

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO

POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA

"PASSANTE DI BOLOGNA"

PROGETTO DEFINITIVO

S2 - SVINCOLO - A14 - BOLOGNA FIERA

LAVORI STRADALI

101T - CAVALCAVIA DI SVINCOLO PK 15+777 - ADEGUAMENTO STRUTTURALE

RELAZIONE DI CALCOLO

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Umberto Mele
Ord. Ingg. Milano n.18641
RESPONSABILE STRUTTURE

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Raffaele Rinaldesi
Ord. Ingg. Macerata N. A1068


IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Andrea Tanzi
Ord. Ingg. Parma N. 1154

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

| RIFERIMENTO PROGETTO | | | RIFERIMENTO DIRETTORIO | | | | RIFERIMENTO ELABORATO | | | | ORDINATORE |
|----------------------|-------------------------------|------|------------------------|-----------|-------|---------------|-----------------------|------------|-------------|------|------------|
| Codice Commessa | Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto | Fase | Capitolo | Paragrafo | W B S | Parte d'opera | Tip. | Disciplina | Progressivo | Rev. | -- |
| 111465 | 0000 | PD | S2 | LV2 | CV01T | 00000 | R | S T R | 1239 | 0 | SCALA - |

| | | | | | | | | |
|---|---|-------------|-------------------------|--|--|---|-----------|----------------|
|  <small>gruppo Atlantia</small> | PROJECT MANAGER: | | SUPPORTO SPECIALISTICO: | | | | REVISIONE | |
| | Ing. Raffaele Rinaldesi Ord. Ingg. Macerata N. A1068 | | | | | | n. | data |
| | | | | | | | 0 | SETTEMBRE 2020 |
| | | | | | | | 1 | - |
| | | | | | | | 2 | - |
| REDATTO: | | VERIFICATO: | | | | 3 | - | |
| | | | | | | 4 | - | |

VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Fabio Visintin

VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

Sommario

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUZIONE | 4 |
| 1.1 | CARATTERISTICHE GENERALI DELL’OPERA | 6 |
| 1.2 | INTERVENTI DI ADEGUAMENTO | 9 |
| 1.3 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 12 |
| 1.4 | CLASSI DI ESPOSIZIONE | 13 |
| 1.5 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI | 14 |
| 1.5.1 | Strutture di nuova realizzazione | 14 |
| 1.5.2 | Strutture esistenti | 16 |
| 1.5.3 | Caratteristiche del terreno | 18 |
| 1.6 | CARATTERIZZAZIONE SISMICA | 19 |
| 1.7 | SOFTWARE DI CALCOLO | 21 |
| 1.7.1 | Elementi finiti | 21 |
| 1.7.2 | Verifiche sezionali | 21 |
| 1.7.3 | Elaborazione dati | 21 |
| 1.7.4 | Validazione dei programmi di calcolo | 21 |
| 1.8 | CONVENZIONI GENERALI | 22 |
| 2 | IMPOSTAZIONE GENERALE DELLE ANALISI STRUTTURALI | 23 |
| 2.1 | MODELLAZIONE STRUTTURALE | 23 |
| 2.2 | FASI DI ANALISI | 24 |
| 2.2.1 | Fase 1 | 24 |
| 2.2.2 | Fase 2 | 24 |
| 2.2.3 | Fase 3 | 24 |
| 2.2.4 | Procedura di verifica | 25 |
| 2.3 | ANALISI DELLE CONDIZIONI STATICHE | 25 |
| 2.4 | ANALISI DELLE CONDIZIONI SISMICHE | 25 |
| 2.5 | APPLICAZIONE DEI TIRANTI PASSIVI | 26 |
| 3 | ANALISI DEI CARICHI | 28 |
| 3.1 | PREMESSA | 28 |
| 3.2 | CARICHI AGENTI SULL’IMPALCATO E SULLA PILA | 28 |
| 3.2.1 | Carichi agenti sull’impalcato in fase 1 | 28 |
| 3.2.2 | Carichi agenti sull’impalcato in fase 2 | 28 |
| 3.2.3 | Carichi agenti sull’impalcato in fase 3 | 29 |
| 3.3 | CARICHI AGENTI SULLE SPALLE | 41 |
| 3.3.1 | Carichi permanenti strutturali | 41 |
| 3.3.2 | Carichi permanenti non strutturali | 41 |
| 3.3.3 | Spinta del terreno | 41 |
| 3.3.4 | Sovraccarico accidentale | 41 |
| 3.3.5 | Reazione del tirante | 42 |
| 3.4 | COMBINAZIONI DELLE AZIONI | 42 |
| 3.5 | COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA E COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE | 43 |
| 4 | VERIFICHE STRUTTURALI | 45 |
| 4.1 | TRAVI | 45 |
| 4.1.1 | Sezioni resistenti | 45 |
| 4.1.2 | Sollecitazioni | 46 |
| 4.1.3 | Pressolfessione SLU | 47 |
| 4.1.4 | Taglio | 48 |
| 4.2 | TRAVERSI | 49 |
| 4.2.1 | Sezione resistente | 49 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.2.2 | <i>Sollecitazioni</i> | 51 |
| 4.2.3 | <i>Pressoflessione SLU</i> | 52 |
| 4.2.4 | <i>Taglio SLU</i> | 56 |
| 4.3 | VINCOLI | 58 |
| 4.3.1 | <i>Isolatori</i> | 58 |
| 4.3.2 | <i>Appoggi su pila</i> | 58 |
| 4.3.3 | <i>Giunto su pila</i> | 58 |
| 4.4 | PILE | 59 |
| 4.4.1 | <i>Pulvino</i> | 59 |
| 4.4.2 | <i>Fusto pile</i> | 64 |
| 4.4.3 | <i>Plinto pile</i> | 68 |
| 4.5 | SPALLE | 71 |
| 4.5.1 | <i>Paraghiaia</i> | 71 |
| 4.5.2 | <i>Paramento</i> | 75 |
| 4.5.3 | <i>Plinto spalle</i> | 80 |
| 5 | VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEL CALCOLO | 83 |

Indice delle Tabelle e delle Figure

| | |
|--|----|
| FIGURA 1-1 – LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL’OPERA (1)..... | 4 |
| FIGURA 1-2 – LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL’OPERA (2)..... | 4 |
| FIGURA 1-3 – LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL’OPERA (3) – VISTA CARREGGIATA DIREZIONE SUD | 5 |
| FIGURA 1-4 – LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DELL’OPERA (4) – VISTA CARREGGIATA DIREZIONE NORD | 5 |
| FIGURA 1-5 – PIANTA FONDAZIONI | 6 |
| FIGURA 1-6 – PIANTA SOTTOSTRUTTURE..... | 6 |
| FIGURA 1-7 – SEZIONE LONGITUDINALE CAVALCAVIA..... | 7 |
| FIGURA 1-8 – PROSPETTO PILA | 7 |
| FIGURA 1-9 – PROSPETTO SPALLA..... | 8 |
| FIGURA 1-10 – SEZIONE TRASVERSALE IMPALCATO | 8 |
| FIGURA 1-11 – PROFILO LONGITUDINALE TRAVI | 8 |
| FIGURA 1-12. CLASSI DI ESPOSIZIONE IN RELAZIONE ALLE CONDIZIONI AMBIENTALI, IN CONFORMITÀ ALLA EN 206-1 | 13 |
| FIGURA 1-13 – CARATTERISTICHE ISOLATORI SPALLA | 15 |
| FIGURA 1-14 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE E VERTICALE PER SLC, SLV, SLD E SLO | 20 |
| FIGURA 2-1 – MODELLO F.E.M. - VISUALIZZAZIONE UNIFILARE..... | 23 |
| FIGURA 2-2 – MODELLO F.E.M. - VISUALIZZAZIONE ESTRUSA..... | 24 |
| FIGURA 2-3 – ESEMPIO DI CURVE CARATTERISTICHE TIRANTI PASSIVI..... | 27 |
| FIGURA 3-1 – SCHEMA DI CARICO 1 (FIG.5.1.2 DELLE NTC2018) | 34 |
| FIGURA 3-2 – INTENSITÀ DEI CARICHI QIK E QIK PER LE DIVERSE CORSIE (FIG.5.1.2 DELLE NTC2018) | 34 |
| FIGURA 3-3 – DISPOSIZIONE CARICO TANDEM PER MASSIMO MOMENTO FLETTENTE E AZIONE DI TAGLIO SU IMPALCATO ESISTENTE..... | 35 |
| FIGURA 3-4 – VALORI CARATTERISTICI DELLE AZIONI DOVUTE AL TRAFFICO (TAB.5.1.IV DELLE NTC2018)..... | 36 |
| TABELLA 3-1 - FORZE STATICHE EQUIVALENTI AGLI URTI DI VEICOLI | 37 |
| TABELLA 3-2 – CONTROLLO MASSE SISMICHE PARTECIPANTI | 39 |
| TABELLA 3-3 – OUTPUT ANALISI MODALE | 39 |
| FIGURA 3-5 – DEFORMATA MODO 1 - PRINCIPALE PER DIREZIONE ORIZZONTALE TRASVERSALE | 40 |
| FIGURA 3-6 – DEFORMATA MODO 2 - PRINCIPALE PER DIREZIONE ORIZZONTALE LONGITUDINALE..... | 40 |
| FIGURA 3-7 – DEFORMATA MODO 4 - PRINCIPALE PER DIREZIONE VERTICALE | 40 |
| FIGURA 3-8 – COEFFICIENTI PARZIALI PER LE AZIONI O PER L’EFFETTO DELLE AZIONI NELLE VERIFICHE SLU (TAB.2.6.I DELLE NTC2018)..... | 43 |
| FIGURA 3-9 – COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA PER LE COMBINAZIONI DI CARICO AGLI SLU (TAB.5.1.V DELLE NTC2018)..... | 43 |
| FIGURA 3-10 – VALORI DEI COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE (TAB.2.5.I DELLE NTC2018)..... | 44 |
| FIGURA 3-11 – COEFFICIENTI ψ PER LE AZIONI VARIABILI PER PONTI STRADALI E PEDONALI (TAB.5.1.VI DELLE NTC2018) | 44 |
| FIGURA 4-1 – INTERVENTO DI ADEGUAMENTO | 46 |

1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato riporta le analisi svolte e i risultati ottenuti relativamente ai calcoli statici per l'adeguamento sismico del cavalcavia di svincolo Fiera ex “via Michelino”, nell'ambito dei lavori di ampliamento del sistema autostradale e tangenziale di Bologna, nel tratto Borgo Panigale – Caselle.

L'opera è denominata 101T e ubicata alla progressiva 15+770.

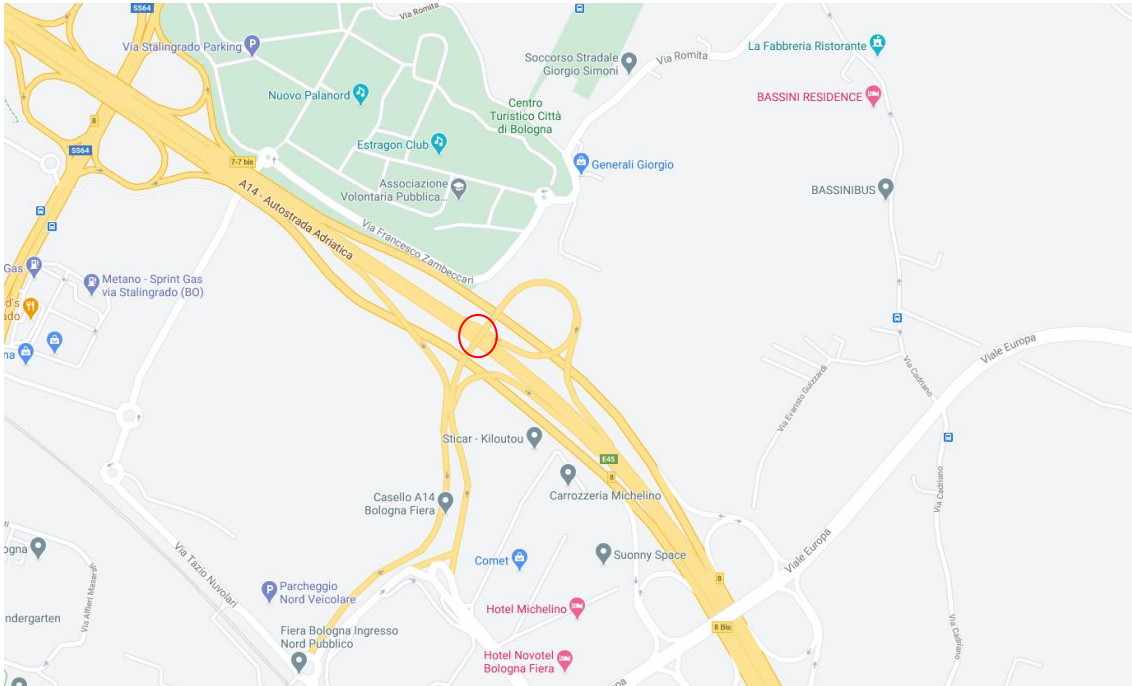


Figura 1-1 – Localizzazione geografica dell'opera (1)



Figura 1-2 – Localizzazione geografica dell'opera (2)



Figura 1-3 – Localizzazione geografica dell'opera (3) – Vista Carreggiata direzione Sud



Figura 1-4 – Localizzazione geografica dell'opera (4) – Vista Carreggiata direzione Nord

1.1 CARATTERISTICHE GENERALI DELL’OPERA

La struttura del ponte è costituita da un impalcato a travi in c.a.p. a due luci, avente luce di calcolo totale pari a 2 x 27.10 m.

L’impalcato è realizzato con 6 travi in c.a.p. con sezione ad “I” di altezza pari a 1.15 m e larghezza pari a 0.80 m poste ad interasse pari a 2.60 m).

Lo schema statico vede le travi semplicemente appoggiate sulle spalle e sulla pila centrale e solidarizzate fra loro da 5 traversi in c.a. per campata di dimensioni 30x80 cm e una soletta collaborante in c.a. gettata in opera di spessore pari a 0.20 m.

L’impalcato presenta, nel complesso, una larghezza totale pari a circa 59.05 m.

La pila centrale è di tipo a 3 fusti cilindrici in c.a.o. di diametro pari a Ø1.20 m e altezza netta pari a 6.00 m. i fusti sono collegati in testa da un pulvino di dimensioni trasversali pari a 1.45x1.20 m e lunghezza pari a 14.40 m (smussato ai bordi). La fondazione della pila è un plinto in c.a. trapezio di dimensioni in pianta pari a 4.00x14.80 m fondato su pali Franki Ø420 mm di lunghezza variabile da circa 12.60 m a circa 15.00 m.

Le spalle sono in cemento armato con paramento nervato e altezza allo spiccatto della fondazione pari a circa 10.70 m (9.50 m non considerando il paraghiaia). Il plinto di fondazione ha spessore variabile pari a 0.70÷1.00 m; le fondazioni sono su pali Franki Ø420 mm di lunghezza variabile da circa 12.60 m a circa 14.60 m.

Nelle figure seguenti si riporta una rappresentazione del sottovia nella nuova configurazione allargata.

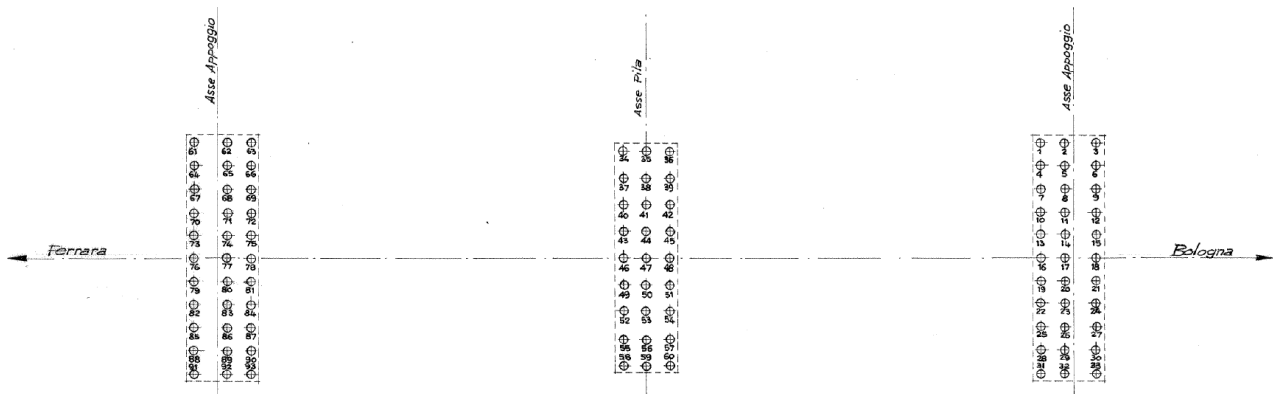


Figura 1-5 – Pianta fondazioni

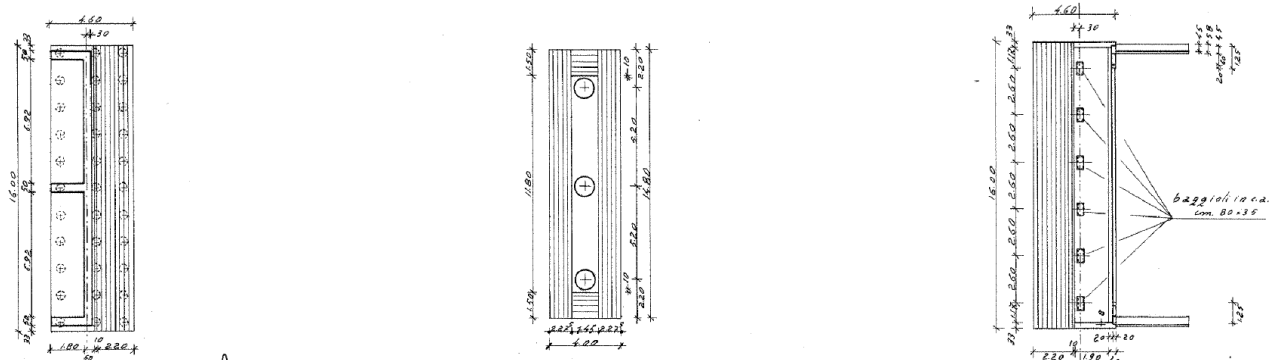


Figura 1-6 – Pianta sottostrutture

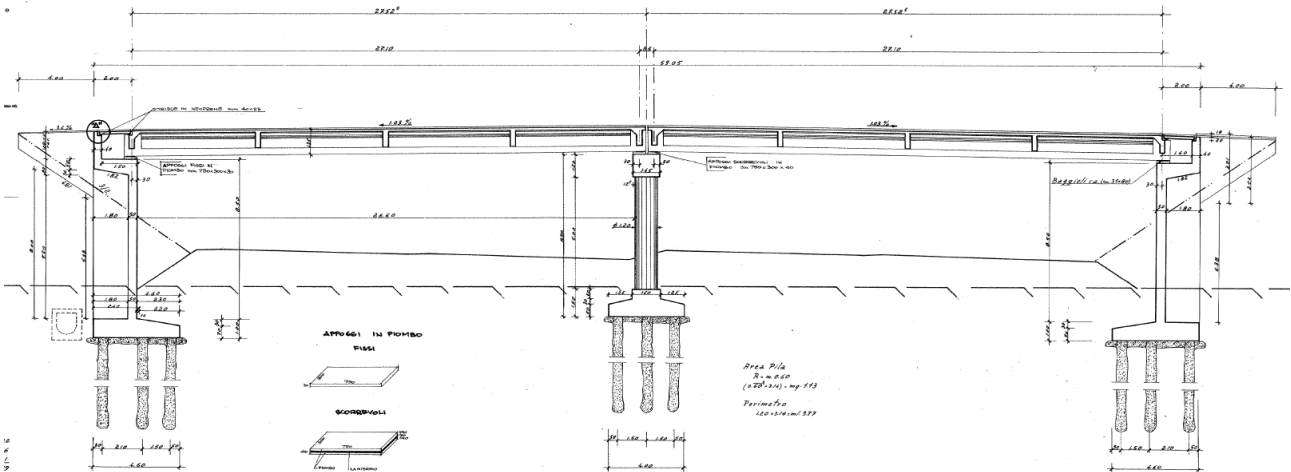


Figura 1-7 – Sezione longitudinale cavalcavia

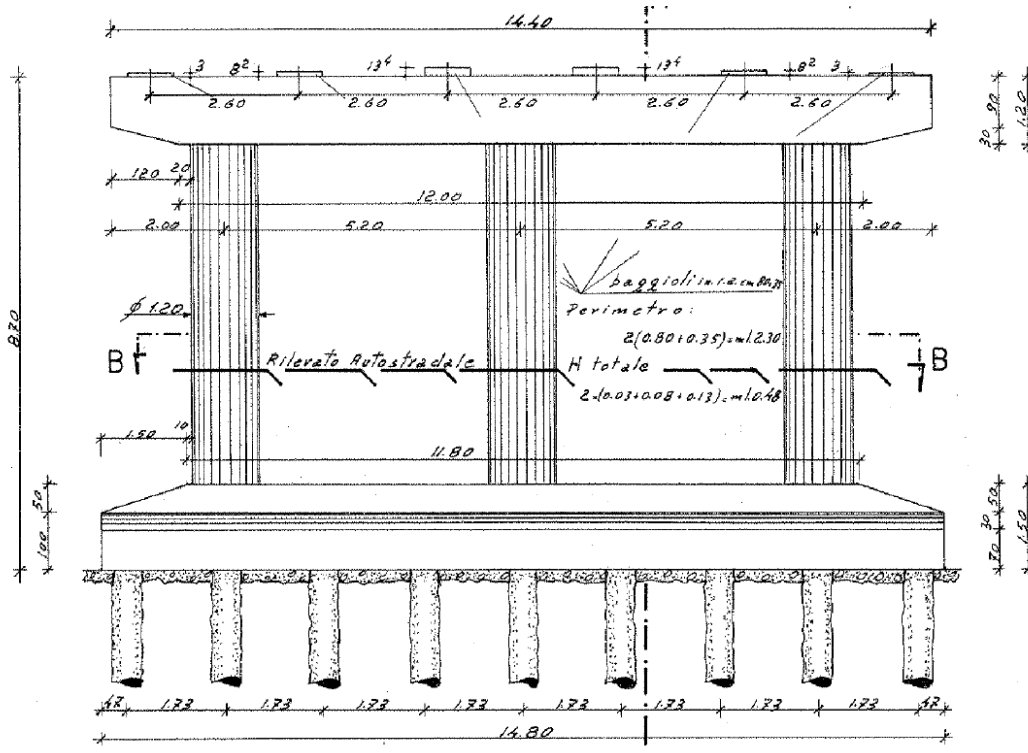


Figura 1-8 – Prospetto pila

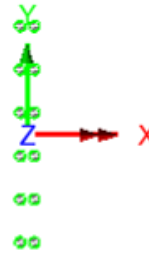
1.2 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

Il nuovo intervento di adeguamento prevede i seguenti interventi fondamentali:

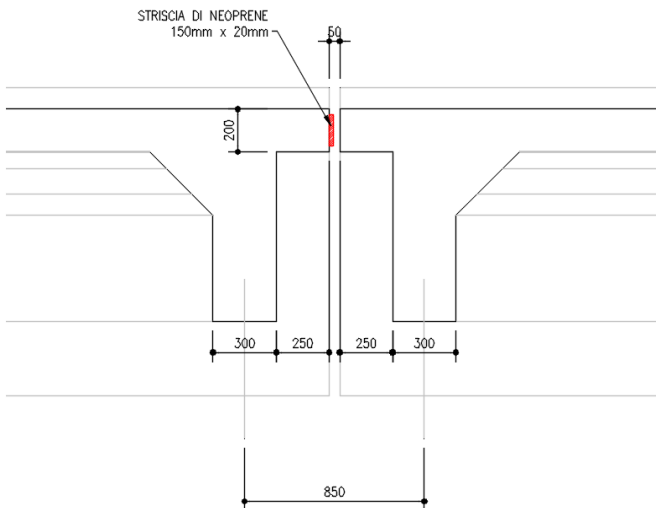
- sostituzione dispositivi di appoggio con isolatori elastomerici sulla spalla e appoggi multidirezionali sulla pila

Material Key
 Analysis: A_F 1

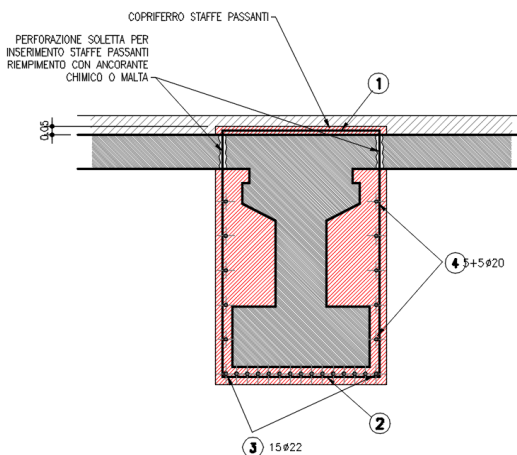
JNT_isol
 JNT_app



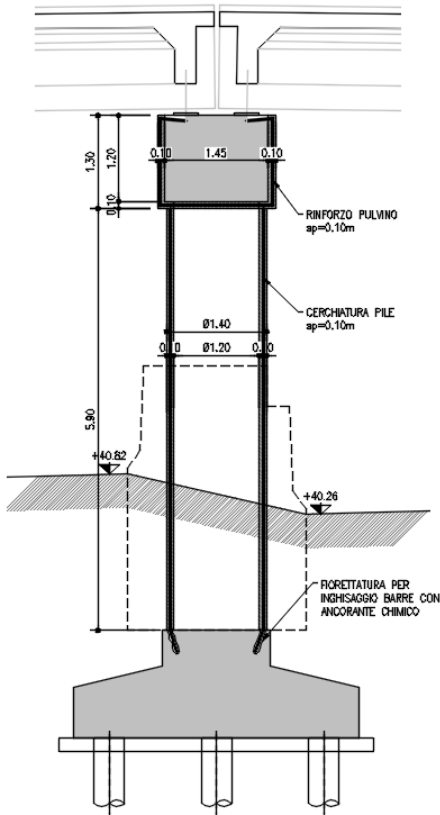
- inserimento spessoramento in giunto su pila



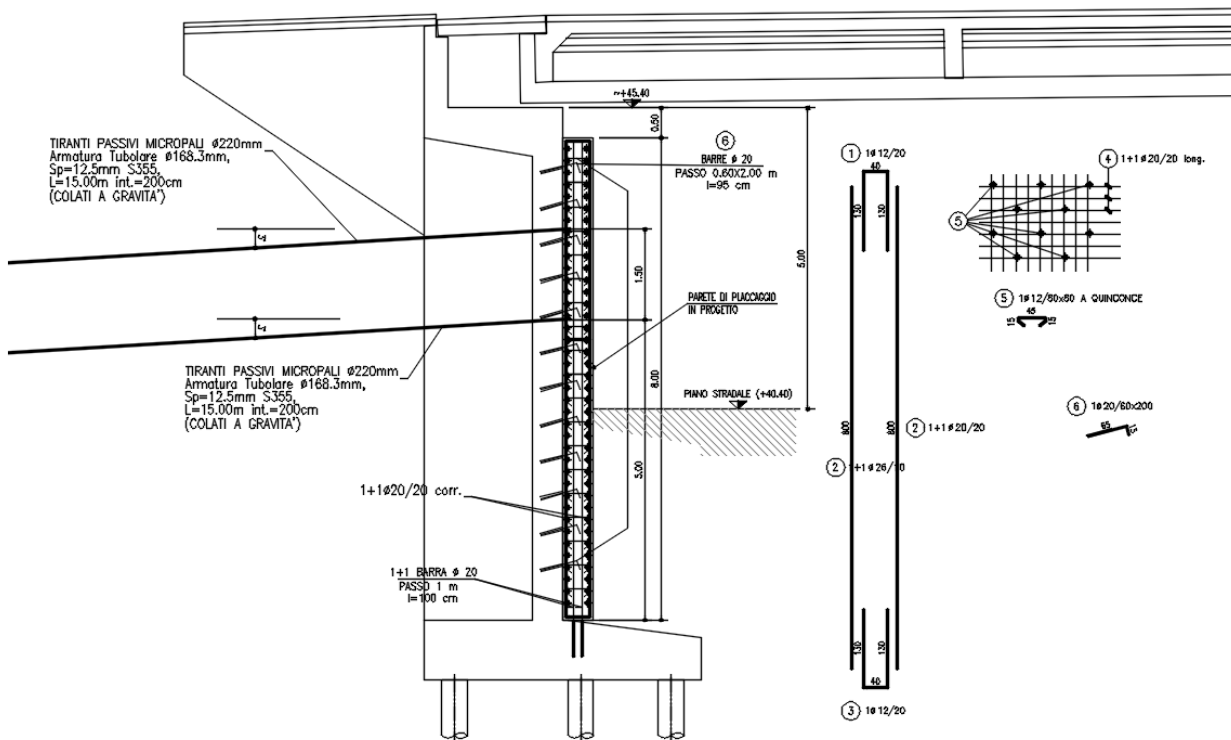
- ringrosso travi per disposizione armatura a taglio



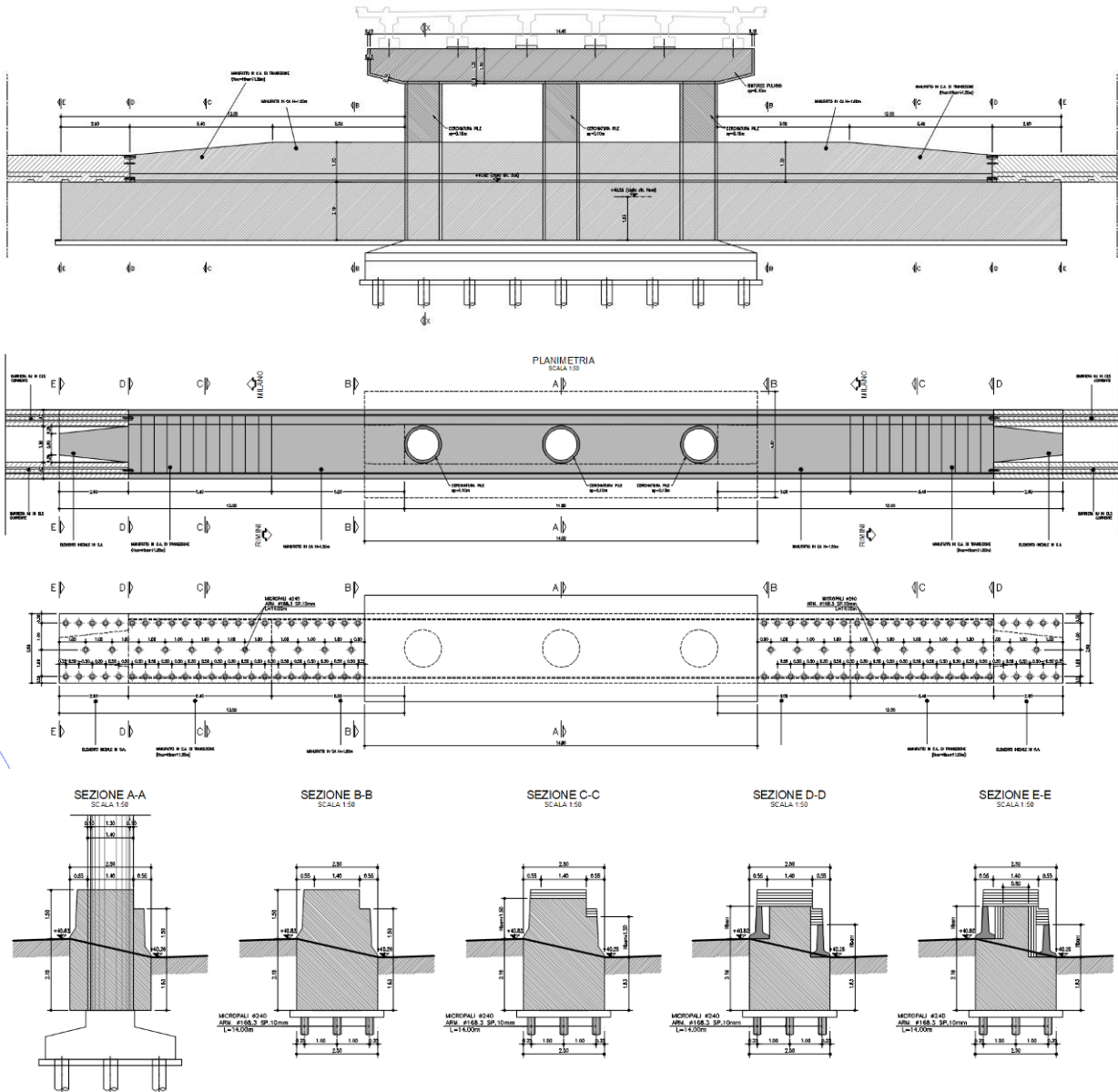
- cerchiatura dei fusti pile e ringrosso pulvino con inserimento di armatura aggiuntiva



- placcaggio e installazione di tiranti passivi sulle spalle



- protezione pila in spartitraffico



1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi e le verifiche sono eseguite secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite, in accordo alle disposizioni previste dalle vigenti Normative italiana ed europea (Eurocodici).

In particolare, si fa riferimento alle seguenti norme:

- [1] D.M. 17/01/2018: “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” – GU n°8 del 17/2/2018.
- [2] Circolare 21 gennaio 2019 n.7: “Istruzioni per l'applicazione dell' Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.
- [3] UNI EN 1990: Basi della progettazione strutturale.
- [4] UNI EN 1991-1-4: Azioni sulle strutture – Azione del vento.
- [5] UNI EN 1991-1-5: Azioni sulle strutture – Azioni termiche.
- [6] UNI EN 1991-1-6: Azioni sulle strutture – Azioni in generale – Azioni durante la costruzione.
- [7] UNI EN 1991-2: Azioni sulle strutture – Carichi da traffico sui ponti.
- [8] UNI EN 1992: Progettazione delle strutture di calcestruzzo.
- [9] UNI EN 1992-1-1: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici.
- [10] UNI EN 1992-2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Ponti di calcestruzzo.
- [11] UNI EN 1993: Progettazione delle strutture in acciaio.
- [12] UNI EN 1993-1-1: Progettazione delle strutture di acciaio – Regole generali e regole per gli edifici.
- [13] UNI EN 1993-2: Progettazione delle strutture di acciaio – Ponti di acciaio.
- [14] UNI EN 1993-1-5: Progettazione delle strutture di acciaio – Elementi strutturali a lastra.
- [15] UNI EN 1993-1-8: Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione dei collegamenti.
- [16] UNI EN 1993-1-9: Progettazione delle strutture di acciaio – Fatica.
- [17] UNI EN 1993-1-10: Progettazione delle strutture di acciaio – Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore.
- [18] UNI EN 1993-1-11: Progettazione delle strutture di acciaio – Progettazione di strutture con elementi tesi.
- [19] UNI EN 1994: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo.
- [20] UNI EN 1994-2: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo – Ponti.
- [21] UNI EN 1997: Progettazione geotecnica.
- [22] UNI EN 1998: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica.
- [23] UNI EN 1998-2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Ponti.
- [24] UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- [25] Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Linee guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti.

1.4 CLASSI DI ESPOSIZIONE

Ai fini dell'individuazione di dettaglio delle proprietà dei materiali, si farà riferimento alle seguenti classi di esposizione, il cui significato è esplicitato nella tabella di seguito riportata:

| | |
|--------------------------------------|-----|
| pali: | XC2 |
| fondazioni pile, spalle e muri: | XC2 |
| elevazioni pile, muri e spalle: | XF2 |
| pulvino: | XF4 |
| cordoli, baggioli e ritegni sismici: | XF4 |
| solette in c.a.: | XF4 |
| coppelle: | XF4 |

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno rispettare, oltre i requisiti di resistenza indicati al punto seguente, anche i criteri previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

prospetto 4.1 Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali, in conformità alla EN 206-1

| Denominazione della classe | Descrizione dell'ambiente | Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione |
|--|--|---|
| 1 Nessun rischio di corrosione o di attacco | | |
| X0 | Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici; tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici; molto asciutto. | Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa |
| 2 Corrosione indotta da carbonatazione | | |
| XC1 | Asciutto o permanentemente bagnato | Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua |
| XC2 | Bagnato, raramente asciutto | Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni |
| XC3 | Umidità moderata | Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia |
| XC4 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2 |
| 3 Corrosione indotta da cloruri | | |
| XD1 | Umidità moderata | Superfici di calcestruzzo esposte ad atmosfera salina |
| XD2 | Bagnato, raramente asciutto | Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri |
| XD3 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi |
| 4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare | | |
| XS1 | Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare | Strutture prossime oppure sulla costa |
| XS2 | Permanentemente sommerso | Parti di strutture marine |
| XS3 | Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree | Parti di strutture marine |
| 5 Attacco di cicli gelo/disgelo | | |
| XF1 | Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo | Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo |
| XF2 | Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo | Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e ad agenti antigelo |
| XF3 | Elevata saturazione d'acqua, senza antigelo | Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo |
| XF4 | Elevata saturazione d'acqua, con antigelo oppure acqua di mare | Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente ad agenti antigelo e al gelo Zone di strutture marine soggette a spruzzi ed esposte al gelo |
| 6 Attacco chimico | | |
| XA1 | Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1 | Suoli naturali e acqua del terreno |
| XA2 | Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1 | Suoli naturali e acqua del terreno |
| XA3 | Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1 | Suoli naturali e acqua del terreno |

Figura 1-12. Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali, in conformità alla EN 206-1

1.5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

1.5.1 Strutture di nuova realizzazione

1.5.1.1 Calcestruzzo

Secondo EN206 - CNR UNI 11104

ELEVAZIONI PILE

- Classe C32/40
- Classe di esposizione XF2

ELEVAZIONI MURI

- Classe C28/35
- Classe di esposizione XF2

ELEVAZIONI SPALLE

- Classe C32/40
- Classe di esposizione XF2

CORDOLI, BAGGIOLI E RITEGNI SISMICI

- Classe C35/45
- Classe di esposizione XF4

SOLETTE IN C.A.

Calcestruzzo a ritiro compensato con espansivo a base di ossido di calcio con ritiro < 100 micron/m a 28gg.
 (Valutazione con la prova secondo UNI 8148)

- Classe C35/45
- Classe di esposizione XF4

- COPRIFERRO NOMINALE* per pali trivellati ($\phi_{palo} > 600\text{mm}$) C_{nom.}=60.0 mm
 - COPRIFERRO NOMINALE* per solette C_{nom.}=35.0mm
 - COPRIFERRO NOMINALE* per elevazioni C_{nom.}=35.0mm
 - COPRIFERRO NOMINALE* per fondazioni C_{nom.}=40.0mm
- * EN 1992-1-1 par. 4.4.1 (2)P

1.5.1.2 Acciaio per c.a.

Secondo NTC 2008 (DM 14/01/2008)

Tipo B450C

- fyk > 450MPa
- ftk > 540MPa

1.5.1.3 Carpenteria metallica

Acciaio in profili a sezione aperta laminati a caldo saldati:

- Tipo EN 10025-2 S355 J2+N (per spessori nominali t > 40 mm)
- Tipo EN 10025-2 S355 K2+N (per spessori nominali t > 40 mm)

1.5.1.4 Micropali - Ancoraggi passivi

CARPENTERIA METALLICA:

Acciaio in profili a sezione aperta laminati a caldo saldati:

- Tipo EN 10025-2 S355 J2+N (per spessori nominali $t > 40$ mm)
- Tipo EN 10025-2 S355 K2+N (per spessori nominali $t > 40$ mm)

Acciaio in profili a sezione aperta laminati a caldo non saldati:

- Tipo EN 10025-2 S355 JO+N

Acciaio in profili a sezione cava:

- Tipo EN 10210-1 S355 JOH+N

MISCELA / MALTA CEMENTIZIA DI INIEZIONE:

Secondo NTA - soggetto ad approvazione della Direzione Lavori Classe di resistenza minima C25/30

Classe di esposizione XC2 Eventuali additivi secondo NTA

1.5.1.5 Isolatori

Si sostituiscono i dispositivi divincolo esistenti con:

- degli appoggi multidirezionali sulle pile
- degli isolatori di caratteristiche riportate di seguito.

| HDRB / H - 16% smorzamento, spostamento orizzontale = 150 mm | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-----------|---------|---------|---------------|----------|------|------|
| isolatore | D_g | T_q | H_{tot} | K_b | K_v | $N_{ed, max}$ | F_{zd} | L | W |
| E-Safe | (mm) | (mm) | (mm) | (kN/mm) | (kN/mm) | (kN) | (kN) | (mm) | (kG) |
| HDRB / H $\Phi 300 \times 189$ | 300 | 70 | 189 | 1.40 | 601 | 1028 | 2455 | 350 | 84 |

Figura 1-13 – Caratteristiche isolatori spalla

1.5.2 Strutture esistenti

In attesa dei risultati delle indagini 2020, si impiegano i seguenti materiali di calcolo equivalenti delle strutture.

FC 1.20 -

1.5.2.1 Impalcato

Valido per travi, traversi e soletta.

1.5.2.1.1 Calcestruzzo

*Calcestruzzo dosato a 400 Kg di cemento tipo 730
 Sollecitazione di rottura a 28 gg. \approx 47.5 Kg/cm²*

FC_ponti (cautelativamente) 1.20 -

Rck = 47.5 N/mm² / 1.20 = 39.58 N/mm²

Cls impiegato C32/40

1.5.2.1.2 Acciaio lento

Ferro semiduro Aq 50

Aq 50 f_{yk} N/mm²
 f_{tk} N/mm²

FC_ponti (cautelativamente) 1.20 -

fyk = 270 N/mm² / 1.20 = 225 N/mm²

Acciaio impiegato Aq42

Aq 42 f_{yk} N/mm²
 f_{tk} N/mm²

1.5.2.1.3 Acciaio armonico

Ipotesi:

acciaio armonico per trefoli $f_{ptk} \geq 1860$ N/mm²
 per cavi $f_{ptk} \geq 1700$ N/mm²

fyd = 1 700 MPa / 1.15 = ~1 480 MPa

1.5.2.2 Pile e pulvino

1.5.2.2.1 Calcestruzzo

calcestruzzo dosato a 300 Kg di cemento tipo 730

Il cemento tipo R 730 corrisponde all'attuale 52,5 (CEM I) con Blaine corrispondenti ed i calcestruzzi con esso realizzati davano (se ben mescolati) valori anche superiori a quelli che si ottengono oggi:

2 q.li \cong 250 Kg/cm^q
 2,5 q.li \cong 300/325 Kg/cm^q
 3 q.li \cong 400 Kg/cm^q

FC_ponti (cautelativamente) 1.20 -
 Rck = 40 N/mm² / 1.20 = 33.33 N/mm²
 Cls impiegato C25/30

1.5.2.2.2 Acciaio

Acciaio semiduro Aq.50

Aq 50 f_{yk} N/mm²
 f_{tk} N/mm²

FC_ponti (cautelativamente) 1.20 -
 fyk = 270 N/mm² / 1.20 = 225 N/mm²
 Acciaio impiegato Aq42

Aq 42 f_{yk} N/mm²
 f_{tk} N/mm²

1.5.2.3 Spalle

1.5.2.3.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo spalle dosato a 300 Kg di cemento Tipo 730

Il cemento tipo R 730 corrisponde all'attuale 52,5 (CEM I) con Blaine corrispondenti ed i calcestruzzi con esso realizzati davano (se ben mescolati) valori anche superiori a quelli che si ottengono oggi:

2 q.li \cong 250 Kg/cm^q
 2,5 q.li \cong 300/325 Kg/cm^q
3 q.li \cong 400 Kg/cm^q

FC_ponti (cautelativamente) 1.20 -
 Rck = 40 N/mm² / 1.20 = 33.33 N/mm²
 Cls impiegato C25/30

1.5.2.3.2 Acciaio

Acciaio semiduro Aq 50

Aq 50 f_{yk} N/mm²
 f_{tk} N/mm²

FC_ponti (cautelativamente) 1.20 -
 fyk = 270 N/mm² / 1.20 = 225 N/mm²
 Acciaio impiegato Aq42

Aq 42 f_{yk} N/mm²
 f_{tk} N/mm²

1.5.3 Caratteristiche del terreno

Per il terreno di rilevato a tergo delle spalle, si considerano i seguenti parametri geotecnici:

angolo d'attrito: $\phi' = 35^\circ$
 coesione: $c' = 0$
 peso proprio: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$

Per le verifiche geotecniche si rimanda allo specifico elaborato.

1.6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Come richiesto dalla Normativa vigente, la zona dove ricade l'opera in esame è stata considerata sismica con grado di sismicità calcolato sulla base di una caratterizzazione sismica riferita ai Comuni interessati dagli interventi di ampliamento.

Sito in esame.

latitudine: 44,519951
 longitudine: 11,372867
 Classe: 4
 Vita nominale: 50

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 100anni
 Coefficiente cu: 2

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
 Tr: 60 anni
 ag: 0,070 g
 Fo: 2,483
 Tc*: 0,275 s

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
 Tr: 101 anni
 ag: 0,087 g
 Fo: 2,473
 Tc*: 0,285 s

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
 Tr: 949 anni
 ag: 0,212 g
 Fo: 2,440
 Tc*: 0,308 s

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
 Tr: 1950 anni
 ag: 0,270 g
 Fo: 2,437
 Tc*: 0,314 s

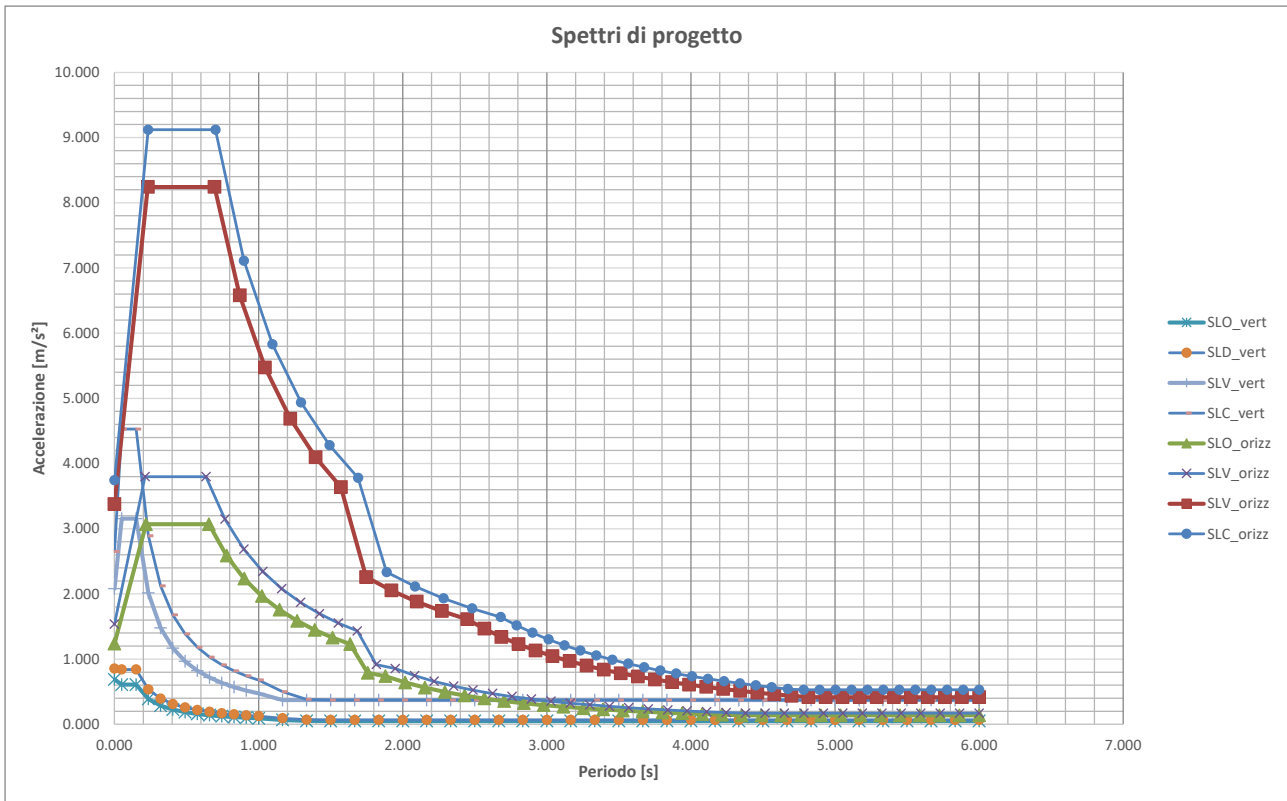


Figura 1-14 – Spettro di risposta elastico in accelerazione orizzontale e verticale per SLC, SLV, SLD e SLO

1.7 SOFTWARE DI CALCOLO

1.7.1 Elementi finiti

Per l'analisi strutturale dell'edificio si adotta il metodo degli elementi finiti; si utilizza, a tale fine, il pacchetto software denominato "**LUSAS** (vers. 15.2)", fornito da F.E.A. (U.K.) su piattaforma Windows 7. Il pacchetto software comprende pre-post processore grafico interattivo destinato all'input della geometria di base e all'interpretazione dei risultati di output, ed un risolutore ad elementi finiti.

1.7.2 Verifiche sezionali

Per le verifiche delle sezioni in cemento armato si ricorre a seconda del caso studiato ai seguenti programmi:

"**RC-SEC**" sviluppato da Geostru Software S.a.s., in grado di effettuare verifiche sia tensionali che a rottura.

"**VCASLU**" – ver. 7.7 del 30 Agosto 2011, sviluppato dal Prof. Piero Gelfi. Il programma 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 e permette inoltre di tracciare il domino M-N.

1.7.3 Elaborazione dati

Per l'elaborazione dei dati di input/output in generale e la creazione di tabelle riepilogative, si adottano procedure opportunamente implementate in fogli elettronici "**Microsoft® Office Excel 2019**".

1.7.4 Validazione dei programmi di calcolo

Ai sensi del punto 10.2 delle NTC 2008, si dichiara quanto segue, relativamente all'impiego di strumenti di calcolo automatizzati.

L'analisi strutturale e le verifiche sono state sviluppate con l'ausilio di codici di calcolo, cui criteri di impiego sono dettagliatamente descritti nei vari capitoli della presente relazione.

I codici di calcolo commerciali Lusas e PontiEC4 sono dotati di Verification Manual, ovvero della specifica raccolta di esempi rappresentativi, validati attraverso l'impiego di metodologie di verifica indipendente.

La correttezza dei risultati ottenuti per mezzo di altri strumenti di calcolo automatico viene di volta in volta valutata mediante metodologie alternative.

Per le specifiche verifiche si rimanda al Capitolo 5 - VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEL CALCOLO.

1.8 CONVENZIONI GENERALI

Unità di misura

Salvo ove diversamente specificato, le unità di misura sono quelle relative al Sistema Internazionale, ovvero:

Lunghezze: [m]

Forze: [kN]

Tensioni: [MPa]

Per quanto riguarda le convenzioni di segno, si considerano, in generale, positive le trazioni.

Per quanto riguarda le azioni interne, salvo diversamente specificato, si indicherà con:

Fx: azione assiale;

Fy azione tagliante agente nel piano della sezione trasversale;

Mz momento flettente agente nel piano della sezione trasversale.

Convenzioni specifiche verranno riportate nel prosieguo della presente relazione.

2 IMPOSTAZIONE GENERALE DELLE ANALISI STRUTTURALI

Nei capitoli successivi si riportano le analisi e le verifiche delle strutture originarie del cavalcavia con l'obiettivo dell'adeguamento sismico dello stesso.

Per quanto riguarda la sovrastruttura e le sottostrutture, l'analisi è condotta in riferimento agli stati limite ultimi. Si valuta se la capacità resistente delle sezioni dei principali elementi strutturali (travi longitudinali, trasversi, soletta, pila e spalle) è sufficiente nei confronti delle sollecitazioni derivanti dai carichi di Normativa.

Nello specifico delle sottostrutture, si specifica quanto segue.

- Spalle. L'analisi è di tipo “bidimensionale” e riguarda ciascuna delle sezioni trasversali “tipiche” della spalla: struttura originaria e struttura del primo ampliamento (qualora presente). Si valuta se la capacità resistente delle sezioni dei principali elementi strutturali (paramento e plinto di fondazione) è sufficiente nei confronti delle sollecitazioni derivanti dai carichi di Normativa.
- Pile. Le pile sono modellate unitamente all'impalcato. L'interazione terreno-struttura è modellata mediante un vincolo di incastro perfetto in corrispondenza dell'intradosso della fondazione delle pile. Si valuta se la capacità resistente delle sezioni dei principali elementi strutturali (pulvino, elevazione e plinto di fondazione) è sufficiente nei confronti delle sollecitazioni derivanti dai carichi di Normativa.

Le verifiche strutturali e geotecniche sulle opere fondazionali indirette e le verifiche geotecniche sulle opere fondazionali dirette sono contenute in uno specifico elaborato di calcolo.

Qualora le verifiche non risultano soddisfatte, è presentato il progetto strutturale o geotecnico dell'intervento da eseguire.

2.1 MODELLAZIONE STRUTTURALE

Per l'analisi strutturale si considera un modello agli elementi finiti costituito da un graticcio di travi formato da elementi beam lineari a due nodi e da una soletta modellata con elementi beam di connessione tra le travi.

I vincoli sono stati modellati come molle elastiche di caratteristiche opportune (v. isolatori § 1.5.1.5).

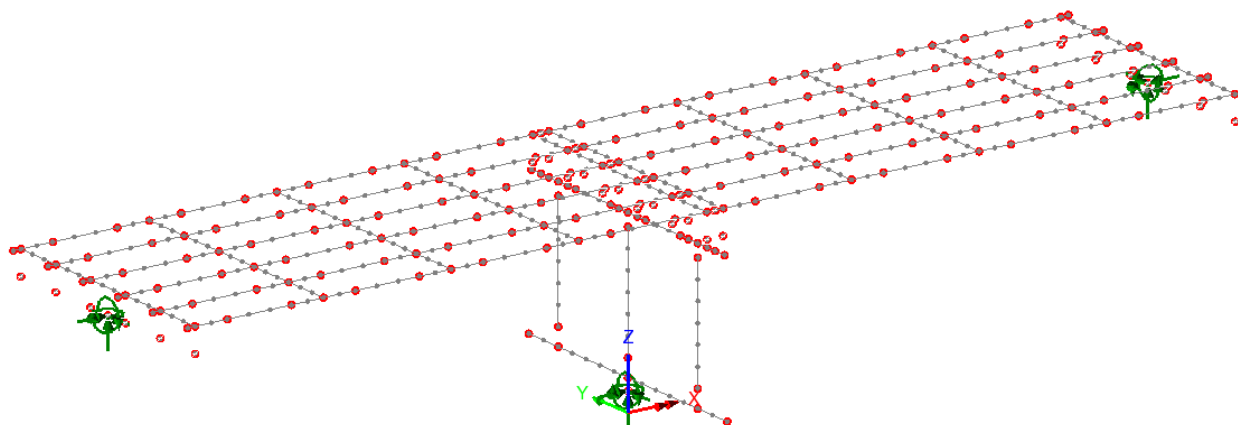


Figura 2-1 – Modello F.E.M. - Visualizzazione unifilare

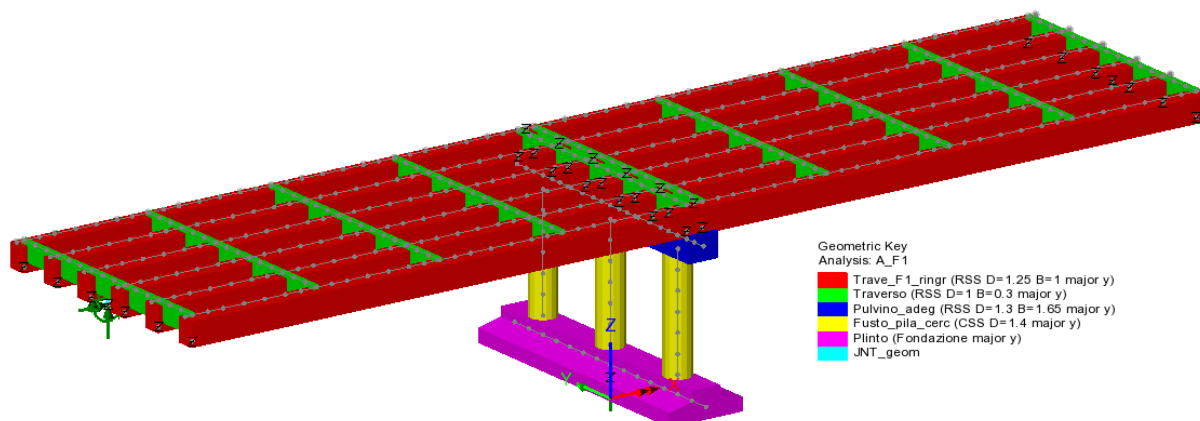


Figura 2-2 – Modello F.E.M. - Visualizzazione estrusa

2.2 FASI DI ANALISI

Sebbene la struttura esistente abbia esaurito tutti i fenomeni reologici dipendenti dal tempo, questa sarà analizzata secondo le fasi riportate di seguito.

2.2.1 Fase 1

I carichi considerati in questa fase di analisi sono:

- Peso proprio travi
- Peso proprio traversi
- Peso proprio soletta

In questa fase i traversi e la soletta in calcestruzzo sono un carico che grava sulle travi e non viene considerata come elemento resistente.

2.2.2 Fase 2

I carichi considerati in questa fase di analisi sono:

- Carico permanente degli arredi stradali (pavimentazione, cordoli, guard-rail, reti di protezione e, qualora presenti, barriere anti-foniche)

2.2.3 Fase 3

I carichi considerati in questa fase di analisi sono:

- Azione di frenatura
- Carichi variabili da traffico
- Vento (a ponte carico)
- Temperatura
- Sisma
- Urto da traffico veicolare

Come previsto al cap.7.2.2 delle NTC2018, si dovrà tener conto della componente verticale del sisma mediante un'analisi dinamica lineare (analisi modale).

2.2.4 Procedura di verifica

I criteri per la verifica della resistenza delle sezioni sono contenuti ai capp.4.2 e 4.3 delle NTC2018 e relativa Circolare Esplicativa.

Le verifiche presentate nei paragrafi seguenti fanno riferimento unicamente agli Stati Limite Ultimi..

2.3 ANALISI DELLE CONDIZIONI STATICHE

L'analisi in condizioni statiche delle spalle e delle pile è condotta con riferimento ai contributi di carico valutati in accordo a quanto specificato nella norma UNI EN 1990 e nel cap.3 delle NTC2018.

Per la scelta dei coefficienti da adottare in fase di combinazione dei carichi, si fa riferimento a quanto esposto nei capp.2 e 5 delle NTC2018, in funzione della tipologia di carico e del tipo di combinazione di volta in volta in esame.

In tutti i casi, ai fini delle verifiche, sono elaborati gli involuipi delle sollecitazioni volti a massimizzare/minimizzare le caratteristiche di sollecitazione di interesse, complete dei rispettivi valori concomitanti.

La spinta del terreno a tergo delle spalle è valutata in condizioni a riposo, qualora la struttura sia su fondazione profonda. Si considera, invece, la spinta attiva nel caso di spalla su fondazione diretta.

2.4 ANALISI DELLE CONDIZIONI SISMICHE

Per lo studio del comportamento dell'impalcato e della pila in fase sismica, si procede ad effettuare un'analisi dinamica lineare (analisi modale).

L'input sismico è definito in base a quanto richiesto dalla vigente Normativa italiana, così come di seguito riportato.

La definizione dello spettro è dettata dalla scelta di alcuni parametri che descrivono la tipologia dell'opera in esame (vita nominale V_N legata al tipo di costruzione e classe d'uso C_U) e di altri che individuano la probabilità di superamento P_{VR} di un determinato livello di intensità sismica in un assegnato periodo di tempo V_R , vita di riferimento. L'intensità sismica viene specificata in termini di periodo medio di ritorno T_R , definito a sua volta in funzione di P_{VR} e V_R .

In fase di verifica, si è fatto riferimento allo Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV).

L'azione sismica viene definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito della costruzione, specificata in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale. I parametri locali di sito necessari per la costruzione delle forme spettrali risultano i seguenti:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al suolo;
- 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.

L'amplificazione del moto sismico dipende, invece, dalla natura del terreno su cui poggia l'opera in esame.

Noti tutti i parametri sopra riportati, è possibile definire l'azione sismica in termini di spettro di risposta elastico in accelerazione.

Per il dimensionamento/verifica sia dell'elevazione che della fondazione delle pile, si è optato per rimanere in campo elastico tramite l'assunzione di un coefficiente di struttura unitario ($q = 1.0$).

L'analisi strutturale della spalla in condizioni sismiche è eseguita mediante un metodo pseudostatico, secondo quanto riportato al cap.7.11.6.2.1 delle NTC2018.

L'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \times a_{max} / g$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

dove a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, valutata con la relazione:

$$a_{max} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g$$

con S coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T).

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito β_m può assumere valore unitario.

Per le opere di sostegno su fondazione diretta, invece, si può assumere un coefficiente β_m minore di 1.00 e pari a (cap.7.11.6.2.1 delle NTC2018):

$$\beta_m = 0.38 \quad \text{nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV);}$$

$$\beta_m = 0.47 \quad \text{nelle verifiche allo stato limite di esercizio (SLD).}$$

Lo stato limite di ribaltamento deve essere trattato impiegando coefficienti parziali unitari sulle azioni e sui parametri geotecnici e utilizzando valori di β_m incrementati del 50% rispetto a quelli innanzi indicati.

La componente dinamica delle spinta del terreno a tergo della spalla è valutata in condizioni attive secondo la formulazione di Mononobe-Okabe.

2.5 APPLICAZIONE DEI TIRANTI PASSIVI

Il progetto prevede il rinforzo delle spalle della struttura originaria ponendo in opera micropali ad andamento sub-orizzontale, vincolati al paramento di spalla, con funzione di tiranti passivi.

L'analisi delle spalle esistenti viene condotta valutando il tiro agente sui tiranti passivi, nelle varie combinazioni di carico, applicando un metodo del tipo “a curve caratteristiche”, tenendo conto dell'effettiva interazione tra spalla e tiranti, assicurando la congruenza degli spostamenti previsti.

Più nel dettaglio, ipotizzando di intervenire sul paramento della spalla con una tirantatura passiva realizzata con micropali, note:

- la tipologia e la tecnica di esecuzione dell'intervento di consolidamento;
- la natura e la caratterizzazione geotecnica dei terreni;

è possibile tracciare una curva di rigidezza della tirantatura sul piano δ_h -T, dove:

δ_h = spostamento orizzontale della testa del micropalo (considerato “assiale” per micropali sub orizzontali con deviazione fino a 15°÷20°);

T = tiro nei micropali di ancoraggio, al m di paramento.

Il massimo tiro disponibile per ciascun tirante è pari a:

$$T_{max} = R_{ad}$$

dove

R_{ad} è la resistenza di progetto dei micropali di ancoraggio.

Per ottenere il valore massimo del tiro disponibile per ciascun metro di paramento è sufficiente dividere T_{max} per l'interasse dei micropali.

Successivamente, note le sollecitazioni agenti in fondazione per ogni combinazione di carico, è possibile determinare una curva di rigidezza della struttura nel modo di seguito descritto.

La spalla esistente, per effetto dei soli carichi permanenti, subisce una traslazione rigida orizzontale (δ_o) ed una rotazione rigida (θ_o); in questo caso, indicando con h_{tir} la distanza verticale tra l'intradosso della fondazione e la testa dei micropali, lo spostamento orizzontale della spalla in corrispondenza del punto di applicazione dei tiranti risulta:

$$\delta_{o,htir} = \delta_o + h_{tir} \tan (\theta_o)$$

Ipotizzando di realizzare i tiranti quando sulla struttura agiscono i soli carichi permanenti, per diverse combinazioni di carico di progetto (stato limite di esercizio, stato limite ultimo o sisma), è possibile costruire per punti le curve di rigidezza della fondazione in presenza di una generica tirantatura di consolidamento, disposta ad una specificata altezza da intradosso fondazione (h_{tir}).

Considerando, infatti, il caso in cui la spalla sia soggetta, ad esempio, alle sollecitazioni derivanti dal sisma, si possono calcolare i valori di sollecitazioni di taglio e momento agenti in fondazione, per ciascun i-esimo ipotetico valore T_i dell'azione agente nei tiranti disposti ad altezza h_{tir} .

Si avrà infatti:

$$\begin{aligned} N_i &= N \\ H_i &= H - T_i \\ M_i &= M - (h_{tir} T_i) \end{aligned}$$

dove N_i, H_i, M_i sono, per la condizione di carico in esame, i carichi effettivi per ogni metro di fondazione nella i-esima ipotesi di efficacia della tirantatura, mentre N, H ed M sono, per la condizione di carico in esame, i carichi effettivi per ogni metro di fondazione in assenza di tirantatura.

Tali sollecitazioni (N_i, H_i, M_i) danno luogo ad uno spostamento orizzontale (δ_i) e ad una rotazione della fondazione (θ_i). Per effetto di tali spostamenti, in corrispondenza del punto di applicazione dei tiranti, lo spostamento orizzontale della spalla risulterà pari a:

$$\delta_{i,htir} = \delta_i + h_{tir} \tan (\theta_i)$$

Sottraendo a tale valore dello spostamento il valore corrispondente alle condizioni di carico permanente, si ottiene:

$$\Delta\delta_{h,i} = \delta_{o,htir} - \delta_{i,htir}$$

La coppia di valori avente coordinate ($T_i, \Delta\delta_{h,i}$) rappresenta un punto della curva di rigidezza della fondazione.

Il punto di incontro tra le curve di rigidezza della tirantatura, costituita da tiranti specificati ad interasse specificato, e la curva di rigidezza della fondazione, determinata come descritto sopra, verifica la congruenza degli spostamenti e indica il tiro a cui è soggetta la tirantatura nella specifica condizione di carico analizzata.

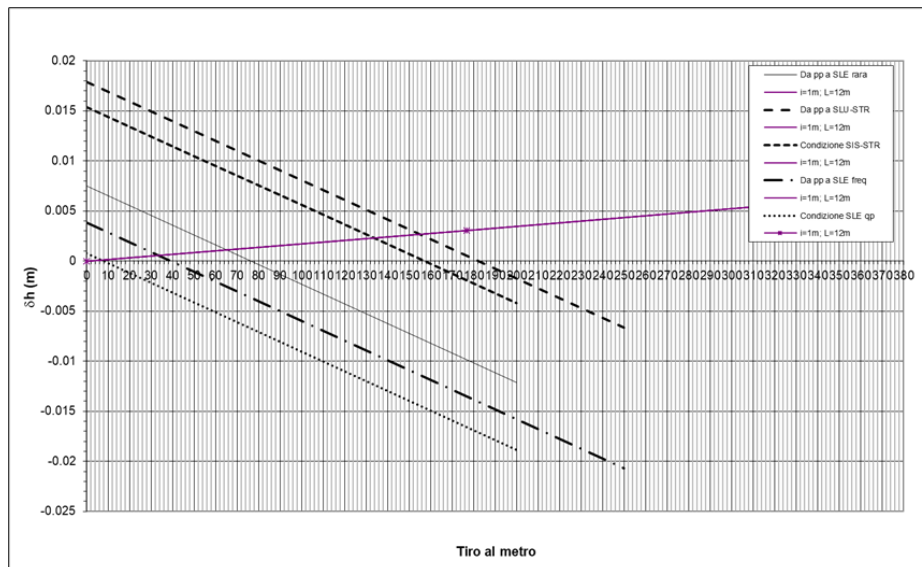


Figura 2-3 – Esempio di curve caratteristiche tiranti passivi

3 ANALISI DEI CARICHI

3.1 PREMESSA

Di seguito si riportano in dettaglio i vari contributi di carico considerati nell'analisi strutturale.

3.2 CARICHI AGENTI SULL'IMPALCATO E SULLA PILA

3.2.1 Carichi agenti sull'impalcato in fase 1

Il peso degli elementi strutturali è conteggiato in riferimento al loro peso specifico (vedi capitolo relativo alle “Caratteristiche dei materiali”). Il software di calcolo effettua in automatico il calcolo dei pesi propri degli elementi strutturali, in funzione dei pesi specifici dei diversi materiali e dei volumi.

| | |
|--|--------------------------------|
| PP | $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$ |
| PP trasverso = $0.80 \text{ m} \times 0.30 \text{ m} \times 25.0 \text{ kN/m}^3 =$ | 6.00 kN/m |
| PP,soletta = $25.0 \text{ kN/m}^3 \times 0.20 \text{ m} =$ | 5.0 kN/m ² |

3.2.2 Carichi agenti sull'impalcato in fase 2

3.2.2.1 Sovraccarichi permanenti

| | |
|--|------------------------|
| Pavimentazione | 3.00 kN/m ² |
| Cordoli = $25.0 \text{ kN/m}^3 \times 0.20 \text{ m} =$ | 5.00 kN/m ² |
| Barriere metalliche + rete = $1.50 \text{ kN/m} + 1.00 \text{ kN/m} =$ | 2.50 kN/m |

3.2.3 Carichi agenti sull’impalcato in fase 3

3.2.3.1 Variazioni termiche

Si fa riferimento ai criteri contenuti in EN 1991-1-5 / NTC2018 – cap.3.5, sia per quanto riguarda il calcolo del range di temperatura, sia per quanto riguarda l’approccio di calcolo. In particolare, la norma EN1991-1-5 specifica nella sezione 6 come valutare le variazioni di temperatura nei ponti.

| | | | | | | |
|--|----------------------------|----------------|--|---------------------------------|----------------------------|--|
| | Tipo ponte | 3 | 1: acciaio 2: composto 3: calcestruzzo | | | |
| | Impalcato (Tipo 3) | 2 | 1: scatolare 2: trave c.a. 3: piastra | | | |
| | Componente uniforme | | | Componente differenziale | | |
| | T min | -15.0 [°C] | | $\Delta T_{M,heat}$ | 15.0 [°C] | |
| | T max | 42.0 [°C] | | $\Delta T_{M,cool}$ | -8.0 [°C] | |
| | Te,min | -7.0 [°C] | | Spessore rivestimento | 5 | 1: non rivestito / 2: impermeabilizz 3: 50 mm / 4: 100 mm / 5: 150 mm 6: massicciata |
| | Te,max | 44.0 [°C] | | $k_{sur,heat}$ | 0.5 [-] | |
| | ΔT_N | 51.0 [°C] | | $k_{sur,cool}$ | 1.0 [-] | |
| | T_0 | 15.0 [°C] | | $\Delta T_{M,heat}$ | 7.5 [°C] | |
| | $\Delta T_{N,con}$ | -22.0 [°C] | | $\Delta T_{M,cool}$ | -8.0 [°C] | |
| | $\Delta T_{N,exp}$ | 29.0 [°C] | | | | |
| | Impalcato | Sezioni | Altezze [m] | $\Delta T_{M,heat}$ [°C/m] | $\Delta T_{M,cool}$ [°C/m] | |
| | Michelino | Trave | Trave | 1.450 | 5.17 | -5.52 |

3.2.3.2 Azione del vento

L’azione del vento viene valutata in accordo al cap.3.3 delle NTC2018.

Nel presente capitolo si analizza l’azione del vento agente direttamente sull’impalcato e sulla pila.

Si considera, per semplicità, il vento agente perpendicolarmente all’asse tracciato, nella direzione più sfavorevole. L’azione trasversale del vento agente sulla superficie di prospetto dell’impalcato è valutata sia nella condizione di ponte scarico sia nella condizione di ponte carico, come esposto nel seguito.

Si riportano di seguito i dati che sono stati utilizzati per la valutazione della pressione media del vento agente sull’impalcato e sulla pila.

| Calcolo parametri di base | | |
|---|--|--|
| Valore di base - § 4.1 | Zona | 2 UNI EN 1991-1-4 |
| | a_s | 53 [m] quota sito |
| | v_{b0} | 25 [m/s] valore base della velocità fondamentale del vento § 4.1.(1) P |
| | a_0 | 750 [m] (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali) |
| | k_a | 0.015 [1/s] (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali) |
| | v_{b0} | 25 § 4.1.(1) P |
| | c_{dir} | 1.00 [-] fattore di direzione § 4.2.(2) P - nota 2 |
| | c_{season} | 1.00 [-] fattore di stagionalità § 4.2.(2) P - nota 3 |
| | T_r | 100 [anni] periodo di ritorno |
| | k_1 | 0.138 |
| | n | 1.00 |
| | c_{prob} | 1.06 EN 1991-1-4 § 4.2 (Nota 4) |
| | | v_b 26.6 [m/s] velocità di base del vento - § 4.2 (4.1) |
| Vento medio - § 4.2 | Categoria sito | II II-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4) |
| | c_o | 1.00 [-] coeff. orografia § 4.3.1 e Annex A3 |
| | z_0 | 0.05 [m] EN 1991-1-4 § 4.3.2 |
| | z_{0II} | 0.05 [m] EN 1991-1-4 § 4.3.2 prosp. 4.1 |
| | z_{min} | 4.00 [m] EN 1991-1-4 § 4.3.2 |
| | z_{max} | 200 [m] EN 1991-1-4 § 4.3.2 |
| | k_r | 0.19 [-] fattore di terreno § 4.3.2 (4.5) |
| | c_r | 0.96 [-] coefficiente di rugosità del terreno § 4.3.2 |
| | | $v_m(z)$ 25.5 [m/s] velocità media del vento - EN 1991-1-4 § 4.3.1 (4.3) |
| Turbolenza del vento - § 4.4 | k_l | 1.00 [-] fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.) |
| | σ_v | 5.05 [m/s] scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 § 4.4 (4.6) |
| | $I_v(z)$ 0.20 [-] Intensità di turbolenza - EN 1991-1-4 cap. 4.4 (4.7) | |
| Valore di picco della pressione - § 4.5 | ρ | 1.25 [kg/m³] densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.) |
| | $q_p(z)$ 970.67 [N/m²] valore di picco della pressione dinamica a z[m] § 4.5 (4.9) | |
| | $c_e(z)$ | 2.20 [-] fattore di esposizione - EN 1991-1-4 § 4.5 (4.9) => per deduzione |
| Pressione di picco SIMULTANEA AL TRAFFICO - § 8.1 + | v_b^* | 23.91 [m/s] velocità di base SIMULTANEA § 8.1 (4) + NAD |
| | $v_m^*(z)$ | 22.97 [m/s] velocità media SIMULTANEA § 4.3.1 (4.3) |
| | $I_v^*(z)$ | 0.22 [-] Intensità di turbolenza SIMULTANEA § 4.4 (4.7) |
| | $q_p^*(z)$ 836.96 [N/m²] picco della pressione dinamica SIMULTANEA § 4.5 (4.9) | |
| | $c_e^*(z)$ | 2.34 [-] coefficiente di esposizione SIMULTANEO § 4.5 (4.9) => per deduzione |

| Caratteristiche impalcato [EN 1994-1-4 Sezione 8] | | |
|--|--------------|--|
| d_{imp} | 15.50 | [m] (cfr. figura) |
| Z | 7.85 | [m] quota baricentro struttura da p.c. |
| d_{sagoma} | 3.00 | [m] § 8.1.(4) + NAD |
| $d_{scarico}$ | 1.55 | [m] d rif. a ponte scarico (cfr. figura) |
| d_{carico} | 4.55 | [m] d rif. a ponte carico (cfr. figura) |
| $b/d_{scarico}$ | 10.00 | [-] |
| b/d_{carico} | 3.41 | [-] |
| $C_{fx\ scarico}$ | 1.30 | [-] coefficiente di forza § 8.3.1 fig. 8.3 SCARICO |
| $C_{fx\ carico}$ | 1.46 | [-] coefficiente di forza § 8.3.1 fig. 8.3 CARICO |
| $f_{w,scarico}$ | 1 262 | [N/m ²] pressione specifica nominale SCARICO § 8.3.2 |
| $f_{w,carico}$ | 1 420 | [N/m ²] pressione specifica nominale CARICO § 8.3.2 |
| f_w^* | 1 088 | [N/m ²] pressione specifica nominale CARICO,comb § 8.3.2 |
| $F_{w,scarico}$ | 1 956 | [N/m] Risultante a ponte SCARICO, caratteristico |
| $F_{w,carico_car}$ | 6 462 | [N/m] Risultante a ponte CARICO, caratteristico |
| $F_{w,carico_comb}^*$ | 4 951 | [N/m] Risultante a ponte CARICO, combinazione |
| ψ_0 | 0.60 | [-] coefficiente di combinazione [UNI EN 1991-1-4:2005 § 8.1(4)] |
| $F_{w,carico} = (\min \psi_0 F_w ; F_w^*)$ | 3 877 | [N/m] Risultante a ponte CARICO, valore di combinazione |
| | 646 | [N/m / trave] |

| Calcolo parametri di base | | |
|---|----------------|---|
| Valore di base - § 4.1 | Zona | 2 UNI EN 1991-1-4 |
| | a_s | 53 [m] quota sito |
| | v_{b0} | 25 [m/s] valore base della velocità fondamentale del vento § 4.1.(1) P |
| | a_0 | 750 [m] (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali) |
| | k_a | 0.015 [1/s] (cfr. tab. N.A. 1 parametri nazionali) |
| | v_{b0} | 25 § 4.1.(1) P |
| | c_{dir} | 1.00 [-] fattore di direzione § 4.2.(2) P - nota 2 |
| | c_{season} | 1.00 [-] fattore di stagionalità § 4.2.(2) P - nota 3 |
| | T_r | 100 [anni] periodo di ritorno |
| | k_1 | 0.138 |
| | n | 1.00 |
| | c_{prob} | 1.06 EN 1991-1-4 § 4.2 (Nota 4) |
| | v_b | 26.6 [m/s] velocità di base del vento - § 4.2 (4.1) |
| | $c_s c_d$ | 1.00 fattore di struttura |
| Vento medio - § 4.2 | Categoria sito | II I-II-III-IV-V (categorie secondo NAD EN 1991-1-4) |
| | c_o | 1.00 [-] coeff. orografia § 4.3.1 e Annex A3 |
| | z_0 | 0.05 [m] EN 1991-1-4 § 4.3.2 |
| | z_{0II} | 0.05 [m] EN 1991-1-4 § 4.3.2 prosp. 4.1 |
| | z_{min} | 4.00 [m] EN 1991-1-4 § 4.3.2 |
| | z_{max} | 200 [m] EN 1991-1-4 § 4.3.2 |
| | k_r | 0.19 [-] fattore di terreno § 4.3.2 (4.5) |
| | $c_r(z)$ | 0.91 [-] coefficiente di rugosità del terreno TESTA PILA §4.3.2 |
| | $c_r(0)$ | 0.83 [-] coefficiente di rugosità del terreno BASE PILA §4.3.2 |
| | $v_m(z)$ | 24.3 [m/s] velocità media del vento TESTA PILA § 4.3.1 (4.3) |
| | $v_m(0)$ | 22.1 [m/s] velocità media del vento BASE PILA § 4.3.1 (4.3) |
| Turbolenza del vento § 4.4 | k_l | 1.00 fattore di turbolenza (valore raccomandato da N.A.D.) |
| | σ_v | 5.05 scarto comp. turbolenta vel. vento EN 1991-1-4 §4.4 (4.6) |
| | $I_v(z)$ | 0.21 [-] Intensità di turbolenza TESTA PILA § 4.4 (4.7) |
| | $I_v(0)$ | 0.23 [-] Intensità di turbolenza BASE PILA § 4.4 (4.7) |
| Valore di picco della pressione - § 4.5 | ρ | 1.25 [kg/m³] densità aria (4.5 nota 2 e N.A.D.) |
| | $q_p(z)$ | 905.11 [N/m²] picco pressione dinamica TESTA PILA § 4.5 (4.9) |
| | $q_p(0)$ | 794.19 [N/m²] picco pressione dinamica BASE PILA § 4.5 (4.9) |
| | $c_e(z)$ | 2.0520 [-] fattore di esposizione TESTA PILA § 4.5 (4.9) => per deduzione |
| | $c_e(0)$ | 1.8005 [-] fattore di esposizione BASE PILA § 4.5 (4.9) => per deduzione |

| Caratteristiche pila [EN 1994-1-4 Sezione 8] | |
|--|---|
| b | 1.200 [m] (cfr. figura) |
| d | 1.200 [m] § 8.1. (5) + NAD |
| r | 0.600 [m] raggio smusso |
| Z _{max} | 6.000 [m] quota testa pila |
| d/b | 1.000 [-] |
| l/b | 5.00 [-] |
| r/b | 0.50 [-] |
| C _{f,0} | 2.10 [-] coefficiente di forza di partenza § 7.6(1) fig. 7.23 |
| ψ _r | 0.50 [-] fattore di riduzione spigoli arrotondati § 7.6(1) fig. 7.24 |
| λ | 70.00 [-] snellezza effettiva § 7.13(2) prosp. 7.16 (caso 4) |
| φ | 1.00 [-] rapporto di solidità § 7.11(2) (cautelativo = 1.00) |
| ψ _λ | 1.00 [-] fattore effetti di estremità § 7.6(1) fig. 7.36 (caut. = 1.0) |
| C _f | 1.05 [-] coefficiente di forza § 7.6(1) (7.9) |
| f _w (Z _{max}) | 943.5 [N/m ²] pressione specifica nominale TESTA PILA |
| f _w (0) | 833.9 [N/m ²] pressione specifica nominale BASE PILA |
| Fw (zmax) | 1 132 [N/m] Risultante TESTA PILA |
| Fw (0) | 1 001 [N/m] Risultante BASE PILA |

/ 3 fusti = 1 132 N/m / 3 = 377.40 N/m

3.2.3.3 Azione variabili da traffico

3.2.3.3.1 Carichi mobili

Si seguono le disposizioni contenute in EN 1991-2 capp.4/5 / NTC2018 cap. 5.1.3.3.5.

Per le verifiche globali dell'impalcato, si considera lo Schema di Carico n.1 costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (Q_{ik}), applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata di lato pari a 0.40m, e da carichi uniformemente distribuiti (q_{ik}), come mostrato in figura.

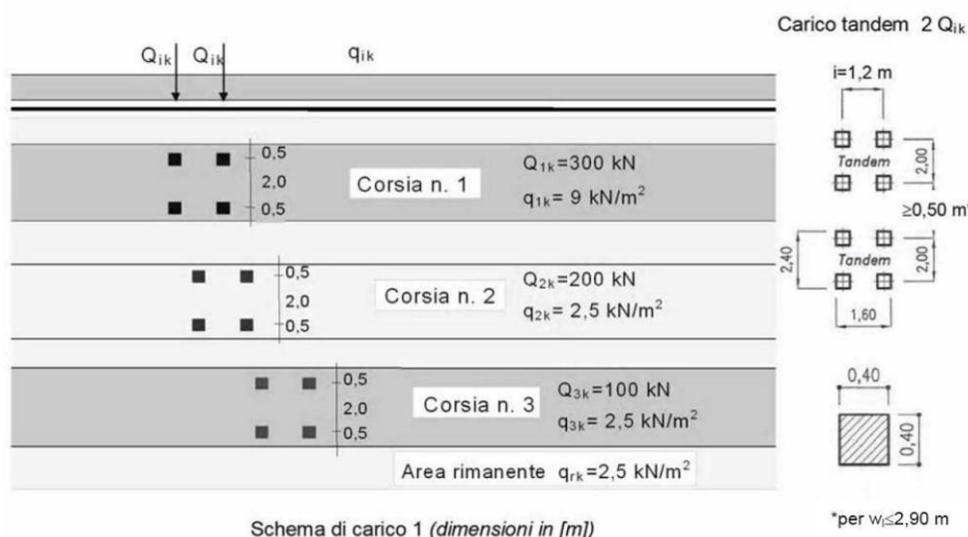


Figura 3-1 – Schema di carico 1 (Fig.5.1.2 delle NTC2018)

Le intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie vengono riassunti nella seguente tabella.

Tabella 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

| Posizione | Carico asse Q_{ik} [kN] | q_{ik} [kN/m ²] |
|-----------------|---------------------------|-------------------------------|
| Corsia Numero 1 | 300 | 9,00 |
| Corsia Numero 2 | 200 | 2,50 |
| Corsia Numero 3 | 100 | 2,50 |
| Altre corsie | 0,00 | 2,50 |

Figura 3-2 – Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie (Fig.5.1.2 delle NTC2018)

La posizione del carico concentrato, detto anche “TS” (Tandem System), e la segmentazione delle stese distribuite, dette anche “UDL” (Uniformly Distributed Load), è effettuata in automatico dal programma di calcolo ad elementi finiti con una specifica routine che procede all’esame delle superfici di influenza di interesse.

Lo studio delle superfici di influenza viene finalizzato all’ottenimento delle seguenti sollecitazioni:

- massima e minima azione verticale su ciascun sostegno;
- massimo e minimo momento flettente e azione di taglio su tutte le sezioni di inizio e fine concio, sulle sezioni di attacco dei trasversi e sulle sezioni di mezzera campata e asse appoggi.

Le seguenti immagini riportano alcune disposizioni trasversali di carico adottate nel modello di calcolo.

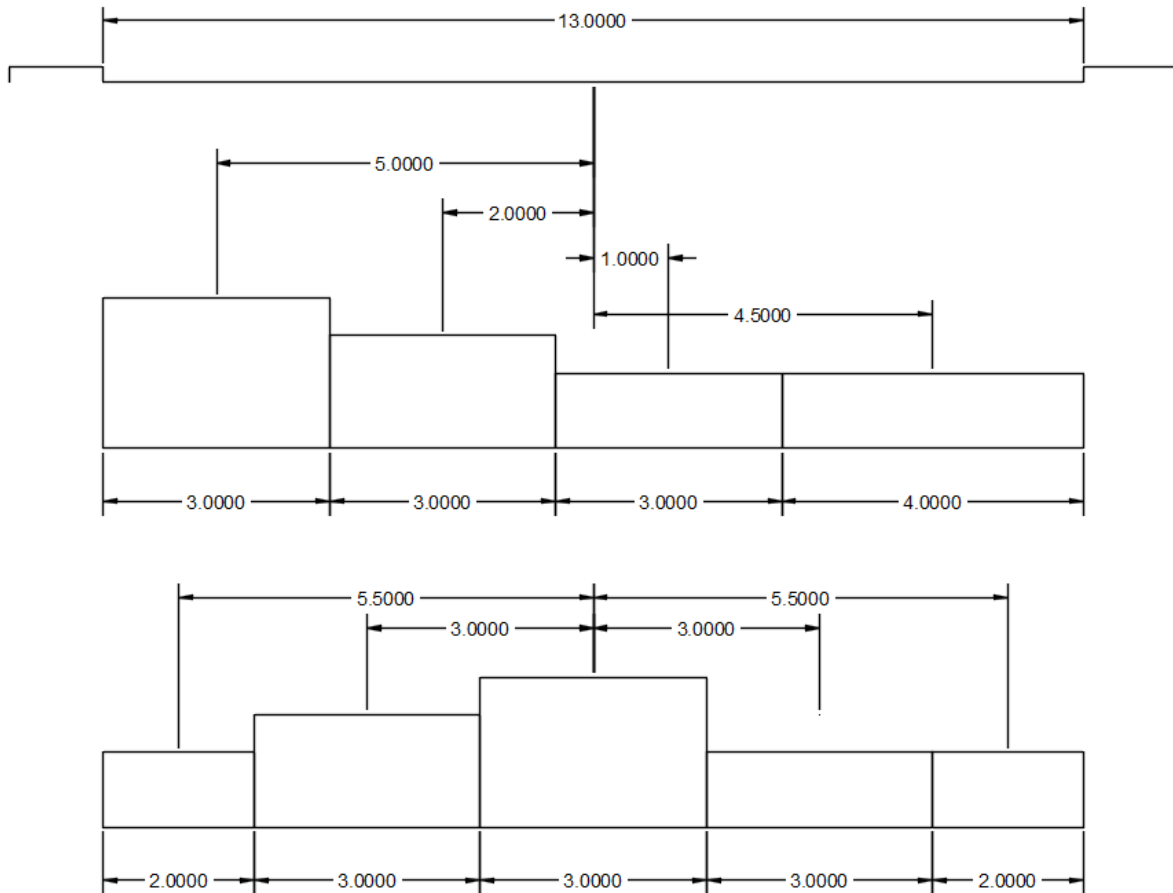


Figura 3-3 – Disposizione carico tandem per massimo momento flettente e azione di taglio su impalcato esistente

3.2.3.3.2 Azioni di frenatura

Per il calcolo delle azioni di frenatura, si fa riferimento a EN1991-2 cap.4.4.1(1) / NTC2018 cap.5.1.3.5.

5.1.3.5 AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO O DI ACCELERAZIONE: q_3

La forza di frenamento o di accelerazione q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale a

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6 (2Q_{1k}) + 0,10q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN} \quad [5.1.4]$$

essendo w_1 la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata. La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata e include gli effetti di interazione.

Si riporta di seguito la tabella riepilogativa per il calcolo di tale azione.

$$q_3 = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.10 \times q_{1k} \times w_1 \times L =$$

$$= 0.6 \times (2 \times 300 \text{ kN}) + 0.10 \times 9.00 \text{ kN/m}^2 \times 3.00 \text{ m} \times 55.85 \text{ m} = \dots\dots\dots 510.80 \text{ kN}$$

$$/ (6 \text{ travi} \times 55.85 \text{ m}) = \dots\dots\dots 1.524 \text{ kN/m}$$

L'azione di frenatura q_3 viene uniformemente ripartita sulle due travi direttamente interessate dalla corsia caricata dal carico Q_{1k} .

3.2.3.3.3 Gruppi di carico

Le azioni riconducibili ai carichi da traffico sono accorpate in gruppi di azioni sulla base di quanto riportato nella seguente tabella.

Tab. 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico

| Gruppo di azioni | Carichi sulla superficie carrabile | | | | | Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili |
|------------------|--|----------------------------------|---|-----------------------|-----------------------|--|
| | Carichi verticali | | | Carichi orizzontali | | Carichi verticali |
| | Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6) | Veicoli speciali | Folla (Schema di carico 5) | Frenatura | Forza centrifuga | Carico uniformemente distribuito |
| 1 | Valore caratteristico | | | | | Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5kN/m ² |
| 2a | Valore frequente | | | Valore caratteristico | | |
| 2b | Valore frequente | | | | Valore caratteristico | |
| 3 (*) | | | | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ² |
| 4 (**) | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ² | | | Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0kN/m ² |
| 5 (***) | Da definirsi per il singolo progetto | Valore caratteristico o nominale | | | | |

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Figura 3-4 – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico (tab.5.1.IV delle NTC2018)

Nel caso in esame si fa riferimento unicamente ai seguenti gruppi di azioni:

- Gruppo di azioni 1: si considera lo Schema di Carico 1 con il suo valore caratteristico;
- Gruppo di azioni 2a: si considera lo Schema di Carico 1 con il suo valore frequente (0.75 Q_{k,TS} + 0.4 Q_{k,UDL}) insieme alla frenatura in valore caratteristico.

3.2.3.4 Urto da traffico veicolare sotto ponti

Le azioni da urto hanno direzione parallela a quella del moto del veicolo al momento dell'impatto. Nelle verifiche si possono considerare, non simultaneamente, due azioni nelle direzioni parallela (F_{d,x}) e ortogonale (F_{d,y}) alla direzione di marcia normale, con

$$F_{d,y} = 0,50F_{d,x}$$

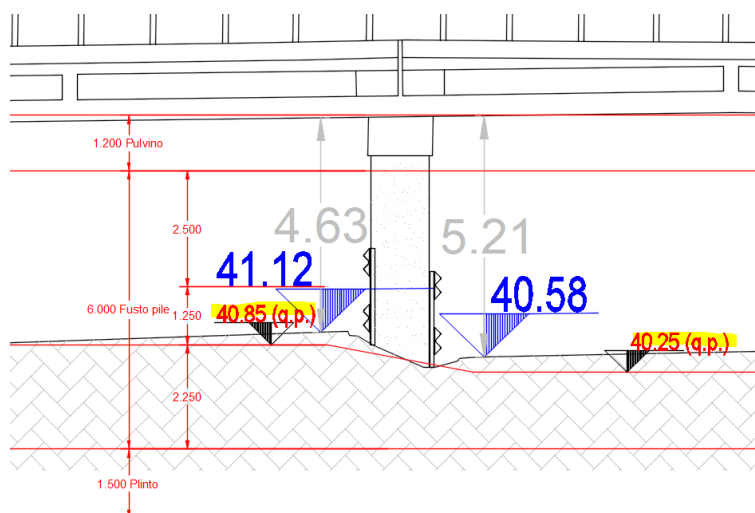
In assenza di determinazioni più accurate e trascurando la capacità dissipativa della struttura, si possono adottare le forze statiche equivalenti riportate nella seguente tabella.

Tabella 3-1 - Forze statiche equivalenti agli urti di veicoli

| Tipo di strada | Tipo di veicolo | Forza $F_{1,x}$ [kN] |
|----------------------------------|---|----------------------|
| Autostrade, strade extraurbane | - | 1000 |
| Strade locali | - | 750 |
| Strade urbane | - | 500 |
| Aree di parcheggio e autorimesse | Automobili | 50 |
| | Veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima superiore a 3,5 t | 150 |

Per urti sulle membrature verticali, la forza risultante di collisione F deve essere applicata sulla struttura 1,25 m al di sopra della superficie di marcia. L'area di applicazione della forza è pari a 0,5 m (in altezza) per il valore più piccolo tra 1,50 m e la larghezza della membratura (in larghezza).

Nel caso specifico del cv di viale Europa, si verifica quanto segue.



Quote pavimentato di progetto:

Ciglio direzione Nord +40.58 m s.l.m.

Ciglio direzione Sud +41.12 m s.l.m.

Sulla pila si considera l'urto sia nella direzione longitudinale sia in quella trasversale (nelle due posizioni: lato Nord e lato Sud):

$F_{urto_longitudinale}$ 1 000 kN

$F_{urto_trasversale}$ 500 kN

3.2.3.5 Azione sismica

I parametri utilizzati per lo sviluppo dell'analisi sono riportati al cap.1.6 del presente elaborato.

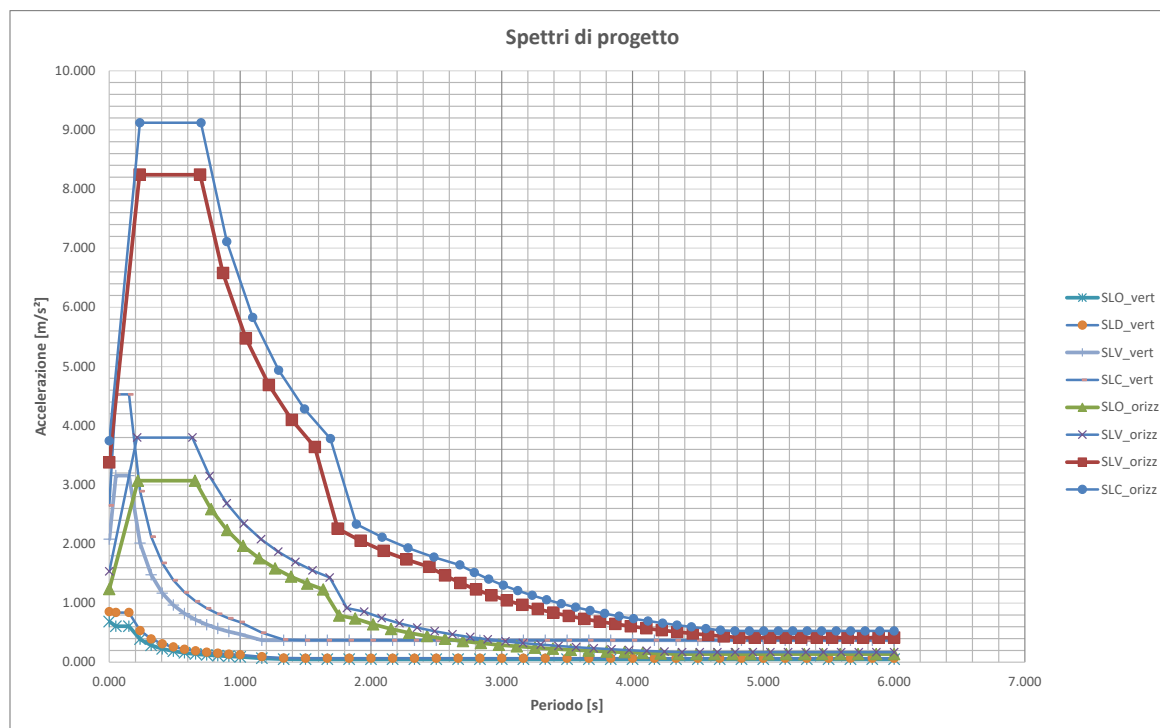
Si riportano di seguito sinteticamente i parametri utilizzati e i principali output.

| Calcolo effetti sisma (NTC 2018) | | | | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|---------------------------|
| | SLC | SLV | SLD | SLO |
| ag_g | 0.270 | 0.212 | 0.087 | 0.070 [g] |
| ag_a | 2.649 | 2.080 | 0.853 | 0.687 [m/s ²] |
| Fo | 2.437 | 2.440 | 2.473 | 2.483 [-] |
| T*c | 0.314 | 0.308 | 0.258 | 0.275 [sec] |
| Cat. suolo | D | | | |
| Ss | 1.41 | 1.62 | 1.80 | 1.80 [-] |
| Cat. topografica | T1 | | | |
| St | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 [-] |
| S | 1.41 | 1.62 | 1.80 | 1.80 [-] |
| Cc | 2.231 | 2.252 | 2.461 | 2.384 [-] |

| | | | | |
|--------|------|------|------|----------|
| ξ_base | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 5.0 [%] |
| η_base | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 [-] |

| | | | | |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| ξ_isol | 16.0 | 16.0 | 16.0 | 16.0 [%] |
| η_isol | 0.69 | 0.69 | 0.69 | 0.69 [-] |
| k_iso_sing_spall | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.400 [kN/mm] |
| n° isol_spalle | 12 | 12.000 | 12.000 | 12.000 [-] |
| k_iso_sing_pile | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 [kN/mm] |
| n° isol_pile | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 [-] |
| k_iso_tot | 16 800 000 | 16 800 000 | 16 800 000 | 16 800 000 [N/m] |
| M_impalcato | 1 974 224 | 1 974 224 | 1 974 224 | 1 974 224 [kg] |
| T_isol | 2.15 | 2.15 | 2.15 | 2.15 [s] |
| 0.8 x T_isol | 1.72 | 1.72 | 1.72 | 1.72 [s] |

| | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|-------------|------|-------------|
| TB | 0.233 | 0.231 | 0.212 | 0.219 [sec] | TB_v | 0.050 [sec] |
| TC | 0.700 | 0.694 | 0.635 | 0.656 [sec] | TC_v | 0.150 [sec] |
| TD | 2.680 | 2.448 | 1.948 | 1.880 [sec] | TD_v | 1.000 [sec] |



Scale: 1: 183.421
 Zoom: 56.7427
 Eye: (0,0, 0,0, 1,0)
 Eigenvalue analysis
 Analysis: B_Modale
 Loadcase: 241: Loadcase 6, Eigenvalue 1
 Results file: 101T - CV Fiera (ex Michelino)_2020-10-27_adeq-B_Modale.mys
 Eigenvalue: 8.51229
 Natural frequency: 0.464348
 Error norm: 0.777171E-6
 Maximum displacement 0.715212E-3 at node 175
 Deformation exaggeration: 5.20405E3

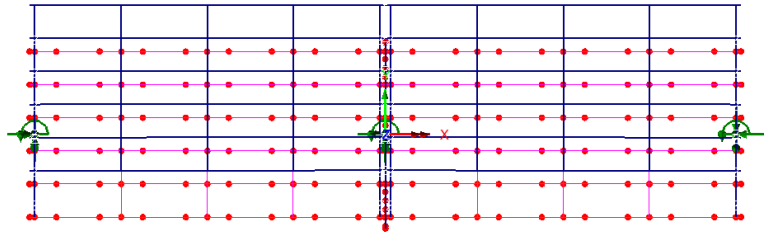


Figura 3-5 – Deformata modo 1 - Principale per direzione orizzontale trasversale

Scale: 1: 183.421
 Zoom: 56.7427
 Eye: (0,0, 0,0, 1,0)
 Eigenvalue analysis
 Analysis: B_Modale
 Loadcase: 241: Loadcase 6, Eigenvalue 2
 Results file: 101T - CV Fiera (ex Michelino)_2020-10-27_adeq-B_Modale.mys
 Eigenvalue: 8.54732
 Natural frequency: 0.465302
 Error norm: 0.721103E-6
 Maximum displacement 0.713374E-3 at node 94
 Deformation exaggeration: 5.21745E3

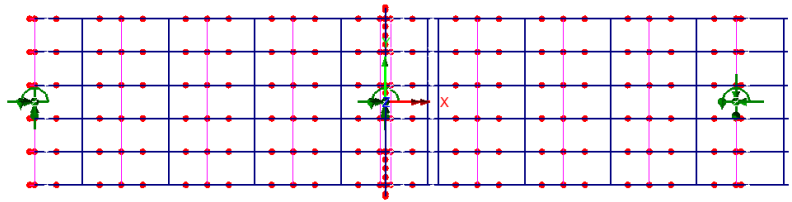


Figura 3-6 – Deformata modo 2 - Principale per direzione orizzontale longitudinale

Scale: 1: 183.421
 Zoom: 56.7427
 Eye: (-0.401495, -0.90578, 0.135519)
 Eigenvalue analysis
 Analysis: B_Modale
 Loadcase: 241: Loadcase 6, Eigenvalue 4
 Results file: 101T - CV Fiera (ex Michelino)_2020-10-27_adeq-B_Modale.mys
 Eigenvalue: 1.93037E3
 Natural frequency: 6.99262
 Error norm: 0.209256E-6
 Maximum displacement 0.985093E-3 at node 325
 Deformation exaggeration: 3.77832E3

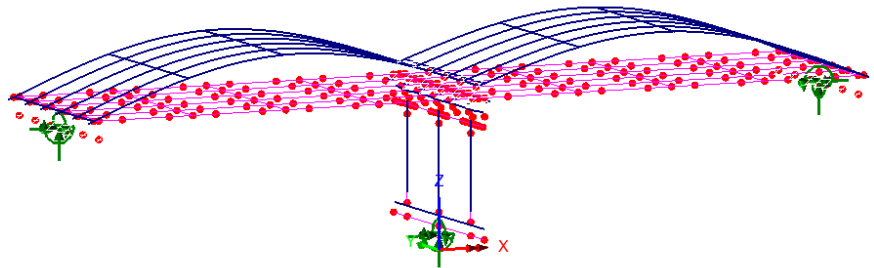


Figura 3-7 – Deformata modo 4 - Principale per direzione verticale

3.3 CARICHI AGENTI SULLE SPALLE

3.3.1 Carichi permanenti strutturali

Il peso degli elementi strutturali è conteggiato in riferimento al peso specifico del calcestruzzo ($\gamma_c = 25\text{kN/m}^3$).

3.3.2 Carichi permanenti non strutturali

Si considera come carico permanente non strutturale il peso proprio del terreno di zavorra disposto sulla retrozattera ($\gamma_c = 20\text{kN/m}^3$).

3.3.3 Spinta del terreno

La spinta del terreno di rilevato agente a tergo delle spalle è valutata tramite:

- coefficiente di spinta attiva: $k_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$

Come meglio descritto nella relazione geotecnica, le verifiche di sicurezza della fondazione, strutturali e geotecniche, sono condotte mediante l'Approccio 2 di cui al punto 6.2.4 delle NTC2018. Tale approccio progettuale prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti (A1+M1+R3) da adottare per azioni (A1), parametri geotecnici del terreno (M1) e fattori di sicurezza (R3). Nel prosieguo del presente elaborato, il valore dell'angolo d'attrito ϕ' è da intendersi, dunque, come caratteristico.

3.3.4 Sovraccarico accidentale

Si considera un sovraccarico accidentale agente a tergo delle spalle pari a:

$$q = 20\text{kN/m}^2$$

Il sovraccarico spingente a tergo delle spalle è valutato tramite:

- coefficiente di spinta attiva: $k_a = \tan^2(45 - \phi'/2)$

Il sovraccarico accidentale utilizzato per la verifica del paraghiaia è desunto dai capp.C5.1.3.3.5.1 e C5.1.3.3.5.2 della Circolare Esplicativa alle NTC2018.

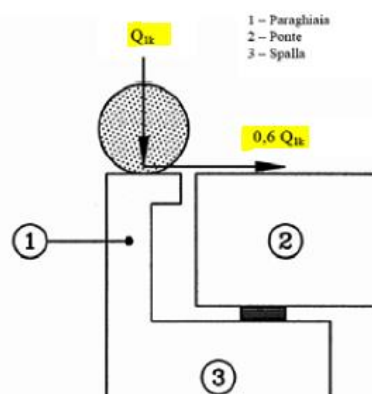


Figura C5.1.1 - Carichi da traffico su muri paraghiaia

| | |
|--|-------------|
| B,diffusione = 2 x 1.53 m (h,paraghiaia) = | 3.06 m |
| V,SLU = 180 kN / 3.06 m = | 58.8 kN/m |
| M,SLU = 1.53 m x 180 kN / 3.06 m = | 90.00 kNm/m |
| N,SLU = 300 kN / 3.06 m = | 98.04 kN/m |

3.3.5 Reazione del tirante

In base alla teoria riportata al paragrafo § 2.5, si riportano di seguito le azioni agenti alla quota media di 5.25 m dall'intradosso fondazione:

| | |
|-----------|----------|
| SLE | 63 kN/m |
| SLU | 138 kN/m |
| SIS | 444 kN/m |

3.4 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (cap.2.5.3 delle NTC2018).

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

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

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

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

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto:

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

3.5 COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA E COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE

I coefficienti parziali di sicurezza γ_G e γ_Q sono dati nelle tabelle 2.6.I e 5.1.V delle NTC2018.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

| | | Coefficiente | EQU | A1 | A2 |
|--|-------------|---------------|-----|-----|-----|
| | | γ_F | | | |
| Carichi permanenti G_1 | Favorevoli | γ_{G1} | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$ | Favorevoli | γ_{G2} | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili Q | Favorevoli | γ_{Qi} | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | Sfavorevoli | | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Figura 3-8 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU (Tab.2.6.I delle NTC2018)

Tab. 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

| | | Coefficiente | EQU ⁽¹⁾ | A1 | A2 |
|--|-------------|---|---------------------|---------------------|------|
| Azioni permanenti g_1 e g_3 | favorevoli | γ_{G1} e γ_{G3} | 0,90 | 1,00 | 1,00 |
| | sfavorevoli | | 1,10 | 1,35 | 1,00 |
| Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2 | favorevoli | γ_{G2} | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,50 | 1,50 | 1,30 |
| Azioni variabili da traffico | favorevoli | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | sfavorevoli | | 1,35 | 1,35 | 1,15 |
| Azioni variabili | favorevoli | γ_{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 ⁽³⁾ | 1,00 ⁽⁴⁾ | 1,00 |
| Ritiro e viscosità, 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 |

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.

⁽²⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio carichi permanenti portati), sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 3-9 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU (Tab.5.1.V delle NTC2018)

I valori dei coefficienti di combinazione ψ_0 , ψ_1 e ψ_2 sono riportati nelle tabelle 2.5.I e 5.1.VI delle NTC2018.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

| Categoria/Azione variabile | Ψ_{0j} | Ψ_{1j} | Ψ_{2j} |
|---|----------------------------|-------------|-------------|
| Categoria A - Ambienti ad uso residenziale | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria B - Uffici | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria D - Ambienti ad uso commerciale | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN) | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Categoria I – Coperture praticabili | da valutarsi caso per caso | | |
| Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...) | | | |
| Vento | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.) | 0,5 | 0,2 | 0,0 |
| Neve (a quota > 1000 m s.l.m.) | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Variazioni termiche | 0,6 | 0,5 | 0,0 |

Figura 3-10 – Valori dei coefficienti di combinazione (Tab.2.5.I delle NTC2018)

Tab. 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

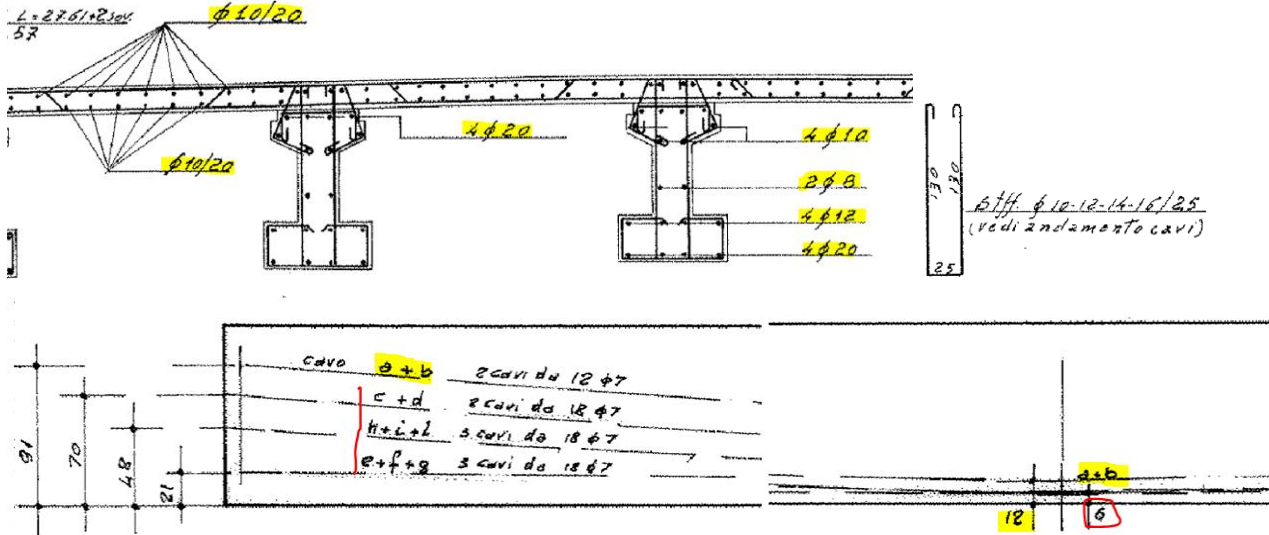
| Azioni | Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV) | Coefficiente Ψ_0 di combinazione | Coefficiente Ψ_1 (valori frequenti) | Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanenti) |
|----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--|---|
| Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV) | Schema 1 (carichi tandem) | 0,75 | 0,75 | 0,0 |
| | Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti) | 0,40 | 0,40 | 0,0 |
| | Schemi 3 e 4 (carichi concentrati) | 0,40 | 0,40 | 0,0 |
| | Schema 2 | 0,0 | 0,75 | 0,0 |
| | 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | 4 (folla) | -- | 0,75 | 0,0 |
| | 5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Vento | a ponte scarico SLU e SLE | 0,6 | 0,2 | 0,0 |
| | in esecuzione | 0,8 | 0,0 | 0,0 |
| | a ponte carico SLU e SLE | 0,6 | 0,0 | 0,0 |
| Neve | SLU e SLE | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| | in esecuzione | 0,8 | 0,6 | 0,5 |
| Temperatura | SLU e SLE | 0,6 | 0,6 | 0,5 |

Figura 3-11 – Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali (Tab.5.1.VI delle NTC2018)

4 VERIFICHE STRUTTURALI

4.1 TRAVI

4.1.1 Sezioni resistenti



Calcestruzzo dosato a 400 Kg di cemento tipo 730
 Sollecitazione di rottura a 28 gg $\approx 475 \text{ Kg/cm}^2$
 Ferro semiduro A950

ART. 329. ACCIAIO ARMONICO PER TRAVI IN C.A.P.

| | |
|--|-----------------------|
| Calcestruzzo | C32/40 |
| Acciaio (lento) | Aq42 |
| As,cavo (12Ø7) = $12 \times [\pi \times (7 \text{ mm})^2 / 4]$ = | ~462 mm ² |
| a+b = c+d = $2 \times 462 \text{ mm}^2$ = | 924 mm ² |
| e+f+g = h+i+l = $3 \times 462 \text{ mm}^2$ = | 1 385 mm ² |
| c÷l = $8 \times 462 \text{ mm}^2$ = | 3 696 mm ² |

Non abbiamo relazione di calcolo. Per analogia con le altre opere (di cui disponiamo della relazione), possiamo assumere che la tensione a perdite scontate del c.a.p. sia pari a circa 9000 kg/cm² (900 MPa).

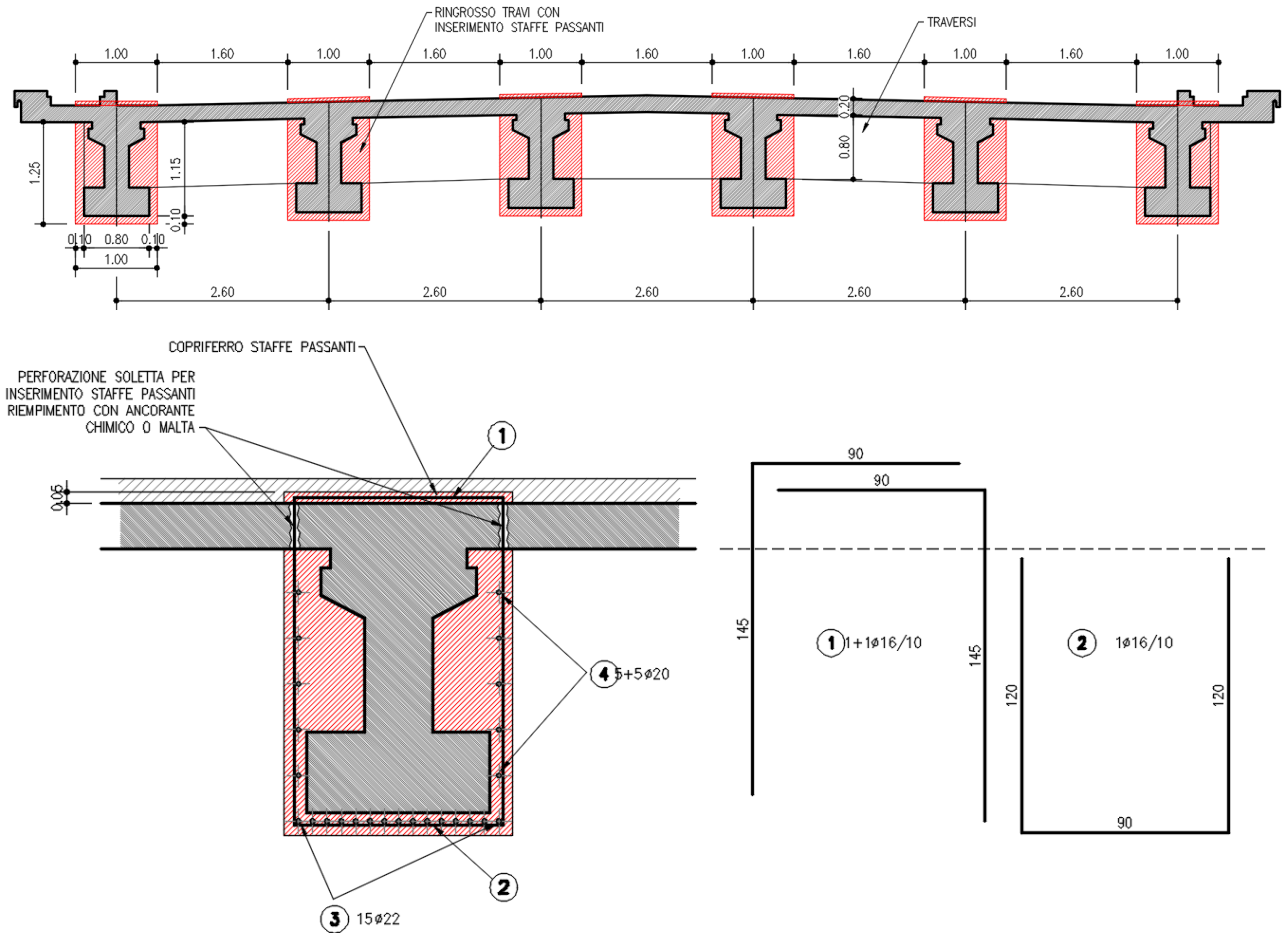


Figura 4-1 – Intervento di adeguamento

4.1.2 Sollecitazioni

| | | | Element | Node | X | Y | Z | Fx | Fz | My |
|-----------|----|-----|---------|------|---------|--------|--------|----------|------------|-------------|
| | | | [-] | [-] | [m] | [m] | [m] | [N] | [N] | [Nm] |
| SLU STR | Fx | MAX | 495 | 398 | -15.663 | 1.300 | 10.950 | 157 479 | -242 050 | -7 699 490 |
| SLU STR | Fx | min | 700 | 555 | -22.425 | 6.500 | 10.950 | -155 493 | -799 598 | -5 137 320 |
| SLU STR | Fz | MAX | 616 | 496 | -0.425 | 3.900 | 10.950 | -1 139 | 1 544 820 | 14 340 |
| SLU STR | Fz | min | 619 | 499 | 0.425 | 3.900 | 10.950 | -1 139 | -1 544 810 | 14 340 |
| SLU STR | My | MAX | 589 | 468 | -27.525 | 3.900 | 10.950 | -98 768 | -951 756 | 133 695 |
| SLU STR | My | min | 708 | 564 | -13.975 | 6.500 | 10.950 | -21 872 | -163 605 | -10 278 100 |
| SISMA SLV | Fx | MAX | 747 | 603 | 21.575 | 6.500 | 10.950 | 401 771 | 468 368 | -2 998 010 |
| SISMA SLV | Fx | min | 695 | 550 | -27.525 | 6.500 | 10.950 | -385 703 | -789 378 | -284 066 |
| SISMA SLV | Fz | MAX | 752 | 609 | 27.525 | 6.500 | 10.950 | 366 598 | 848 399 | 300 279 |
| SISMA SLV | Fz | min | 695 | 550 | -27.525 | 6.500 | 10.950 | -368 883 | -848 401 | -288 646 |
| SISMA SLV | My | MAX | 695 | 550 | -27.525 | 6.500 | 10.950 | 367 194 | -638 085 | 311 704 |
| SISMA SLV | My | min | 708 | 564 | -13.975 | 6.500 | 10.950 | -223 240 | -55 129 | -5 971 320 |
| ECC-Urto | Fx | MAX | 207 | 183 | 12.288 | -6.500 | 10.950 | 20 152 | -77 573 | -4 685 660 |
| ECC-Urto | Fx | min | 497 | 400 | -13.975 | 1.300 | 10.950 | -16 242 | 32 500 | -4 736 410 |
| ECC-Urto | Fz | MAX | 192 | 168 | -0.425 | -6.500 | 10.950 | -732 | 691 853 | 5 742 |
| ECC-Urto | Fz | min | 195 | 171 | 0.425 | -6.500 | 10.950 | -732 | -691 827 | 5 800 |
| ECC-Urto | My | MAX | 165 | 140 | -27.525 | -6.500 | 10.950 | -779 | -690 934 | 5 820 |
| ECC-Urto | My | min | 209 | 185 | 13.975 | -6.500 | 10.950 | 18 444 | 18 347 | -4 769 400 |

4.1.3 Pressoflessione7 SLU

Verifica C.A. S.L.U. - File: Travi_2020_mezzeria_adeq

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | -45 | 29 |
| 2 | -45 | 29 |
| 3 | -45 | -91 |
| 4 | 45 | -91 |
| 5 | 45 | 29 |
| 6 | 130 | 29 |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 12 | 0.79 | 11 | 1.6 |
| 13 | 0.79 | -30 | 11.6 |
| 14 | 0.79 | 30 | 11.6 |
| 15 | 3.14 | -26 | 25.1 |
| 16 | 3.14 | -8.7 | 25.1 |
| 17 | 3.14 | 8.7 | 25.1 |

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Armatura Precompressione
 N° cavi Zoom

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] | σ_{sp} [MPa] |
|----|----------|--------|--------|---------------------|
| 1 | 1.23999 | 0 | -73.9 | 900 |
| 2 | 36.96 | 0 | -79.9 | 900 |

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipologia rottura:
 Lato calcestruzzo - Cavo snervato

Materiali:
 Aq 42 C32/40
 ϵ_{su} 67.5‰ ϵ_{c2} 2‰
 f_{yd} 200 N/mm² ϵ_{cu} 3.5‰
 E_s 210 000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 0.9524‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 140 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

M_{xRd} kNm
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c 3.5‰
 ϵ_s 16.7‰
 d 135.9 cm
 x 23.54 x/d 0.1732
 δ 0.7

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

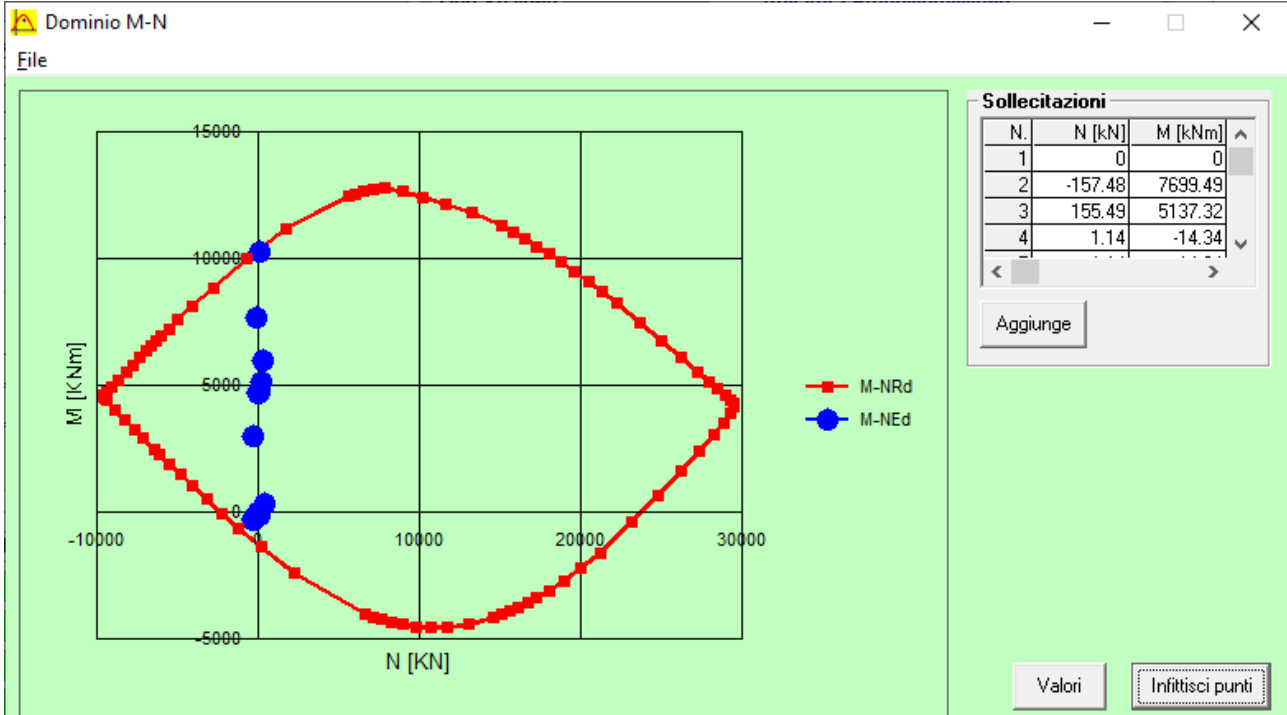
Tipologia flessione:
 Retta Deviata

N° rett.
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

Tipologia cavo:
 Tref
 ϵ_{su} 67.5‰
 f_{yd} 1 480 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.048‰
 $\sigma_{s,adm}$ 3000 N/mm²

σ_{sp} N/mm²
 ϵ_{sp} 19.95‰ compressa pref.



4.1.4 Taglio

| | | | | | | |
|---------------------------|-----------------|-------------------|--------|--|-----------|-------------------|
| B | 400.0 | mm | | fck | 32.0 | N/mm ² |
| H | 1400.0 | mm | | γc | 1.50 | - |
| | | | | fcd | 18.13 | N/mm ² |
| As,long | 12.57 | cm ² | | | | |
| | 4 | Φ | 20 | | | |
| Copriferro | 50.0 | mm | | | | |
| d | 1350.0 | mm | | | | |
| σcp | 3.627 | N/mm ² | | NSd,esterna | 0 | [N] |
| k | 1.38 | - | | NSd,precompr. | 4 156 327 | [N] |
| ρl | 0.002 | - | | α precompr | 2.37 | [°] |
| V _{min} | 0.32 | N/mm ² | | NSd,tot | 4 152 772 | [N] |
| V_{Rd} | 469.01 | kN | | Sezioni non armate a taglio | | |
| Staffe | | | | | | |
| | Φ | 16 | passo | 20 | cm | |
| n° bracci | 2 | - | | | | |
| Asw | 4.02 | cm ² | | | | |
| f _{yd} | 391.3 | N/mm ² | | | | |
| α | 90.0 | ° | ctg(α) | 0.00 | | |
| θ | 27.8 | ° | ctg(θ) | 1.90 | | |
| V_{Rsd} | 1 816.14 | kN | | Resistenza di calcolo a "taglio trazione" | | |
| α _c | 1.00 | - | | | | |
| f _{cd} | 9.07 | N/mm ² | | | | |
| V_{Rcd} | 1 816.14 | kN | | Resistenza di calcolo a "taglio compressione" | | |
| V_{Rd} | 1 816.14 | kN | | | | |
| V_{Sd} | 1544.82 | kN | | | | |
| V_{Sd,ris} | 1372.95 | kN | | | | |
| Verificata | | | | | | |

4.2.1.1 Traversi di appoggio

B,anima 0.30 m
 B,soletta collab = 0.30 m + 2 x (0.70 x 2.60 m) / 10 = 0.664 m
 H,tot = 0.80 m + 0.20 m_soletta = 1.00 m
 Calcestruzzo di calcolo C32/40
 As, sup 2Ø18
 Copriferro sup = 20 mm + 14 mm + 18mm/2 = 43 mm
 As,inf barre filettate 2M30 = 2 x 561 mm² = 1 122 mm²
 Copriferro inf 200 mm
 Staffe Ø14/40 – 2 bracci
 Acciaio di calcolo (anche per le barre filettate) Aq42

4.2.1.2 Traversi intermedi

B,anima 0.30 m
 B,soletta collab = 0.30 m + 2 x (0.70 x 2.60 m) / 10 = 0.664 m
 H,tot = 0.80 m + 0.20 m_soletta = 1.00 m
 Calcestruzzo di calcolo C32/40

Armatura per trverssi intermedi

Facendo il conteggio dell'armatura indicata nei computi, nei traversi intermedi sono presenti dei cavi di precompressione.

| INDICAZIONE DEI LAVORI ⑦ | Diametro | N. perli simili | BARRE | |
|---|----------|-----------------|--------|--------|
| | | | Numero | Lungh. |
| Acciaio armonico per traversi n° 2 cavi da 18 p. 7 L = 13.68 | 7 | 3 | 36 | 13.68 |

As, sup 2Ø18 + 2+2Ø14_laterali in soletta collaborante
 Copriferro sup = 20 mm + 14 mm + 18mm/2 = 43 mm
 As,inf 2 x 18Ø7 = 36Ø7 = 1 385 mm²
 Copriferro inf (ipotesi, centrato nell'anima del traverso) 400 mm
 Staffe Ø14/40 – 2 bracci
 Acciaio di calcolo armonico (fyd = 1480 MPa)

4.2.2 Sollecitazioni

4.2.2.1 Traversi appoggio

| | | | Element | Node | X | Y | Z | Fx | Fz | My |
|-----------|----|-----|---------|------|---------|--------|--------|---------|----------|----------|
| | | | [-] | [-] | [m] | [m] | [m] | [N] | [N] | [Nm] |
| SLU STR | Fx | MAX | 449 | 338 | -0.425 | -1.300 | 10.950 | 63 075 | -1 253 | -59 802 |
| SLU STR | Fx | min | 343 | 259 | 0.425 | -3.900 | 10.950 | -23 438 | 130 982 | -163 510 |
| SLU STR | Fz | MAX | 481 | 381 | -27.525 | 0.433 | 10.950 | -4 940 | 200 691 | 74 945 |
| SLU STR | Fz | min | 668 | 533 | 27.525 | 3.900 | 10.950 | 11 465 | -132 850 | 90 035 |
| SLU STR | My | MAX | 481 | 392 | -27.525 | 1.300 | 10.950 | -4 940 | 200 691 | 248 877 |
| SLU STR | My | min | 445 | 310 | -27.525 | -1.300 | 10.950 | -2 234 | 166 366 | -223 902 |
| SISMA SLV | Fx | MAX | 704 | 554 | 27.525 | 5.633 | 10.950 | 69 286 | 63 985 | 34 781 |
| SISMA SLV | Fx | min | 695 | 545 | -27.525 | 5.633 | 10.950 | -87 595 | -2 073 | -10 188 |
| SISMA SLV | Fz | MAX | 695 | 545 | -27.525 | 5.633 | 10.950 | 67 677 | 100 878 | 41 911 |
| SISMA SLV | Fz | min | 231 | 146 | -27.525 | -6.500 | 10.950 | -87 472 | -85 377 | -5 360 |
| SISMA SLV | My | MAX | 695 | 556 | -27.525 | 6.500 | 10.950 | 66 925 | 100 370 | 140 849 |
| SISMA SLV | My | min | 659 | 474 | -27.525 | 3.900 | 10.950 | -83 138 | -11 466 | -82 750 |
| ECC-Urto | Fx | MAX | 556 | 420 | -0.425 | 1.300 | 10.950 | 327 | -9 800 | -2 979 |
| ECC-Urto | Fx | min | 343 | 259 | 0.425 | -3.900 | 10.950 | -28 653 | -30 323 | 51 118 |
| ECC-Urto | Fz | MAX | 700 | 550 | 0.425 | 5.633 | 10.950 | -3 853 | 48 373 | 18 233 |
| ECC-Urto | Fz | min | 236 | 177 | 0.425 | -6.500 | 10.950 | -3 865 | -51 582 | 67 106 |
| ECC-Urto | My | MAX | 236 | 177 | 0.425 | -6.500 | 10.950 | -3 865 | -51 582 | 67 106 |
| ECC-Urto | My | min | 272 | 259 | 0.425 | -3.900 | 10.950 | -3 865 | -25 420 | -33 020 |

4.2.2.2 Traversi intermedi

| | | | Element | Node | X | Y | Z | Fx | Fz | My |
|-----------|----|-----|---------|------|---------|--------|--------|----------|----------|----------|
| | | | [-] | [-] | [m] | [m] | [m] | [N] | [N] | [Nm] |
| SLU STR | Fx | MAX | 452 | 355 | 13.975 | -1.300 | 10.950 | 424 918 | -171 138 | -31 340 |
| SLU STR | Fx | min | 233 | 160 | -13.975 | -6.500 | 10.950 | -159 077 | -107 872 | 197 118 |
| SLU STR | Fz | MAX | 590 | 465 | -13.975 | 3.033 | 10.950 | 298 574 | 212 643 | -54 045 |
| SLU STR | Fz | min | 452 | 355 | 13.975 | -1.300 | 10.950 | -13 901 | -276 822 | 306 677 |
| SLU STR | My | MAX | 452 | 355 | 13.975 | -1.300 | 10.950 | -14 158 | -276 549 | 306 753 |
| SLU STR | My | min | 590 | 488 | -13.975 | 3.900 | 10.950 | 163 586 | -138 417 | -283 246 |
| SISMA SLV | Fx | MAX | 595 | 470 | 13.975 | 3.033 | 10.950 | 24 026 | 66 082 | 11 512 |
| SISMA SLV | Fx | min | 340 | 242 | -13.975 | -3.900 | 10.950 | -86 078 | -66 700 | 19 715 |
| SISMA SLV | Fz | MAX | 590 | 465 | -13.975 | 3.033 | 10.950 | 23 827 | 66 089 | 11 558 |
| SISMA SLV | Fz | min | 559 | 437 | 13.975 | 1.300 | 10.950 | -40 364 | -86 239 | 26 061 |
| SISMA SLV | My | MAX | 452 | 355 | 13.975 | -1.300 | 10.950 | -45 389 | -24 484 | 102 823 |
| SISMA SLV | My | min | 590 | 488 | -13.975 | 3.900 | 10.950 | -42 535 | -38 536 | -68 398 |
| ECC-Urto | Fx | MAX | 237 | 184 | 7.225 | -6.500 | 10.950 | -21 232 | -9 007 | 11 623 |
| ECC-Urto | Fx | min | 447 | 324 | -13.975 | -1.300 | 10.950 | -61 835 | -17 069 | 24 911 |
| ECC-Urto | Fz | MAX | 274 | 224 | 13.975 | -4.767 | 10.950 | -27 667 | 31 825 | 15 436 |
| ECC-Urto | Fz | min | 666 | 519 | 13.975 | 3.900 | 10.950 | -27 665 | -28 995 | 35 097 |
| ECC-Urto | My | MAX | 273 | 266 | 7.225 | -3.900 | 10.950 | -43 155 | 29 067 | 44 827 |
| ECC-Urto | My | min | 578 | 469 | 7.225 | 3.033 | 10.950 | -29 207 | -5 017 | -2 276 |

4.2.3 Pressoflessione SLU

4.2.3.1 Traversi appoggio

Verifica C.A. S.L.U. - File: Traversi_app

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo :

N° figure elementari 2 Zoom N° strati barre 4 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 66.4 | 20 |
| 2 | 30 | 80 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 5.09 | 4.3 |
| 2 | 3.08 | 4.3 |
| 3 | 3.08 | 15.7 |
| 4 | 11.22 | 80 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

Materiali

Aq 42 C32/40

ϵ_{su} 67.5 % ϵ_{c2} 2 %
 f_{yd} 200 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 %
 E_s 210 000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 0.9524 % $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 140 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 186.8 kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 200 N/mm²
 ϵ_c 3.337 %
 ϵ_s 67.5 %
 d 80 cm
 x 3.768 x/d 0.0471
 δ 0.7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Verifica C.A. S.L.U. - File: Traversi_app

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo :

N° figure elementari 2 Zoom N° strati barre 4 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 66.4 | 20 |
| 2 | 30 | 80 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 5.09 | 4.3 |
| 2 | 3.08 | 4.3 |
| 3 | 3.08 | 15.7 |
| 4 | 11.22 | 80 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

Aq 42 C32/40

ϵ_{su} 67.5 % ϵ_{c2} 2 %
 f_{yd} 200 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 %
 E_s 210 000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 0.9524 % $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 140 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

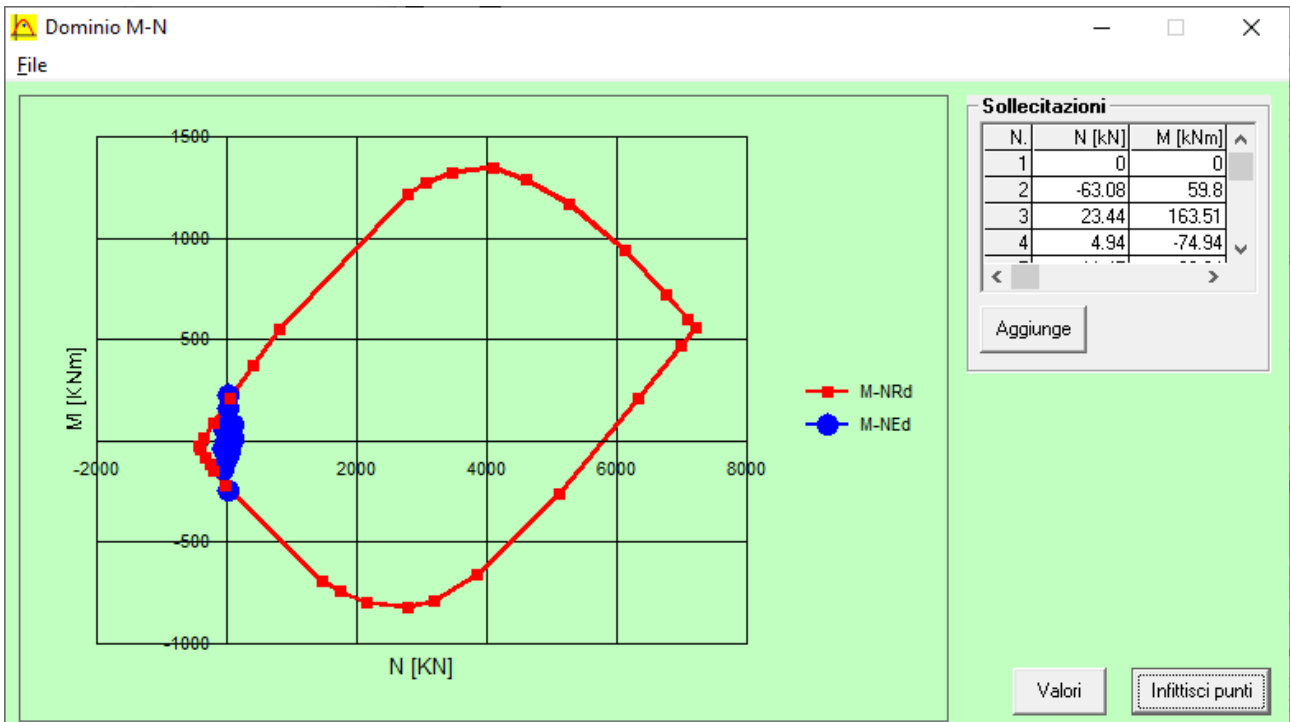
M_{xRd} -234.1 kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 200 N/mm²
 ϵ_c 3.5 %
 ϵ_s 29.37 %
 d 95.7 cm
 x 10.19 x/d 0.1065
 δ 0.7

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

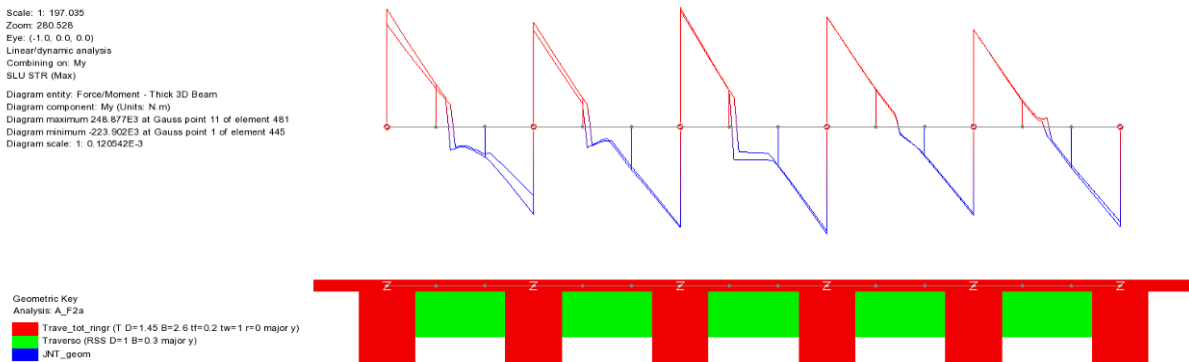
Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso



Sezione non verificata per i picchi che però sono determinati in corrispondenza del corpo delle travi.



La verifica si ritiene soddisfatta.

4.2.3.2 Traversi intermedi

Verifica C.A. S.L.U. - File: Traversi_interm

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 66.4 | 20 |
| 2 | 30 | 80 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 5.09 | 4.3 |
| 2 | 3.08 | 4.3 |
| 3 | 3.08 | 15.7 |

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Armatura Precompressione
 N° strati cavi Zoom

| N° | As [cm²] | d [cm] | σ_{sp} [MPa] |
|----|----------|--------|---------------------|
| 1 | 13.85 | 60 | 900 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipologia rottura
 Lato calcestruzzo - Cavo snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione
 Retta Deviata

Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali
 Aq 42 C32/40
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 200 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 210 000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 0.9524 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 140 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

M_{xRd} kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s -126 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s -0.6001 ‰
 d 60 cm
 x 18.95 x/d 0.3158
 δ 0.8348

Armatura Precompressione
 Tref
 ϵ_{su} 67.5 ‰
 f_{yd} 1 480 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.048 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 3000 N/mm²
 σ_{sp} 1 480 N/mm²
 ϵ_{sp} 11.87 ‰ compressa predef.

Verifica C.A. S.L.U. - File: Traversi_interm

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 66.4 | 20 |
| 2 | 30 | 80 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 5.09 | 4.3 |
| 2 | 3.08 | 4.3 |
| 3 | 3.08 | 15.7 |

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Armatura Precompressione
 N° strati cavi Zoom

| N° | As [cm²] | d [cm] | σ_{sp} [MPa] |
|----|----------|--------|---------------------|
| 1 | 13.85 | 60 | 900 |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipologia rottura
 Lato calcestruzzo - Cavo elastico

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia flessione
 Retta Deviata

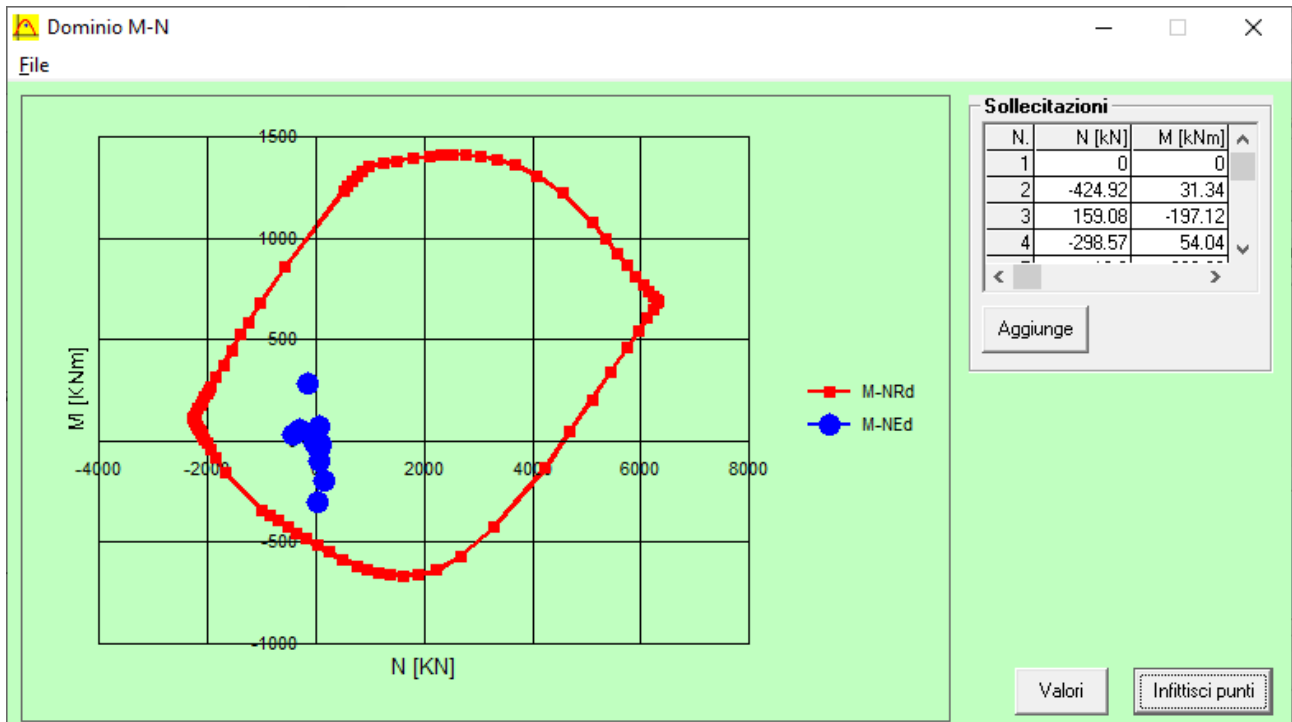
Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali
 Aq 42 C32/40
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 200 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 210 000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 0.9524 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 140 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

M_{xRd} kN m
 σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 200 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 5.807 ‰
 d 95.7 cm
 x 35.99 x/d 0.3761
 δ 0.9101

Armatura Precompressione
 Tref
 ϵ_{su} 67.5 ‰
 f_{yd} 1 480 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.048 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 3000 N/mm²
 σ_{sp} 981.9 N/mm²
 ϵ_{sp} 4.676 ‰ compressa predef.



4.2.4 Taglio SLU

4.2.4.1 Traversi appoggio

| | | | | | | |
|---------------------------|---------------|-------------------|--|---------------|-------|-------------------|
| B | 300.0 | mm | | fck | 32.0 | N/mm ² |
| H | 1000.0 | mm | | γc | 1.50 | - |
| | | | | fcd | 18.13 | N/mm ² |
| As,long | 5.09 | cm ² | | | | |
| | 2 | Φ | 18 | | | |
| Copriferro | 30.0 | mm | | | | |
| d | 970.0 | mm | | | | |
| σcp | 0.000 | N/mm ² | | NSd,esterna | 0 | [N] |
| k | 1.45 | - | | NSd,precompr. | 0 | [N] |
| ρl | 0.002 | - | | α precompr | 0.00 | [°] |
| V _{min} | 0.35 | N/mm ² | | NSd,tot | 0 | [N] |
| V_{Rd} | 101.02 | kN | Sezioni non armate a taglio | | | |
| Staffe | | | | | | |
| | Φ | 14 | passo | 40 | cm | |
| n° bracci | 2 | - | | | | |
| Asw | 3.08 | cm ² | | | | |
| f _{yd} | 200.0 | N/mm ² | | | | |
| α | 90.0 | ° | ctg(α) | 0.00 | | |
| θ | 21.8 | ° | ctg(θ) | 2.50 | | |
| V_{Rsd} | 335.99 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio trazione" | | | |
| α _c | 1.00 | - | | | | |
| f _{cd} | 9.07 | N/mm ² | | | | |
| V_{Rcd} | 818.77 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio compressione" | | | |
| V_{Rd} | 335.99 | kN | | | | |
| V_{Sd} | 200.69 | kN | | | | |
| V_{Sd,ris} | 200.69 | kN | | | | |
| Verificata | | | | | | |

4.2.4.2 Traversi intermedi

| n° [-] | Ø [mm] | As,tot[mm²] | σ,sp [MPa] |
|--------|--------|-------------|------------|
| 36 | 7 | 1 385 | 900 |

| | | | | |
|---------------------------|------------------|--|---------------|---------------|
| B | 300.0 mm | | fck | 32.0 N/mm² |
| H | 1000.0 mm | | γc | 1.50 - |
| | | | fcd | 18.13 N/mm² |
| As,long | 5.09 cm² | | | |
| | 2 Φ | 18 | | |
| Copriferro | 30.0 mm | | | |
| d | 970.0 mm | | | |
| σcp | 3.627 N/mm² | | NSd,esterna | 0 [N] |
| k | 1.45 - | | NSd,precompr. | 1 246 898 [N] |
| ρl | 0.002 - | | α precompr | 0.00 [°] |
| V _{min} | 0.35 N/mm² | | NSd,tot | 1 246 898 [N] |
| V_{Rd} | 259.33 kN | Sezioni non armate a taglio | | |
| Staffe | | | | |
| Φ | 14 | passo | 40 | cm |
| n° bracci | 2 | - | | |
| Asw | 3.08 | cm² | | |
| f _{yd} | 200.0 | N/mm² | | |
| α | 90.0 ° | ctg(α) | 0.00 | |
| θ | 21.8 ° | ctg(θ) | 2.50 | |
| V_{Rsd} | 335.99 kN | Resistenza di calcolo a "taglio trazione" | | |
| α _c | 1.00 - | | | |
| f _{cd} | 9.07 | N/mm² | | |
| V_{Rcd} | 818.77 kN | Resistenza di calcolo a "taglio compressione" | | |
| V_{Rd} | 335.99 kN | | | |
| V_{Sd} | 306.75 kN | | | |
| V_{Sd,ris} | 306.75 kN | | | |
| Verificata | | | | |

4.3 VINCOLI

4.3.1 Isolatori

| Caratteristiche dispositivi | | | | | | | | | | | |
|--|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|--------|----------------------|--------|--------|
| Tipologia | | | kh | ξ | | | | | | | |
| [-] | | | [kN/mm] | [%] | | | | | | | |
| Isolatore elastomero ad alta dissipazione HDRB/H | | | 1.40 | 16% | | | | | | | |
| PORTATE APPARECCHIATURE APPOGGI - FASE STATICA | | | | | | | | | | | |
| SLU-STR | | | SLE Rara | | | SLE Frequente | | | SLE Quasi Permanente | | |
| MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz |
| [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| 135 | 1 860 | 800 | 95 | 1 380 | 800 | 20 | 1 165 | 800 | 5 | 835 | 800 |
| PORTATE APPARECCHIATURE APPOGGI - FASE SISMICA | | | | | | | | | | | |
| Sismica S.L.C. | | | Sismica S.L.V. | | | Sismica S.L.D. | | | | | |
| MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz | | | |
| [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | | | |
| 360 | 1 245 | 500 | 325 | 1 025 | 750 | 130 | 960 | 750 | | | |
| DEFORMAZIONI DI PROGETTO DISPOSITIVI ELASTOMERICI (mm) | | | | | | | | | | | |
| SLU-STR | SLE Rara | SLE Freq. | SLE QP | Sismica S.L.C. | Sismica S.L.V. | Sismica S.L.D. | | | | | |
| dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | | | | | |
| ±95 | ±70 | ±15 | ±5 | ±260 | ±235 | ±95 | | | | | |
| ESCURSIONE COMPLESSIVA GIUNTI | | | | | | | | | | | |
| SLE Rara | | | | Sismica S.L.D. | | | | | | | |
| tot long | tot trasv | tot long | tot trasv | tot long | tot trasv | tot long | tot trasv | | | | |
| [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | [mm] | | | | |
| ±65 | ±15 | ±90 | ±85 | | | | | | | | |
| VARCO GIUNTI | | | | | | | | | | | |
| Sismica S.L.C. | | | | | | | | | | | |
| [mm] | | | | | | | | | | | |
| ±250 | | | | | | | | | | | |

4.3.2 Appoggi su pila

| PORTATE APPARECCHIATURE APPOGGI - FASE STATICA | | | | | | | | | | | |
|---|-------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| SLU-STR | | | SLE Rara | | | SLE Frequente | | | SLE Quasi Permanente | | |
| MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz |
| [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] |
| 0 | 0 | 800 | 0 | 0 | 800 | 0 | 0 | 800 | 0 | 0 | 800 |
| PORTATE APPARECCHIATURE APPOGGI - FASE SISMICA | | | | | | | | | | | |
| Sismica S.L.C. | | | Sismica S.L.V. | | | Sismica S.L.D. | | | | | |
| MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz | MAX Fh | MAX Fz | min Fz | | | |
| [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | [kN] | | | |
| 0 | 0 | 350 | 0 | 0 | 550 | 0 | 0 | 650 | | | |
| DEFORMAZIONI DI PROGETTO APPARECCHIATURE APPOGGI (mm) | | | | | | | | | | | |
| SLU-STR | SLE Rara | SLE Freq. | SLE QP | Sismica S.L.C. | Sismica S.L.V. | Sismica S.L.D. | | | | | |
| dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | dh,MAX [mm] | | | | | |
| ±395 | ±265 | ±60 | ±15 | ±275 | ±245 | ±105 | | | | | |

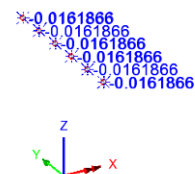
4.3.3 Giunto su pila

Deformazione termica:

Scale: 1: 197,035
 Zoom: 63,5518
 Eye: (-0.435575, -0.784264, 0.44182)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: Fx
 Env. Termico (Max)
 Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4_L46)
 Peak/value component: Fx (Units: N)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum: 0.0123216 at node 175
 Peak/value minimum: 0.0123216 at node 421



Scale: 1: 197,035
 Zoom: 63,5518
 Eye: (-0.435575, -0.784264, 0.44182)
 Linear/dynamic analysis
 Combining on: Fx
 Env. Termico (Min)
 Peak/value entity: Force/Moment - 3D Joint (JSH4_L46)
 Peak/value component: Fx (Units: N)
 Peak range(%): 0.0
 Peak/value maximum: -0.0161866 at node 503
 Peak/value minimum: -0.0161866 at node 175



$Dx, twermica_MAX = 12.3 \text{ mm} + 16.1 \text{ mm} = 28.4 \text{ mm} \dots\dots\dots \sim 30.0 \text{ mm}$

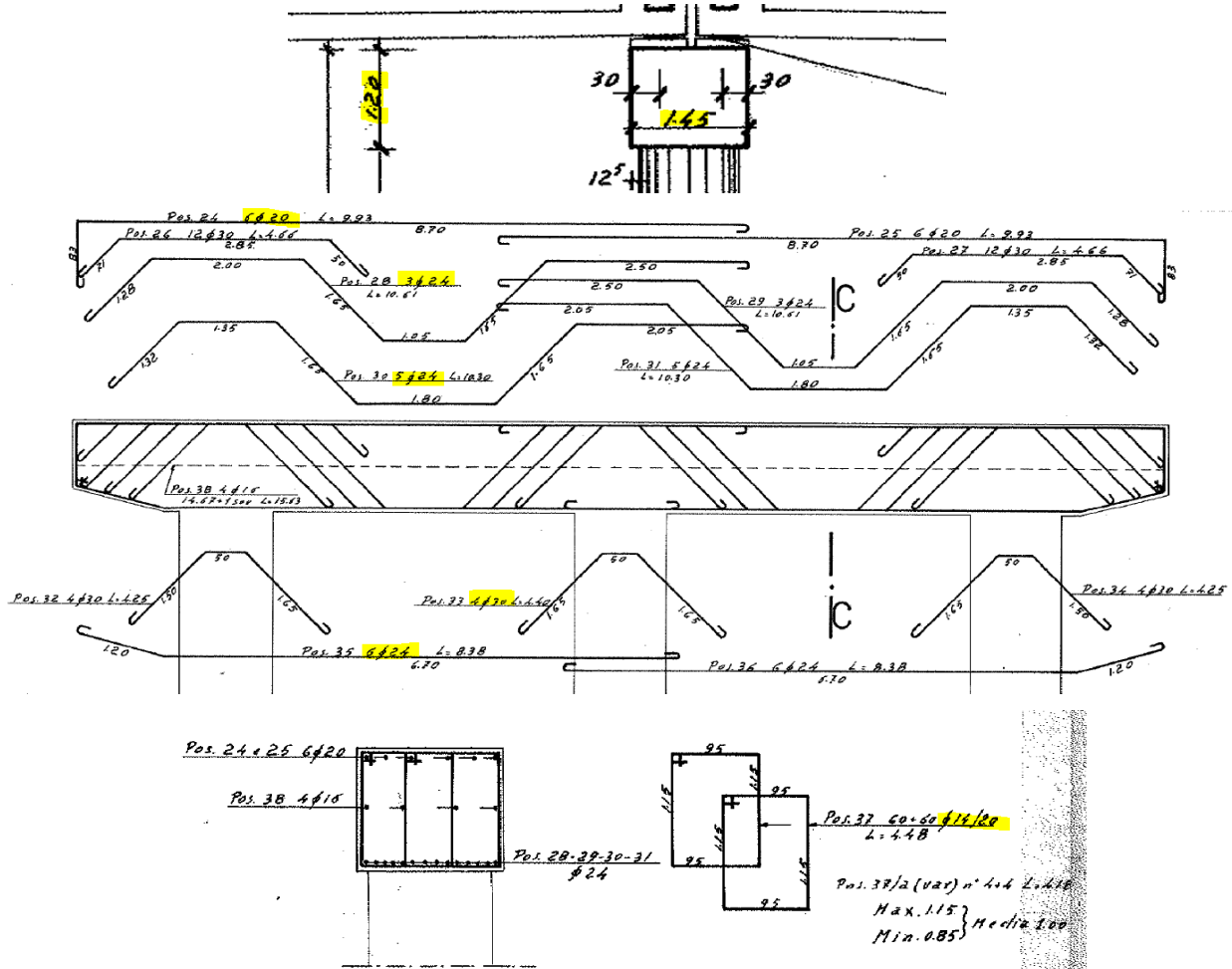
$Sp, giunto \dots\dots\dots 50.0 \text{ mm}$

$Sp, spessoramento = 50.0 \text{ mm} - 30.0 \text{ mm} = \dots\dots\dots 20.0 \text{ mm}$

4.4 PILE

4.4.1 Pulvino

4.4.1.1 Sezione esistente



| | |
|---------------|--------|
| B | 1.45 m |
| H | 1.20 m |
| CLS | C25/30 |
| Acciaio | Aq42 |

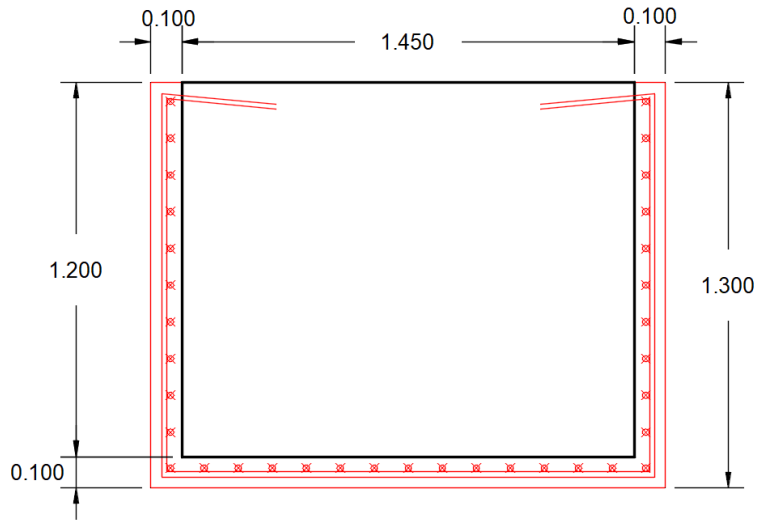
Sezione appoggio (vincolo pila)

| | |
|--|-----------------------|
| $As_{sup} = 6\varnothing 20 + (3+5)\varnothing 24 + 4\varnothing 30 =$ | 83.32 cm ² |
| $As_{inf} = 6\varnothing 24 =$ | 27.14 cm ² |
| Copriferro = ~20 mm + 14 mm_staffe + 30 mm / 2 = | ~50 mm |

Sezione mezzeria (tra le pile)

| | |
|--|-----------------------|
| $As_{sup} = 6\varnothing 20 =$ | 18.55 cm ² |
| $As_{inf} = 6\varnothing 24 + (3+5)\varnothing 24 =$ | 49.76 cm ² |
| Copriferro = ~20 mm + 14 mm_staffe + 30 mm / 2 = | ~50 mm |

4.4.1.2 Sezione ringrossata



$B = 1.45 \text{ m} + 0.10 \text{ m} + 0.10 \text{ m} = \dots\dots\dots 1.65 \text{ m}$

$H = 1.20 \text{ m} + 0.10 \text{ m} = \dots\dots\dots 1.30 \text{ m}$

CLS C25/30

Acciaio (cautelativamente si considera solo quello aggiuntivo) B450C

As 35Ø24

Asw Ø16/10

Copriferro = 35 mm + 16 mm_staffe + 24 mm / 2 = 63 mm

4.4.1.3 Sollecitazioni

Elementi considerati nella verifica:

| | | | Element | Node | X | Y | Z | Fx | Fz | My |
|-----------|----|-----|---------|------|-------|--------|-------|----------|------------|-----------|
| | | | [-] | [-] | [m] | [m] | [m] | [N] | [N] | [Nm] |
| SLU STR | Fx | MAX | 61 | 57 | 0.000 | 3.900 | 9.100 | 69 925 | 2 821 890 | -217 716 |
| SLU STR | Fx | min | 61 | 57 | 0.000 | 3.900 | 9.100 | -47 258 | 2 399 910 | -422 623 |
| SLU STR | Fz | MAX | 61 | 58 | 0.000 | 4.500 | 9.100 | 41 829 | 3 362 200 | 1 510 170 |
| SLU STR | Fz | min | 64 | 60 | 0.000 | 5.900 | 9.100 | 0 | -3 172 370 | 1 908 220 |
| SLU STR | My | MAX | 64 | 60 | 0.000 | 5.900 | 9.100 | 0 | -3 172 370 | 1 908 220 |
| SLU STR | My | min | 57 | 54 | 0.000 | 1.300 | 9.100 | -31 796 | -3 082 880 | -838 039 |
| SISMA SLV | Fx | MAX | 57 | 53 | 0.000 | 0.700 | 9.100 | 90 200 | -1 531 450 | 869 354 |
| SISMA SLV | Fx | min | 47 | 43 | 0.000 | -6.500 | 9.100 | -25 971 | 1 602 510 | 11 222 |
| SISMA SLV | Fz | MAX | 61 | 58 | 0.000 | 4.500 | 9.100 | 80 498 | 2 004 940 | 1 147 470 |
| SISMA SLV | Fz | min | 50 | 46 | 0.000 | -4.500 | 9.100 | -6 215 | -1 932 460 | 625 833 |
| SISMA SLV | My | MAX | 61 | 58 | 0.000 | 4.500 | 9.100 | 83 097 | 1 980 100 | 1 155 590 |
| SISMA SLV | My | min | 58 | 54 | 0.000 | 1.300 | 9.100 | 4 918 | -114 283 | -396 697 |
| ECC-Urto | Fx | MAX | 50 | 46 | 0.000 | -4.500 | 9.100 | 396 783 | -1 686 240 | 701 388 |
| ECC-Urto | Fx | min | 57 | 53 | 0.000 | 0.700 | 9.100 | -307 752 | -1 661 690 | 917 010 |
| ECC-Urto | Fz | MAX | 61 | 58 | 0.000 | 4.500 | 9.100 | -119 161 | 1 896 460 | 1 183 120 |
| ECC-Urto | Fz | min | 50 | 46 | 0.000 | -4.500 | 9.100 | -118 079 | -1 893 180 | 1 193 900 |
| ECC-Urto | My | MAX | 50 | 46 | 0.000 | -4.500 | 9.100 | -125 255 | -1 824 870 | 1 234 600 |
| ECC-Urto | My | min | 59 | 56 | 0.000 | 3.033 | 9.100 | 214 285 | -10 876 | -490 411 |

4.4.1.4 Pressoflessione SLU

Verifica C.A. S.L.U. - File: Pulvino_adeq

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo :

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | -83 | -65 |
| 2 | 82 | -65 |
| 3 | 83 | 65 |
| 4 | -83 | 65 |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|----------|--------|
| 1 | 4.52 | -76.2 | -58.7 |
| 2 | 4.52 | 65.49001 | -58.7 |
| 3 | 4.52 | -54.57 | -58.7 |
| 4 | 4.52 | -43.66 | -58.7 |
| 5 | 4.52 | -32.74 | -58.7 |
| 6 | 4.52 | -21.83 | -58.7 |

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Diagramma della sezione rettangolare con coordinate x e y.

Tipologia di applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipologia di rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo:
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipologia di flessione:
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

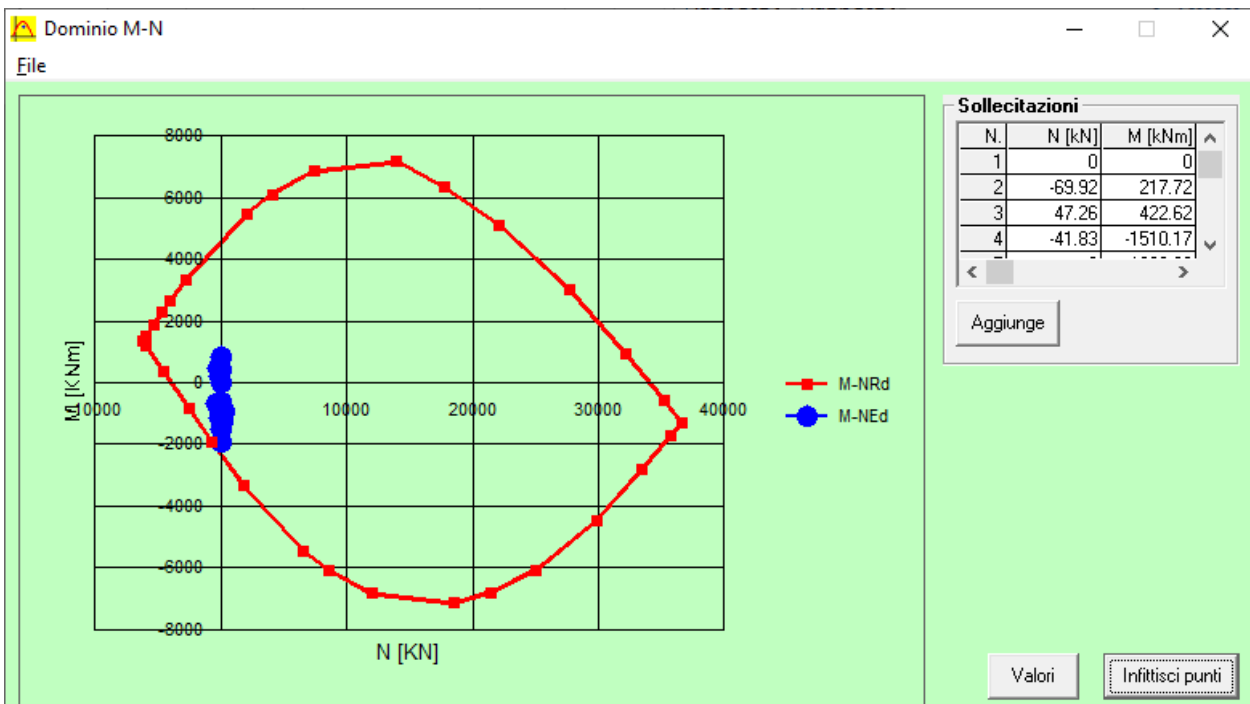
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali:

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c ‰
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ



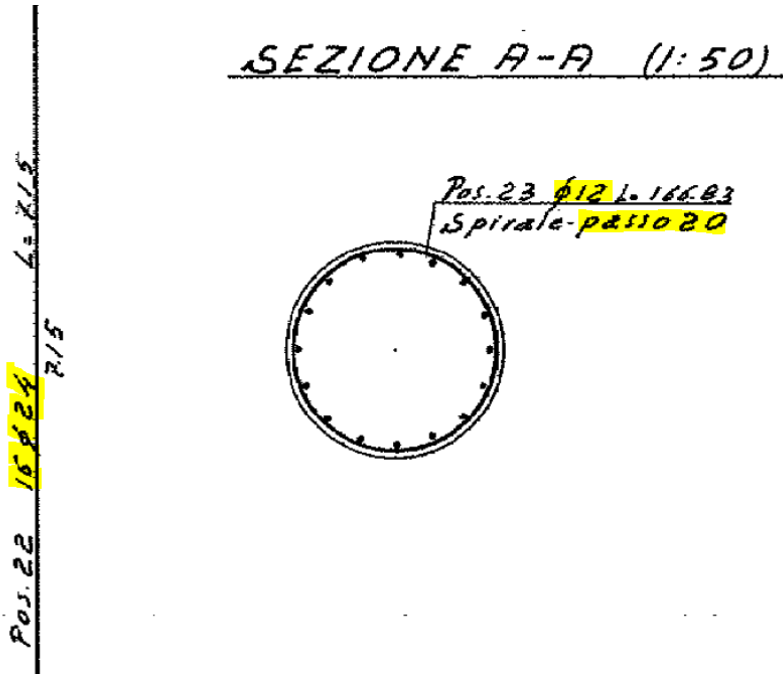
4.4.1.5 Taglio SLU

| | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------|-------------------|--|-------------------|-------|-------------------|
| B | 1650.0 | mm | | fck | 25.0 | N/mm ² |
| H | 1300.0 | mm | | γ_c | 1.00 | - |
| | | | | fcd | 21.25 | N/mm ² |
| As,long | 27.14 | cm ² | | | | |
| | 6 | Φ | 24 | | | |
| Copriferro | 63.0 | mm | | | | |
| d | 1237.0 | mm | | | | |
| σ_{cp} | 0.000 | N/mm ² | | NSd,esterna | 0 | [N] |
| k | 1.40 | - | | NSd,precompr. | 0 | [N] |
| ρ_l | 0.001 | - | | α precompr | 0.0 | [°] |
| V_{min} | 0.29 | N/mm ² | | NSd,tot | 0 | [N] |
| V_{Rd} | 768.81 | kN | Sezioni non armate a taglio | | | |
| Staffe | | | | | | |
| Φ | 16 | passo | 10 | cm | | |
| n° bracci | 2 | - | | | | |
| Asw | 4.02 | cm ² | | | | |
| f _{yd} | 391.3 | N/mm ² | | | | |
| α | 90.0 | ° | ctg(α) | 0.00 | | |
| θ | 21.8 | ° | ctg(θ) | 2.50 | | |
| V_{Rsd} | 4 379.79 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio trazione" | | | |
| α_c | 1.00 | - | | | | |
| f _{cd} | 10.63 | N/mm ² | | | | |
| V_{Rcd} | 6 729.84 | kN | Resistenza di calcolo a "taglio compressione" | | | |
| V_{Rd} | 4 379.79 | kN | | | | |
| V_{Sd} | 3362.20 | kN | | | | |
| $V_{Sd,ris}$ | 3362.20 | kN | | | | |
| Verificata | | | | | | |

4.4.2 Fusto pile

4.4.2.1 Sezioni di verifica

Sezione originale



Calcestruzzo dosato a 300 Kg di cemento tipo 730

Acciaio semiduro A9.50

Sezione cerchiata

| | |
|--|---------------|
| Sovraspessore | 10 cm |
| Øtot | 1.40 m |
| As | 22Ø20 |
| Asw | staffe Ø16/20 |
| Copriferro = 35 mm + 16 mm + 20 mm / 2 = | 61 mm |
| CLS (in analogia al cls esistente) | C25/30 |
| Acciaio (solo il nuovo) | B450C |

4.4.2.2 Sollecitazioni

| | | | Fx | Fy | Fz | Mx | My | Mz | M,ris | V,ris |
|-----------|----|-----|------------|----------|----------|----------|------------|------------|-----------|---------|
| | | | [N] | [N] | [N] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [Nm] | [N] |
| SLU STR | Fx | MAX | -3 221 920 | -9 | -1 202 | 12 | -5 605 | -821 | 5 665 | 1 202 |
| SLU STR | Fx | min | -6 824 020 | -118 | -43 680 | 524 | 48 229 | -3 914 | 48 388 | 43 680 |
| SLU STR | Fy | MAX | -5 839 810 | 20 021 | -8 366 | -5 022 | 14 448 | 324 995 | 325 316 | 21 699 |
| SLU STR | Fy | min | -4 927 980 | -20 014 | -11 549 | 5 015 | 20 186 | -325 008 | 325 634 | 23 107 |
| SLU STR | Fz | MAX | -4 951 230 | -11 | 64 097 | -18 | -148 565 | 581 | 148 566 | 64 097 |
| SLU STR | Fz | min | -6 131 660 | 2 235 | -71 776 | -8 507 | 118 801 | 100 888 | 155 859 | 71 811 |
| SLU STR | Mx | MAX | -4 535 830 | -2 537 | -8 026 | 34 265 | -30 339 | -357 803 | 359 087 | 8 417 |
| SLU STR | Mx | min | -5 447 660 | 2 544 | -11 967 | -34 272 | -22 455 | 357 789 | 358 493 | 12 234 |
| SLU STR | My | MAX | -4 603 320 | -11 | 61 222 | -18 | 227 211 | 516 | 227 212 | 61 222 |
| SLU STR | My | min | -5 886 290 | 2 235 | -69 847 | -8 507 | -303 946 | 114 189 | 324 688 | 69 882 |
| SLU STR | Mz | MAX | -5 791 420 | 8 272 | -33 775 | -31 871 | -160 687 | 453 830 | 481 437 | 34 773 |
| SLU STR | Mz | min | -4 995 750 | -8 274 | -34 484 | 31 866 | -163 277 | -453 824 | 482 302 | 35 462 |
| SISMA SLV | Fx | MAX | -3 110 340 | 33 050 | 32 178 | -1 | 108 775 | 109 392 | 154 268 | 46 127 |
| SISMA SLV | Fx | min | -4 109 490 | -45 595 | -169 222 | -1 702 | -309 584 | -137 572 | 338 775 | 175 257 |
| SISMA SLV | Fy | MAX | -3 619 040 | 161 512 | 44 034 | -747 | 141 441 | 524 427 | 543 166 | 167 407 |
| SISMA SLV | Fy | min | -3 687 510 | -161 506 | -48 772 | 740 | -131 244 | -524 438 | 540 611 | 168 709 |
| SISMA SLV | Fz | MAX | -3 453 990 | 45 605 | 173 073 | 1 771 | 293 491 | 137 004 | 323 894 | 178 981 |
| SISMA SLV | Fz | min | -4 006 910 | -45 247 | -173 512 | -3 040 | -298 689 | -122 046 | 322 661 | 179 314 |
| SISMA SLV | Mx | MAX | -3 587 920 | 153 523 | 82 316 | 11 121 | 11 978 | 408 647 | 408 823 | 174 199 |
| SISMA SLV | Mx | min | -3 753 660 | -153 528 | 5 185 | -11 128 | -227 377 | -408 649 | 467 648 | 153 616 |
| SISMA SLV | My | MAX | -3 433 490 | 45 608 | 83 851 | 1 862 | 501 154 | 137 017 | 519 547 | 95 452 |
| SISMA SLV | My | min | -3 890 980 | -46 652 | -84 042 | -5 059 | -508 948 | -110 697 | 520 847 | 96 122 |
| SISMA SLV | Mz | MAX | -3 560 460 | 158 712 | 44 105 | -5 080 | 134 716 | 529 940 | 546 795 | 164 726 |
| SISMA SLV | Mz | min | -3 629 900 | -158 706 | -48 854 | 5 074 | -137 472 | -529 951 | 547 491 | 166 055 |
| ECC-Urto | Fx | MAX | -3 077 400 | 3 | -189 674 | -3 | -528 030 | 12 | 528 030 | 189 674 |
| ECC-Urto | Fx | min | -3 803 320 | -2 | -118 079 | -4 | 437 554 | -1 | 437 554 | 118 079 |
| ECC-Urto | Fy | MAX | -3 629 350 | 435 364 | -43 974 | 111 734 | 102 614 | -1 261 280 | 1 265 447 | 437 579 |
| ECC-Urto | Fy | min | -3 637 620 | -435 367 | 45 056 | 111 732 | -103 164 | 1 261 280 | 1 265 492 | 437 692 |
| ECC-Urto | Fz | MAX | -3 618 630 | -2 | 693 330 | -4 | -1 487 210 | -1 | 1 487 210 | 693 330 |
| ECC-Urto | Fz | min | -3 610 360 | -1 | -692 248 | -2 | 1 486 660 | 6 | 1 486 660 | 692 248 |
| ECC-Urto | Mx | MAX | -3 629 350 | 435 364 | -43 974 | 111 734 | 102 614 | -1 261 280 | 1 265 447 | 437 579 |
| ECC-Urto | Mx | min | -3 637 620 | 435 362 | 45 056 | -111 739 | -103 164 | -1 261 280 | 1 265 492 | 437 687 |
| ECC-Urto | My | MAX | -3 610 360 | -1 | -692 248 | -2 | 1 486 660 | 6 | 1 486 660 | 692 248 |
| ECC-Urto | My | min | -3 618 630 | -2 | 693 330 | -4 | -1 487 210 | -1 | 1 487 210 | 693 330 |
| ECC-Urto | Mz | MAX | -3 629 350 | -435 365 | -43 974 | -111 738 | 102 614 | 1 261 290 | 1 265 457 | 437 580 |
| ECC-Urto | Mz | min | -3 637 620 | 435 362 | 45 056 | -111 739 | -103 164 | -1 261 280 | 1 265 492 | 437 687 |

4.4.2.3 Pressoflessione SLU

Verifica C.A. S.L.U. - File: Pile_2020-10-22_cerchiate

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

TITOLO :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 70 [cm]
 Raggio interno 0 [cm]
 N° barre uguali 22
 Diametro barre 2 [cm]
 Copriferro (baric.) 6.1 [cm]

N° barre 0 Zoom

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

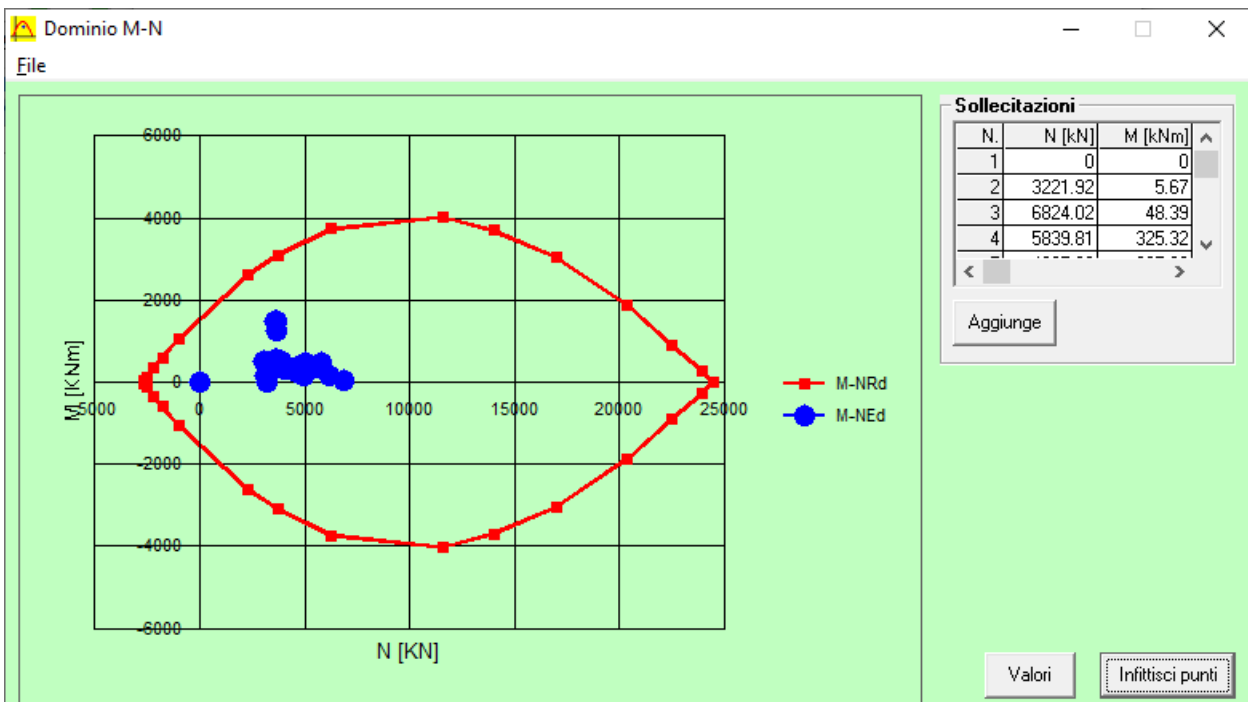
Vertici: 52 N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

Materiali

B450C C25/30

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 210 000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 1.863 ‰ σ_{c,adm} 9.75
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 1 592 kN m
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 18.75 ‰
 d 133.9 cm
 x 21.06 x/d 0.1573
 δ 0.7



4.4.2.4 Taglio

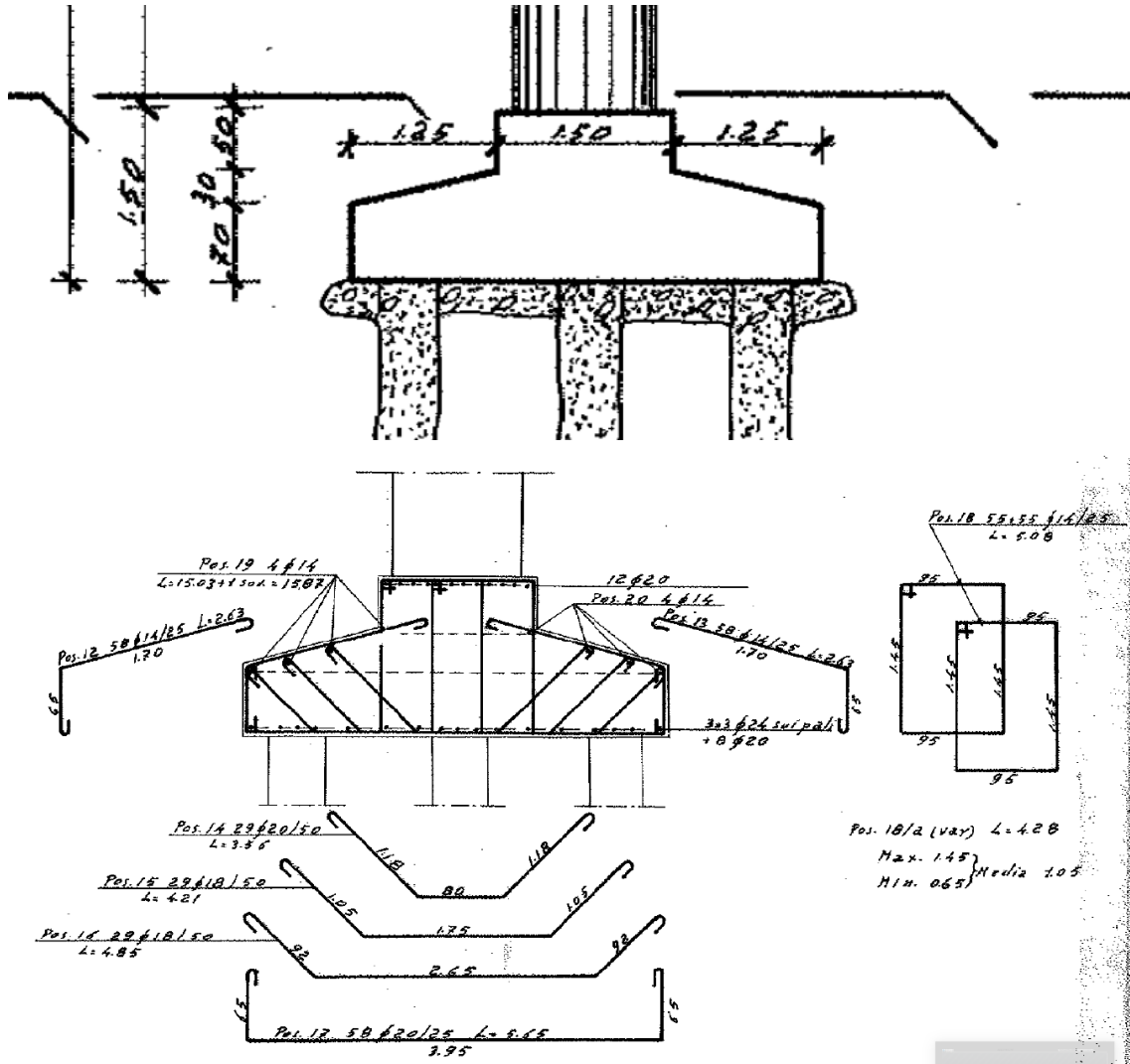
| | | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------|--|-----------|--|--|
| | D esterno | 1 200 | A reale | 1 130 973 | | |
| | d | 1 148 | D interno | 0 | | |
| § 7.9.5.2.2 NTC | bw | 1106.7 | (PI.GRECO()* $(diam^2)/4$)/(d+coprif) | | | |
| | d | 982.0 | diam/2+diam/PI.GRECO() | | | |
| | Aeq | 1 086 707 | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------------|-----------|-------------------|
| B | 1 107 | mm | fck | 25.0 | N/mm ² |
| H | 1 022 | mm | γ_c | 1.50 | - |
| | | | fcd | 14.17 | N/mm ² |
| As,long | 13.57 | cm ² | | | |
| | 3 | Φ | 24 | | |
| Copriferro | 40.0 | mm | | | |
| d | 982.0 | mm | | | |
| α_{cp} | 2.135 | N/mm ² | NSd,esterna | 2 414 850 | [N] |
| k | 1.45 | - | NSd,precompr. | 0 | [N] |
| ρ_l | 0.001 | - | α precompr | 0.0 | [°] |
| V_{min} | 0.31 | N/mm ² | NSd,tot | 2414850 | [N] |
| V_{Rd} | 680.55 | kN | Sezioni non armate a taglio | | |
| V_{Sd} | 179.31 | kN | | | |
| $V_{Sd,ris}$ | 179.31 | kN | | | |
| | Verificata | | | | |

| | | | | | |
|--------------------------------|---------------|-------------------|------------------------------------|-----------|-------------------|
| B | 1 107 | mm | fck | 25.0 | N/mm ² |
| H | 1 022 | mm | γ_c | 1.00 | - |
| | | | fcd | 21.25 | N/mm ² |
| As,long | 13.57 | cm ² | | | |
| | 3 | Φ | 24 | | |
| Copriferro | 40.0 | mm | | | |
| d | 982.0 | mm | | | |
| α_{cp} | 2.135 | N/mm ² | NSd,esterna | 2 414 850 | [N] |
| k | 1.45 | - | NSd,precompr. | 0 | [N] |
| ρ_l | 0.001 | - | α precompr | 0.0 | [°] |
| V_{min} | 0.31 | N/mm ² | NSd,tot | 2414850 | [N] |
| V_{Rd} | 762.97 | kN | Sezioni non armate a taglio | | |
| V_{Sd} | 693.33 | kN | | | |
| $V_{Sd,ris}$ | 693.33 | kN | | | |
| | Verificata | | | | |

4.4.3 Plinto pile

4.4.3.1 Sezione di verifica



| | |
|--|--------------------------|
| (B | 1.00 m) |
| H | 1.00 m |
| Cls | C25/30 |
| As,sup = Ø14/25 = | 6.16 cm ² /m |
| As,inf = 1Ø20/25 + 1Ø18/50 + 1Ø18/50 = (4Ø20 + 2Ø18)/m = | 17.66 cm ² /m |
| Acciaio | Aq42 |

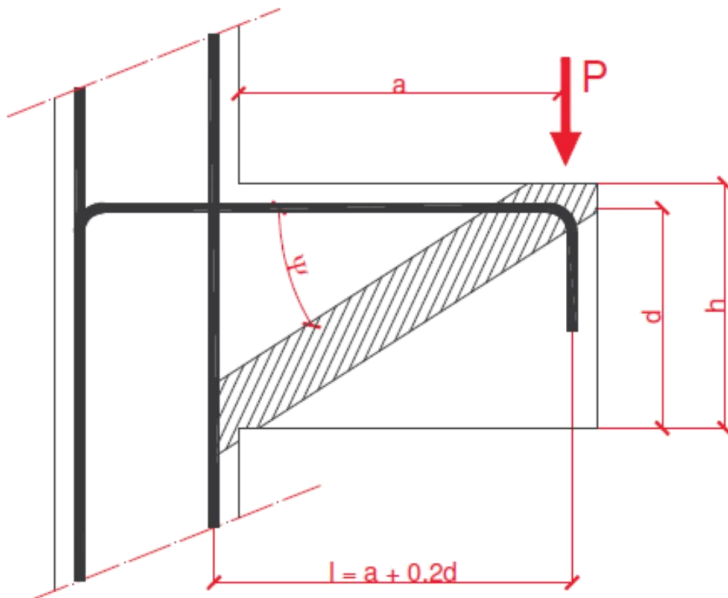
4.4.3.2 Sollecitazioni

Come fondazione diretta.

| | | | Element | Node | X | Y | Z | Fx | Fz | My | e | B/6 |
|-----------|----|-----|---------|------|-------|-------|-------|------------|-------------|------------|-------|-------|
| | | | [-] | [-] | [m] | [m] | [m] | [N] | [N] | [Nm] | [m] | [m] |
| SLU STR | Fx | MAX | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1 | -13 527 100 | -503 302 | 0.037 | 0.667 |
| SLU STR | Fx | min | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | -1 | -17 858 200 | 503 302 | 0.028 | 0.667 |
| SLU STR | Fz | MAX | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0 | -12 369 100 | 2 350 | 0.000 | 0.667 |
| SLU STR | Fz | min | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0 | -20 275 500 | 9 486 | 0.000 | 0.667 |
| SLU STR | My | MAX | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0 | -18 709 600 | 1 086 460 | 0.058 | 0.667 |
| SLU STR | My | min | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 0 | -15 483 500 | -1 086 460 | 0.070 | 0.667 |
| SISMA SLV | Fx | MAX | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1 020 620 | -12 338 300 | 2 340 910 | 0.190 | 0.667 |
| SISMA SLV | Fx | min | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | -1 020 620 | -12 752 400 | -2 340 910 | 0.184 | 0.667 |
| SISMA SLV | Fz | MAX | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 306 187 | -11 683 700 | 724 992 | 0.062 | 0.667 |
| SISMA SLV | Fz | min | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | -306 187 | -13 593 500 | -723 238 | 0.053 | 0.667 |
| SISMA SLV | My | MAX | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 1 020 620 | -12 546 300 | 2 576 440 | 0.205 | 0.667 |
| SISMA SLV | My | min | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | -1 020 620 | -12 960 300 | -2 576 430 | 0.199 | 0.667 |
| ECC-Urto | Fx | MAX | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 500 000 | -12 374 600 | 2 500 000 | 0.202 | 0.667 |
| ECC-Urto | Fx | min | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | -500 000 | -12 374 600 | -2 500 000 | 0.202 | 0.667 |
| ECC-Urto | Fz | MAX | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 500 000 | -12 374 600 | 2 500 000 | 0.202 | 0.667 |
| ECC-Urto | Fz | min | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | -500 000 | -12 374 600 | -2 500 000 | 0.202 | 0.667 |
| ECC-Urto | My | MAX | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | 500 000 | -12 374 600 | 2 500 000 | 0.202 | 0.667 |
| ECC-Urto | My | min | 1 | 1 | 0.000 | 0.000 | 1.000 | -500 000 | -12 374 600 | -2 500 000 | 0.202 | 0.667 |

B 14.80 m
 H 4.00 m
 A,plinto = 14.80 m x 4.00 m = 59.2 m²
 W,plinto = 14.80 m x (4.00 m)² / 6 = 39.47 m³
 J,plinto = 14.80 m x (4.00 m)³ / 12 = 78.93 m⁴
 $\sigma_{MAX} = -12\,546\,300\text{ N} / 59.2\text{ m}^2 - 2\,576\,440\text{ Nm} / 39.47\text{ m}^3 = \dots\dots\dots -0.277\text{ MPa}$
 $\sigma_{\text{filo pila}} = -12\,546\,300\text{ N} / 59.2\text{ m}^2 - 2\,576\,440\text{ Nm} \times (1.50\text{ m} / 2) / 78.93\text{ m}^4 = \dots\dots\dots -0.236\text{ MPa}$
 N,puntone = media (0.236; 0.277) MPa x 1.00 m x 1.25 m = 320.625 kN
 a,puntone = (0.236 x 1.25/2 + 0.5 x (0.277-0.236) x 2/3 x 1.25) / media (0.236; 0.277) = . 0.641 m

4.4.3.3 Tirante-puntone

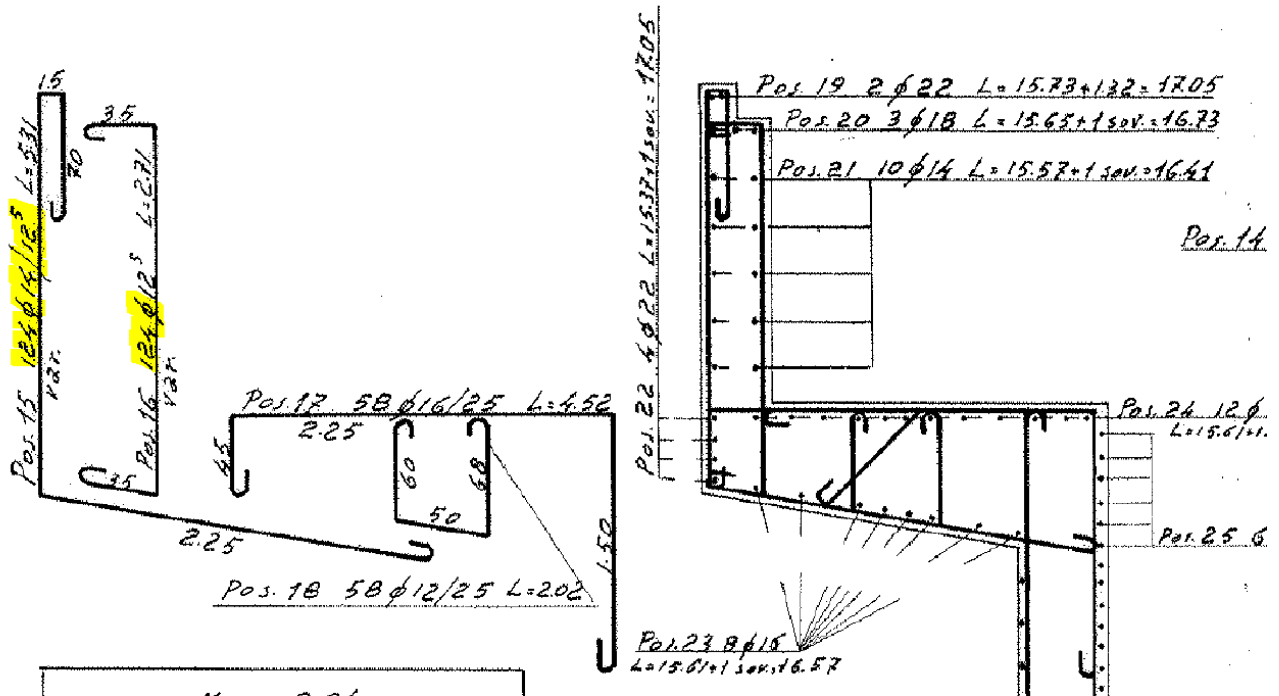


| | | | |
|---------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| fck | 25.0 | N/mm ² | |
| γc | 1.50 | - | |
| fcd | 14.17 | N/mm ² | |
| fyd | 200.0 | N/mm ² | |
| b | 1.000 | [m] | : larghezza mensola |
| h | 1.000 | [m] | : altezza sezione |
| c | 0.030 | [m] | : copriferro |
| d | 0.970 | [m] | : altezza utile |
| a | 0.641 | [m] | : braccio forzante |
| l | 0.835 | [m] | : lunghezza traliccio |
| 0.9 x d | 0.873 | [m] | : altezza traliccio |
| ψ | 0.808 | [rad] | : inclinazione puntone |
| | 46.27 | [°] | |
| As,disp | 17.66 | [cm ²] | |
| P | 320 625 | [N] | : azione punzonante |
| Pc,Rd | 1 986 110 | [N] | : resistenza biella compressa |
| | 16.1% | [%] | : impegno biella compressa |
| Pt,Rd | 369 274 | [N] | : resistenza armatura tesa |
| | 86.8% | [%] | : impegno armatura tesa |

4.5 SPALLE

4.5.1 Paraghaia

4.5.1.1 Sezione resistente



Calcestruzzo per pali dosato a 350 Kg di cemento tipo 600
 Calcestruzzo per soletta dosato a 200 Kg di cemento tipo 600
 Calcestruzzo spalle dosato a 300 Kg di cemento tipo 730
 Acciaio semiduro A950

- (B 1.00 m)
- Sp 0.40 m
- As 1+1Ø14/12.5
- CLS C25/30
- Acciaio Aq50

4.5.1.2 Sollecitazioni

Da spinta del terreno:

| | Vx [kN/m] | Vy [kN/m] | N [kN/m] | Mx [kNm/m] | My [kNm/m] |
|-----------------------------|-----------|-----------|----------|------------|------------|
| S.L.U. STR | 20.91 | 0.00 | -35.02 | 0.00 | 14.11 |
| S.L.U. Sisma (θ_1) | 18.35 | 0.00 | -17.94 | 0.00 | 12.64 |
| S.L.U. Sisma (θ_2) | 18.87 | 0.00 | -17.94 | 0.00 | 13.04 |

Da frenatura (NTC2018):

C5.1.3.3.2 Carichi orizzontali da traffico su rilevati e su terrapieni adiacenti al ponte

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.

Per il calcolo dei muri paraghiaia si deve, invece, considerare un’azione orizzontale longitudinale di frenamento, applicata alla testa del muro paraghiaia (vedi Figura C5.1.1), di valore caratteristico pari al 60% del carico asse Q_{1k} . Pertanto si considererà un carico orizzontale di 180 kN, concomitante con un carico verticale di 300 kN.

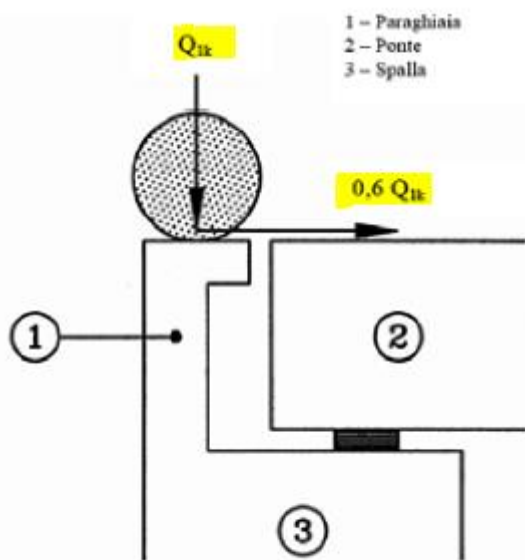


Figura C5.1.1 - Carichi da traffico su muri paraghiaia

| | |
|--|-------------|
| B,diffusione = 2 x 1.53 m (h,paraghiaia) = | 3.06 m |
| V,SLU = 180 kN / 3.06 m = | 58.8 kN/m |
| M,SLU = 1.53 m x 180 kN / 3.06 m = | 90.00 kNm/m |
| N,SLU = 300 kN / 3.06 m = | 98.04 kN/m |

4.5.1.3 Pressoflessione SLU

Verifica C.A. S.L.U. - File: Spalla_Paragliaia

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 40 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 12.32 | 3 |
| 2 | 12.32 | 37 |

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ cm Col. modello

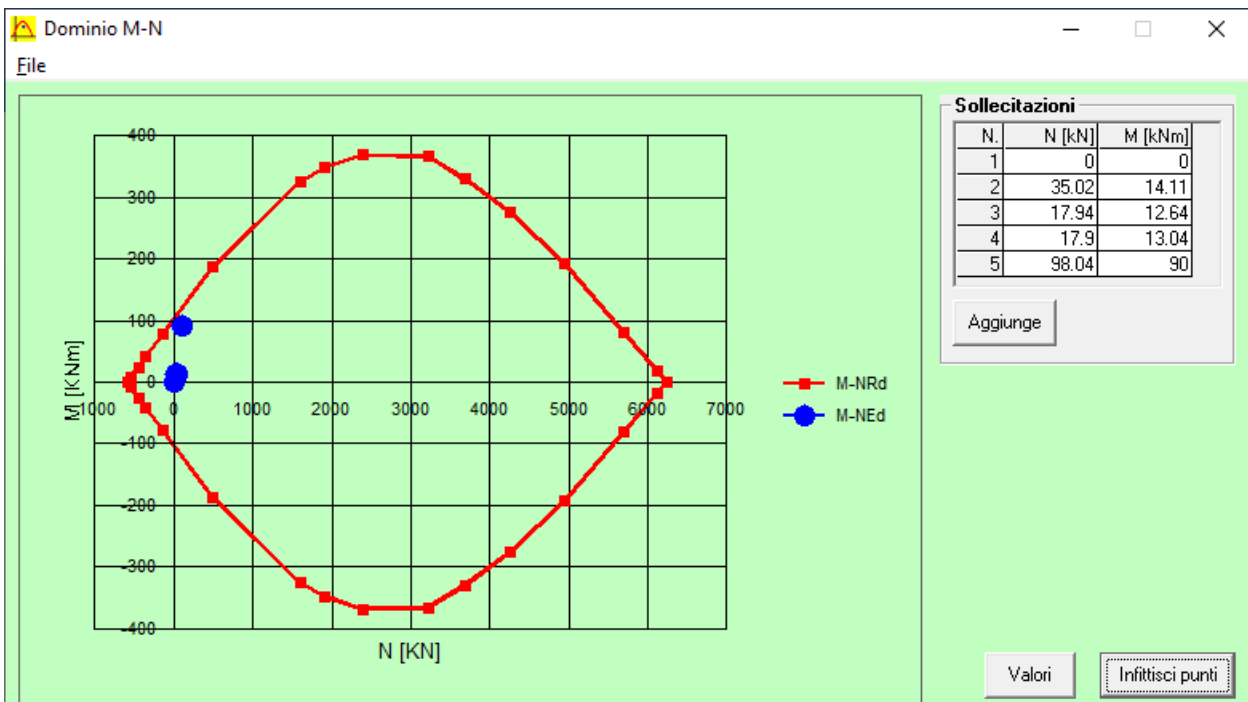
Precompresso

Materiali

Aq 50 C25/30

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 234.8 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 210 000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.118 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 160 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 104.3 kN m
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 234.8 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 41.62 ‰
 d 37 cm
 x 2.87 x/d 0.07756
 δ 0.7



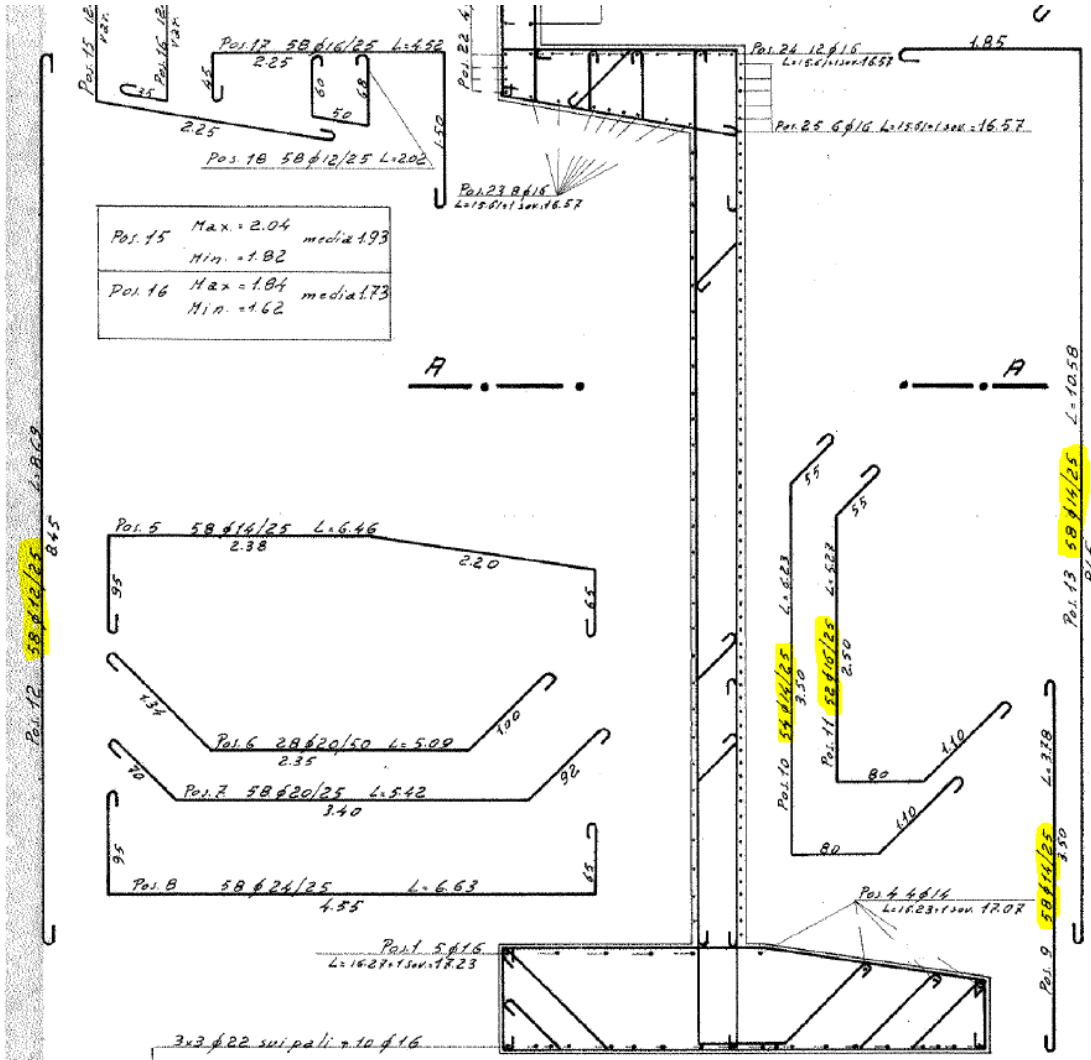
4.5.1.4 Taglio SLU

| | | | | | | |
|---------------------------|---------------|-------------------|------------------------------------|---------------|-------|-------------------|
| B | 1000.0 | mm | | fck | 25.0 | N/mm ² |
| H | 400.0 | mm | | γc | 1.50 | - |
| | | | | fcd | 14.17 | N/mm ² |
| As,long | 12.32 | cm ² | | | | |
| | 8 | Φ | 14 | | | |
| Copriferro | 30.0 | mm | | | | |
| d | 370.0 | mm | | | | |
| σcp | 0.000 | N/mm ² | | NSd,esterna | 0 | [N] |
| k | 1.74 | - | | NSd,precompr. | 0 | [N] |
| ρl | 0.003 | - | | α precompr | 0.0 | [°] |
| V _{min} | 0.40 | N/mm ² | | NSd,tot | 0 | [N] |
| V_{Rd} | 156.12 | kN | Sezioni non armate a taglio | | | |
| V_{Sd} | 90.00 | kN | | | | |
| V_{Sd,ris} | 90.00 | kN | | | | |
| Verificata | | | | | | |

4.5.2 Paramento

4.5.2.1 Sezione esistente

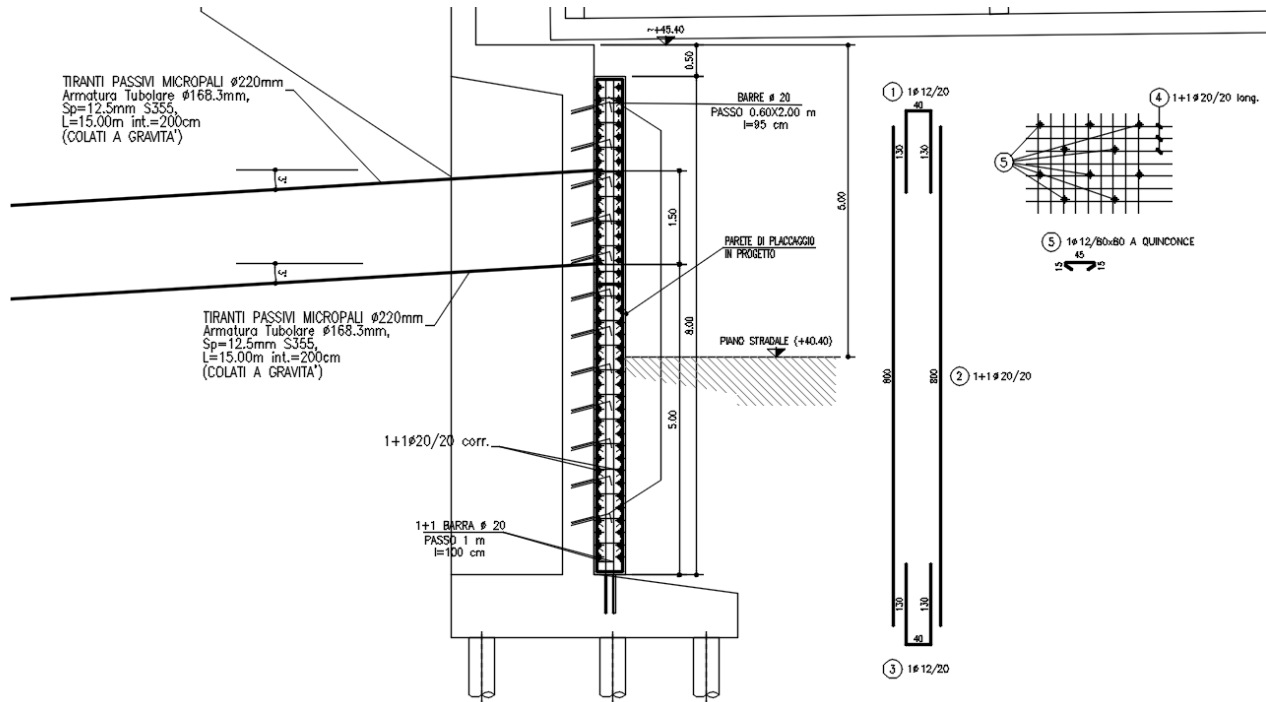
4.5.2.1.1 Esistente



Calcestruzzo per pali dosato a 350 Kg di cemento tipo 600
 Calcestruzzo per sottofondazione dosato a 200 Kg di cemento tipo 600
 Calcestruzzo spalle dosato a 300 Kg di cemento Tipo 730
 Acciaio semiduro Aq 50

- (B 1.00 m)
- Sp 0.50 m
- As,interna (1Ø12 + 1Ø14 + 1Ø16)/12.5
- As,esterna 1Ø14/12.5
- CLS C25/30
- Acciaio Aq50

4.5.2.1.2 Placcaggio



Sezione risultante

| | |
|---|---------------------------|
| (B | 1.00 m) |
| Sp = 0.50 m + 0.50 m = | 1.00 m |
| As,interna_esist | (1Ø12 + 1Ø14 + 1Ø16)/12.5 |
| d = 1.00 m – 0.02 m = | 0.98 m |
| As,esterna_esist | 1Ø14/12.5 |
| d = 0.50 m + 0.02 m = | 0.52 m |
| As,interna_new | Ø26/10 |
| d = 0.500 m – 0.035 m – 0.020 m / 2 = | 0.455 m |
| As,esterna_new | Ø20/20 |
| d = 0.035 m + 0.020 m / 2 = | 0.045 m |
| CLS (cautelativo) | C25/30 |
| Acciaio (cautelativo) | Aq50 |

4.5.2.2 Sollecitazioni

Azione tiranti (risultante):

| | | Sollecitazioni combinate | | N,tir [kN/m] |
|------------------------------|-------------|---------------------------------|--|---------------------|
| Tirante | | S.L.U. STR | | -138.00 |
| Braccio (da base param.) [m] | 5.75 | S.L.U. Sisma (θ_1) | | -444.00 |
| Inclinazione [°] | 3.0 | S.L.U. Sisma (θ_2) | | -444.00 |

Alla quota (media) di applicazione del tirante:

| Riepilogo scenari | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|------------|-----------------|
| Celle variabili: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| SCS1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| Celle risultato: | | | | | | | | | | | | | MAX | Scenario |
| Vx [kNm] | | | | | | | | | | | | | | |
| S.L.U. STR | 182.91 | 163.75 | 173.33 | 173.33 | 182.91 | 173.33 | 173.33 | 173.33 | 173.33 | 173.33 | 173.33 | 173.33 | 182.91 | 1 |
| S.L.U. Sisma (q1) | 263.12 | 159.74 | 226.51 | 196.35 | 227.93 | 196.35 | 226.51 | 196.35 | 261.70 | 159.74 | 226.51 | 196.35 | 263.12 | 1 |
| S.L.U. Sisma (q2) | 274.26 | 170.88 | 237.65 | 207.48 | 239.07 | 207.48 | 237.65 | 207.48 | 272.84 | 170.88 | 237.65 | 207.48 | 274.26 | 1 |
| My [kNm/m] | | | | | | | | | | | | | | |
| S.L.U. STR | 724.70 | 555.96 | 640.56 | 639.87 | 724.70 | 636.30 | 638.22 | 638.22 | 637.23 | 641.32 | 640.18 | 640.25 | 724.70 | 5 |
| S.L.U. Sisma (q1) | 1312.85 | 421.98 | 997.08 | 737.54 | 1009.88 | 736.86 | 996.96 | 737.01 | 1300.23 | 422.06 | 997.08 | 737.13 | 1312.85 | 1 |
| S.L.U. Sisma (q2) | 1368.69 | 477.82 | 1052.92 | 793.38 | 1065.72 | 792.70 | 1052.81 | 792.85 | 1356.07 | 477.90 | 1052.92 | 792.97 | 1368.69 | 1 |

All'imposta del paramento:

| Riepilogo scenari | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|---------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|------------|-----------------|
| Celle variabili: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| SCS1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| Celle risultato: | | | | | | | | | | | | | MAX | Scenario |
| Param_V SLU [kN/m] | 290.84 | 245.93 | 268.39 | 268.39 | 290.84 | 268.39 | 268.39 | 268.39 | 268.39 | 268.39 | 268.39 | 268.39 | 290.84 | 1 |
| Param_V Sism1 [kN/m] | 173.22 | -69.05 | 87.43 | 16.75 | 90.76 | 16.74 | 87.43 | 16.74 | 169.89 | -69.04 | 87.43 | 16.74 | 173.22 | 1 |
| Param_V Sism2 [kN/m] | 199.31 | -42.95 | 113.52 | 42.84 | 116.85 | 42.83 | 113.52 | 42.84 | 195.99 | -42.95 | 113.52 | 42.84 | 199.31 | 1 |
| Param_N SLU [kN/m] | -425.44 | -600.13 | -501.73 | -534.43 | -425.19 | -701.35 | -611.39 | -611.39 | -658.19 | -466.35 | -519.73 | -516.43 | -425.19 | 5 |
| Param_N Sism1 [kN/m] | -414.40 | -442.69 | -438.34 | -428.48 | -412.31 | -459.75 | -443.76 | -453.21 | -432.89 | -439.02 | -438.34 | -447.78 | -412.31 | 5 |
| Param_N Sism2 [kN/m] | -414.40 | -442.69 | -438.34 | -428.48 | -412.31 | -459.75 | -443.76 | -453.21 | -432.89 | -439.02 | -438.34 | -447.78 | -412.31 | 5 |
| Param_M SLU [kNm/m] | 905.88 | 510.46 | 708.72 | 707.09 | 905.90 | 698.74 | 703.24 | 703.24 | 700.90 | 710.49 | 707.82 | 707.99 | 905.90 | 5 |
| Param_M Sism1 [kNm/m] | 527.11 | -1560.62 | -212.88 | -821.11 | -182.90 | -822.71 | -213.16 | -822.35 | 497.53 | -1560.43 | -212.88 | -822.08 | 527.11 | 1 |
| Param_M Sism2 [kNm/m] | 657.97 | -1429.76 | -82.02 | -690.25 | -52.04 | -691.85 | -82.30 | -691.49 | 628.39 | -1429.57 | -82.02 | -691.22 | 657.97 | 1 |

4.5.2.3 Pressoflessione SLU

Verifica C.A. S.L.U. - File: Spalla_Paramento_placcato

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 4 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 100 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 31.42 | 53 |
| 2 | 37.45 | 97 |
| 3 | 26.55 | 4.5 |
| 4 | 53.09 | 45.5 |

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
 M_{xEd} 1368.69 0 kNm
 M_{yEd} 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
 Aq 42 C25/30
 ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 200 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
 E_s 210 000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ε_{syd} 0.9524 ‰ σ_{c,adm} 9.75
 σ_{s,adm} 140 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

M_{xRd} 1 387 kN m
 σ_c -14.17 N/mm²
 σ_s 200 N/mm²
 ε_c 3.5 ‰
 ε_s 16.92 ‰
 d 97 cm
 x 16.62 x/d 0.1714
 δ 0.7

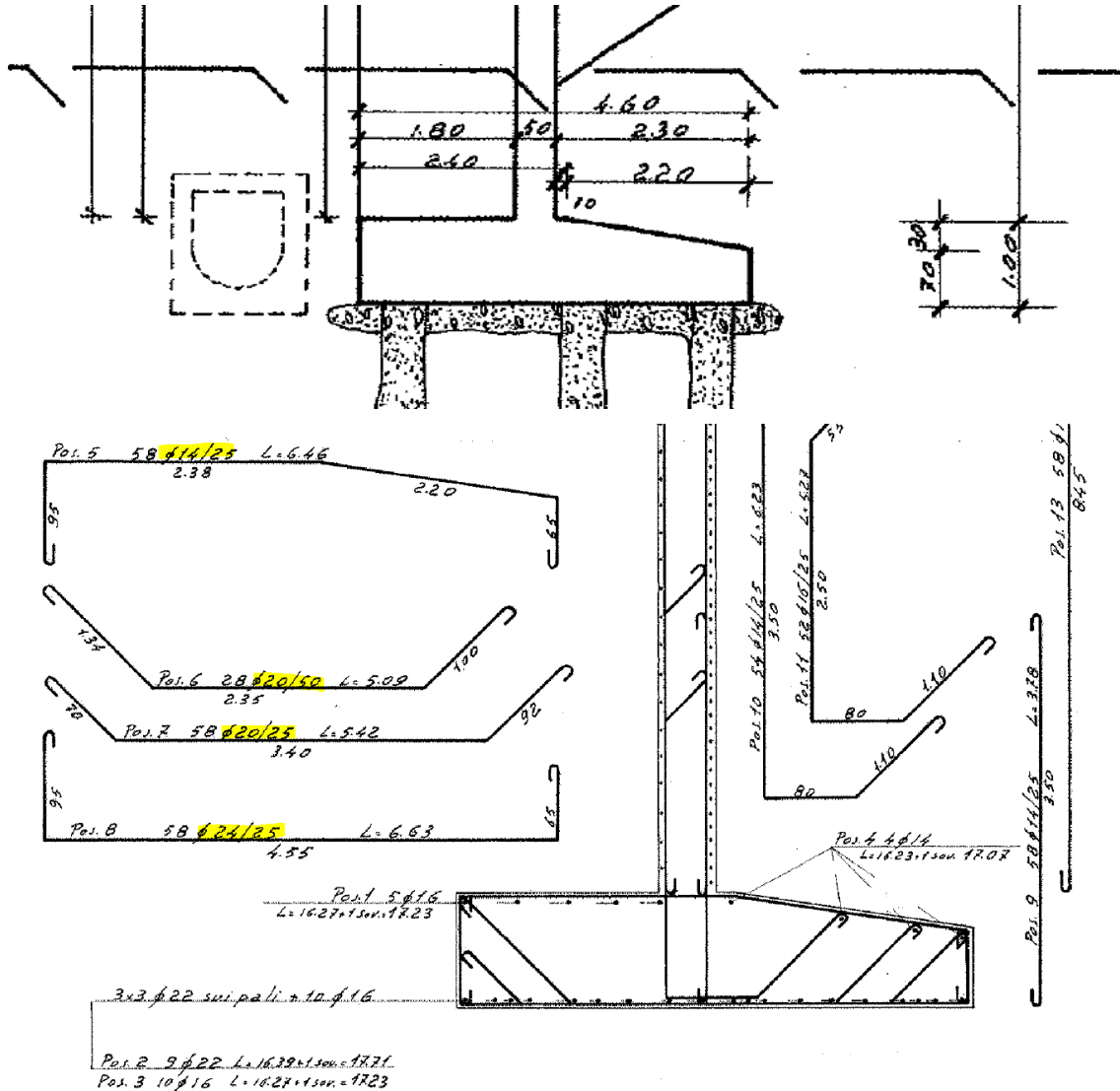
N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L_o 0 cm Col. modello
 Precompresso

4.5.2.4 Taglio SLU

| | | | | | | |
|---------------------------|---------------|-------------------|------------------------------------|----------------|-------|-------------------|
| B | 1000.0 | mm | | fck | 25.0 | N/mm ² |
| H | 1000.0 | mm | | γ _c | 1.50 | - |
| | | | | fcd | 14.17 | N/mm ² |
| As,long | 37.45 | cm ² | | | | |
| | 8 | Φ | 12 | | | |
| | 8 | Φ | 16 | | | |
| | 8 | Φ | 14 | | | |
| Copriferro | 30.0 | mm | | | | |
| d | 970.0 | mm | | | | |
| σ _{cp} | 0.000 | N/mm ² | | NSd,esterna | 0 | [N] |
| k | 1.45 | - | | NSd,precompr. | 0 | [N] |
| ρ _l | 0.004 | - | | α precompr | 0.0 | [°] |
| V _{min} | 0.31 | N/mm ² | | NSd,tot | 0 | [N] |
| V_{Rd} | 360.36 | kN | Sezioni non armate a taglio | | | |
| V_{Sd} | 290.84 | kN | | | | |
| V_{Sd,ris} | 290.84 | kN | | | | |
| Verificata | | | | | | |

4.5.3 Plinto spalle

4.5.3.1 Sezione di verifica



| | |
|--|--------------------------|
| (B | 1.00 m) |
| H | 1.00 m |
| Cls | C25/30 |
| As,sup = Ø14/25 = | 6.16 cm ² /m |
| As,inf = 1Ø24/25 + 1Ø20/25 + 1Ø20/50 = (4Ø24 + 6Ø20)/m = | 36.95 cm ² /m |
| Acciaio | Aq42 |

4.5.3.2 Sollecitazioni

Come fondazione diretta.

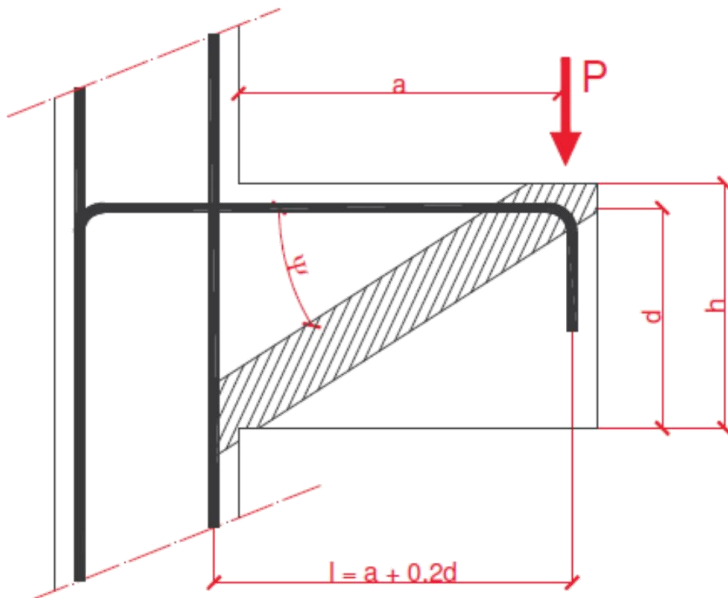
Sollecitazioni massime:

Scenario 1: Fx,MAX

| Sollecitazioni TOTALI | Vx [kN] | N [kN] | My [kNm] | ex [m] |
|-----------------------------|---------|-----------|----------|--------|
| S.L.U. Sisma (θ_2) | 4978.29 | -14016.67 | 5992.86 | 0.43 |

B 15.34 m
 H 4.60 m
 A,plinto = 15.34 m x 4.60 m = 70.56 m²
 W,plinto = 15.34 m x (4.60 m)² / 6 = 54.10 m³
 J,plinto = 15.34 m x (4.60 m)³ / 12 = 124.43 m⁴
 σ ,MAX = -14 016 670 N / 70.56 m² - 5 992 560 Nm / 54.10 m³ = -0.309 MPa
 σ ,filo paramento = -14 016 670 N / 70.56 m² - 5 992 560 Nm x (4.6/2-2.3) / 124.43 m⁴ = -0.199 MPa
 N,puntone = media (0.309; 0.199) MPa x 1.00 m x 2.30 m = 584.200 kN
 a,puntone = (0.199 x 2.30/2 + 0.5 x (0.309-0.199) x 2/3 x 2.30) / media (0.309; 0.199) = . 1.233 m

4.5.3.3 Tirante-puntone



| | | | |
|---------|-----------|--------------------|-------------------------------|
| fck | 25.0 | N/mm ² | |
| γc | 1.50 | - | |
| fcd | 14.17 | N/mm ² | |
| fyd | 200.0 | N/mm ² | |
| b | 1.000 | [m] | : larghezza mensola |
| h | 1.000 | [m] | : altezza sezione |
| c | 0.030 | [m] | : copriferro |
| d | 0.970 | [m] | : altezza utile |
| a | 0.641 | [m] | : braccio forzante |
| l | 0.835 | [m] | : lunghezza traliccio |
| 0.9 x d | 0.873 | [m] | : altezza traliccio |
| ψ | 0.808 | [rad] | : inclinazione puntone |
| | 46.27 | [°] | |
| As,disp | 36.95 | [cm ²] | |
| P | 584 200 | [N] | : azione punzonante |
| Pc,Rd | 1 986 110 | [N] | : resistenza biella compressa |
| | 29.4% | [%] | : impegno biella compressa |
| Pt,Rd | 772 631 | [N] | : resistenza armatura tesa |
| | 75.6% | [%] | : impegno armatura tesa |

5 VALIDAZIONE DEI RISULTATI DEL CALCOLO

Calcolo manuale delle massime azioni verticali

Linear/Dynamic Analysis
 Results File = C:\Users\berri\Desktop\LUSAS\101T - Michelin\Associated Model Data\101T - CV Fiera (e)
 Loadcase = 1
 "PP"

Reaction Components in Global Axes

| Node | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ | RSLT |
|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Maximum | 0.3095E-01 | 0.9311E-04 | 0.1080E+08 | -0.2415E+05 | 0.4336E-01 | 0.2653E-02 | 0.1080E+08 |
| Node | 87 | 89 | 2 | 89 | 87 | 2 | |
| Minimum | -0.3091E-01 | -0.1878E-03 | 0.3943E+07 | -0.4554E+05 | -0.2688E+00 | -0.3868E-02 | 0.3943E+07 |
| Node | 89 | 2 | 89 | 2 | 89 | 89 | |
| TOTAL | 0.1232E-03 | -0.2030E-05 | 0.1868E+08 | | | | |

Model info | 1:PP | 2:Permanenti | 7:Vento_pos | 402:Fren_ok | 392:Urto_front_1 | 395:Urto_later_1

| | n° [-] | peso [-] | L [m] | B [m] | H [m] | A [m²] | pp [kg/m³] | peso [kg] | |
|--------------|--------|----------|--------|-------|-------|--------|------------|-----------|-----------|
| Travi | 12 | | 27.90 | | | 1.25 | 2500 | 1 046 250 | |
| Traversi | 10 | | 13.00 | 0.30 | 1.00 | | 2500 | 97 500 | |
| Soletta_c.a. | | | 55.850 | 15.50 | 0.200 | | 2500 | 432 838 | |
| Pulvino | | | 14.40 | 1.65 | 1.30 | | 2500 | 77 220 | |
| Pila | | 3.00 | | | 6.00 | 1.54 | 2500 | 69 272 | |
| Plinto | 1 | | 14.80 | | | 4.38 | 2500 | 161 875 | 1 884 955 |

Linear/Dynamic Analysis
 Results File = C:\Users\berri\Desktop\LUSAS\101T - Michelin\Associated Model Data\101T - CV Fiera (e)
 Loadcase = 2
 "Permanenti"

Reaction Components in Global Axes

| Node | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ | RSLT |
|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|------------|-------------|-------------|------------|
| Maximum | 0.7978E-02 | 0.8957E-07 | 0.1579E+07 | 0.1398E-02 | 0.4014E-02 | 0.1716E-03 | 0.1579E+07 |
| Node | 87 | 2 | 2 | 89 | 89 | 2 | |
| Minimum | -0.7970E-02 | -0.3120E-06 | 0.7886E+06 | 0.7424E-03 | -0.4014E-02 | -0.2805E-03 | 0.7886E+06 |
| Node | 89 | 89 | 87 | 87 | 87 | 87 | |
| TOTAL | 0.2316E-04 | -0.1746E-06 | 0.3156E+07 | | | | |

Model info | 1:PP | 2:Permanenti | 7:Vento_pos | 402:Fren_ok | 392:Urto_front_1 | 395:Urto_later_1

| | n° [-] | peso [-] | L [m] | B [m] | H [m] | peso,lin [kg/m] | peso,sup [kg/m²] | pp [kg/m³] | peso [kg] | |
|----------------|--------|----------|--------|-------|-------|-----------------|------------------|------------|-----------|---------|
| Pavimentazione | | | 55.850 | 13.00 | | | 300.00 | | 217 815 | |
| Cordolo_sx | | | 55.850 | 1.25 | 0.20 | | | 2500 | 34 906 | |
| Cordolo_cnt | | | 55.850 | 0.00 | 0.00 | | | | 0 | |
| Cordolo_dx | | | 55.850 | 1.25 | 0.20 | | | 2500 | 34 906 | |
| Barriera BP | 2 | | 55.850 | | | 150.00 | | | 16 755 | |
| Rete/parapetto | 2 | | 55.850 | | | 100.00 | | | 11 170 | |
| Veletta | 2 | | 55.850 | | | 0.00 | | | 0 | 315 553 |

Linear/Dynamic Analysis
 Results File = C:\Users\berri\Desktop\LUSAS\101T - Michelinol\Associated Model Data\101T - CV Fiera (e
 Loadcase = 7
 "Vento_pos"
 Reaction Components in Global Axes

| Node | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ | RSLT |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Maximum | 0.3129E-02 | -0.6732E+04 | 0.3475E-03 | 0.1694E+06 | 0.8277E-05 | 0.1465E+07 | 0.1081E+06 |
| Node | 89 | 2 | 2 | 89 | 2 | 89 | 89 |
| Minimum | -0.2677E-02 | -0.1081E+06 | -0.1886E-03 | -0.3822E+05 | -0.2636E-11 | -0.1465E+07 | 0.6732E+04 |
| Node | 87 | 89 | 87 | 2 | 87 | 87 | 2 |
| TOTAL | 0.4520E-03 | -0.2230E+06 | -0.8488E-05 | | | | |

Model info | 1:PP | 2:Permanenti | 7:Vento_pos | 402:Fren_ok | 392:Urto_front_1 | 395:Urto_later_1

F,vento = 646 N/m x 6 travi x 55.8 m + 3 x 377.40 N/m x 5.95 m = 223 017 N

Linear/Dynamic Analysis
 Results File = C:\Users\berri\Desktop\LUSAS\101T - Michelinol\Associated Model Data\101T - CV Fiera (e
 Loadcase = 402
 "Fren_ok"
 Reaction Components in Global Axes

| Node | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ | RSLT |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Maximum | -0.3651E+00 | 0.2052E-07 | 0.1177E+05 | 0.6792E-03 | 0.9999E+04 | -0.3867E-05 | 0.2554E+06 |
| Node | 2 | 87 | 89 | 87 | 2 | 2 | 89 |
| Minimum | -0.2551E+06 | -0.6770E-07 | -0.1177E+05 | -0.6022E-03 | -0.1458E-03 | -0.1074E-01 | 0.3651E+00 |
| Node | 89 | 89 | 87 | 89 | 89 | 89 | 2 |
| TOTAL | -0.5102E+06 | -0.4562E-07 | -0.1191E-05 | | | | |

Model info | 1:PP | 2:Permanenti | 7:Vento_pos | 402:Fren_ok | 392:Urto_front_1 | 395:Urto_later_1

| n travi [-] | L [m] | Az base [N] | Az base/trave [N] | Az base/m/trave [N/m] |
|-------------|-------|-------------|-------------------|-----------------------|
| 6 | 55.85 | 510 795 | 85 133 | 1 524 |

Linear/Dynamic Analysis
 Results File = C:\Users\berri\Desktop\LUSAS\101T - Michelinol\Associated Model Data\101T - CV Fiera (e
 Loadcase = 392
 "Urto_front_1"
 Reaction Components in Global Axes

| Node | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ | RSLT |
|---------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|
| Maximum | 0.1755E-05 | -0.4452E-02 | -0.3057E-05 | 0.4983E+07 | 0.5248E-06 | 0.1208E+00 | 0.1000E+07 |
| Node | 87 | 87 | 87 | 2 | 89 | 89 | 2 |
| Minimum | -0.1930E-05 | -0.1000E+07 | -0.2570E-04 | 0.8684E+04 | -0.1591E-04 | -0.1208E+00 | 0.4452E-02 |
| Node | 2 | 2 | 2 | 89 | 2 | 87 | 87 |
| TOTAL | -0.1968E-05 | -0.1000E+07 | -0.3202E-04 | | | | |

Model info | 1:PP | 2:Permanenti | 7:Vento_pos | 402:Fren_ok | 392:Urto_front_1 | 395:Urto_later_1

Urto frontale 1 000 kN

Linear/Dynamic Analysis
 Results File = C:\Users\berri\Desktop\LUSAS\101T - Michelin\Associated Model Data\101T - CV Fiera (e
 Loadcase = 395
 "Urto_later_1"
 Reaction Components in Global Axes

| Node | FX | FY | FZ | MX | MY | MZ | RSLT |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| Maximum | -0.6165E-02 | 0.2140E-03 | 0.4573E-04 | 0.3747E+04 | 0.1549E-04 | -0.9025E-02 | 0.5000E+06 |
| Node | 89 | 87 | 89 | 87 | 87 | 89 | 2 |
| Minimum | -0.5000E+06 | -0.2141E-03 | -0.4547E-04 | -0.3747E+04 | -0.2500E+07 | -0.2600E+07 | 0.6169E-02 |
| Node | 2 | 89 | 87 | 89 | 2 | 2 | 89 |
| TOTAL | -0.5000E+06 | -0.7514E-07 | -0.2481E-04 | | | | |

< Model info | 1:PP | 2:Permanenti | 7:Vento_pos | 402:Fren_ok | 392:Urto_front_1 | 395:Urto_later_1 /

Urto laterale 500 kN