

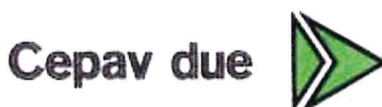
COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



### INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA      Tratta MILANO – VERONA  
Lotto funzionale Brescia-Verona

### PROGETTO ESECUTIVO

SLZ1 - SOTTOVIA S.C. VIA RAMPA PK 149+888,702

### RELAZIONE DI CALCOLO SIFONE CANALE DI SOMMACAMPAGNA

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio <b>Cepav due</b>  Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio <i>(Ing. T. Taranta)</i>  Data: _____	Valido per costruzione    Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 1	E	E 2	C L	S L Z 1 F 0	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	GUILARTE	30/11/18	AIELLO	30/11/18	30/11/18	 Data: 30/11/18
B							
C							

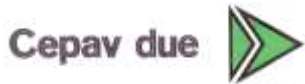
CIG. 751447334A File: INOR11EE2CLSLZ1F0001A\_01.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

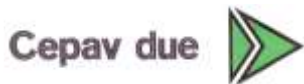
Rev.  
A

Foglio  
2 di 169

## INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	11
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	12
3.	CRITERI DI CALCOLO .....	13
3.1.	CRITERI E DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA .....	13
3.2.	COMBINAZIONI DI CARICO .....	14
3.2.1.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLU</i> .....	14
3.2.2.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLE</i> .....	15
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	16
4.1.	CALCESTRUZZO PER MAGRONE.....	16
4.1.1.	<i>Calcestruzzo</i> .....	16
4.2.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	16
4.3.	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI .....	17
4.4.	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE .....	17
5.	PARAMETRI SISMICI.....	18
6.	PARAMETRI GEOTECNICI .....	19
7.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	20
8.	MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	21
8.1.	CODICE DI CALCOLO .....	21
8.2.	MODELLAZIONE ADOTTATA.....	21
8.3.	MODELLAZIONE SCATOLARE – CONCIO 1 .....	22
8.1.	MODELLAZIONE SCATOLARE – CONCIO 2.....	23
8.1.	MODELLAZIONE SCATOLARE – CONCIO 3.....	24
9.	ANALISI DEI CARICHI – CONCIO 1 .....	26
9.1.	PESO PROPRIO STRUTTURE (LOAD1) .....	26
9.2.	CARICHI PERMANENTI PORTATI (LOAD2).....	26
9.3.	SPINTA DEL TERRENO (LOAD3 E LOAD4) .....	26
9.4.	AZIONI TERMICHE E RITIRO (LOAD 5 ÷ 8).....	27

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001Rev.  
AFoglio  
3 di 169

9.5.	CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA SUPERIORE (LOAD 9 ÷ LOAD 11) .....	28
9.6.	SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO (LOAD 12) .....	28
9.7.	FRENATURA (LOAD 13) .....	28
9.8.	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI SULLA SOLETTA DI FONDAZIONE.....	28
9.9.	FORZA CENTRIFUGA.....	28
9.10.	AZIONE SISMICA (LOAD 14÷17).....	29
9.11.	RIEPILOGO DEI CARICHI SOLLECITANTI.....	30
10.	ANALISI DEI CARICHI – CONCIO 2 .....	31
10.1.	PESO PROPRIO STRUTTURE (LOAD1) .....	31
10.2.	CARICHI PERMANENTI PORTATI (LOAD2).....	31
10.3.	SPINTA DEL TERRENO (LOAD3 E LOAD4).....	31
10.4.	AZIONI TERMICHE E RITIRO (LOAD 5 ÷ 8).....	32
10.5.	CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA SUPERIORE (LOAD 9 ÷ LOAD 11) .....	33
10.6.	SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO (LOAD 12) .....	35
10.7.	FRENATURA (LOAD 13) .....	35
10.8.	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI SULLA SOLETTA DI FONDAZIONE.....	35
10.9.	FORZA CENTRIFUGA.....	36
10.10.	AZIONE SISMICA (LOAD 14÷17).....	36
10.11.	RIEPILOGO DEI CARICHI SOLLECITANTI.....	37
11.	ANALISI DEI CARICHI – CONCIO 3 .....	38
11.1.	PESO PROPRIO STRUTTURE (LOAD1) .....	38
11.2.	CARICHI PERMANENTI PORTATI (LOAD2).....	38
11.3.	SPINTA DEL TERRENO (LOAD3 E LOAD4).....	38
11.4.	AZIONI TERMICHE E RITIRO (LOAD 5 ÷ 8).....	39
11.5.	CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA SUPERIORE (LOAD 9 ÷ LOAD 11) .....	40
11.6.	SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO (LOAD 12) .....	40
11.7.	FRENATURA (LOAD 13) .....	40
11.8.	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI SULLA SOLETTA DI FONDAZIONE.....	40

11.9.	FORZA CENTRIFUGA.....	41
11.10.	AZIONE SISMICA (LOAD 14÷17).....	41
11.11.	RIEPILOGO DEI CARICHI SOLLECITANTI.....	42
12.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	43
12.1.	CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE .....	43
12.1.1.	Combinazioni SLU di tipo STR.....	44
12.1.2.	Combinazioni SLU di tipo GEO .....	46
12.1.3.	Combinazioni SLV .....	47
12.1.4.	Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Caratteristica .....	47
12.2.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO – CONCIO 1.....	49
12.2.1.	Inviluppo momento flettente SLU/SLV – STR.....	49
12.2.2.	Inviluppo taglio SLU/SLV – STR .....	49
12.2.3.	Inviluppo momento flettente SLE – Quasi Permanente .....	50
12.2.4.	Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico.....	50
12.3.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO – CONCIO 2.....	51
12.3.1.	Inviluppo momento flettente SLU/SLV – STR .....	51
12.3.2.	Inviluppo taglio SLU/SLV – STR .....	52
12.3.3.	Inviluppo momento flettente SLE – Quasi Permanente .....	52
12.3.4.	Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico.....	52
12.4.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO – CONCIO 3.....	53
12.4.1.	Inviluppo momento flettente SLU/SLV – STR .....	53
12.4.2.	Inviluppo taglio SLU/SLV – STR .....	54
12.4.3.	Inviluppo momento flettente SLE – Quasi Permanente .....	54
12.4.4.	Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico.....	54
13.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – CONCIO 1 .....	55
13.1.	SOLETTA INFERIORE.....	56
13.1.1.	Soletta inferiore – sezione di incastro .....	58
13.1.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione .....	58
13.1.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	59

13.1.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	60
1.1.2	Soletta inferiore – sezione di mezzeria .....	61
13.1.1.4.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	61
13.1.1.5.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	62
13.2.	PIEDRITTO.....	63
1.1.3	Piedritto – sezione di incastro .....	64
13.2.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	64
13.2.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	65
13.2.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	66
1.1.4	Piedritto – sezione di mezzeria .....	67
13.2.1.4.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	67
13.2.1.5.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	68
13.3.	SOLETTA SUPERIORE.....	69
1.1.5	Soletta superiore – sezione di incastro .....	70
13.3.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	70
13.3.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	71
13.3.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	72
1.1.6	Soletta superiore – sezione di mezzeria .....	73
13.3.1.4.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	73
13.3.1.5.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	74
14.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – CONCIO 2.....	75
14.1.	SOLETTA INFERIORE.....	75
1.1.7	Soletta inferiore – sezione di incastro .....	77
14.1.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	77
14.1.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	78
14.1.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	79
1.1.8	Soletta inferiore – sezione di mezzeria .....	80
14.1.1.4.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	80
14.1.1.5.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	81
14.2.	PIEDRITTO.....	82
14.2.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	82
14.2.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	83
14.2.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	84
14.3.	SOLETTA SUPERIORE.....	85

1.1.9	Soletta superiore – sezione di incastro .....	86
14.3.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione .....	86
14.3.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	87
14.3.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio .....	88
1.1.10	Soletta superiore – sezione di mezzeria .....	89
14.3.1.4.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione .....	89
14.3.1.5.	Verifiche allo stato limite di esercizio .....	90
15.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – CONCIO 3 .....	91
15.1.	SOLETTA INFERIORE .....	91
1.1.11	Soletta inferiore – sezione di incastro .....	92
15.1.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione .....	92
15.1.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	93
15.1.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio .....	94
1.1.12	Soletta inferiore – sezione di mezzeria .....	95
15.1.1.4.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione .....	95
15.1.1.5.	Verifiche allo stato limite di esercizio .....	96
15.2.	PIEDRITTO .....	97
1.1.13	Piedritto – sezione di incastro .....	98
15.2.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione .....	98
15.2.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	99
15.2.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio .....	100
1.1.14	Piedritto – sezione di mezzeria .....	101
15.2.1.4.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione .....	101
15.2.1.5.	Verifiche allo stato limite di esercizio .....	102
15.3.	SOLETTA SUPERIORE .....	103
1.1.15	Soletta superiore – sezione di incastro .....	104
15.3.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione .....	104
15.3.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	105
15.3.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio .....	106
1.1.16	Soletta superiore – sezione di mezzeria .....	107
15.3.1.4.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione .....	107
15.3.1.5.	Verifiche allo stato limite di esercizio .....	108
16.	VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO .....	109
16.1.	COAZIONI INTERNE DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO .....	109

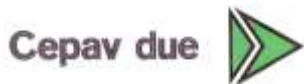
16.2.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO .....	110
17.	MODELLAZIONE STRUTTURALE – MURI A U .....	111
17.1.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLA SOLETTA DI FONDAZIONE .....	111
17.1.1.	<i>Modello di Winkler</i> .....	111
17.1.2.	<i>Soluzione per carico verticale all'estremità</i> .....	112
17.1.3.	<i>Soluzione per momento flettente all'estremità</i> .....	112
18.	ANALISI DEI CARICHI – MURI A U .....	113
18.1.1.	<i>Peso proprio strutture (Load 1)</i> .....	113
18.1.2.	<i>Spinta del terreno (Load 2)</i> .....	113
18.1.3.	<i>Spinta dell'acqua (Load 3)</i> .....	114
18.1.4.	<i>Sovraccarico accidentale in condizioni statiche e sismiche (Load 4)</i> .....	114
18.1.5.	<i>Azioni sismiche (Load 5,6,7,8)</i> .....	114
19.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI – MURI A U .....	118
19.1.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	118
19.2.	COMBINAZIONI SLU .....	119
19.3.	COMBINAZIONI SLV .....	119
19.4.	COMBINAZIONI SLE .....	120
20.	MURO A U TIPO 1 .....	121
20.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	121
20.2.	PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	122
20.3.	RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA) .....	123
20.4.	RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	124
20.4.1.	<i>Combinazioni SLU – SLV</i> .....	124
20.4.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	124
20.5.	RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....	125
20.5.1.	<i>Combinazioni SLU - SLV</i> .....	125
20.5.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	125
20.6.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	126

20.6.1. Piedritti.....	126
20.6.2. Soletta.....	127
20.7. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	128
20.7.1. Piedritti.....	128
20.7.2. Soletta.....	128
20.8. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	129
20.8.1. Soletta.....	129
20.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	130
20.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	131
20.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	132
20.8.2. Piedritto.....	133
20.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	134
20.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	135
20.8.2.3. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	136
21. MURO A U TIPO 2.....	137
21.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	137
21.2. PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	138
21.3. RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA).....	139
21.4. RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	140
21.4.1. Combinazioni SLU – SLV.....	140
21.4.2. Combinazioni SLE.....	140
21.5. RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....	141
21.5.1. Combinazioni SLU - SLV.....	141
21.5.2. Combinazioni SLE.....	141
21.6. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	142
21.6.1. Piedritti.....	142
21.6.2. Soletta.....	143
21.7. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	144
21.7.1. Piedritti.....	144
21.7.2. Soletta.....	144



21.8.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	145
21.8.1.	<i>Soletta</i> .....	145
21.8.1.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	146
21.8.1.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	147
21.8.1.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	148
21.8.2.	<i>Piedritto</i> .....	149
21.8.2.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	150
21.8.2.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	151
21.8.2.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	152
22.	MURO A U TIPO 3 .....	153
22.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....	153
22.2.	PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....	154
22.3.	RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA) .....	155
22.4.	RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....	156
22.4.1.	<i>Combinazioni SLU – SLV</i> .....	156
22.4.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	156
22.5.	RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....	157
22.5.1.	<i>Combinazioni SLU - SLV</i> .....	157
22.5.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	157
22.6.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	158
22.6.1.	<i>Piedritti</i> .....	158
22.6.2.	<i>Soletta</i> .....	159
22.7.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	160
22.7.1.	<i>Piedritti</i> .....	160
22.7.2.	<i>Soletta</i> .....	160
22.8.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	161
22.8.1.	<i>Soletta</i> .....	161
22.8.1.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	162
22.8.1.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	163
22.8.1.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	164
22.8.2.	<i>Piedritto</i> .....	165

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
10 di 169

22.8.2.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	166
22.8.2.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	167
22.8.2.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	168

23.	RIFERIMENTI.....	169
-----	------------------	-----

23.1.	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	169
-------	-----------------------------	-----

23.2.	DOCUMENTI CORRELATI .....	169
-------	---------------------------	-----

23.3.	DOCUMENTI SUPERATI.....	169
-------	-------------------------	-----

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione è relativa al calcolo del sifone facente parte dell'opera denominata "SLZ1 - SOTTOVIA S.C. VIA RAMPA PK 149+888,702 - SIFONE CANALE DI SOMMACAMPAGNA", prevista nell'ambito dei lavori inerenti la linea A.V./A.C. TORINO – VENEZIA, tratta MILANO – VERONA, lotto funzionale Brescia – Verona, ubicata al km 149+888,702 della linea ferroviaria.

Nella presente relazione si riportano i calcoli relativi a:

- scatolare concio 1: dimensioni interne pari a 6.00x4.20m e spessori pari a 60cm;
- scatolare concio 2: dimensioni interne pari a 6.00x2.00m, spessore di soletta superiore e piedritti pari a 60cm e spessore di fondazione pari a 70cm, altezza di ricoprimento pari a 1.20m;
- scatolare concio 3: dimensioni interne pari a 6.00x5.95m, spessore di soletta superiore e piedritti pari a 70cm e spessore di fondazione pari a 80cm, altezza di ricoprimento pari a 0.30m.

L'analisi strutturale viene effettuata su un modello piano che descrive una striscia larga 1.00m, secondo i criteri di calcolo descritti nei paragrafi seguenti. L'analisi viene svolta con un programma agli elementi finiti schematizzando i vari setti con elementi "beam" mutuamente incastrati e facendo riferimento ad una larghezza unitaria di struttura che viene pertanto risolta come struttura piana.

### MURI AD U

(b=larghezza interna, L=lunghezza, h=altezza piedritto,  $S_p$ =spessore base piedritto,  $S_s$ =spessore fondazione)

	<b>b [m]</b>	<b>L [m]</b>	<b><math>h_{max}</math> [m]</b>	<b><math>S_p</math> [m]</b>	<b><math>S_s</math> [m]</b>
<b>Concio 4</b>	6.00	7.00	6.85	0.90	1.00
<b>Concio 5</b>	6.00	7.00	5.46	0.80	0.90
<b>Concio 6</b>	6.00	7.00	5.01	0.80	0.90
<b>Concio 7</b>	6.00	9.10	4.57	0.70	0.80

Le analisi strutturali vengono effettuate su strutture piane che descrivono una striscia larga 1.00m, secondo i criteri di calcolo di seguito descritti, ed individuando le sezioni di calcolo maggiormente significative per ciascuna tipologia di concio, denominate come segue:

- *Muro ad U tipo 1 – sp. fondazione  $S_s = 1.00m$ ,  $h = 6.39m$ , rappresentativa del Concio 4;*
- *Muro ad U tipo 2 – sp. fondazione  $S_s = 0.90m$ ,  $h = 5.31m$ , rappresentativa dei Conci 5 e 6;*
- *Muro ad U tipo 3 – sp. fondazione  $S_s = 0.80m$ ,  $h = 4.10m$ , rappresentativa del Concio 7.*

Tutte le strutture sono realizzate in c.a. mediante getto in opera.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale, con applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

L'opera, ubicata nel Comune di Sommacampagna (VR), ricade in zona sismica: verranno pertanto considerate anche le azioni derivanti dall'analisi sismica, secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/08.

## 2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 luglio 2016 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1: Regole generali e regole per edifici”;
- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
- RFI DTC SI MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 A Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili.

### 3. CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

#### 3.1. Criteri e definizione dell'azione sismica

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

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

In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2., assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.

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

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

La classe d'uso assunta è la III.

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

$$V_R = V_N \cdot C_u = 150 \text{ anni}$$

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

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

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

$$T_R(SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1424 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ .

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ ).

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NT par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta a riposo, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Wood:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

La spinta si considera come un carico uniformemente distribuito su  $h_{tot}$ .

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, considerando la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

### 3.2. Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle N.T.C..

#### 3.2.1. Combinazioni per la verifica allo SLU

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

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

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

Le verifiche vengono condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1" e le relative combinazioni previste:

- combinazione 1 → (A1+M1+R1) → STR
- combinazione 2 → (A2+M2+R2) → GEO

Le combinazioni di carico di tipo A1 STR e A2 GEO vengono effettuate adottando i gruppi di azioni indicati in tabella 5.1.IV delle N.T.C. con i coefficienti parziali di sicurezza stradali indicati in tabella 5.1.V delle N.T.C. e i coefficienti di combinazione dei carichi stradali della tabella 5.1.VI delle N.T.C. presenti al capitolo 5.1.3.12 della norma.

Per quanto riguarda i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno ( $\gamma_M$ ), si fa riferimento alla tabella 6.2.II delle N.T.C., mentre per quanto riguarda i coefficienti parziali per le verifiche agli stati limiti ultimi ( $\gamma_R$ ) si fa riferimento alla tabella 6.5.I delle N.T.C..

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

- Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limiti ultimi SLU:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limiti ultimi connessi all'azione sismica E:

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

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

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

### 3.2.2. Combinazioni per la verifica allo SLE

Le combinazioni di carico allo SLE vengono effettuate adottando i gruppi di azioni indicati in tabella 5.1.IV delle N.T.C. con i coefficienti di combinazione dei carichi stradali della tabella 5.1.VI delle N.T.C. presenti al capitolo 5.1.3.12 della norma.

Ai fini delle verifiche degli stati limiti di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

- Quasi permanente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$
- Frequente  $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$
- Rara  $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

## 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali:

### 4.1. Calcestruzzo per magrone

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

#### 4.1.1. Calcestruzzo

Per la realizzazione delle strutture, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 (Rck  $\geq 40$  N/mm<sup>2</sup>) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)  $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza media a compressione  $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$  N/mm<sup>2</sup>
- Modulo elastico  $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza di calcolo a compressione  $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 18.81$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione media  $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.10$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione  $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.169$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.446$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a compressione (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 18.26$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)  $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 13.28$  N/mm<sup>2</sup>

### 4.2. Acciaio per cemento armato

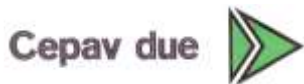
Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450$ MPa
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540$ MPa
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}} / f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

- Tensione di snervamento caratteristica  $\rightarrow f_{yk} \geq 450$  N/mm<sup>2</sup>
- Tensione caratteristica a rottura  $\rightarrow f_{tk} \geq 540$  N/mm<sup>2</sup>
- Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_s = 0.80 * f_{yk} = 360.00$  N/mm<sup>2</sup>
- Fattore di sicurezza acciaio  $\rightarrow \gamma_s = 1.15$
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$  N/mm<sup>2</sup>



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
17 di 169

#### 4.3. Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Fondazione/ Elevazione                      CLASSE DI ESPOSIZIONE                      XC4 + XF1

#### 4.4. Copriferro minimo e copriferro nominale

Al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale  $c_{nom}$  è somma di due contributi, il copriferro minimo  $c_{min}$  e la tolleranza di posizionamento  $h$ . Vale pertanto:  $c_{nom} = c_{min} + h$ . Considerate le condizioni ambientali dell'opera e le classi di resistenza del calcestruzzo, si adotta un copriferro nominale pari a  $c_{nom} = 50$  mm.

## 5. PARAMETRI SISMICI

L'opera ricade nel comune di Sommacampagna in provincia di Verona.

I corrispondenti valori delle caratteristiche sismiche per lo SLV (TR=1424 anni) sono i seguenti:

$$a_g = 0.237g$$

$$a_{gv} = 0.155 g;$$

$$F_0 = 2.432;$$

$$T^*_c = 0.283 s;$$

Per quanto riguarda il sottosuolo su cui insiste l'opera, si assume che ricada in categoria sismica "B" e categoria topografica "T1". Il coefficiente di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

$$S_S = 1.170$$

$$S_T = 1.0$$

L'accelerazione massima orizzontale viene valutata pari a:

$$a_{\max} (SLV) = S a_g = 1.170 \times 1.00 \times 0.237 g = 0.277 g$$

In base al valore dell'accelerazione ed alla categoria sismica del sottosuolo, il valore del parametro  $\beta_m$  è pari a:

$$\beta_m = 1.00 \quad \text{per muri ad "U"}$$

$$\beta_m = 0.31 \quad \text{per muri a mensola.}$$

Per muri ad "U" si ottiene quindi:

$$k_h = 0.277$$

$$k_v = 0.139$$

## 6. PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici caratteristici impiegati per caratterizzare i materiali da rilevato, sono:

- $\Phi'_k = 35^\circ$
- $\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

I parametri geotecnici caratteristici impiegati per caratterizzare i materiali da rinterri, sono:

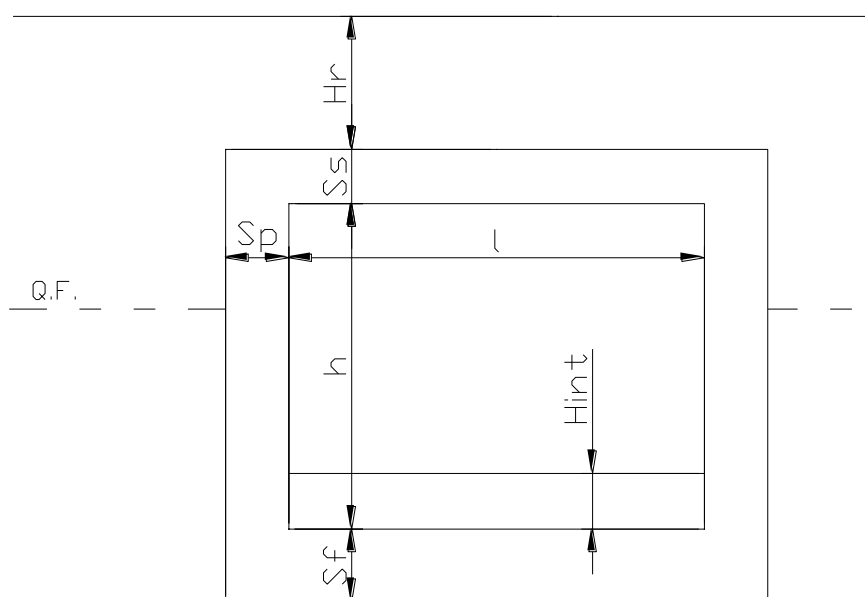
- $\Phi'_k = 30^\circ$
- $\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$

Per quanto riguarda il terreno di fondazione, in base alle caratteristiche geotecniche riportate nello specifico documento Rif. [1], si assumono i seguenti parametri:

- $\Phi'_k = 35^\circ$
- $\gamma_m = 19 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma' = 9 \text{ kN/m}^3$
- $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$
- $k_w = 5000 \text{ kN/m}^3$

## 7. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della struttura:



Dimensioni geometriche (sezione in retto)

	<b>l [m]</b>	<b>h [m]</b>	<b>Ss [m]</b>	<b>Sf [m]</b>	<b>Sp [m]</b>	<b>Hr [m]</b>
<b>Concio 1</b>	6.00	4.20	0.60	0.60	0.60	-
<b>Concio 2</b>	6.00	2.00	0.60	0.70	0.60	1.20
<b>Concio 3</b>	6.00	5.95	0.70	0.80	0.70	0.30

La falda risulta posizionata al di sotto del piano di fondazione dello scatolare e pertanto non influenza il dimensionamento dell'opera.

## 8. MODELLAZIONE STRUTTURALE

### 8.1. Codice di calcolo

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti (SAP2000) schematizzando i vari setti con elementi "beam" mutuamente incastrati e facendo riferimento ad una larghezza unitaria di struttura che viene pertanto risolta come struttura piana.

### 8.2. Modellazione adottata

La struttura viene schematizzata attraverso un modello analitico agli elementi finiti, assumendo uno schema statico di telaio chiuso.

L'analisi strutturale viene condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler.

La caratteristica elastica della generica molla viene calcolata nel seguente modo:

- $K_s$  = costante di sottofondo [ $F/L^3$ ]
- $b_t$  = interasse trasversale di competenza della generica molla
- $b_l$  = interasse longitudinale di competenza della generica molla (= 1.00 m)
- $W_s = K_s / (b_t \times b_l)$  = caratteristica elastica della generica molla

La costante di sottofondo adottata per la modellazione, funzione del tipo di terreno presente in sito, è pari a:

$$K_s = 5000 \text{ kN/m}^3$$

Per le caratteristiche geometriche delle varie aste si è quindi assunto:

- una sezione rettangolare  $b \times h = 100 \times S_s$  cm per la soletta superiore
- una sezione rettangolare  $b \times h = 100 \times S_f$  cm per la soletta di fondazione
- una sezione rettangolare  $b \times h = 100 \times S_p$  cm per i piedritti.

Per quanto riguarda la rigidità delle aste del reticolo si è assunto:

- $E_c = 33643 \text{ N/mm}^2$  (Per cls Rck 40);

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle seguenti figure.

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

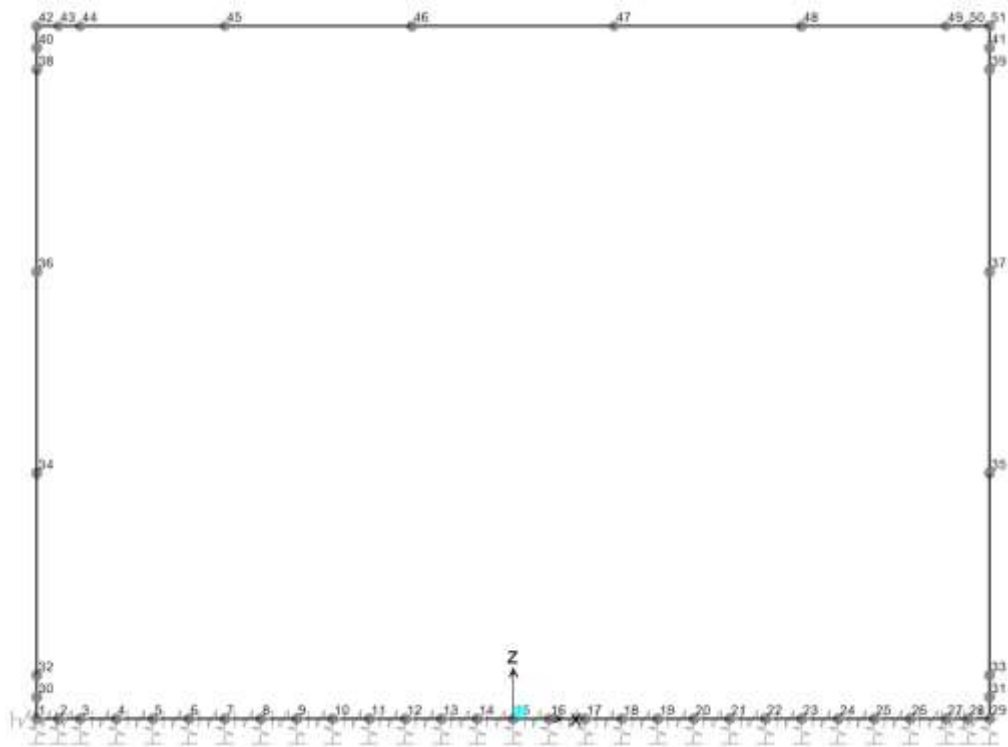
Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

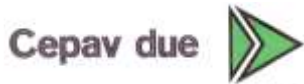
Foglio  
22 di 169

### 8.3. Modellazione scatolare – concio 1

Numerazione dei nodi:



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

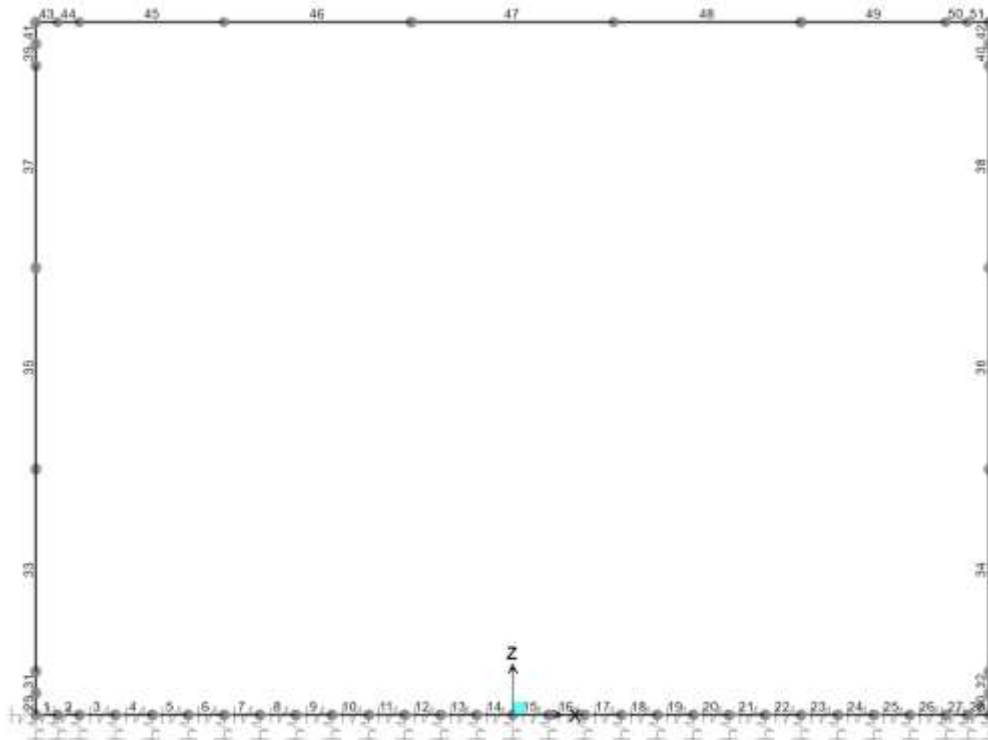
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

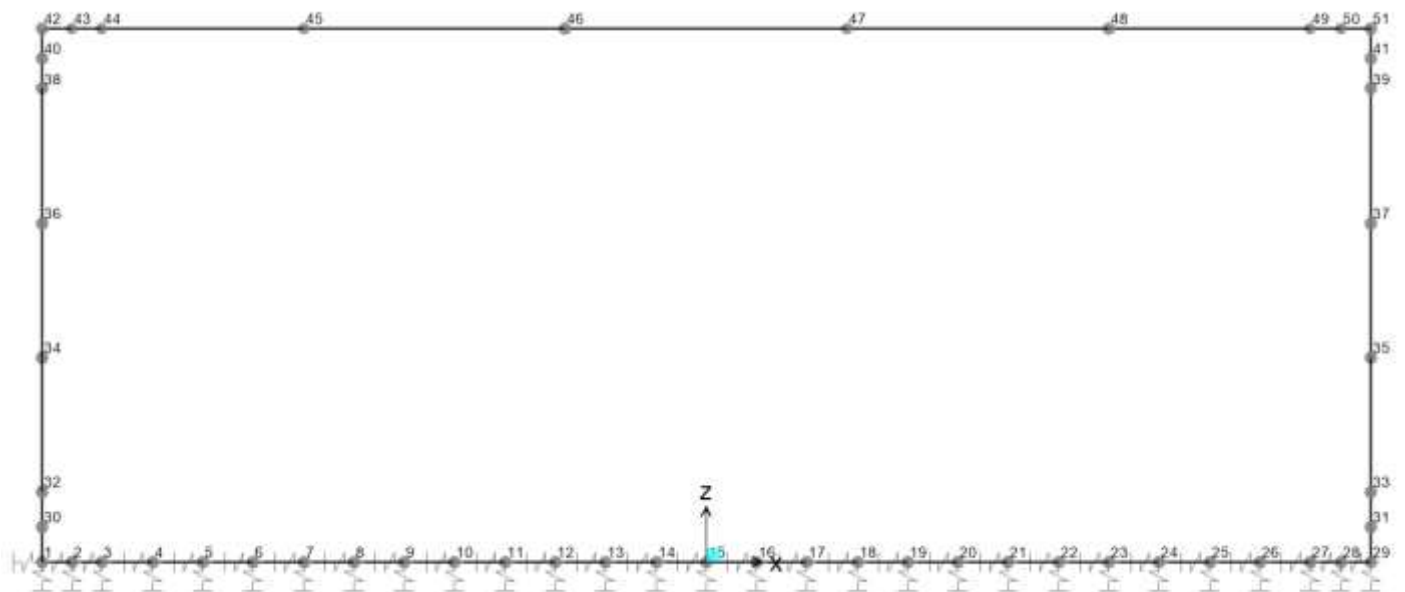
Foglio  
23 di 169

### Numerazione delle aste:

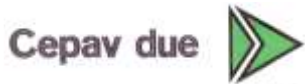


### 8.1. Modellazione scatolare – concio 2

#### Numerazione dei nodi:



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

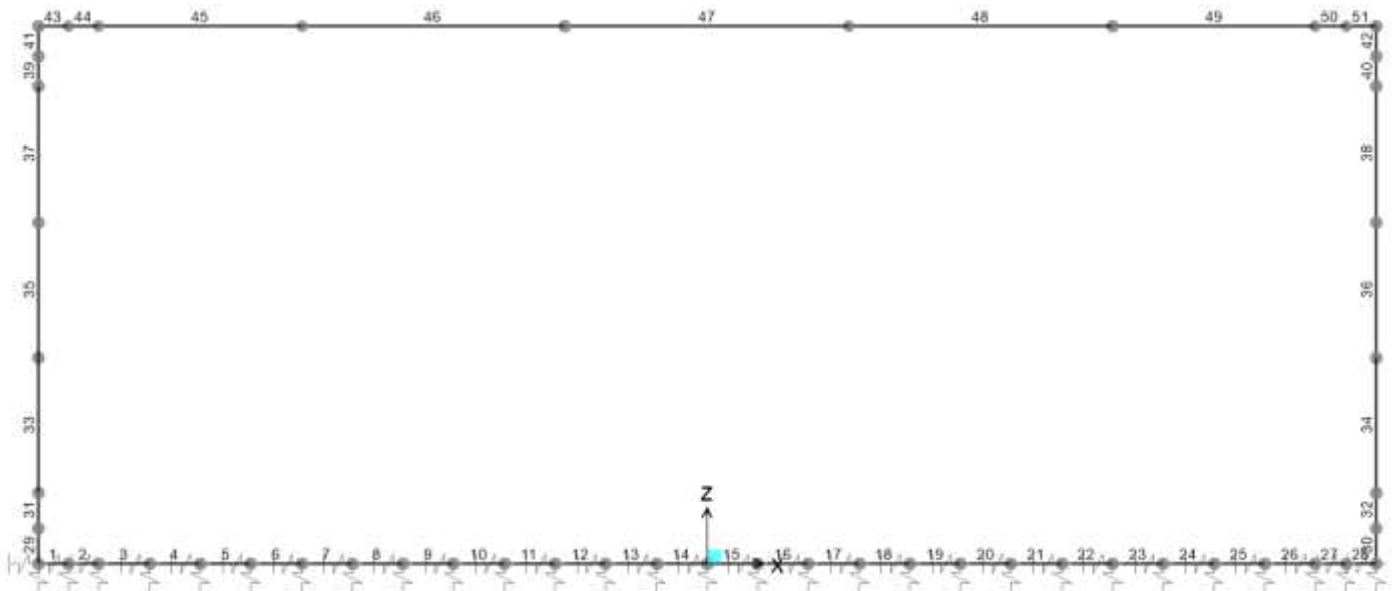
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
24 di 169

### Numerazione delle aste:



### 8.1. Modellazione scatolare – concio 3



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

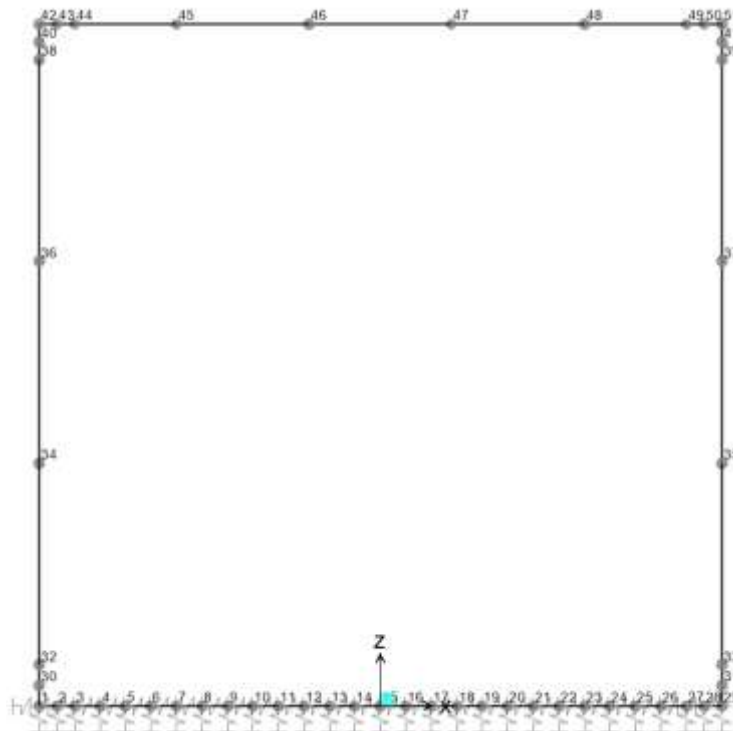
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 F0 001

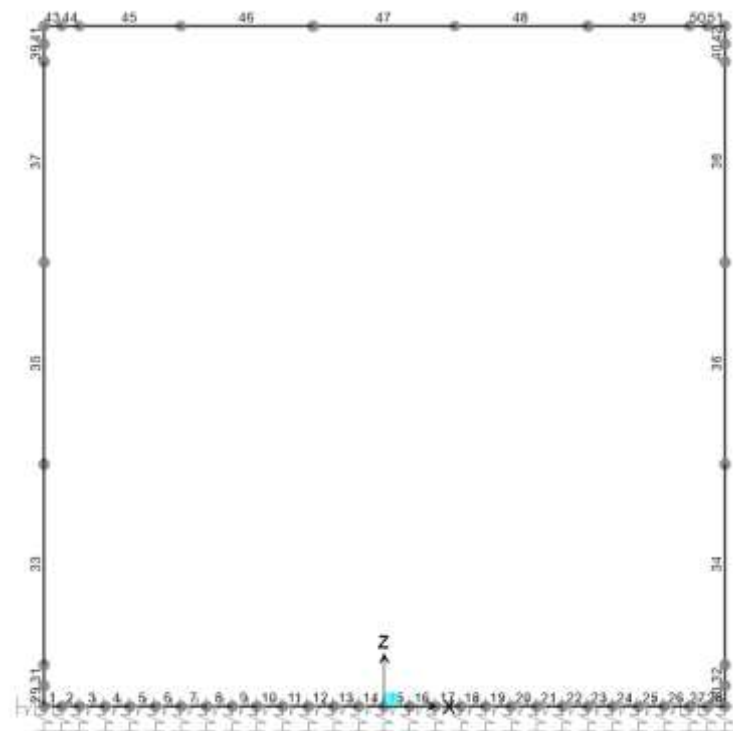
Rev.  
A

Foglio  
25 di 169

**Numerazione dei nodi:**



**Numerazione delle aste:**



## 9. ANALISI DEI CARICHI – CONCIO 1

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Vengono prese in considerazione le condizioni elementari di carico di seguito determinate.

Tali Combinazioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:	$\gamma_{c.a.}$	= 25	kN/m <sup>3</sup>
- rilevato:	$\gamma_{ril}$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
- sovrastruttura stradale:	$\gamma_{ric}$	= 20	kN/m <sup>3</sup>

### 9.1. Peso proprio strutture (Load1)

- soletta superiore	$S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.60 \times 25.00 =$	<b>15.00 kN/m<sup>2</sup></b>
- piedritti	$S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.60 \times 25.00 =$	<b>15.00 kN/m<sup>2</sup></b>
- soletta inferiore	$S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.60 \times 25.00 =$	<b>15.00 kN/m<sup>2</sup></b>

### 9.2. Carichi permanenti portati (Load2)

Sul concio 1 non è previsto ricoprimento.

### 9.3. Spinta del terreno (Load3 e Load4)

Per il rinterro a ridosso dello scatolare si assumono cautelativamente i seguenti parametri:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_k = 30^\circ$$

$$k_{0,k} = 0.50 \quad k_{0,M1} = 0.50 \quad k_{0,M2} = 0.581$$

$$k_{a,k} = 0.33 \quad k_{a,M1} = 0.33 \quad k_{a,M2} = 0.409$$

Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni agenti sulla struttura, eseguito sia per la Combinazione 1 (A1+M1+R1) che per la Combinazione 2 (A2+M2+R2), ed indicando con Load 4 le spinte a riposo sul piedritto sinistro e con Load 5 quelle sul piedritto destro.

#### Approccio 1 – Combinazione 1

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 0.30\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t =$$

$$= 0.50 \times 0.60 \times 20 = \mathbf{3.00 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 5.10\text{m}) = P_1 + k_{0,M1} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t =$$

$$= 3.00 + 0.5 \times (5.10 - 0.30) \times 20 = \mathbf{51.00 \text{ kN/m}^2}$$

#### Approccio 1 – Combinazione 2

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 0.30\text{m}) = k_{0,M2} \times h_1 \times \gamma_t =$$

$$= 0.581 \times 0.30 \times 20 = \mathbf{3.49 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 5.10\text{m}) = P_1 + k_{0,M2} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t =$$

$$= 3.49 + 0.581 \times (5.10 - 0.30) \times 20 = \mathbf{59.26 \text{ kN/m}^2}$$

#### **9.4. Azioni termiche e ritiro (Load 5 ÷ 8)**

Sono stati considerati gli effetti dovuti alle variazioni termiche. In particolare, è stata considerata una variazione termica uniforme di  $\pm 15^\circ \text{C}$  sulla soletta superiore (Load 5 e Load 6), ed un salto termico di  $5^\circ \text{C}$  (analizzando i due casi di intradosso più caldo dell'estradosso e viceversa), con andamento lineare nello spessore della soletta superiore (Load 7 e Load 8).

Il valore applicato della variazione termica uniforme viene ridotto di 1/3 per considerare gli effetti viscosi del calcestruzzo, ed è quindi pari a  $\pm 5^\circ \text{C}$ .

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

#### **Ritiro**

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  e di viscosità  $\phi(t, t_0)$ , come definiti nell'EC 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D. M.14-01-2008.

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria della sola soletta superiore, assumendo la dimensione convenzionale  $h_0$  pari a  $2 \times A/u = 2 \times H = 120 \text{ cm}$ , ed un calcestruzzo C32/40 classe N.

#### Caratteristiche della sezione:

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$H = 60 \text{ cm}$$

#### Deformazione da ritiro:

$$\text{U.R.} = 75\%$$

$$\epsilon_{ca}(t = \infty) = 2.5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 40 - 10) \times 10^{-6} = 0.058 \text{ } \text{‰}$$

$$\epsilon_{cd}(t = \infty) = k_h \times \epsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.32 \text{ } \text{‰} = 0.22 \text{ } \text{‰} \text{ (per } h_0 > 500\text{mm, calcestruzzo C32/40 classe N, U.R.}=75\%)$$

$$\varepsilon_r = \varepsilon_{ca} + \varepsilon_{cd} = 0.278 \text{ ‰}$$

Effetto viscosità:

Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di  $h_0$ , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a  $\phi (t = \infty) = 2.5$ .

Il ritiro viene considerato nel calcolo delle sollecitazioni come un'azione termica applicata alla soletta superiore di intensità pari a:

$$\alpha \times \Delta T \times E_c = -\varepsilon_r \times E_c / (1 + \phi)$$

$$\Delta T = -\varepsilon_r / [\alpha \times (1 + \phi)] = -0.278 \text{ ‰} / [10 \times 10^{-6} \times (1 + 2.5)] = -7.94 \cong -10 \text{ °C.}$$

L'azione termica viene combinata con le altre azioni solamente quando il suo contributo incrementa le sollecitazioni. Per semplicità di calcolo, essa si considera sommata all'azione termica uniforme negativa (**Load 7**), considerando quindi un'azione pari a:

$$\Delta T^{(-)} = -5 - 10 = -15 \text{ °C.}$$

### 9.5. Carichi mobili verticali sulla soletta superiore (Load 9 ÷ Load 11)

Sul concio 1 non sono previsti sovraccarichi accidentali.

### 9.6. Spinta del sovraccarico sul rilevato (Load 12)

La spinta orizzontale dovuta al sovraccarico accidentale è calcolata come

$$p_q = k_0 \times q$$

con  $q$  sovraccarico accidentale.

Approccio 1 – Combinazione 1

$$q_h = 20 \times 0.50 = \mathbf{10.00 \text{ kN/m}^2}$$

Approccio 1 – Combinazione 2

$$q_h = 20 \times 0.581 = \mathbf{11.62 \text{ kN/m}^2}$$

La spinta è applicata sul solo piedritto sinistro per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura.

### 9.7. Frenatura (Load 13)

Sulla struttura non agisce alcuna forza di frenatura.

### 9.8. Sovraccarichi accidentali sulla soletta di fondazione

A favore di sicurezza si trascurano i carichi presenti sulla soletta di fondazione.

### 9.9. Forza centrifuga

L'asse stradale in corrispondenza del sottopasso è in retto e quindi sulla struttura non agisce alcuna forza centrifuga.

**9.10. Azione sismica (Load 14÷17)**

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

$$F_h = P \times a_{gh};$$

$$F_v = P \times a_{gv};$$

P = peso proprio;

$a_g$  = accelerazioni sismiche al suolo.

$a_{gh} = 0.277$  g, accelerazione orizzontale;

$a_{gv} = 0.155$  g, accelerazione verticale.

Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento all'EC8-5, appendice E – “Analisi semplificata per le strutture di contenimento”, punto 9 – “Forze causate dalla spinta del terreno per strutture rigide”, in cui l'incremento di spinta sismica  $\Delta P$  per la condizione a riposo viene valutato come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

La risultante di tale incremento di spinta (**Load 14**) viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento  $h_{tot}$ :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 5.40 = 29.92 \text{ kN/m}^2.$$

Per tenere in conto della metà dello spessore della soletta superiore che non è modellata che subisce la forza sismica, il carico applicato alla struttura risulta pari a:

$$\Delta p_{d,incr} = \Delta p_d \times (H_{interna} + S_s + S_i) / (H_{interna} + S_s/2 + S_i) = 29.92 \times 5.10 / 4.80 = \mathbf{31.79 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche orizzontali dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera sulla soletta superiore anche l'inerzia dovuta alla presenza del rilevato (**Load 15**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.60 \times 0.277 = \mathbf{4.16 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,h} = \gamma_{c.a.} \times S_s \times a_{gh} = 25 \times 0.60 \times 0.277 = \mathbf{4.16 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche verticali dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera sulla soletta superiore anche l'inerzia dovuta alla presenza del rilevato. Le azioni verticali si considerano alternativamente agenti verso l'alto o verso il basso (**Load 16, Load 17**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,v} = \pm \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gv} = \pm 25 \times 0.60 \times 0.155 = \pm \mathbf{2.33 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,v} = \pm \gamma_{c.a.} \times S_s \times a_{gv} = \pm 25 \times 0.60 \times 0.155 = \pm \mathbf{2.33 \text{ kN/m}^2}$$

### 9.11. Riepilogo dei carichi sollecitanti

Nella seguente tabella vengono riportati i valori delle sollecitazioni per i singoli casi di carico, determinati come sopra riportato.

<b>Load 1</b>	Soletta superiore	15,00	kN/m <sup>2</sup>
	Piedritti	15,00	kN/m <sup>2</sup>
	Soletta inferiore	15,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 2</b>	Sovraccarico permanente	-	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 3, Load 4 (con M1)</b>	P1	3,00	kN/m <sup>2</sup>
	P2	51,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 3, Load 4 (con M2)</b>	P1	3,49	kN/m <sup>2</sup>
	P2	59,26	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 5</b>	T	5	°C
<b>Load 6</b>	T + ritiro	-15	°C
<b>Load 7</b>	$\Delta T$	8,33	°C/m
<b>Load 8</b>	$\Delta T$	-8,33	°C/m
<b>Load 9, Load 10, Load 11</b>	$Q_{1k} + q_{1k}$	-	kN/m <sup>2</sup>
	$q_{1k}$	-	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 12 (con M1)</b>	$p_{1k}$	10,00	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 12 (con M2)</b>	$p_{1k}$	11,62	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 13</b>	$q_{\text{f3}}$	-	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 14</b>	$\Delta p_{d,inc}$	31,79	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 15</b>	$\Delta p_{p,h}$	4,16	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,h}$	4,16	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 16</b>	$\Delta p_{p,v+}$	2,33	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,v+}$	2,33	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 17</b>	$\Delta p_{p,v-}$	-2,33	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,v-}$	-2,33	kN/m <sup>2</sup>

## 10. ANALISI DEI CARICHI – CONCIO 2

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Vengono prese in considerazione le condizioni elementari di carico di seguito determinate.

Tali Combinazioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:	$\gamma_{c.a.}$	= 25	kN/m <sup>3</sup>
- rilevato:	$\gamma_{ril}$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
- sovrastruttura stradale:	$\gamma_{ric}$	= 20	kN/m <sup>3</sup>

### 10.1. Peso proprio strutture (Load1)

- soletta superiore	$S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.60 \times 25.00$	= <b>15.00 kN/m<sup>2</sup></b>
- piedritti	$S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.60 \times 25.00$	= <b>15.00 kN/m<sup>2</sup></b>
- soletta inferiore	$S_i \times \gamma_{c.a.} = 0.70 \times 25.00$	= <b>17.50 kN/m<sup>2</sup></b>

### 10.2. Carichi permanenti portati (Load2)

Si considera un ricoprimento di spessore medio pari a 1.20 m:

$$\text{peso ricoprimento} \quad H_r \times \gamma_{ric} \quad = 1.20 \times 20.00 \quad = \mathbf{24.00 \text{ kN/m}^2}$$

### 10.3. Spinta del terreno (Load3 e Load4)

Il reinterro a ridosso dello scatolare verrà realizzato tramite materiale arido di buone caratteristiche meccaniche. Secondo quanto riportato in precedenza per il reinterro si assumono i seguenti parametri:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_k = 35^\circ$$

$$k_{0,k} = 0.4264$$

$$k_{0,M1} = 0.4264$$

$$k_{0,M2} = 0.5113$$

$$k_{a,k} = 0.2710$$

$$k_{a,M1} = 0.2710$$

$$k_{a,M2} = 0.3434$$

Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni agenti sulla struttura, eseguito sia per la Combinazione 1 (A1+M1+R1) che per la Combinazione 2 (A2+M2+R2), ed indicando con Load 4 le spinte a riposo sul piedritto sinistro e con Load 5 quelle sul piedritto destro.

Approccio 1 – Combinazione 1

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 1.50\text{m}) = k_{0,M1} \times [H_{\text{ric}} \times \gamma_{\text{ric}} + (h_1 - H_{\text{ric}}) \times \gamma_t] =$$

$$= 0.4264 \times [(1.20 \times 20 + (1.50 - 1.20) \times 20)] = \mathbf{12.79 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 4.15\text{m}) = P_1 + k_{0,M1} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t =$$

$$= 12.79 + 0.4264 \times (4.15 - 1.50) \times 20 = \mathbf{35.39 \text{ kN/m}^2}$$

Approccio 1 – Combinazione 2

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 1.50\text{m}) = k_{0,M2} \times [H_{\text{ric}} \times \gamma_{\text{ric}} + (h_1 - H_{\text{ric}}) \times \gamma_t] =$$

$$= 0.5113 \times [(1.20 \times 20 + (1.50 - 1.20) \times 20)] = \mathbf{15.34 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 4.15\text{m}) = P_1 + k_{0,M2} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t =$$

$$= 15.34 + 0.5113 \times (4.15 - 1.50) \times 20 = \mathbf{42.44 \text{ kN/m}^2}$$

**10.4. Azioni termiche e ritiro (Load 5 ÷ 8)**

Sono stati considerati gli effetti dovuti alle variazioni termiche. In particolare, è stata considerata una variazione termica uniforme di  $\pm 15^\circ \text{C}$  sulla soletta superiore (Load 5 e Load 6), ed un salto termico di  $5^\circ \text{C}$  (analizzando i due casi di intradosso più caldo dell'estradosso e viceversa), con andamento lineare nello spessore della soletta superiore (Load 7 e Load 8).

Il valore applicato della variazione termica uniforme viene ridotto di 1/3 per considerare gli effetti viscosi del calcestruzzo, ed è quindi pari a  $\pm 5^\circ \text{C}$ .

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

**Ritiro**

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  e di viscosità  $\phi(t, t_0)$ , come definiti nell'EC 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D. M.14-01-2008.

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria della sola soletta superiore, assumendo la dimensione convenzionale  $h_0$  pari a  $2 \times A/u = 2 \times H = 120 \text{ cm}$ , ed un calcestruzzo C32/40 classe N.

Caratteristiche della sezione:

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$H = 60 \text{ cm}$$



Deformazione da ritiro:

$$U.R. = 75\%$$

$$\epsilon_{ca}(t = \infty) = 2.5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 40 - 10) \times 10^{-6} = 0.058 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{cd}(t = \infty) = k_h \times \epsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.32 \text{ ‰} = 0.22 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C32/40 classe N, U.R.}=75\%)$$

$$\epsilon_r = \epsilon_{ca} + \epsilon_{cd} = 0.278 \text{ ‰}$$

Effetto viscosità:

Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di  $h_0$ , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a  $\phi(t = \infty) = 2.5$ .

Il ritiro viene considerato nel calcolo delle sollecitazioni come un'azione termica applicata alla soletta superiore di intensità pari a:

$$\alpha \times \Delta T \times E_c = -\epsilon_r \times E_c / (1 + \phi)$$

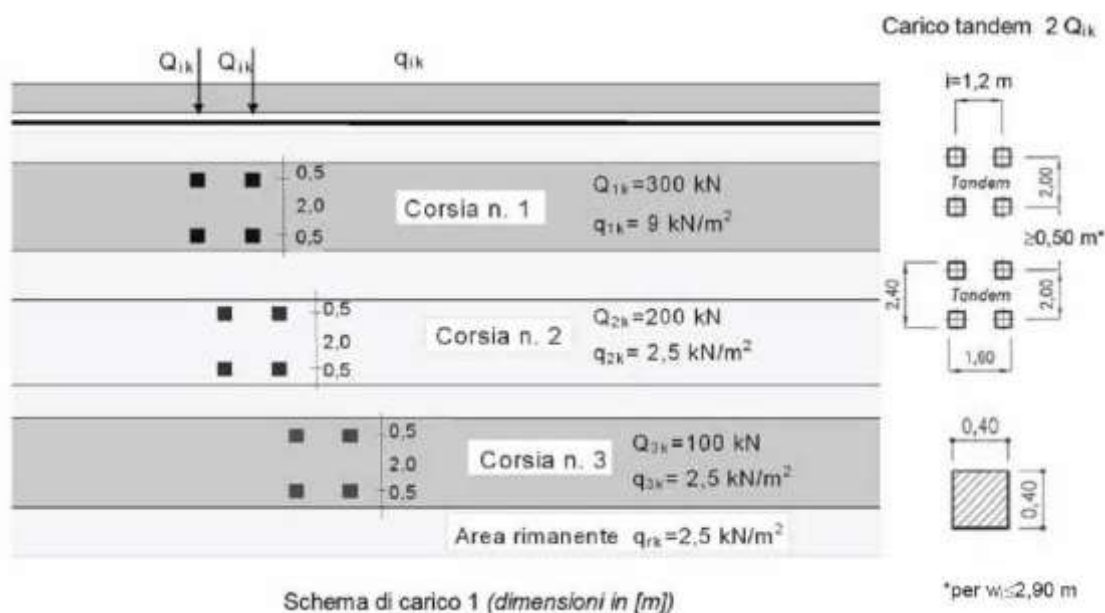
$$\Delta T = -\epsilon_r / [\alpha \times (1 + \phi)] = -0.278 \text{ ‰} / [10 \times 10^{-6} \times (1 + 2.5)] = -7.94 \cong -10 \text{ °C.}$$

L'azione termica viene combinata con le altre azioni solamente quando il suo contributo incrementa le sollecitazioni. Per semplicità di calcolo, essa si considera sommata all'azione termica uniforme negativa (**Load 7**), considerando quindi un'azione pari a:

$$\Delta T^{(-)} = -5 - 10 = -15 \text{ °C.}$$

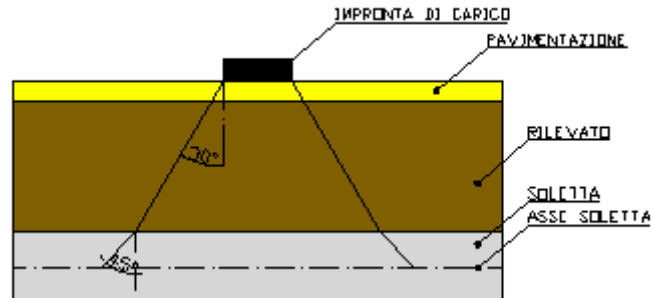
**10.5. Carichi mobili verticali sulla soletta superiore (Load 9 ÷ Load 11)**

Le azioni variabili da traffico gravanti sulla soletta superiore sono definite dallo schema di carico 1. Lo schema di carico normativo prevede un mezzo convenzionale da 600kN a due assi da 300kN ognuno (carico tandem), con interasse di 1.20m lungo il senso di marcia e di larghezza 2.40m (comprese le dimensioni delle impronte) e un carico ripartito  $q_{1,k}$  da 9 kN/m<sup>2</sup>.



Tale carico viene posizionato parallelamente all'asse stradale e ripartito, sia in direzione longitudinale che trasversale, con un angolo di diffusione di 30° attraverso il rilevato stradale, e di 45° sino al piano medio della soletta superiore.

$$L_d = H_r \times \tan 30^\circ + S_s/2 = 1.20 \times \tan 30 + 0.60/2 = 0.99 \text{ m}$$



La sovrapposizione delle impronte dovute a ciascuna corsia in asse soletta è inferiore a 2 m ( $L_d < 1.30\text{m}$ ); in questo caso considerare un carico dato dalla somma di quello delle corsie n.1 e n.2 risulterebbe eccessivamente gravoso, oltre che poco realistico, in quanto si trascurerebbe la capacità della struttura di lavorare a piastra e quindi di diffondere gli effetti dovuti a carichi concentrati su una superficie così ridotta.

In questo caso l'effetto della sovrapposizione viene tenuto in considerazione riducendo la larghezza di diffusione dei carichi. Nel caso in cui le corsie siano caricate tutte allo stesso modo sarebbe lecito utilizzare come larghezza massima quella della corsia di carico; essendo invece le corsie caricate in maniera differente, l'effetto legato al carico della corsia n.1 risulta preponderante rispetto agli altri e quindi si presta ad una maggior diffusione nelle parti di struttura meno caricate poste al di sotto delle corsie adiacenti. Poiché la risultante del carico  $Q_{1k}$  equivale a quella ottenuta dalla somma  $Q_{2k}+Q_{3k}$  si ritiene lecito adottare come larghezza di calcolo quella della corsia incrementata del 50% della parte di impronta ad essa eccedente:

$$L_{\text{trasv},3} = 3.00 + (2.40 + 2 \times L_d - 3.00) \times 0.50 = 3.00 + 1.20 + L_d - 1.50 = 2.70 + L_d$$

Le larghezze di diffusione trasversale e longitudinale del carico tandem risultano pari a:

- $L_{\text{trasv}} = 2.70 + L_d = 2.70 + 1.20 = 3.90 \text{ m}$
- $L_{\text{long}} = 1.60 + 2 \times L_d = 1.60 + 2 \times 1.20 = 4.00 \text{ m}$ .

La pressione indotta dal carico tandem sulla soletta superiore risulta quindi pari a:

$$q_{Q_{1k},1} = 2 \times Q_{1k} / (L_{\text{trasv}} \times L_{\text{long}}) = 2 \times 300 / (3.90 \times 4.00) = \mathbf{38.46 \text{ kN/m}^2}$$

Su tutta la soletta superiore si considera inoltre la presenza del carico distribuito  $q_{1k} = \mathbf{9.00 \text{ kN/m}^2}$

La lunghezza di diffusione  $L_{\text{long}}$  è inferiore alla luce di calcolo della soletta; l'analisi delle sollecitazioni sarà effettuata disponendo il carico tandem in 3 differenti posizioni:

- $q_{Q_{1k}}$  centrato sulla mezzeria (Load 9);
- $q_{Q_{1k}}$  disposto in corrispondenza del piedritto destro (Load 10);
- $q_{Q_{1k}}$  disposto in corrispondenza del piedritto sinistro (Load 11).

### 10.6. Spinta del sovraccarico sul rilevato (Load 12)

In accordo con quanto riportato nella circolare n°617 al §5.1.3.3.7.1, il sovraccarico da considerare sul terrapieno adiacente la parete dello scatolare, è quello generato dallo schema di carico 1, dove il carico tandem è sostituito da un carico uniformemente distribuito su un'impronta di larghezza  $3 \times 2.20$  m. Si tiene conto della larghezza di diffusione dell'impronta fino alla mezzeria della soletta superiore. L'incremento di larghezza dovuto alla diffusione è pari a:

$$L_d = (H_r + S_s/2) \times \tan 30^\circ = (1.20 + 0.60/2) \times \tan 30^\circ = 0.866 \text{ m}$$

La dimensione dell'impronta di carico in asse soletta risultano quindi essere pari a:

- $L_{\text{trasv}} = 3 + 2 \times L_d = 3.00 + 2 \times 0.866 = 4.732 \text{ m}$
- $L_{\text{long}} = 2.2 + L_d = 2.20 + 0.866 = 3.066 \text{ m}$

Il carico accidentale totale in asse soletta è pari a:

$$q = 2 \times Q_{1k} / (L_{\text{trasv}} \times L_{\text{long}}) = 2 \times 300 / (4.732 \times 3.066) = 41.36 \text{ kN/m}^2$$

Il carico uniformemente distribuito sulla corsia di carico  $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$ , viene sommato al carico tandem uniformemente distribuito. Si considera su tutta l'altezza del piedritto un carico uniformemente distribuito pari a:  $q_h = (q + q_{1k}) \times k_0$ .

#### Approccio 1 – Combinazione 1

$$q_h = (41.36 + 9.00) \times 0.4264 = \mathbf{21.47 \text{ kN/m}^2}$$

#### Approccio 1 – Combinazione 2

$$q_h = (41.36 + 9.00) \times 0.5113 = \mathbf{25.75 \text{ kN/m}^2}$$

La spinta è applicata sul solo piedritto sinistro per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura.

### 10.7. Frenatura (Load 13)

Il carico frenante di normativa ( $q_3$ ) è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1. Tale carico viene considerato ripartito sulla larghezza della corsia n.1 nella direzione trasversale ( $L_{\text{trasv}}$ ) e sulla larghezza dello scatolare nella direzione longitudinale. Quest'assunzione è sicuramente a favore di sicurezza vista l'elevata rigidità della soletta nel suo piano. Si considera inoltre il carico distribuito  $q_{1k}$ .

Il carico frenante totale per ponti di 1ª categoria è pari a:

$$Q_3 = 0.60 \times (2 Q_{1k}) + 0.10 \times (q_{1k} \times w_1 \times L_{\text{scat}}) = 0.60 \times 2 \times 300 + 0.10 \times 9.0 \times 3.00 \times 7.20 = 379.44 \text{ kN}$$

valore che rispetta le limitazioni  $180 \text{ kN} \leq Q_3 \leq 900 \text{ kN}$

Il carico frenante uniformemente distribuito applicato alla luce di calcolo viene determinato come segue:

$$q_3 = Q_3 / (L_{\text{trasv}} \times L_{\text{calcolo}}) = 379.44 / (3.00 \times 6.60) = \mathbf{19.16 \text{ kN/m}^2}$$

### 10.8. Sovraccarichi accidentali sulla soletta di fondazione

A favore di sicurezza si trascurano i carichi presenti sulla soletta di fondazione.

### 10.9. Forza centrifuga

L'asse stradale in corrispondenza del sottopasso è in retto e quindi sulla struttura non agisce alcuna forza centrifuga.

### 10.10. Azione sismica (Load 14÷17)

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

$$F_h = P \times a_{gh};$$

$$F_v = P \times a_{gv};$$

P = peso proprio;

$a_g$  = accelerazioni sismiche al suolo.

$a_{gh} = 0.277$  g, accelerazione orizzontale;

$a_{gv} = 0.155$  g, accelerazione verticale.

Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento all'EC8-5, appendice E – “Analisi semplificata per le strutture di contenimento”, punto 9 – “Forze causate dalla spinta del terreno per strutture rigide”, in cui l'incremento di spinta sismica  $\Delta P$  per la condizione a riposo viene valutato come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

La risultante di tale incremento di spinta (**Load 14**) viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento  $h_{tot}$ :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 4.50 = 24.93 \text{ kN/m}^2.$$

Per tenere in conto della metà dello spessore della soletta superiore che non è modellata che subisce la forza sismica, il carico applicato alla struttura risulta pari a:

$$\Delta p_{d,incr} = \Delta p_d \times (H_{interna} + S_s + S_i) / (H_{interna} + S_s/2 + S_i) = 24.93 \times 3.30 / 3.00 = \mathbf{27.42 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche orizzontali dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera sulla soletta superiore anche l'inerzia dovuta alla presenza del rilevato (**Load 15**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.60 \times 0.277 = \mathbf{4.16 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,h} = (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gh} = (25 \times 0.60 + 24.00) \times 0.277 = \mathbf{10.80 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche verticali dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera sulla soletta superiore anche l'inerzia dovuta alla presenza del rilevato. Le azioni verticali si considerano alternativamente agenti verso l'alto o verso il basso (**Load 16, Load 17**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,v} = \pm \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gv} = \pm 25 \times 0.60 \times 0.155 = \pm \mathbf{2.33 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,v} = \pm (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gv} = \pm (25 \times 0.60 + 24.00) \times 0.155 = \pm \mathbf{6.05 \text{ kN/m}^2}$$

### 10.11. Riepilogo dei carichi sollecitanti

Nella seguente tabella vengono riportati i valori delle sollecitazioni per i singoli casi di carico, determinati come sopra riportato.

<i>Load 1</i>	Soletta superiore	15,00	kN/m <sup>2</sup>
	Piedritti	15,00	kN/m <sup>2</sup>
	Soletta inferiore	17,50	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 2</i>	Sovraccarico permanente	24,00	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 3, Load 4 (con M1)</i>	P1	12,79	kN/m <sup>2</sup>
	P2	35,39	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 3, Load 4 (con M2)</i>	P1	15,34	kN/m <sup>2</sup>
	P2	42,44	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 5</i>	T	5	°C
<i>Load 6</i>	T + ritiro	-15	°C
<i>Load 7</i>	$\Delta T$	8,33	°C/m
<i>Load 8</i>	$\Delta T$	-8,33	°C/m
<i>Load 9, Load 10, Load 11</i>	$Q_{1k} + q_{1k}$	47,46	kN/m <sup>2</sup>
	$q_{1k}$	9,00	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 12 (con M1)</i>	$p_{1k}$	21,47	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 12 (con M2)</i>	$p_{1k}$	25,75	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 13</i>	$q_{\text{f3}}$	19,16	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 14</i>	$\Delta p_{d,inc}$	27,42	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 15</i>	$\Delta p_{p,h}$	4,16	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,h}$	10,80	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 16</i>	$\Delta p_{p,v+}$	2,33	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,v+}$	6,05	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 17</i>	$\Delta p_{p,v-}$	-2,33	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,v-}$	-6,05	kN/m <sup>2</sup>

## 11. ANALISI DEI CARICHI – CONCIO 3

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari da assumere per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Vengono prese in considerazione le condizioni elementari di carico di seguito determinate.

Tali Combinazioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:	$\gamma_{c.a.}$	= 25	kN/m <sup>3</sup>
- rilevato:	$\gamma_{ril}$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
- sovrastruttura stradale:	$\gamma_{ric}$	= 20	kN/m <sup>3</sup>

### 11.1. Peso proprio strutture (Load1)

- soletta superiore	$S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.70 \times 25.00$	= 17.50 kN/m <sup>2</sup>
- piedritti	$S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.70 \times 25.00$	= 17.50 kN/m <sup>2</sup>
- soletta inferiore	$S_i \times \gamma_{c.a.} = 0.80 \times 25.00$	= 20.00 kN/m <sup>2</sup>

### 11.2. Carichi permanenti portati (Load2)

Si considera un ricoprimento di spessore medio pari a 0.30 m:

peso ricoprimento	$H_r \times \gamma_{ric}$	= 0.30 x 20.00	= 6.00 kN/m <sup>2</sup>
-------------------	---------------------------	----------------	--------------------------

### 11.3. Spinta del terreno (Load3 e Load4)

Il reinterro a ridosso dello scatolare verrà realizzato tramite materiale arido di buone caratteristiche meccaniche. Secondo quanto riportato in precedenza per il reinterro si assumono i seguenti parametri:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_k = 35^\circ$$

$$k_{0,k} = 0.4264$$

$$k_{0,M1} = 0.4264$$

$$k_{0,M2} = 0.5113$$

$$k_{a,k} = 0.2710$$

$$k_{a,M1} = 0.2710$$

$$k_{a,M2} = 0.3434$$

Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni agenti sulla struttura, eseguito sia per la Combinazione 1 (A1+M1+R1) che per la Combinazione 2 (A2+M2+R2), ed indicando con Load 4 le spinte a riposo sul piedritto sinistro e con Load 5 quelle sul piedritto destro.

Approccio 1 – Combinazione 1

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 0.65\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t =$$

$$= 0.4264 \times 0.65 \times 20 = \mathbf{5.54 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 7.35\text{m}) = P_1 + k_{0,M1} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t =$$

$$= 5.54 + 0.4264 \times (7.35 - 0.65) \times 20 = \mathbf{62.68 \text{ kN/m}^2}$$

Approccio 1 – Combinazione 2

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 0.65\text{m}) = k_{0,M2} \times h_1 \times \gamma_t =$$

$$= 0.5113 \times 0.65 \times 20 = \mathbf{6.65 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 7.35\text{m}) = P_1 + k_{0,M2} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t =$$

$$= 6.65 + 0.5113 \times (7.35 - 0.65) \times 20 = \mathbf{75.16 \text{ kN/m}^2}$$

**11.4. Azioni termiche e ritiro (Load 5 ÷ 8)**

Sono stati considerati gli effetti dovuti alle variazioni termiche. In particolare, è stata considerata una variazione termica uniforme di  $\pm 15^\circ \text{C}$  sulla soletta superiore (Load 5 e Load 6), ed un salto termico di  $5^\circ \text{C}$  (analizzando i due casi di intradosso più caldo dell'estradosso e viceversa), con andamento lineare nello spessore della soletta superiore (Load 7 e Load 8).

Il valore applicato della variazione termica uniforme viene ridotto di 1/3 per considerare gli effetti viscosi del calcestruzzo, ed è quindi pari a  $\pm 5^\circ \text{C}$ .

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

**Ritiro**

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale  $\epsilon_{cs}(t, t_0)$  e di viscosità  $\phi(t, t_0)$ , come definiti nell'EC 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D. M.14-01-2008.

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria della sola soletta superiore, assumendo la dimensione convenzionale  $h_0$  pari a  $2 \times A/u = 2 \times H = 120 \text{ cm}$ , ed un calcestruzzo C32/40 classe N.

Caratteristiche della sezione:

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$H = 60 \text{ cm}$$

Deformazione da ritiro:

$$U.R. = 75\%$$

$$\epsilon_{ca}(t = \infty) = 2.5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 40 - 10) \times 10^{-6} = 0.058 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{cd}(t = \infty) = k_h \times \epsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.32 \text{ ‰} = 0.22 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C32/40 classe N, U.R.}=75\%)$$

$$\epsilon_r = \epsilon_{ca} + \epsilon_{cd} = 0.278 \text{ ‰}$$

Effetto viscosità:

Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di  $h_0$ , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a  $\phi(t = \infty) = 2.5$ .

Il ritiro viene considerato nel calcolo delle sollecitazioni come un'azione termica applicata alla soletta superiore di intensità pari a:

$$\alpha \times \Delta T \times E_c = -\epsilon_r \times E_c / (1 + \phi)$$

$$\Delta T = -\epsilon_r / [\alpha \times (1 + \phi)] = -0.278 \text{ ‰} / [10 \times 10^{-6} \times (1 + 2.5)] = -7.94 \cong -10 \text{ °C.}$$

L'azione termica viene combinata con le altre azioni solamente quando il suo contributo incrementa le sollecitazioni. Per semplicità di calcolo, essa si considera sommata all'azione termica uniforme negativa (**Load 7**), considerando quindi un'azione pari a:

$$\Delta T^{(-)} = -5 - 10 = -15 \text{ °C.}$$

**11.5. Carichi mobili verticali sulla soletta superiore (Load 9 ÷ Load 11)**

Su tutta la soletta superiore si considera la presenza del carico distribuito  $q_{1k} = 20.00 \text{ kN/m}^2$

**11.6. Spinta del sovraccarico sul rilevato (Load 12)**

La spinta orizzontale dovuta al sovraccarico accidentale è calcolata come

$$p_q = k_0 \times q$$

con  $q$  sovraccarico accidentale.

Approccio 1 – Combinazione 1

$$q_h = 20 \times 0.4264 = 8.53 \text{ kN/m}^2$$

Approccio 1 – Combinazione 2

$$q_h = 20 \times 0.5113 = 10.23 \text{ kN/m}^2$$

La spinta è applicata sul solo piedritto sinistro per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura.

**11.7. Frenatura (Load 13)**

Sulla struttura non agisce alcuna forza di frenatura.

**11.8. Sovraccarichi accidentali sulla soletta di fondazione**

A favore di sicurezza si trascurano i carichi presenti sulla soletta di fondazione.



### 11.9. Forza centrifuga

L'asse stradale in corrispondenza del sottopasso è in retto e quindi sulla struttura non agisce alcuna forza centrifuga.

### 11.10. Azione sismica (Load 14÷17)

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

$$F_h = P \times a_{gh};$$

$$F_v = P \times a_{gv};$$

P = peso proprio;

$a_g$  = accelerazioni sismiche al suolo.

$a_{gh} = 0.277$  g, accelerazione orizzontale;

$a_{gv} = 0.155$  g, accelerazione verticale.

Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento all'EC8-5, appendice E – “Analisi semplificata per le strutture di contenimento”, punto 9 – “Forze causate dalla spinta del terreno per strutture rigide”, in cui l'incremento di spinta sismica  $\Delta P$  per la condizione a riposo viene valutato come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

La risultante di tale incremento di spinta (**Load 14**) viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento  $h_{tot}$ :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 7.75 = 42.94 \text{ kN/m}^2.$$

Per tenere in conto della metà dello spessore della soletta superiore che non è modellata che subisce la forza sismica, il carico applicato alla struttura risulta pari a:

$$\Delta p_{d,incr} = \Delta p_d \times (H_{interna} + S_s + S_i) / (H_{interna} + S_s/2 + S_i) = 42.94 \times 7.05 / 6.80 = \mathbf{44.52 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche orizzontali dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera sulla soletta superiore anche l'inerzia dovuta alla presenza del rilevato (**Load 15**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.70 \times 0.277 = \mathbf{4.85 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,h} = (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gh} = (25 \times 0.70 + 6.00) \times 0.277 = \mathbf{6.51 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche verticali dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera sulla soletta superiore anche l'inerzia dovuta alla presenza del rilevato. Le azioni verticali si considerano alternativamente agenti verso l'alto o verso il basso (**Load 16, Load 17**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,v} = \pm \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gv} = \pm 25 \times 0.70 \times 0.155 = \pm \mathbf{2.71 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,v} = \pm (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gv} = \pm (25 \times 0.70 + 6.00) \times 0.155 = \pm \mathbf{3.64 \text{ kN/m}^2}$$

### 11.11. Riepilogo dei carichi sollecitanti

Nella seguente tabella vengono riportati i valori delle sollecitazioni per i singoli casi di carico, determinati come sopra riportato.

<i>Load 1</i>	Soletta superiore	17,50	kN/m <sup>2</sup>
	Piedritti	17,50	kN/m <sup>2</sup>
	Soletta inferiore	20,00	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 2</i>	Sovraccarico permanente	6,00	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 3, Load 4 (con M1)</i>	P1	5,54	kN/m <sup>2</sup>
	P2	62,68	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 3, Load 4 (con M2)</i>	P1	6,65	kN/m <sup>2</sup>
	P2	75,16	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 5</i>	T	5	°C
<i>Load 6</i>	T + ritiro	-15	°C
<i>Load 7</i>	$\Delta T$	7,14	°C/m
<i>Load 8</i>	$\Delta T$	-7,14	°C/m
<i>Load 9, Load 10, Load 11</i>	$Q_{1k} + q_{1k}$	-	kN/m <sup>2</sup>
	$q_{1k}$	20,00	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 12 (con M1)</i>	$p_{1k}$	8,33	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 12 (con M2)</i>	$p_{1k}$	10,23	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 13</i>	$q_{\text{f3}}$	-	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 14</i>	$\Delta p_{d,inc}$	44,52	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 15</i>	$\Delta p_{p,h}$	4,85	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,h}$	6,51	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 16</i>	$\Delta p_{p,v+}$	2,71	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,v+}$	3,64	kN/m <sup>2</sup>
<i>Load 17</i>	$\Delta p_{p,v-}$	-2,71	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,v-}$	-3,64	kN/m <sup>2</sup>

## 12. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei veicoli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico stradale, adottando i coefficienti indicati in Tab. 5.1.IV (NTC).

	Carichi verticali ( $Q_{1k}$ e $q_{1k}$ )	Frenatura ( $q_3$ )
Gruppo 1	<b>Valore caratteristico</b>	-
Gruppo 2a	<b>Valore frequente</b>	<b>Valore caratteristico</b>

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali di Tab. 5.1.V delle N.T.C. e i coefficienti di combinazione  $\Psi$  di Tab. 5.1.VI delle N.T.C.. Per le verifiche agli stati limite d'esercizio si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.1.VI (NTC).

### 12.1. Condizioni e combinazioni di carico adottate

Le condizioni elementari di carico considerate sono di seguito riassunte:

Load	Tipo	Carico
1	$G_{g,k}$	Peso proprio della struttura
2	$G_k$	Peso rilevato
3	$G_k$	Spinta terre da sinistra
4	$G_k$	Spinta terre da destra
5	$Q_k$	Carico termico positivo uniforme
6	$Q_k$	Carico termico negativo uniforme
7	$Q_k$	Carico termico variabile +/-
8	$Q_k$	Carico termico variabile -/+
9	$Q_k$	$Q_{ik}$ centrale
10	$Q_k$	$Q_{ik}$ su piedritto DX
11	$Q_k$	$Q_{ik}$ su piedritto SX
12	$Q_k$	Spinta $Q_{ik}$ su piedritto sx
13	$Q_k$	Frenatura
14	$Q_k$	Incremento dinamico terreno
15	$Q_k$	Azioni sismiche inerziali orizzontali da permanenti
16	$Q_k$	Azioni sismiche inerziali verso alto da permanenti
17	$Q_k$	Azioni sismiche inerziali verso basso da permanenti

Le sollecitazioni di progetto sono ricavate attraverso combinazioni dei carichi caratteristici sopra elencati

I valori numerici riportati nelle colonne delle seguenti tabelle di combinazione indicano il coefficiente moltiplicativo con il quale la condizione elementare è considerata. Tali valori sono il risultato dei prodotti tra coefficienti parziali operanti sulle azioni.

## 12.1.1. Combinazioni SLU di tipo STR

n° CC	P.P.	Rilevato	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	Q <sub>1k</sub> - mezzeria	Q <sub>1k</sub> - DX	Q <sub>1k</sub> - SX	Carichi acc. su rilevato	Frenatura
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	Term	1,35	1,35	1	1	1,2		1,2					
2	Term	1,35	1,35	1	1	1,2			1,2				
3	Term	1,35	1,35	1	1		1,2	1,2					
4	Term	1,35	1,35	1	1		1,2		1,2				
5	Term	1,35	1,35	1,35	1	1,2		1,2					
6	Term	1,35	1,35	1,35	1	1,2			1,2				
7	Term	1,35	1,35	1,35	1		1,2	1,2					
8	Term	1,35	1,35	1,35	1		1,2		1,2				
9	Ril	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72				1,35	
10	Ril	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72			1,35	
11	Ril	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72				1,35	
12	Ril	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72			1,35	
13	Ril	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72				1,35	
14	Ril	1,35	1,35	1	1		0,72		0,72			1,35	
15	Ril	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72				1,35	
16	Ril	1,35	1,35	1,35	1		0,72		0,72			1,35	
17	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72		1,35			
18	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72		1,35		1,35	
19	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72	1,0125				1,35
20	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72	1,0125			1,0125	1,35
21	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72		1,35			
22	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72		1,35		1,35	
23	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72		1,0125			1,35
24	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72		1,0125		1,0125	1,35
25	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72			1,35		
26	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72			1,35	1,35	
27	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72		1,0125			1,35
28	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72		0,72		1,0125		1,0125	1,35
29	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72		1,35			
30	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72		1,35		1,35	
31	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72	1,0125				1,35
32	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72	1,0125			1,0125	1,35
33	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72		1,35			
34	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72		1,35		1,35	
35	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72		1,0125			1,35
36	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72		1,0125		1,0125	1,35
37	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72			1,35		
38	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72			1,35	1,35	
39	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72			1,0125		1,35
40	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72		0,72			1,0125	1,0125	1,35
41	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72	1,35			
42	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72	1,35		1,35	
43	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72	1,0125			1,35
44	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72	1,0125		1,0125	1,35
45	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72		1,35		
46	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72		1,35	1,35	
47	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72		1,0125		1,35
48	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72		1,0125	1,0125	1,35
49	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72			1,35	
50	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72		1,35	1,35	
51	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72		1,0125		1,35
52	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1	0,72			0,72		1,0125	1,0125	1,35
53	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72	1,35			
54	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72	1,35		1,35	
55	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72	1,0125			1,35
56	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72	1,0125		1,0125	1,35
57	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72		1,35		
58	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72		1,35	1,35	
59	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72		1,0125		1,35
60	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72		1,0125	1,0125	1,35
61	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72			1,35	
62	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72			1,35	
63	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72		1,0125		1,35
64	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1	0,72			0,72		1,0125	1,0125	1,35
65	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72		1,35			
66	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72		1,35		1,35	

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001Rev.  
AFoglio  
45 di 169

n° CC	P.P.	Rilevato	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	Q <sub>1k</sub> - mezzeria	Q <sub>1k</sub> - DX	Q <sub>1k</sub> - SX	Carichi acc. su rilevato	Frenatura
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
67	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72	1,0125				1,35
68	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72	1,0125			1,0125	1,35
69	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72		1,35			
70	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72		1,35		1,35	
71	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72	1,0125				1,35
72	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72	1,0125			1,0125	1,35
73	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72			1,35		
74	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72			1,35	1,35	
75	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72			1,0125		1,35
76	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72			1,0125	1,0125	1,35
77	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,35				
78	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,35			1,35	
79	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,0125				1,35
80	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,0125			1,0125	1,35
81	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72		1,35			
82	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72		1,35		1,35	
83	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72		1,0125			1,35
84	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72		1,0125		1,0125	1,35
85	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72			1,35		
86	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72			1,35	1,35	
87	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72			1,0125		1,35
88	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72			1,0125	1,0125	1,35
89	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72		1,35				
90	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72	1,35			1,35	
91	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72	1,0125				1,35
92	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72	1,0125			1,0125	1,35
93	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72		1,35			
94	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72		1,35		1,35	
95	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72	1,0125				1,35
96	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72	1,0125			1,0125	1,35
97	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72			1,35		
98	Acc - gr1	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72			1,35	1,35	
99	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72			1,0125		1,35
100	Acc - gr2a	1,35	1,35	1	1		0,72	0,72			1,0125	1,0125	1,35
101	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,35				
102	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,35			1,35	
103	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,0125				1,35
104	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,0125			1,0125	1,35
105	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72		1,35			
106	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72		1,35		1,35	
107	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,0125				1,35
108	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72	1,0125			1,0125	1,35
109	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72			1,35		
110	Acc - gr1	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72			1,35	1,35	
111	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72			1,0125		1,35
112	Acc - gr2a	1,35	1,35	1,35	1		0,72	0,72			1,0125	1,0125	1,35

## 12.1.2. Combinazioni SLU di tipo GEO

n° CC		P.P.	Rilevato	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	Q <sub>1k</sub> - mezzeria	Q <sub>1k</sub> - DX	Q <sub>1k</sub> - SX	Carichi acc. su rilevato	Frenatura
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Term	1	1	1	1	1		1						
2	Term	1	1	1	1	1			1					
3	Term	1	1	1	1		1	1						
4	Term	1	1	1	1		1		1					
5	Ril	1	1	1	1	0,6		0,6					1,15	
6	Ril	1	1	1	1	0,6			0,6				1,15	
7	Ril	1	1	1	1		0,6	0,6					1,15	
8	Ril	1	1	1	1		0,6		0,6				1,15	
9	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6		0,6		1,15				
10	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6		0,6		1,15			1,15	
11	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6		0,8625				1,15
12	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6		0,8625			0,8625	1,15
13	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6		0,6			1,15			
14	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6		0,6		1,15			1,15	
15	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6		0,8625				1,15
16	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6		0,8625			0,8625	1,15
17	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6		0,6				1,15		
18	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6		0,6			1,15		1,15	
19	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6			0,8625			1,15
20	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6			0,8625		0,8625	1,15
21	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6			0,6	1,15				
22	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6			0,6	1,15			1,15	
23	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6			0,6	0,8625				1,15
24	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6			0,6	0,8625			0,8625	1,15
25	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6			0,6		1,15			
26	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6			0,6		1,15		1,15	
27	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6			0,6	0,8625				1,15
28	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6			0,6	0,8625			0,8625	1,15
29	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6			0,6			1,15		
30	Acc - gr1	1	1	1	1	0,6			0,6		1,15		1,15	
31	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6			0,6		0,8625			1,15
32	Acc - gr2a	1	1	1	1	0,6			0,6		0,8625		0,8625	1,15
33	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6	0,6		1,15				
34	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6	0,6		1,15			1,15	
35	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6		0,8625				1,15
36	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6		0,8625			0,8625	1,15
37	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6	0,6			1,15			
38	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6	0,6			1,15		1,15	
39	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6		0,8625				1,15
40	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6		0,8625			0,8625	1,15
41	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6	0,6				1,15		
42	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6	0,6				1,15	1,15	
43	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6			0,8625			1,15
44	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6			0,8625		0,8625	1,15
45	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6		0,6	1,15				
46	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6		0,6	1,15			1,15	
47	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6	0,8625				1,15
48	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6	0,8625			0,8625	1,15
49	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6		0,6		1,15			
50	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6		0,6		1,15		1,15	
51	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6		0,8625			1,15
52	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6		0,8625		0,8625	1,15
53	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6		0,6			1,15		
54	Acc - gr1	1	1	1	1		0,6		0,6			1,15	1,15	
55	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6			0,8625		1,15
56	Acc - gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6			0,8625	0,8625	1,15

## 12.1.3. Combinazioni SLV

n° CC		P.P	Rilevato	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	Mezzo pesante centrale	Mezzo pesante a DX	Mezzo pesante a SX	Carichi acc. su rilevato	Frenatura	Incremento dinamico terreno	Azioni sismiche orizzontali	Azioni sismiche verticali verso l'alto	Azioni sismiche verticali verso il basso
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Sisma_orizz	1	1	1	1	0,5		0,5							1	1	0,3	
2	Sisma_orizz	1	1	1	1	0,5		0,5							1	1		0,3
3	Sisma_orizz	1	1	1	1	0,5			0,5						1	1	0,3	
4	Sisma_orizz	1	1	1	1	0,5			0,5						1	1		0,3
5	Sisma_orizz	1	1	1	1		0,5	0,5							1	1	0,3	
6	Sisma_orizz	1	1	1	1		0,5	0,5							1	1		0,3
7	Sisma_orizz	1	1	1	1		0,5		0,5						1	1	0,3	
8	Sisma_orizz	1	1	1	1		0,5	0,5	0,5						1	1		0,3
9	Sisma_vert	1	1	1	1	0,5		0,5							1	1	1	
10	Sisma_vert	1	1	1	1	0,5		0,5							0,3	0,3		1
11	Sisma_vert	1	1	1	1	0,5			0,5						0,3	0,3		1
12	Sisma_vert	1	1	1	1	0,5			0,5						0,3	0,3		1
13	Sisma_vert	1	1	1	1		0,5	0,5							0,3	0,3	1	
14	Sisma_vert	1	1	1	1		0,5	0,5							0,3	0,3		1
15	Sisma_vert	1	1	1	1		0,5		0,5						0,3	0,3	1	
16	Sisma_vert	1	1	1	1		0,5		0,5						0,3	0,3		1

I coefficienti di combinazione SLV applicati ai singoli Load Case sono i medesimi sia per l'Approccio 1-Combinazione 1 che per l'Approccio 1-Combinazione 2.

## 12.1.4. Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Caratteristica

n° CC		P.P	Rilevato	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	Mezzo pesante centrale	Mezzo pesante a DX	Mezzo pesante a SX	Carichi acc. su rilevato	Frenatura
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
QP1		1	1	1	1	0,5		0,5						
QP2		1	1	1	1	0,5			0,5					
QP3		1	1	1	1		0,5	0,5						
QP4		1	1	1	1		0,5		0,5					
CAR1	Term	1	1	1	1	1		1						
CAR2	Term	1	1	1	1	1			1					
CAR3	Term	1	1	1	1		1	1						
CAR4	Term	1	1	1	1		1		1					
CAR5	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6		1				
CAR6	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6		1			1	
CAR7	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6		0,75				1
CAR8	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6		0,75			0,75	1
CAR9	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6			1			
CAR10	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6		1			1	
CAR11	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6		0,75				1
CAR12	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6		0,75			0,75	1
CAR13	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6			1			
CAR14	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6			1		1	
CAR15	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6			0,75			1
CAR16	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6			0,75		0,75	1
CAR17	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6	0,6	1				
CAR18	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6	0,6	1			1	
CAR19	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6	0,6	0,75				1
CAR20	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6	0,6	0,75			0,75	1
CAR21	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6	0,6		1			
CAR22	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6		0,6	0,6		1		1	
CAR23	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6		0,6	0,6		0,75			1

Doc. N.

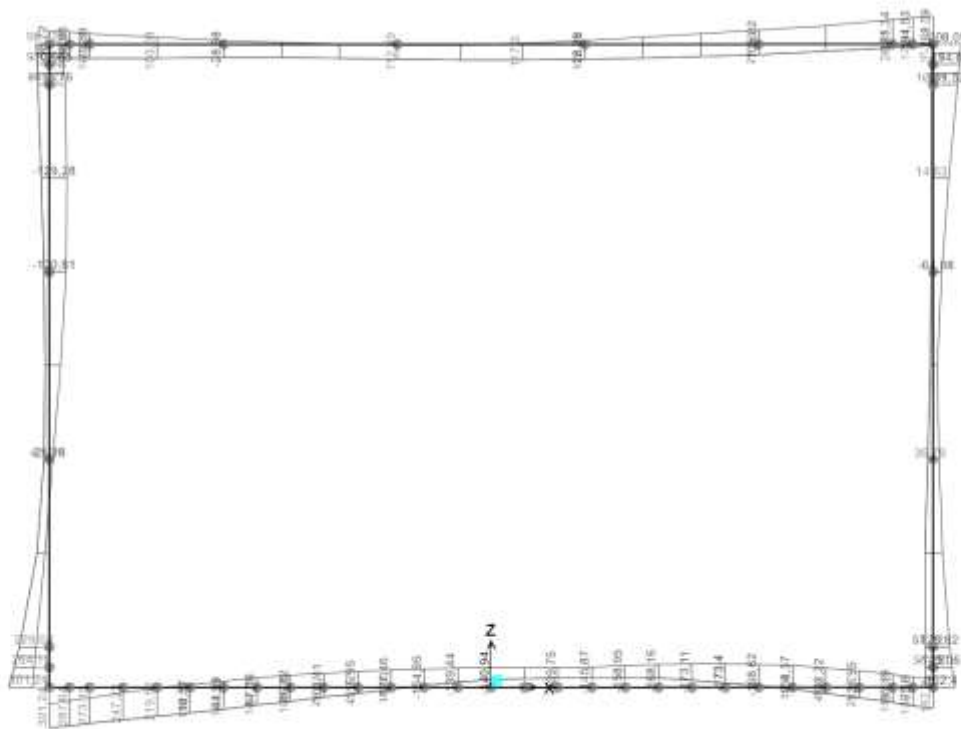
Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001Rev.  
AFoglio  
48 di 169

n° CC	P.P	Rilevato	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	Mezzo pesante centrale	Mezzo pesante a DX	Mezzo pesante a SX	Carichi acc. su rilevato	Frenatura
CAR24	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6			0,6			0,75	1
CAR25	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6			0,6		1		
CAR26	Acc-gr1	1	1	1	1	0,6			0,6		1	1	
CAR27	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6			0,6		0,75		1
CAR28	Acc-gr2a	1	1	1	1	0,6			0,6		0,75	0,75	1
CAR29	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6			1			
CAR30	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6	0,6		1			
CAR31	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6		0,75			1
CAR32	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6		0,75		0,75	1
CAR33	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6	0,6			1		
CAR34	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6	0,6			1	1	
CAR35	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6			0,75		1
CAR36	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6			0,75	0,75	1
CAR37	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6	0,6				1	
CAR38	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6	0,6			1	1	
CAR39	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6			0,75		1
CAR40	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6	0,6			0,75	0,75	1
CAR41	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6		0,6	1			
CAR42	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6		0,6	1		1	
CAR43	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6	0,75			1
CAR44	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6	0,75		0,75	1
CAR45	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6		0,6				
CAR46	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6		0,6		1	1	
CAR47	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6		0,75		1
CAR48	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6		0,75	0,75	1
CAR49	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6		0,6				
CAR50	Acc-gr1	1	1	1	1		0,6		0,6		1	1	
CAR51	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6		0,75		1
CAR52	Acc-gr2a	1	1	1	1		0,6		0,6		0,75	0,75	1



## 12.2. Diagrammi di inviluppo – concio 1

### 12.2.1. Inviluppo momento flettente SLU/SLV – STR

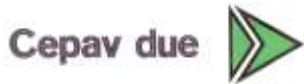


Per OMA, in any Frame Element for detailed diagram

→ ← SLOTTA → ← ANI n.c.

### 12.2.2. Inviluppo taglio SLU/SLV – STR

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

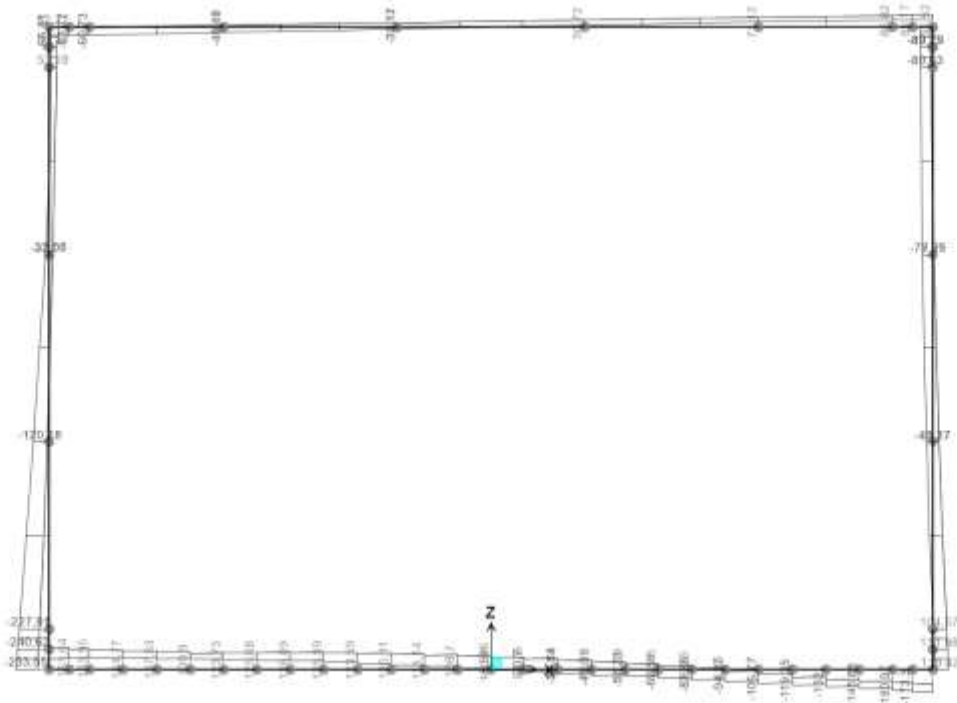
Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

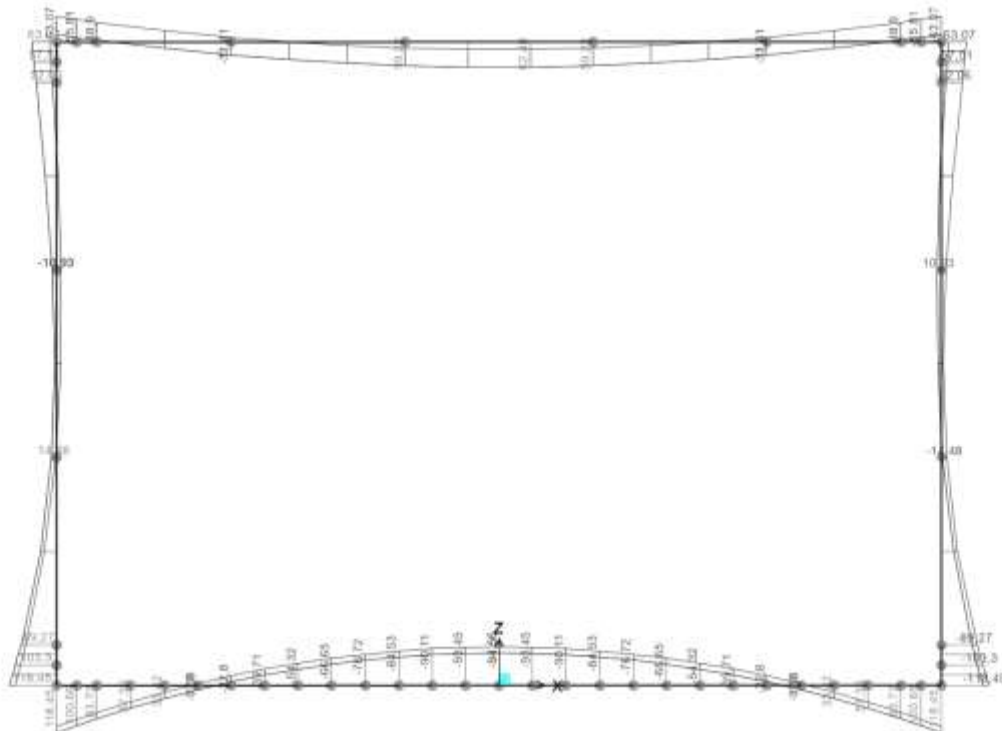
Foglio  
50 di 169



Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KM, m, C

### 12.2.3. Inviluppo momento flettente SLE – Quasi Permanente



Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KM, m, C

### 12.2.4. Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico

Doc. N.

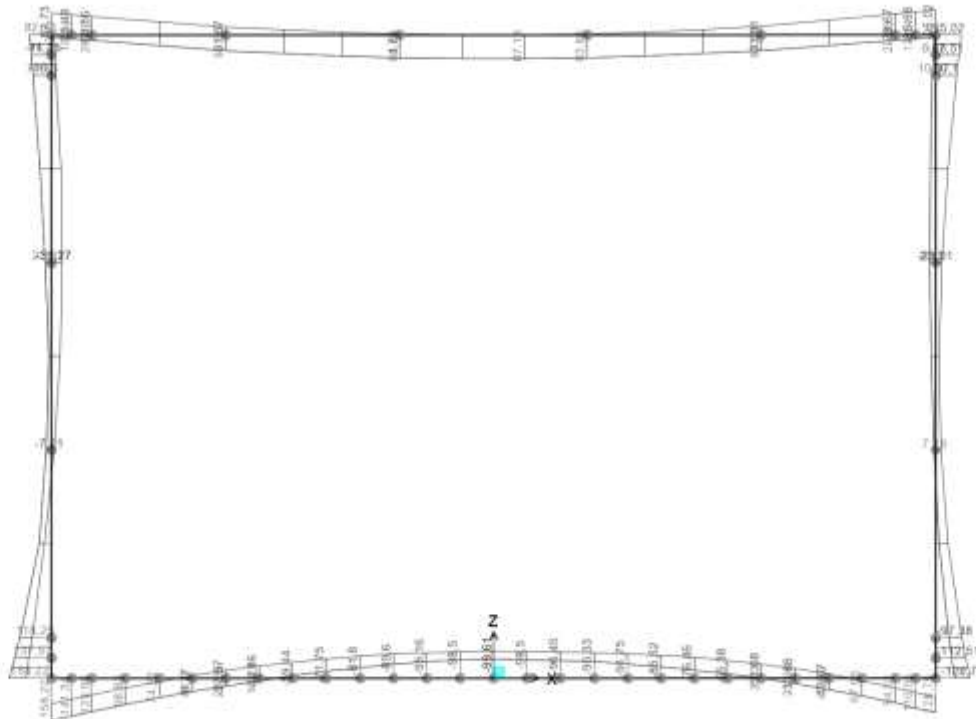
Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
51 di 169

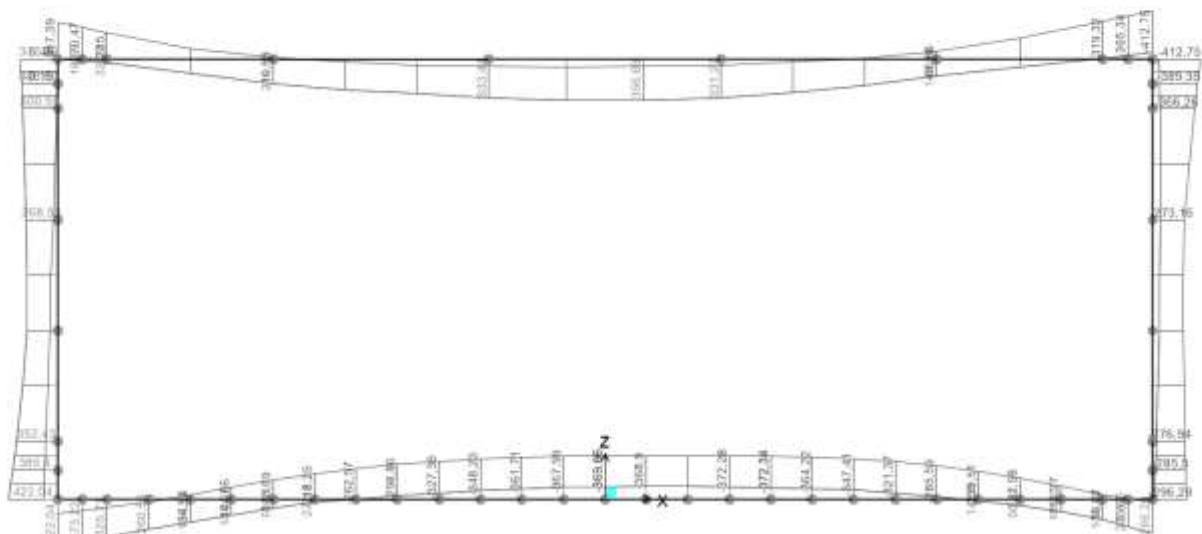


Click on any frame Element for detailed diagram

GLOBAL -> | KN, m, C

### 12.3. Diagrammi di involuppo – concio 2

#### 12.3.1. Involuppo momento flettente SLU/SLV – STR



Click on any frame Element for detailed diagram

GLOBAL -> | KN, m, C

Doc. N.

Progetto  
INOR

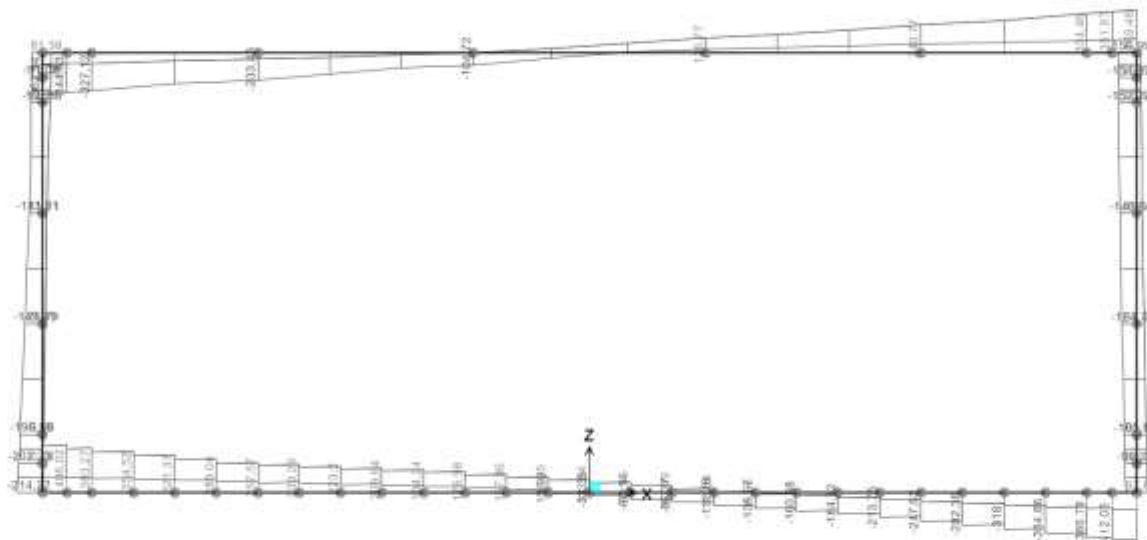
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
52 di 169

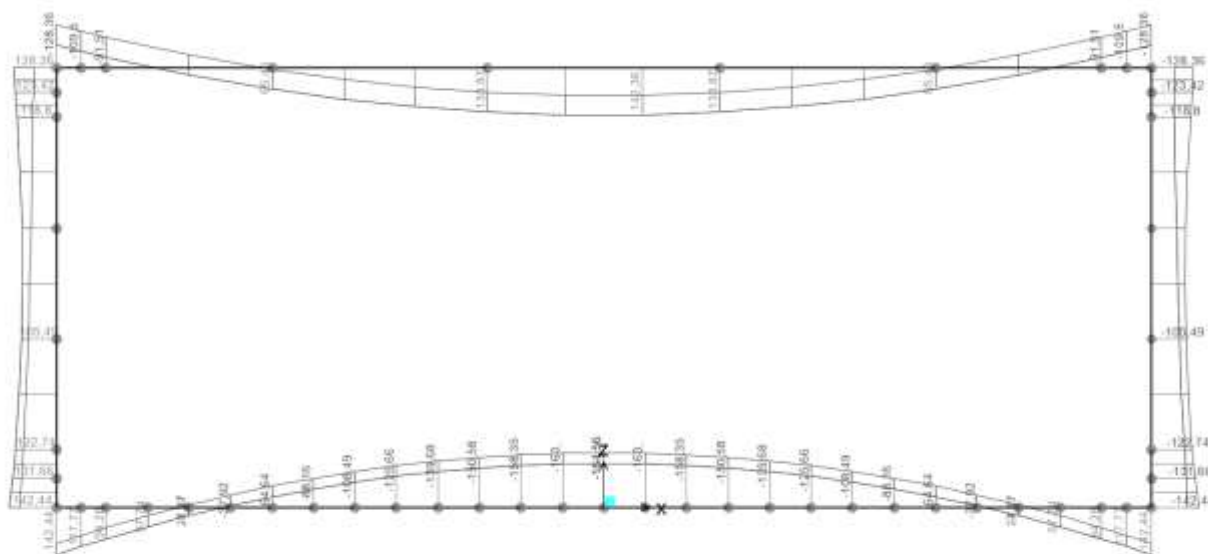
**12.3.2. Involuppo taglio SLU/SLV – STR**



Hit Click on any frame Element for detailed diagram

GLOBAL → KM, m, C

**12.3.3. Involuppo momento flettente SLE – Quasi Permanente**



Hit Click on any frame Element for detailed diagram

GLOBAL → KM, m, C

**12.3.4. Involuppo momento flettente SLE – Caratteristico**

Doc. N.

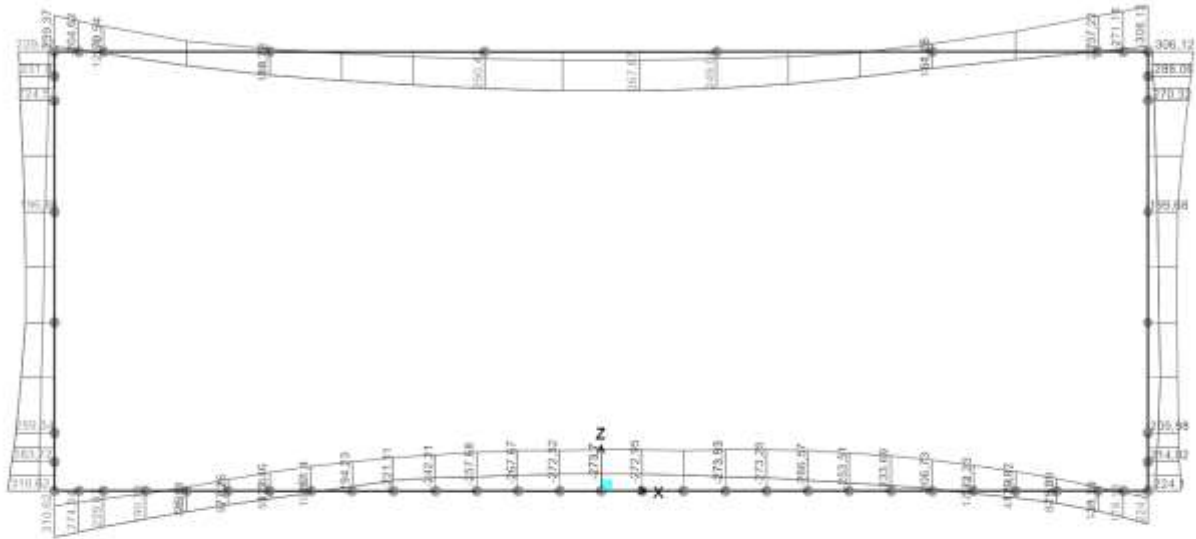
Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 F0 001

Rev.  
A

Foglio  
53 di 169

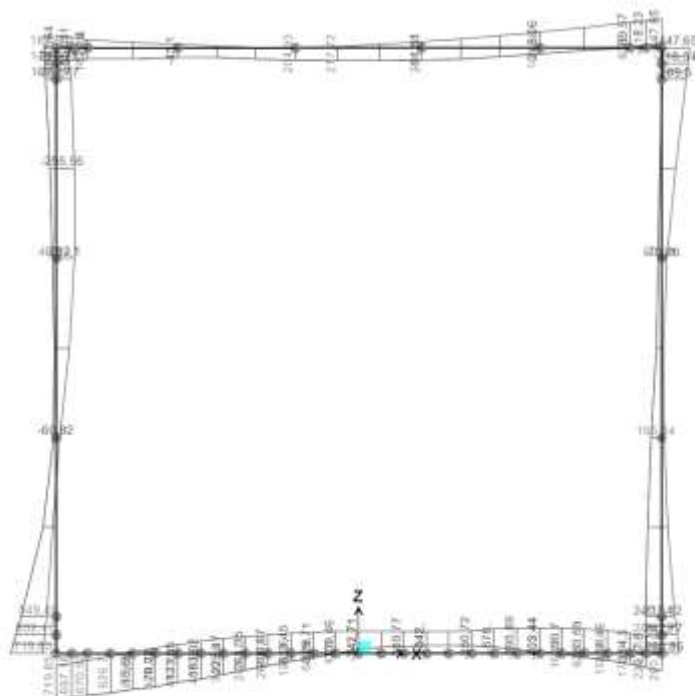


Click on any frame Element for detailed diagram

GLOBAL - KN, N, C

## 12.4. Diagrammi di involucro – concio 3

### 12.4.1. Involuppo momento flettente SLU/SLV – STR



Click on any frame Element for detailed diagram

GLOBAL - KN, N, C

Doc. N.

Progetto  
INOR

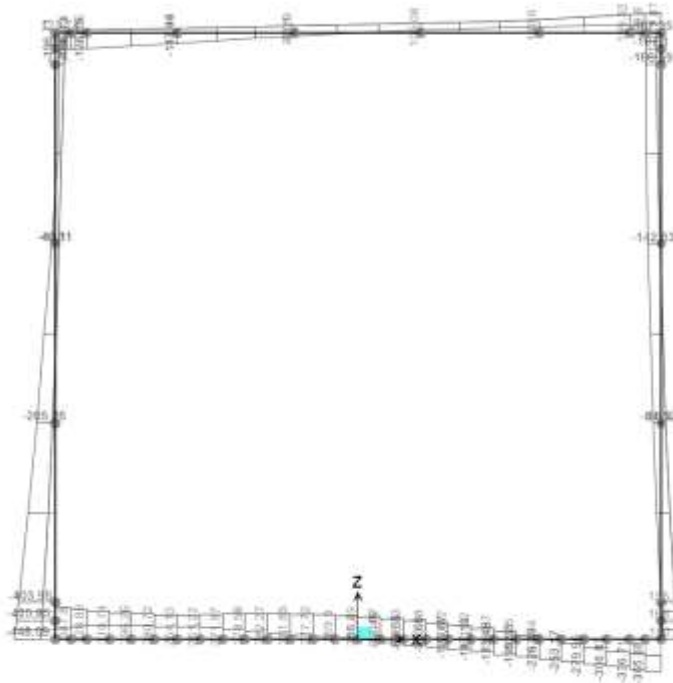
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
54 di 169

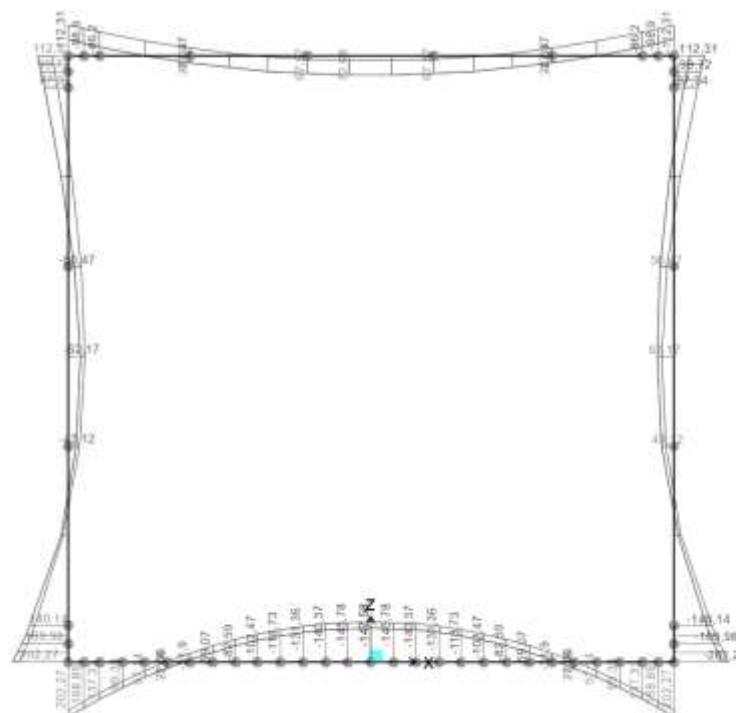
**12.4.2. Involuppo taglio SLU/SLV – STR**



Click on any frame Element for detailed diagram

GLOBAL KM, m, C

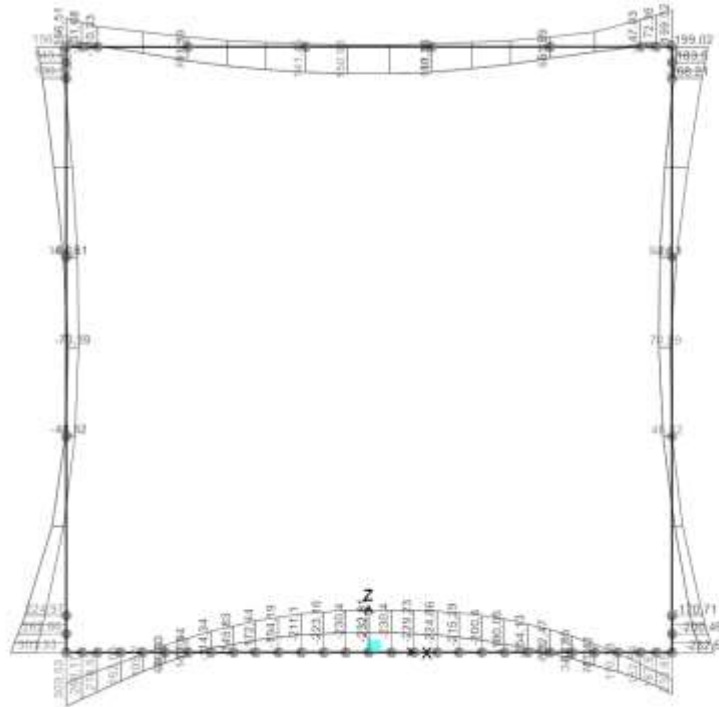
**12.4.3. Involuppo momento flettente SLE – Quasi Permanente**



Click on any frame Element for detailed diagram

GLOBAL KM, m, C

**12.4.4. Involuppo momento flettente SLE – Caratteristico**



It Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL - 101, m, C

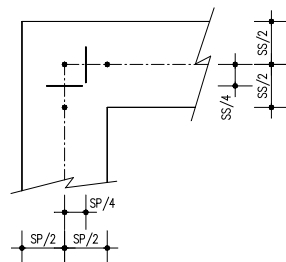
### 13. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – CONCIO 1

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

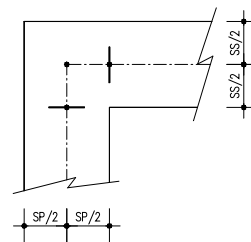
Le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- nella sezione ubicata a metà fra asse piedritto e sezione d'attacco piedritto-soletta nel caso delle verifiche della soletta;
- nella sezione ubicata a metà fra asse soletta e sezione d'attacco del piedritto nel caso delle verifiche del piedritto.

Le verifiche a fessurazione e a taglio sono eseguite nelle sezioni di attacco soletta-piedritto.



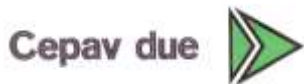
VERIFICHE A FLESSIONE



VERIFICHE A FESSURAZIONE E TAGLIO

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
56 di 169

Le verifiche a taglio sono svolte considerando il puntone in calcestruzzo inclinato di 45° e staffe verticali.

Verifica di formazione delle fessure: la verifica si esegue per la sezione interamente reagente determinando il momento di prima fessurazione e confrontandolo con quello sollecitante; se risulta  $M_{cr} < M_{Ed}$  la verifica si considera soddisfatta, altrimenti si procede alla verifica di apertura delle fessure.

Verifica di apertura delle fessure: l'apertura convenzionale delle fessure è calcolata con le modalità indicate nell'Eurocodice 2-1, come indicato dal D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008, e valutata con le sollecitazioni relative alla Combinazioni Rara della normativa vigente. Le massime aperture ammissibili sono:

- condizioni ambientali aggressive e molto aggressive:  $w_k \leq w_3 = 0.20\text{mm}$
- condizioni ambientali ordinarie:  $w_k \leq w_3 = 0.30\text{mm}$

Verifica delle tensioni di esercizio: si verifica che le tensioni di lavoro presenti nel calcestruzzo siano inferiori ai seguenti limiti:

- combinazione QP  $\sigma_c < 0.40 f_{ck}$ ;
- combinazione Rara  $\sigma_c < 0.55 f_{ck}$ ,

e che le tensioni di lavoro presenti nell'acciaio siano  $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$ .

### 13.1. Soletta inferiore



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

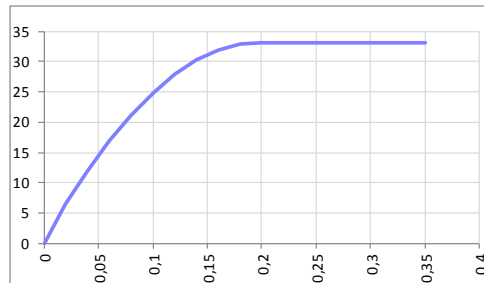
Rev.  
A

Foglio  
57 di 169

**CARATTERISTICHE MATERIALI**

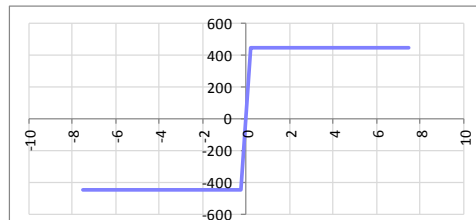
**Calcestruzzo:**

Classe	C32/40
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{c2}$	0,200 %
$\epsilon_{c3}$	0,175 %
$\epsilon_{c4}$	0,070 %
$\epsilon_{cu}$	0,350 %
n	2,000
tipo cemento	N



**Acciaio:**

Classe	B450C
Tipologia comportamentale	EL-PL
$k = (f_t/f_y)_k$	1
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{su}$	7,500 %



**Coefficiente di omogenizzazione:**

n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$	
umidità relativa	75 %	
giorno app. carico	15 giorni	
periodo lungo termine	50 anni	
coefficiente di viscosità	1,97	
n, lungo termine =	11,17 = $E_s/E_{cm}$	
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine

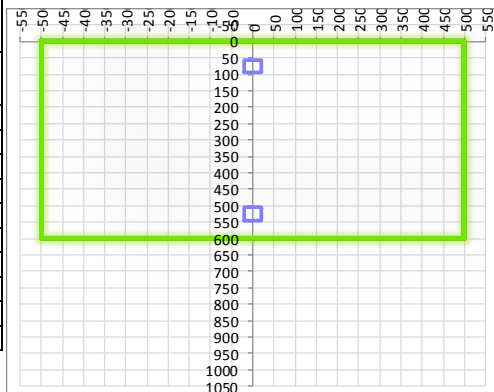
**CARATTERISTICHE SEZIONE**

**Sezione:**

B=	1000 mm
H=	600 mm

**Armature:**

Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	20	76	1570,7963
2	5	20	524	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0

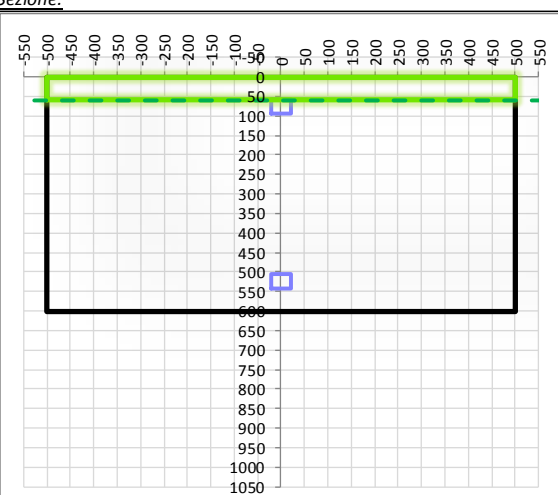
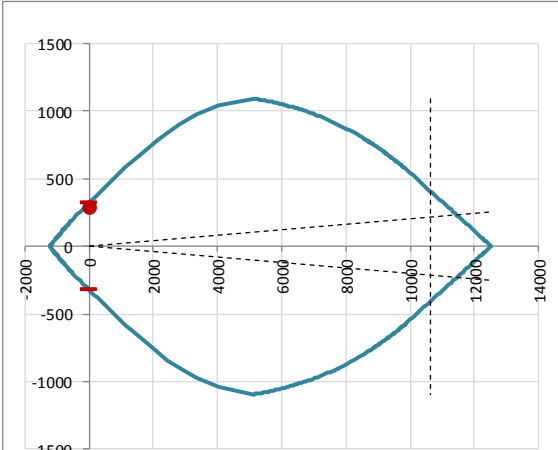


**Armatura di ripartizione:**

Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	58	1005,3096
inferiore	5	16	542	1005,3096

### 1.1.1 Soletta inferiore – sezione di incastro

#### 13.1.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$	0,85																																																				
$\gamma_c$	1,50																																																				
$f_{cd}$	22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$f_{ct,eff}$	2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																			
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$	1,15																																																				
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$\epsilon_{yd}$	0,196 %																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
SLV6	2	0,0	287,6	12517,32	-1229,32	321,95	-321,95	89%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				<b>Fibre compresse Superiori</b> $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -2,71 % d = 524,00 mm x = 59,85 mm x/d = 0,11																																																	
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>SLV6</td> <td>2</td> <td>0,0</td> <td>287,6</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV6	2	0,0	287,6																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLV6	2	0,0	287,6																																																		

13.1.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	600 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	20	76	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	76 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU15
Frame		27
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	160,97 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	524 mm
Coefficiente	k	1,62
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,30%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,41 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	217,45 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>218,82 kN</b>
Verifica		0,74 <b>Verifica soddisfatta</b>

13.1.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR30	3	0,0	125,0	Msd<Mf	0,200	175,30	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP3	2	0,0	100,7	-2,88	134,30	-17,45	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR30	2	0,0	141,3	-4,04	188,58	-24,50	Sezione parzializzata



13.1.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio

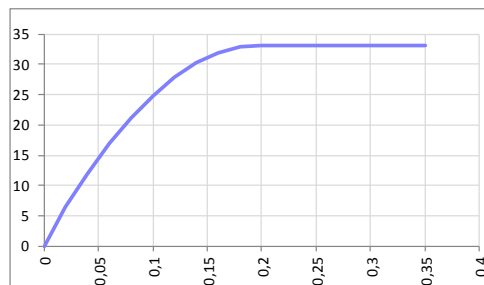
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k1=	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k3=	3,40	(valore raccomandato)						
k4=	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	$w_d$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR2	14	0,0	-99,6	Msd<Mf	0,200	-175,30	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP2	14	0,0	-94,6	-2,70	126,16	-16,39	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR2	14	0,0	-99,6	-2,85	132,90	-17,26	Sezione parzializzata

### 13.2. Piedritto

#### CARATTERISTICHE MATERIALI

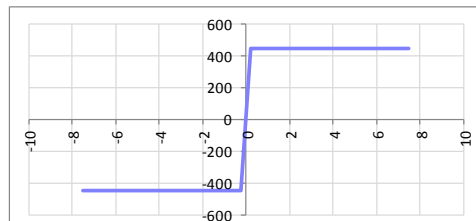
**Calcestruzzo:**

Classe	C32/40
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{c2}$	0,200 %
$\epsilon_{c3}$	0,175 %
$\epsilon_{c4}$	0,070 %
$\epsilon_{cu}$	0,350 %
n	2,000
tipo cemento	N



**Acciaio:**

Classe	B450C
Tipologia comportamentale	EL-PL
$k = (f_t/f_y)_k$	1
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{su}$	7,500 %



**Coefficiente di omogenizzazione:**

n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$	
umidità relativa	75 %	
giorno app. carico	15 giorni	
periodo lungo termine	50 anni	
coefficiente di viscosità	1,97	
n, lungo termine =	11,17 = $E_s/E_{cm}$	
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine

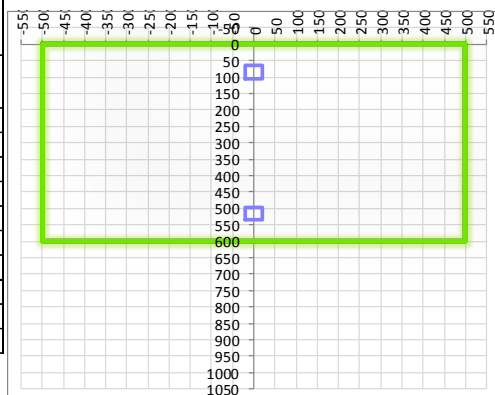
#### CARATTERISTICHE SEZIONE

**Sezione:**

B=	1000 mm
H=	600 mm

**Armature:**

Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	84	1570,7963
2	5	20	516	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0



**Armatura di ripartizione:**

Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	66	1005,3096
inferiore	5	16	534	1005,3096

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
64 di 169

### 1.1.3 Piedritto – sezione di incastro

#### 13.2.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																								
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																								
<b>Calcestruzzo</b>																																																								
$\alpha_{cc}$		0,85																																																						
$\gamma_c$		1,50																																																						
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																						
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																					
<b>Acciaio</b>																																																								
$\gamma_s$		1,15																																																						
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																						
$E_{yd}$		0,196 %																																																						
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																								
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																
SLV6	31	85,0	264,2	12517,32	-1229,32	340,67	-340,67	78%																																																
<i>Sezione:</i>																																																								
				<b>Fibre compresse Superiori</b> $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -2,39 % d = 516,00 mm x = 65,85 mm x/d = 0,13																																																				
<i>Dominio M-N</i>																																																								
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLV6</td> <td>31</td> <td>85,0</td> <td>264,2</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV6	31	85,0	264,2																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																					
SLV6	31	85,0	264,2																																																					



13.2.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	600 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	20	84	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	84 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV6
Frame		33
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	82,69 kN
Taglio	$V_{Ed}$	227,82 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	516 mm
Coefficiente	k	1,62
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,30%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,14 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,42 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	225,74 kN
Resistenza al taglio senza armatura	$V_{rd}$	227,89 kN
Verifica		1,00 <i>Verifica soddisfatta</i>

13.2.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	$w_d$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	M0 - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR30	33	109,7	118,3	Msd<Mf	0,200	185,29	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP3	31	119,2	103,3	-3,09	103,12	-21,97	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR30	31	112,0	137,6	-4,12	151,59	-27,04	Sezione parzializzata



13.2.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR30	35	67,7	-39,3	Msd<Mf	0,200	-180,92	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP3	35	75,0	-10,9	-0,29	0,27	-3,56	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR30	35	67,7	-39,3	-1,16	32,61	-9,28	Sezione parzializzata

### 13.3. Soletta superiore

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,97			
n, lungo termine =	11,17 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	600 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	76	1570,7963
2	5	20	524	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	58	1005,3096
inferiore	5	16	542	1005,3096

### 1.1.5 Soletta superiore – sezione di incastro

#### 13.3.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																													
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																													
<b>Calcestruzzo</b>																																																													
$\alpha_{cc}$		0,85																																																											
$\gamma_c$		1,50																																																											
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																											
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																										
<b>Acciaio</b>																																																													
$\gamma_s$		1,15																																																											
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																											
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																											
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																													
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																					
SLV4	50	0,0	-194,5	12517,32	-1229,32	321,95	-321,95	60%																																																					
<u>Sezione:</u>																																																													
				<b>Fibre compresse</b>		<b>Inferiori</b>																																																							
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																																							
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																							
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																							
				$\epsilon_{s,min}$	-2,71	%																																																							
				d	524,00	mm																																																							
				x/d	0,11																																																								
<u>Dominio M-N</u>																																																													
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>SLV4</td> <td>50</td> <td>0,0</td> <td>-194,5</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV4	50	0,0	-194,5																																												
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
				SLV4	50	0,0	-194,5																																																						

13.3.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	600 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	20	76	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	76 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV2
Frame		49
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	86,82 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	524 mm
Coefficiente	k	1,62
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,30%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,41 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	217,45 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>218,82 kN</b>
Verifica		0,40 <b>Verifica soddisfatta</b>

13.3.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR18	49	0,0	-78,7	Msd<Mf	0,200	-175,30	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP2	44	0,0	-55,8	-1,60	74,46	-9,67	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR18	50	0,0	-86,7	-2,48	115,65	-15,02	Sezione parzializzata



### 1.1.6 Soletta superiore – sezione di mezzeria

#### 13.3.1.4. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

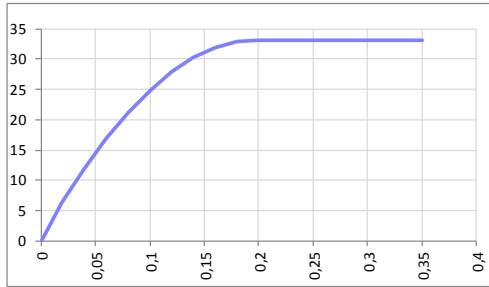
CRITERI DI VERIFICA																																																																																																									
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																																																																									
<b>Calcestruzzo</b>																																																																																																									
$\alpha_{cc}$		0,85																																																																																																							
$\gamma_c$		1,50																																																																																																							
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																																																																							
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																																																																						
<b>Acciaio</b>																																																																																																									
$\gamma_s$		1,15																																																																																																							
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																																																																							
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																																																																							
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																																																																	
SLU3	47	0,0	117,3	12517,32	-1229,32	321,95	-321,95	36%																																																																																																	
<u>Sezione:</u>																																																																																																									
				<b>Fibre compresse</b>		<b>Superiori</b>																																																																																																			
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																																																																																			
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																																																																			
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																																																																			
				$\epsilon_{s,min}$	-2,71	%																																																																																																			
				d	524,00	mm																																																																																																			
				x/d	0,11																																																																																																				
<u>Dominio M-N</u>																																																																																																									
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <td>SLU3</td> <td>47</td> <td>0,0</td> <td>117,3</td> <td colspan="2"></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]					SLU3	47	0,0	117,3																																																																																				
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																																																																		
				SLU3	47	0,0	117,3																																																																																																		

13.3.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio

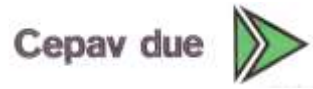
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR3	47	0,0	87,1	Msd<Mf	0,200	175,30	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP3	47	0,0	62,5	-1,79	83,36	-10,83	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR3	47	0,0	87,1	-2,49	116,25	-15,10	Sezione parzializzata	

## 14. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – CONCIO 2

### 14.1. Soletta inferiore

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
<b>Calcestruzzo:</b>																																																								
Classe	C32/40																																																							
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{c2}$	0,200 %																																																							
$\epsilon_{c3}$	0,175 %																																																							
$\epsilon_{c4}$	0,070 %																																																							
$\epsilon_{cu}$	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
																																																								
<b>Acciaio:</b>																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportamentale	EL-PL																																																							
$k = (f_t/f_y)_k$	1																																																							
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{su}$	7,500 %																																																							
																																																								
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>																																																								
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$																																																							
umidità relativa	75 %																																																							
giorno app. carico	15 giorni																																																							
periodo lungo termine	50 anni																																																							
coefficiente di viscosità	1,96																																																							
n, lungo termine =	11,08 = $E_s/E_{cm}$																																																							
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine																																																							
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine																																																							
CARATTERISTICHE SEZIONE																																																								
<b>Sezione:</b>																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	700 mm																																																							
<b>Armature:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>26</td> <td>79</td> <td>2654,6458</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>26</td> <td>621</td> <td>2654,6458</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	1	5	26	79	2654,6458	2	5	26	621	2654,6458	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>																																																				
1	5	26	79	2654,6458																																																				
2	5	26	621	2654,6458																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
<b>Armatura di ripartizione:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>58</td> <td>1005,3096</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>642</td> <td>1005,3096</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	superiore	5	16	58	1005,3096	inferiore	5	16	642	1005,3096																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>																																																				
superiore	5	16	58	1005,3096																																																				
inferiore	5	16	642	1005,3096																																																				

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
76 di 169



**1.1.7 Soletta inferiore – sezione di incastro**

**14.1.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione**

CRITERI DI VERIFICA																																																																																																	
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																																																																	
<b>Calcestruzzo</b>																																																																																																	
$\alpha_{cc}$			0,85																																																																																														
$\gamma_c$			1,50																																																																																														
$f_{cd}$			22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																																																														
$f_{ct,eff}$			2,58 N/mm <sup>2</sup>		$=f_{ctm} / 1,2$																																																																																												
<b>Acciaio</b>																																																																																																	
$\gamma_s$			1,15																																																																																														
$f_{yd}$			391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																																																														
$\epsilon_{yd}$			0,196 %																																																																																														
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																																																																	
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																																																									
SLU88	2	0,0	373,2	15246,88	-2077,55	617,59	-617,59	60%																																																																																									
<u>Sezione:</u>																																																																																																	
				<b>Fibre compresse Superiori</b> $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -2,55 % d = 621,00 mm x = 74,89 mm x/d = 0,12																																																																																													
<u>Dominio M-N</u>				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLU88</td> <td>2</td> <td>0,0</td> <td>373,2</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLU88	2	0,0	373,2																																																																																
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																																																														
SLU88	2	0,0	373,2																																																																																														

## 14.1.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b			1000 mm	
Altezza	h			700 mm	
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	26	79	2655
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				2655 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				79 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU82
Frame		26
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	386,78 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	621 mm
Coefficiente	k	1,57
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,43%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	245,78 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>282,81 kN</b>
Verifica		<b>1,37</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	12 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	18,81333333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	376,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	<b>411,83 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	<b>2628,69 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>411,83 kN</b>
Verifica		<b>0,94</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

14.1.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR40	3	0,0	239,1	Msd<Mf	0,200	254,06	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP3	2	0,0	117,8	-1,98	79,22	-15,89	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR40	2	0,0	274,3	-4,62	184,55	-37,01	Sezione parzializzata	





14.1.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR24	17	0,0	-273,9	0,170	0,200	-256,42	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP2	14	0,0	-164,6	-2,54	85,48	-22,44	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR24	17	0,0	-273,9	-4,24	142,30	-37,35	Sezione parzializzata

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
82 di 169

## 14.2. Piedritto

### 14.2.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$	0,85																																																				
$\gamma_c$	1,50																																																				
$f_{cd}$	22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$f_{ct,eff}$	2,58 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																																			
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$	1,15																																																				
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$E_{yd}$	0,196 %																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
SLU56	40	323,7	389,4	13460,82	-2172,82	802,68	-397,89	49%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				<u>Fibre compresse</u>		<u>Superiori</u>																																															
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-1,32	%																																															
				d	513,00	mm																																															
				x/d	107,69	mm																																															
				$x/d=$	0,21																																																
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>SLU56</td> <td>40</td> <td>323,7</td> <td>389,4</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLU56	40	323,7	389,4																																				
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
				SLU56	40	323,7	389,4																																														

14.2.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	600 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	26	87	2655
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	2655 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	87 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU84
Frame		33
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	255,86 kN
Taglio	$V_{Ed}$	190,59 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	513 mm
Coefficiente	k	1,62
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,52%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,43 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,42 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	247,00 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>290,84 kN</b>
Verifica		0,66 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessaria armatura a taglio.

14.2.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

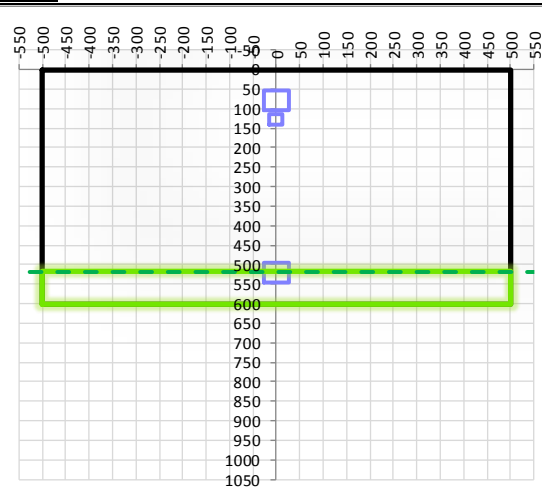
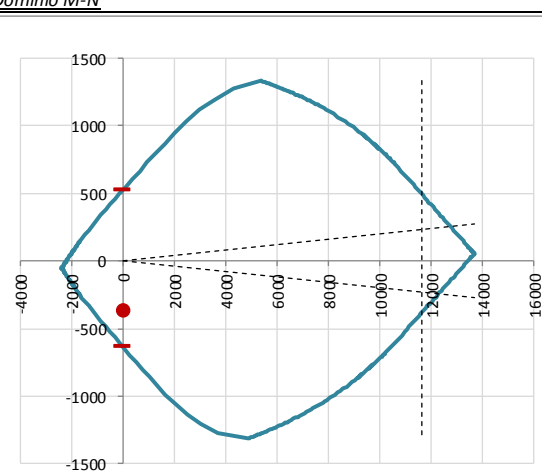
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
$k_t =$	0,40	<i>(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)</i>						
$k_1 =$	0,80	<i>(0,8 = barre ad aderenza migliorata; 1,6 = barre lisce e trefoli)</i>						
$k_3 =$	3,40	<i>(valore raccomandato)</i>						
$k_4 =$	0,425	<i>(valore raccomandato)</i>						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>MO - Mf</i>	
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]	
Caratteristica	CAR20	38	241,0	270,3	0,150	0,200	220,77	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$	
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP2	40	130,9	123,4	-2,75	53,92	-25,64	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR20	40	238,8	288,1	-6,35	133,37	-57,84	Sezione parzializzata

### 14.3. Soletta superiore

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
<b>Calcestruzzo:</b>																																																								
Classe	C32/40																																																							
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{c2}$	0,200 %																																																							
$\epsilon_{c3}$	0,175 %																																																							
$\epsilon_{c4}$	0,070 %																																																							
$\epsilon_{cu}$	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
<b>Acciaio:</b>																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportamentale	EL-PL																																																							
$k = (f_t/f_y)_k$	1																																																							
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$\epsilon_{su}$	7,500 %																																																							
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>																																																								
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$																																																							
umidità relativa	75 %																																																							
giorno app. carico	15 giorni																																																							
periodo lungo termine	50 anni																																																							
coefficiente di viscosità	1,97																																																							
n, lungo termine =	11,17 = $E_s/E_{cm}$																																																							
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine																																																							
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine																																																							
CARATTERISTICHE SEZIONE																																																								
<b>Sezione:</b>																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	600 mm																																																							
<b>Armature:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>26</td> <td>79</td> <td>2654,6458</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>26</td> <td>521</td> <td>2654,6458</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3</td> <td>20</td> <td>128</td> <td>785,39816</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	1	5	26	79	2654,6458	2	5	26	521	2654,6458	3	3	20	128	785,39816	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>																																																				
1	5	26	79	2654,6458																																																				
2	5	26	521	2654,6458																																																				
3	3	20	128	785,39816																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
<b>Armatura di ripartizione:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>58</td> <td>1005,3096</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>542</td> <td>1005,3096</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	superiore	5	16	58	1005,3096	inferiore	5	16	542	1005,3096																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>																																																				
superiore	5	16	58	1005,3096																																																				
inferiore	5	16	542	1005,3096																																																				

### 1.1.9 Soletta superiore – sezione di incastro

#### 14.3.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																									
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																									
<b>Calcestruzzo</b>																																																									
$\alpha_{cc}$		0,85																																																							
$\gamma_c$		1,50																																																							
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>		$=f_{ctm} / 1,2$																																																					
<b>Acciaio</b>																																																									
$\gamma_s$		1,15																																																							
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																							
$E_{yd}$		0,196 %																																																							
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																	
SLU56	50	0,0	-365,3	13672,88	-2384,88	530,09	-636,11	57%																																																	
<i>Sezione:</i>																																																									
				<b>Fibre compresse</b> $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,85 % d = 521,00 mm x = 82,79 mm x/d = 0,16		<b>Inferiori</b>																																																			
<i>Dominio M-N</i>																																																									
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLU56</td> <td>50</td> <td>0,0</td> <td>-365,3</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLU56	50	0,0	-365,3																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
SLU56	50	0,0	-365,3																																																						

14.3.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b			1000 mm
Altezza	h			600 mm
<b>Barre tese</b>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		5	26	79
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	$A_s$			2655 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$			79 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU34
Frame		49
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	334,46 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	521 mm
Coefficiente	k	1,62
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,51%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,42 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	216,56 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>259,93 kN</b>
Verifica		1,29 <b>E' necessario prevedere armatura a taglio</b>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	12 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	18,81333333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	376,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	345,51 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rct}$	2205,39 kN
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>345,51 kN</b>
Verifica		0,97 <b>Verifica soddisfatta</b>

14.3.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR20	49	0,0	-237,2	0,196	0,200	-189,53	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP2	44	0,0	-109,5	-2,31	72,98	-18,38	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR20	50	0,0	-271,2	-5,73	180,72	-45,52	Sezione parzializzata



### 1.1.10 Soletta superiore – sezione di mezzzeria

#### 14.3.1.4. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																							
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																							
<b>Calcestruzzo</b>																																																							
$\alpha_{cc}$		0,85																																																					
$\gamma_c$		1,50																																																					
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																					
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																				
<b>Acciaio</b>																																																							
$\gamma_s$		1,15																																																					
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																					
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																					
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																							
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																															
SLU65	47	0,0	356,7	13980,21	-2692,21	757,76	-540,32	47%																																															
<u>Sezione:</u>																																																							
				<i>Fibre compresse Superiori</i>																																																			
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																																	
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																	
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																	
				$\epsilon_{s,min}$	-1,64	%																																																	
				d	521,00	mm																																																	
				x/d	0,18																																																		
<u>Dominio M-N</u>																																																							
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>SLU65</td> <td>47</td> <td>0,0</td> <td>356,7</td> </tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #d9ead3;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLU65	47	0,0	356,7																																								
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																
				SLU65	47	0,0	356,7																																																

14.3.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR29	47	0,0	267,9	0,185	0,200	198,03	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP3	47	0,0	142,4	-2,86	80,81	-24,19	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR29	47	0,0	267,9	-5,39	152,05	-45,52	Sezione parzializzata	

## 15. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – CONCIO 3

### 15.1. Soletta inferiore

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,94			
n, lungo termine =	11,00 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	20	76	1570,7963
2	5	26	721	2654,6458
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	58	1005,3096
inferiore	5	16	742	1005,3096

### 1.1.11 Soletta inferiore – sezione di incastro

#### 15.1.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																													
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																													
<b>Calcestruzzo</b>																																																													
$\alpha_{cc}$		0,85																																																											
$\gamma_c$		1,50																																																											
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																											
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																										
<b>Acciaio</b>																																																													
$\gamma_s$		1,15																																																											
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																											
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																											
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																													
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																					
SLV6	2	0,0	697,2	16704,10	-1653,43	720,53	-448,08	97%																																																					
<u>Sezione:</u>																																																													
				<i>Fibre compresse Superiori</i>																																																									
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																																							
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																							
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																							
				$\epsilon_{s,min}$	-3,15	%																																																							
				d	721,00	mm																																																							
				x/d	0,10																																																								
<u>Dominio M-N</u>																																																													
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1ecf4;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #e1ecf4;"> <td>SLV6</td> <td>2</td> <td>0,0</td> <td>697,2</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV6	2	0,0	697,2																																												
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																										
SLV6	2	0,0	697,2																																																										

## 15.1.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b			1000 mm	
Altezza	h			800 mm	
Barre tese		numero barre	di diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	20	76	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				1571 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				76 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU65
Frame		27
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	336,71 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	724 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,22%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,38 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	275,13 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>275,13 kN</b>
Verifica		1,22 <b>E' necessario prevedere armatura a taglio</b>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	12 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

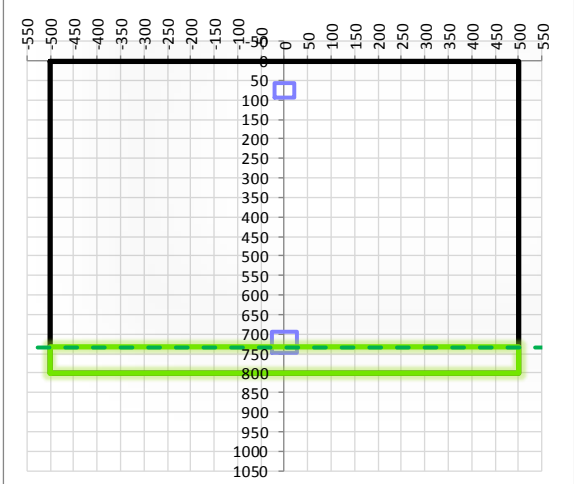
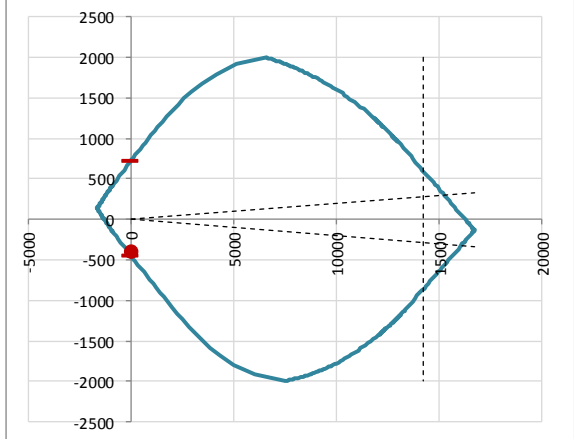
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	18,81333333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{sT}$	376,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	480,13 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	3064,69 kN
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>480,13 kN</b>
Verifica		0,70 <b>Verifica soddisfatta</b>

15.1.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	$w_d$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR30	3	0,0	218,5	Msd<Mf	0,200	322,53	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP3	2	0,0	168,9	-2,34	97,05	-21,19	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR30	2	0,0	260,2	-3,61	149,50	-32,65	Sezione parzializzata

### 1.1.12 Soletta inferiore – sezione di mezzeria

#### 15.1.1.4. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																													
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																													
<b>Calcestruzzo</b>																																																													
$\alpha_{cc}$		0,85																																																											
$\gamma_c$		1,50																																																											
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																											
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																										
<b>Acciaio</b>																																																													
$\gamma_s$		1,15																																																											
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																											
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																											
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																													
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																					
SLV4	22	0,0	-403,4	16704,10	-1653,43	720,53	-448,08	90%																																																					
<u>Sezione:</u>																																																													
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Inferiori</i>																																																							
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																																							
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																							
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																							
				$\epsilon_{s,min}$	-3,52	%																																																							
				d	724,00	mm																																																							
				x/d	0,09																																																								
<u>Dominio M-N</u>																																																													
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>SLV4</td> <td>22</td> <td>0,0</td> <td>-403,4</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV4	22	0,0	-403,4																																												
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
				SLV4	22	0,0	-403,4																																																						

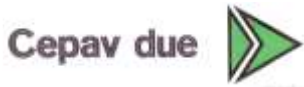
15.1.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	$w_d$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR17	14	0,0	-232,8	Msd<Mf	0,200	-322,53	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP2	14	0,0	-147,6	-2,39	140,46	-16,66	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR17	14	0,0	-232,8	-3,78	221,58	-26,28	Sezione parzializzata



### 15.2. Piedritto

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,96			
n, lungo termine =	11,08 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	700 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	84	1570,7963
2	5	26	613	2654,6458
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	66	1005,3096
inferiore	5	16	634	1005,3096



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
98 di 169

1.1.13 Piedritto – sezione di incastro

15.2.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																		
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																		
<b>Calcestruzzo</b>																																																		
$\alpha_{cc}$	0,85																																																	
$\gamma_c$	1,50																																																	
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																															
<b>Acciaio</b>																																																		
$\gamma_s$	1,15																																																	
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																		
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																										
SLV6	31	113,5	632,5	14822,77	-1653,43	641,40	-417,73	99%																																										
<u>Sezione:</u>																																																		
			<i>Fibre compresse Superiori</i>																																															
			$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																													
			$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																													
			$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																													
			$\epsilon_{s,min}$	-2,34	%																																													
			d	613,00	mm																																													
			x/d	0,13																																														
<u>Dominio M-N</u>																																																		
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #92d050;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #92d050;"> <td>SLV6</td> <td>31</td> <td>113,5</td> <td>632,5</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV6	31	113,5	632,5																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																															
SLV6	31	113,5	632,5																																															

## 15.2.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b			1000 mm	
Altezza	h			700 mm	
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	26	87	2655
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				2655 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				87 mm

SOLLECITAZIONI			
Load Case			SLV6
Frame			33
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$		109,84 kN
Taglio	$V_{Ed}$		403,95 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	613 mm
Coefficiente	k	1,57
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,43%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,16 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	257,90 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>295,47 kN</b>
Verifica		<b>1,37</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	12 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	18,81333333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	376,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0,008340589
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1,008340589
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	<b>406,52 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	<b>2616,47 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>406,52 kN</b>
Verifica		<b>0,99</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

15.2.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	$w_d$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	M0 - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR30	33	245,5	225,0	Msd<Mf	0,200	278,03	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP3	31	192,4	170,0	-3,21	82,37	-30,30	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR30	31	249,0	262,9	-4,95	135,55	-45,53	Sezione parzializzata



15.2.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR1	35	136,9	-70,6	Msd<Mf	0,200	-264,41	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP1	35	136,9	-62,2	-1,27	30,14	-12,14	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR1	35	136,9	-70,6	-1,47	39,08	-13,38	Sezione parzializzata

### 15.3. Soletta superiore

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,96			
n, lungo termine =	11,08 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	700 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	26	79	2654,6458
2	5	20	624	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	58	1005,3096
inferiore	5	16	642	1005,3096

**1.1.15 Soletta superiore – sezione di incastro**

**15.3.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione**

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$		0,85																																																			
$\gamma_c$		1,50																																																			
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$		1,15																																																			
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
SLV4	50	0,0	-418,2	14822,77	-1653,43	386,62	-616,65	68%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Inferiori</i>																																															
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-2,66	%																																															
				d	621,00	mm																																															
				x/d	0,12																																																
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td>SLV4</td> <td>50</td> <td>0,0</td> <td>-418,2</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV4	50	0,0	-418,2																																				
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
				SLV4	50	0,0	-418,2																																														



15.3.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

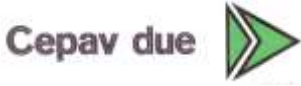
GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	700 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	26	76	2655
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	2655 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	76 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU30
Frame		49
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	199,32 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	624 mm
Coefficiente	k	1,57
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,43%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	246,64 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>283,48 kN</b>
Verifica		0,70 <b>Verifica soddisfatta</b>

15.3.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR18	49	0,0	-147,0	Msd<Mf	0,200	-241,43	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP2	44	0,0	-98,9	-1,75	66,50	-14,85	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR18	50	0,0	-172,4	-3,04	115,90	-25,88	Sezione parzializzata



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001

Rev.  
A

Foglio  
107 di 169

### 1.1.16 Soletta superiore – sezione di mezzzeria

#### 15.3.1.4. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																	
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																	
<b>Calcestruzzo</b>																																																	
$\alpha_{cc}$	0,85																																																
$\gamma_c$	1,50																																																
$f_{cd}$	22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																
$f_{ct,eff}$	2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																															
<b>Acciaio</b>																																																	
$\gamma_s$	1,15																																																
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																
$\epsilon_{yd}$	0,196 %																																																
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																	
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																									
SLU65	47	0,0	217,7	14822,77	-1653,43	386,62	-616,65	56%																																									
<u>Sezione:</u>																																																	
			<b>Fibre compresse Superiori</b> $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -2,98 % d = 624,00 mm x = 65,50 mm x/d = 0,10																																														
<u>Dominio M-N</u>																																																	
				<table border="1"> <thead> <tr> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLU65</td> <td>47</td> <td>0,0</td> <td>217,7</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLU65	47	0,0	217,7																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
SLU65	47	0,0	217,7																																														

15.3.1.5. Verifiche allo stato limite di esercizio

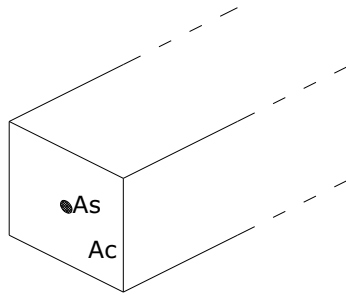
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	$w_d$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	M0 - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR29	47	0,0	150,9	Msd<Mf	0,200	241,43	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	QP3	47	0,0	72,7	-1,50	80,88	-9,43	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR29	47	0,0	150,9	-3,12	167,96	-19,58	Sezione parzializzata

## 16. VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO

Vengono discussi brevemente gli effetti dovuti al ritiro nel calcestruzzo che provocano stati interni di coazione con l'armatura. Scopo della trattazione è quello di verificare l'armatura minima longitudinale nella soletta superiore dello scatolare.

### 16.1. Coazioni interne dovute ai fenomeni di ritiro

Per il calcolo delle coazioni interne dovute ai fenomeni di ritiro si consideri una sezione di area unitaria  $A_c$  con un'unica barra di armatura di area  $A_s$  come rappresentato nell'immagine sottostante:



Si assumono le seguenti ipotesi:

- perfetta aderenza tra calcestruzzo ed acciaio;
- deformata piana della sezione in calcestruzzo;
- comportamento del calcestruzzo e dell'acciaio elastico e lineare.

Le equazioni di equilibrio, congruenza e legame dell'insieme calcestruzzo + acciaio che governano il fenomeno sono:

- $N_c + N_s = 0$  (equazione di equilibrio)
- $\varepsilon_r = \varepsilon_s - \varepsilon_c$  (equazione di congruenza)
- $N_c = A_c \sigma_c = A_c E_c \varepsilon_c$  (equazione legame costitutivo del calcestruzzo)
- $N_s = A_s \sigma_s = A_s E_s \varepsilon_s$  (equazione legame costitutivo dell'acciaio)

Sostituendo le equazioni di legame in quella di equilibrio ed esprimendo la deformazione del calcestruzzo in funzione di quella dell'acciaio si ha:

$$N_s = -N_c = A_s E_s A_c E_c \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c)$$

Il comportamento viscoso del calcestruzzo viene considerato attraverso l'abbattimento del modulo elastico, pertanto è necessario sostituire il valore di  $E_c$  con  $E_c^*$ . La tensione sull'acciaio e sul calcestruzzo risultano quindi pari a:

$$\sigma_s = A_c E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

$$\sigma_c = -A_s E_c^* E_s \varepsilon_r / (A_s E_s + A_c E_c^*)$$

## 16.2. Calcolo delle sollecitazioni longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro

L'analisi delle sollecitazioni viene svolta per una striscia di larghezza unitaria, assumendo la dimensione convenzionale  $h_0$  pari a  $2 \times A/u = 2 \times H = 120$  cm, ed un calcestruzzo C32/40 classe N.

### Caratteristiche della sezione:

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$H = 60 \text{ cm}$$

$$A_{s, \text{long}} = 1 + 1 \phi 16/20 = 2011 \text{ mm}^2$$

$$E_s = 210\,000 \text{ N/mm}^2$$

$$E_c = 33\,643 \text{ N/mm}^2$$

### Deformazione da ritiro:

$$\text{U.R.} = 75\%$$

$$\epsilon_{ca}(t=\infty) = 2.5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 40 - 10) \times 10^{-6} = 0.058 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{cd}(t=\infty) = k_h \times \epsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.30 \text{ ‰} = 0.21 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C32/40 classe N, U.R.}=75\%)$$

$$\epsilon_r = \epsilon_{ca} + \epsilon_{cd} = 0.268 \text{ ‰}$$

A favore di sicurezza, si assume comunque una deformazione  $\epsilon_r = 0.400 \text{ ‰}$

### Effetto viscosità:

Il modulo viscoso a tempo infinito, in considerazione del valore di  $h_0$ , della resistenza del calcestruzzo e della U.R., può cautelativamente essere assunto pari a  $\phi(t=\infty) = 2.5$ . Il modulo elastico ridotto del calcestruzzo risulta quindi pari a:

$$E_c^* = E_c / (1 + \phi) = 9612 \text{ N/mm}^2.$$

### Tensioni nei materiali:

$$\sigma_s = (1000 \times 600) \times 9612 \times 210000 \times 0.00040 / (2011 \times 210000 + 1000 \times 600 \times 9612) = 78.27 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = -2011 \times 9612 \times 210000 \times 0.00040 / (2011 \times 210000 + 1000 \times 600 \times 9612) = -0.26 \text{ N/mm}^2.$$

La sollecitazione sul calcestruzzo risulta molto inferiore rispetto alla resistenza a trazione e quindi non porta a fessurazione il calcestruzzo; la sollecitazione sull'acciaio risulta modesta ed accettabile per le normali condizioni di esercizio della struttura.

## 17. MODELLAZIONE STRUTTURALE – MURI A U

L'analisi della struttura è stata condotta attraverso la procedura analitica con riferimento ad una porzione di lunghezza unitaria.

Il suolo viene modellato facendo ricorso all'usuale artificio delle molle elastiche alla Winkler come precedentemente illustrato nella presente relazione, con costante di sottofondo pari a  $K_s = 5000 \text{ kN/m}^3$ . Per quanto riguarda la rigidezza degli elementi strutturali si adottano i seguenti moduli elastici:

$E_c = 33643 \text{ N/mm}^2$  (Per cls Rck 40);

### 17.1. Calcolo delle sollecitazioni nella soletta di fondazione

Le sollecitazioni nella soletta di base sono dovute alle azioni scaricate al piede dei piedritti, costituite da:

- azione assiale;
- momento alla base dei piedritti.

La trave presenta una lunghezza  $L$  finita ed è vincolata solamente attraverso il suolo elastico.

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato per sovrapposizione degli effetti dovuti alle sollecitazioni gravanti da entrambi i piedritti.

#### 17.1.1. Modello di Winkler

Il modello di Winkler schematizza il suolo con una relazione lineare fra il cedimento in un punto della superficie limite e la pressione agente nello stesso punto, indipendentemente da altri carichi applicati in punti diversi. Si assume, cioè:

$$p = k_w$$

dove  $k$  [ $\text{FL}^{-3}$ ] è detta "costante di sottofondo".

L'equazione differenziale che descrive il problema della trave di rigidezza  $E_f J$  su suolo elastico e assoggettata ad un carico distribuito  $q(x)$  è:

$$E_f J \frac{d^4 w}{dx^4} + k B w(x) = q(x)$$

La soluzione si ottiene sommando l'integrale generale dell'omogenea associata  $\{q(x)=0\}$  con l'integrale particolare relativo al carico  $q(x)$ . L'equazione omogenea associata si scrive:

$$E_f J \frac{d^4 w}{dx^4} + k B w(x) = 0$$

ed è nota come equazione "della trave elastica su suolo elastico".

La soluzione dell'equazione particolare viene tralasciata in quanto una trave alla Winkler soggetta ad un carico distribuito (come il peso proprio) presenta uno spostamento costante lungo il suo asse e non è soggetta a sollecitazioni di momento o taglio.

L'integrale generale della soluzione omogenea ha l'espressione:

$$w = e^{\frac{x}{\lambda}} \left( A \cos \frac{x}{\lambda} + B \sin \frac{x}{\lambda} \right) + e^{-\frac{x}{\lambda}} \left( C \cos \frac{x}{\lambda} + D \sin \frac{x}{\lambda} \right)$$

Nella quale

$$\lambda = \sqrt[4]{\frac{4E_f J}{kB}}$$

ha le dimensioni di una lunghezza ed è detta lunghezza caratteristica o lunghezza d'onda della trave, ed A, B, C e D sono costanti che vengono determinate imponendo le opportune condizioni al contorno.

Dall'equazione differenziale è possibile determinare l'andamento del momento e del taglio come:

$$M = -E_f J \frac{d^2 w}{dx^2}; \quad V = -E_f J \frac{d^3 w}{dx^3}$$

### 17.1.2. Soluzione per carico verticale all'estremità

La risoluzione della trave alla Winkler di lunghezza L, soggetta ad una sua estremità ad un carico verticale P perpendicolare al suo asse è stata effettuata imponendo le seguenti condizioni al contorno

$$M(0) = -E_f J \frac{d^2 w}{dx^2} \Big|_{x=0} = 0$$

$$M(L) = -E_f J \frac{d^2 w}{dx^2} \Big|_{x=L} = 0$$

$$V(0) = -E_f J \frac{d^3 w}{dx^3} \Big|_{x=0} = -P$$

$$V(L) = -E_f J \frac{d^3 w}{dx^3} \Big|_{x=L} = 0$$

La soluzione è stata ricavata in forma chiusa e non viene riportata per brevità. Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato ai quarti dello spessore dei piedritti e al loro filo interno; inoltre, l'andamento delle sollecitazioni nella soletta, viene valutato in 50 punti equamente distribuiti sulla larghezza compresa tra i due piedritti.

### 17.1.3. Soluzione per momento flettente all'estremità

La risoluzione della trave alla Winkler di lunghezza L, soggetta ad una sua estremità ad un momento flettente M (quindi, nel piano verticale che contiene la trave) è stata effettuata imponendo le seguenti condizioni al contorno

$$M(0) = -E_f J \frac{d^2 w}{dx^2} \Big|_{x=0} = M \quad M(L) = -E_f J \frac{d^2 w}{dx^2} \Big|_{x=L} = 0$$

$$V(0) = -E_f J \frac{d^3 w}{dx^3} \Big|_{x=0} = 0 \quad V(L) = -E_f J \frac{d^3 w}{dx^3} \Big|_{x=L} = 0$$



La soluzione è stata ricavata in forma chiusa e non viene riportata per brevità. Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato ai quarti dello spessore dei piedritti e al loro filo interno; inoltre, l'andamento delle sollecitazioni nella soletta, viene valutato in 50 punti equamente distribuiti sulla larghezza compresa tra i due piedritti.

## 18. ANALISI DEI CARICHI – MURI A U

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari assunti per le verifiche di resistenza in esercizio ed in presenza dell'evento sismico.

Le condizioni elementari di carico di seguito determinate saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato:  $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- rilevato:  $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$
- ricoprimento:  $\gamma_{ric} = 20 \text{ kN/m}^3$

### 18.1.1. Peso proprio strutture (Load 1)

- parete  $S_s \times \gamma_{c.a.}$
- soletta  $S_s \times \gamma_{c.a.}$

### 18.1.2. Spinta del terreno (Load 2)

Il reinterro a ridosso della parete verrà realizzato tramite materiale arido di buone caratteristiche meccaniche.

Secondo quanto riportato in precedenza per il reinterro si assumono i seguenti parametri geotecnici:

$$\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_k = 30^\circ$$

$$\phi'_{dM1} = 30^\circ$$

$$\phi'_{dM2} = \text{artg}(\text{tg}30^\circ/1.25) = 24.791^\circ$$

	Coeff. M1 - $\gamma_m, \phi=1$	Coeff. M2 - $\gamma_m, \phi=1.25$
Spinta a riposo	0,5000	0,5807
Spinta attiva	0,3333	0,4091

La spinta orizzontale delle terre sui piedritti, in condizioni statiche, ad una generica profondità  $z$  da piano campagna è calcolata come:

$$\sigma_t(z) = k_0 [ \gamma_t z - u(z) ]$$

dove  $u(z)$  è la pressione dell'acqua alla profondità  $z$  da piano campagna.

### 18.1.3. Spinta dell'acqua (Load 3)

Nel caso in cui la falda interessi i piedritti dei muri, la pressione orizzontale alla generica profondità  $z$  da piano campagna è calcolata come:

$$u(z) = 0 \quad (\text{per } z \leq z_1)$$

$$u(z) = \gamma_w (z - z_1) \quad ((\text{per } z > z_1)$$

con  $z_1$  profondità della falda da piano campagna.

Per i casi in esame non si considera la presenza della falda.

### 18.1.4. Sovraccarico accidentale in condizioni statiche e sismiche (Load 4)

La spinta orizzontale dovuta al sovraccarico accidentale è calcolata come

$$p_q = k_0 \times q$$

con  $q$  sovraccarico accidentale.

In condizioni statiche, tale sovraccarico è assunto pari a 20 kN/m<sup>2</sup>.

Il sovraccarico accidentale in condizioni sismiche è assunto nullo.

### 18.1.5. Azioni sismiche (Load 5,6,7,8)

Per tener conto dell'incremento di spinta del terreno dovuta al sisma si fa riferimento all'EC8-5, appendice E – “analisi semplificata per le strutture di contenimento” come esplicitato al capitolo 4 “Criteri di definizione dell'azione sismica”. In considerazione dei valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali precedentemente determinati, l'angolo  $\theta$  assume i seguenti valori:

Dati i seguenti parametri:

- $\Phi'_{dM1} = 30^\circ$
- $\Phi'_{dM2} = \text{artg}(\text{tg}30^\circ/1.25) = 24.791^\circ$
- $\psi = 90^\circ$ ;
- $\beta = 0^\circ$ ;
- $\delta_d = 0$ ;

L'angolo  $\theta$  ed il relativo coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) valgono:

$\theta_1$ (sisma verso basso)	$\theta_2$ (sisma verso alto)	$K(\theta_1) - M1$	$K(\theta_1) - M2$	$K(\theta_2) - M1$	$K(\theta_2) - M2$
13.6866	17.8446	0.5122	0.6146	0.5939	0.7179

L'azione sismica totale sulla parete, dovuta alla spinta del terreno risulta pari a:

$$E_d = \frac{1}{2} \gamma^* (1 \pm k_v) K(\theta) H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

con  $\gamma^*$  definito in precedenza in funzione della presenza della falda e del tipo di terreno,  $E_{ws}$  e  $E_{wd}$  rispettivamente pressione statica e sovrappressione idrodinamica dovuta alla presenza della falda.

La spinta complessiva  $E_d$  è composta da tre termini, ciascuno dei quali presenta un diverso punto di applicazione:

- Componente associata allo scheletro solido (Load 5):

- la spinta sismica totale dello scheletro solido ( $S_{A,E}$ ) è data dalla somma della spinta attiva in condizioni statiche ( $S_{A,S}$ ) e l'incremento di spinta sismico ( $\Delta S_A$ ) calcolabile come  $\Delta S_A = S_{A,E} - S_{A,S}$ . Nel caso dei muri ad "U" per i quali la parete non è in grado di compiere grandi rotazioni alla base, il sovraccarico sismico si considera applicato uniformemente sull'altezza della parete (Load 5).
- Componente idrostatica:
  - applicata analogamente al caso statico.
- Componente idrodinamica (Load 6):
  - è applicata alla parete con la seguente distribuzione di pressioni:  $q_{wd}(z) = \pm 7/8 k_h \gamma_w (H' \times z)^{0.5}$  con  $H'$  altezza della falda da asse soletta e  $z$  è la coordinata verticale diretta verso il basso, con origine al pelo libero dell'acqua. L'azione idrodinamica, se presente, è applicata con segno positivo sul piedritto di sinistra e con segno negativo su quello di destra.

Il punto di applicazione della forza dovuta alla spinta dinamica del terreno deve essere preso a metà altezza del muro, in assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la relativa rigidezza, il tipo di movimenti, e la massa relativa della struttura di contenimento.

Nel caso di muri che sono liberi di ruotare intorno al loro piede si può assumere che la forza dinamica agisca nello stesso punto di quella statica.

Il coefficiente di spinta del terreno viene calcolato con la formula di Mononobe e Okabe:

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \cdot \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \cdot \sin(\psi + \beta)}} \right]^2}$$

valida per stati attivi con  $\beta \leq \phi'_d - \theta$ , oppure:

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \cdot \sin^2\psi \cdot \sin(\psi - \theta - \delta_d)}$$

valida per stati attivi con  $\beta > \phi'_d - \theta$ ,

dove:

$\phi'_d$  = valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno;

$\psi$  e  $\beta$  = angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale, rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno;

$\delta_d$  = valore di progetto dell'angolo di attrito terreno-muro.

L'angolo  $\theta$  e la pressione idrodinamica  $E_{ws}$  sono definiti in funzione del livello di falda e della natura dei terreni; si distinguono i seguenti 4 casi:

- Rilevato asciutto

$$\gamma^* = \gamma_d$$

$$\tan \theta = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

$$E_{wd} = 0$$

- Rilevato saturo a grana fine

$$\gamma^* = \gamma_d'$$

$$\tan \theta = \frac{\gamma^* k_h}{\gamma_d' 1 \pm k_v}$$

$$E_{wd} = 0$$

- Rilevato saturo a grana grossa

$$\gamma^* = \gamma_d'$$

$$\tan \theta = \frac{\gamma_d k_h}{\gamma_d' 1 \pm k_v}$$

$$E_{wd} = 7/12 \times k_h \gamma_w H^2 \text{ con } H^2 = \text{altezza della freatica dal piede del muro.}$$

- Rilevato parzialmente immerso

$$\gamma_v^* = \gamma' \left( \frac{h_w}{h} \right)^2 + \gamma_d \left[ 1 - \left( \frac{h_w}{h} \right)^2 \right] \gamma_H^* = \begin{cases} \gamma_d & \text{se terreno a grana fine} \\ \gamma_{\text{sat}} \left( \frac{h_w}{h} \right)^2 + \gamma_d \left[ 1 - \left( \frac{h_w}{h} \right)^2 \right] & \text{se terreno a grana grossa} \end{cases}$$

$$\tan \theta = \frac{\gamma_H^* k_h}{\gamma_v^* 1 \pm k_v}$$

$E_{wd}$  associato al tipo di terreno presente a tergo del muro.

La componente idrodinamica è considerata con la seguente distribuzione di pressione:

$$q_{wd}(z) = \pm 7/8 k_h \gamma_w (H'z)^{0.5}$$

La risultante delle forze inerziali orizzontali indotte dal sisma viene valutata con la seguente espressione:

- $f_h = p \times k_h$  (Load 7)
- $f_v = p \times k_v$  (Load 8)

con “p” peso proprio degli elementi strutturali.

I valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticali  $k_v$  possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{\text{max}}}{g}; \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

dove :  $a_{\text{max}} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g$  (accelerazione massima attesa al sito);

$g$  = accelerazione di gravità;

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica;

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima attesa al sito di riferimento rigido.

Per muri in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume i valori sotto riportati:

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	$\beta_m$	$\beta_m$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.18

Per muri che non sono in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno in quanto vincolati orizzontalmente come ad esempio i muri ad "U", si assume  $\beta_m = 1$ .

L'azione sismica è quindi rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, ottenute combinando alternativamente la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Per la determinazione di tali azioni si farà di regola riferimento alle sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti, considerando nullo il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai sovraccarichi da traffico.

## 19. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI – MURI A U

Le combinazioni di carico sono effettuate combinando tra loro i singoli casi di carico come indicato dalla normativa. Per massimizzare lo sbilanciamento tra i due piedritti, i sovraccarichi accidentali e quelli sismici sono applicati solamente al piedritto sinistro.

### 19.1. Calcolo delle sollecitazioni

Il calcolo delle sollecitazioni nel piedritto e nella soletta viene effettuato per i seguenti 8 carichi fondamentali dai quali è possibile ricavare tutti gli altri casi di carico per rapporto diretto:

N.	Carico	Descrizione
1	PP	Peso proprio
2	$S_{A,S,k_0,M1}$	Spinta delle terre – $k_0$ – M1
3	$E_{ws}$	Spinta della falda
4	$S_{q,st,k_0,M1}$	Sovracc. accidentale statico – $k_0$ – M1
5	$\Delta S_{A,M1,+}$	Sovrappinta sismica – M1 – $k_v(+)$
6	$E_{wd}$	Spinta idrodinamica
7	$F_v$	Effetti inerziali verticali (+ verso il basso)
8	$F_h$	Effetti inerziali orizzontali

Le sollecitazioni per ciascun caso di carico sono calcolate come segue:

N.	Carico	Descrizione	Calcolo
1	PP	Peso proprio	-
2	$S_{A,S,k_0,M1}$	Spinta delle terre – $k_0$ – M1	-
2a	$S_{A,S,k_0,M2}$	Spinta delle terre – $k_0$ – M2	$E[S_{A,S,k_0,M1}] \times k_{0,M2} / k_{0,M1}$
2b	$S_{A,S,k_a,M1}$	Spinta delle terre – $k_a$ – M1	$E[S_{A,S,k_0,M1}] \times k_{a,M1} / k_{0,M1}$
2c	$S_{A,S,k_a,M2}$	Spinta delle terre – $k_a$ – M2	$E[S_{A,S,k_0,M1}] \times k_{a,M2} / k_{0,M1}$
3	$E_{ws}$	Spinta della falda	-
4	$S_{q,st,k_0,M1}$	Sovracc. accidentale statico – $k_0$ – M1	-
4a	$S_{q,st,k_0,M2}$	Sovracc. accidentale statico – $k_0$ – M2	$E[S_{q,st,k_0,M1}] \times k_{0,M2} / k_{0,M1}$
4b	$S_{q,sis,k_a,M1}$	Sovracc. accidentale sismico – $k_a$ – M1	$E[S_{q,st,k_0,M1}] \times (k_{a,M1} / k_{0,M1}) \times (q_{sis} / q_{st})$
4c	$S_{q,sis,k_a,M2}$	Sovracc. accidentale sismico – $k_a$ – M2	$E[S_{q,st,k_0,M1}] \times (k_{a,M2} / k_{0,M1}) \times (q_{sis} / q_{st})$
5	$\Delta S_{A,M1,+}$	Sovrappinta sismica – M1 – $k_v(+)$	-
5a	$\Delta S_{A,M2,+}$	Sovrappinta sismica – M2 – $k_v(+)$	$E[\Delta S_{A,M1,+}] \times (\Delta S_{A,M2,+} / \Delta S_{A,M1,+})$
5b	$\Delta S_{A,M1,-}$	Sovrappinta sismica – M1 – $k_v(-)$	$E[\Delta S_{A,M1,+}] \times (\Delta S_{A,M1,-} / \Delta S_{A,M1,+})$
5c	$\Delta S_{A,M2,-}$	Sovrappinta sismica – M2 – $k_v(-)$	$E[\Delta S_{A,M1,+}] \times (\Delta S_{A,M2,-} / \Delta S_{A,M1,+})$
6	$E_{wd}$	Spinta idrodinamica	-
7	$F_h$	Effetti inerziali orizzontali	-
8	$F_v$	Effetti inerziali verticali (+verso il basso)	-

Dove con  $E[A]$  si intende la generica sollecitazione E dovuta al carico sollecitante A.

### 19.2. Combinazioni SLU

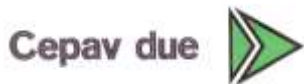
C.C.	PP	STERRE k0_M1_SX	STERRE k0_M2_SX	STERRE k0_M1_DX	STERRE k0_M2_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. STAT. k0_M1_SX	SOVR. STAT. k0_M2_SX
LOAD	1	2	2a	2_dx	2a_dx	3	3_dx	4	4a
1_STR	1.3	1.3		1		1.3	1	1.5	
2_STR	1	1.3		1		1.3	1	1.5	
3_STR	1.3	1		1		1	1	0	
4_STR	1	1		1		1	1	0	
1_GEO	1		1		1	1	1		1.3
2_GEO	1		1		1	1	1		0

Dove si indicano con "dx" le azioni agenti sul piedritto destro.

### 19.3. Combinazioni SLV

C.C.	PP	STERRE ka_M1_SX	STERRE ka_M2_SX	STERRE ka_M1_DX	STERRE ka_M2_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. SISMICO ka_M1_SX	SOVR. SISMICO ka_M2_SX	INCR. SISMICO BASSO_M1	INCR. SISMICO BASSO_M2	INCR. SISMICO ALTO_M1	INCR. SISMICO ALTO_M2	INCR. IDRODINAMICO	INERZIA ORIZZONTALE	INERZIA VERT (BASSO)
LOAD	1	2b	2c	2b_dx	2c_dx	3	3_dx	4b	4c	5	5a	5b	5c	6	7	8
1_STR	1	1		1		1	1	0		1				1	1	1
2_STR	1	1		1		1	1	1		1				1	1	1
3_STR	1	1		1		1	1	0				1		1	1	-1
4_STR	1	1		1		1	1	1				1		1	1	-1
1_GEO	1		1		1	1	1		0		1			1	1	1
2_GEO	1		1		1	1	1		1		1			1	1	1
3_GEO	1		1		1	1	1		0				1	1	1	-1

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 FO 001Rev.  
AFoglio  
120 di 169

<b>4_GEO</b>	1		1		1	1	1		1			1	1	1	-1
--------------	---	--	---	--	---	---	---	--	---	--	--	---	---	---	----

Dove si indicano con “dx” le azioni agenti sul piedritto destro.

#### 19.4. Combinazioni SLE

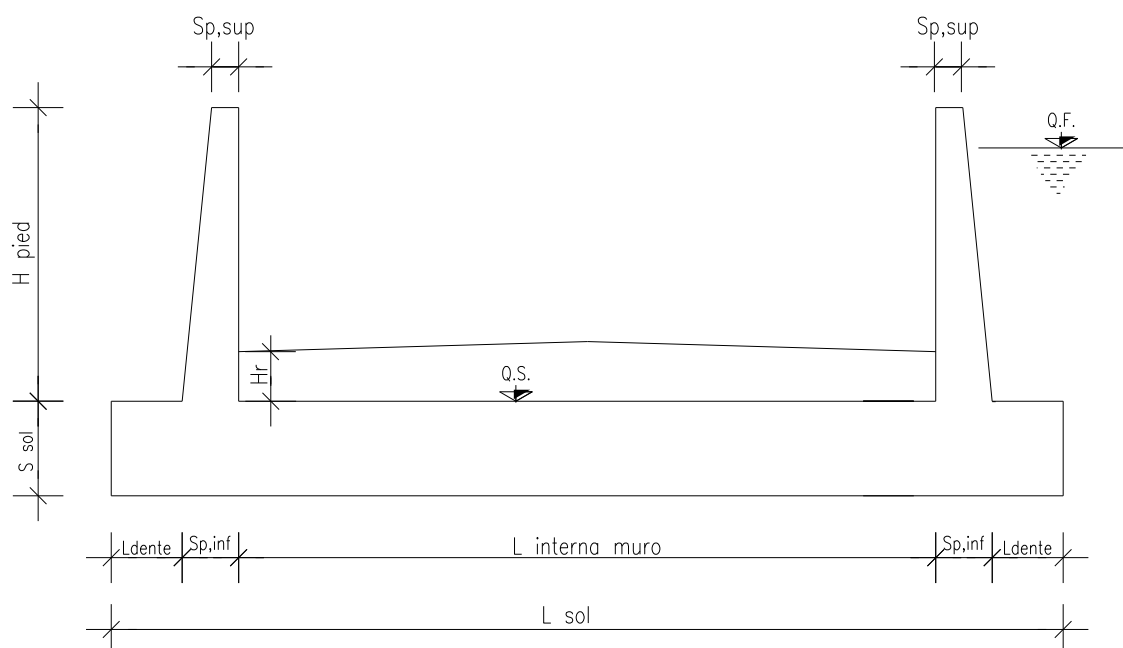
C.C.	PP	STERRE k0_M1_SX	STERRE k0_M1_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. STAT. k0_M1_SX
<b>LOAD</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2_dx</b>	<b>3</b>	<b>3_dx</b>	<b>4</b>
<b>1_QP</b>	1	1	1	1	1	0
<b>1_FR</b>	1	1	1	1	1	0
<b>2_FR</b>	1	1	1	1	1	0.75
<b>1_CAR</b>	1	1	1	1	1	0
<b>2_CAR</b>	1	1	1	1	1	1

Dove si indicano con “dx” le azioni agenti sul piedritto destro.



## 20. MURO A U TIPO 1

### 20.1. Geometria della struttura



#### Dimensioni geometriche trasversali:

- $L_{sol}$  = 7.80 m
- $S_{sol}$  = 1.00 m
- $L_{int,muro}$  = 6.00 m
- $L_{dente}$  = 0.00 m
- $H_{pied}$  = 6.39 m
- $S_{p,sup}$  = 0.90 m
- $S_{p,inf}$  = 0.90 m

La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura.

## 20.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
0,320	6,390	6,390	3,195	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
0,639	12,780	12,780	6,390	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
0,959	19,170	19,170	9,585	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
1,278	25,560	25,560	12,780	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
1,598	31,950	31,950	15,975	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
1,917	38,340	38,340	19,170	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
2,237	44,730	44,730	22,365	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
2,556	51,120	51,120	25,560	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
2,876	57,510	57,510	28,755	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
3,195	63,900	63,900	31,950	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
3,515	70,290	70,290	35,145	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
3,834	76,680	76,680	38,340	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
4,154	83,070	83,070	41,535	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
4,473	89,460	89,460	44,730	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
4,793	95,850	95,850	47,925	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
5,112	102,240	102,240	51,120	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
5,432	108,630	108,630	54,315	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
5,751	115,020	115,020	57,510	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
6,071	121,410	121,410	60,705	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
6,390	127,800	127,800	63,900	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
6,640	132,800	132,800	66,400	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120
6,890	137,800	137,800	68,900	0,000	10,000	17,217	0,000	6,239	3,120

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 20.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto (in asse soletta)

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto, in asse soletta, per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	155,03		
2	STERRE k0_M1		545,14	237,36
2a	STERRE K0_M2		633,11	275,66
2b	STERRE ka_M1		363,43	158,24
2c	STERRE ka_M2		446,07	194,22
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		237,36	68,90
4a	SOVR. STATICO k0_M2		275,66	80,02
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		0,00	0,00
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		0,00	0,00
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		408,67	118,63
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		475,31	137,97
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		291,54	84,63
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		342,12	99,31
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		148,09	42,99
8	INERZIA VERT (BASSO)	21,49		

## 20.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

### 20.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	143,78	871,56	361,26
1/4 spessore soletta_M_max	2_SLU_STR	149,40	964,97	386,18
Asse soletta_M_max	2_SLU_STR	155,03	1064,72	411,92

### 20.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	143,78	434,86
Filo soletta _FR	2_FR	143,78	587,98
Filo soletta _CAR	2_CAR	143,78	639,02
1/4 soletta _QP	1_QP	149,40	487,92
1/4 soletta _FR	2_FR	149,40	653,26
1/4 soletta _CAR	2_CAR	149,40	708,37

## 20.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate nella soletta di fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

### 20.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	0,450	973,243	204,263
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	6,450	460,200	-175,910
1/4 spessore piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,225	1029,247	160,095
Asse piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,000	1064,720	155,025
Mezzeria_M_min	2_SLV_STR	5,490	92,448	-35,543

### 20.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,450	479,72
Filo piedritto _FR	2_FR	0,450	655,50
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,450	714,10

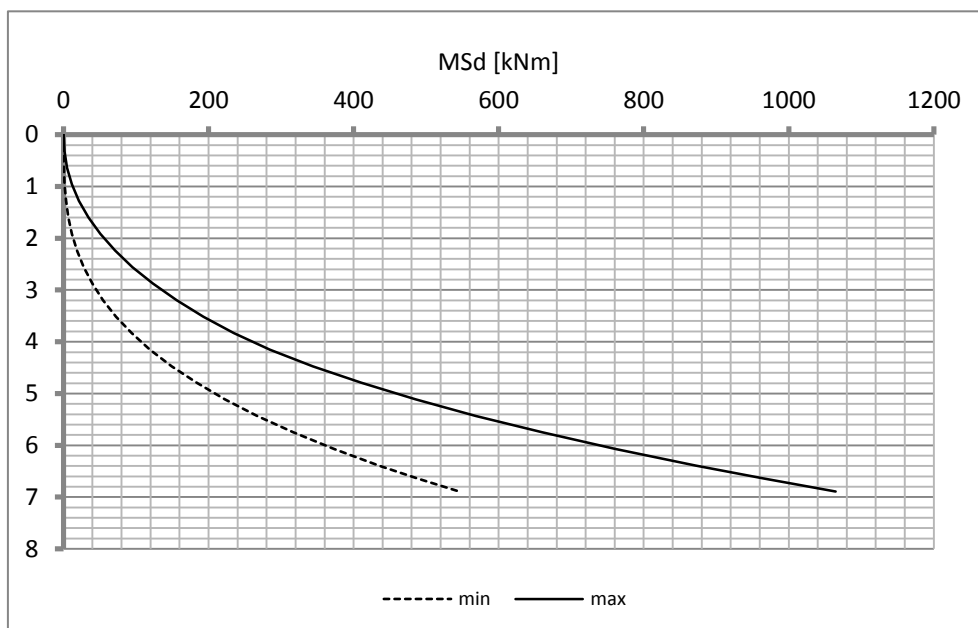
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,225	511,34
1/4 piedritto _FR	2_FR	0,225	688,79
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,225	747,94

Mezzeria _QP	1_QP	3,450	274,45
Mezzeria _FR	1_FR	3,450	274,45
Mezzeria _CAR	1_CAR	3,450	274,45

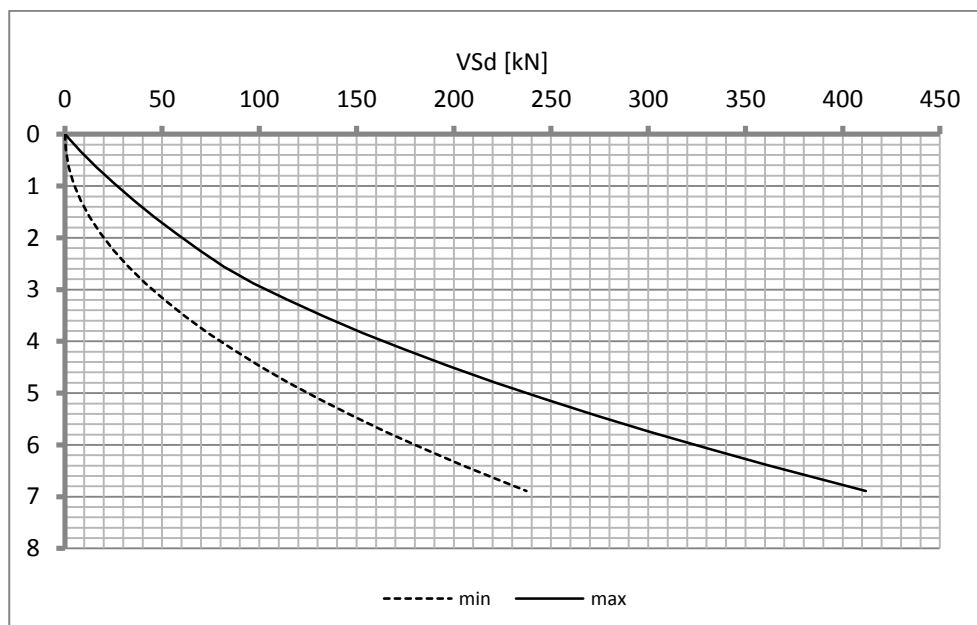
## 20.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV

### 20.6.1. Piedritti

#### Momento

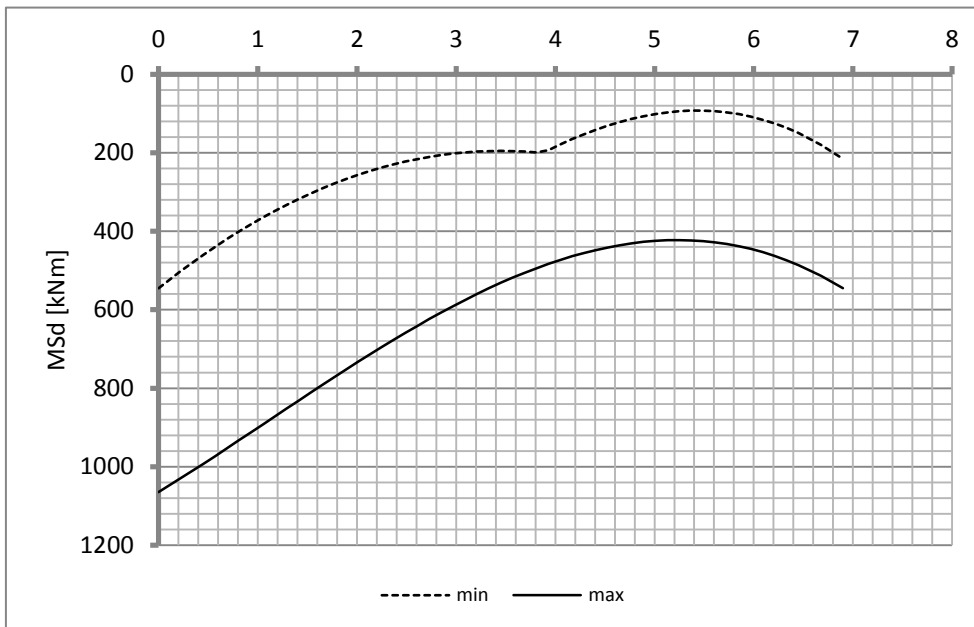


#### Taglio

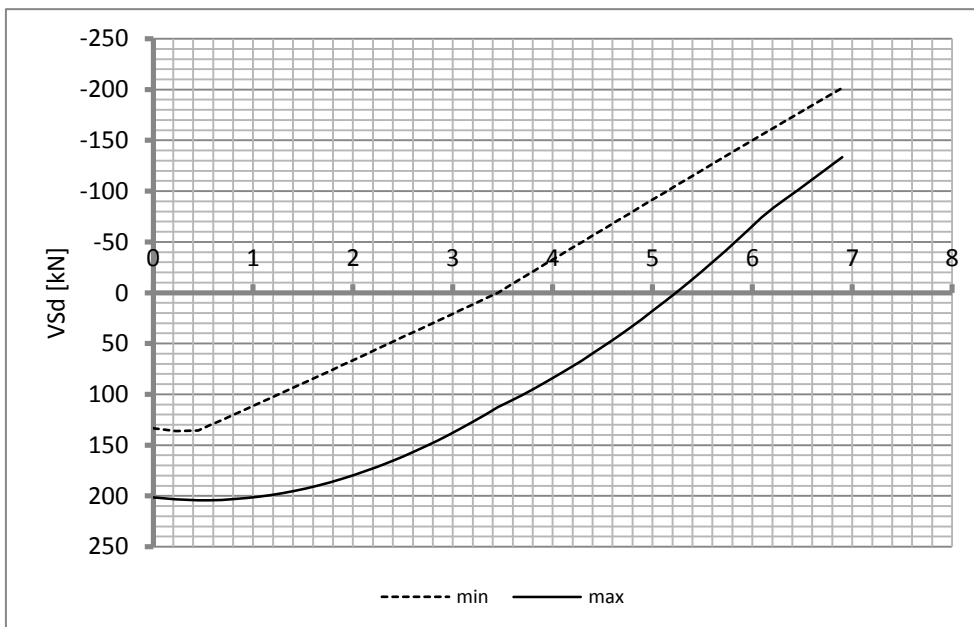


**20.6.2. Soletta**

Momento

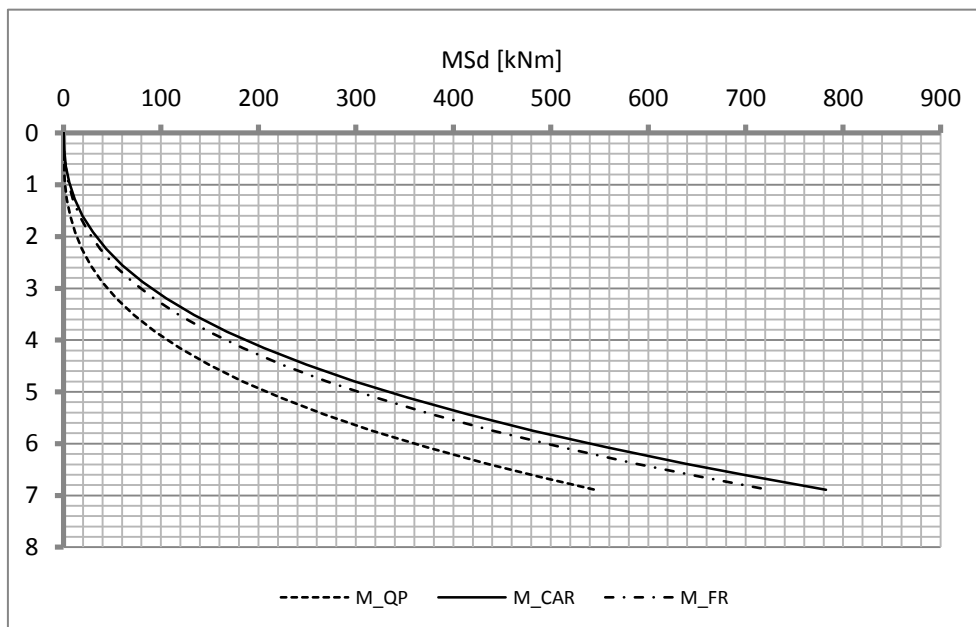


Taglio

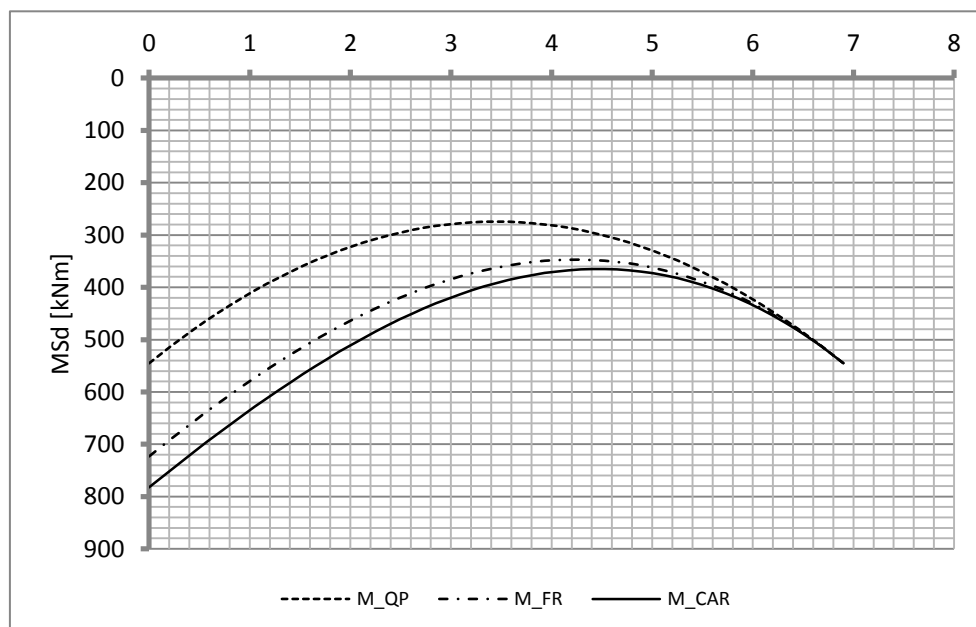


## 20.7. Diagrammi di involuppo SLE

### 20.7.1. Piedritti



### 20.7.2. Soletta





## 20.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

### 20.8.1. Soletta

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,92			
n, lungo termine =	10,89 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	1000 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	$\phi$ mm	$y_i$ mm	$A_s$ mm <sup>2</sup>
1	5	20	80	1570,7963
2	8	26	917	3981,9687
3	5	26	865	2654,6458
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	$\phi$ mm	$y_i$ mm	$A_s$ mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	60	1570,7963
inferiore	5	20	940	1570,7963

Viene svolta solamente la verifica della sezione di attacco al piedritto in quanto il momento tende sempre le fibre inferiori su tutta la larghezza della soletta.

20.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																	
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																	
<b>Calcestruzzo</b>																																																	
$\alpha_{cc}$		0,85																																															
$\gamma_c$		1,50																																															
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																															
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																														
<b>Acciaio</b>																																																	
$\gamma_s$		1,15																																															
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																															
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																															
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																	
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																									
2_SLU_STR	-	0,0	1029,2	22024,93	-3211,60	2166,21	-626,10	48%																																									
<i>Sezione:</i>																																																	
				<i>Fibre compresse Superiori</i>																																													
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																											
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																											
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																											
				$\epsilon_{s,min}$	-1,95	%																																											
				d	917,00	mm																																											
				x	139,67	mm																																											
x/d	0,15																																																
<i>Dominio M-N</i>																																																	
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #d9ead3;">2_SLU_STR</td> <td style="background-color: #d9ead3;">-</td> <td style="background-color: #d9ead3;">0,0</td> <td style="background-color: #d9ead3;">1029,2</td> </tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td></tr> <tr><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td><td style="background-color: #d9ead3;"> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	0,0	1029,2																																
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																										
2_SLU_STR	-	0,0	1029,2																																														

20.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	1000 mm			
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		5	20	80	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	80 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case	1_SLU_STR	
Frame	-	
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	204,263 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	920 mm
Coefficiente	k	1,47
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,17%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$V_{min}$	0,36 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	329,41 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>329,41 kN</b>
Verifica		0,62 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

20.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

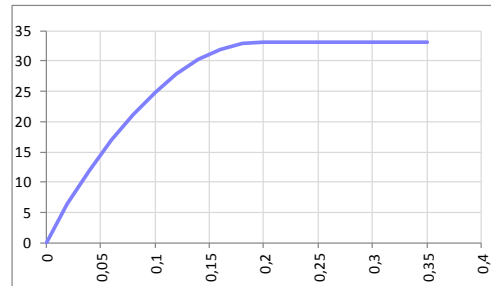
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	714,1	0,177	0,200	558,28	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	1_QP	-	0,0	511,3	-3,62	100,68	-40,74	Sezione parzializzata
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	747,9	-5,29	147,26	-59,60	Sezione parzializzata

20.8.2. Piedritto

CARATTERISTICHE MATERIALI

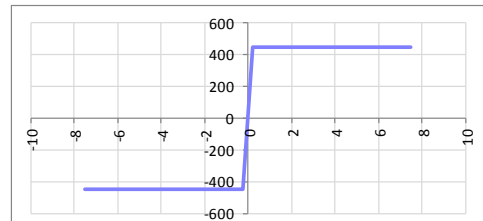
Calcestruzzo:

Classe	C32/40
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{c2}$	0,200 %
$\epsilon_{c3}$	0,175 %
$\epsilon_{c4}$	0,070 %
$\epsilon_{cu}$	0,350 %
n	2,000
tipo cemento	N



Acciaio:

Classe	B450C
Tipologia comportamentale	EL-PL
$k = (f_t/f_y)_k$	1
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{su}$	7,500 %



Coefficiente di omogeneizzazione:

n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$	
umidità relativa	75 %	
giorno app. carico	15 giorni	
periodo lungo termine	50 anni	
coefficiente di viscosità	1,93	
n, lungo termine =	10,94 = $E_s/E_{cm}$	
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine

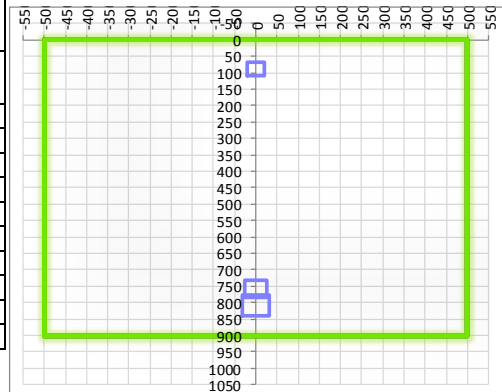
CARATTERISTICHE SEZIONE

Sezione:

B=	1000 mm
H=	900 mm

Armature:

Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	20	88	1570,7963
2	8	26	809	3981,9687
3	5	26	757	2654,6458
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0



Armatura di ripartizione:

Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	60	1570,7963
inferiore	5	20	840	1570,7963

20.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																																				
<b>Coefficienti di sicurezza allo SLU</b>																																																																				
<b>Calcestruzzo</b>																																																																				
$\alpha_{cc}$	0,85																																																																			
$\gamma_c$	1,50																																																																			
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																																		
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																																	
<b>Acciaio</b>																																																																				
$\gamma_s$	1,15																																																																			
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																																		
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																																		
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																																				
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																												
2_SLU_STR	-	149,4	965,0	20143,60	-3211,60	1930,74	-617,53	50%																																																												
<b>Sezione:</b>																																																																				
				<b>Fibre compresse Superiori</b> $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,53 % d = 809,00 mm x = 150,38 mm x/d = 0,19																																																																
<b>Dominio M-N</b>																																																																				
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90ee90;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>149,4</td> <td>965,0</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>					Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	149,4	965,0																																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																																	
2_SLU_STR	-	149,4	965,0																																																																	

20.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b	1000 mm		
Altezza	h	900 mm		
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		5	26	91
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	$A_s$	2655 mm <sup>2</sup>		
Posizione della barra equivalente	$c^*$	91 mm		

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	143,78 kN
Taglio	$V_{Ed}$	361,26 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	809 mm
Coefficiente	k	1,50
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,33%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,16 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	318,28 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>341,60 kN</b>
Verifica		<b>1,06</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	10 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	18,81333333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	261,54 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0,008491614
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1,008491614
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	<b>372,57 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	<b>3453,58 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>372,57 kN</b>
Verifica		<b>0,97</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

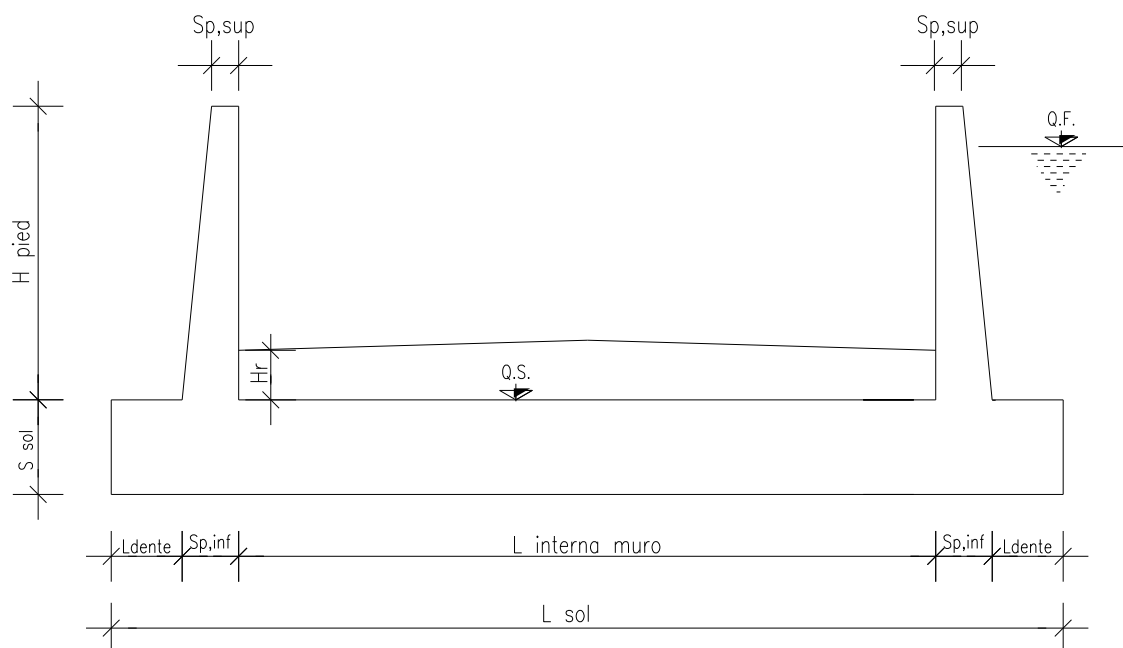
20.8.2.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	2_CAR	-	143,8	639,0	0,180	0,200	477,94	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	1_QP	-	149,4	487,9	-4,42	100,41	-48,20	Sezione parzializzata
Caratteristica	2_CAR	-	149,4	708,4	-6,36	150,41	-68,63	Sezione parzializzata



## 21. MURO A U TIPO 2

### 21.1. Geometria della struttura



#### Dimensioni geometriche trasversali:

- $L_{sol}$  = 7.60 m
- $S_{sol}$  = 0.90 m
- $L_{int,muro}$  = 6.00 m
- $L_{dente}$  = 0.00 m
- $H_{pied}$  = 5.31 m
- $S_{p,sup}$  = 0.80 m
- $S_{p,inf}$  = 0.80 m

La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura.

## 21.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
0,266	5,310	5,310	2,655	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
0,531	10,620	10,620	5,310	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
0,797	15,930	15,930	7,965	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
1,062	21,240	21,240	10,620	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
1,328	26,550	26,550	13,275	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
1,593	31,860	31,860	15,930	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
1,859	37,170	37,170	18,585	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
2,124	42,480	42,480	21,240	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
2,390	47,790	47,790	23,895	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
2,655	53,100	53,100	26,550	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
2,921	58,410	58,410	29,205	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
3,186	63,720	63,720	31,860	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
3,452	69,030	69,030	34,515	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
3,717	74,340	74,340	37,170	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
3,983	79,650	79,650	39,825	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
4,248	84,960	84,960	42,480	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
4,514	90,270	90,270	45,135	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
4,779	95,580	95,580	47,790	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
5,045	100,890	100,890	50,445	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
5,310	106,200	106,200	53,100	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
5,535	110,700	110,700	55,350	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773
5,760	115,200	115,200	57,600	0,000	10,000	14,394	0,000	5,546	2,773

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 21.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto (in asse soletta)

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto, in asse soletta, per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	115,20		
2	STERRE k0_M1		318,50	165,89
2a	STERRE K0_M2		369,90	192,66
2b	STERRE ka_M1		212,34	110,59
2c	STERRE ka_M2		260,62	135,74
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		165,89	57,60
4a	SOVR. STATICO k0_M2		192,66	66,90
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		0,00	0,00
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		0,00	0,00
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		238,77	82,91
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		277,71	96,43
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		170,34	59,14
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		199,89	69,41
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		92,00	31,94
8	INERZIA VERT (BASSO)	15,97		

#### 21.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

##### 21.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	106,20	535,87	262,92
1/4 spessore soletta_M_max	2_SLU_STR	110,70	597,18	282,16
Asse soletta_M_max	2_SLU_STR	115,20	662,89	302,05

##### 21.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	106,20	249,54
Filo soletta _FR	2_FR	106,20	355,27
Filo soletta _CAR	2_CAR	106,20	390,52
1/4 soletta _QP	1_QP	110,70	282,62
1/4 soletta _FR	2_FR	110,70	397,51
1/4 soletta _CAR	2_CAR	110,70	435,80

## 21.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate nella soletta di fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

### 21.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	0,400	602,860	149,953
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	6,400	262,051	-132,480
1/4 spessore piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,200	639,584	117,734
Asse piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,000	662,888	115,200
Mezzeria_M_min	2_SLV_STR	5,200	18,263	-25,846

### 21.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,400	275,03
Filo piedritto _FR	2_FR	0,400	398,15
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,400	439,20

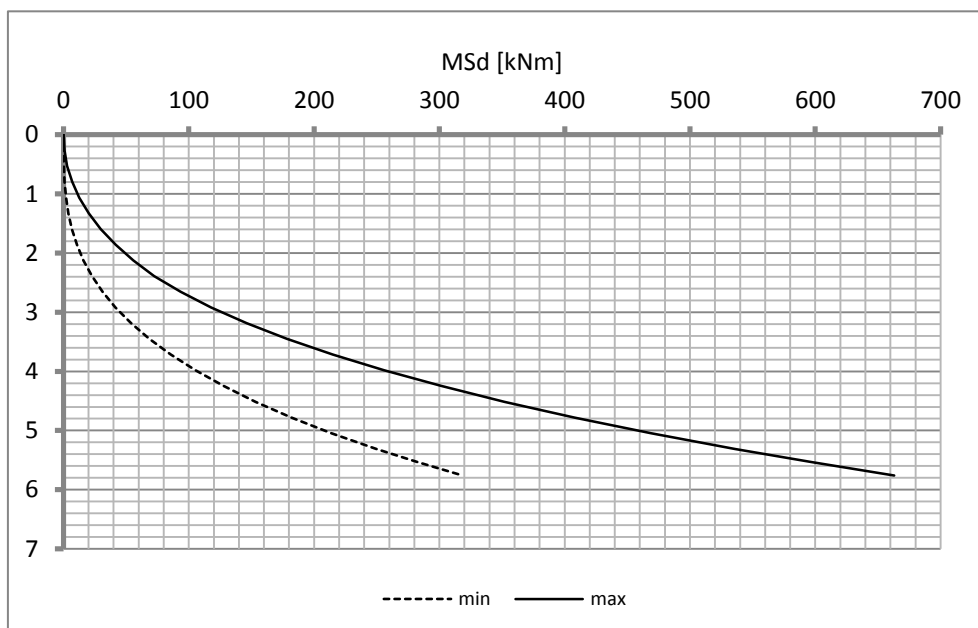
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,200	296,11
1/4 piedritto _FR	2_FR	0,200	420,20
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,200	461,56

Mezzeria _QP	1_QP	3,400	120,66
Mezzeria _FR	1_FR	3,400	120,66
Mezzeria _CAR	1_CAR	3,400	120,66

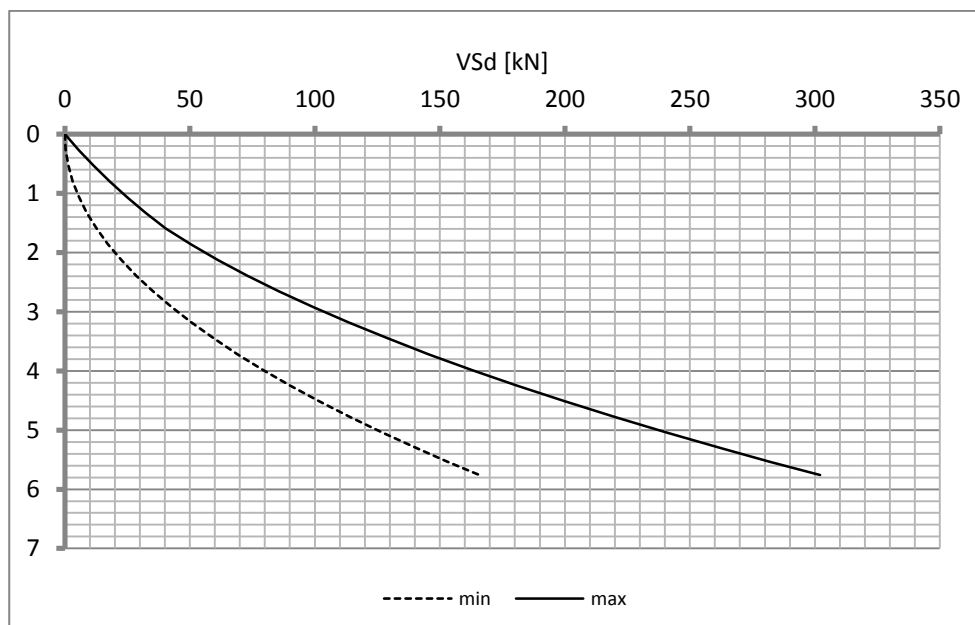
## 21.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV

### 21.6.1. Piedritti

#### Momento

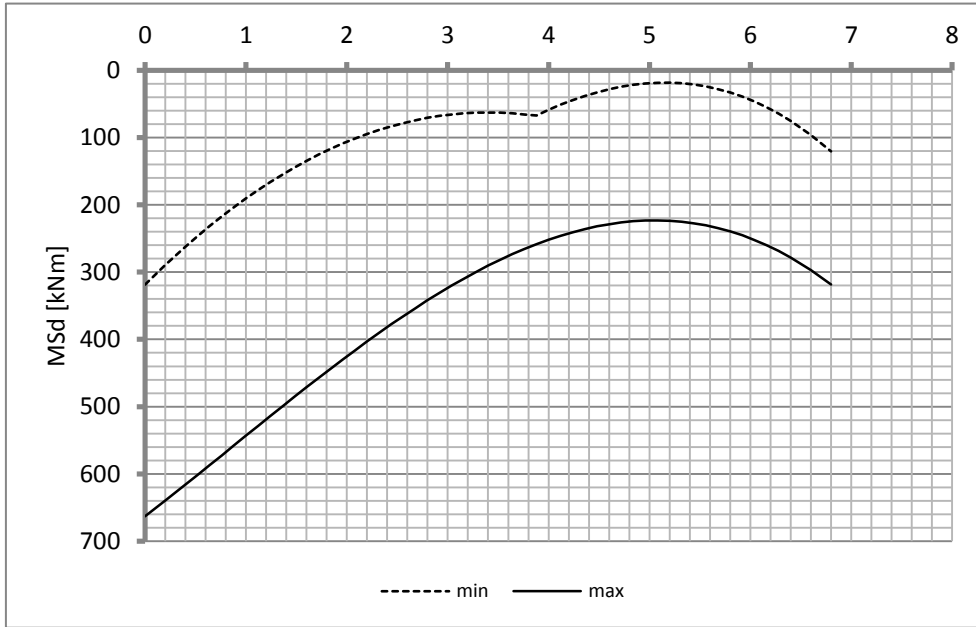


#### Taglio

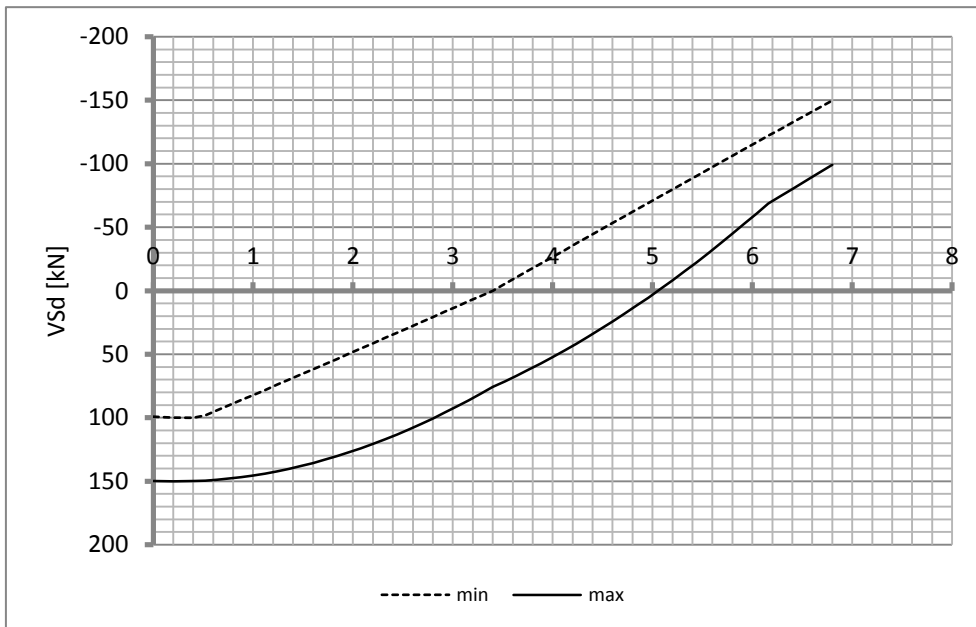


**21.6.2. Soletta**

Momento

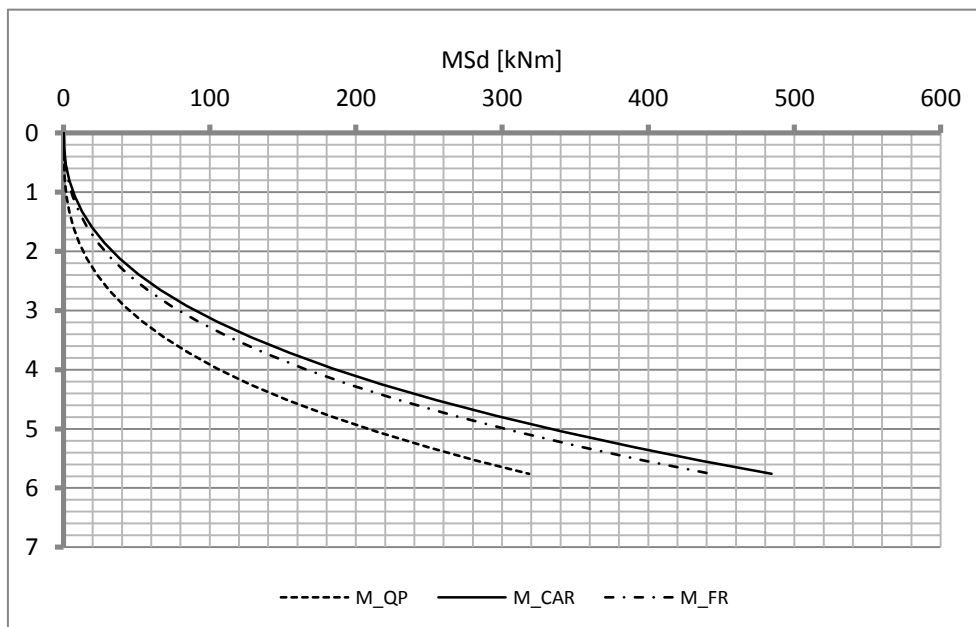


Taglio

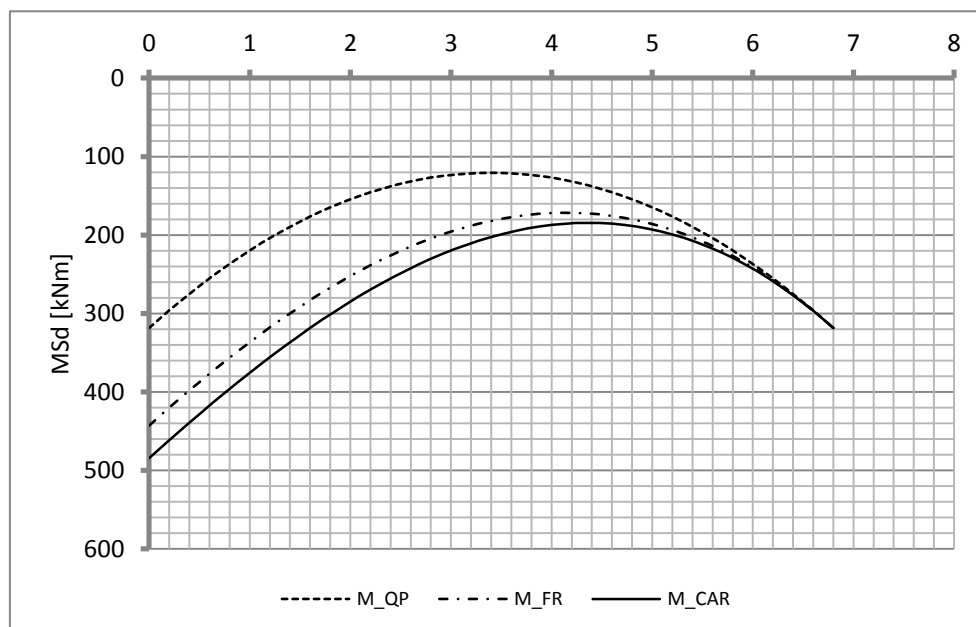


## 21.7. Diagrammi di involucro SLE

### 21.7.1. Piedritti



### 21.7.2. Soletta





## 21.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

### 21.8.1. Soletta

CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,93			
n, lungo termine =	10,94 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	900 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	20	76	1570,7963
2	8	26	821	3981,9687
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	58	1005,3096
inferiore	5	16	842	1005,3096



21.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	900 mm			
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		5	20	76	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	76 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case	1_SLU_STR	
Frame	-	
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	149,95 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	824 mm
Coefficiente	k	1,49
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,19%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$V_{min}$	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	303,05 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>303,05 kN</b>
Verifica		0,49 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

21.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

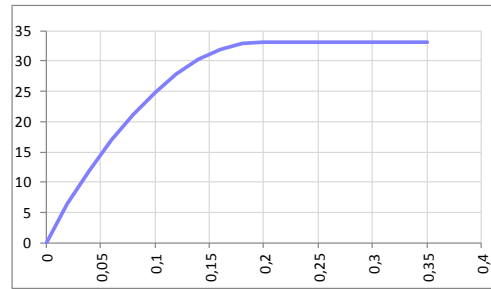
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	439,2	0,198	0,200	426,55	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	1_QP	-	0,0	296,1	-2,87	100,54	-29,78	Sezione parzializzata
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	461,6	-4,48	156,72	-46,42	Sezione parzializzata

21.8.2. Piedritto

CARATTERISTICHE MATERIALI

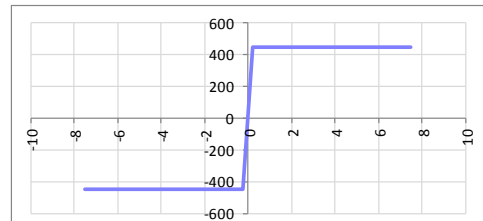
Calcestruzzo:

Classe	C32/40
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{c2}$	0,200 %
$\epsilon_{c3}$	0,175 %
$\epsilon_{c4}$	0,070 %
$\epsilon_{cu}$	0,350 %
n	2,000
tipo cemento	N



Acciaio:

Classe	B450C
Tipologia comportamentale	EL-PL
$k = (f_t/f_y)_k$	1
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{su}$	7,500 %



Coefficiente di omogenizzazione:

n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$	
umidità relativa	75 %	
giorno app. carico	15 giorni	
periodo lungo termine	50 anni	
coefficiente di viscosità	1,94	
n, lungo termine =	11,00 = $E_s/E_{cm}$	
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine

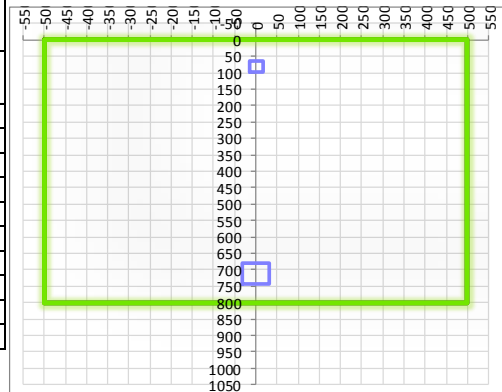
CARATTERISTICHE SEZIONE

Sezione:

B=	1000 mm
H=	800 mm

Armature:

Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	16	82	1005,3096
2	8	26	713	3981,9687
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0



Armatura di ripartizione:

Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	58	1005,3096
inferiore	5	16	742	1005,3096

21.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																									
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																									
<b>Calcestruzzo</b>																																																									
$\alpha_{cc}$	0,85																																																								
$\gamma_c$	1,50																																																								
$f_{cd}$	22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																								
$f_{ct,eff}$	2,58 N/mm <sup>2</sup>	$= f_{ctm} / 1,2$																																																							
<b>Acciaio</b>																																																									
$\gamma_s$	1,15																																																								
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																								
$E_{yd}$	0,196 %																																																								
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																	
2_SLU_STR	-	110,7	597,2	17002,21	-1951,54	1079,91	-345,35	55%																																																	
<i>Sezione:</i>																																																									
				<p><i>Fibre compresse Superiori</i></p> <p><math>\sigma_{c,max}</math> = 18,81 N/mm<sup>2</sup></p> <p><math>\sigma_{s,min}</math> = -391,30 N/mm<sup>2</sup></p> <p><math>\epsilon_{c,max}</math> = 0,35 %</p> <p><math>\epsilon_{s,min}</math> = -2,12 %</p> <p>d = 713,00 mm</p> <p>x = 100,92 mm</p> <p>x/d = 0,14</p>																																																					
<i>Dominio M-N</i>																																																									
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <th style="text-align: center;">Combinazione</th> <th style="text-align: center;">fram/nodo</th> <th style="text-align: center;">NSd [kN]</th> <th style="text-align: center;">MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9ead3;"> <td style="text-align: center;">2_SLU_STR</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: center;">110,7</td> <td style="text-align: center;">597,2</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	110,7	597,2																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
2_SLU_STR	-	110,7	597,2																																																						

21.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α <sub>cc</sub>	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ <sub>s</sub>	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	800 mm			
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		5	26	87	2655
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>	2655 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	87 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	106,2 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	262,92 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	713 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,37%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,13 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	V <sub>min</sub>	0,38 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	286,22 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>316,80 kN</b>
Verifica		0,83 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

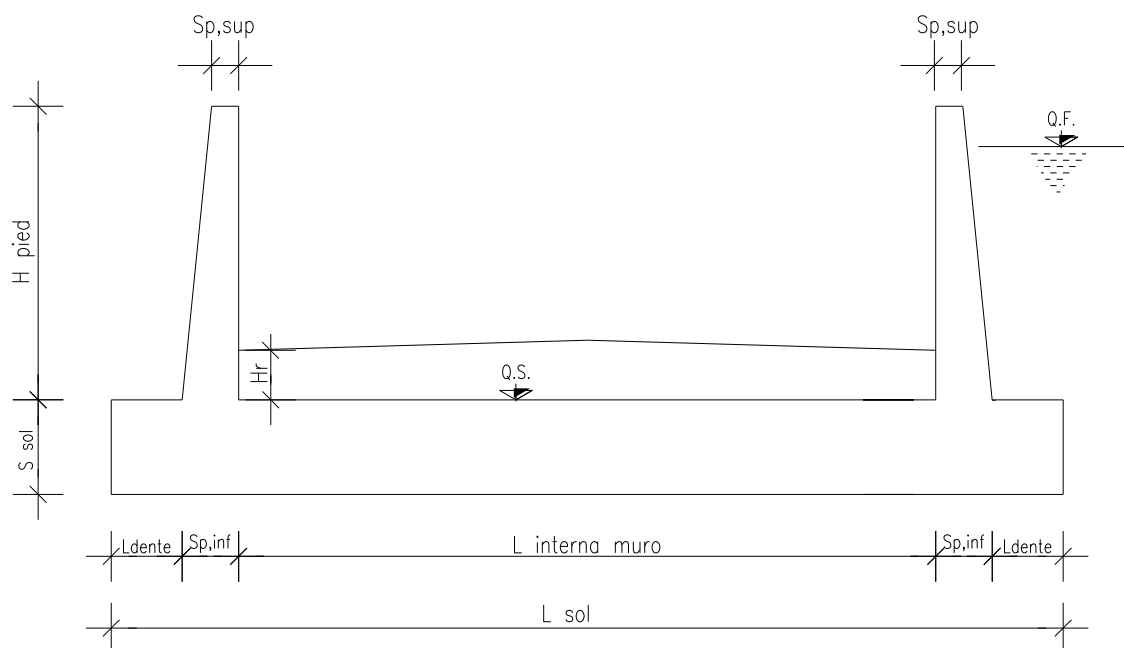
21.8.2.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	2_CAR	-	106,2	390,5	0,194	0,200	350,71	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	1_QP	-	110,7	282,6	-3,67	99,01	-37,33	Sezione parzializzata
Caratteristica	2_CAR	-	110,7	435,8	-5,60	159,44	-56,03	Sezione parzializzata



## 22. MURO A U TIPO 3

### 22.1. Geometria della struttura



#### Dimensioni geometriche trasversali:

- $L_{sol}$  = 7.40 m
- $S_{sol}$  = 0.80 m
- $L_{int,muro}$  = 6.00 m
- $L_{dente}$  = 0.00 m
- $H_{pied}$  = 4.10 m
- $S_{p,sup}$  = 0.70 m
- $S_{p,inf}$  = 0.70 m

La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura.

## 22.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

Si riportano di seguito le pressioni statiche e sismiche esercitate sui piedritti dal terreno, dalla falda e dall'azione sismica, per i casi di carico fondamentali.

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
0,205	4,100	4,100	2,050	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
0,410	8,200	8,200	4,100	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
0,615	12,300	12,300	6,150	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
0,820	16,400	16,400	8,200	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
1,025	20,500	20,500	10,250	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
1,230	24,600	24,600	12,300	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
1,435	28,700	28,700	14,350	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
1,640	32,800	32,800	16,400	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
1,845	36,900	36,900	18,450	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
2,050	41,000	41,000	20,500	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
2,255	45,100	45,100	22,550	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
2,460	49,200	49,200	24,600	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
2,665	53,300	53,300	26,650	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
2,870	57,400	57,400	28,700	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
3,075	61,500	61,500	30,750	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
3,280	65,600	65,600	32,800	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
3,485	69,700	69,700	34,850	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
3,690	73,800	73,800	36,900	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
3,895	77,900	77,900	38,950	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
4,100	82,000	82,000	41,000	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
4,300	86,000	86,000	43,000	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426
4,500	90,000	90,000	45,000	0,000	10,000	11,245	0,000	4,853	2,426

Dove la coordinata verticale z è positiva verso il basso con l'origine posta in sommità al piedritto.

### 22.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto (in asse soletta)

Si riportano di seguito le sollecitazioni calcolate alla base del piedritto, in asse soletta, per tutti i casi di carico:

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	78,75		
2	STERRE k0_M1		151,88	101,25
2a	STERRE K0_M2		176,38	117,59
2b	STERRE ka_M1		101,25	67,50
2c	STERRE ka_M2		124,27	82,85
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		101,25	45,00
4a	SOVR. STATICO k0_M2		117,59	52,26
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		0,00	0,00
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		0,00	0,00
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		113,86	50,60
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		132,42	58,85
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		81,22	36,10
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		95,32	42,36
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		49,13	21,84
8	INERZIA VERT (BASSO)	10,92		

## 22.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per il piedritto ed adottate per le verifiche strutturali.

### 22.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	71,75	275,40	170,77
1/4 spessore soletta_M_max	2_SLU_STR	75,25	310,94	184,69
Asse soletta_M_max	2_SLU_STR	78,75	349,31	199,13

### 22.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	71,75	114,87
Filo soletta _FR	2_FR	71,75	177,91
Filo soletta _CAR	2_CAR	71,75	198,92
1/4 soletta _QP	1_QP	75,25	132,51
1/4 soletta _FR	2_FR	75,25	201,85
1/4 soletta _CAR	2_CAR	75,25	224,96

## 22.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate nella soletta di fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

### 22.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	0,350	313,698	100,937
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	6,350	117,907	-91,723
1/4 spessore piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,175	335,463	79,482
Asse piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,000	349,313	78,750
Mezzeria_M_min	2_SLV_STR	4,790	-28,647	-16,193

### 22.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,350	125,72
Filo piedritto _FR	2_FR	0,350	201,02
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,350	226,13

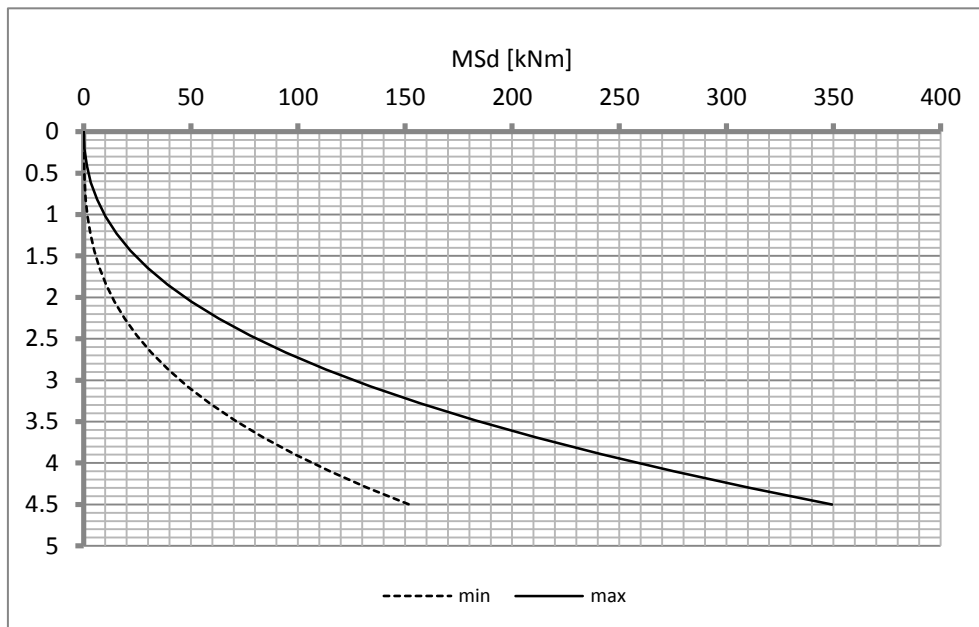
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,175	138,45
1/4 piedritto _FR	2_FR	0,175	214,22
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,175	239,48

Mezzeria _QP	1_QP	3,350	19,29
Mezzeria _FR	1_FR	3,350	19,29
Mezzeria _CAR	1_CAR	3,350	19,29

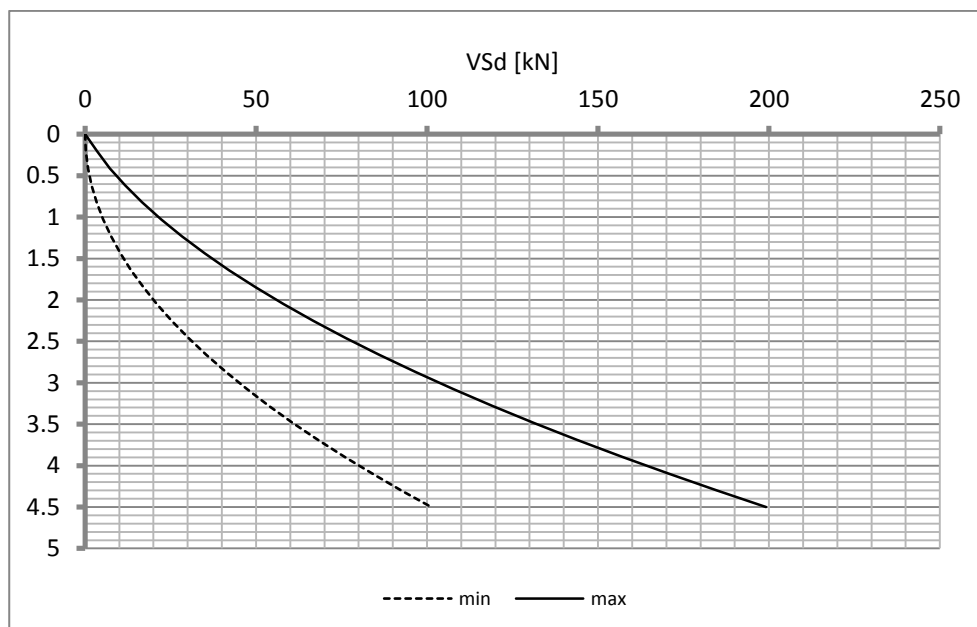
## 22.6. Diagrammi di involuppo SLU-SLV

### 22.6.1. Piedritti

#### Momento

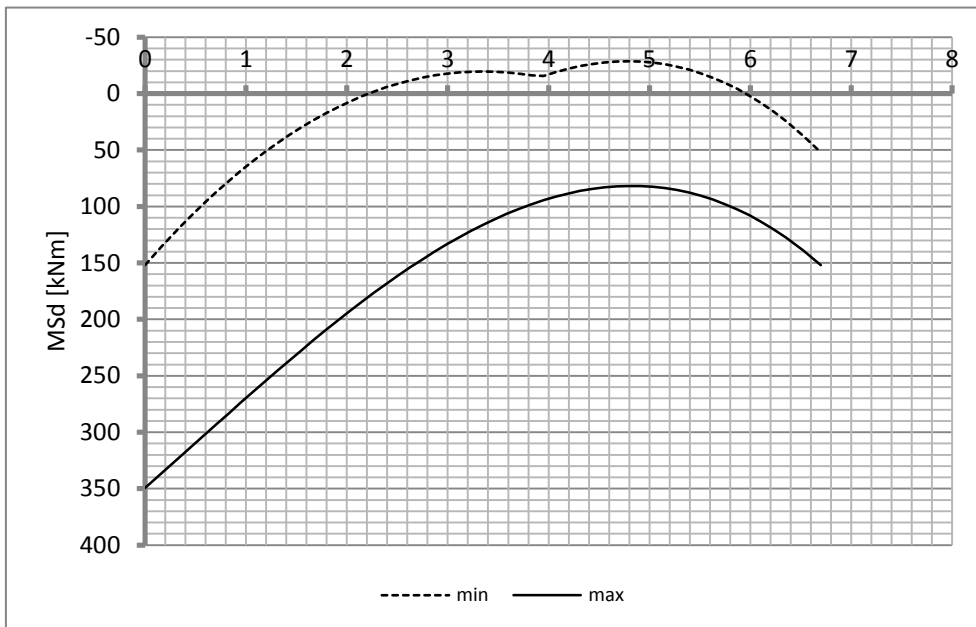


#### Taglio

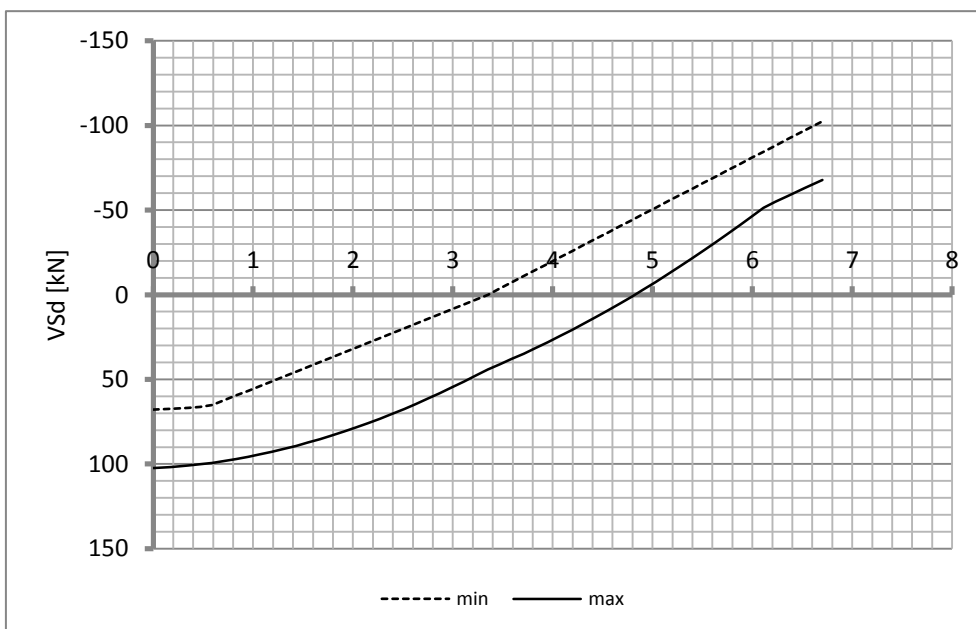


**22.6.2. Soletta**

Momento

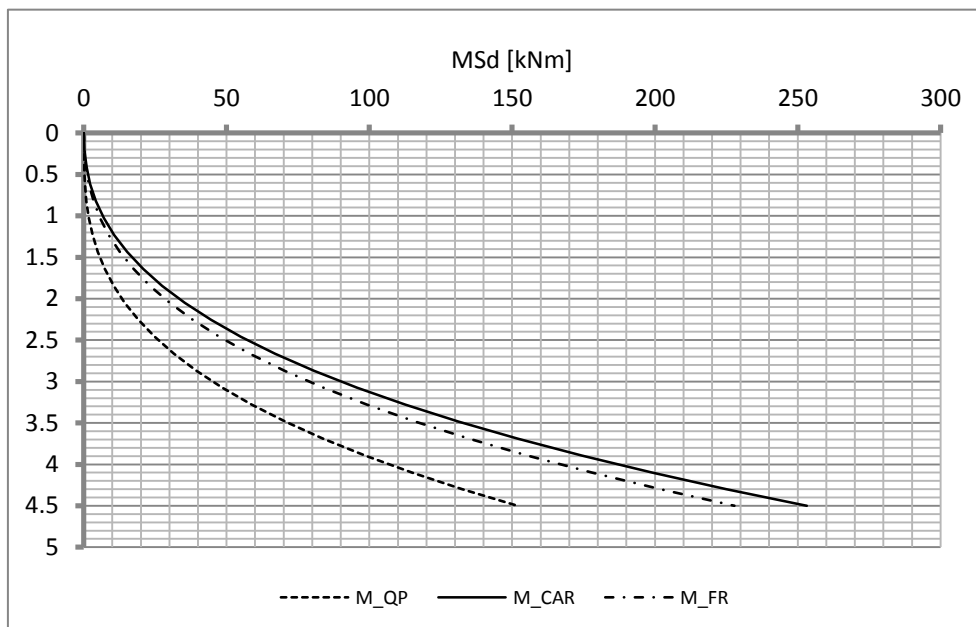


Taglio

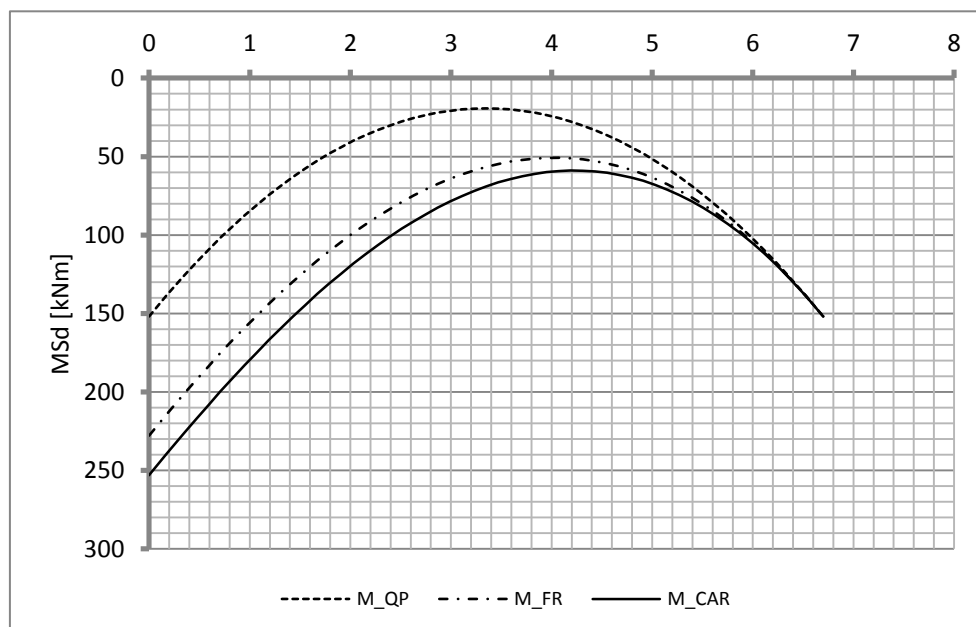


## 22.7. Diagrammi di involucro SLE

### 22.7.1. Piedritti



### 22.7.2. Soletta





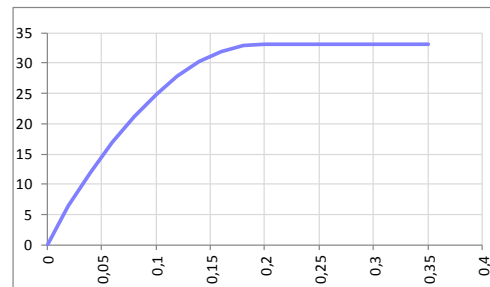
## 22.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

### 22.8.1. Soletta

#### CARATTERISTICHE MATERIALI

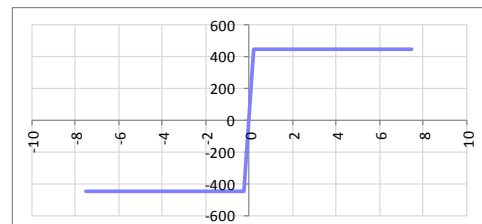
##### Calcestruzzo:

Classe	C32/40
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{c2}$	0,200 %
$\epsilon_{c3}$	0,175 %
$\epsilon_{c4}$	0,070 %
$\epsilon_{cu}$	0,350 %
n	2,000
tipo cemento	N



##### Acciaio:

Classe	B450C
Tipologia comportamentale	EL-PL
$k = (f_t/f_y)_k$	1
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{su}$	7,500 %



##### Coefficiente di omogenizzazione:

n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$	
umidità relativa	75 %	
giorno app. carico	15 giorni	
periodo lungo termine	50 anni	
coefficiente di viscosità	1,94	
n, lungo termine =	11,00 = $E_s/E_{cm}$	
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine

#### CARATTERISTICHE SEZIONE

##### Sezione:

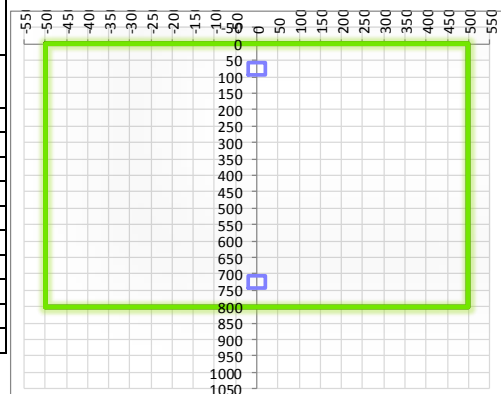
B=	1000 mm
H=	800 mm

##### Armature:

Pos.	n° barre	$\phi$ mm	$y_i$ mm	$A_s$ mm <sup>2</sup>
1	5	20	76	1570,7963
2	5	20	724	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0

##### Armatura di ripartizione:

Pos.	n° barre	$\phi$ mm	$y_i$ mm	$A_s$ mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	58	1005,3096
inferiore	5	16	742	1005,3096



22.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<b>Coefficienti di sicurezza allo SLU</b>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$	0,85																																																				
$\gamma_c$	1,50																																																				
$f_{cd}$	22,13 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$f_{ct,eff}$	2,58 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																			
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$	1,15																																																				
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$\epsilon_{yd}$	0,196 %																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
2_SLU_STR	-	0,0	335,5	16279,99	-1229,32	444,88	-444,88	75%																																													
<b>Sezione:</b>																																																					
				<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Fibre compresse</th> <th></th> <th style="text-align: left;">Superiori</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\sigma_{c,max}</math></td> <td>18,81</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>\sigma_{s,min}</math></td> <td>-391,30</td> <td>N/mm<sup>2</sup></td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_{c,max}</math></td> <td>0,35</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td><math>\epsilon_{s,min}</math></td> <td>-3,88</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>724,00</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>x</td> <td>59,85</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>x/d</td> <td>0,08</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Fibre compresse		Superiori	$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>	$\epsilon_{c,max}$	0,35	%	$\epsilon_{s,min}$	-3,88	%	d	724,00	mm	x	59,85	mm	x/d	0,08																					
Fibre compresse		Superiori																																																			
$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																																			
$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																			
$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																			
$\epsilon_{s,min}$	-3,88	%																																																			
d	724,00	mm																																																			
x	59,85	mm																																																			
x/d	0,08																																																				
<b>Dominio M-N</b>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e0ffe0;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #e0ffe0;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>335,5</td> </tr> <tr style="background-color: #e0ffe0;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #e0ffe0;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #e0ffe0;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #e0ffe0;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #e0ffe0;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #e0ffe0;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #e0ffe0;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #e0ffe0;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr style="background-color: #e0ffe0;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	0,0	335,5																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
2_SLU_STR	-	0,0	335,5																																																		

22.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc}$	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	$\gamma_s$	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	800 mm			
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		5	20	76	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	76 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		1_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	100,94 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	724 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,22%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$V_{min}$	0,38 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	275,13 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>275,13 kN</b>
Verifica		0,37 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

22.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

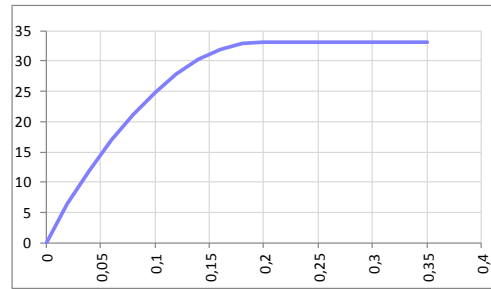
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	226,1	Msd<Mf	0,200	307,40	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	1_QP	-	0,0	138,5	-2,34	131,60	-17,66	Sezione parzializzata
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	239,5	-4,06	227,64	-30,55	Sezione parzializzata

22.8.2. Piedritto

CARATTERISTICHE MATERIALI

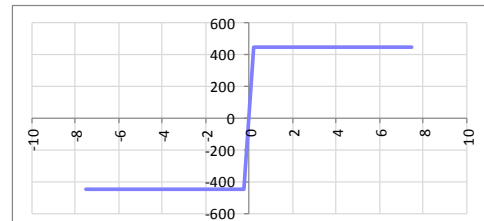
Calcestruzzo:

Classe	C32/40
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{c2}$	0,200 %
$\epsilon_{c3}$	0,175 %
$\epsilon_{c4}$	0,070 %
$\epsilon_{cu}$	0,350 %
n	2,000
tipo cemento	N



Acciaio:

Classe	B450C
Tipologia comportamentale	EL-PL
$k = (f_t/f_y)_k$	1
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{su}$	7,500 %



Coefficiente di omogenizzazione:

n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$	
umidità relativa	75 %	
giorno app. carico	15 giorni	
periodo lungo termine	50 anni	
coefficiente di viscosità	1,96	
n, lungo termine =	11,08 = $E_s/E_{cm}$	
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine

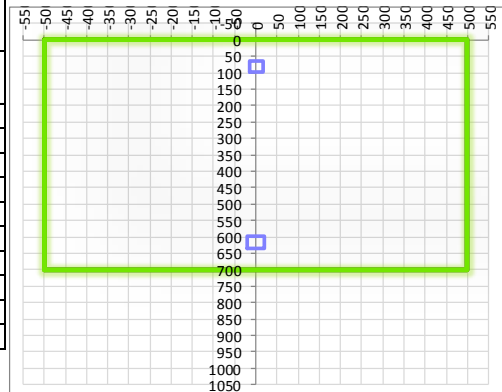
CARATTERISTICHE SEZIONE

Sezione:

B=	1000 mm
H=	700 mm

Armature:

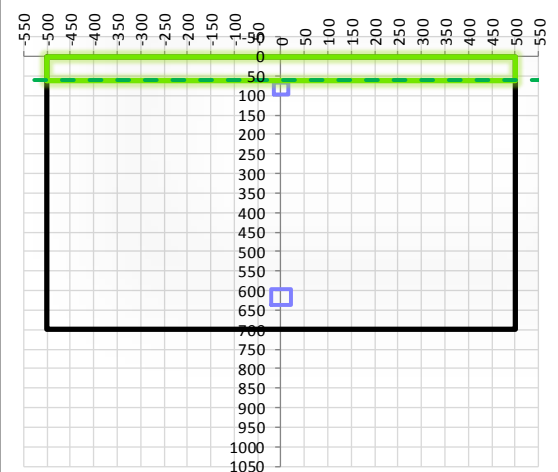
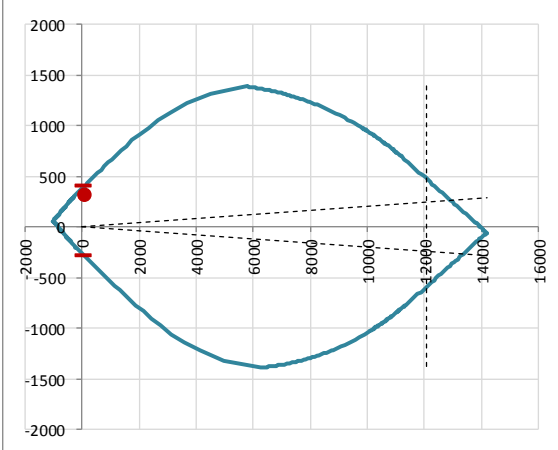
Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	16	82	1005,3096
2	5	20	616	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0



Armatura di ripartizione:

Pos.	n° barre	ø mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	58	1005,3096
inferiore	5	16	642	1005,3096

22.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
<b>Coefficienti di sicurezza allo SLU</b>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$																																																					
$\gamma_c$																																																					
$f_{cd}$																																																					
$f_{ct,eff}$																																																					
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$																																																					
$f_{yd}$																																																					
$\epsilon_{yd}$																																																					
<b>STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE</b>																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
2_SLU_STR	-	75,3	310,9	14177,37	-1008,04	401,05	-283,97	78%																																													
<b>Sezione:</b>																																																					
				<b>Fibre compresse</b>		<b>Superiori</b>																																															
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-3,18	%																																															
				d	616,00	mm																																															
				x	61,10	mm																																															
x/d	0,10																																																				
<b>Dominio M-N</b>				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #e1eef6;"> <td>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>75,3</td> <td>310,9</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	75,3	310,9																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
2_SLU_STR	-	75,3	310,9																																																		
																																																					

22.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C32/40
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	40,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	33,2 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ <sub>c</sub>	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α <sub>cc</sub>	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ <sub>s</sub>	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	700 mm			
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		5	20	84	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	84 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	71,75 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	170,77 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	616 mm
Coefficiente	k	1,57
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,25%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,10 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	V <sub>min</sub>	0,40 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	253,81 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>253,81 kN</b>
Verifica		0,67 <i>Verifica soddisfatta</i>

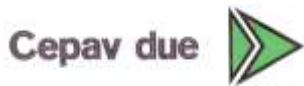
Non è necessario prevedere armatura a taglio.

22.8.2.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE								
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	<b>Aggressive</b>							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)								
<u>Fessurazione</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	MO - Mf [kNm]	
Caratteristica	2_CAR	-	71,8	198,9	Msd<Mf	0,200	241,92	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	1_QP	-	75,3	132,5	-3,05	125,80	-22,85	Sezione parzializzata
Caratteristica	2_CAR	-	75,3	225,0	-5,15	229,71	-36,42	Sezione parzializzata



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL SLZ1 F0 001

Rev.  
A

Foglio  
169 di 169

## 23. RIFERIMENTI

### 23.1. Documenti referenziati

Rif. [1] Cepav due, documento n° IN0R 11 E E2 RB SLZ1 00 001, intitolato "RELAZIONE GEOTECNICA SLZ1 - SOTTOVIA S.C. VIA RAMP A PK 149+888,702 - SIFONE CANALE DI SOMMACAMPAGNA".

Rif. [2] Cepav due, documento n° IN0R 11 E E2 CL SLZ1 F0 002, intitolato "SLZ1 - SOTTOVIA S.C. VIA RAMP A PK 149+888,702 - ALLEGATO ALLA RELAZIONE DI CALCOLO SIFONE CANALE DI SOMMACAMPAGNA - TABULATI DI CALCOLO".

### 23.2. Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

### 23.3. Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.