impalcato scarico | kN/m <sup>2</sup>            | <b>20.00</b>    |
| <b>COMBINAZIONE A1-M1</b>                                     |   |                              |                 |
| D.a)  | pressione concomitante con impalcato carico     | $P_{2a} =$ kN/m <sup>2</sup> | <b>3.84</b>     |
| E.a)  | pressione concomitante con impalcato scarico    | $P_{2b} =$ kN/m <sup>2</sup> | <b>8.53</b>     |
|   | Spinta concomitante con impalcato carico        | $S_{2a} =$ kN                | <b>-531.35</b>  |
|   | Spinta concomitante con impalcato scarico       | $S_{2b} =$ kN                | <b>-1180.77</b> |
|   | agente alla quota da intradosso fondazione      | $h_1 =$ m                    | <b>5.33</b>     |
| <b>COMBINAZIONE A2-M2</b>                                     |   |                              |                 |
| D.b)  | pressione concomitante con impalcato carico     | $P_{2a} =$ kN/m <sup>2</sup> | <b>4.60</b>     |
| E.b)  | pressione concomitante con impalcato scarico    | $P_{2b} =$ kN/m <sup>2</sup> | <b>10.23</b>    |
|   | Spinta concomitante con impalcato carico        | $S_{2a} =$ kN                | <b>-637.09</b>  |
|   | Spinta concomitante con impalcato scarico       | $S_{2b} =$ kN                | <b>-1415.75</b> |
|   | agente alla quota da intradosso fondazione      | $h_1 =$ m                    | <b>5.33</b>     |

Il diagramma delle pressioni, considerando la spinta riposo, è rettangolare.

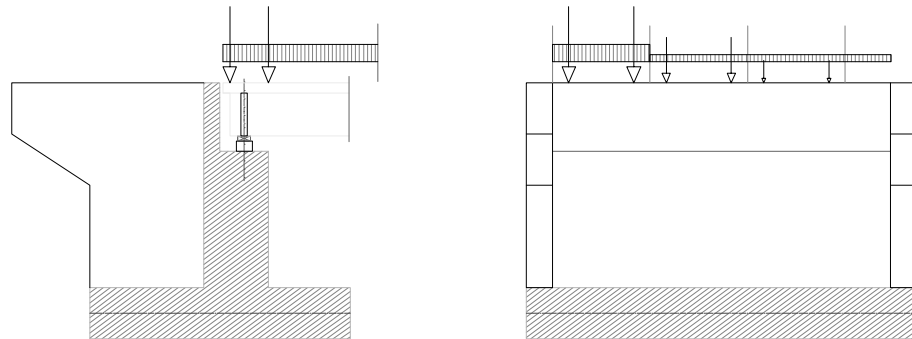
Si sono considerate le seguenti 4 combinazioni relative il sovraccarico (vedasi anche schema grafico):

|   |  |
|---|--|
| a | Carichi rilevato ed impalcato contemporaneamente (strutt.+pavim.)                |
| b | Carichi solo impalcato   |
| c | Carichi solo rilevato + Permanenti portati (Impalcato: struttura+pavimentazione) |
| d | Assenza di impalcato   |

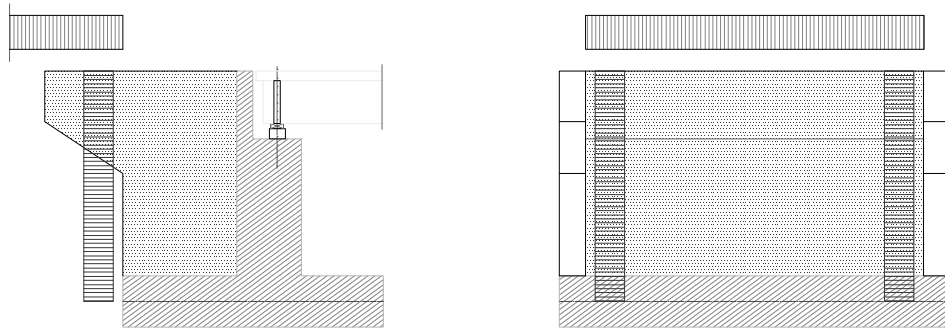
a) Carichi rilevato ed impalcato contemporaneamente (strutt.+pavim.)



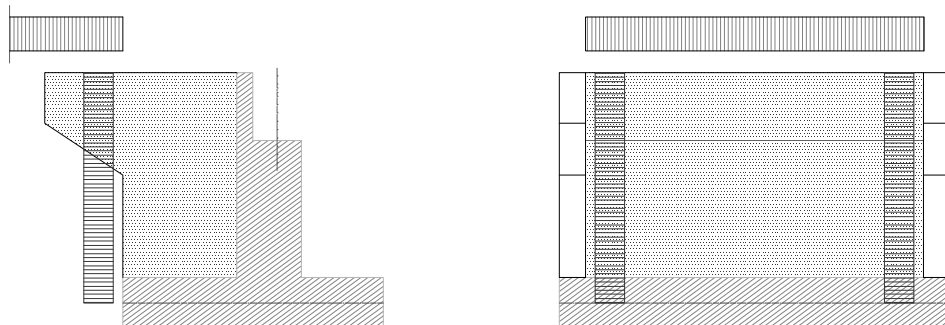
b) Carichi solo impalcato



c) Carichi solo rilevato + Permanenti portati (Impalcato: struttura+pavimentazione)



d) Assenza di impalcato



### 8.5.2.2.3 Spinta Relativa Al Terreno Di Valle

Prudenzialmente non si tiene conto del contributo alla stabilità offerto dalla spinta del terreno di valle.

### 8.5.2.2.4 Carico Sulla Platea Fondazione

| CARICO SULLA PLATEA FONDAZIONE |   |            |                   |               |
|--------------------------------|---|------------|-------------------|---------------|
| <i>SPALLA</i>                  |   |            |                   |               |
|                                | altezza totale della spalla               | $H_{ot} =$ | m                 | <b>10.65</b>  |
| A2.a-A2.b)                     | pressione sulla fondazione - Terra        | $p_t =$    | kN/m <sup>2</sup> | <b>202.35</b> |
| D.a-D.b)<br>(a)                | pressione sulla fondazione - Sovraccarico | $p_Q =$    | kN/m <sup>2</sup> | <b>9.00</b>   |
| <i>RISVOLTO SX</i>             |   |            |                   |               |
|                                | altezza totale della spalla               | $H_{ot} =$ | m                 | <b>10.55</b>  |
| A2.a-A2.b)                     | pressione sulla fondazione - Terra        | $p_t =$    | kN/m <sup>2</sup> | <b>200.45</b> |
| D.a-D.b)<br>(a)                | pressione sulla fondazione - Sovraccarico | $p_Q =$    | kN/m <sup>2</sup> | <b>9.00</b>   |
| <i>RISVOLTO DX</i>             |   |            |                   |               |
|                                | altezza totale della spalla               | $H_{ot} =$ | m                 | <b>10.55</b>  |
| A2.a-A2.b)                     | pressione sulla fondazione - Terra        | $p_t =$    | kN/m <sup>2</sup> | <b>200.45</b> |
| D.a-D.b)<br>(a)                | pressione sulla fondazione - Sovraccarico | $p_Q =$    | kN/m <sup>2</sup> | <b>9.00</b>   |

### 8.5.2.3 Azione del vento

L'azione del vento sulla spalla da inserire nel modello si ottiene dalla formula seguente

$$q_v = L \cdot p_v \cdot \xi_{str}$$

Dove:

|  |               |       |
|--|---------------|-------|
| Lunghezza spalla investita dal vento (m) | L             | 7.15  |
| Pressione del vento (kN/m <sup>2</sup> ) | $p_v =$       | 250   |
| Coefficiente di afferenza azioni spalla  | $\xi_{str} =$ | 1.00  |
| Azione del vento sulla spalla (kN/m)     | $q_v =$       | 17.88 |

### 8.5.2.4 Azione sismica

#### 8.5.2.4.1 Azioni Inerziali

L'inerzia del complesso spalla e terreno imbarcato si articola con i seguenti contributi elementari:

Paraghiaia

Fusto



Muri di risvolto  
Orecchie  
Fondazione

| <b>AZIONI SISMICHE</b> |   |                                      |                |
|------------------------|---|--------------------------------------|----------------|
|                        | <i>Parametri spettrali (D.M. 14/01/2008 - par. 3.2.3.1)</i> |                                      |                |
|                        | Comune  |                                      | <b>Verona</b>  |
|                        | Latitudine  |                                      | <b>45.44</b>   |
|                        | Longitudine   |                                      | <b>11.00</b>   |
|                        | Vita nominale dell'opera                                    |                                      | <b>100</b>     |
|                        | Coefficiente d'uso  |                                      | <b>2</b>       |
|                        | Periodo di riferimento                                      |                                      | <b>200</b>     |
| <b>M-N 1)</b>          | coefficiente sismico orizzontale = $a_{max}/g * \beta_m =$  | $k_h =$                              | <b>0.260</b>   |
| <b>O1)</b>             | coefficiente sismico verticale = $0.5 k_h =$                | $k_{v+-} =$                          | <b>0.000</b>   |
|                        |   |                                      |                |
|                        | <b>Inerzia terreno imbarcato</b>                            |                                      |                |
|                        | <i>SPALLA</i>   |                                      |                |
| <b>M1b</b>             | Pressione applicata sul fusto                               | $S_{IT} = \gamma * B_{post} * k_h =$ | <b>14.33</b>   |
|                        | Momento in asse platea                                      | $M_{ITi} =$                          | <b>808.42</b>  |
|                        | <i>RISVOLTO SX</i>  |                                      |                |
| <b>N1bsx</b>           | Pressione applicata sul risvolto                            | $S_{IT} = \gamma * B_{post} * k_h =$ | <b>49.20</b>   |
|                        | Momento in asse platea                                      | $M_{ITi} =$                          | <b>2724.34</b> |
|                        | <i>RISVOLTO DX</i>  |                                      |                |
| <b>N1bdx</b>           | Pressione applicata sul risvolto                            | $S_{IT} = \gamma * B_{post} * k_h =$ | <b>49.20</b>   |
|                        | Momento in asse platea                                      | $M_{ITi} =$                          | <b>2724.34</b> |

#### 8.5.2.4.2 Spinta Terre

Le spinte delle terre sono calcolate in regime di spinta attiva; per il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni così come riportato nel § 7.11.6.2.1 del D.M., la spinta totale di progetto  $E_d$  può essere calcolato come:

$$S_t = 1/2 * \gamma * h_{tot}^2 * k$$

dove il coefficiente di spinta del terreno è calcolato mediante la formula di Mononobe e Okabe.

Il punto di applicazione della spinta attiva è posto ad  $h_{tot}/3$ , mentre quello di applicazione della sovraspinta dinamica ad  $h_{tot}/2$ , con "h<sub>tot</sub>" altezza del paramento su cui agisce la spinta delle terre.

La spinta delle terre vale:

|  |                                    |  |              |
|--|------------------------------------|--|--------------|
|  | coefficiente di spinta attiva (M1) | $k_a = \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) =$ | <b>0.271</b> |
|  | coefficiente di spinta attiva (M2) | $k_a = \text{tg}^2(45^\circ - \phi/2) =$ | <b>0.343</b> |

|       |  |                 |                   |               |
|-------|--|-----------------|-------------------|---------------|
|       | <b>Spinta Terreno Sismico</b>                  |                 |                   |               |
|       | <b>SPALLA</b>                                  |                 |                   |               |
|       | altezza totale della spalla+ 1/2<br>fondazione | $H_{tot} =$     | m                 | <b>10.65</b>  |
| A2.c) | (M1) pressione sismica massima alla<br>base    | $p_{1s} (M1) =$ | kN/m <sup>2</sup> | <b>54.83</b>  |
|       | (M1) spinta totale                             | $S_{1s} (M1) =$ | kN/m              | <b>292.00</b> |
| A2.d) | (M2) pressione sismica massima alla<br>base    | $p_{1s} (M2) =$ | kN/m <sup>2</sup> | <b>69.50</b>  |
|       | (M2) spinta totale                             | $S_{1s} (M2) =$ | kN/m              | <b>370.06</b> |
|       | agente alla quota da intradosso<br>fondazione  | $h_{1s} =$      | m                 | <b>3.550</b>  |
|       | <b>RISVOLTO SX</b>                             |                 |                   |               |
|       | altezza totale della spalla+ 1/2<br>fondazione | $H_{tot} =$     | m                 | <b>10.55</b>  |
| A2.c) | (M1) pressione sismica massima alla<br>base    | $p_{1s} (M1) =$ | kN/m <sup>2</sup> | <b>54.32</b>  |
|       | (M1) spinta totale                             | $S_{1s} (M1) =$ | kN/m              | <b>286.54</b> |
| A2.d) | (M2) pressione sismica massima alla<br>base    | $p_{1s} (M2) =$ | kN/m <sup>2</sup> | <b>68.84</b>  |
|       | (M2) spinta totale                             | $S_{1s} (M2) =$ | kN/m              | <b>363.15</b> |
|       | agente alla quota da intradosso<br>fondazione  | $h_{1s} =$      | m                 | <b>3.517</b>  |
|       | <b>RISVOLTO DX</b>                             |                 |                   |               |
|       | altezza totale della spalla+ 1/2<br>fondazione | $H_{tot} =$     | m                 | <b>10.55</b>  |
| A2.c) | (M1) pressione sismica massima alla<br>base    | $p_{1s} (M1) =$ | kN/m <sup>2</sup> | <b>54.32</b>  |
|       | (M1) spinta totale                             | $S_{1s} (M1) =$ | kN/m              | <b>286.54</b> |
| A2.d) | (M2) pressione sismica massima alla<br>base    | $p_{1s} (M2) =$ | kN/m <sup>2</sup> | <b>68.84</b>  |
|       | (M2) spinta totale                             | $S_{1s} (M2) =$ | kN/m              | <b>363.15</b> |
|       | agente alla quota da intradosso<br>fondazione  | $h_{1s} =$      | m                 | <b>3.517</b>  |

L'incremento sismico delle spinte dovute al terreno risulta:

|           |                                      |                          |                   |                |
|-----------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------|----------------|
|           | <b>1) SPALLA</b>                     |                          |                   |                |
|           | <i>Approccio 1 - combinazione M1</i> |                          |                   |                |
|           |                                      | pd                       | kN/m <sup>2</sup> | <b>89.641</b>  |
|           |                                      |                          | kN/m <sup>2</sup> | /              |
|           |                                      | Ed =                     | kN/m              | <b>477.341</b> |
|           |                                      |                          | kN/m              | /              |
|           | altezza muro+ 1/2 fondazione         | H =                      | m                 | <b>10.65</b>   |
| M-N 2A.+) | incremento di spinta sismico         | $D_{pd} = pd - p_{1s} =$ | kN/m <sup>2</sup> | <b>17.403</b>  |
| M-N 2A.-) |                                      |                          |                   | /              |
| O 2A.+)   |                                      |                          |                   | /              |
| O 2A.-)   |                                      |                          |                   | /              |
|           | <i>Approccio 1 - combinazione M2</i> |                          |                   |                |
|           |                                      | pd                       | kN/m <sup>2</sup> | <b>109.658</b> |

|           |                                       |   |                       |                |
|-----------|---------------------------------------|---|-----------------------|----------------|
|           |                                       |   | kN/m <sup>2</sup>     | /              |
|           |                                       | Ed =  | kN/m                  | <b>583.927</b> |
|           |                                       |   | kN/m                  | /              |
|           | altezza muro+ 1/2 fondazione          | H =   | m                     | <b>10.65</b>   |
| M-N 2B.+) | incremento di spinta sismico          | D <sub>pd</sub> = pd -<br>p <sub>ls</sub> = | kN/m <sup>2</sup>     | <b>20.081</b>  |
| M-N 2B.-) |                                       |   |                       | /              |
| O 2B.+)   |                                       |   |                       | /              |
| O 2B.-)   |                                       |   |                       | /              |
|           |                                       |   |                       |                |
|           | <b>2) RISVOLTO SX</b>                 |   |                       |                |
|           | <i>Approccio 1 - combinazione M1</i>  |   |                       |                |
|           |                                       | pd  | kN/m <sup>2</sup>     | <b>88.800</b>  |
|           |                                       |   | kN/m <sup>2</sup>     | /              |
|           |                                       | Ed =  | kN/m                  | <b>468.419</b> |
|           |                                       |   | kN/m                  | /              |
|           | altezza risolto sx+ 1/2<br>fondazione | H =   | m                     | <b>10.55</b>   |
| M-N 2A.+) | incremento di spinta sismico          | D <sub>pd</sub> = pd -<br>p <sub>ls</sub> = | kN/<br>m <sup>2</sup> | <b>17.240</b>  |
| M-N 2A.-) |                                       |   |                       | /              |
| O 2A.+)   |                                       |   |                       | /              |
| O 2A.-)   |                                       |   |                       | /              |
|           | <i>Approccio 1 - combinazione M2</i>  |   |                       |                |
|           |                                       | pd  | kN/m <sup>2</sup>     | <b>108.628</b> |
|           |                                       |   | kN/m <sup>2</sup>     | /              |
|           |                                       | Ed =  | kN/m                  | <b>573.013</b> |
|           |                                       |   | kN/m                  | /              |
|           | altezza risolto sx+ 1/2<br>fondazione | H =   | m                     | <b>10.55</b>   |
| M-N 2B.+) | incremento di spinta sismico          | D <sub>pd</sub> = pd -<br>p <sub>ls</sub> = | kN/m <sup>2</sup>     | <b>19.893</b>  |
| M-N 2B.-) |                                       |   |                       | /              |
| O 2B.+)   |                                       |   |                       | /              |
| O 2B.-)   |                                       |   |                       | /              |
|           |                                       |   |                       |                |
|           | <b>3) RISVOLTO DX</b>                 |   |                       |                |
|           | <i>Approccio 1 - combinazione M1</i>  |   |                       |                |
|           |                                       | pd  | kN/m <sup>2</sup>     | <b>88.800</b>  |
|           |                                       |   | kN/m <sup>2</sup>     | /              |
|           |                                       | Ed =  | kN/m                  | <b>468.419</b> |
|           |                                       |   | kN/m                  | /              |
|           | altezza risolto sx+ 1/2<br>fondazione | H =   | m                     | <b>10.55</b>   |
| M-N 2A.+) | incremento di spinta sismico          | D <sub>pd</sub> = pd -<br>p <sub>ls</sub> = | kN/<br>m <sup>2</sup> | <b>17.240</b>  |
| M-N 2A.-) |                                       |   |                       | /              |
| O 2A.+)   |                                       |   |                       | /              |
| O 2A.-)   |                                       |   |                       | /              |

| <i>Approccio 1 - combinazione M2</i> |  |                     |                                  |
|--------------------------------------|--|---------------------|----------------------------------|
|                                      |  | pd                  | kN/m <sup>2</sup> <b>108.628</b> |
|                                      |  |                     | kN/m <sup>2</sup> /              |
|                                      |  | Ed =                | kN/m <b>573.013</b>              |
|                                      |  |                     | kN/m /                           |
|                                      | altezza risvolto sx+ 1/2<br>fondazione | H =                 | m <b>10.55</b>                   |
| M-N 2B.+)                            | incremento di spinta sismico           | Dpd = pd -<br>pls = | kN/m <sup>2</sup> <b>19.893</b>  |
| M-N 2B.-)                            |  |                     | /                                |
| O 2B.+)                              |  |                     | /                                |
| O 2B.-)                              |  |                     | /                                |

## 8.6 SOLLECITAZIONI

Le sollecitazioni afferenti ai vari elementi strutturali si sono estrapolate dal programma di calcolo: si riportano di seguito le tabelle riassuntive delle sollecitazioni massime afferenti ai singoli elementi strutturali, per le combinazioni di carico significative.

### 8.6.1 SOLLECITAZIONI PALIFICATA DI FONDAZIONE

Si riporta di seguito lo schema della numerazione dei pali individuata nel programma di calcolo.

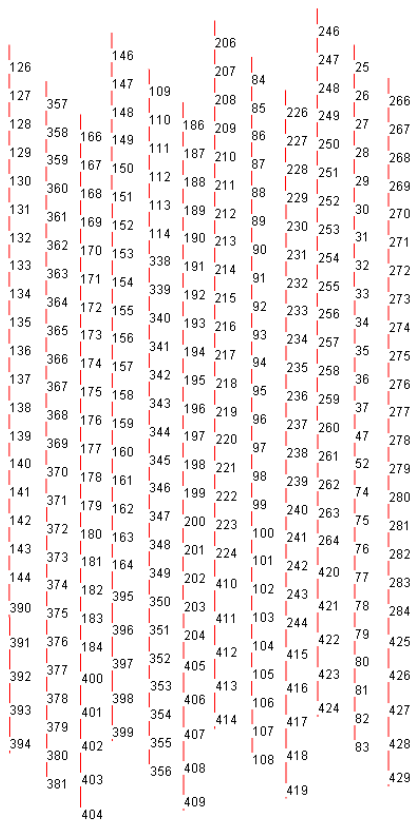
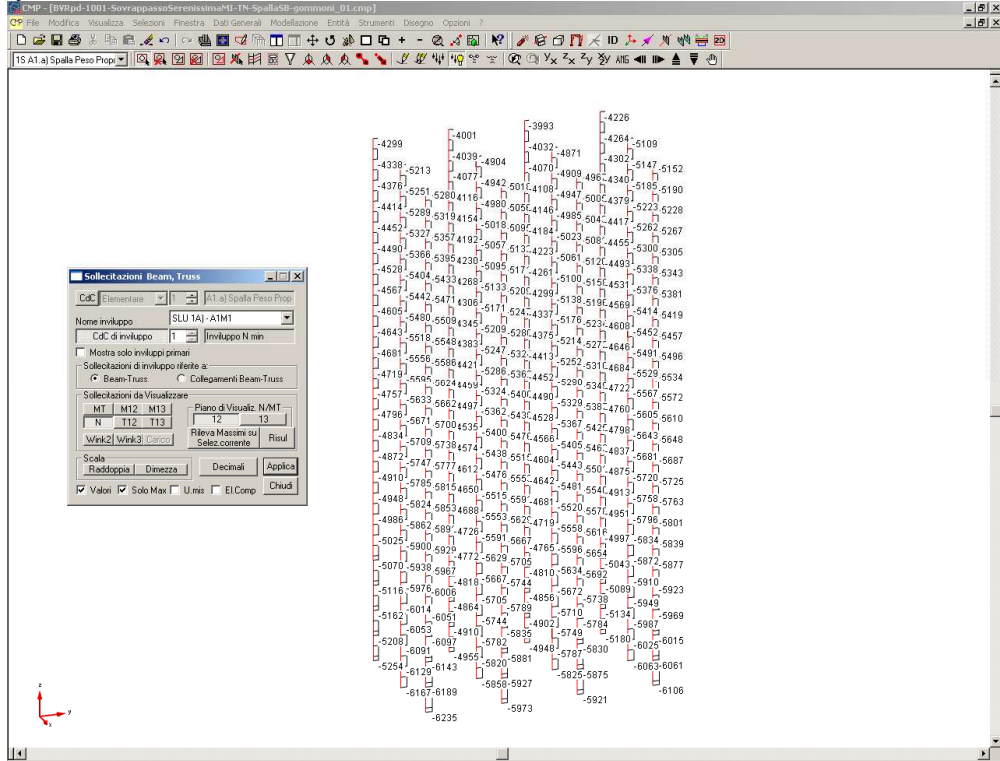


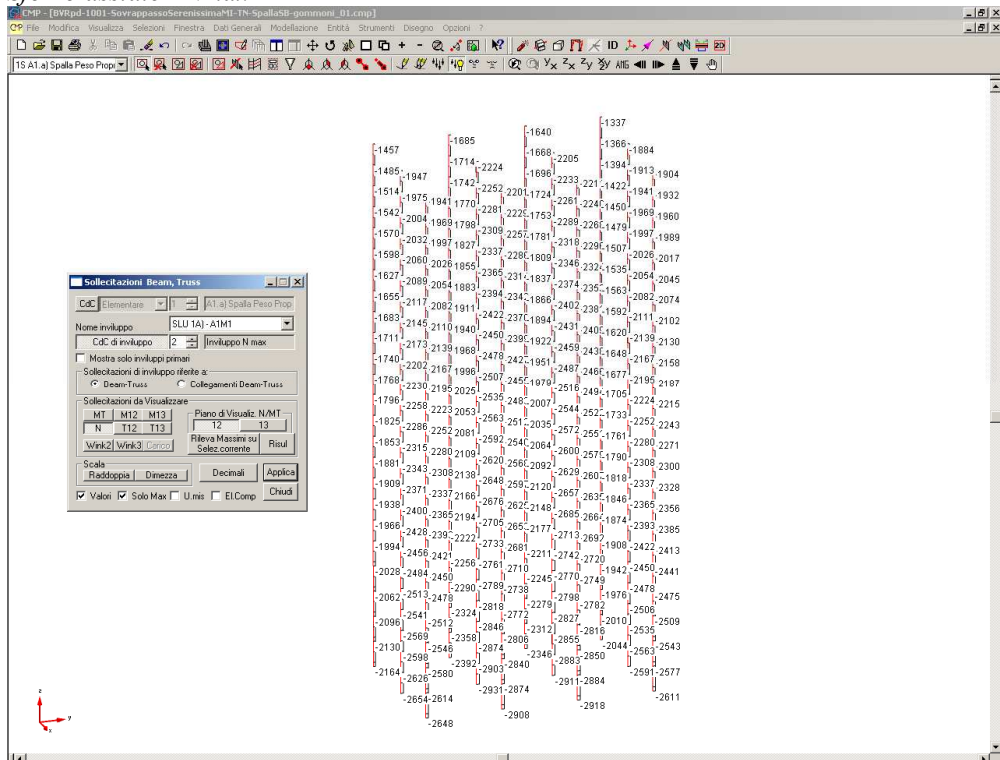
Figura 5. Pali Fondazione.

8.6.1.1 Stati limite ultimi Struttura: A1+M1

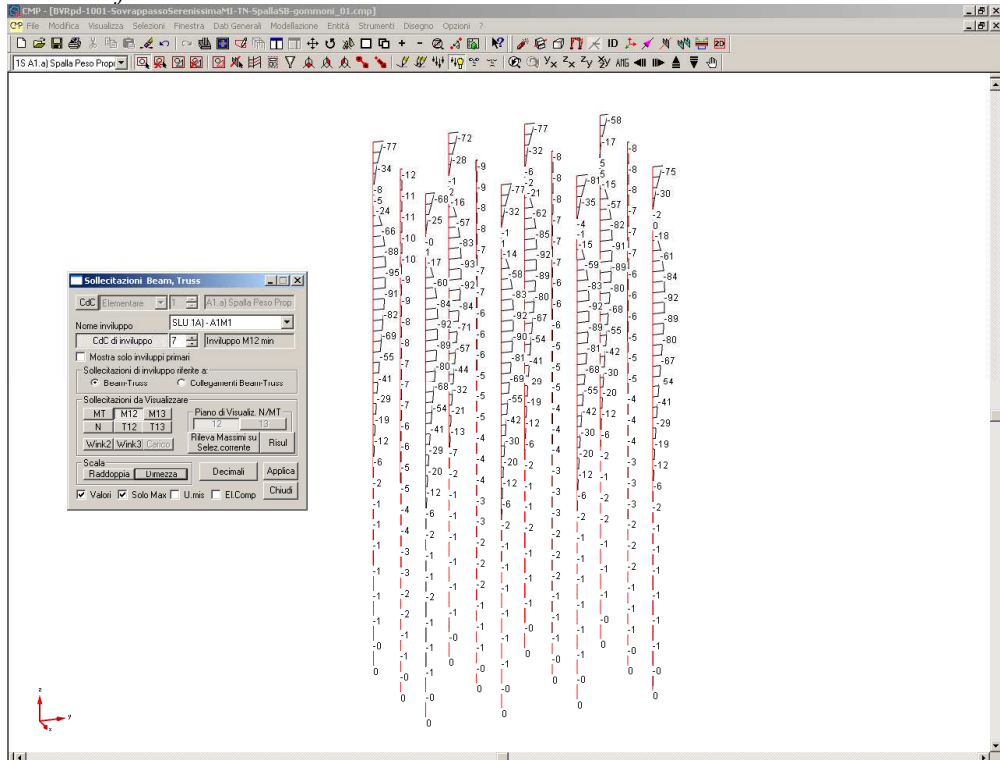
Sforzo assiale - Nmin



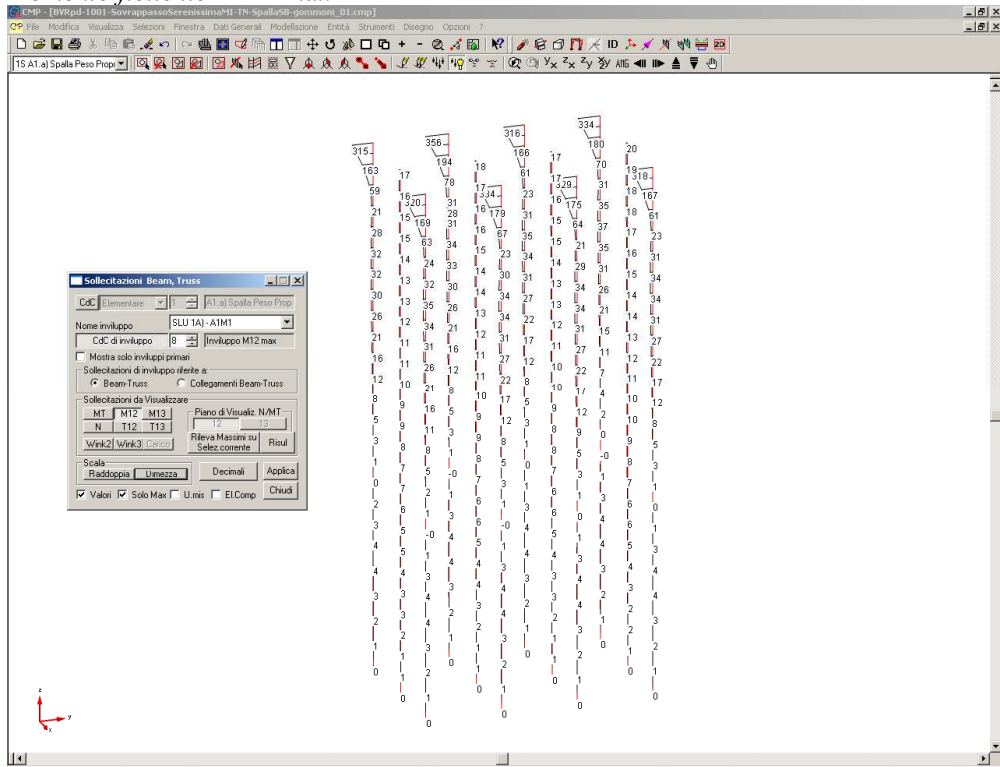
Sforzo assiale - Nmax



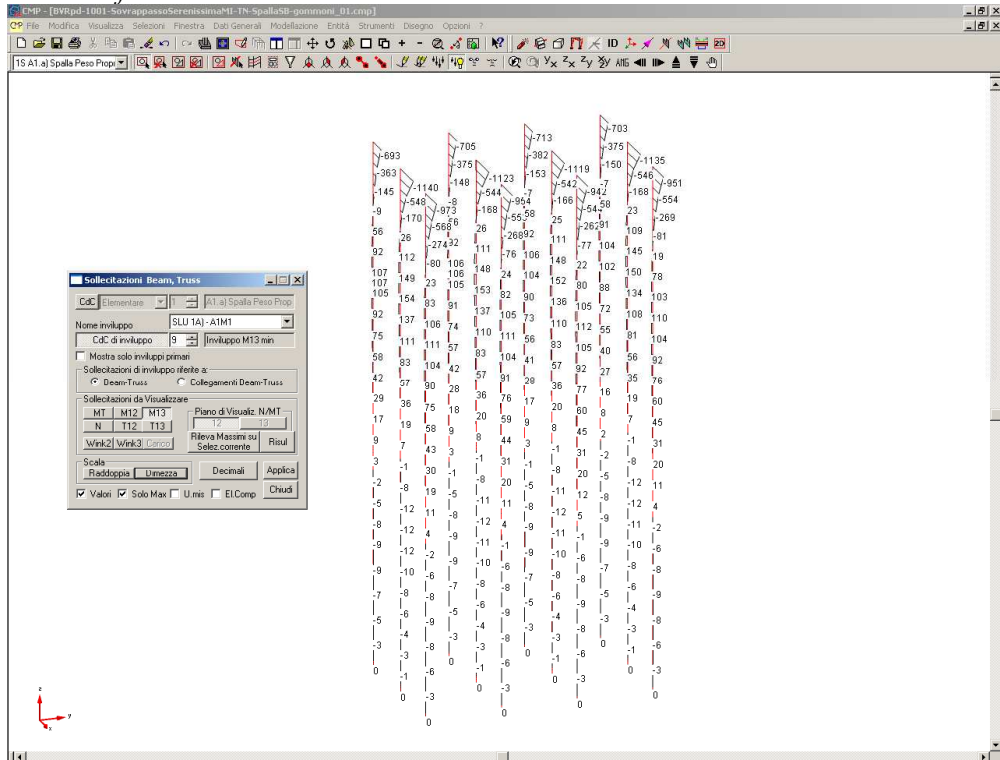
Momento flettente – M12min



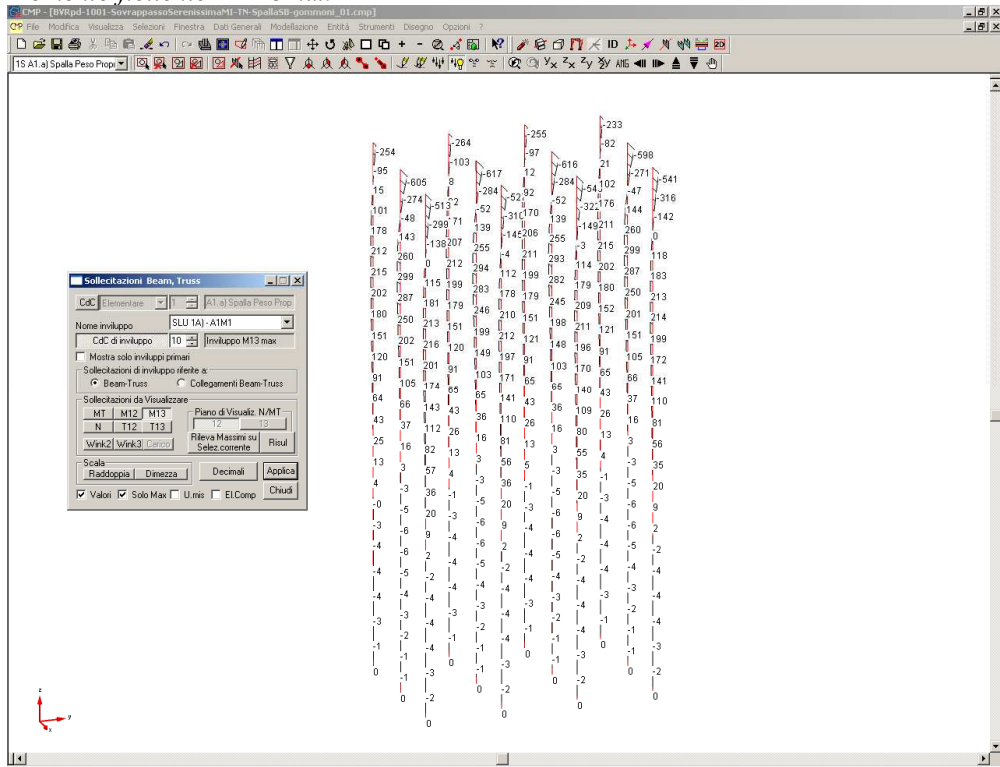
Momento flettente – M12max



Momento flettente – M13min



Momento flettente – M13max

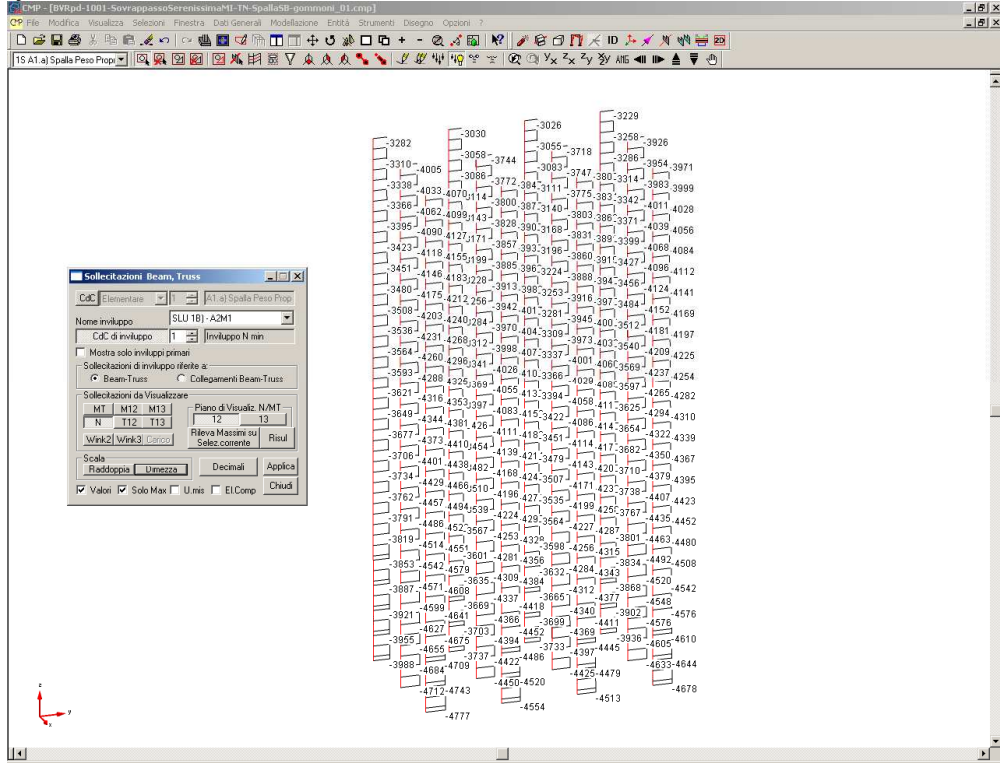




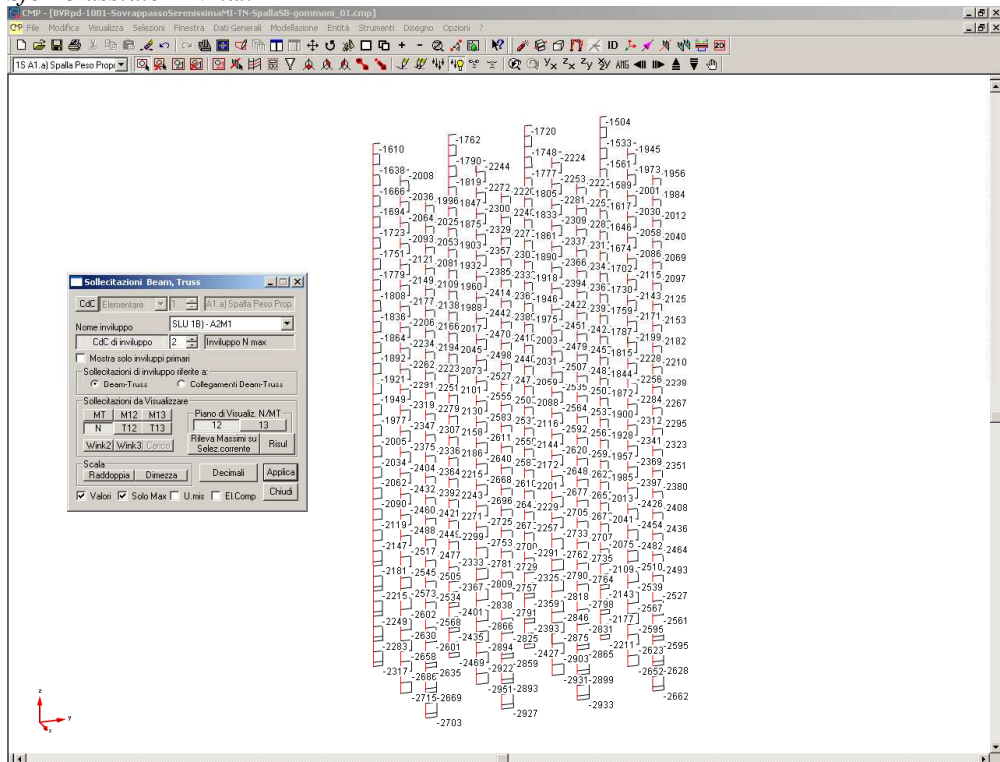


8.6.1.2 Stati limite ultimi Geotecnica: A2+M1

Sforzo assiale - Nmin

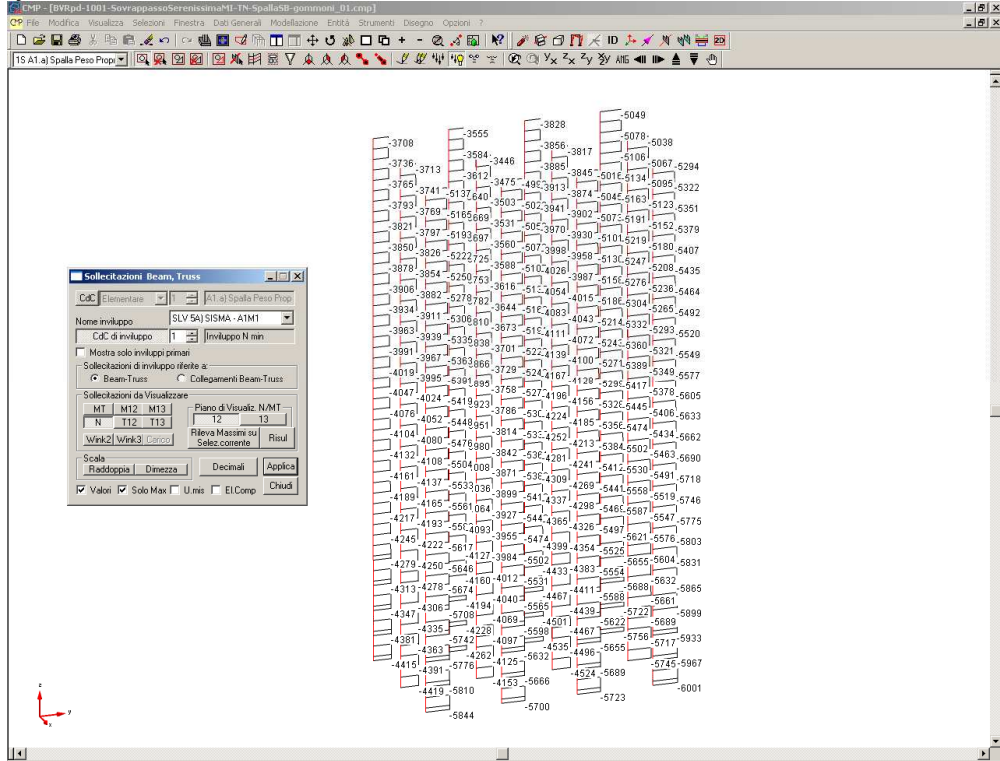


Sforzo assiale - Nmax

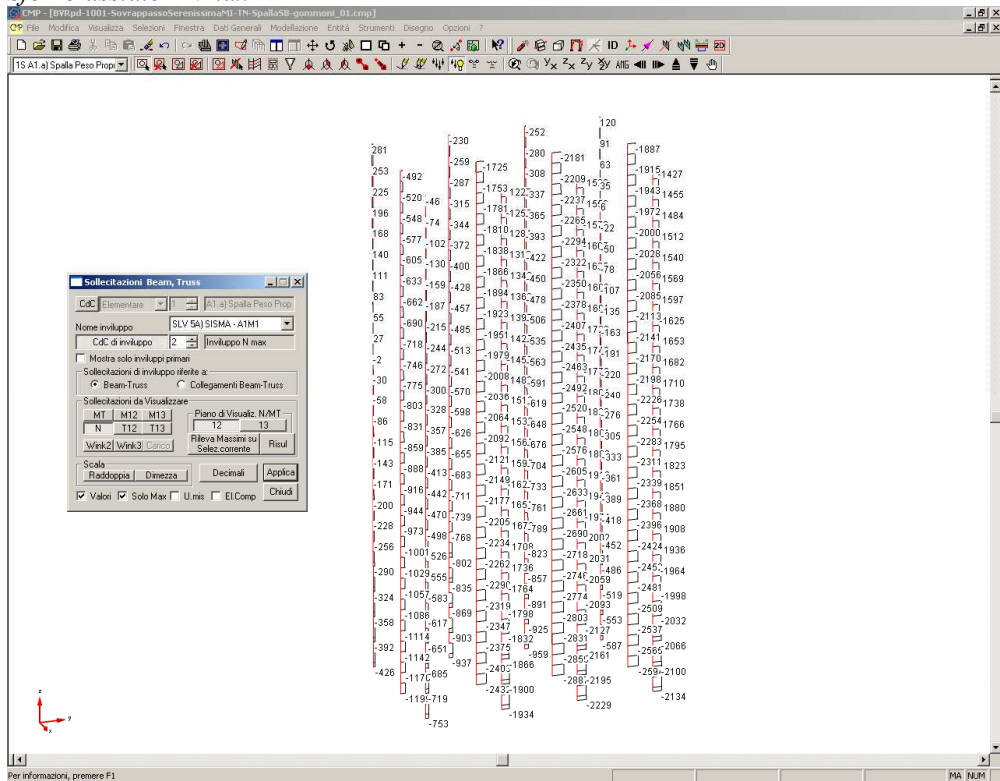


8.6.1.3 Condizione sismica Struttura: A1+M1

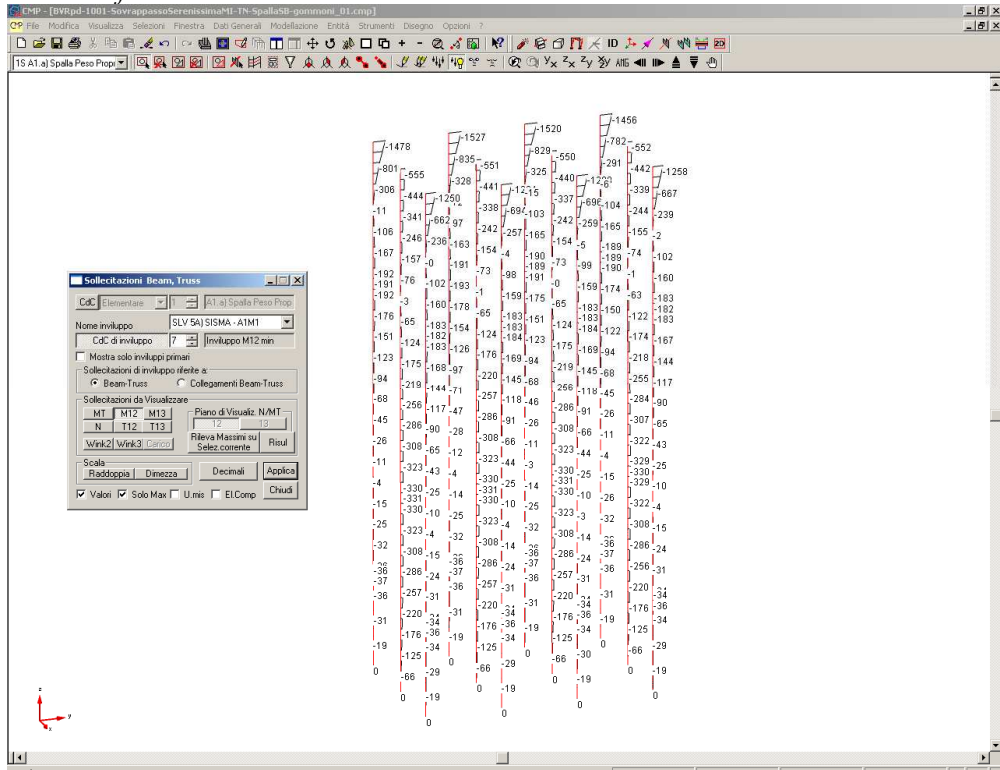
Sforzo assiale - Nmin



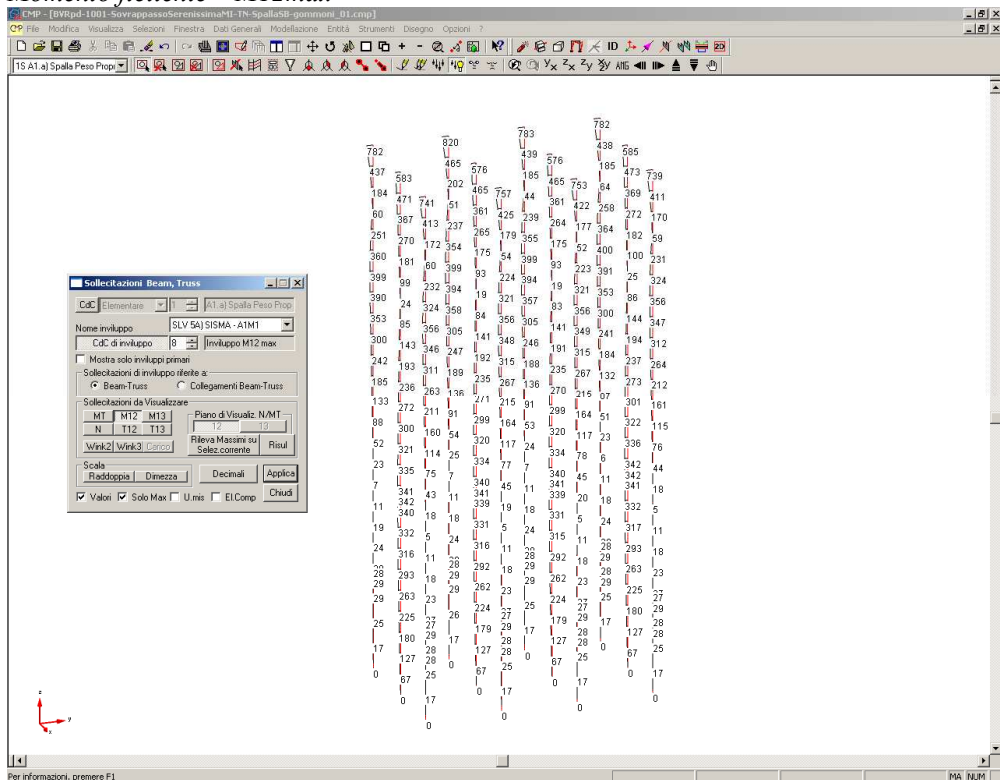
Sforzo assiale - Nmax



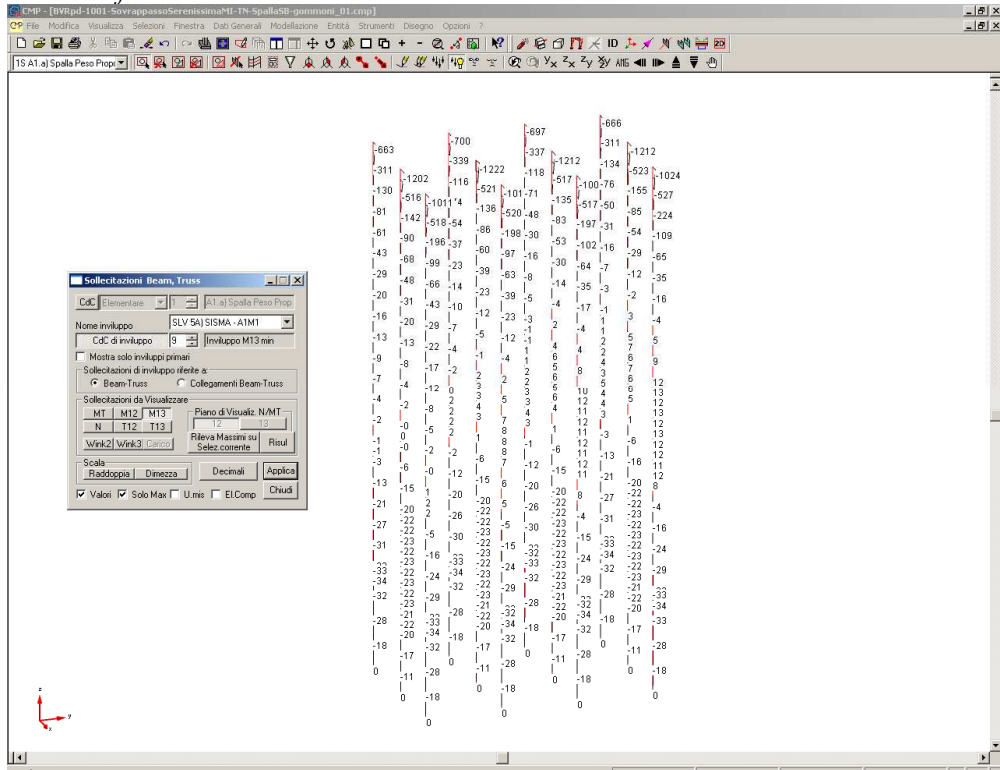
Momento flettente – M12min



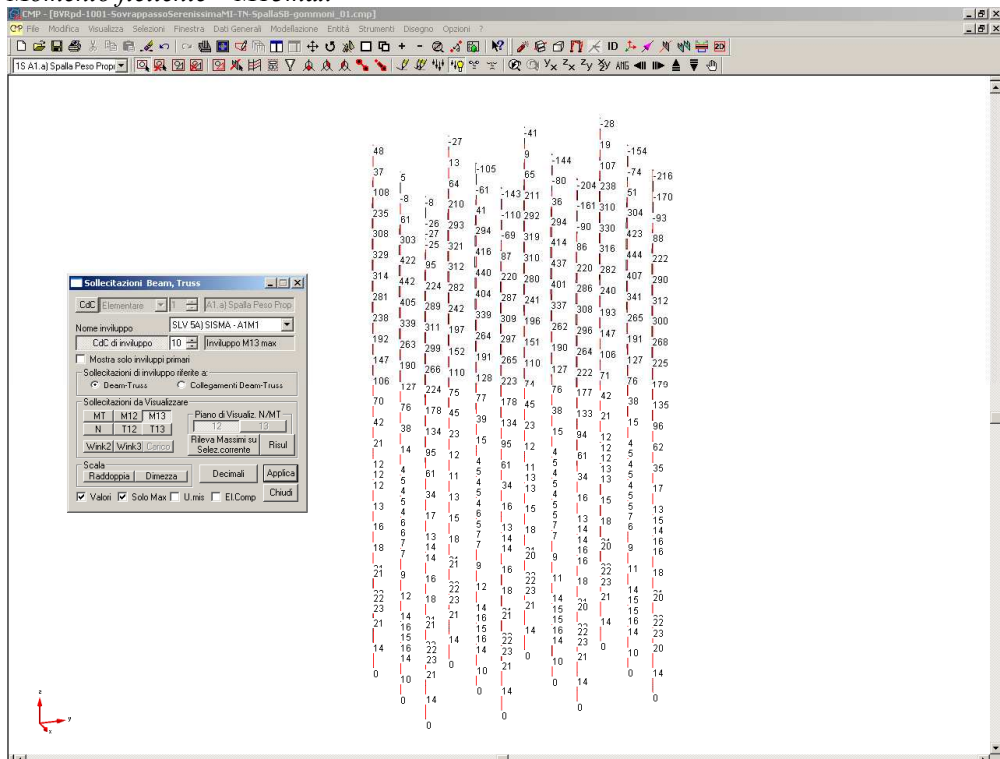
Momento flettente – M12max



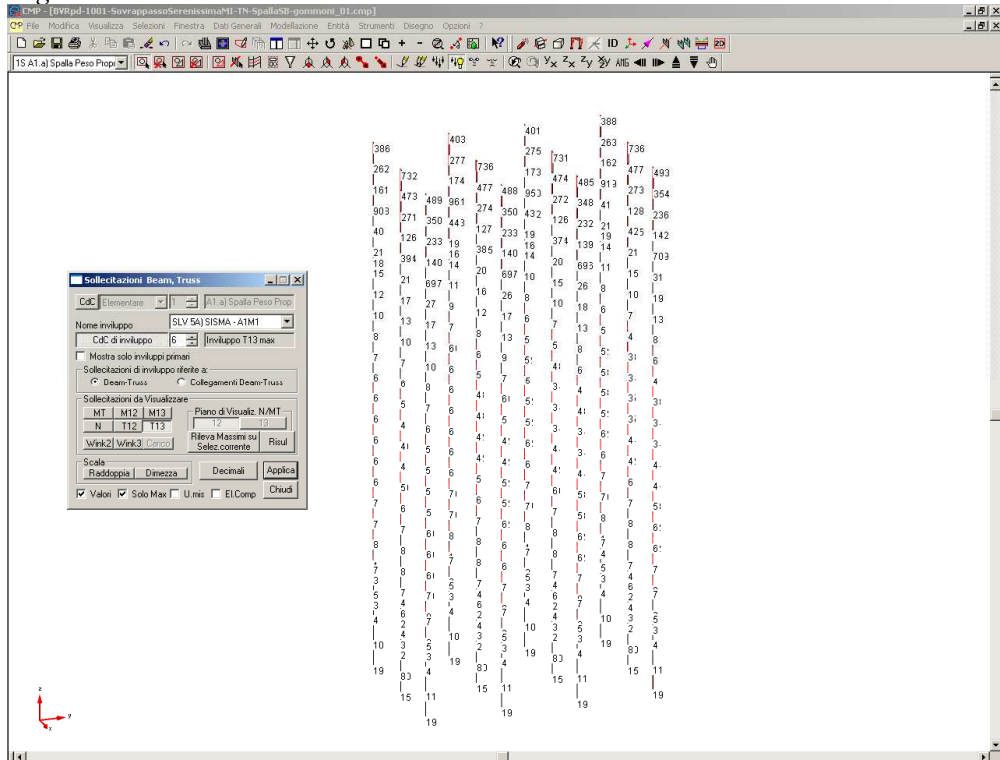
Momento flettente – M13min



Momento flettente – M13max

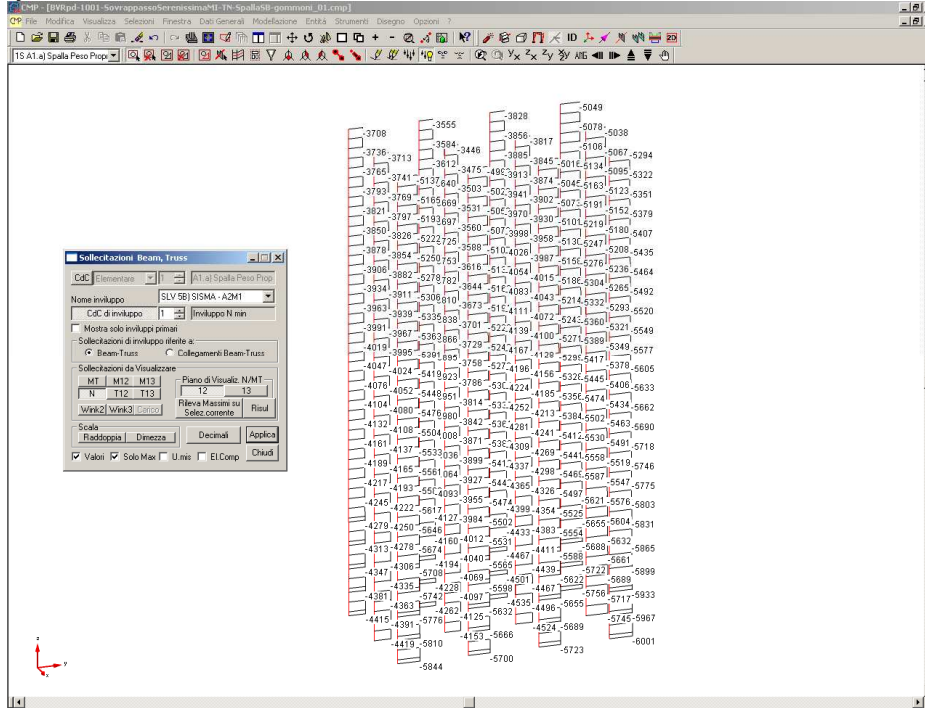


Taglio - T13max

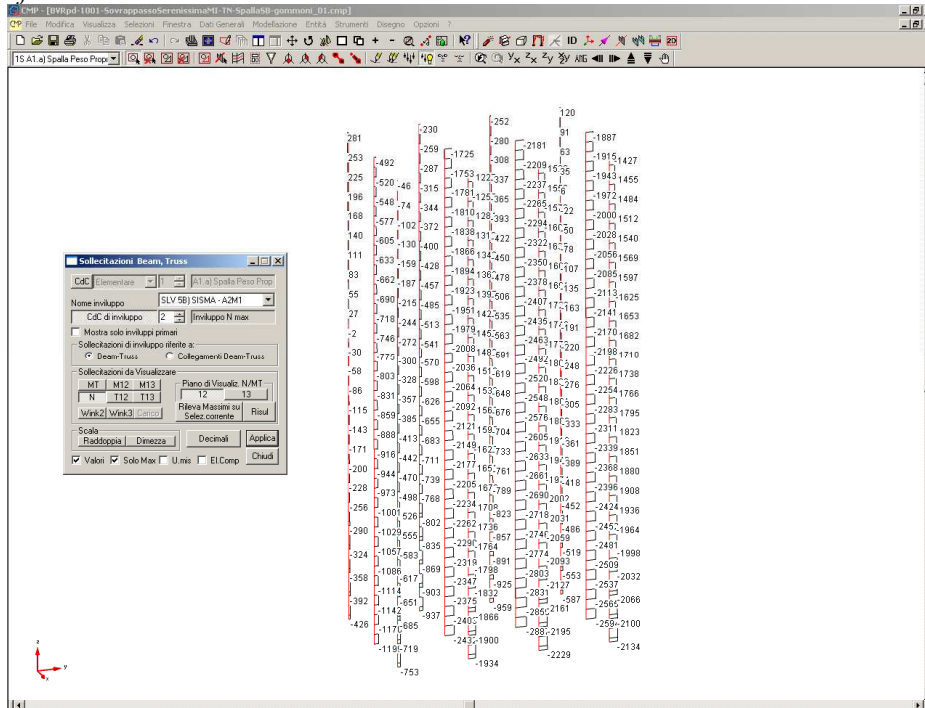


### 8.6.1.4 Condizione sismica Geotecnica: A2+M1

#### Sforzo assiale – Nmin



#### Sforzo assiale – Nmax



### 8.6.2 SOLLECITAZIONI MURI DI RISVOLTO

Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.

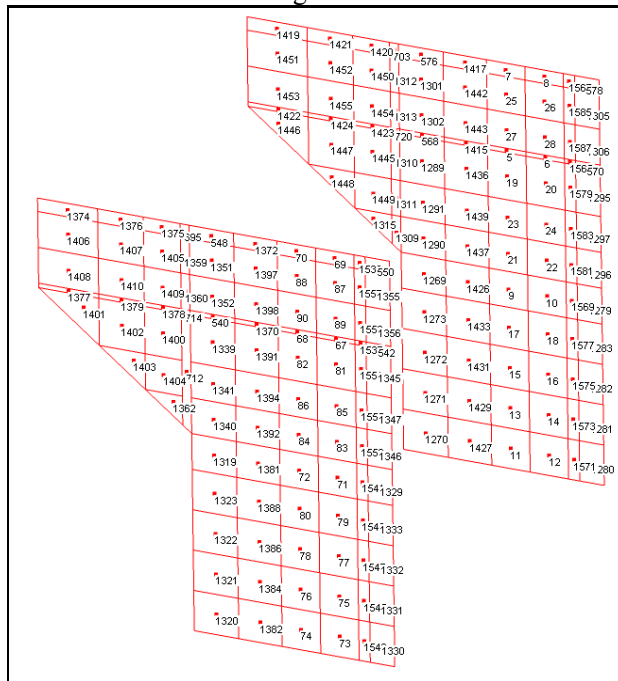
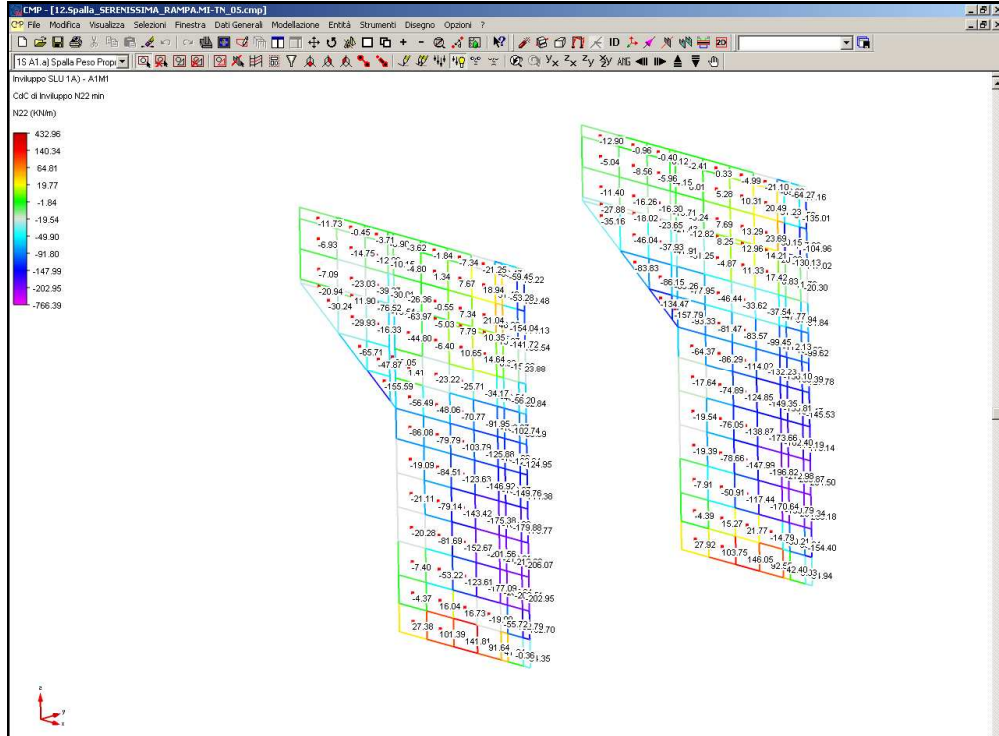


Figura 8.6 Schema Risvolti

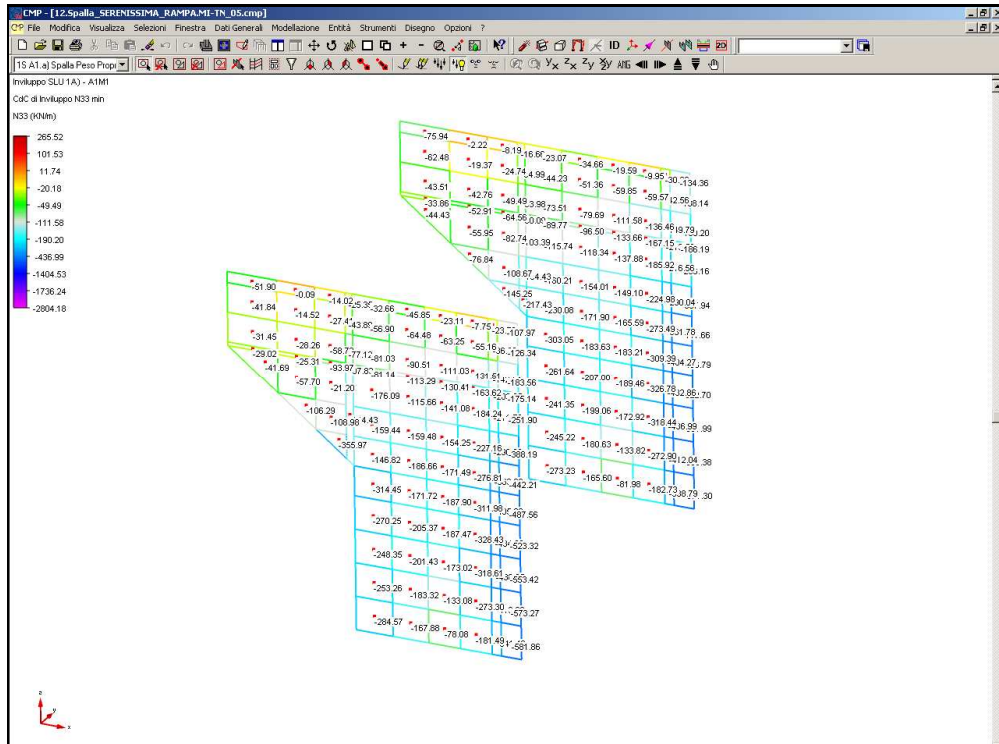


### 8.6.2.1 Stati limite ultimi Struttura: A1+M1

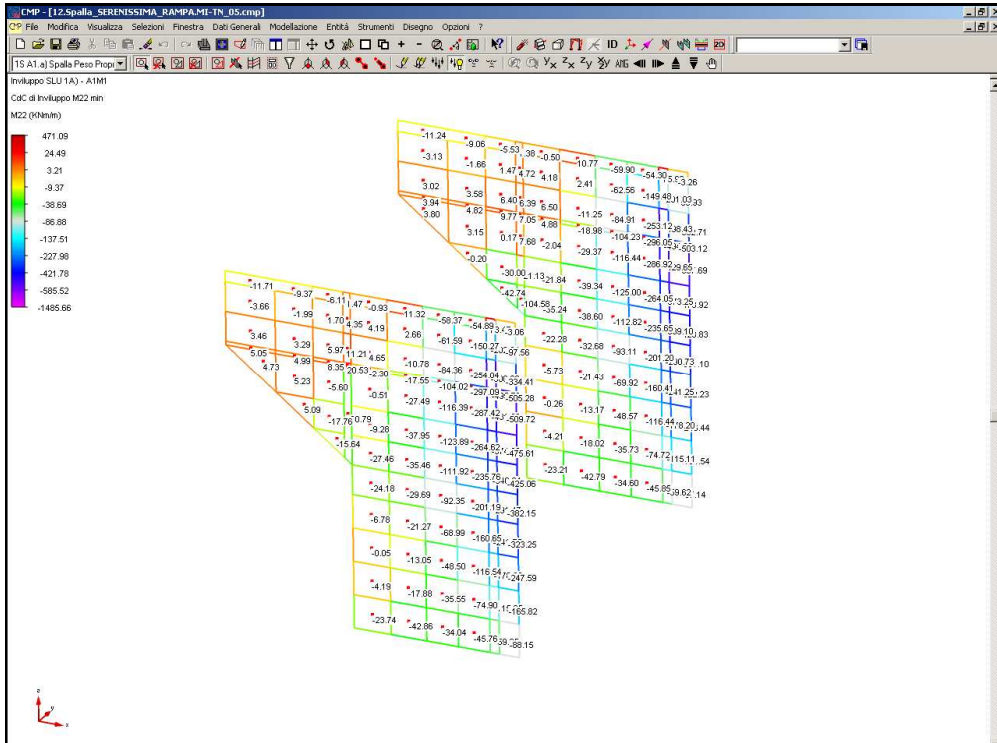
#### Direzione Orizzontale – N22min



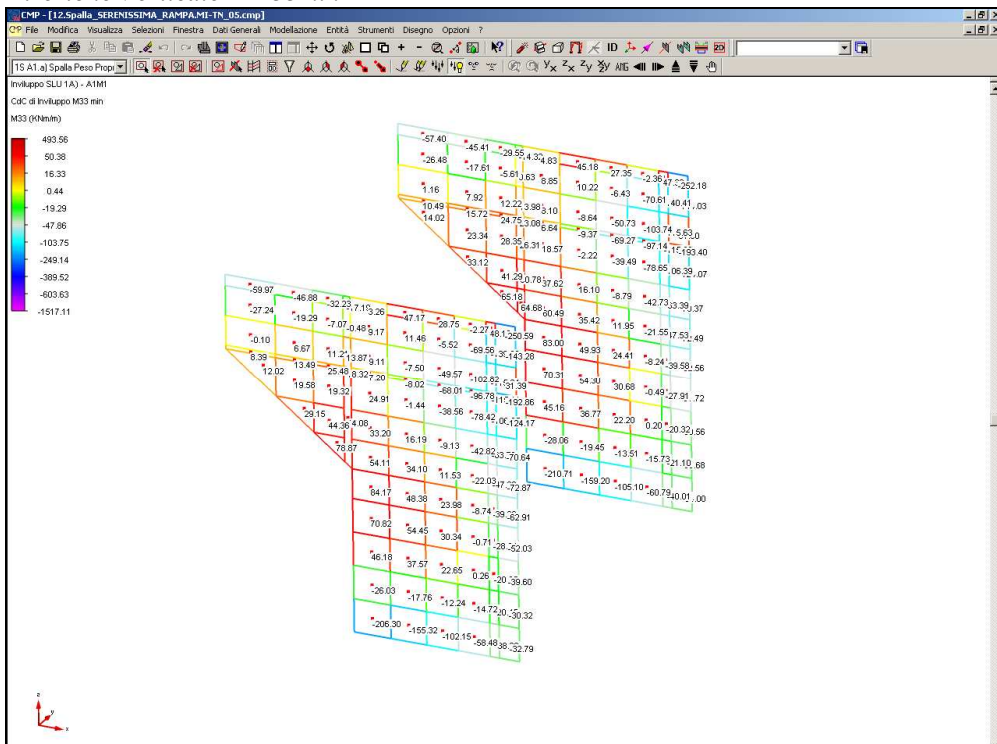
#### Direzione Verticale – N33min



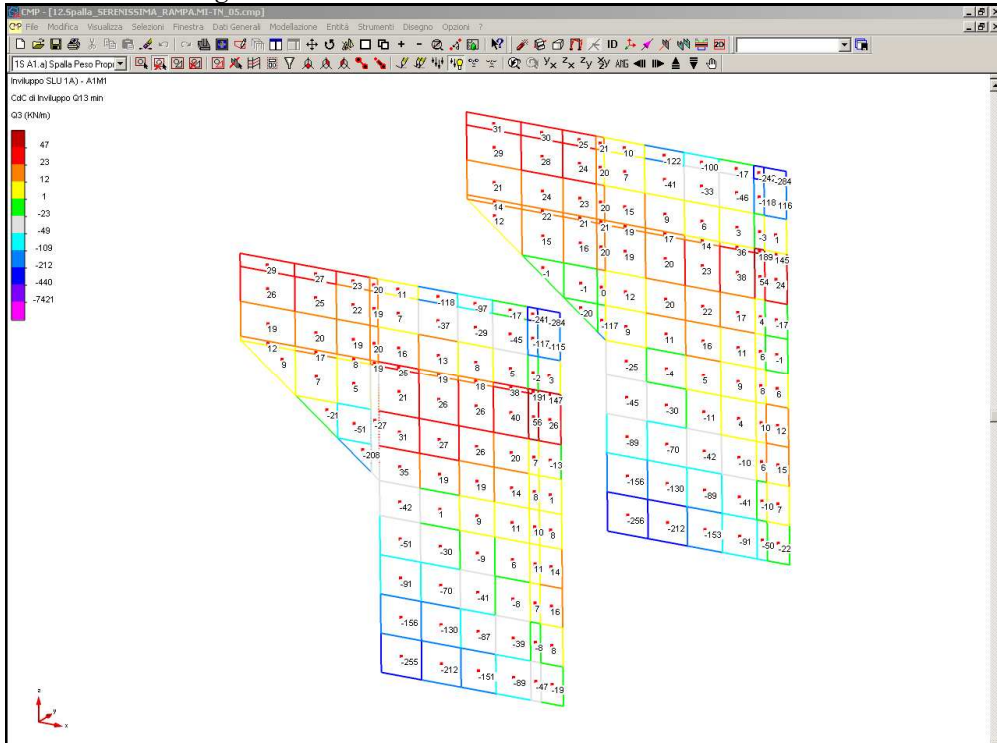
Direzione Orizzontale – M22min



Direzione Verticale – M33min

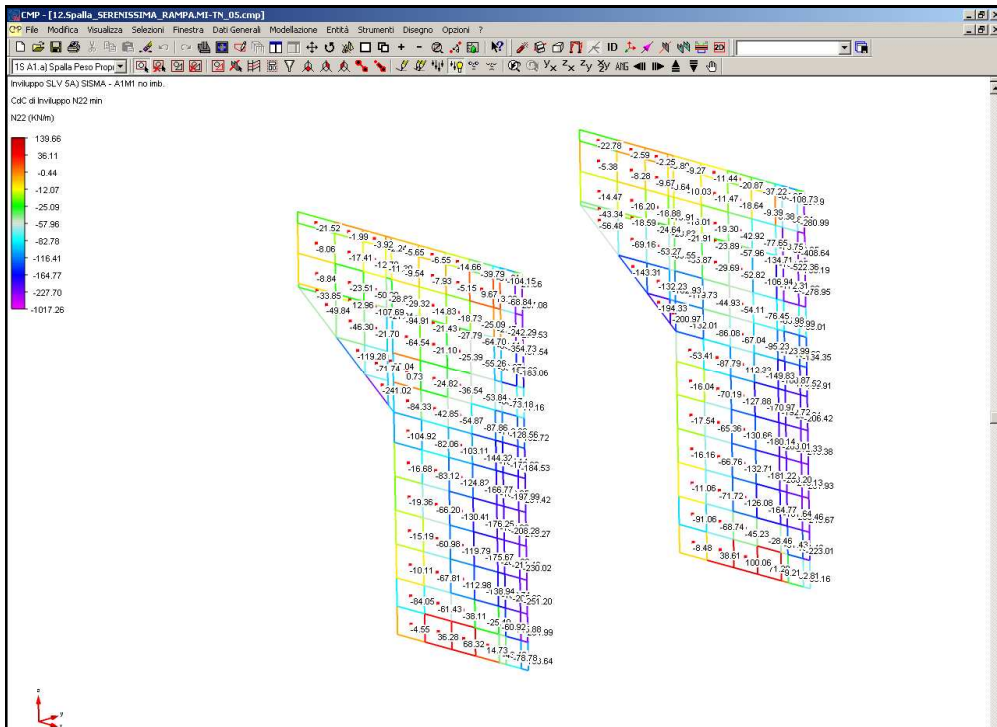


Sollecitazione di taglio

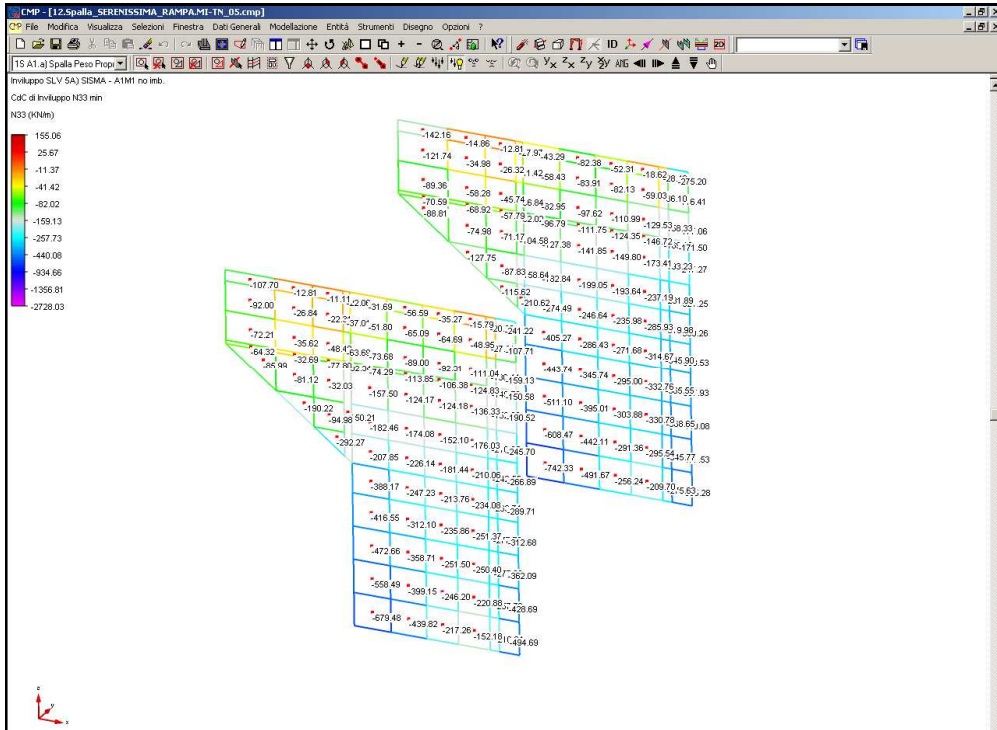


8.6.2.2 Condizione sismica Struttura: A1+M1

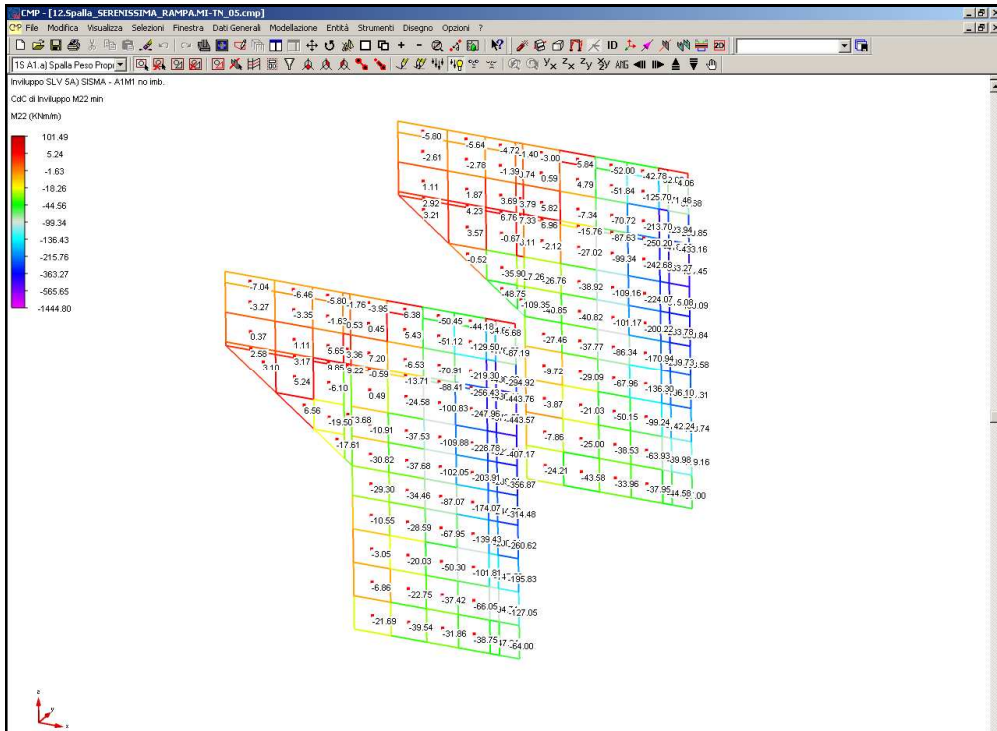
Direzione Orizzontale – N22min



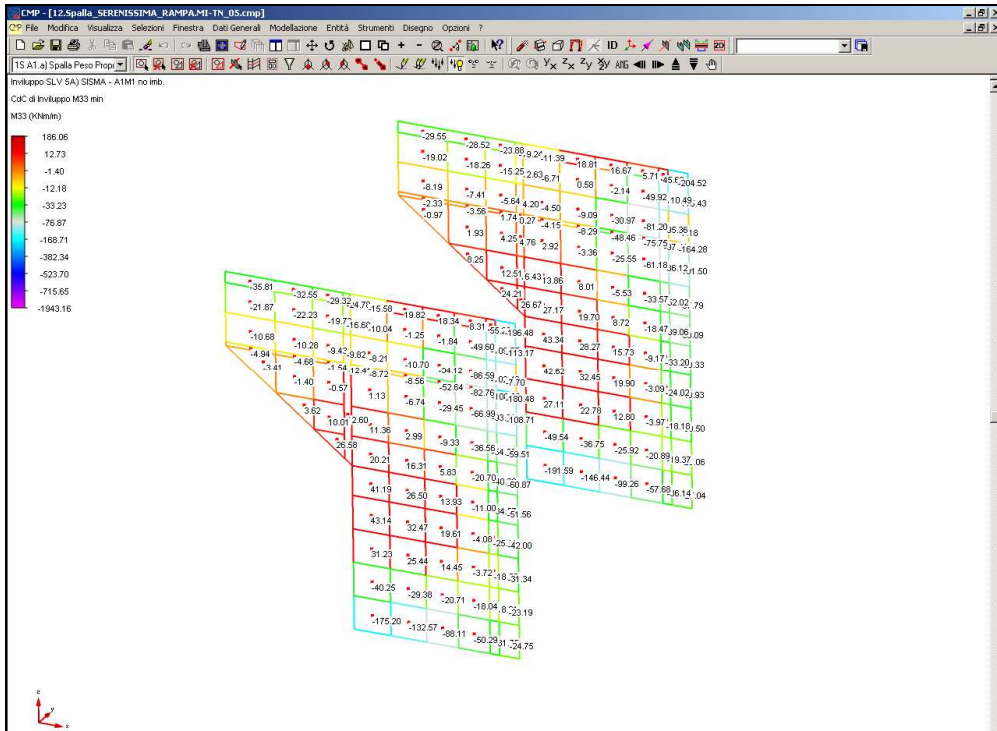
*Direzione Verticale – N33min*



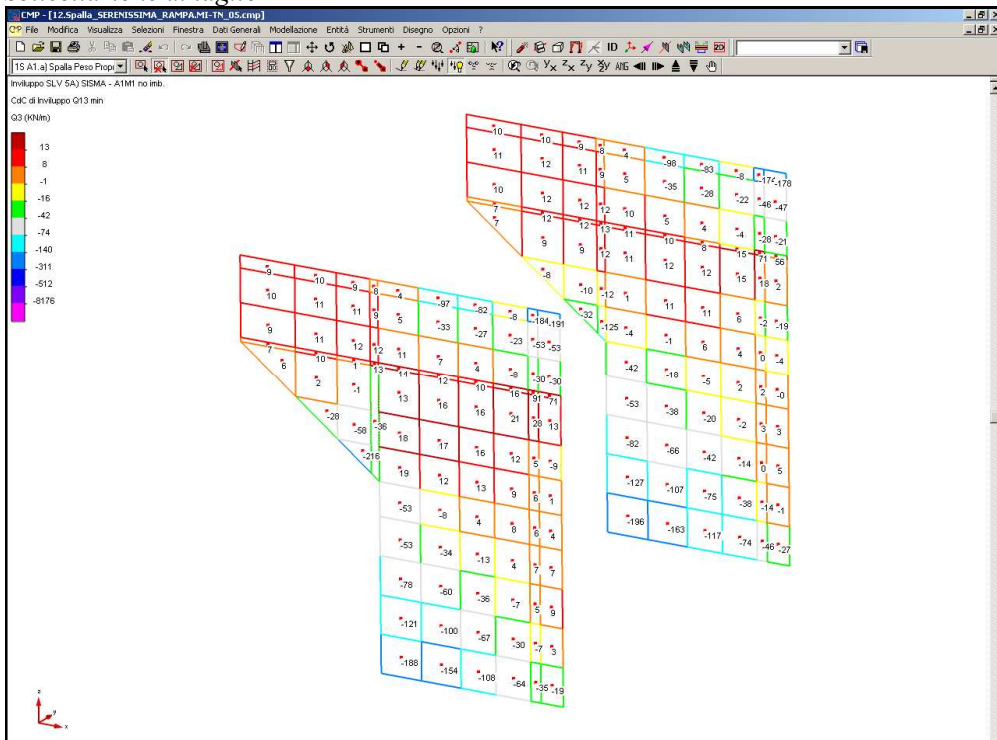
*Direzione Orizzontale – M22min*



*Direzione Verticale – M33min*



*Sollecitazione di taglio*



### 8.6.3 SOLLECITAZIONI FUSTO

Si riporta di seguito lo schema della numerazione degli elementi shell individuati nel programma di calcolo.

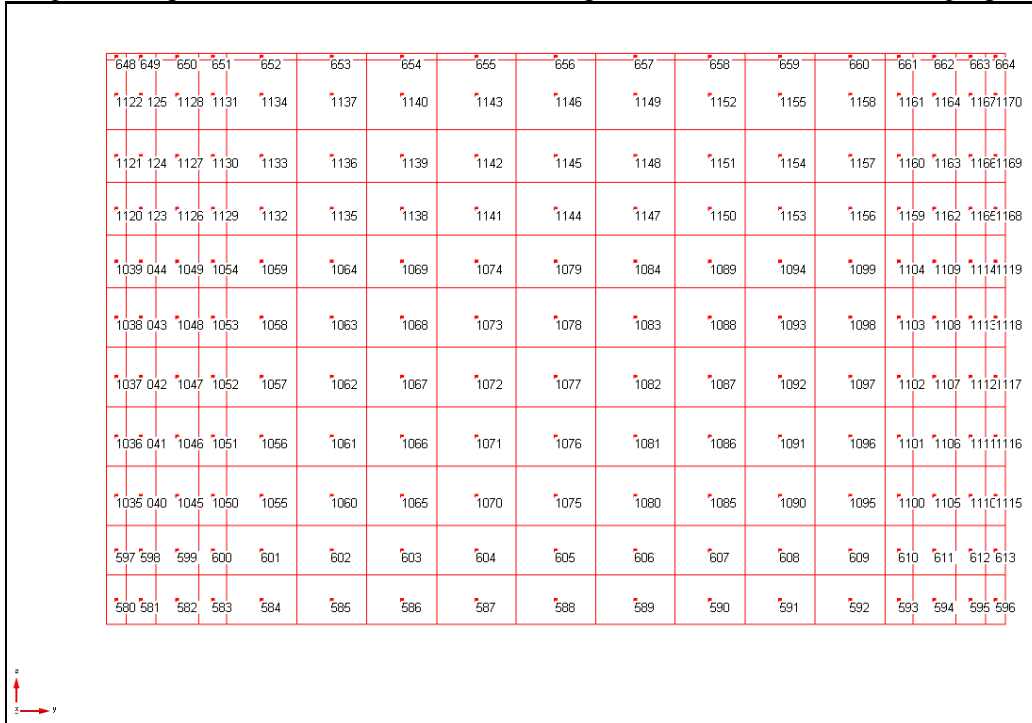
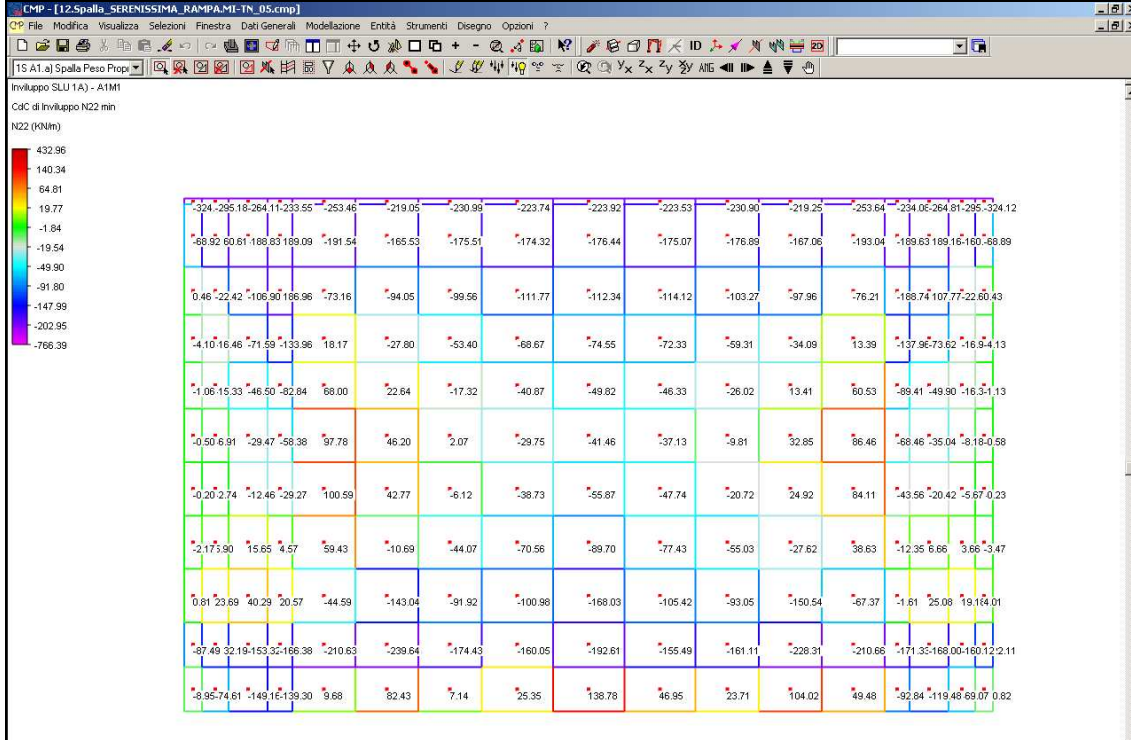


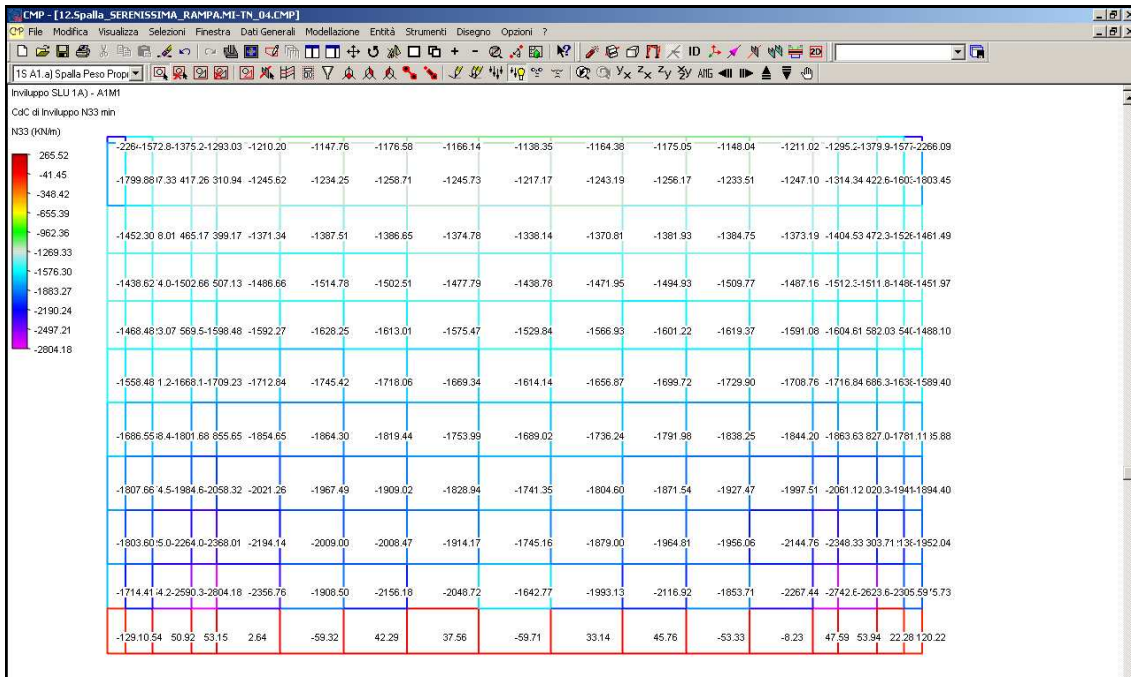
Figura 8.7 Schema fusto

8.6.3.1 Stati limite ultimi Struttura: A1+M1

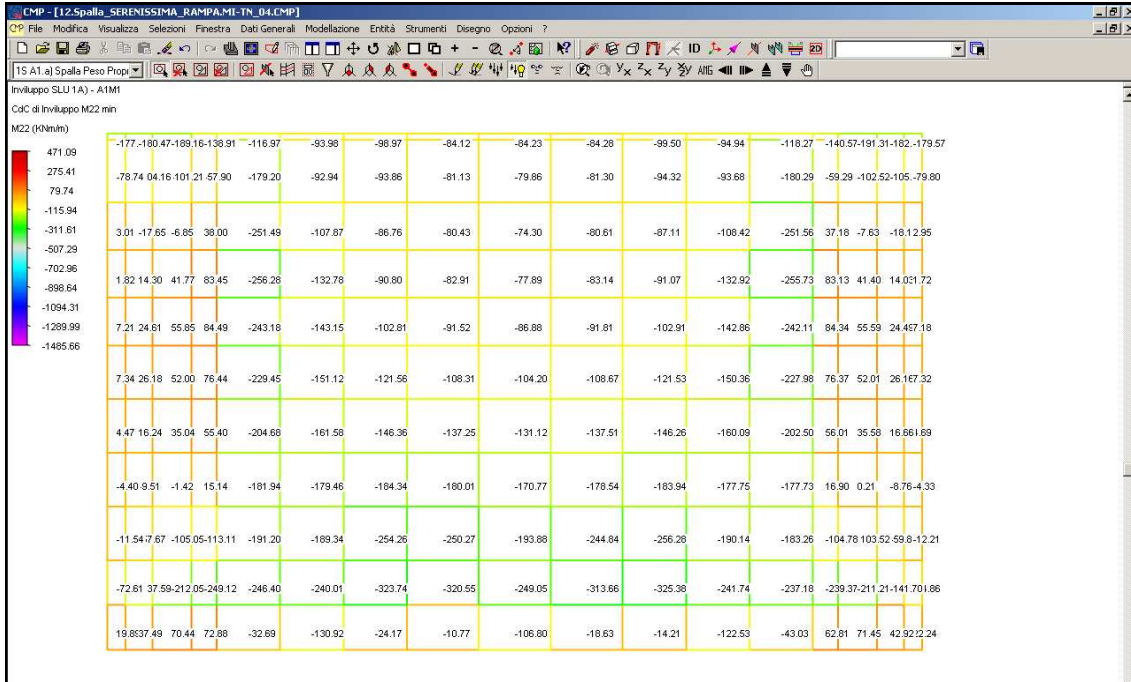
Direzione Orizzontale - N22min



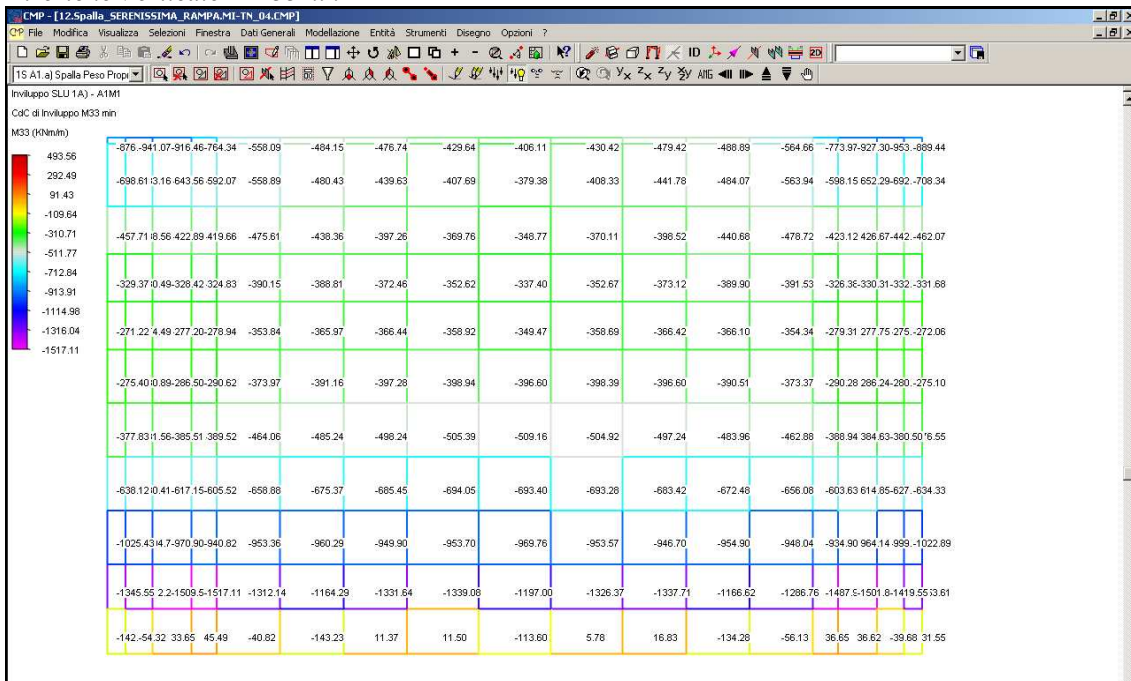
Direzione Verticale - N33min



Direzione Orizzontale – M22min

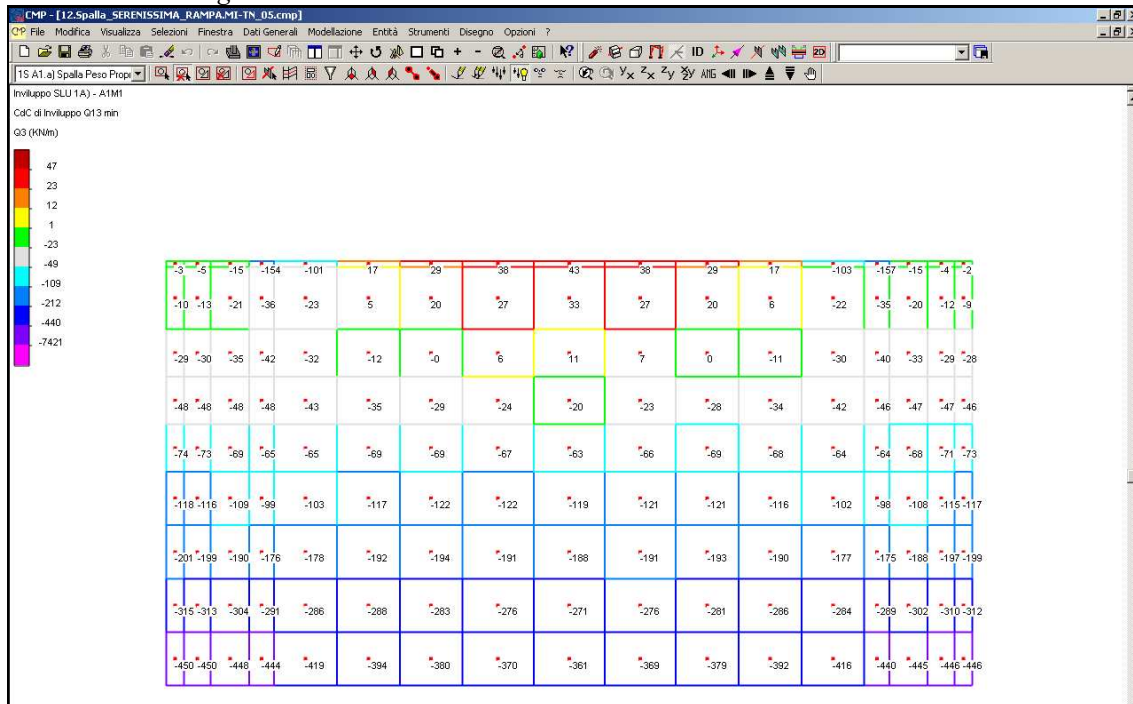


Direzione Verticale – M33min



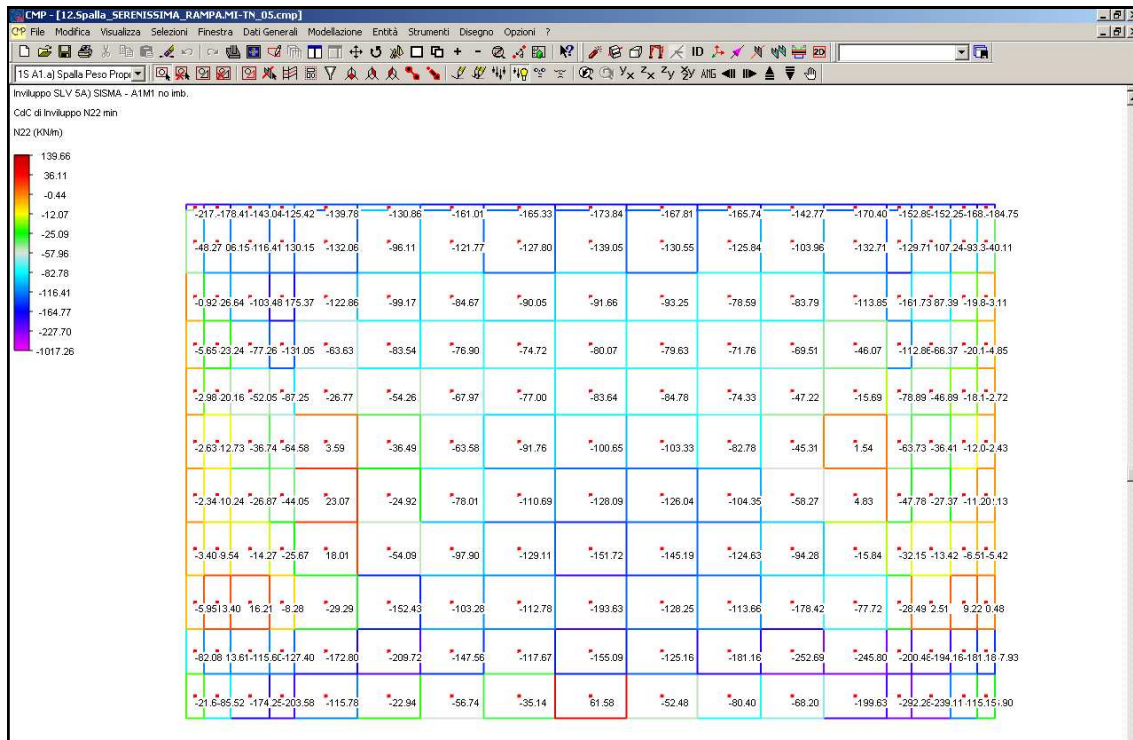


Sollecitazione di taglio

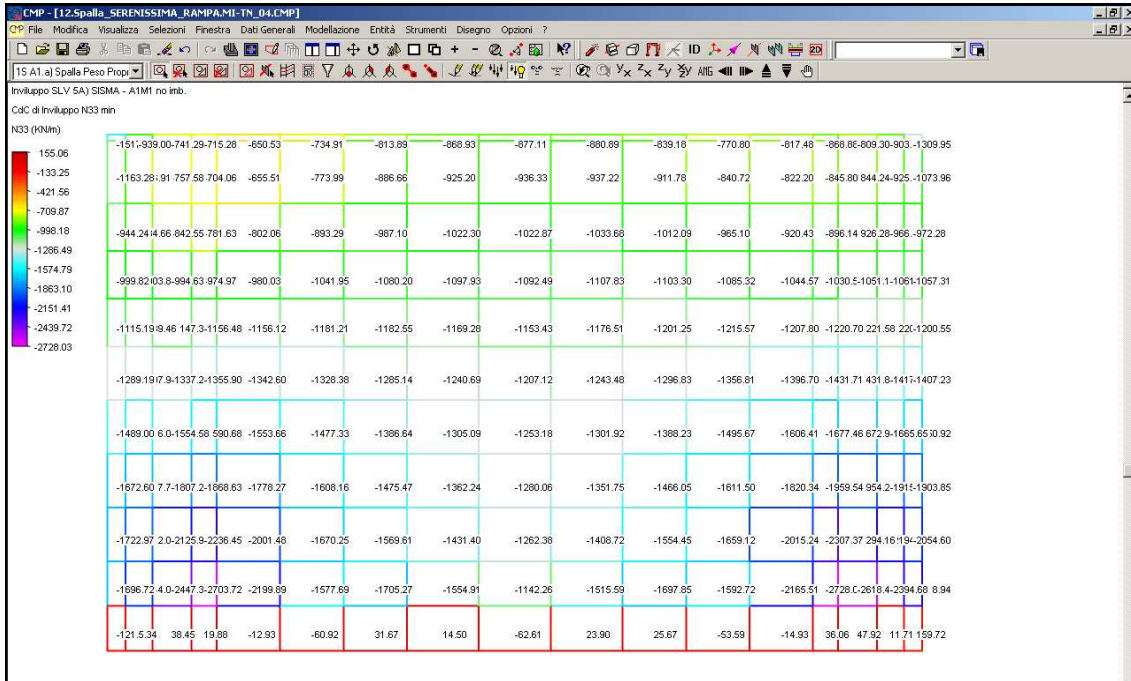


8.6.3.2 Condizione sismica Struttura: A1+M1

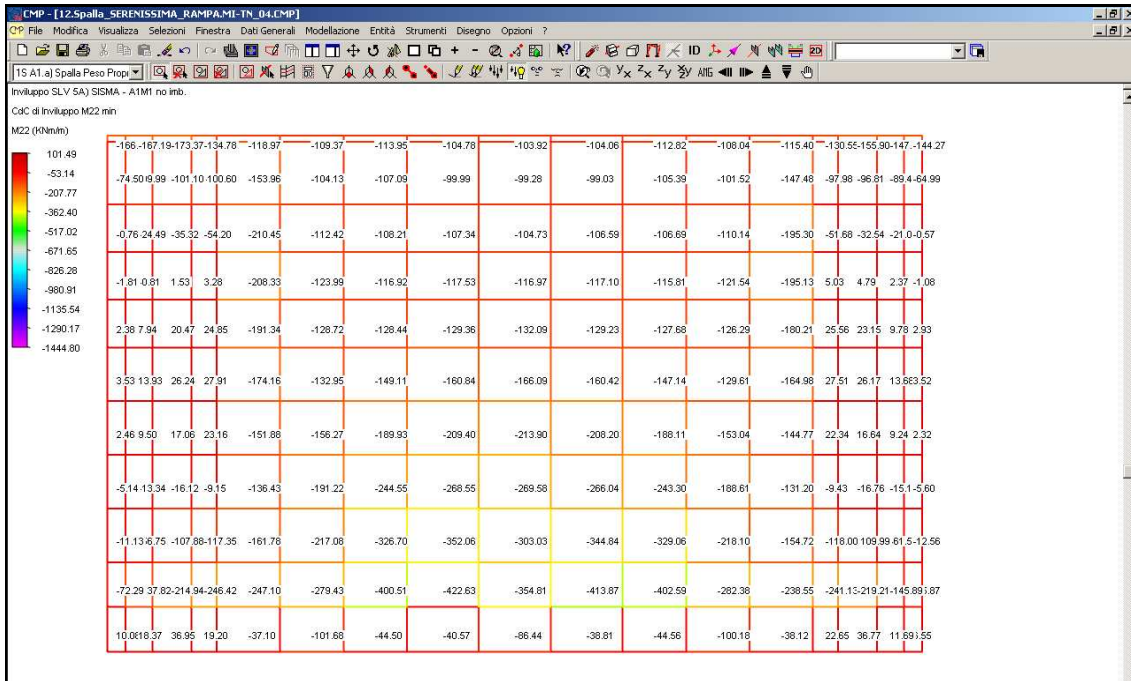
Direzione Orizzontale - N22min



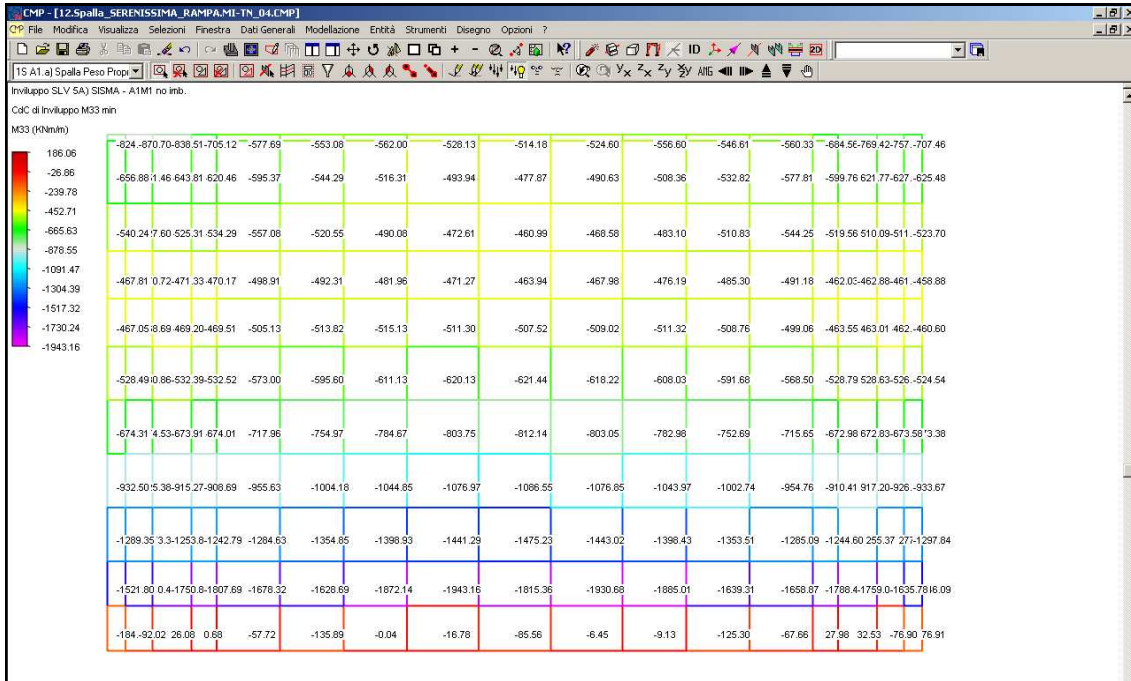
Direzione Verticale - N33min



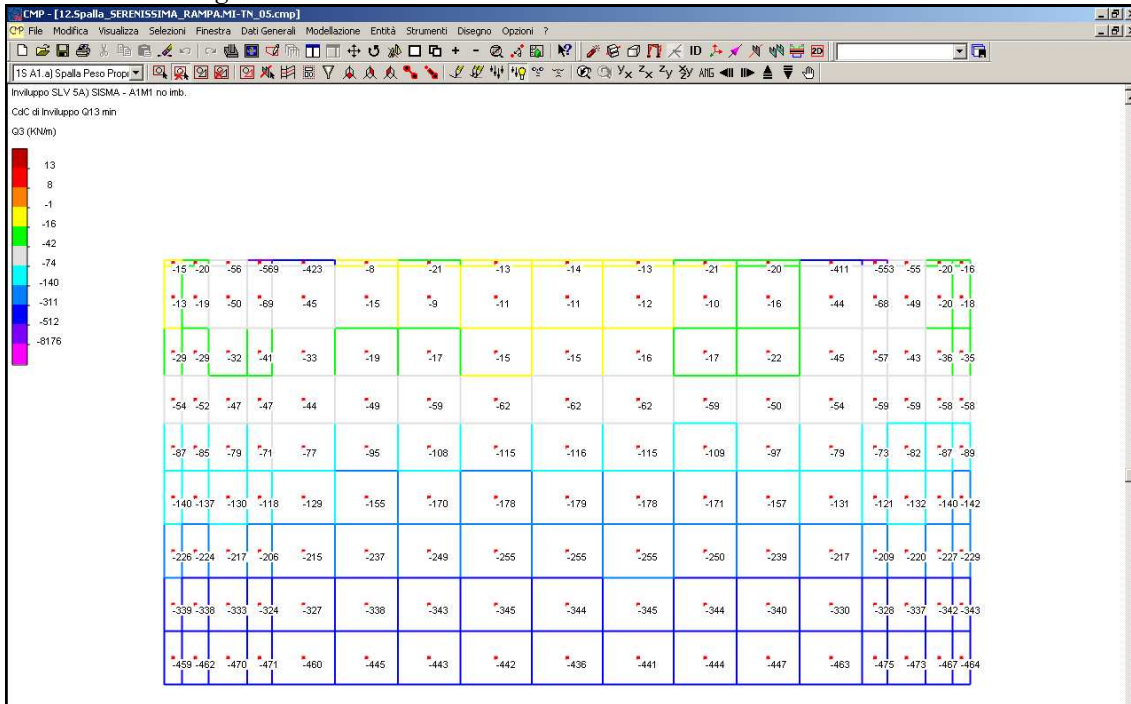
Direzione Orizzontale - M22min



Direzione Verticale – M33min



Sollecitazione di taglio



**8.7 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI**

Di seguito si riportano le verifiche delle sezioni più significative e per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

- 5) Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1):  $E_d \leq R_d$

Presso-Flessione

Taglio

- 6) Verifiche allo Stato Limite di Fessurazione (condizioni di esercizio, combinazione “frequente” e “quasi permanente”): come indicato nel D.M.14.01.2008, § 4.1.2.2.4.6, la verifica dell'ampiezza di fessurazione può anche essere condotta senza calcolo diretto, limitando la tensione di trazione nell'armatura, valutata nella sezione parzializzata per la combinazione di carico pertinente, ad un massimo correlato al diametro delle barre ed alla loro spaziatura. Si riportano di seguito le tabelle indicate nel § 4.1.2.2.4.6 delle Istruzioni.

**Tabella C4.1.II** Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

| Tensione nell'acciaio<br>$\sigma_s$ [MPa] | Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm) |             |             |
|---|--|-------------|-------------|
|   | w3 = 0,4 mm                              | w2 = 0,3 mm | w1 = 0,2 mm |
| 160                                       | 40                                       | 32          | 25          |
| 200                                       | 32                                       | 25          | 16          |
| 240                                       | 20                                       | 16          | 12          |
| 280                                       | 16                                       | 12          | 8           |
| 320                                       | 12                                       | 10          | 6           |
| 360                                       | 10                                       | 8           | -           |

**Tabella C4.1.III** Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

| Tensione nell'acciaio<br>$\sigma_s$ [MPa] | Spaziatura massima s delle barre (mm) |             |             |
|---|---------------------------------------|-------------|-------------|
|   | w3 = 0,4 mm                           | w2 = 0,3 mm | w1 = 0,2 mm |
| 160                                       | 300                                   | 300         | 200         |
| 200                                       | 300                                   | 250         | 150         |
| 240                                       | 250                                   | 200         | 100         |
| 280                                       | 200                                   | 150         | 50          |
| 320                                       | 150                                   | 100         | -           |
| 360                                       | 100                                   | 50          | -           |

- 7) Verifiche delle azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 1 – A1M1): si verifica che le massime tensioni presenti nel calcestruzzo siano inferiori a  $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$  e quelle dell'acciaio  $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$

Presso-Flessione

Taglio

### 8.7.1 VERIFICHE FUSTO

Significato dei parametri:

n°Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica

Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica

N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica

M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica

CoeffMN= indica il coefficiente di sfruttamento a flessione e sforzo normale; data la terna di sollecitazione N, M12, M13 si definisce coefficiente di sfruttamento il seguente rapporto (con il pedice "r" sono indicati i valori di resistenza ultimi):

$$\text{CoeffMN} = \frac{N}{N_r} = \frac{M_{12}}{M_{r12}} = \frac{M_{13}}{M_{r13}}$$

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte (CoeffMN>1).

#### 8.7.1.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione

**Tipo Verifica:** SLU (DM 14/01/2008)

Set Involuppo di Verifica utilizzato: "Fusto/Risvolti/Paraghiaia"

Gruppo di Selezione su cui agisce la verifica: **Fusto Verifiche**

Resistenza di calcolo a trazione e compressione per SLU:

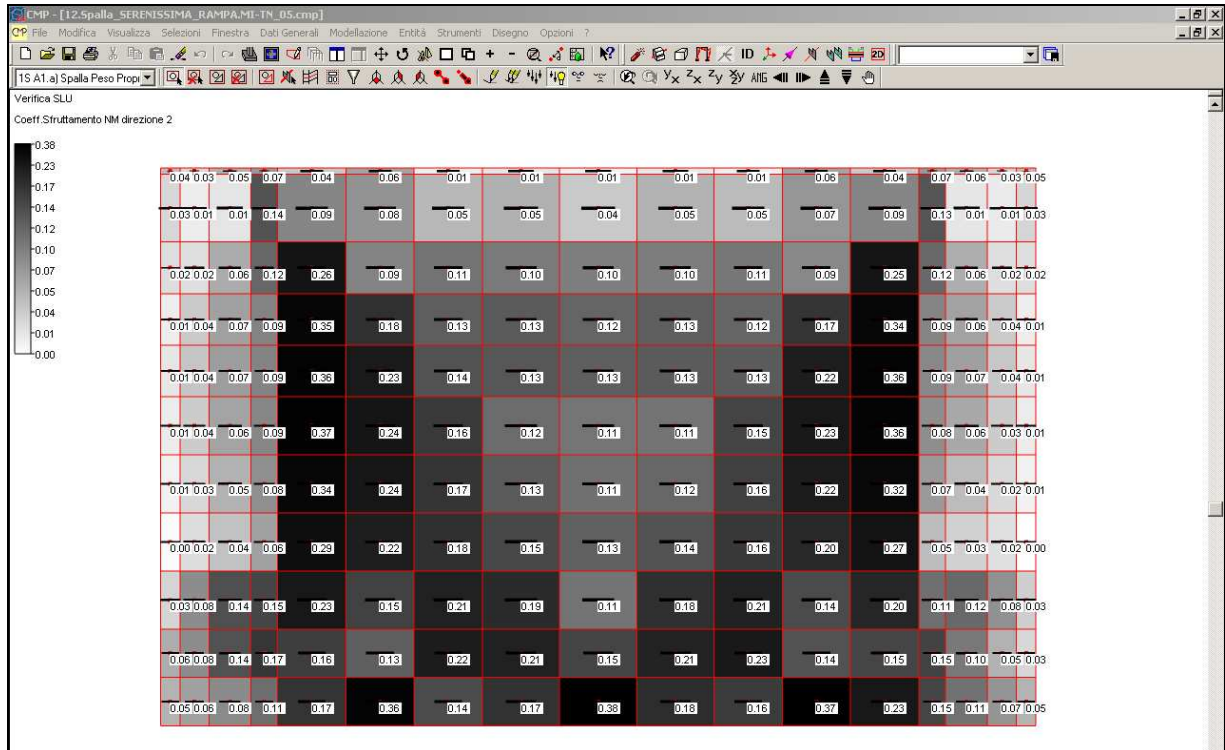
| ID Materiale | Nome materiale | fd a Trazione (N/mm <sup>2</sup> ) | fd a Compressione (N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------|------------------------------------|--|
| n.26         | B450C          | 391.304                            | 391.304                                |
| n.52         | C35/45         | 0                                  | 19.8333                                |

#### Valori per spessore shell: 210 cm

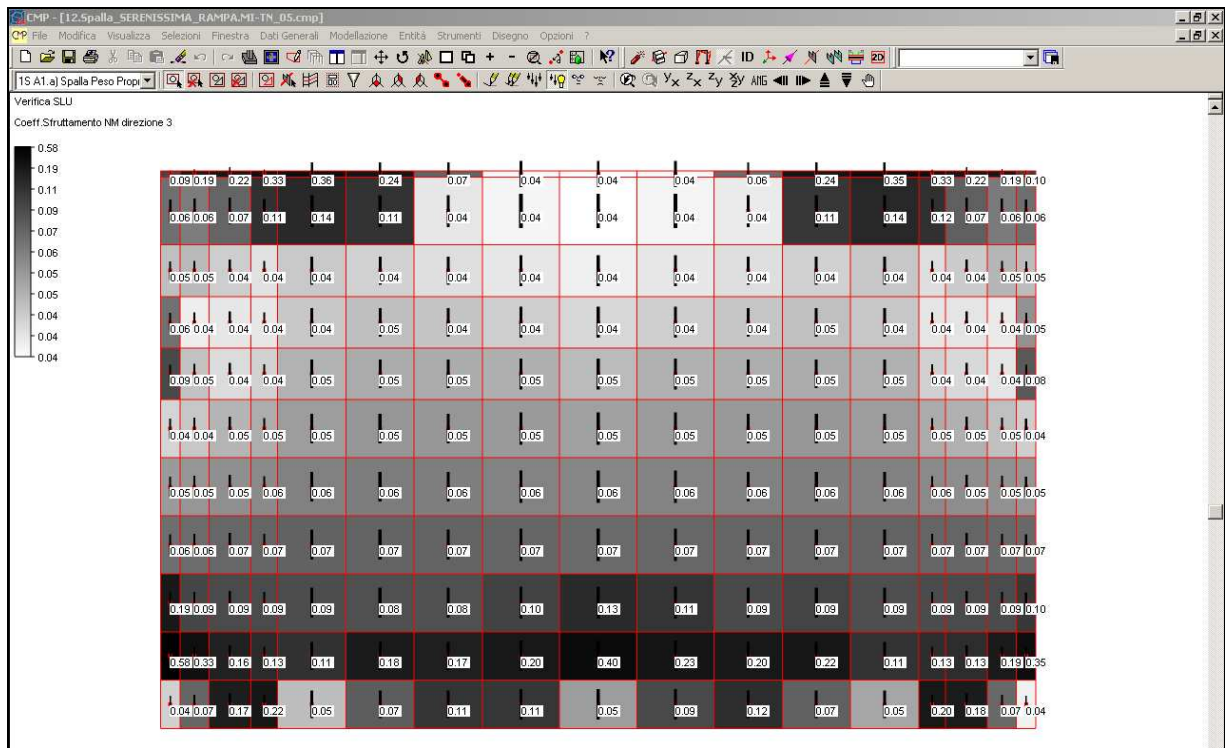
Armatura di estradosso: Ø20/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20"

| n°Shell | Dir | N(KN/m) | M(KNm/m) | CoeffMN |
|---------|-----|---------|----------|---------|
| 1058    | 2   | 224.69  | -226.64  | 0.37    |



*Direzione Orizzontale – Coefficiente di sfruttamento della sezione*



*Direzione Verticale – Coefficiente di sfruttamento della sezione*

### 8.7.1.2 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo

|                                    |         |                   |
|------------------------------------|---------|-------------------|
| $V_{Ed}$                           | 450.00  | kN                |
| $N_{Ed}$                           | 0       | kN                |
| $R_{ck}$                           | 40      | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ck}$                           | 33.2    | N/mm <sup>2</sup> |
| $\gamma_e$                         | 1.5     |                   |
| $f_{cd}$                           | 18.8    |                   |
| $b_w$                              | 1000    | mm                |
| $h$                                | 2100    | mm                |
| $c$                                | 50      | mm                |
| $d$                                | 2050    | mm                |
| $f$                                | 20      | mm                |
| $n^\circ$                          | 10      |                   |
| $A_{sl}$                           | 3140.00 | mm <sup>2</sup>   |
| $\rho_l$                           | 0.002   |                   |
| $\sigma_{cp}$                      | 0.0     | N/mm <sup>2</sup> |
| $k$                                | 1.3123  |                   |
| $V_{min}$                          | 0.3032  |                   |
|                                    | 555.16  | kN                |
|                                    | 621.53  | kN                |
| $V_{rd}$                           | 621.53  | kN                |
| <b>SEZIONE VERIFICATA A TAGLIO</b> |         |                   |

### 8.7.1.3 Verifiche in campo elastico (sisma)

La verifica sismica secondo normativa deve effettuarsi in campo elastico quindi si tratta di una verifica di tipo tensionale. All'interno delle combinazioni di verifica del software CMP è stato così possibile attribuirle alla tipologia *SLE rara* (con la sola accortezza di andare a modificare le corrette tensioni limite per il cls e l'acciaio). Si sottolinea quindi come nel seguito con tale denominazione (SLE rara) si intenderà la verifica relativa alla combinazione sismica.

Significato dei parametri:

n°Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica  
Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica  
Mat = Numero del materiale a cui la verifica fa riferimento  
N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica  
M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica  
 $\sigma_{\min}$  = Tensione minima riscontrata per il materiale corrente  
 $\sigma_{\max}$  = Tensione massima riscontrata per il materiale corrente

Nel caso di verifiche di fessurazione, nelle relative tabelle con i risultati delle verifiche, all'inizio di una riga possono comparire uno dei seguenti simboli:

VF = verifica di formazione delle fessure:  $\sigma_{\max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).  
VD = verifica di decompressione:  $\sigma_{\max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).  
VA = verifica di apertura delle fessure: verifica di apertura delle fessure: w è l'apertura della fessura. Il gruppo di esigenza ed il valore ammissibile utilizzati sono quelli del materiale calcestruzzo dello shell ed il tipo di armatura (sensibile/poco sensibile) è quello dell'armatura dello shell.

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte

Per le verifiche a SLE il gruppo di esigenza (livello di aggressività dell'ambiente) utilizzato è riportato nella descrizione delle caratteristiche dei materiali.



**Tipo Verifica:** Stati Limite d'Esercizio (DM 14/01/2008)  
Combinazione di Carico: rara

Set Inviluppo di Verifica utilizzato: "Fusto/Risvolti/Paraghiaia"

Gruppo di Selezione su cui agisce la verifica: **Fusto Verifiche**  
Tensioni ammissibili a trazione e compressione dei materiali impiegati:

| ID Materiale | Nome materiale | Sigma Amm. Trazione (N/mm <sup>2</sup> ) | Sigma Compressione (N/mm <sup>2</sup> ) | Amm. |
|--------------|----------------|--|---|------|
| n.26         | B450C          | 360                                      | -                                       |      |
| n.52         | C35/45         | 0  | 21                                      |      |

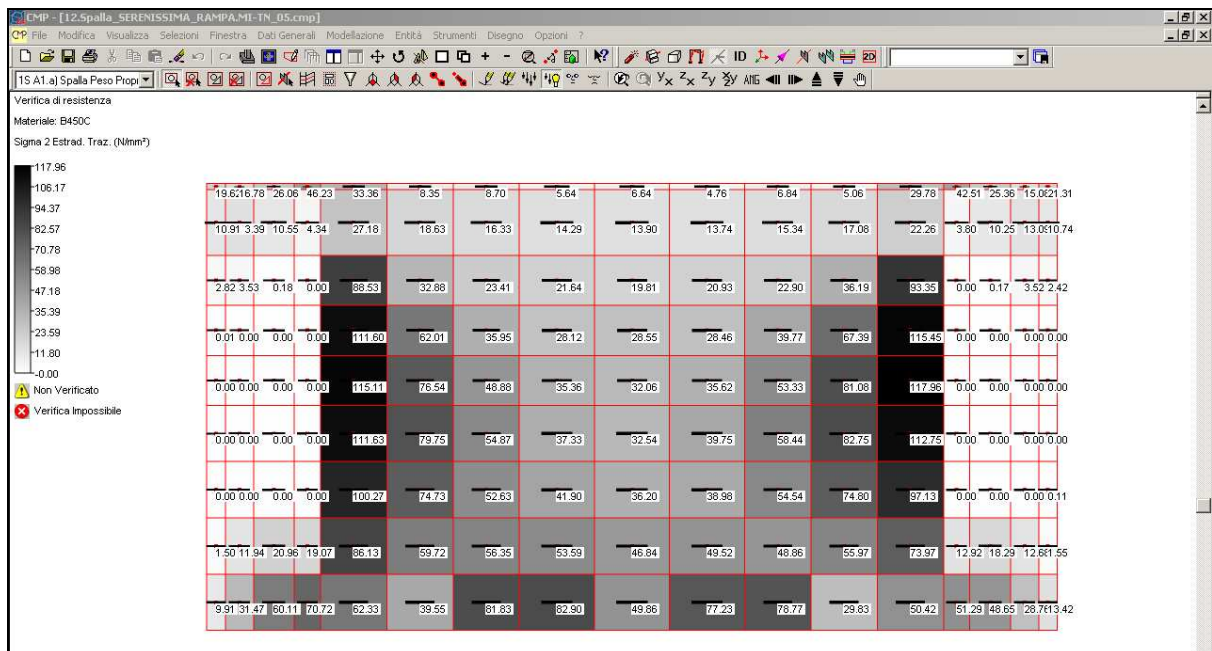
**Valori per spessore shell: 210 cm**

Armatura di estradosso: Ø20/20"  
Armatura di intradosso: Ø20/20"

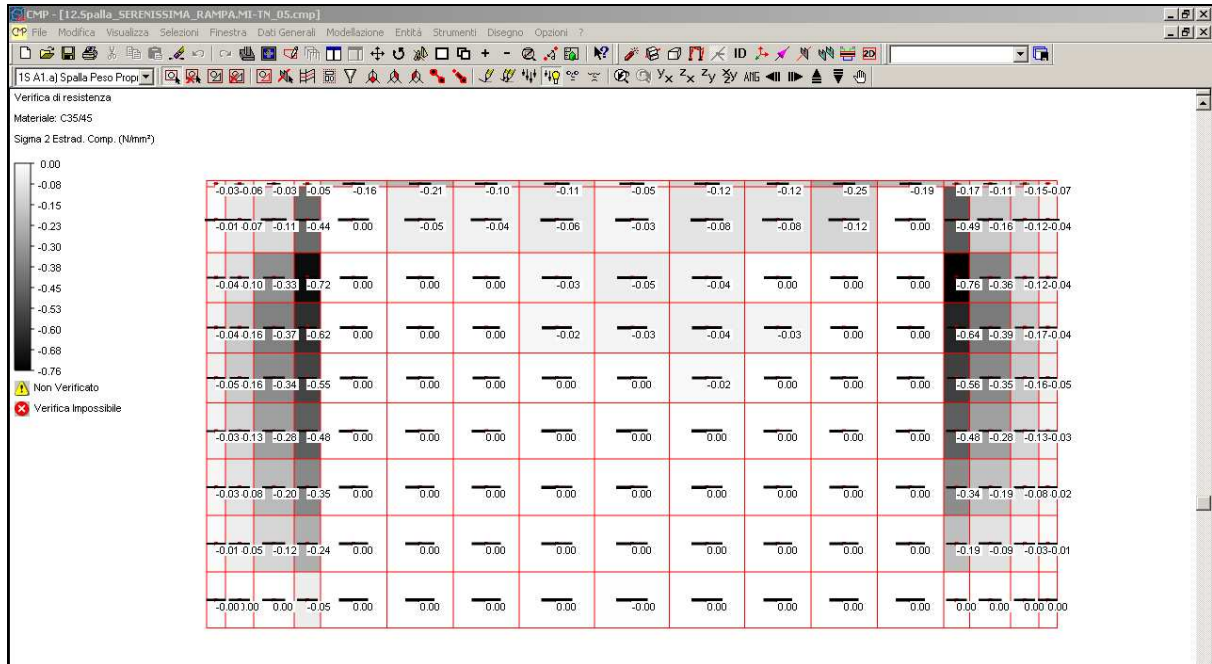
**Verifiche a tenso-presso flessione semplice:**

| n°Shell | Dir | Mat | N(KN/m)  | M(KNm/m) | σmin(N/mm <sup>2</sup> ) | σmax(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|-----|-----|----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| 1110    | 3   | 52  | -2194.90 | -1276.36 | -2.88                    | 0.00                     |
| 1075    | 3   | 52  | -1255.58 | -1475.23 | -4.34                    | 0.00                     |
| 651     | 3   | 26  | 525.01   | -297.96  | 71.31                    | 262.92                   |
| 1075    | 3   | 26  | -1255.58 | -1475.23 | -59.03                   | 142.88                   |

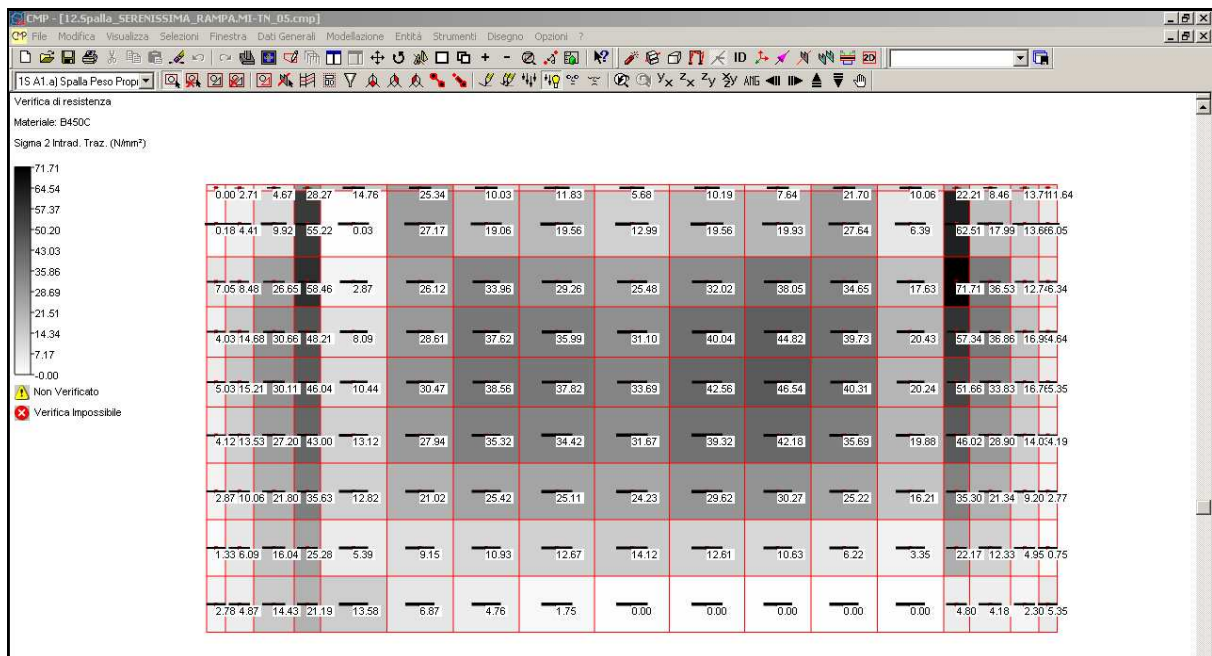
Di seguito si riportano le schermate di verifica (così come ottenute con il software CMP) degli elementi shell del fusto.



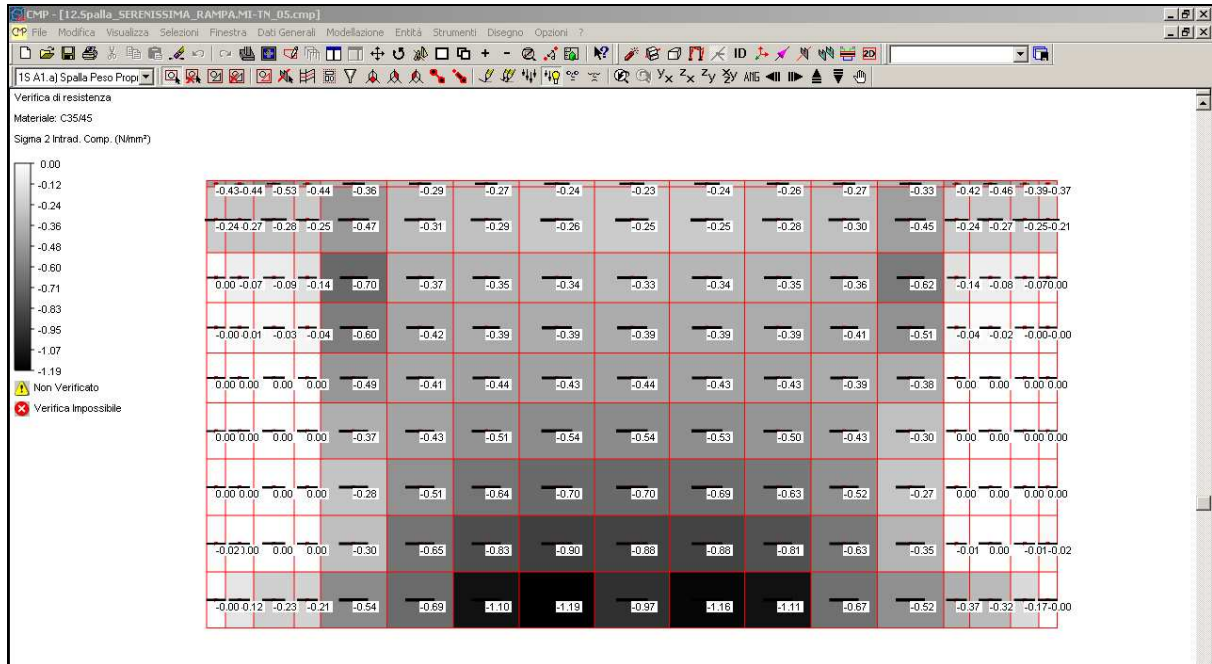
*Direzione Orizzontale – Tensione di trazione nell'acciaio all'estradosso*



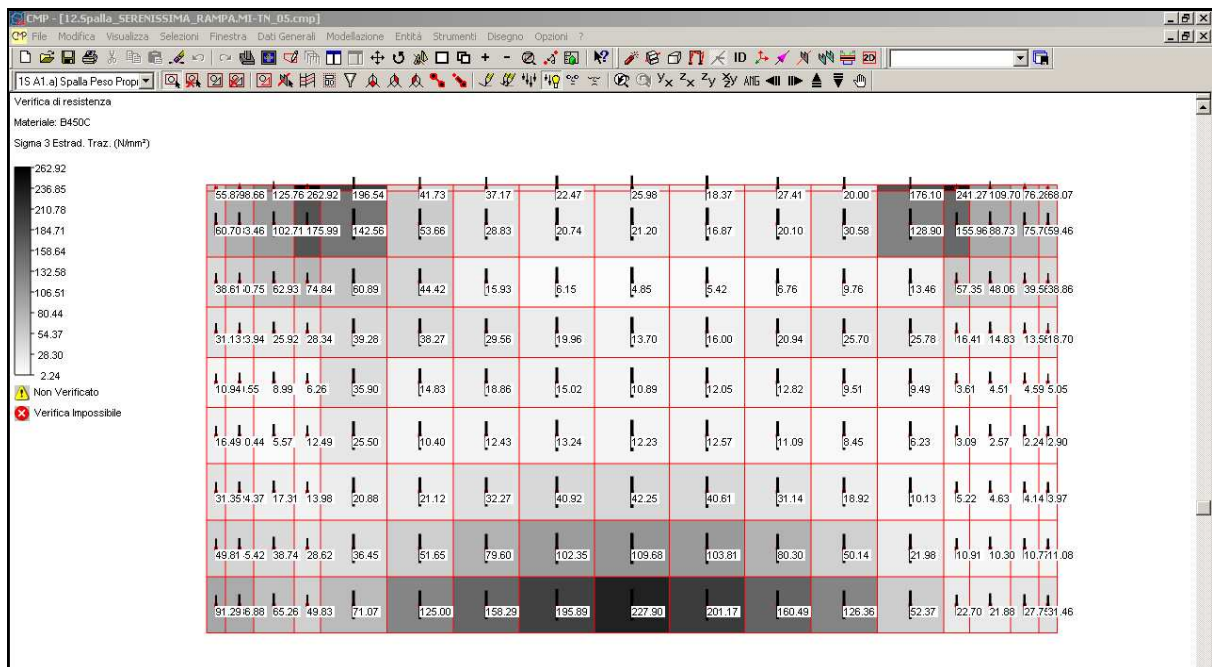
*Direzione Orizzontale – Tensione di compressione nel calcestruzzo all'estradosso*



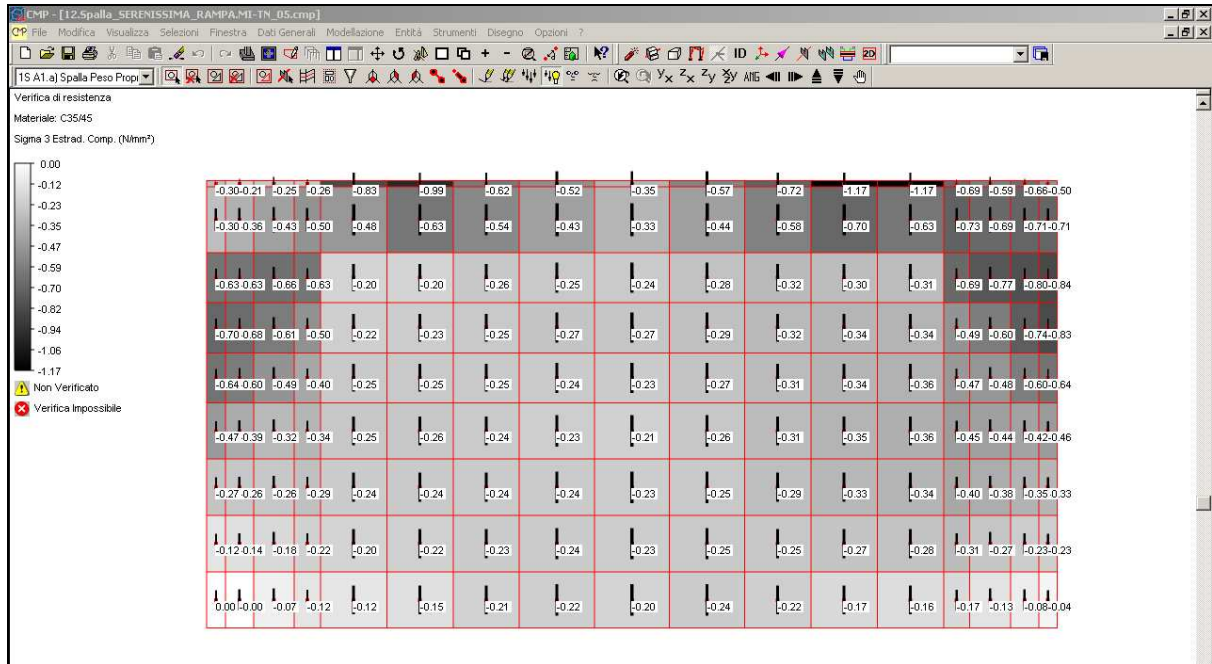
*Direzione Orizzontale – Tensione di trazione nell'acciaio all'intradosso*



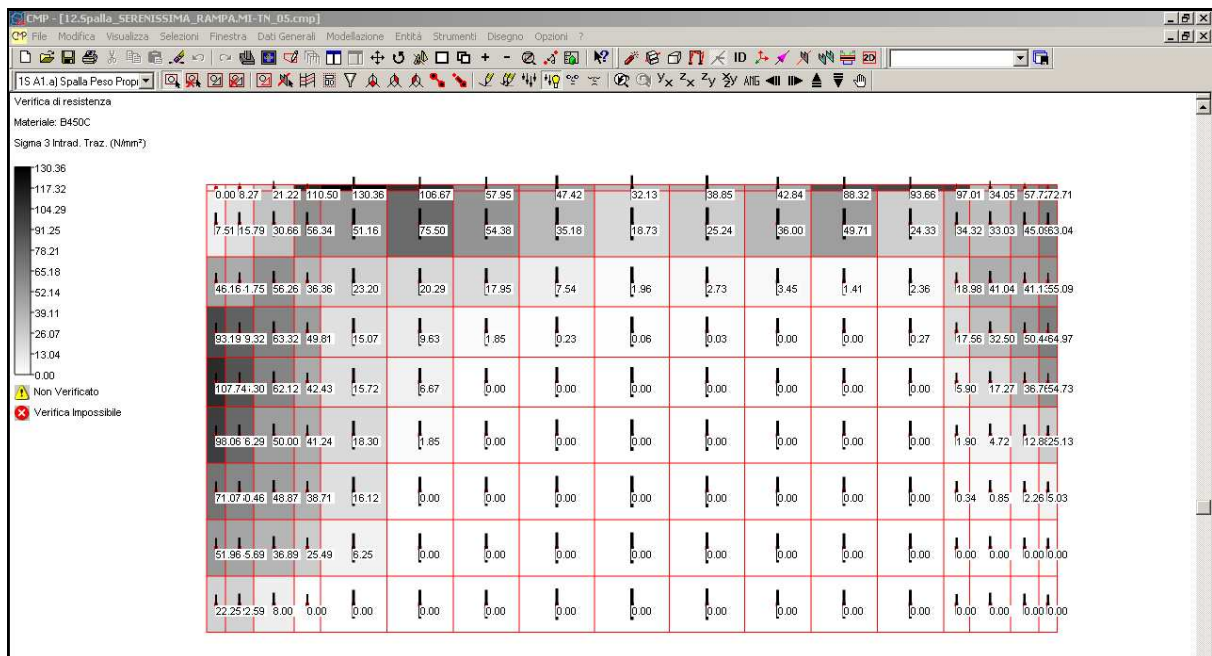
*Direzione Orizzontale – Tensione di compressione nel calcestruzzo all'intradosso*



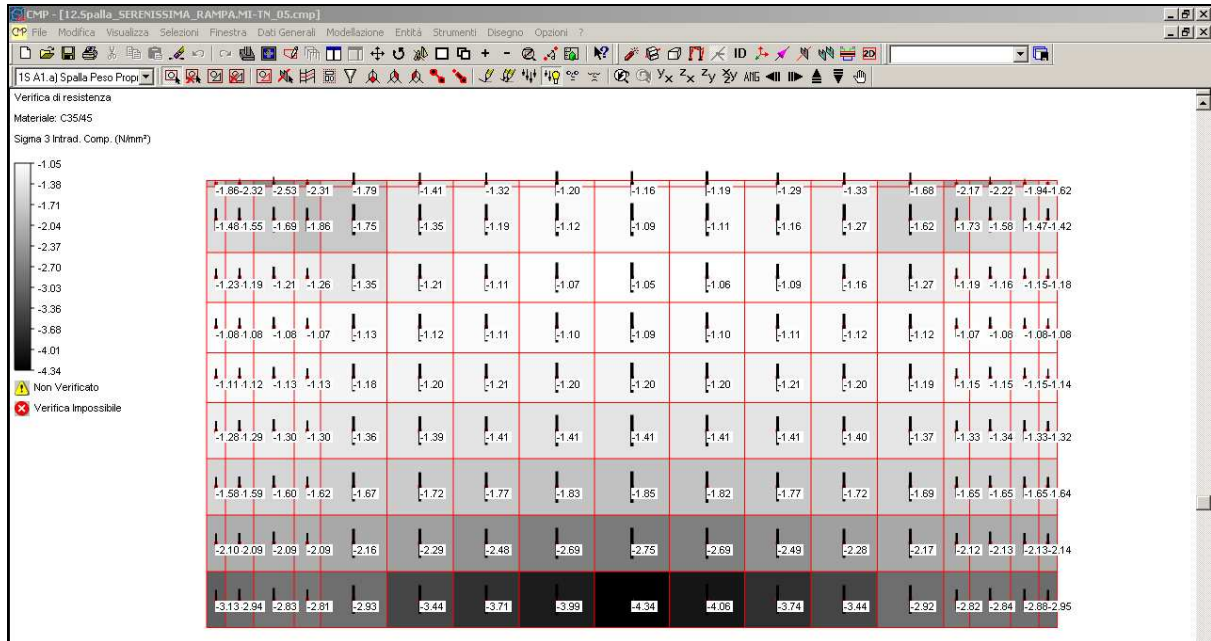
*Direzione Verticale – Tensione di trazione nell'acciaio all'estradosso*



Direzione Verticale – Tensione di compressione nel calcestruzzo all'estradosso



Direzione Verticale – Tensione di trazione nell'acciaio all'intradosso



*Direzione Verticale – Tensione di compressione nel calcestruzzo all'intradosso*

Verifica a taglio in campo elastico (massimo taglio in direzione 1 e 2):

| Taglio elastico                              |        |
|--|--------|
| Larghezza b (cm)                             | 100    |
| Altezza h (cm)                               | 210    |
| copriferro baricentro armatura tesa (cm)     | 5      |
| sezione reagente a taglio (cm <sup>2</sup> ) | 20500  |
| T (kN)                                       | 475.00 |
| $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )                | 0.23   |

$\leq f_{cE} = 1.08$

### 8.7.2 VERIFICHE MURI DI RISVOLTO

Significato dei parametri:

n°Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica

Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica

N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica

M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica

CoeffMN= indica il coefficiente di sfruttamento a flessione e sforzo normale; data la terna di sollecitazione N, M12, M13 si definisce coefficiente di sfruttamento il seguente rapporto (con il pedice "r" sono indicati i valori di resistenza ultimi):

$$\text{CoeffMN} = \frac{N}{N_r} = \frac{M_{12}}{M_{r12}} = \frac{M_{13}}{M_{r13}}$$

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte (CoeffMN>1).

#### 8.7.2.1 Verifiche allo stato limite ultimo per Presso-Flessione

**Tipo Verifica:** SLU (DM 14/01/2008)

Set Inviluppo di Verifica utilizzato: "Fusto/Risvolti/Paragliaia"

Gruppo di Selezione su cui agisce la verifica: **Risvolti verifica**

Resistenza di calcolo a trazione e compressione per SLU:

| ID Materiale | Nome materiale | fd a Trazione<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | fd a Compressione<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------|---------------------------------------|---|
| n.26         | B450C          | 391.304                               | 391.304                                   |
| n.52         | C35/45         | 0                                     | 19.8333                                   |

#### Valori per spessore shell: 80 cm

Armatura di estradosso: Ø20/20" + Ø20/20"

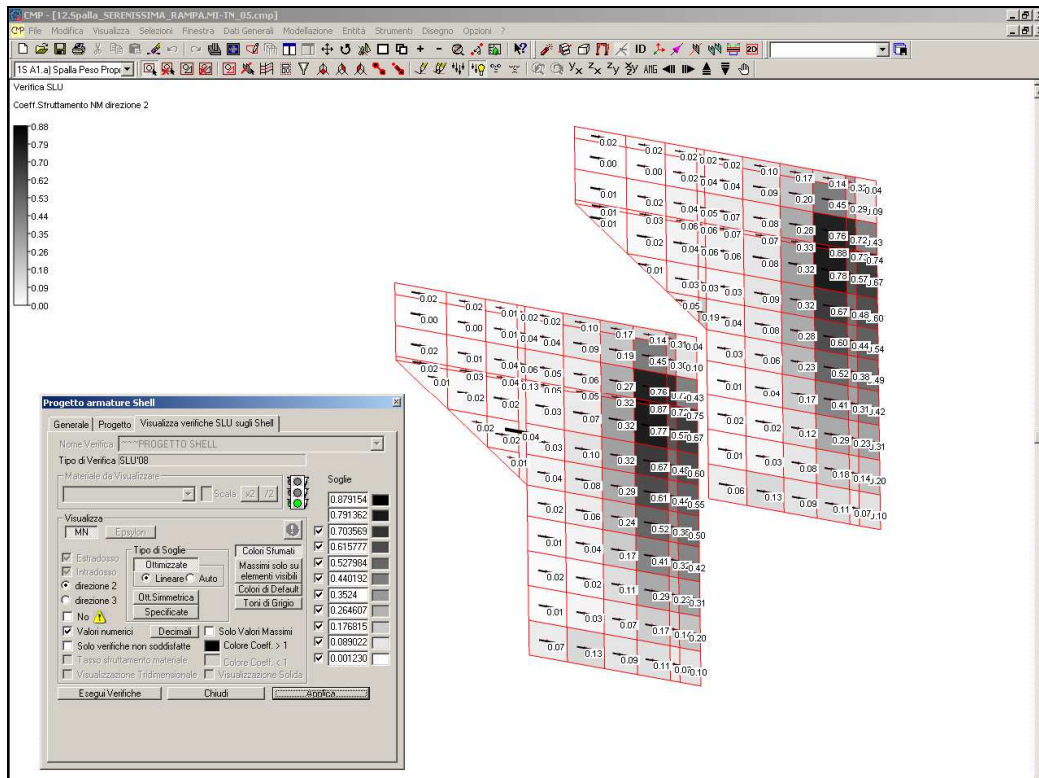
Armatura di intradosso: Ø20/20" + Ø20/20"

| n°Shell | Dir | N(KN/m) | M(KNm/m) | CoeffMN |
|---------|-----|---------|----------|---------|
| 542     | 2   | 503.35  | -466.49  | 0.75    |

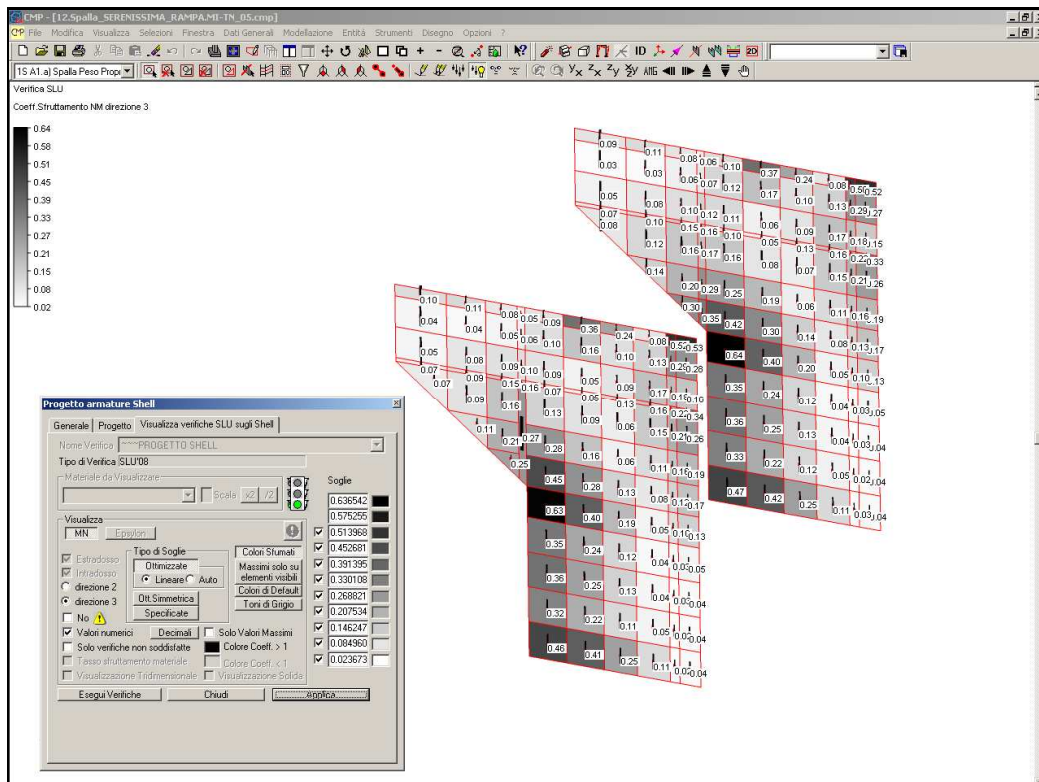
Armatura di estradosso: Ø20/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20"

| n°Shell | Dir | N(KN/m) | M(KNm/m) | CoeffMN |
|---------|-----|---------|----------|---------|
| 6       | 2   | 312.97  | -272.70  | 0.88    |



*Direzione Orizzontale – Coefficiente di sfruttamento della sezione*



*Direzione verticale – Coefficiente di sfruttamento della sezione*

### 8.7.2.2 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo

|                                    |               |                   |
|------------------------------------|---------------|-------------------|
| $V_{Ed}$                           | <b>256.00</b> | kN                |
| $N_{Ed}$                           | 0             | kN                |
| $R_{ck}$                           | 40            | N/mm <sup>2</sup> |
| $f_{ck}$                           | 33.2          | N/mm <sup>2</sup> |
| $\gamma_c$                         | 1.5           |                   |
| $f_{cd}$                           | 18.8          |                   |
| $b_w$                              | 1000          | mm                |
| $h$                                | 800           | mm                |
| $c$                                | 50            | mm                |
| $d$                                | 750           | mm                |
| $f$                                | 20            | mm                |
| $n^\circ$                          | 10            |                   |
| $A_{sl}$                           | 3140.00       | mm <sup>2</sup>   |
| $\rho_l$                           | 0.004         |                   |
| $\sigma_{cp}$                      | 0.0           | N/mm <sup>2</sup> |
| $k$                                | 1.5164        |                   |
| $v_{min}$                          | 0.3766        |                   |
|                                    | 328.14        | kN                |
|                                    | 282.43        | kN                |
| $V_{rd}$                           | <b>328.14</b> | kN                |
| <b>SEZIONE VERIFICATA A TAGLIO</b> |               |                   |

### 8.7.2.3 Verifiche in campo elastico (sisma)

La verifica sismica secondo normativa deve effettuarsi in campo elastico quindi si tratta di una verifica di tipo tensionale. All'interno delle combinazioni di verifica del software CMP è stato così possibile attribuirle alla tipologia *SLE rara* (con la sola accortezza di andare a modificare le corrette tensioni limite per il cls e l'acciaio). Si sottolinea quindi come nel seguito con tale denominazione (SLE rara) si intenderà la verifica relativa alla combinazione sismica.



Significato dei parametri:

n°Shell = Numero dello shell interessato dalla verifica  
Dir = Direzione locale rispetto cui si esegue la verifica  
Mat = Numero del materiale a cui la verifica fa riferimento  
N = Forza Normale per unità di larghezza di verifica  
M = Momento Flettente per unità di larghezza di verifica  
 $\sigma_{\min}$  = Tensione minima riscontrata per il materiale corrente  
 $\sigma_{\max}$  = Tensione massima riscontrata per il materiale corrente

Nel caso di verifiche di fessurazione, nelle relative tabelle con i risultati delle verifiche, all'inizio di una riga possono comparire uno dei seguenti simboli:

VF = verifica di formazione delle fessure:  $\sigma_{\max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).  
VD = verifica di decompressione:  $\sigma_{\max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).  
VA = verifica di apertura delle fessure: verifica di apertura delle fessure: w è l'apertura della fessura. Il gruppo di esigenza ed il valore ammissibile utilizzati sono quelli del materiale calcestruzzo dello shell ed il tipo di armatura (sensibile/poco sensibile) è quello dell'armatura dello shell.

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte

Per le verifiche a SLE il gruppo di esigenza (livello di aggressività dell'ambiente) utilizzato è riportato nella descrizione delle caratteristiche dei materiali.

**Tipo Verifica:** Stati Limite d'Esercizio (DM 14/01/2008)  
Combinazione di Carico: rara

Set Inviluppo di Verifica utilizzato: "Fusto/Risvolti/Paraghiaia"

Gruppo di Selezione su cui agisce la verifica: **Risvolti verifica**  
Tensioni ammissibili a trazione e compressione dei materiali impiegati:

| ID Materiale | Nome materiale | Sigma Amm. Trazione<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | Sigma Amm. Compressione<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------|---|---|
| n.26         | B450C          | 360   | -   |
| n.52         | C35/45         | 0   | 21  |

**Valori per spessore shell: 80 cm**

Armatura di estradosso: Ø20/20" + Ø20/20"

Armatura di intradosso: Ø20/20" + Ø20/20"

**Verifiche a tenso-presso flessione semplice:**

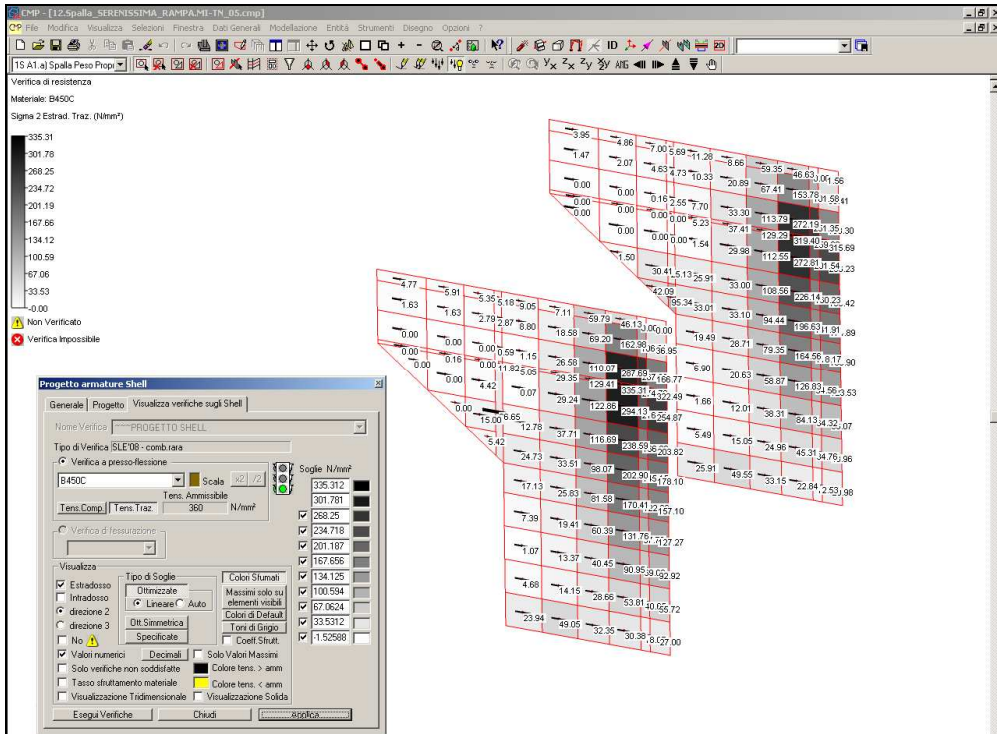
| n°Shell | Dir | Mat | N(KN/m) | M(KNm/m) | σmin(N/mm <sup>2</sup> ) | σmax(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|-----|-----|---------|----------|--------------------------|--------------------------|
| 1537    | 2   | 52  | 800.14  | -236.21  | -0.17                    | 0.00                     |
| 542     | 2   | 52  | -354.73 | -437.11  | -5.25                    | 0.00                     |
| 542     | 2   | 26  | 1483.92 | -184.40  | 149.86                   | 322.49                   |
| 570     | 2   | 26  | -522.36 | -426.32  | -61.45                   | 127.91                   |

Armatura di estradosso: Ø20/20"

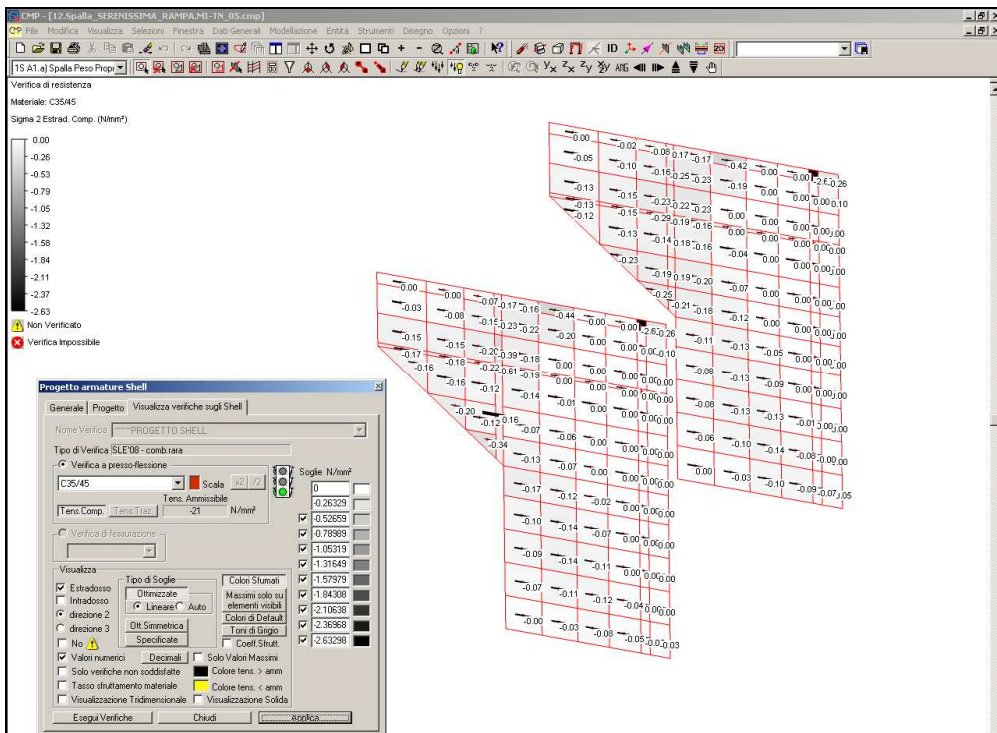
Armatura di intradosso: Ø20/20"

**Verifiche a tenso-presso flessione semplice:**

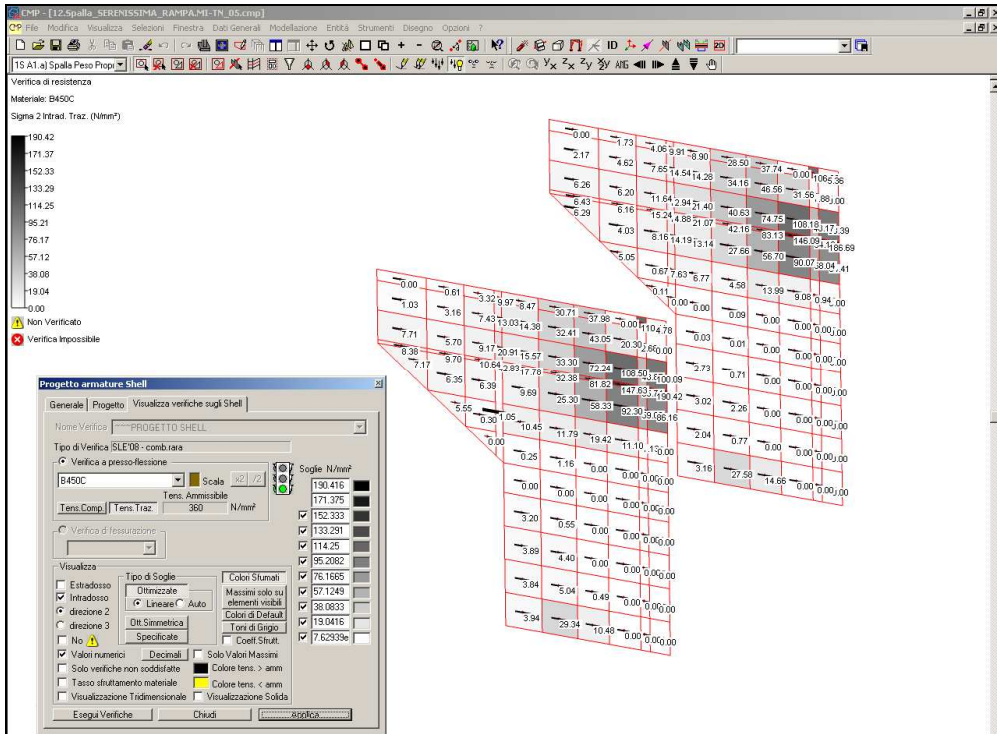
| n°Shell | Dir | Mat | N(KN/m) | M(KNm/m) | σmin(N/mm <sup>2</sup> ) | σmax(N/mm <sup>2</sup> ) |
|---------|-----|-----|---------|----------|--------------------------|--------------------------|
| 81      | 2   | 52  | 31.20   | -247.51  | -3.94                    | 0.00                     |
| 67      | 2   | 52  | -64.70  | -251.56  | -4.09                    | 0.00                     |
| 67      | 2   | 26  | 317.99  | -254.71  | -21.10                   | 335.31                   |
| 6       | 2   | 26  | -134.71 | -245.26  | -40.42                   | 186.85                   |



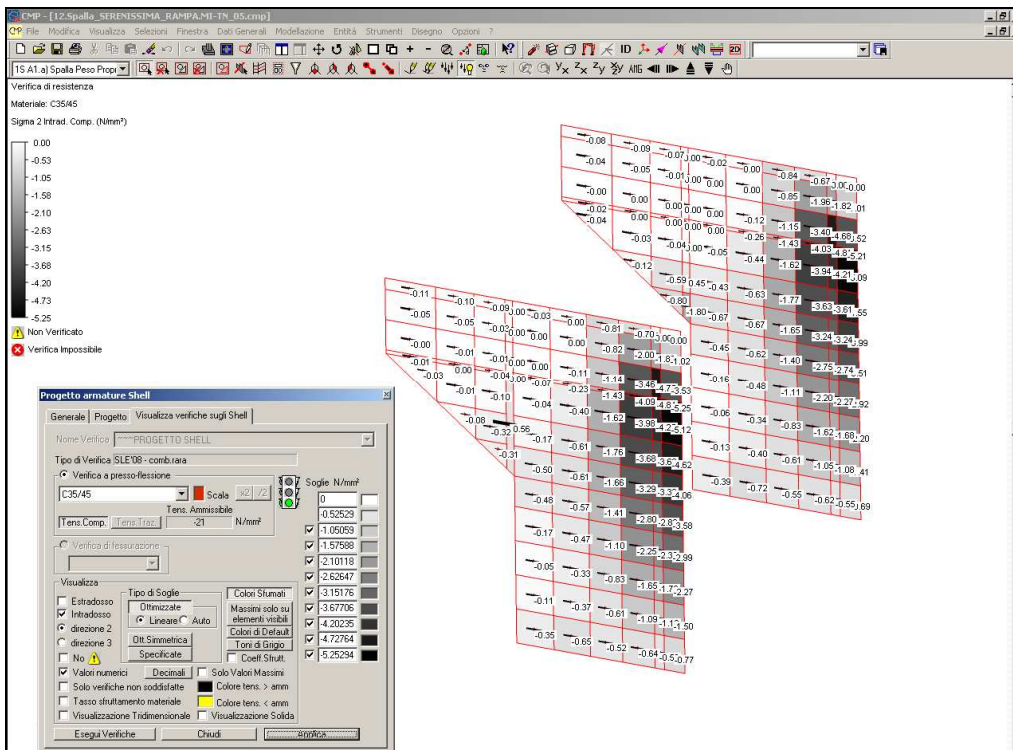
*Direzione Orizzontale – Tensione di trazione nell'acciaio all'estradosso*



*Direzione Orizzontale – Tensione di compressione nel calcestruzzo all'estradosso*

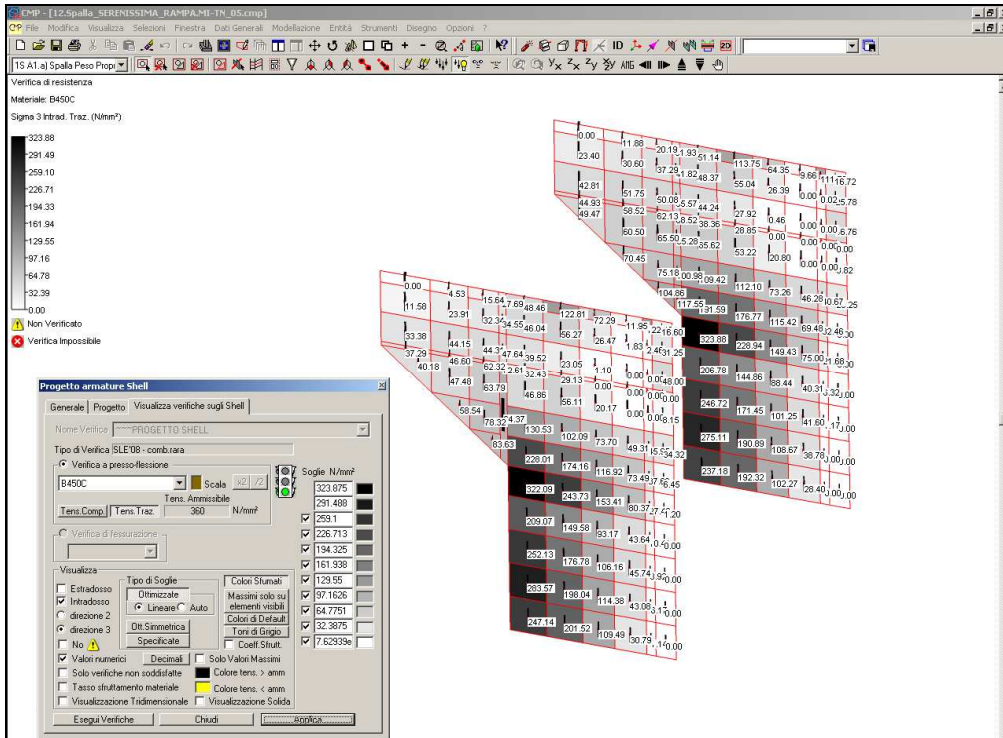


*Direzione Orizzontale – Tensione di trazione nell'acciaio all'intradosso*

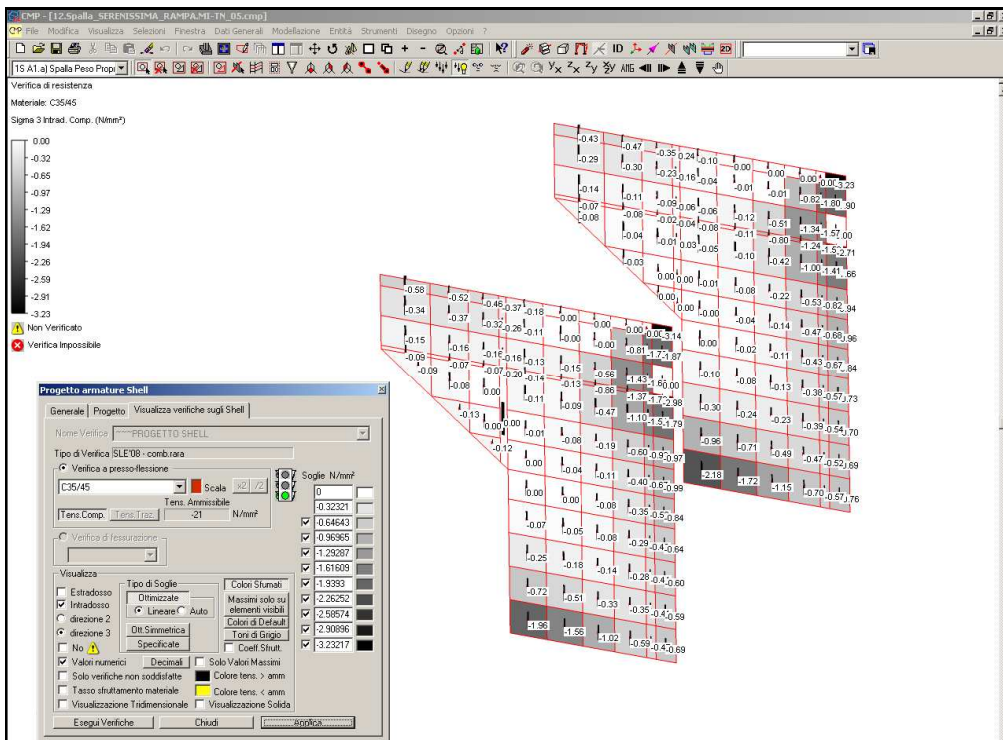


*Direzione Orizzontale – Tensione di compressione nel calcestruzzo all'intradosso*





*Direzione Verticale – Tensione di trazione nell'acciaio all'intradosso*



*Direzione Verticale – Tensione di compressione nel calcestruzzo all'intradosso*

Verifica a taglio in campo elastico (massimo taglio in direzione 1 e 2):

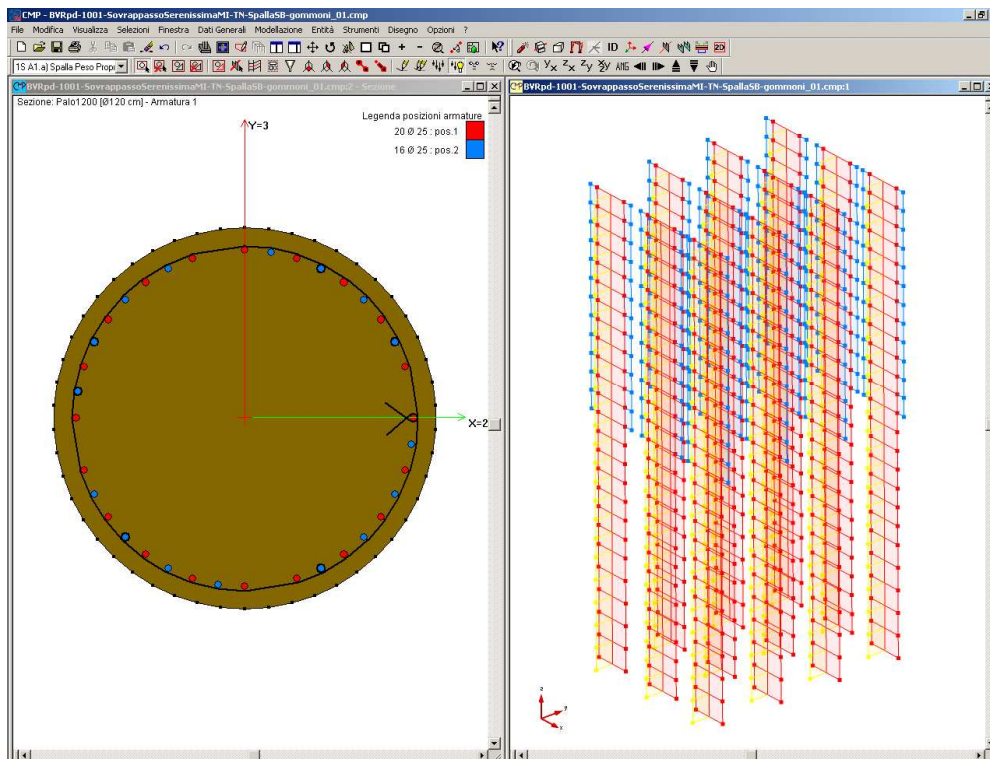
| <b>Taglio elastico</b>                       |        |
|--|--------|
| Larghezza b (cm)                             | 100    |
| Altezza h (cm)                               | 80     |
| copriferro baricentro armatura tesa (cm)     | 5      |
| sezione reagente a taglio (cm <sup>2</sup> ) | 7500   |
| T (kN)                                       | 196.00 |
| $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )                | 0.26   |

$$\leq f_{cE} = 1.08$$

### 8.7.3 VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE

#### 8.7.3.1 Geometria adottata per le verifiche

|  |                       |              |                 |                              |
|--|-----------------------|--------------|-----------------|------------------------------|
| Diametro palo  | $\phi =$              | 120,00       | cm              |                              |
| Area palo  | $A_p = \pi\phi^2/4 =$ | 11304        | cm <sup>2</sup> |                              |
| Armatura corrente del palo   | $A_a =$               | 20 $\phi$ 25 | 98.20           | cm <sup>2</sup> > 0.3% $A_p$ |
| Armatura aggiuntiva per i primi 12m di lunghezza a partire da testa palo | $A_a =$               | 16 $\phi$ 25 | 78.56           | cm <sup>2</sup>              |
| Copriferro   | $c =$                 | 80,00        | mm              |                              |



Di seguito si riportano le verifiche a SLU strutturali e SLV simiche a presso-tenso flessione e taglio.



Significato dei parametri:

Ver: assume il seguente significato:

- 1 involuppo che determina lo sforzo normale massimo negativo
- 2 involuppo che determina lo sforzo normale massimo positivo
- 3 involuppo che determina il taglio 1-2 massimo negativo
- 4 involuppo che determina il taglio 1-2 massimo positivo
- 5 involuppo che determina il taglio 1-3 massimo negativo
- 6 involuppo che determina il taglio 1-3 massimo positivo
- 7 involuppo che determina il momento torcente massimo negativo
- 8 involuppo che determina il momento torcente massimo positivo
- 9 involuppo che determina il momento flettente 1-2 massimo negativo
- 10 involuppo che determina il momento flettente 1-2 massimo positivo
- 11 involuppo che determina il momento flettente 1-3 massimo negativo
- 12 involuppo che determina il momento flettente 1-3 massimo positivo
- 17 involuppo che determina S1 massimo negativo
- 18 involuppo che determina S1 massimo positivo
- 19 involuppo che determina S2 massimo negativo
- 20 involuppo che determina S2 massimo positivo
- 21 involuppo che determina S3 massimo negativo
- 22 involuppo che determina S3 massimo positivo
- 23 involuppo che determina S4 massimo negativo
- 24 involuppo che determina S4 massimo positivo

I simboli S1,S2,S3,S4 indicano la sigma combinata e si riferiscono al calcolo della sigma ideale valutata con la formula (sigma positiva indica trazione)

$$\sigma_{id} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_{12}}{W_{12}} \pm \frac{M_{13}}{W_{13}}$$

(W sono i moduli di resistenza) sui quattro spigoli del rettangolo circoscritto alla sezione base dell'asta.

Dist: indica la distanza dal punto di inizio beam della sezione verificata

Sollecitazioni di verifica:

N = sforzo normale agente in direzione dell'asse locale 1

V12, V13 = tagli agenti in direzione 2 e 3

M12, M13 = momenti agenti nei piani 12 e 13

MT = momento torcente

ArmNM= indica il tratto di armatura interessato dalla verifica a pressoflessione deviata, seguito dalla posizione delle barre al positivo e al negativo; le verifiche vengono svolte con le posizioni inferiori o uguali alle posizioni al positivo e maggiori o uguali al negativo.

ArmT = indica il tratto di armatura interessato dalla verifica a taglio, seguito dal numero del tratto di staffatura

ArmNMT=indica il tratto di armatura interessato dalla verifica a pressoflessione deviata e taglio, seguito dalla posizione delle barre al positivo, al negativo e dal tratto di staffatura

$d_2, d_3$  = altezze utili per verifiche a taglio agente in direzione 2 e 3

$b_{w2}, b_{w3}$  = larghezze utili per verifiche a taglio agente in direzione 2 e 3

$n_{st2}, n_{st3}$  = numero braccia utili per le verifiche a taglio V12 e V13 agenti in direzione 2 e 3 rispettivamente.

corr. = armatura longitudinale corrente

Pos = posizione delle barre longitudinali di armatura

### 8.7.3.2 Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CoeffMN: indica il coefficiente di sfruttamento a flessione e sforzo normale; data la terna di sollecitazione N, M12, M13 si definisce coefficiente di sfruttamento il seguente rapporto (con il pedice "r" sono indicati i valori di resistenza ultimi):

$$\text{CoeffMN} = \frac{N}{N_r} = \frac{M_{12}}{M_{r12}} = \frac{M_{13}}{M_{r13}}$$

CoeffV12, CoeffV13: indicano i coefficienti di sfruttamento a taglio in direzione 2 e 3. CoeffV12 è dato dal rapporto tra il taglio di calcolo V12 agente in direzione 2 e la resistenza a taglio Vr12 in direzione 2. Analogo discorso vale per CoeffV13. Vr12 e Vr13 sono calcolati secondo il par.4.1.2.1.3 DM 14/01/2008. Per i parametri non indicati in questo paragrafo si veda i parametri delle verifiche a taglio nelle caratteristiche dei materiali.

Tipo: questa colonna contiene eventualmente indicazioni sul tipo di verifica

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte (CoeffMN>1, CoeffV12>1 e CoeffV13>1).

**Tipo Verifica:** verifiche allo stato limite ultimo secondo il DM 14/01/2008.

Origine del sistema di riferimento delle sollecitazioni: nel baricentro della sezione base omogenizzata;

Set Inviluppo di Verifica utilizzato: "Pali"

Gli involuppi con i quali agisce la verifica sono:

- SLU 1A) - A1M1

- SLU 1B) - A2M1

Gruppo di Selezione su cui agisce la verifica: **Pali-Verifica**

Resistenza di calcolo a trazione e compressione per SLU:

| ID Materiale | Nome materiale | fd a Trazione (N/mm <sup>2</sup> ) | fd a Compressione (N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------|------------------------------------|--|
| n.26         | B450C          | 391.304                            | 391.304                                |
| n.53         | C25/30         | 0                                  | 14.1667                                |

Unità di misura lunghezze: m  
Unità di misura sforzi Normali e Tagli: KN  
Unità di misura dei Momenti: KNm  
Unità di misura delle Tensioni: N/mm<sup>2</sup>

Beam n.84 - Sezione "Palo1200 [Ø120 cm]"

Coord.punto di applicazione sforzo N (piano locale 2-3): -2.89072e-017 m; -1.31755e-017 m

Riepilogo tratti di armatura sull'asta:

-Armatura tipo 1 fino a fine asta

Descrizione Armatura tipo 1:

Armatura longitudinale: 20Ø25 (Pos.1, corr.) + 16Ø25 (Pos.2)

d<sub>2</sub> = 100 cm, b<sub>w2</sub> = 100 cm, d<sub>3</sub> = 100 cm, b<sub>w3</sub> = 100 cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°1:

staffa con n<sub>st2</sub> = 2, n<sub>st3</sub> = 2, Ø 8 a passo 15 cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°2:

staffa con n<sub>st2</sub> = 2, n<sub>st3</sub> = 2, Ø 10 a passo 15 cm

Parametri verifiche a taglio (par.4.1.2.1.3 DM 14/01/2008):

Limitazione ctgθ: 1 ≤ ctgθ ≤ 2.5; α<sub>c</sub> = 1

| Ver               | Dist (m) | N (KN)   | M12 (KNm) | M13 (KNm) | V12 (KN) | V13 (KN) | ArmNMT      |
|-------------------|----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|-------------|
|                   | CoeffMN  | CoeffV12 | CoeffV13  | Tipo      |          |          |             |
| Massimo CoeffV13: |          |          |           |           |          |          |             |
| 20                | 1.00     | -2649.71 | -4.81     | -527.08   | 0.20     | 565.94   | 1 (2,-,2,1) |
|                   | 0.1815   | 0.0003   | 0.8626    |           |          |          |             |

Beam n.146 - Sezione "Palo1200 [Ø120 cm]"

Coord.punto di applicazione sforzo N (piano locale 2-3): -2.89072e-017 m; -1.31755e-017 m

Riepilogo tratti di armatura sull'asta:

-Armatura tipo 1 fino a fine asta

Descrizione Armatura tipo 1:

Armatura longitudinale: 20Ø25 (Pos.1, corr.) + 16Ø25 (Pos.2)

d<sub>2</sub> = 100 cm, b<sub>w2</sub> = 100 cm, d<sub>3</sub> = 100 cm, b<sub>w3</sub> = 100 cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°1:

staffa con n<sub>st2</sub> = 2, n<sub>st3</sub> = 2, Ø 8 a passo 15 cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°2:

staffa con n<sub>st2</sub> = 2, n<sub>st3</sub> = 2, Ø 10 a passo 15 cm

Parametri verifiche a taglio (par.4.1.2.1.3 DM 14/01/2008):

Limitazione ctgθ: 1 ≤ ctgθ ≤ 2.5; α<sub>c</sub> = 1

| Ver              | Dist<br>(m) | N<br>(KN) | M12<br>(KNm) | M13<br>(KNm) | V12<br>(KN) | V13<br>(KN) | ArmNMT     |
|------------------|-------------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|
|                  | CoeffMN     | CoeffV12  | CoeffV13     | Tipo         |             |             |            |
| Massimo CoefV12: |             |           |              |              |             |             |            |
| 22               | 1.00        | -2316.78  | 192.40       | -372.44      | -160.66     | 330.85      | 1 (2,-2,1) |
|                  | 0.1525      | 0.2625    | 0.5407       |              |             |             |            |

Beam n.404 - Sezione "Palo1200 [Ø120 cm]"

Coord.punto di applicazione sforzo N (piano locale 2-3): -2.89072e-017 m; -1.31755e-017 m

Riepilogo tratti di armatura sull'asta:

-Armatura tipo 1 fino a fine asta

Descrizione Armatura tipo 1:

Armatura longitudinale: 20Ø25 (Pos.1, corr.) + 16Ø25 (Pos.2)

$d_2 = 100$  cm,  $b_{w2} = 100$  cm,  $d_3 = 100$  cm,  $b_{w3} = 100$  cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°1:

staffa con  $n_{st2} = 2$ ,  $n_{st3} = 2$ , Ø 8 a passo 15 cm

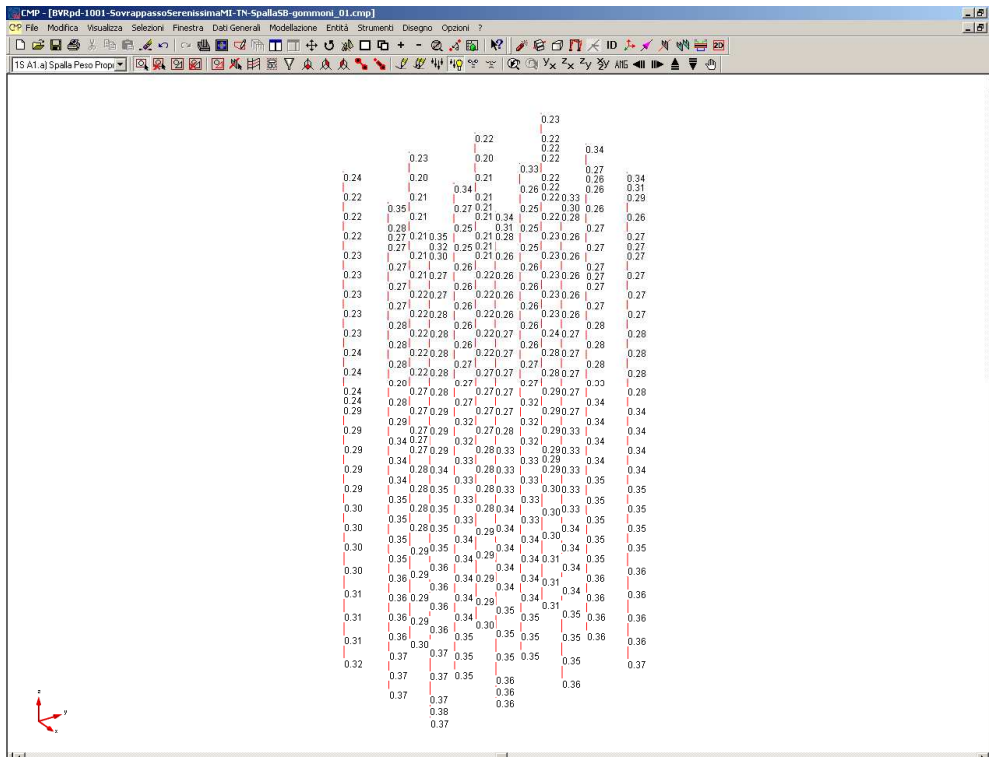
Armatura trasversale tratto di staffatura n°2:

staffa con  $n_{st2} = 2$ ,  $n_{st3} = 2$ , Ø 10 a passo 15 cm

Parametri verifiche a taglio (par.4.1.2.1.3 DM 14/01/2008):

Limitazione  $ctg\vartheta$ :  $1 \leq ctg\vartheta \leq 2.5$ ;  $\alpha_c = 1$

| Ver              | Dist<br>(m) | N<br>(KN) | M12<br>(KNm) | M13<br>(KNm) | V12<br>(KN) | V13<br>(KN) | ArmNMT     |
|------------------|-------------|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------|
|                  | CoeffMN     | CoeffV12  | CoeffV13     | Tipo         |             |             |            |
| Massimo CoeffMN: |             |           |              |              |             |             |            |
| 1                | 0.50        | -6207.95  | 0.50         | -1.61        | -0.72       | 2.31        | 1 (1,-1,1) |
|                  | 0.3784      | 0.0010    | 0.0032       |              |             |             |            |



Coefficiente di sfruttamento a presso-flessione

### 8.7.3.3 Verifiche a taglio allo stato limite ultimo

Si riportano di seguito i calcoli di verifica allo stato limite ultimo per sollecitazioni taglianti:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

|                             |   |         |    |   |
|-----------------------------|---|---------|----|---|
| $V_{rd}$                    | = | 1259.18 | kN | Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio |
| $V_{ed}$                    | = | 593.00  | kN | Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente                                   |
| $V_{rsd}$                   | = | 1259.18 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio trazione"   |
| $V_{rcd}$                   | = | 2153.79 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio compressione"                                     |
| $N_{ed}$                    | = | 0.00    | kN | Valore di calcolo dello sforzo normale  |
| sezione verificata a taglio |   |         |    |   |

|          |   |        |    |   |
|----------|---|--------|----|---|
| $\theta$ | = | 21.80  | °  | Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave |
| $b_w$    | = | 108.00 | cm | Larghezza utile della sezione                             |
| $d$      | = | 91.09  | cm | Altezza utile della sezione                               |

|               |   |     |                 |  |
|---------------|---|-----|-----------------|--|
| $\phi_{staf}$ | = | 10  | mm              | Diametro staffe                                    |
|               | = | 2   | n°              | n°braccia staffe                                   |
| $A_{sw}$      | = | 157 | mm <sup>2</sup> | Area armatura trasversale                          |
| $s$           | = | 10  | cm              | Interasse tra due armature trasversali consecutive |

|          |   |     |                   |   |
|----------|---|-----|-------------------|---|
| $\alpha$ | = | 90  | °                 | angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave |
| $f_{yk}$ | = | 450 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe                |

#### 8.7.3.4 Verifiche in campo elastico (sisma)

$\sigma_{max}$ ,  $\sigma_{min}$ : indicano le tensioni massime ottenute dalla verifica a tenso-pressoflessione deviata

CoeffV12, CoeffV13: indicano i coefficienti di sfruttamento a taglio in direzione 2 e 3. CoeffV12 è dato dal rapporto tra il taglio di calcolo V12 agente in direzione 2 e la resistenza a taglio Vr12 in direzione 2.

All'inizio di una riga, nelle tabelle con i risultati delle verifiche, possono comparire i seguenti simboli:

VT = verifica a taglio a Tensioni Ammissibili

VF = verifica di formazione delle fessure:  $\sigma_{max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VD = verifica di decompressione:  $\sigma_{max}$  è la massima tensione di trazione (su sezione non fessurata) del materiale di calcestruzzo con ID pari a MatCls. Vengono riportati solo i valori di trazione delle tensioni (se presenti).

VA = verifica di apertura delle fessure: w è l'apertura della fessura. Il gruppo di esigenza ed il valore ammissibile utilizzati sono quelli del materiale di riferimento della sottosezione (armatura), ed il tipo di armatura (sensibile/poco sensibile) è quello del materiale delle barre di armatura della sottosezione (se è presente almeno una barra sensibile viene considerata questa come tipo di armatura nella verifica). Nella colonna IDc/TArm, IDc è l'ID del materiale calcestruzzo di riferimento della sottosezione, TArm è il tipo di armatura utilizzato nella verifica di apertura delle fessure (0 = armatura sensibile, 1 = armatura poco sensibile);

Un asterisco a fianco di un record individua le verifiche non soddisfatte

Per le verifiche a SLE il gruppo di esigenza (livello di aggressività dell'ambiente) utilizzato è riportato nella descrizione delle caratteristiche dei materiali.

**Tipo Verifica:** Stati Limite d'Esercizio (DM 14/01/2008)

Combinazione di Carico: rara

Origine del sistema di riferimento delle sollecitazioni: nel baricentro della sezione base omogenizzata;  
Set Inviluppo di Verifica utilizzato: "Pali"

Gruppo di Selezione su cui agisce la verifica: **Pali-Verifica**

Tensioni ammissibili a trazione e compressione dei materiali impiegati:

| ID Materiale | Nome materiale | Sigma Amm. Trazione (N/mm <sup>2</sup> ) | Sigma Amm. Compressione (N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------|----------------|--|--|
| n.26         | B450C          | 360                                      | -  |
| n.53         | C25/30         | 0  | 15   |

Unità di misura lunghezze: m  
Unità di misura sforzi Normali e Tagli: KN  
Unità di misura dei Momenti: KNm  
Unità di misura delle Tensioni: N/mm<sup>2</sup>

Beam n.126 - Sezione "Palo1200 [Ø120 cm]"

Coord.punto di applicazione sforzo N (piano locale 2-3): -2.89072e-017 m; -1.31755e-017 m

Riepilogo tratti di armatura sull'asta:

-Armatura tipo 1 fino a fine asta

Descrizione Armatura tipo 1:

Armatura longitudinale: 20Ø25 (Pos.1, corr.) + 16Ø25 (Pos.2)

d<sub>2</sub> = 100 cm, b<sub>w2</sub> = 100 cm, d<sub>3</sub> = 100 cm, b<sub>w3</sub> = 100 cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°1:

staffa con n<sub>st2</sub> = 2, n<sub>st3</sub> = 2, Ø 8 a passo 15 cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°2:

staffa con n<sub>st2</sub> = 2, n<sub>st3</sub> = 2, Ø 10 a passo 15 cm

**Verifiche a tenso-presso flessione deviata:**

| Mat | Ver (m) | Dist (KN) | N (KN) | M12 (KNm) | M13 (KNm) | ArmNM | σ <sub>max</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | σ <sub>min</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----|---------|-----------|--------|-----------|-----------|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 26  | 20      | 0.00      |        | -255.33   | -1380.24  |       | -199.751 (2,-2)                       | 235.49 -113.25                        |

Beam n.206 - Sezione "Palo1200 [Ø120 cm]"

Coord.punto di applicazione sforzo N (piano locale 2-3): -2.89072e-017 m; -1.31755e-017 m

Riepilogo tratti di armatura sull'asta:

-Armatura tipo 1 fino a fine asta

Descrizione Armatura tipo 1:

Armatura longitudinale: 20Ø25 (Pos.1, corr.) + 16Ø25 (Pos.2)

d<sub>2</sub> = 100 cm, b<sub>w2</sub> = 100 cm, d<sub>3</sub> = 100 cm, b<sub>w3</sub> = 100 cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°1:

staffa con n<sub>st2</sub> = 2, n<sub>st3</sub> = 2, Ø 8 a passo 15 cm

Armatura trasversale tratto di staffatura n°2:

staffa con n<sub>st2</sub> = 2, n<sub>st3</sub> = 2, Ø 10 a passo 15 cm

**Verifiche a tenso-presso flessione deviata:**

| Mat | Ver (m) | Dist (KN) | N (KN) | M12 (KNm) | M13 (KNm) | ArmNM    | σ <sub>max</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | σ <sub>min</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----|---------|-----------|--------|-----------|-----------|----------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 53  | 4       | 0.00      |        | -3318.65  |           | -1520.00 | -186.641 (2,-2)                       | 0.00 -10.46                           |

Beam n.246 - Sezione "Palo1200 [Ø120 cm]"

Coord.punto di applicazione sforzo N (piano locale 2-3): -2.89072e-017 m; -1.31755e-017 m

Riepilogo tratti di armatura sull'asta:

-Armatura tipo 1 fino a fine asta

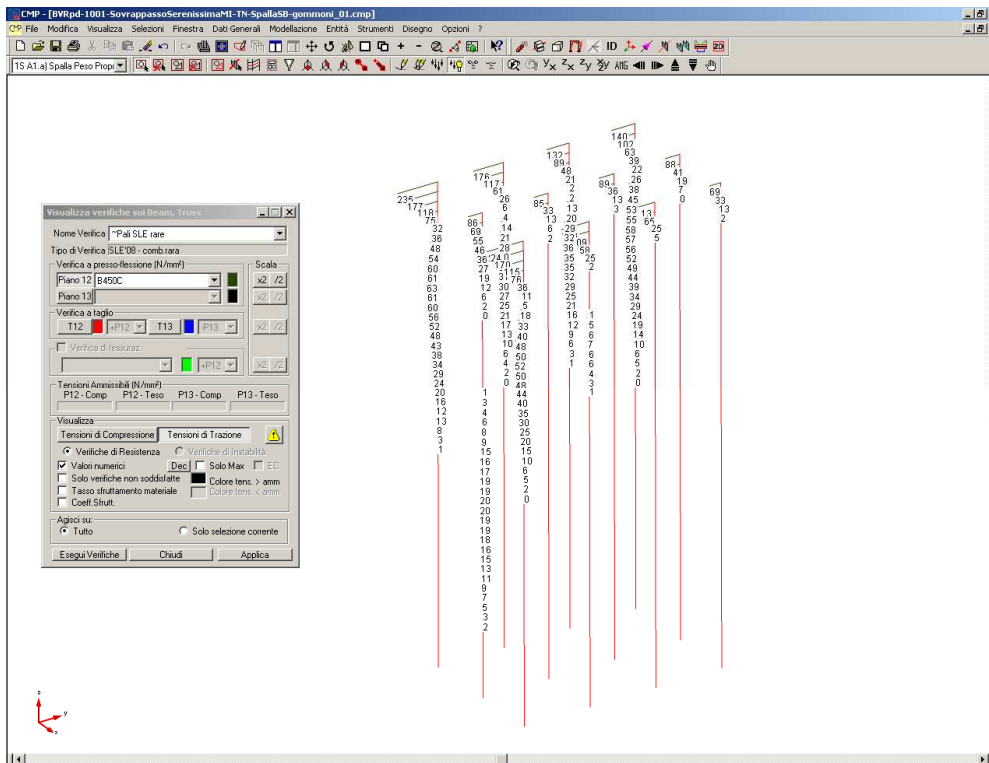
Descrizione Armatura tipo 1:

Armatura longitudinale: 20Ø25 (Pos.1, corr.) + 16Ø25 (Pos.2)

$d_2 = 100$  cm,  $b_{w2} = 100$  cm,  $d_3 = 100$  cm,  $b_{w3} = 100$  cm  
 Armatura trasversale tratto di staffatura n°1:  
 staffa con  $n_{st2} = 2$ ,  $n_{st3} = 2$ ,  $\varnothing 8$  a passo 15 cm  
 Armatura trasversale tratto di staffatura n°2:  
 staffa con  $n_{st2} = 2$ ,  $n_{st3} = 2$ ,  $\varnothing 10$  a passo 15 cm

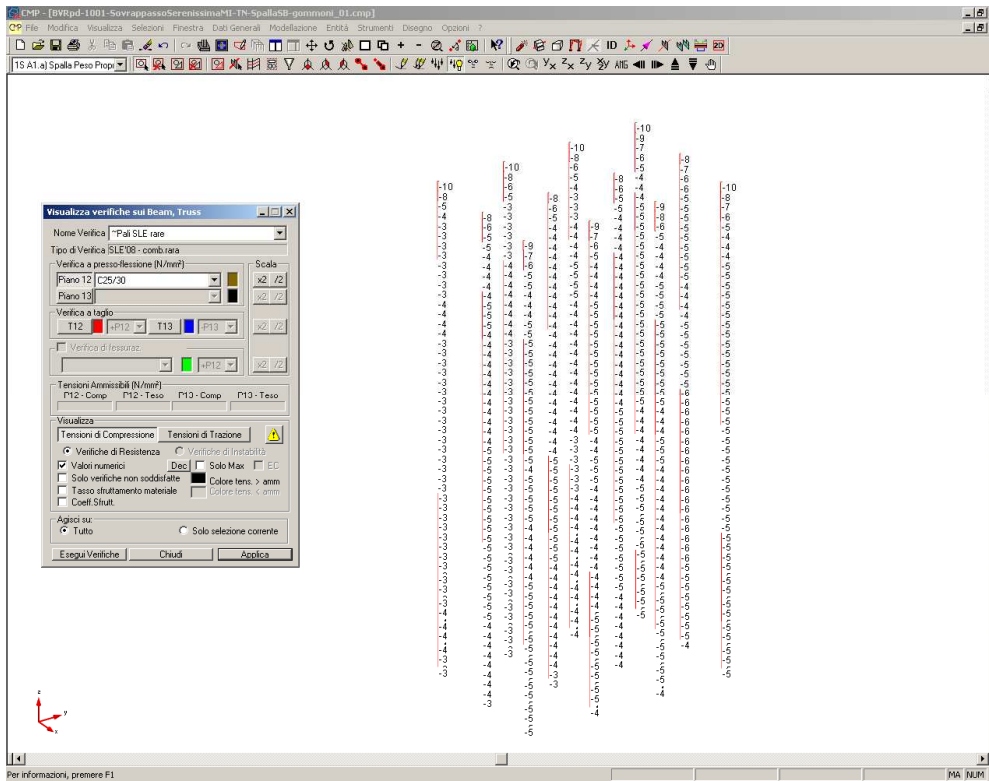
Verifiche a tenso-presso flessione deviata:

| Mat | Ver | Dist (m) | N (KN)   | M12 (KNm) | M13 (KNm) | ArmNM    | $\sigma_{max}$ (N/mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_{min}$ (N/mm <sup>2</sup> ) |
|-----|-----|----------|----------|-----------|-----------|----------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 26  | 21  | 0.00     | -5016.20 | -1450.50  | -153.88   | 1 (2,-2) | 42.46                               | -142.49                             |



Massima tensione a trazione dell'acciaio.





Massima compressione nel calcestruzzo.

### 8.7.3.5 Verifiche a taglio (sisma)

Si riportano di seguito i calcoli di verifica allo stato limite ultimo per sollecitazioni taglianti:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

Come da Par 7.9.5.2.2 del D.M. 14/01/2008 i valori di resistenza degli elementi vengono divisi per il fattore di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile, assumendolo prudenzialmente pari ad 1.25.

|                             |   |         |    |   |
|-----------------------------|---|---------|----|---|
| $V_{rd}$                    | = | 1007.35 | kN | Resistenza a taglio di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio |
| $V_{ed}$                    | = | 736.00  | kN | Valore di calcolo dello sforzo di taglio agente                                   |
| $V_{rsd}$                   | = | 1007.35 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio trazione"   |
| $V_{rcd}$                   | = | 1723.03 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio compressione"                                     |
| $N_{ed}$                    | = | 0.00    | kN | Valore di calcolo dello sforzo normale  |
| sezione verificata a taglio |   |         |    |   |

|          |   |        |    |   |
|----------|---|--------|----|---|
| $\theta$ | = | 21.80  | °  | Inclinazione puntoni di cls rispetto all'asse della trave |
| $b_w$    | = | 108.00 | cm | Larghezza utile della sezione                             |
| $d$      | = | 91.09  | cm | Altezza utile della sezione                               |

|                      |   |     |                   |   |
|----------------------|---|-----|-------------------|---|
| $\phi_{\text{staf}}$ | = | 10  | mm                | Diametro staffe   |
|                      |   | 2   | n°                | n°braccia staffe  |
| $A_{\text{sw}}$      | = | 157 | mm <sup>2</sup>   | Area armatura trasversale   |
| s                    | = | 10  | cm                | Interasse tra due armature trasversali consecutive                            |
| $\alpha$             | = | 90  | °                 | angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave |
| $f_{\text{yk}}$      | = | 450 | N/mm <sup>2</sup> | Resistenza a trazione caratteristica dell'acciaio delle staffe                |

## 9 RELAZIONE GEOTECNICA – PORTANZA PALI

I dimensionamenti sono stati affrontati utilizzando i dati della relazione geotecnica del progetto preliminare, in attesa di ulteriori indagini che dovranno essere eseguite in questa fase.

Si omettono quindi le verifiche di portanza in attesa dei dati sopra citati, riportando le sollecitazioni sui pali.

I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2); risultano i seguenti tipi di verifiche:

1. Verifiche agli Stati Limite Ultimi (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1).
2. Verifiche delle Azioni Sismiche (Approccio 1, combinazione 2 – A2M1).

Si sono assunti i seguenti parametri del terreno:  
da quota 0.00m a quota -30.00m scisto alterato

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| Peso di volume $\gamma_t$ | 20 kN/m <sup>3</sup> |
| Angolo di attrito $\Phi$  | 35                   |
| Coesione c                | 0 N/mm <sup>2</sup>  |
| qs,lim                    | 160 kPa              |
| qb,lim                    | 6000 kPa             |

### 9.1 VERIFICA DI PORTANZA DEI PALI DELLE PILE

Di seguito si riportano le sollecitazioni più significative per le Combinazioni di carico risultate più critiche.

Si prevede una lunghezza dei pali di fondazione  $\phi 1200$ , pari a:

$$L = 25.00\text{m}$$

Le sollecitazioni massime sono:

| Combinazione di carico | Qmax (kN) | Qmin (kN) |
|------------------------|-----------|-----------|
| S1                     | 3625.92   | 545.78    |

Tali valori risultano inferiori alla portanza riportata di seguito.

### 9.2 VERIFICA DI PORTANZA DEI PALI DELLE SPALLE

Si riportano di seguito i massimi valori degli sforzi assiali sui pali della spalla per le combinazioni di carico più significative.

$$N_{\text{sis, max}} = 5294 \text{ kN}$$

$$N_{\text{sis, min}} = -281 \text{ (trazione) KN}$$

Per essere garantita la portanza, la lunghezza dei pali dovrà essere  $L=25.0\text{m}$ .

### 9.3 INDIVIDUAZIONE PORTANZA PALI

Si esegue la verifica di portanza relative dei pali per la combinazione sismica, che risulta essere la più gravosa. La tabella di verifica è riportata di seguito e fa riferimento alla caratterizzazione del terreno riportata nella “Relazione geologica, idrogeologica e geotecnica” e nel “Profilo geotecnico longitudinale”.

Il carico limite di progetto viene determinato come:

$$Rcd = Rbd + Rsd - Wp$$

in cui:

Rbd = Rbk /  $\gamma_b$ : Resistenza alla punta di progetto  
 Rsd = Rsk /  $\gamma_s$ : Resistenza laterale di progetto  
 RsdT = Rsk /  $\gamma_{st}$ : Resistenza laterale di trazione di progetto  
 Rbk = Rbm /  $\zeta$ : Resistenza alla punta caratteristica  
 Rsk = Rsm /  $\zeta$ : Resistenza laterale caratteristica  
 Rbm = Qb: Resistenza media alla punta  
 Rsm = Qs: Resistenza media laterale  
 Wp: peso proprio del palo alleggerito

#### PORTANZA UNITARIA ALLA PUNTA

Terreni granulari (c = 0,  $\phi < 0$ )

In accordo alla teoria di Berenzantsev<sup>7)</sup>:

$$q_b = Nq^* \times \alpha^v \quad \text{con:} \quad Nq^*: \text{coefficiente di capacit  portante corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche (ced. = 0,06 - 0,10 D)}$$

Nq\*   dato dal grafico a destra riportato:



In ogni caso viene assunto per qb il valore limite di qb,lim.

Terreni coesivi (c < 0)

Il calcolo viene svolto in termini di tensori totali

La resistenza alla punta viene espressa come:

$$q_b = \alpha v + 9 c_u$$

#### RESISTENZA LATERALE UNITARIA

Terreni granulari (c = 0,  $\phi < 0$ )

$$q_s = K \tan \delta \sigma^v \quad \text{con:} \quad K \text{ assunto pari a } 1 - \sin \phi$$

$$\tan \delta = \tan \phi$$

In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,lim.

Terreni coesivi (c < 0)

$$q_s = \alpha c_u \quad \text{con:} \quad \alpha \text{ variabile in funzione di } c_u \text{ secondo la seguente tabella (AGI - 1984)}$$

| cu (kPa)   | $\alpha$ |
|------------|----------|
| <= 25      | 0.9      |
| da 25 a 50 | 0.8      |
| da 50 a 75 | 0.6      |
| >75        | 0.4      |

In ogni caso non viene superato il valore limite di ql,lim.

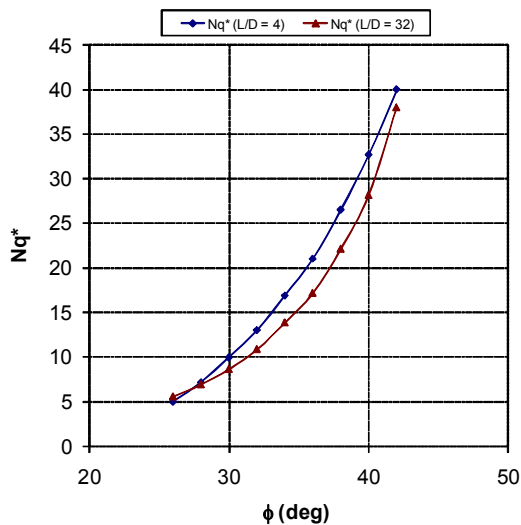
#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

|  | unit              |       |
|--|-------------------|-------|
| Diametro palo                              | m                 | 1.20  |
| Superficie resistente alla punta           | m <sup>2</sup>    | 1.13  |
| Superficie laterale per lunghezza unitaria | m <sup>2</sup>    | 3.77  |
| peso specifico del palo                    | kN/m <sup>3</sup> | 25.00 |

#### STRATIGRAFIA DI PROGETTO (DA Q.T.P.)

| n. | DESCRIZIONE    | DA   | A      |
|----|----------------|------|--------|
| 1  | Rilevato       | 0.0  | -2.0   |
| 2  | CC - Substrato | -2.0 | in gi  |
| 3  |                |      |        |
| 4  |                |      |        |

Coefficiente Nq\* corrispondente all'insorgere delle prime deformazioni plastiche alla punta



| FALDA                         | unit    |
|-------------------------------|---------|
| Quota livello falda da q.t.p. | m 20.00 |

| SOVRACCARICO A Q.T.P.           |                        |
|---------------------------------|------------------------|
| Tensione totale in testa palo   | kN/m <sup>2</sup> 20.0 |
| Tensione efficace in testa palo | 20.0                   |

| COEFFICIENTI DI SICUREZZA  |      |
|----------------------------|------|
| coefficiente $\gamma_b$    | 1.45 |
| coefficiente $\gamma_s$    | 1.45 |
| coefficiente $\gamma_{st}$ | 1.60 |
| coefficiente $\zeta$       | 1.50 |

Diagramma del carico limite del palo in funzione della lunghezza

