

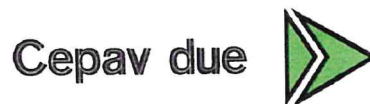
COMMITTENTE:



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

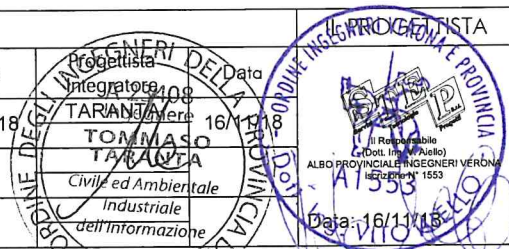
PROGETTO ESECUTIVO

CORPO FERROVIARIO LINEA AV DA PK 143+829,891 A PK 150+780,229
TOMBINI CIRCOLARI D1500
RELAZIONE DI CALCOLO

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due <i>Consorzio Cepav due</i> <i>Il Direttore del Consorzio</i> <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	R I 0 0 0 4	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Data	
A	Emissione	GUIARTE	16/11/18	AIELLO	16/11/18	16/11/18	
B							
C							



CIG. 751447334A File: INOR10EE2CLR10004001A_02.docx



CUP: F81H9100000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
2 di 146

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	10
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	11
3.	CRITERI DI CALCOLO.....	12
3.1.	CRITERI E DEFINIZIONE DELL' AZIONE SISMICA	12
3.2.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	13
3.2.1.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLU.....</i>	<i>13</i>
3.2.2.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLE.....</i>	<i>14</i>
4.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	15
4.1.	CALCESTRUZZO PER MAGRONE	15
4.2.	CALCESTRUZZO.....	15
4.3.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	15
4.4.	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI.....	16
4.5.	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE	16
5.	PARAMETRI SISMICI	17
6.	PARAMETRI GEOTECNICI.....	18
7.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA – SCATOLARI	19
7.1.	SCATOLARE TIPO 1.....	19
7.2.	SCATOLARE TIPO 2.....	20
8.	MODELLAZIONE STRUTTURALE – SCATOLARI	21
8.1.	CODICE DI CALCOLO	21
8.2.	MODELLAZIONE ADOTTATA	21
9.	ANALISI DEI CARICHI – SCATOLARE TIPO 1.....	23
9.1.	PESO PROPRIO STRUTTURE (LOAD1)	23
9.2.	CARICHI PERMANENTI PORTATI (LOAD2 E LOAD3).....	24
9.3.	SPINTA DEL TERRENO (LOAD4 E LOAD5)	24
9.4.	AZIONI TERMICHE E RITIRO (LOAD 6 ÷ 9).....	25
9.5.	CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA SUPERIORE (LOAD 10 E LOAD 11)	26

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL RI00 04 001	Rev. A	Foglio 3 di 146
9.6.	SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO (LOAD 12 - LOAD 13)				27
9.7.	FRENATURA E AVVIAMENTO (LOAD 14 E LOAD 15)				28
9.8.	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI SULLA SOLETTA DI FONDAZIONE.....				28
9.9.	SERPEGGIO				28
9.10.	FORZA CENTRIFUGA.....				28
9.11.	AZIONE SISMICA (LOAD 16÷25)				29
9.12.	RIEPILOGO DEI CARICHI SOLLECITANTI				30
10.	ANALISI DEI CARICHI – SCATOLARE TIPO 2				31
10.1.	PESO PROPRIO STRUTTURE (LOAD1)				31
10.2.	CARICHI PERMANENTI PORTATI (LOAD2 E LOAD3).....				32
10.3.	SPINTA DEL TERRENO (LOAD4 E LOAD5)				32
10.4.	AZIONI TERMICHE E RITIRO (LOAD 6 ÷ 9).....				33
10.5.	CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA SUPERIORE (LOAD 10 E LOAD 11)				34
10.6.	SPINTA DEL SOVRACCARICO SUL RILEVATO (LOAD 12 - LOAD 13)				35
10.7.	FRENATURA E AVVIAMENTO (LOAD 14 E LOAD 15)				36
10.8.	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI SULLA SOLETTA DI FONDAZIONE.....				36
10.9.	SERPEGGIO				36
10.10.	FORZA CENTRIFUGA.....				36
10.11.	AZIONE SISMICA (LOAD 16÷25)				37
10.12.	RIEPILOGO DEI CARICHI SOLLECITANTI				38
11.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI				39
11.1.	CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE.....				39
11.1.1.	<i>Combinazioni SLU di tipo STR.....</i>				40
11.1.2.	<i>Combinazioni SLU di tipo GEO</i>				42
11.1.3.	<i>Combinazioni SLV.....</i>				44
11.1.4.	<i>Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Caratteristica.....</i>				45
11.2.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO – SCATOLARE TIPO 1				47
11.2.1.	<i>Inviluppo momento flettente SLU/SLV – STR.....</i>				47

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL RI00 04 001	Rev. A	Foglio 4 di 146
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

11.2.2.	Inviluppo taglio SLU/SLV – STR	47
11.2.3.	Inviluppo momento flettente SLE – Quasi Permanente	48
11.2.4.	Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico	48
11.3.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO – SCATOLARE TIPO 2	49
11.3.1.	Inviluppo momento flettente SLU/SLV – STR	49
11.3.2.	Inviluppo taglio SLU/SLV – STR	49
11.3.3.	Inviluppo momento flettente SLE – Quasi Permanente	50
11.3.4.	Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico	50
12.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – SCATOLARE TIPO 1	51
12.1.	SOLETTA INFERIORE	52
12.1.1.	Soletta inferiore – sezione di incastro	53
12.1.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	54
12.1.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	55
12.1.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio	56
12.1.2.	Soletta inferiore – sezione di mezzeria	57
12.1.2.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	57
12.1.2.2.	Verifiche allo stato limite di esercizio	58
12.2.	PIEDRITTI	59
12.2.1.	Piedritto – sezione di incastro inferiore	60
12.2.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	60
12.2.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	61
12.2.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio	62
12.2.2.	Piedritto – sezione di mezzeria	63
12.2.2.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	63
12.2.2.2.	Verifiche allo stato limite di esercizio	64
12.3.	SOLETTA SUPERIORE	65
12.3.1.	Soletta superiore – sezione di incastro	65
12.3.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	66
12.3.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	66
12.3.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio	68
12.3.2.	Soletta superiore – sezione di mezzeria	69
12.3.2.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	69
12.3.2.2.	Verifiche allo stato limite di esercizio	70



13. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – SCATOLARE TIPO 2	71
13.1. SOLETTA INFERIORE	72
13.1.1. Soletta inferiore – sezione di incastro.....	73
13.1.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	73
13.1.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	74
13.1.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	75
13.1.2. Soletta inferiore – sezione di mezzeria.....	76
13.1.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	76
13.1.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	77
13.2. PIEDRITTI.....	78
13.2.1. Piedritto – sezione di incastro inferiore.....	79
13.2.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	79
13.2.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	80
13.2.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	81
13.2.2. Piedritto – sezione di mezzeria.....	82
13.2.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	82
13.2.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	83
13.3. SOLETTA SUPERIORE.....	84
13.3.1. Soletta superiore – sezione di incastro.....	85
13.3.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	85
13.3.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	86
13.3.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	87
13.3.2. Soletta superiore – sezione di mezzeria.....	88
13.3.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	88
13.3.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	89
14. VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO	90
14.1. COAZIONI INTERNE DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO.....	90
14.2. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI LONGITUDINALI DOVUTE AI FENOMENI DI RITIRO	91
15. POZZETTO TIPO 1.....	92
15.1. ANALISI DEI CARICHI	92
15.1.1. Peso proprio strutture.....	92
15.1.2. Spinta del terreno	92
15.1.3. Spinta del sovraccarico sul rilevato.....	92

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001Rev.
AFoglio
6 di 146

15.1.4. Azione sismica.....	92
15.2. COMBINAZIONE DEI CARICHI	93
15.3. RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME	93
15.4. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO	94
15.4.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....	94
15.4.2. Verifica allo stato limite ultimo per flessione.....	95
15.4.3. Verifica allo stato limite ultimo per taglio	96
15.4.4. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	97
16. POZZETTO TIPO 2.....	98
16.1. ANALISI DEI CARICHI	98
16.1.1. Peso proprio strutture.....	98
16.1.2. Spinta del terreno	98
16.1.3. Spinta del sovraccarico sul rilevato.....	98
16.1.4. Azione sismica.....	98
16.2. COMBINAZIONE DEI CARICHI	99
16.3. RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME	99
16.4. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO	100
16.4.1. Caratteristiche geometriche della sezione.....	100
16.4.2. Verifica allo stato limite ultimo per flessione.....	101
16.4.3. Verifica allo stato limite ultimo per taglio	102
16.4.4. Verifiche allo stato limite di esercizio.....	103
17. MODELLAZIONE STRUTTURALE – MURI A U	104
17.1. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLA SOLETTA DI FONDAZIONE	104
17.1.1. Modello di Winkler	104
17.1.2. Soluzione per carico verticale all'estremità.....	105
17.1.3. Soluzione per momento flettente all'estremità.....	105
18. ANALISI DEI CARICHI – MURI A U	106
18.1.1. Peso proprio strutture (Load 1).....	106

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001Rev.
AFoglio
7 di 146

18.1.2. Spinta del terreno (Load 2).....	106
18.1.3. Spinta dell'acqua (Load 3).....	106
18.1.4. Sovraccarico accidentale in condizioni statiche e sismiche (Load 4).....	107
18.1.5. Azioni sismiche (Load 5,6,7,8)	107
19. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI – MURI A U	111
19.1. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	111
19.2. COMBINAZIONI SLU	112
19.3. COMBINAZIONI SLV	112
19.4. COMBINAZIONI SLE	113
20. MURO A U TIPO 1	114
20.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	114
20.2. PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI	115
20.3. RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA)	116
20.4. RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO	117
20.4.1. Combinazioni SLU – SLV.....	117
20.4.2. Combinazioni SLE	117
20.5. RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA	118
20.5.1. Combinazioni SLU - SLV	118
20.5.2. Combinazioni SLE	118
20.6. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV	119
20.6.1. Piedritti.....	119
20.6.2. Soletta	120
20.7. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE	121
20.7.1. Piedritti.....	121
20.7.2. Soletta	121
20.8. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO	122
20.8.1. Soletta	122
20.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	123
20.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	124



20.8.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	125
20.8.2.	Piedritto	126
20.8.2.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	127
20.8.2.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	128
20.8.2.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	129
21.	MURO A U TIPO 2	130
21.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA	130
21.2.	PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI	131
21.3.	RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA)	132
21.4.	RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO	133
21.4.1.	Combinazioni SLU – SLV.....	133
21.4.2.	Combinazioni SLE	133
21.5.	RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA	134
21.5.1.	Combinazioni SLU - SLV	134
21.5.2.	Combinazioni SLE	134
21.6.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV	135
21.6.1.	Piedritti.....	135
21.6.2.	Soletta	136
21.7.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE	137
21.7.1.	Piedritti.....	137
21.7.2.	Soletta	137
21.8.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO	138
21.8.1.	Soletta	138
21.8.1.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	139
21.8.1.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	140
21.8.1.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	141
21.8.2.	Piedritto	142
21.8.2.1.	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione	143
21.8.2.2.	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio	144
21.8.2.3.	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	145
22.	RIFERIMENTI	146

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL RI00 04 001	Rev. A	Foglio 9 di 146
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

22.1.	DOCUMENTI REFERENZIATI	146
22.2.	DOCUMENTI CORRELATI	146
22.3.	DOCUMENTI SUPERATI	146



1. INTRODUZIONE

La presente relazione è relativa al calcolo dei tombini facenti parte dell'opera "Corpo ferroviario linea AV – Tombini circolari D1500" previsti nell'ambito dei lavori inerenti la linea A.V./A.C. TORINO – VENEZIA, tratta MILANO – VERONA, lotto funzionale Brescia – Verona, compresi tra la pk143+829,891 e la pk 150+780,229 della linea ferroviaria.

Ogni tombino è costituito da uno scatolare di diametro interno pari a 1.70m e altezza di ricoprimento variabile tra 1.10m e 4.91m, pozzetti di altezza variabile tra 1.45m e 8.52m e spessore pari a 30cm, muri ad "U" di valle di altezza variabile tra 2.40m e 4.40m e spessore pari a 35cm.

Nella presente relazione si riportano i calcoli relativi ai seguenti manufatti:

- scatolare tipo 1: dimensioni interne pari a 1.70x1.70m, spessore di fondazione e piedritti pari a 35cm e di soletta superiore pari a 30cm, altezza di ricoprimento pari a 1.10m;
- scatolare tipo 2: dimensioni interne pari a 1.70x1.70m, spessore di fondazione e piedritti pari a 35cm e di soletta superiore pari a 30cm, altezza di ricoprimento pari a 4.91m;
- pozzetto tipo 1: dimensioni interne in pianta pari a 2.00x2.00m, altezza pari a 4.45m e spessore pari a 30cm;
- pozzetto tipo 2: dimensioni interne in pianta pari a 2.00x1.00m, altezza pari a 8.52m e spessore pari a 30cm;
- muro ad U tipo 1: larghezza interna pari a 1.70m, altezza pari a 2.55m e spessore pari a 35cm;
- muro ad U tipo 2: larghezza interna pari a 1.70m, altezza pari a 3.50m e spessore pari a 35cm.

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 delle strutture scatolari 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.

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

L'opera, ubicata tra il Comune di Sona (VR) e il 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.

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

Foglio
11 di 146

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 interrato 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 (γ_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 (γ_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.

4.2. Calcestruzzo

Per la realizzazione delle strutture, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 (Rck ≥ 40 N/mm²) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica) $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20$ N/mm²
- Resistenza media a compressione $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20$ N/mm²
- Modulo elastico $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643$ N/mm²
- Resistenza di calcolo a compressione $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 18.81$ N/mm²
- Resistenza a trazione media $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.10$ N/mm²
- Resistenza a trazione $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.169$ N/mm²
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.446$ N/mm²
- Resistenza a compressione (comb. Rara) $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 18.26$ N/mm²
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente) $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 13.28$ N/mm²

4.3. 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	≥ 450 MPa
Limite di rottura f_t	≥ 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/mm²
- Tensione caratteristica a rottura $\rightarrow f_{tk} \geq 540$ N/mm²
- Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara) $\rightarrow \sigma_s = 0.80 * f_{yk} = 360.00$ N/mm²
- Fattore di sicurezza acciaio $\rightarrow \gamma_s = 1.15$
- Resistenza a trazione di calcolo $\rightarrow f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30$ N/mm²

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

Foglio
16 di 146

4.4. 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

4.5. 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.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

Foglio
17 di 146

5. PARAMETRI SISMICI

L'opera ricade tra il Comune di Sona e il 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:

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

In base al valore dell'accelerazione ed alla categoria sismica del sottosuolo, il valore del parametro β_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 reinterri, sono:

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

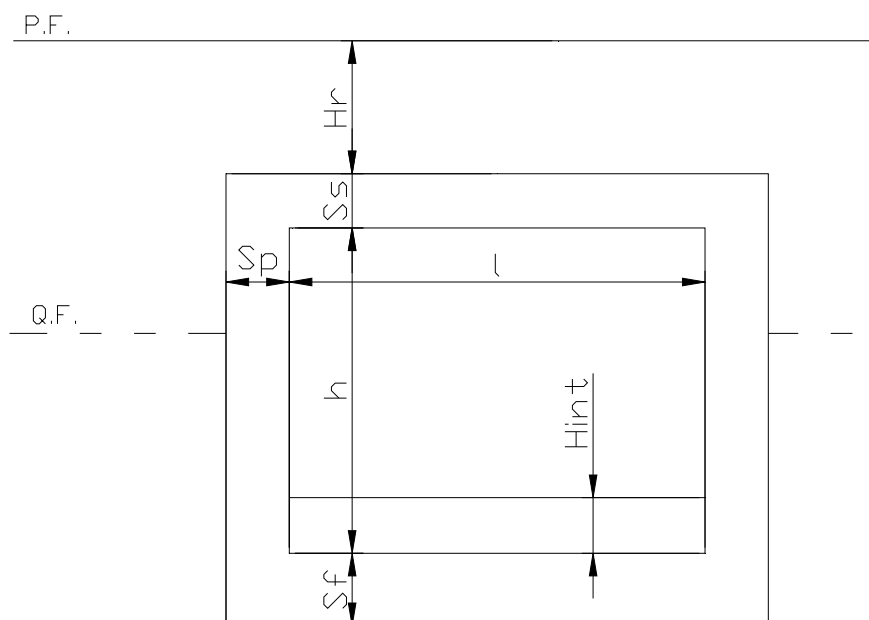
Per quanto riguarda il terreno di fondazione, in base alle caratteristiche geotecniche riportate nello specifico documento Rif. [1], si assumono i seguenti parametri:

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

7. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA – SCATOLARI

7.1. Scatolare tipo 1

Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della struttura:



Dimensioni geometriche (sezione in retto):

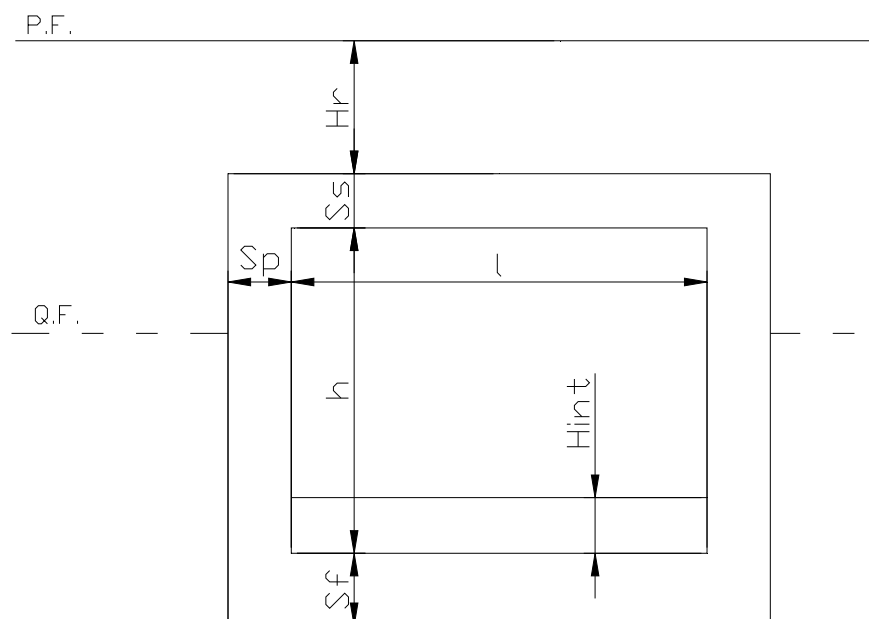
- $l = 1.70$ m
- $h = 1.70$ m
- $S_s = 0.30$ m
- $S_f = 0.35$ m
- $S_p = 0.35$ m
- $H_r = 1.10$ m
- P.F. = quota Piano Ferro
- Q.F. = quota Falda

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

L'asse del tombino è posizionato in retto rispetto all'asse ferroviario.

7.2. Scatolare tipo 2

Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della struttura:



Dimensioni geometriche (sezione in retto):

- $l = 1.70 \text{ m}$
- $h = 1.70 \text{ m}$
- $S_s = 0.30 \text{ m}$
- $S_f = 0.35 \text{ m}$
- $S_p = 0.35 \text{ m}$
- $H_r = 4.91 \text{ m}$
- P.F. = quota Piano Ferro
- Q.F. = quota Falda

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

L'asse del tombino è posizionato in retto rispetto all'asse ferroviario.

8. MODELLAZIONE STRUTTURALE – SCATOLARI

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/L³]
- 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.

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

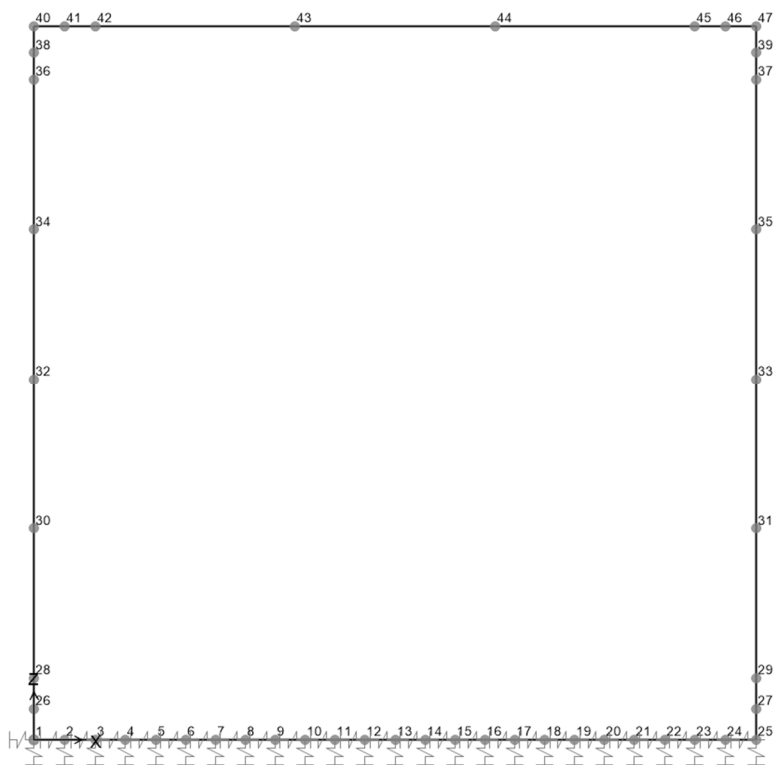
Lotto
11

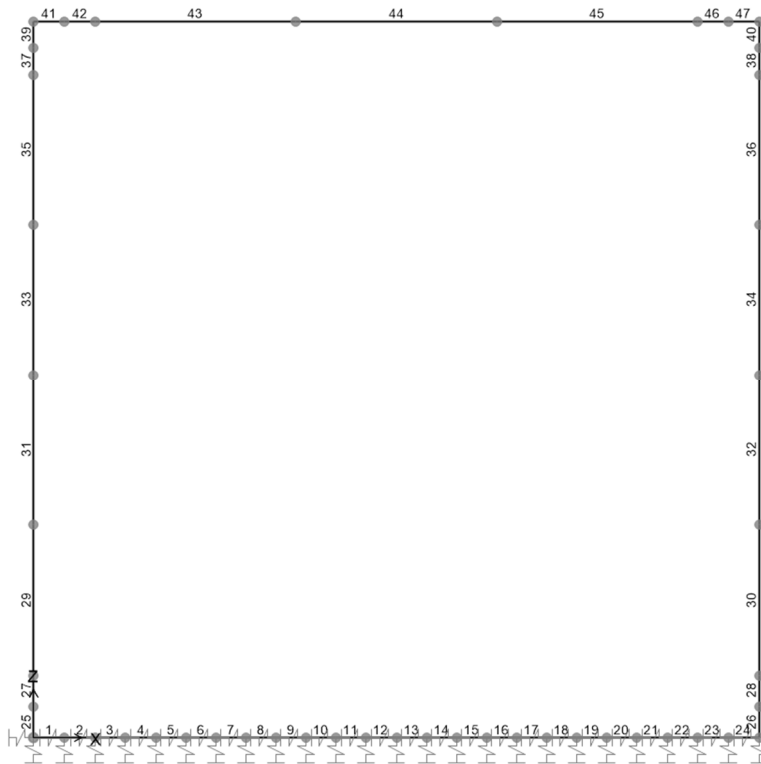
Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

Foglio
22 di 146

Numerazione dei nodi:



Numerazione delle aste:**9. ANALISI DEI CARICHI – SCATOLARE TIPO 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: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- rilevato: $\gamma_{ril} = 20 \text{ kN/m}^3$
- sovrastruttura ferroviaria: $\gamma_{ric} = 24 \text{ kN/m}^3$
- massicciata + armamento: $\gamma_{ballast} = 20 \text{ kN/m}^3$

9.1. Peso proprio strutture (Load1)

- soletta superiore $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.30 \times 25.00 = 7.50 \text{ kN/m}^2$
- piedritti $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.35 \times 25.00 = 8.75 \text{ kN/m}^2$
- soletta inferiore $S_i \times \gamma_{c.a.} = 0.35 \times 25.00 = 8.75 \text{ kN/m}^2$

9.2. Carichi permanenti portati (Load2 e Load3)

Si considera che il ballast abbia uno spessore pari a 80 cm.

Load 2 (sovraccarico ad esclusione del ballast ed armamento):

$$\text{peso sovrastruttura ferroviaria} \quad H_{\text{ric}} \times \gamma_{\text{ric}} = 0.30 \times 24.00 \quad = \mathbf{7.20 \text{ kN/m}^2}$$

Load 3 (sovraccarico dovuto a ballast e armamento):

$$\text{peso ballast + armamento} \quad H_{\text{ballast}} \times \gamma_{\text{ballast}} = 0.80 \times 20.00 \quad = \mathbf{16.00 \text{ kN/m}^2}$$

9.3. Spinta del terreno (Load4 e Load5)

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:

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

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

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

$$k_{0,k} = 0.4264 \quad k_{0,M1} = 0.4264 \quad k_{0,M2} = 0.5113$$

$$k_{a,k} = 0.2710 \quad k_{a,M1} = 0.2710 \quad k_{a,M2} = 0.3434$$

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:

$$P_1 (h_1 = 1.25\text{m}) = k_{0,M1} \times [H_{\text{ballast}} \times \gamma_{\text{ballast}} + (h_1 - H_{\text{ballast}}) \times \gamma_t] = \\ = 0.4264 \times [(0.80 \times 20 + (1.25 - 0.80) \times 20)] = \mathbf{10.66 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 3.28\text{m}) = P_1 + k_{0,M1} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t = \\ = 10.66 + 0.4264 \times (3.28 - 1.25) \times 20 = \mathbf{27.93 \text{ kN/m}^2}$$

Approccio 1 – Combinazione 2

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 1.25\text{m}) = k_{0,M2} \times [H_{\text{ballast}} \times \gamma_{\text{ballast}} + (h_1 - H_{\text{ballast}}) \times \gamma_t] = \\ = 0.5113 \times [(0.80 \times 20 + (1.25 - 0.80) \times 20)] = \mathbf{12.78 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 3.28\text{m}) = P_1 + k_{0,M2} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t =$$

$$= 12.78 + 0.5113 \times (3.28 - 1.25) \times 20 = 33.49 \text{ kN/m}^2$$

9.4. Azioni termiche e ritiro (Load 6 ÷ 9)

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 6 e Load 7), ed un salto termico di 5°C (analizzando i due casi di intradosso più caldo dell'estradosso e viceversa), con andamento lineare nello spessore della soletta superiore (Load 8 e Load 9).

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 $2 \times A/u = 2 \times H = 60 \text{ cm}$, ed un calcestruzzo C32/40 classe N.

Caratteristiche della sezione:

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

$$H = 30 \text{ cm}$$

Deformazione da ritiro:

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

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

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

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

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:

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

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

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:

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

9.5. Carichi mobili verticali sulla soletta superiore (Load 10 e Load 11)

Detta L_d la *larghezza di diffusione del carico trasversale* dalla rotaia alla quota del piano medio della soletta di copertura, assumendo che detta diffusione avvenga con rapporto 4/1 lungo il ballast ed il terrapieno e 1/1 lungo le strutture in c.a., si ottiene, considerando 2.60 m la larghezza della traversina:

$$L_d = 2.60 + 2 \times ((H_r - 0.40)/4 + S_g/2) = 2.60 + 2 \times ((1.10 - 0.40)/4 + 0.30/2) = 3.25 \text{ m} < 4.50 \text{ m (interasse binario)}$$

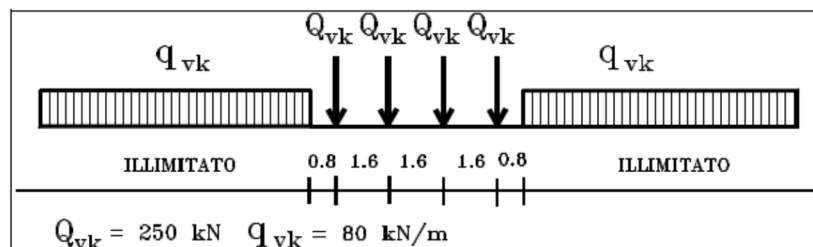
Incremento dinamico per linee con normale standard manutentivo

Poiché lo scatolare ha altezza libera $\leq 5.0\text{m}$ e luce libera $\leq 8.0\text{m}$, vale quanto segue:

$$\phi_3 = 1.35$$

Treno LM71 (Load 10)

Il treno LM71 è schematizzato da quattro assi da 250 kN su una lunghezza di 6.4m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una lunghezza illimitata.



Treno di carico LM71

Si determina la larghezza di diffusione in direzione longitudinale del singolo asse, considerando una larghezza della traversina pari a 0.25m:

$$L_1 = 0.25 + 2 \times ((1.10 - 0.40)/4 + 0.30/2) = 0.90 \text{ m} < 1.60 \text{ m.}$$

Si considera un'unica impronta di carico di lunghezza pari a $L_1 = 0.90 + 3 \times 1.60 = 5.70 \text{ m}$.

Tutti i valori dei carichi suddetti dovranno essere moltiplicati per un coefficiente di adattamento " α ", variabile in ragione della tipologia dell'infrastruttura (ferrovie ordinarie, ferrovie leggere, metropolitane, ecc.).

Modello di carico	Coefficiente " α "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Coefficiente di adattamento " α " in funzione del modello di carico

Il carico equivalente distribuito relativo ai quattro assi vale:

$$q_{\text{equi}} = 250 \times 4 / 5.70 = 175.44 \text{ kN/m}$$

- in corrispondenza dei quattro assi da 250 kN

$$q_1 = \alpha \times q_{\text{equi}} / L_{d1} \times \phi_2 = 1.10 \times 175.44 / 3.25 \times 1.35 = \mathbf{80.16 \text{ kN/m}^2}$$

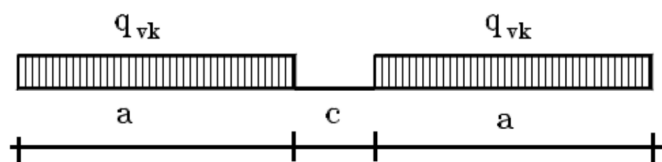
- in corrispondenza del carico $q = 80 \text{ kN/m}$

$$q_2 = \alpha \times q / L_{d1} \times \phi_2 = 1.10 \times 80 / 3.25 \times 1.35 = \mathbf{36.55 \text{ kN/m}^2}.$$

Si considererà un'unica condizione di carico con il mezzo pesante uniformemente distribuito su tutta la luce di calcolo (Load 10).

Treno SW/2 (Load 11)

Viene schematizzato da un carico uniformemente ripartito



Treno di carico SW

Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

L'articolazione del carico è mostrata nella figura sopra riportata e, per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni denominate SW/0 ed SW/2 (l'SW/0 va considerato solo per travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71).

Treno di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

Caratteristiche Treni di Carico SW

Per i manufatti scatolari in oggetto non si prende in considerazione il treno SW/0.

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$q = q_{vk} / L_d \times \phi_2 = 150 / 3.25 \times 1.35 = \mathbf{62.31 \text{ kN/m}^2}$$

Si considera il treno di carico SW/2 applicato su tutta la soletta superiore (Load 11).

9.6. Spinta del sovraccarico sul rilevato (Load 12 - Load 13)

Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni indotte sulla struttura dal sovraccarico su rilevato.

Per quanto riguarda il carico del treno LM71 si ottiene:

Approccio 1 – Combinazione 1

$$p_1 = \alpha \times q / L_d \times k_{0,M1} = 1.10 \times 175.44 / 3.25 \times 0.4264 = \mathbf{25.32 \text{ kN/m}^2}$$

Approccio 1 – Combinazione 2

$$p_1 = \alpha \times q / L_d \times k_{0,M2} = 1.10 \times 175.44 / 3.25 \times 0.5113 = \mathbf{30.36 \text{ kN/m}^2}$$

Per il treno SW/2 si ottiene:

Approccio 1 – Combinazione 1

$$p_2 = q_{vk} / L_{d1} \times k_{0,M1} = 150 / 3.25 \times 0.4264 = \mathbf{19.68 \text{ kN/m}^2}$$

Approccio 1 – Combinazione 2

$$p_2 = q_{vk} / L_{d1} \times k_{0,M2} = 150 / 3.25 \times 0.5113 = \mathbf{23.60 \text{ kN/m}^2}$$

Nel modello di calcolo si considera la spinta congruente al treno di carico verticale considerato. La spinta è applicata sul solo piedritto sinistro per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura.

9.7. Frenatura e avviamento (Load 14 e Load 15)

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario nella direzione longitudinale dello stesso.

I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

$$Q_{la,k} = 33 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ kN} \quad \text{avviamento per modelli di carico LM71, SW/0 e SW/2}$$

$$Q_{lb,k} = 20 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ kN} \quad \text{frenatura per modelli di carico LM71 e SW/0}$$

$$Q_{ib,k} = 35 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \quad \text{frenatura per modello di carico SW/2}$$

Treno LM71 – avviamento (Load 14)

$$Q_{avv,LM71} = 33.0 / L_d = 33.0 / 3.25 = 10.15 \text{ kN/m}^2$$

Tale valore viene incrementato per tenere conto della riduzione di lunghezza della soletta nel modello di calcolo:

$$Q_{avv,LM71} = 10.15 \times (2.40/2.05) = \mathbf{11.89 \text{ kN/m}^2}$$

Treno SW/2 – frenatura (Load 15)

$$Q_{fren,SW/2} = 35.0 / L_d = 35.0 / 3.25 = 10.77 \text{ kN/m}$$

Tale valore viene incrementato per tenere conto della riduzione di lunghezza della soletta nel modello di calcolo:

$$Q_{fren,SW/2} = 10.77 \times (2.40/2.05) = \mathbf{12.61 \text{ kN/m}^2}$$

Nel modello di calcolo si considera l'azione congruente al treno di carico verticale considerato. La spinta è applicata da sinistra verso destra per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura.

9.8. Sovraccarichi accidentali sulla soletta di fondazione

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

9.9. Serpeggio

Poiché l'asse del sottopasso è posto in retto rispetto all'asse ferroviario e poiché la sezione di calcolo è ortogonale all'asse del sottopasso, la forza longitudinale relativa al serpeggio risulta ortogonale al piano del telaio di calcolo: essa non dà perciò effetti nel modello e non viene quindi quantificata.

9.10. Forza centrifuga

L'asse ferroviario in corrispondenza del sottopasso non è in curva e quindi sulla struttura agisce forza centrifuga.

9.11. Azione sismica (Load 16÷25)

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 ΔP 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 16**) viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento h_{tot} :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 3.45 = 19.11 \text{ kN/m}^2.$$

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:

$$\Delta p_{d,incr} = \Delta p_d \times (H_{interna} + S_s + S_i) / (H_{interna} + S_s/2 + S_i) = 19.11 \times 2.18 / 2.03 = \mathbf{20.53 \text{ kN/m}^2}$$

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche orizzontali dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera sulla soletta superiore l'inerzia dovuta alla presenza del rilevato (**Load 17**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.35 \times 0.277 = \mathbf{2.42 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,h} = (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gh} = (25 \times 0.30 + 23.20) \times 0.277 = \mathbf{8.50 \text{ kN/m}^2}$$

Sulla soletta superiore sono presenti alternativamente i treno di carico LM71 e SW/2 dei quali si considera l'inerzia della massa ad essi associata (Load 18 e Load 19).

Considerando inoltre che le N.T.C. assegnano alle masse derivanti dal carico mobile un coefficiente di combinazione $\psi_2 = 0.20$, l'effetto inerziale del treno di carico LM71 (**Load 18**) vale:

$$\Delta p_{LM71,h} = 80.16 \times 0.20 \times 0.277 = 4.44 \text{ kN/m}^2$$

Tale valore viene incrementato per tenere conto della riduzione di lunghezza della soletta nel modello di calcolo:

$$\Delta p_{LM71,h} = 4.44 \times (2.40/2.05) = \mathbf{5.20 \text{ kN/m}^2}$$

Analogamente, l'effetto inerziale del treno di carico SW/2 (**Load 19**) vale:

$$\Delta p_{SW/2,h} = 62.31 \times 0.20 \times 0.277 = 3.45 \text{ kN/m}^2$$

Tale valore viene incrementato per tenere conto della riduzione di lunghezza della soletta nel modello di calcolo:

$$\Delta p_{SW/2,h} = 3.45 \times (2.40/2.05) = 4.04 \text{ kN/m}^2$$

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 20, Load 21**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,v} = \pm \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gv} = \pm 25 \times 0.35 \times 0.155 = \pm 1.36 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,v} = \pm (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gv} = \pm (25 \times 0.35 + 23.20) \times 0.155 = \pm 4.76 \text{ kN/m}^2$$

Sulla soletta superiore sono presenti alternativamente i treno di carico LM71 e SW/2 dei quali si considera l'inerzia della massa ad essi associata (Load 22-25). Le azioni verticali si considerano alternativamente agenti verso l'alto o verso il basso.

L'inerzia del treno LM71 si considera uniformemente distribuito sulla soletta superiore (**Load 22 e Load 23**):

$$\Delta p_{LM71,v} = \pm 80.16 \times 0.20 \times 0.155 = \pm 2.49 \text{ kN/m}^2$$

L'inerzia del treno SW/2 si considera uniformemente distribuito sulla soletta superiore (**Load 24 e Load 25**):

$$\Delta p_{SW/2,v} = \pm 62.31 \times 0.20 \times 0.155 = \pm 1.93 \text{ kN/m}^2$$

9.12. Riepilogo dei carichi sollecitanti

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

Load 1	Soletta superiore	7,50	kN/m ²
	Piedritti	8,75	kN/m ²
	Soletta inferiore	8,75	kN/m ²
Load 2	Sovraccarico permanente	7,2	kN/m ²
Load 3	Ballast	16,00	kN/m ²
Load 4, Load 5 (M1)	P1	10,66	kN/m ²
	P2	27,93	kN/m ²
Load 4, Load 5 (M2)	P1	12,78	kN/m ²
	P2	33,49	kN/m ²
Load 6	T	5	°C
Load 7	T	-15	°C
Load 8	ΔT	16,67	°C/m
Load 9	ΔT	-16,67	°C/m
Load 10	q1	80,16	kN/m ²
Load 11	q	62,31	kN/m ²
Load 12 (M1)	p1	25,32	kN/m ²
Load 12 (M2)	p1	30,36	kN/m ²
Load 13 (M1)	p2	19,68	kN/m ²

<i>Load 13 (M2)</i>	p2	23,60	kN/m ²
<i>Load 14</i>	Q _{avv,LM71}	11,89	kN/m ²
<i>Load 15</i>	Q _{fren,SW/2}	12,61	kN/m ²
<i>Load 16</i>	Δp _{d,inc}	20,53	kN/m ²
<i>Load 17</i>	Δp _{p,h}	2,42	kN/m ²
	Δp _{s,h}	8,50	kN/m ²
<i>Load 18</i>	Δp _{LM71,h}	5,20	kN/m ²
<i>Load 16</i>	Δp _{SW/2,h}	4,04	kN/m ²
<i>Load 20</i>	Δp _{p,v+}	1,36	kN/m ²
	Δp _{s,v+}	4,76	kN/m ²
<i>Load 21</i>	Δp _{p,v-}	-1,36	kN/m ²
	Δp _{s,v-}	-4,76	kN/m ²
<i>Load 22</i>	Δp _{LM71,v+}	2,49	kN/m ²
<i>Load 23</i>	Δp _{LM71,v-}	-2,49	kN/m ²
<i>Load 24</i>	Δp _{SW/2,v+}	1,93	kN/m ²
<i>Load 25</i>	Δp _{SW/2,v-}	-1,93	kN/m ²

10. ANALISI DEI CARICHI – SCATOLARE TIPO 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: $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$
- rilevato: $\gamma_{ril} = 20 \text{ kN/m}^3$
- sovrastruttura ferroviaria: $\gamma_{ric} = 24 \text{ kN/m}^3$
- massicciata + armamento: $\gamma_{ballast} = 20 \text{ kN/m}^3$

10.1. Peso proprio strutture (Load1)

- soletta superiore $S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.30 \times 25.00 = \mathbf{7.50 \text{ kN/m}^2}$
- piedritti $S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.35 \times 25.00 = \mathbf{8.75 \text{ kN/m}^2}$
- soletta inferiore $S_i \times \gamma_{c.a.} = 0.35 \times 25.00 = \mathbf{8.75 \text{ kN/m}^2}$

10.2. Carichi permanenti portati (Load2 e Load3)

Si considera che il ballast abbia uno spessore pari a 80 cm.

Load 2 (sovraccarico ad esclusione del ballast ed armamento):

$$\text{peso sovrastruttura ferroviaria} \quad H_{\text{ric}} \times \gamma_{\text{ric}} = 0.40 \times 24.00 = \mathbf{9.60 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{peso rilevato} \quad H_{\text{ril}} \times \gamma_{\text{ril}} = 3.71 \times 20.00 = \mathbf{74.20 \text{ kN/m}^2}$$

Load 3 (sovraccarico dovuto a ballast e armamento):

$$\text{peso ballast + armamento} \quad H_{\text{ballast}} \times \gamma_{\text{ballast}} = 0.80 \times 20.00 = \mathbf{16.00 \text{ kN/m}^2}$$

10.3. Spinta del terreno (Load4 e Load5)

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:

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

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

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

$$k_{0,k} = 0.4264 \quad k_{0,M1} = 0.4264 \quad k_{0,M2} = 0.5113$$

$$k_{a,k} = 0.2710 \quad k_{a,M1} = 0.2710 \quad k_{a,M2} = 0.3434$$

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:

$$P_1 (h_1 = 5.06\text{m}) = k_{0,M1} \times [H_{\text{ballast}} \times \gamma_{\text{ballast}} + (h_1 - H_{\text{ballast}}) \times \gamma_t] = \\ = 0.4264 \times [(0.80 \times 20 + (5.06 - 0.80) \times 20)] = \mathbf{43.15 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 7.09\text{m}) = P_1 + k_{0,M1} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t = \\ = 43.15 + 0.4264 \times (7.09 - 5.06) \times 20 = \mathbf{60.42 \text{ kN/m}^2}$$

Approccio 1 – Combinazione 2

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 5.06\text{m}) = k_{0,M2} \times [H_{\text{ballast}} \times \gamma_{\text{ballast}} + (h_1 - H_{\text{ballast}}) \times \gamma_t] = \\ = 0.5113 \times [(0.80 \times 20 + (5.06 - 0.80) \times 20)] = \mathbf{51.74 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 7.09\text{m}) = P_1 + k_{0,M2} \times (h_2 - h_1) \times \gamma_t =$$

$$= 51.74 + 0.5113 \times (7.09 - 5.06) \times 20 = \mathbf{72.45 \text{ kN/m}^2}$$

10.4. Azioni termiche e ritiro (Load 6 ÷ 9)

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 6 e Load 7), ed un salto termico di 5°C (analizzando i due casi di intradosso più caldo dell'estradosso e viceversa), con andamento lineare nello spessore della soletta superiore (Load 8 e Load 9).

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 $2 \times A/u = 2 \times H = 60 \text{ cm}$, ed un calcestruzzo C32/40 classe N.

Caratteristiche della sezione:

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

$$H = 30 \text{ cm}$$

Deformazione da ritiro:

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

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

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

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

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:

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

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

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:

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

10.5. Carichi mobili verticali sulla soletta superiore (Load 10 e Load 11)

Detta L_d la *larghezza di diffusione del carico trasversale* dalla rotaia alla quota del piano medio della soletta di copertura, assumendo che detta diffusione avvenga con rapporto 4/1 lungo il ballast ed il terrapieno e 1/1 lungo le strutture in c.a., si ottiene, considerando 2.60 m la larghezza della traversina:

$$L_d = 2.60 + 2 \times ((H_r - 0.40)/4 + S_g/2) = 2.60 + 2 \times ((4.91 - 0.40)/4 + 0.30/2) = 5.155 \text{ m} > 4.50 \text{ m (interasse binario)}$$

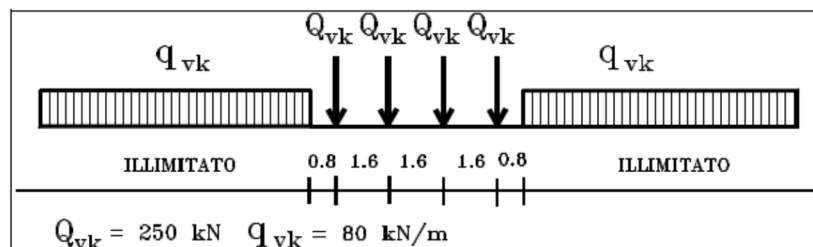
Incremento dinamico per linee con elevato standard manutentivo

Poiché lo scatolare ha altezza libera $\leq 5.0\text{m}$ e luce libera $\leq 8.0\text{m}$, vale quanto segue:

$$\phi_2 = 1.20$$

Treno LM71 (Load 10)

Il treno LM71 è schematizzato da quattro assi da 250 kN su una lunghezza di 6.4m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una lunghezza illimitata.



Treno di carico LM71

Si determina la larghezza di diffusione in direzione longitudinale del singolo asse, considerando una larghezza della traversina pari a 0.25m:

$$L_1 = 0.25 + 2 \times ((4.91 - 0.40)/4 + 0.30/2) = 2.805 \text{ m} > 1.60 \text{ m.}$$

Si considera un'unica impronta di carico di lunghezza pari a $L_1 = 2.805 + 3 \times 1.60 = 7.605 \text{ m}$.

Tutti i valori dei carichi suddetti dovranno essere moltiplicati per un coefficiente di adattamento " α ", variabile in ragione della tipologia dell'infrastruttura (ferrovie ordinarie, ferrovie leggere, metropolitane, ecc.).

Modello di carico	Coefficiente " α "
LM71	1.1
SW/0	1.1
SW/2	1.0

Coefficiente di adattamento " α " in funzione del modello di carico

Il carico equivalente distribuito relativo ai quattro assi vale:

$$q_{\text{equi}} = 250 \times 4 / 7.605 = 131.49 \text{ kN/m}$$

- in corrispondenza dei quattro assi da 250 kN

$$q_1 = \alpha \times q_{\text{equi}} / L_{d1} \times \phi_2 = 1.10 \times 131.49 / 4.50 \times 1.20 = \mathbf{38.57 \text{ kN/m}^2}$$

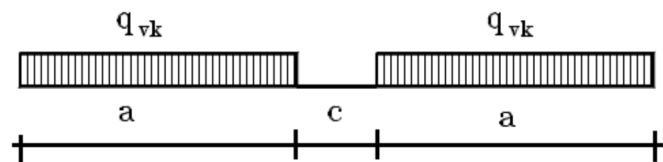
- in corrispondenza del carico $q = 80 \text{ kN/m}$

$$q_2 = \alpha \times q / L_{d1} \times \phi_2 = 1.10 \times 80 / 4.50 \times 1.20 = \mathbf{23.47 \text{ kN/m}^2}$$

Si considererà un'unica condizione di carico con il mezzo pesante uniformemente distribuito su tutta la luce di calcolo (Load 10).

Treno SW/2 (Load 11)

Viene schematizzato da un carico uniformemente ripartito



Treno di carico SW

Tale carico schematizza gli effetti statici prodotti dal traffico ferroviario pesante.

L'articolazione del carico è mostrata nella figura sopra riportata e, per tale modello di carico, sono considerate due distinte configurazioni denominate SW/0 ed SW/2 (l'SW/0 va considerato solo per travi continue qualora più sfavorevole dell'LM71).

Treno di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15.0	5.3
SW/2	150	25.0	7.0

Caratteristiche Treno di Carico SW

Per i manufatti scatolari in oggetto non si prende in considerazione il treno SW/0.

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$q = q_{vk} / L_d \times \phi_2 = 150 / 4.50 \times 1.20 = \mathbf{40.00 \text{ kN/m}^2}$$

Si considera il treno di carico SW/2 applicato su tutta la soletta superiore (Load 11).

10.6. Spinta del sovraccarico sul rilevato (Load 12 - Load 13)

Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni indotte sulla struttura dal sovraccarico su rilevato.

Per quanto riguarda il carico del treno LM71 si ottiene:

Approccio 1 – Combinazione 1

$$p_1 = \alpha \times q / L_d \times k_{0,M1} = 1.10 \times 131.49 / 4.50 \times 0.4264 = \mathbf{13.71 \text{ kN/m}^2}$$

Approccio 1 – Combinazione 2

$$p_1 = \alpha \times q / L_d \times k_{0,M2} = 1.10 \times 131.49 / 4.50 \times 0.5113 = \mathbf{16.43 \text{ kN/m}^2}$$

Per il treno SW/2 si ottiene:

Approccio 1 – Combinazione 1

$$p_2 = q_{vk} / L_{d1} \times k_{0,M1} = 150 / 4.50 \times 0.4264 = 14.21 \text{ kN/m}^2$$

Approccio 1 – Combinazione 2

$$p_2 = q_{vk} / L_{d1} \times k_{0,M2} = 150 / 4.50 \times 0.5113 = 17.04 \text{ kN/m}^2$$

Nel modello di calcolo si considera la spinta congruente al treno di carico verticale considerato. La spinta è applicata sul solo piedritto sinistro per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura.

10.7. Frenatura e avviamento (Load 14 e Load 15)

Le forze di frenatura e di avviamento agiscono sulla sommità del binario nella direzione longitudinale dello stesso.

I valori caratteristici da considerare sono i seguenti:

$$Q_{la,k} = 33 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 1000 \text{ kN} \quad \text{avviamento per modelli di carico LM71, SW/0 e SW/2}$$

$$Q_{lb,k} = 20 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \leq 6000 \text{ kN} \quad \text{frenatura per modelli di carico LM71 e SW/0}$$

$$Q_{lb,k} = 35 \text{ [kN/m]} \times L \text{ [m]} \quad \text{frenatura per modello di carico SW/2}$$

Treno LM71 – avviamento (Load 14)

$$Q_{avv,LM71} = 33.0 / L_d = 33.0 / 4.50 = 7.33 \text{ kN/m}^2$$

Tale valore viene incrementato per tenere conto della riduzione di lunghezza della soletta nel modello di calcolo:

$$Q_{avv,LM71} = 7.33 \times (2.40/2.05) = 8.59 \text{ kN/m}^2$$

Treno SW/2 – frenatura (Load 15)

$$Q_{fren,SW/2} = 35.0 / L_d = 35.0 / 4.50 = 7.78 \text{ kN/m}$$

Tale valore viene incrementato per tenere conto della riduzione di lunghezza della soletta nel modello di calcolo:

$$Q_{fren,SW/2} = 7.78 \times (2.40/2.05) = 9.11 \text{ kN/m}^2$$

Nel modello di calcolo si considera l'azione congruente al treno di carico verticale considerato. La spinta è applicata da sinistra verso destra per massimizzare gli effetti di sbilanciamento della struttura.

10.8. Sovraccarichi accidentali sulla soletta di fondazione

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

10.9. Serpeggio

Poiché l'asse del sottopasso è posto in retto rispetto all'asse ferroviario e poiché la sezione di calcolo è ortogonale all'asse del sottopasso, la forza longitudinale relativa al serpeggio risulta ortogonale al piano del telaio di calcolo: essa non dà perciò effetti nel modello e non viene quindi quantificata.

10.10. Forza centrifuga

L'asse ferroviario in corrispondenza del sottopasso non è in curva e quindi sulla struttura agisce forza centrifuga.

10.11. Azione sismica (Load 16÷25)

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 ΔP 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 16**) viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento h_{tot} :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 7.26 = 40.22 \text{ kN/m}^2.$$

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:

$$\Delta p_{d,incr} = \Delta p_d \times (H_{interna} + S_s + S_i) / (H_{interna} + S_s/2 + S_i) = 40.22 \times 2.18 / 2.03 = 43.20 \text{ kN/m}^2$$

Ai fini del calcolo delle azioni sismiche orizzontali dovute all'inerzia degli elementi strutturali si considera sulla soletta superiore l'inerzia dovuta alla presenza del rilevato (**Load 17**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.35 \times 0.277 = 2.42 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,h} = (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gh} = (25 \times 0.30 + 99.80) \times 0.277 = 29.72 \text{ kN/m}^2$$

Sulla soletta superiore sono presenti alternativamente i treno di carico LM71 e SW/2 dei quali si considera l'inerzia della massa ad essi associata (**Load 18** e **Load 19**).

Considerando inoltre che le N.T.C. assegnano alle masse derivanti dal carico mobile un coefficiente di combinazione $\psi_2 = 0.20$, l'effetto inerziale del treno di carico LM71 (**Load 18**) vale:

$$\Delta p_{LM71,h} = 38.57 \times 0.20 \times 0.277 = 2.14 \text{ kN/m}^2$$

Tale valore viene incrementato per tenere conto della riduzione di lunghezza della soletta nel modello di calcolo:

$$\Delta p_{LM71,h} = 2.14 \times (2.40/2.05) = 2.50 \text{ kN/m}^2$$

Analogamente, l'effetto inerziale del treno di carico SW/2 (**Load 19**) vale:

$$\Delta p_{SW/2,h} = 40.00 \times 0.20 \times 0.277 = 2.22 \text{ kN/m}^2$$

Tale valore viene incrementato per tenere conto della riduzione di lunghezza della soletta nel modello di calcolo:

$$\Delta p_{SW/2,h} = 2.22 \times (2.40/2.05) = 2.59 \text{ kN/m}^2$$

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 20, Load 21**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,v} = \pm \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gv} = \pm 25 \times 0.35 \times 0.155 = \pm 1.36 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,v} = \pm (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gv} = \pm (25 \times 0.35 + 99.80) \times 0.155 = \pm 16.63 \text{ kN/m}^2$$

Sulla soletta superiore sono presenti alternativamente i treno di carico LM71 e SW/2 dei quali si considera l'inerzia della massa ad essi associata (Load 22-25). Le azioni verticali si considerano alternativamente agenti verso l'alto o verso il basso.

L'inerzia del treno LM71 si considera uniformemente distribuito sulla soletta superiore (**Load 22 e Load 23**):

$$\Delta p_{LM71,v} = \pm 38.57 \times 0.20 \times 0.155 = \pm 1.20 \text{ kN/m}^2$$

L'inerzia del treno SW/2 si considera uniformemente distribuito sulla soletta superiore (**Load 24 e Load 25**):

$$\Delta p_{SW/2,v} = \pm 40.00 \times 0.20 \times 0.155 = \pm 1.24 \text{ kN/m}^2$$

10.12. Riepilogo dei carichi sollecitanti

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

Load 1	Soletta superiore	7,50	kN/m ²
	Piedritti	8,75	kN/m ²
	Soletta inferiore	8,75	kN/m ²
Load 2	Sovraccarico permanente	83,8	kN/m ²
Load 3	Ballast	16,00	kN/m ²
Load 4, Load 5 (M1)	P1	43,15	kN/m ²
	P2	60,42	kN/m ²
Load 4, Load 5 (M2)	P1	51,74	kN/m ²
	P2	72,45	kN/m ²
Load 6	T	5	°C
Load 7	T	-15	°C
Load 8	ΔT	16,67	°C/m
Load 9	ΔT	-16,67	°C/m
Load 10	q1	38,57	kN/m ²
Load 11	q	40,00	kN/m ²
Load 12 (M1)	p1	13,71	kN/m ²
Load 12 (M2)	p1	16,43	kN/m ²
Load 13 (M1)	p2	14,21	kN/m ²

<i>Load 13 (M2)</i>	p2	17,04	kN/m ²
<i>Load 14</i>	Q _{avv,LM71}	8,59	kN/m ²
<i>Load 15</i>	Q _{fren,SW/2}	9,11	kN/m ²
<i>Load 16</i>	Δp _{d,inc}	43,20	kN/m ²
<i>Load 17</i>	Δp _{p,h}	2,42	kN/m ²
	Δp _{s,h}	29,72	kN/m ²
<i>Load 18</i>	Δp _{LM71,h}	2,50	kN/m ²
<i>Load 16</i>	Δp _{SW/2,h}	2,59	kN/m ²
<i>Load 20</i>	Δp _{p,v+}	1,36	kN/m ²
	Δp _{s,v+}	16,63	kN/m ²
<i>Load 21</i>	Δp _{p,v-}	-1,36	kN/m ²
	Δp _{s,v-}	-16,63	kN/m ²
<i>Load 22</i>	Δp _{LM71,v+}	1,20	kN/m ²
<i>Load 23</i>	Δp _{LM71,v-}	-1,20	kN/m ²
<i>Load 24</i>	Δp _{SW/2,v+}	1,24	kN/m ²
<i>Load 25</i>	Δp _{SW/2,v-}	-1,24	kN/m ²

11. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati in Tab. 5.2.IV (NTC).

	Azioni verticali	Frenatura e avviamento	
Gruppo 1	1	0.50	Rara e frequente
Gruppo 3	1(0,5)	1.00	Rara e frequente
Gruppo 4	0.80	0.80	Fessurazione

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.2.V e i coefficienti di combinazione Ψ in Tab. 5.2.VI (NTC).

Per le verifiche agli stati limite d'esercizio si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 5.2.VI (NTC).

11.1. Condizioni e combinazioni di carico adottate

Le condizioni elementari di carico considerate sono di seguito riassunte:

Load	Tipo	Carico
1	Ggk	Peso proprio della struttura
2	Gk	Peso rilevato
3	Gk	Peso ballast
4	Gk	Spinta terre da sinistra



Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001Rev.
AFoglio
40 di 146

Load	Tipo	Carico
5	Gk	Spinta terre da destra
6	Qk	Carico termico positivo uniforme
7	Qk	Carico termico negativo uniforme
8	Qk	Carico termico variabile +/-
9	Qk	Carico termico variabile -/+
10	Qk	Carico LM71 centrale
11	Qk	Carico SW/2
12	Qk	Spinta LM71 su piedritto sx
13	Qk	Spinta SW/2 su piedritto sx
14	Qk	Avviamento LM71
15	Qk	Frenatura SW/2
16	Qk	Incremento dinamico terreno
17	Qk	Azioni sismiche inerziali orizzontali da permanenti
18	Qk	Azioni sismiche inerziali orizzontali da LM71
19	Qk	Azioni sismiche inerziali orizzontali da SW/2
20	Qk	Azioni sismiche inerziali verso alto da permanenti
21	Qk	Azioni sismiche inerziali verso basso da permanenti
22	Qk	Azioni sismiche inerziali verso alto da LM71
23	Qk	Azioni sismiche inerziali verso basso da LM71
24	Qk	Azioni sismiche inerziali verso alto da SW/2
25	Qk	Azioni sismiche inerziali verso basso da SW/2

I carichi caratteristici sopra elencati, al fine di ottenere le sollecitazioni di progetto per effettuare le successive verifiche, sono opportunamente combinati fra loro.

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.

11.1.1. Combinazioni SLU di tipo STR

n° CC	P.P	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	LM71	SW/2	Spinta LM71	Spinta SW/2	LM71 avviamento	SW/2 frenatura
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1		1,35	1,35	1,5	1,35	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0
2	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0
3	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0,58	0
4	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0,58	0	0	1,45	0
5	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,16	0	0	1,45	0
6	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0
7	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0,58	0
8	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0,58	0	0,58	1,45	0
9	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,16	0	1,16	1,45	0
10	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0	1,45	0	0	0
11	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0	1,45	0	0	0,58
12	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0	0,58	0	0	1,45
13	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0	1,16	0	0	1,45
14	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0	1,45	0	1,45	0
15	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0	1,45	0	1,45	0,58

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001Rev.
AFoglio
41 di 146

n° CC	P.P	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	LM71	SW/2	Spinta LM71	Spinta SW/2	LM71 avviamento	SW/2 frenatura	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0	0,58	0	0,58	0	1,45
17	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0	1,16	0	1,16	0	1,45
18		1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0
19	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	0	0	0	0
20	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	0	0	0,58	0
21	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0,58	0	0	0	1,45	0
22	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,16	0	0	0	1,45	0
23	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0	0
24	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0,58	0
25	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0,58	0	0,58	0	1,45	0
26	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,16	0	1,16	0	1,45	0
27	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0	1,45	0	0	0	0
28	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0	1,45	0	0	0	0,58
29	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0	0,58	0	0	0	1,45
30	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0	1,16	0	0	0	1,45
31	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0	1,45	0	1,45	0	0
32	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0	1,45	0	1,45	0	0,58
33	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0	0,58	0	0,58	0	1,45
34	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	0	1,16	0	1,16	0	1,45
35		1,35	1,35	1,5	1	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0
36	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0	0
37	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0,58	0
38	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0,58	0	0	0	1,45	0
39	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	1,16	0	0	0	1,45	0
40	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0	0
41	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0,58	0
42	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0,58	0	0,58	0	1,45	0
43	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	1,16	0	1,16	0	1,45	0
44	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0	1,45	0	0	0	0
45	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0	1,45	0	0	0	0,58
46	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0	0,58	0	0	0	1,45
47	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0	1,16	0	0	0	1,45
48	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0	1,45	0	1,45	0	0
49	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0	1,45	0	1,45	0	0,58
50	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0	0,58	0	0,58	0	1,45
51	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	0	1,16	0	1,16	0	1,45
52		1,35	1,35	1,5	1	1	0	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0
53	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	0	0	0	0
54	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	0	0	0,58	0
55	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0,58	0	0	0	1,45	0
56	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	1,16	0	0	0	1,45	0
57	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0	0
58	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0,58	0
59	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0,58	0	0,58	0	1,45	0
60	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	1,16	0	1,16	0	1,45	0
61	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0	1,45	0	0	0	0
62	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0	1,45	0	0	0	0,58
63	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0	0,58	0	0	0	1,45
64	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0	1,16	0	0	0	1,45
65	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0	1,45	0	1,45	0	0
66	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0	1,45	0	1,45	0	0,58
67	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0	0,58	0	0,58	0	1,45
68	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	0	1,16	0	1,16	0	1,45
69		1,35	1,35	1,5	1,35	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
70	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	1,45	0	0	0	0	0	0
71	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	1,45	0	0	0	0	0,58	0
72	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0,58	0	0	0	0	1,45	0
73	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	1,16	0	0	0	0	1,45	0
74	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	1,45	0	1,45	0	0	0	0
75	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	1,45	0	1,45	0	0,58	0	0
76	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0,58	0	0,58	0	1,45	0	0
77	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	1,16	0	1,16	0	1,45	0	0
78	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0	0
79	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0	0,58
80	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	0,58	0	0	0	0	1,45
81	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,16	0	0	0	0	1,45

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001Rev.
AFoglio
42 di 146

n° CC	P.P	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	LM71	SW/2	Spinta LM71	Spinta SW/2	LM71 avviamento	SW/2 frenatura	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
82	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0
83	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0,58
84	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0	0,9	0	0,58	0	0,58	0	1,45
85	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0,9	0	0	0,9	0	1,16	0	1,16	0	1,45
86		1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0
87	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	0	0	0	0
88	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	0	0	0,58	0
89	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	0,58	0	0	0	1,45	0
90	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,16	0	0	0	1,45	0
91	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	1,45	0	0	0
92	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	1,45	0	0,58	0
93	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	0,58	0	0,58	0	1,45	0
94	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,16	0	1,16	0	1,45	0
95	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0
96	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	0	0	0	0,58
97	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	0	0,58	0	0	0	1,45
98	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	0	1,16	0	0	0	1,45
99	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0
100	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0,58
101	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	0	0,58	0	0,58	0	1,45
102	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	0	1,16	0	1,16	0	1,45
103		1,35	1,35	1,5	1	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0
104	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	1,45	0	0	0	0	0
105	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	1,45	0	0	0	0,58	0
106	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0,58	0	0	0	1,45	0
107	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	1,16	0	0	0	1,45	0
108	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	1,45	0	1,45	0	0	0
109	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	1,45	0	1,45	0	0,58	0
110	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0,58	0	0,58	0	1,45	0
111	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	1,16	0	1,16	0	1,45	0
112	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0
113	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0,58
114	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0	0,58	0	0	0	1,45
115	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0	1,16	0	0	0	1,45
116	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0
117	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0,58
118	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0	0,58	0	0,58	0	1,45
119	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	0	1,16	0	1,16	0	1,45
120		1,35	1,35	1,5	1	1	0	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0
121	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	0	0	0	0
122	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	0	0	0,58	0
123	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0,58	0	0	0	1,45	0
124	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	1,16	0	0	0	1,45	0
125	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	1,45	0	0	0
126	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	1,45	0	0,58	0
127	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0,58	0	0,58	0	1,45	0
128	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	1,16	0	1,16	0	1,45	0
129	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0
130	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0,58
131	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0	0,58	0	0	0	1,45
132	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0	1,16	0	0	0	1,45
133	GR1-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0
134	GR1-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0	1,45	0	1,45	0	0,58
135	GR3-1	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0	0,58	0	0,58	0	1,45
136	GR3-2	1,35	1,35	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	0	1,16	0	1,16	0	1,45

11.1.2. Combinazioni SLU di tipo GEO

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001Rev.
AFoglio
43 di 146

n° CC	P.P	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	LM71 centro	LM71 terra	LM71 avviamento	SW/2	SW/2 terra	SW/2 frenatura
1		1	1,3	1	1	1,3	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0
2	GR1-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	1,25	0	0	0	0	0
3	GR1-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	1,25	0	0,5	0	0	0
4	GR3-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0,5	0	1,25	0	0	0
5	GR3-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	1	0	1,25	0	0	0
6	GR1-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	1,25	1,25	0	0	0	0
7	GR1-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	1,25	1,25	0,5	0	0	0
8	GR3-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0,5	0,5	1,25	0	0	0
9	GR3-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	1	1	1,25	0	0	0
10	GR1-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0	0	0	1,25	0	0
11	GR1-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0	0	0	1,25	0	0,5
12	GR3-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0	0	0	0,5	0	1,25
13	GR3-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0	0	0	1	0	1,25
14	GR1-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0	0	0	1,25	1,25	0
15	GR1-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0	0	0	1,25	1,25	0,5
16	GR3-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0	0	0	0,5	0,5	1,25
17	GR3-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0,78	0	0	0	0	1	1	1,25
18		1	1,3	1	1	0	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0	0
19	GR1-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	1,25	0	0	0	0	0
20	GR1-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	1,25	0	0,5	0	0	0
21	GR3-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0,5	0	1,25	0	0	0
22	GR3-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	1	0	1,25	0	0	0
23	GR1-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	1,25	1,25	0	0	0	0
24	GR1-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	1,25	1,25	0,5	0	0	0
25	GR3-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0,5	0,5	1,25	0	0	0
26	GR3-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	1	1	1,25	0	0	0
27	GR1-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0	0	0	1,25	0	0
28	GR1-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0	0	0	1,25	0	0,5
29	GR3-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0	0	0	0,5	0	1,25
30	GR3-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0	0	0	1	0	1,25
31	GR1-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0	0	0	1,25	1,25	0
32	GR1-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0	0	0	1,25	1,25	0,5
33	GR3-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0	0	0	0,5	0,5	1,25
34	GR3-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0,78	0	0	0	0	1	1	1,25
35		1	1,3	1	1	1,3	0	0	1,3	0	0	0	0	0	0
36	GR1-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	1,25	0	0	0	0	0
37	GR1-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	1,25	0	0,5	0	0	0
38	GR3-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0,5	0	1,25	0	0	0
39	GR3-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	1	0	1,25	0	0	0
40	GR1-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	1,25	1,25	0	0	0	0
41	GR1-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	1,25	1,25	0,5	0	0	0
42	GR3-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0,5	0,5	1,25	0	0	0
43	GR3-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	1	1	1,25	0	0	0
44	GR1-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0	0	0	1,25	0	0
45	GR1-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0	0	0	1,25	0	0,5
46	GR3-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0	0	0	0,5	0	1,25
47	GR3-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0	0	0	1	0	1,25
48	GR1-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0	0	0	1,25	1,25	0
49	GR1-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0	0	0	1,25	1,25	0,5
50	GR3-1	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0	0	0	0,5	0,5	1,25
51	GR3-2	1	1,3	1	1	0,78	0	0	0,78	0	0	0	1	1	1,25
52		1	1,3	1	1	0	1,3	0	1,3	0	0	0	0	0	0
53	GR1-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	1,25	0	0	0	0	0
54	GR1-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	1,25	0	0,5	0	0	0
55	GR3-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0,5	0	1,25	0	0	0
56	GR3-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	1	0	1,25	0	0	0
57	GR1-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	1,25	1,25	0	0	0	0
58	GR1-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	1,25	1,25	0,5	0	0	0
59	GR3-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0,5	0,5	1,25	0	0	0
60	GR3-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	1	1	1,25	0	0	0
61	GR1-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0	0	0	1,25	0	0
62	GR1-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0	0	0	1,25	0	0,5
63	GR3-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0	0	0	0,5	0	1,25
64	GR3-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0	0	0	1	0	1,25
65	GR1-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0	0	0	1,25	1,25	0
66	GR1-2	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0	0	0	1,25	1,25	0,5
67	GR3-1	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0	0	0	0,5	0,5	1,25



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

Foglio
44 di 146

n° CC	P.P	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	LM71 centro	LM71 terra	LM71 avviamento	SW/2	SW/2 terra	SW/2 frenatura	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
68	GR3-2	1	1	1,3	1	1	0	0,78	0	0,78	0	0	0	1	1	1,25

11.1.3. Combinazioni SLV

n° CC	P.P	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	LM71 centro	SW/2	LM71 terra	SW/2 terra	LM71 avviamento	SW/2 frenatura	Incremento dinamico terreno	Azioni sismiche orizzontali	Sisma orizz da massa LM71	Sisma orizz da massa SW2	Azioni sismiche verticali verso l'alto	Azioni sismiche verticali verso il basso	Sisma verso alto da LM71	Sisma verso basso da LM71	Sisma verso alto da SW2	Sisma verso basso da SW2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	1	1	0,3								
2	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1	1	0,3					0,3			
3	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1	1	1						0,3	
4	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3			1						0,3
5	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,3	0,3	0,3		1		1			
6	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,3	0,3		0,3	1				1	
7	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	1	1				0,3				
8	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	1	1	1			0,3		0,3		
9	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1	1		1		0,3		0,3		0,3
10	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3				0,3				0,3
11	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,3	0,3	0,3			1		1		
12	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,3	0,3		0,3		1				1
13	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	1	1			0,3					1
14	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	1	1	1		0,3		0,3			
15	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1	1		1		0,3			0,3	
16	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3			1					
17	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,3	0,3	0,3		1		1			
18	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,3	0,3		0,3	1				1	
19	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	1	1				0,3				
20	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	1	1	1			0,3		0,3		
21	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1	1		1		0,3				0,3
22	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3			1			1		
23	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,3	0,3	0,3			1		1		
24	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,3	0,3		0,3		1				1
25	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	1	1			0,3					
26	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0,2	0	0,2	0	0,2	0	1	1	1		0,3					
27	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1	1		1		0,3			0,3	
28	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3			1					
29	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,3	0,3	0,3		1		1			
30	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,3	0,3		0,3	1			1		
31	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	1	1				0,3				1
32	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0,2	0	0,2	0	0,2	0	1	1	1			0,3		0,3		
33	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1	1		1		0,3				0,3
34	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3			1					0,3
35	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,3	0,3	0,3		1		1			
36	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,3	0,3		0,3		1				1
37	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	1	1			0,3					
38	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0,2	0	0,2	0	0,2	0	1	1	1		0,3		0,3			
39	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1	1		1		0,3			0,3	
40	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3			1					
41	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,3	0,3	0,3		1		1			
42	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,3	0,3		0,3		1			1	
43	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	1	1				0,3				
44	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0,2	0	0,2	0	0,2	0	1	1	1			0,3		0,3		
45	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	1	1		1		0,3		0,3		0,3

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001Rev.
AFoglio
45 di 146

n° CC	P.P	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	LM71 centro	SW/2	LM71 terra	SW/2 terra	LM71 avviamento	SW/2 frenatura	Incremento dinamico terreno	Azioni sismiche orizzontali	Sisma orizz da massa LM71	Sisma orizz da massa SW2	Azioni sismiche verticali verso l'alto	Azioni sismiche verticali verso il basso	Sisma verso alto da LM71	Sisma verso basso da LM71	Sisma verso alto da SW2	Sisma verso basso da SW2
46	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,3	0,3				1				
47	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0,2	0	0,2	0	0,2	0	0,3	0,3	0,3			1		1		
48	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0,2	0	0,2	0,3	0,3		0,3		1				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.

11.1.4. Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Caratteristica

n° CC	P.P	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	LM71 centro	SW/2	LM71 terra	SW/2 terra	LM71 avviamento	SW/2 frenatura
QP1	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0						
QP2	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0						
QP3	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5						
QP4	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5						
Car1	gr1	1	1	1	1	0,6	0	0,6		1	0	0	0	0,5	0
Car2	gr1	1	1	1	1	0,6	0	0,6		1	0	0	0	0	0
Car3	gr1	1	1	1	1	0,6	0	0,6		1	0	1	0	0,5	0
Car4	gr1	1	1	1	1	0,6	0	0,6		1	0	1	0	0	0
Car5	gr1	1	1	1	1	0	0,6	0,6		1	0	0	0	0,5	0
Car6	gr1	1	1	1	1	0	0,6	0,6		1	0	0	0	0	0
Car7	gr1	1	1	1	1	0	0,6	0,6		1	0	1	0	0,5	0
Car8	gr1	1	1	1	1	0	0,6	0,6		1	0	1	0	0	0
Car9	gr3	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0,5	0	0	0	1	0
Car10	gr3	1	1	1	1	0,6	0	0,6		1	0	0	0	1	0
Car11	gr3	1	1	1	1	0,6	0	0,6		1	0	1	0	1	0
Car12	gr3	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0,5	0	0,5	0	1	0
Car13	gr3	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0,5	0	0	0	1	0
Car14	gr3	1	1	1	1	0	0,6	0,6		1	0	0	0	1	0
Car15	gr3	1	1	1	1	0	0,6	0,6		1	0	1	0	1	0
Car16	gr3	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0,5	0	0,5	0	1	0
Car17	gr1	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0	1	0	0	0	0,5
Car18	gr1	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0	1	0	0	0	0
Car19	gr1	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0	1	0	1	0	0,5
Car20	gr1	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0	1	0	1	0	0
Car21	gr1	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0	1	0	0	0	0,5
Car22	gr1	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0	1	0	0	0	0
Car23	gr1	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0	1	0	1	0	0,5
Car24	gr1	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0	1	0	1	0	0
Car25	gr3	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0	0,5	0	0	0	1
Car26	gr3	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0	1	0	0	0	1
Car27	gr3	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0	1	0	0	0	1
Car28	gr3	1	1	1	1	0,6	0	0,6		0	0,5	0	0,5	0	1
Car29	gr3	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0	0,5	0	0	0	1
Car30	gr3	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0	1	0	0	0	1
Car31	gr3	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0	1	0	0	0	1
Car32	gr3	1	1	1	1	0	0,6	0,6		0	0,5	0	0,5	0	1
Car33		1	1	1	1	1	0	1		0	0	0	0	0	0
Car34		1	1	1	1	1	0	1		0	0	0	0	0	0
Car35	gr1	1	1	1	1	0,6	0		0,6	1	0	0	0	0,5	0
Car36	gr1	1	1	1	1	0,6	0		0,6	1	0	0	0	0	0

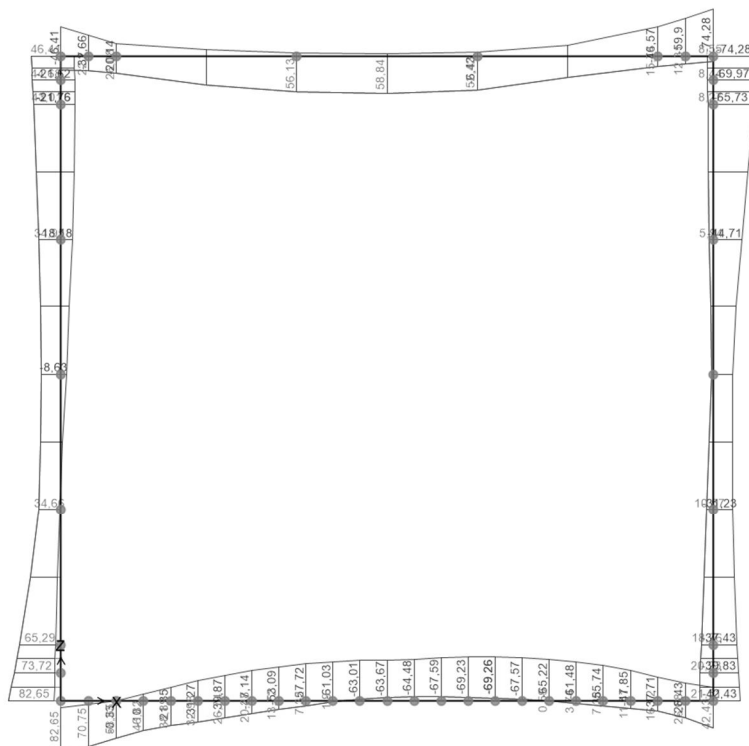
Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001Rev.
AFoglio
46 di 146

n° CC	P.P	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif	DT +	DT -	LM71 centro	SW/2	LM71 terra	SW/2 terra	LM71 avviamento	SW/2 frenatura
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Car37	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	1	0	1	0	0,5	0
Car38	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	1	0	1	0	0	0
Car39	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	1	0	0	0	0,5	0
Car40	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	1	0	0	0	0	0
Car41	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	1	0	1	0	0,5	0
Car42	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	1	0	1	0	0	0
Car43	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0,5	0	0	0	1	0
Car44	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	1	0	0	0	1	0
Car45	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	1	0	1	0	1	0
Car46	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0,5	0	0,5	0	1	0
Car47	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0,5	0	0	0	1	0
Car48	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	1	0	0	0	1	0
Car49	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	1	0	1	0	1	0
Car50	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0,5	0	0,5	0	1	0
Car51	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	0	0	0,5
Car52	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	0	0	0
Car53	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	1	0	0,5
Car54	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	1	0	0
Car55	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	0	0	0,5
Car56	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	0	0	0
Car57	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	1	0	0,5
Car58	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	1	0	0
Car59	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	0,5	0	0	0	1
Car60	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	0	0	1
Car61	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	1	0	1
Car62	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	0,5	0	0,5	0	1
Car63	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	0,5	0	0	0	1
Car64	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	0	0	1
Car65	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	1	0	1
Car66	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	0,5	0	0,5	0	1
Car67		1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Car68		1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0

11.2. Diagrammi di involucro – scatolare tipo 1

11.2.1. Involuppo momento flettente SLU/SLV – STR



Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

11.2.2. Involuppo taglio SLU/SLV – STR

Doc. N.

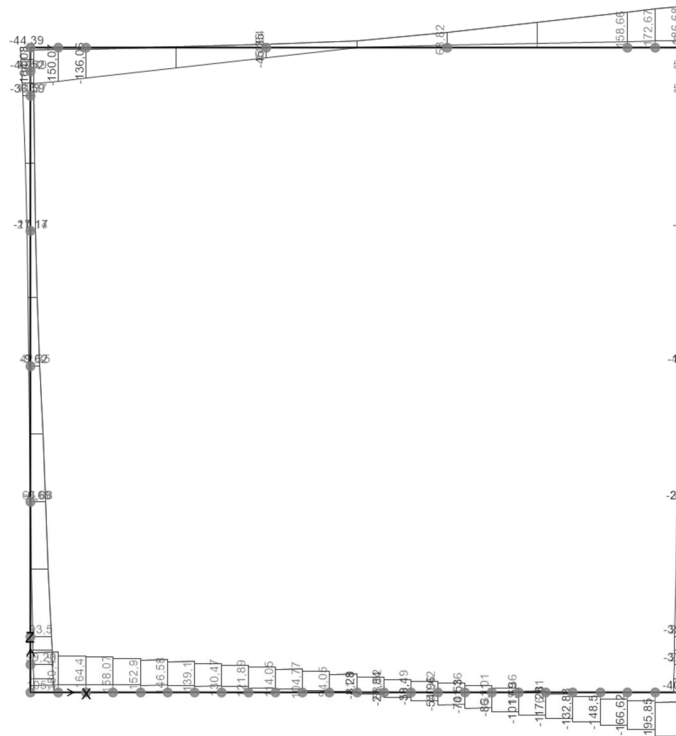
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

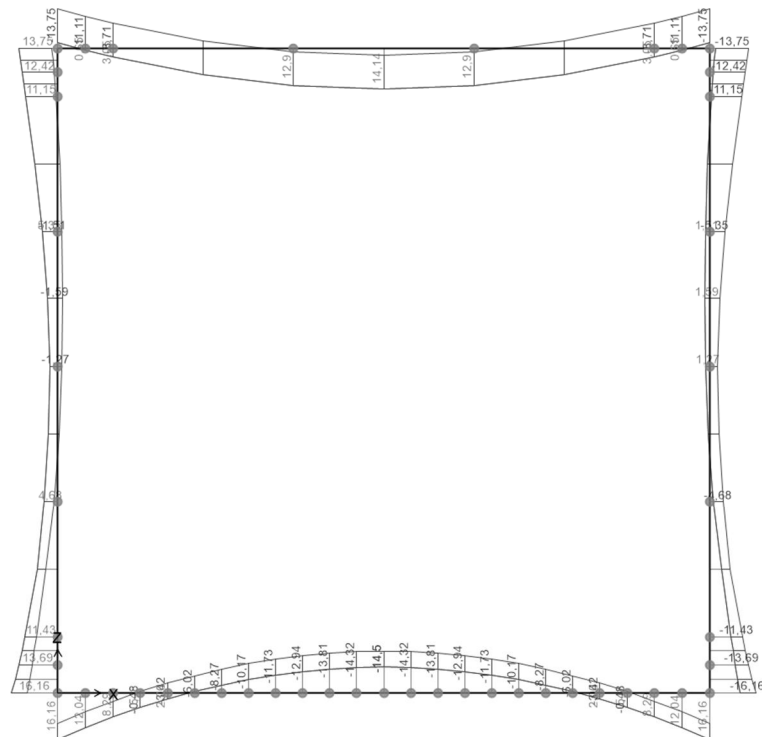
Foglio
48 di 146



Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

11.2.3. Involuppo momento flettente SLE – Quasi Permanente

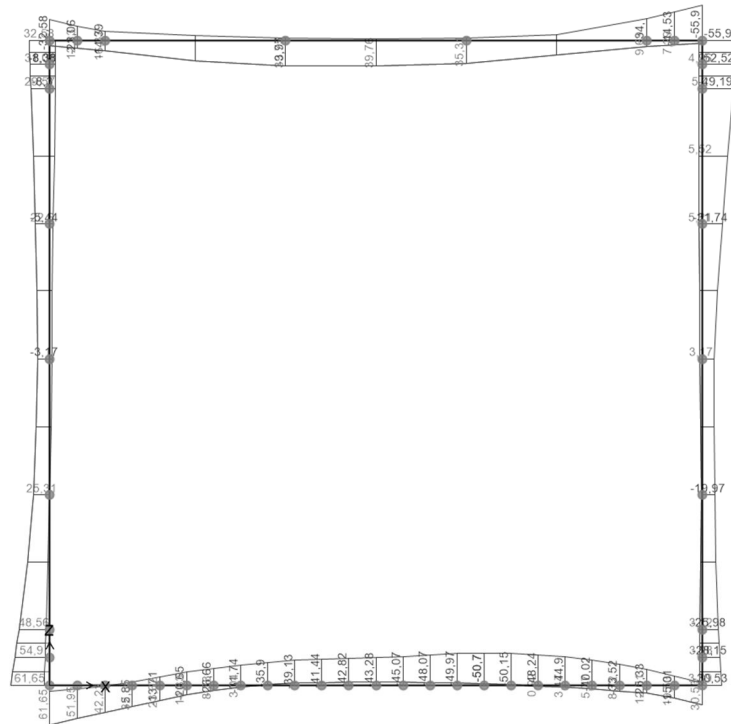


Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

11.2.4. Involuppo momento flettente SLE – Caratteristico

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 11	Codifica Documento E E2 CL RI00 04 001	Rev. A	Foglio 49 di 146
---------	------------------	-------------	---	-----------	---------------------

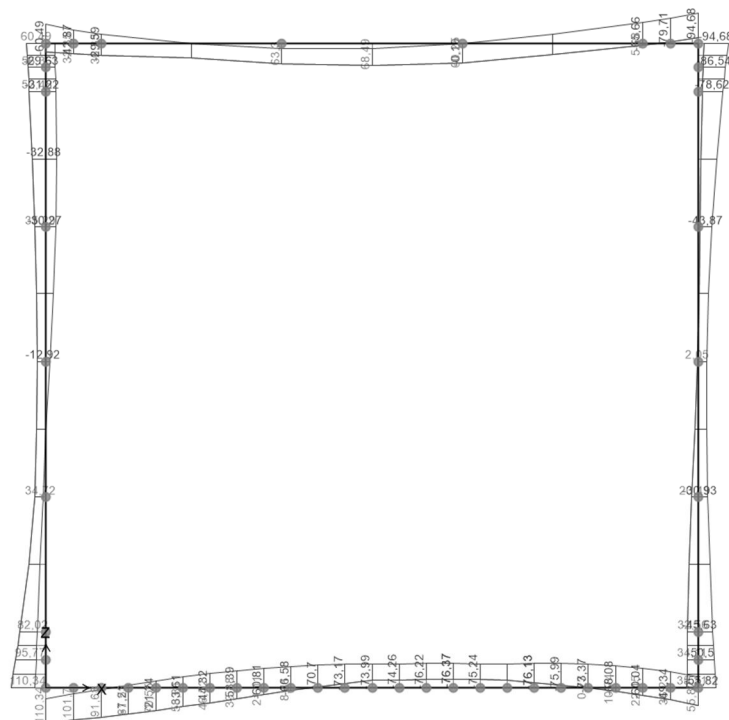


Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

11.3. Diagrammi di involucro – scatolare tipo 2

11.3.1. Involuppo momento flettente SLU/SLV – STR



Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

11.3.2. Involuppo taglio SLU/SLV – STR

Doc. N.

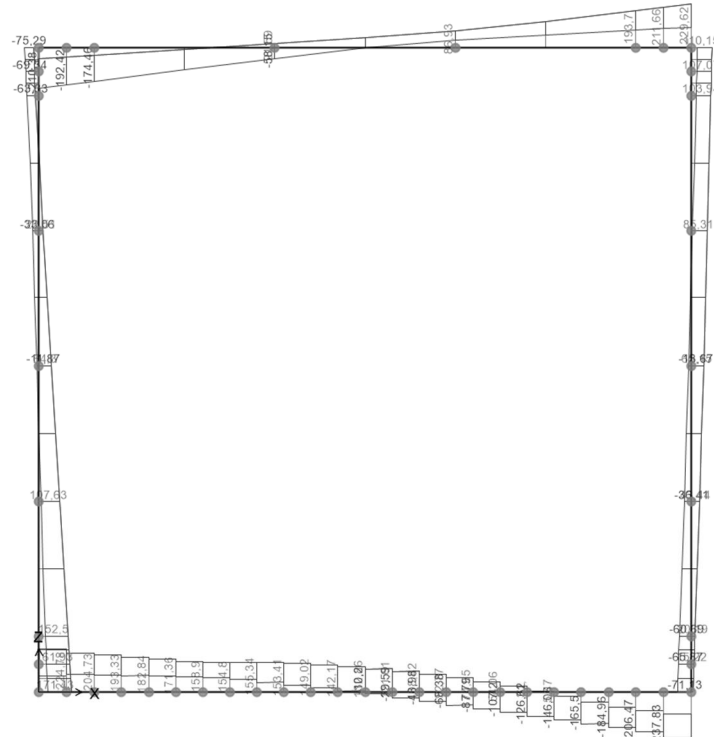
Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

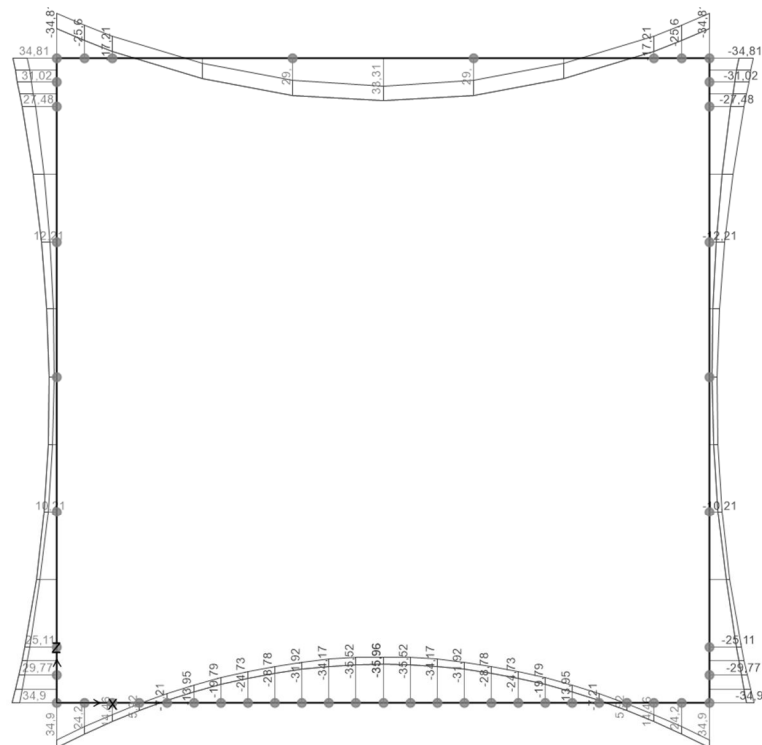
Foglio
50 di 146



Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

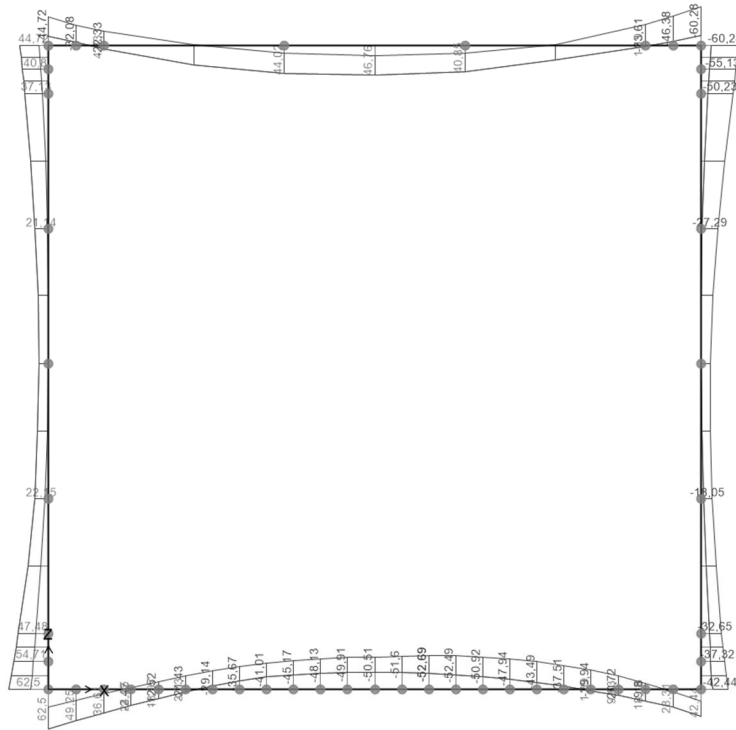
11.3.3. Involuppo momento flettente SLE – Quasi Permanente



Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

11.3.4. Involuppo momento flettente SLE – Caratteristico



Hit Click on any Frame Element for detailed diagram

GLOBAL KN, m, C

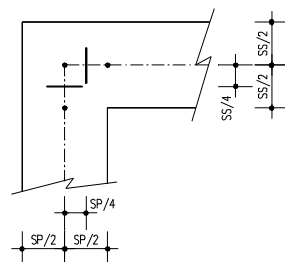
12. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – SCATOLARE TIPO 1

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

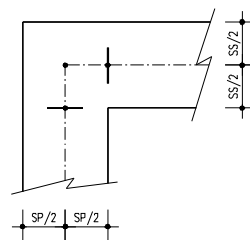
Le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- 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

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

Foglio
52 di 146

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 sui ponti ferroviari. 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 $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$.

12.1. Soletta inferiore

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

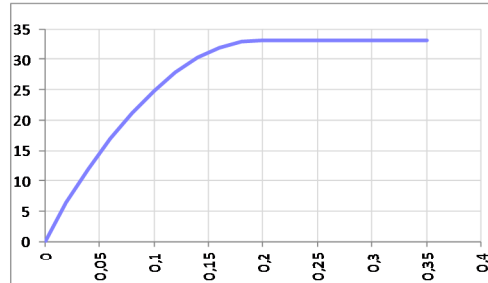
Rev.
A

Foglio
53 di 146

CARATTERISTICHE MATERIALI

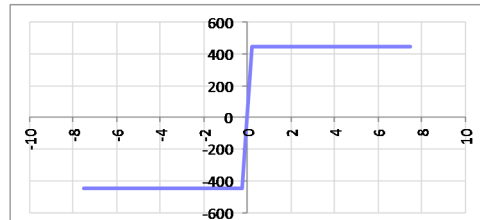
Calcestruzzo:

Classe	C32/40
R_{ck}	40,00 N/mm ²
f_{ck}	33,20 N/mm ²
f_{cm}	41,20 N/mm ²
f_{ctm}	3,10 N/mm ²
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²
f_{ctm}	3,72 N/mm ²
E_{cm}	33642,78 N/mm ²
ϵ_{c2}	0,200 %
ϵ_{c3}	0,175 %
ϵ_{c4}	0,070 %
ϵ_{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 ²
f_{tk}	540 N/mm ²
E_s	200000 N/mm ²
ϵ_{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	2,04	
n, lungo termine =	11,57 = 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

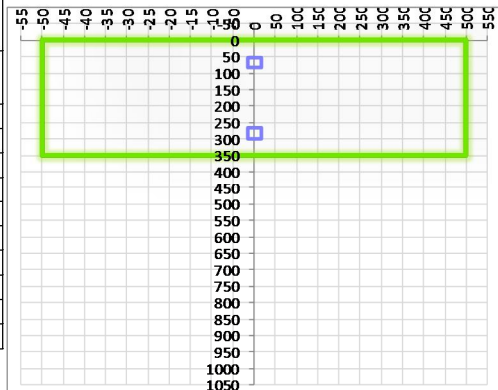
CARATTERISTICHE SEZIONE

Sezione:

B=	1000 mm
H=	350 mm

Armature:

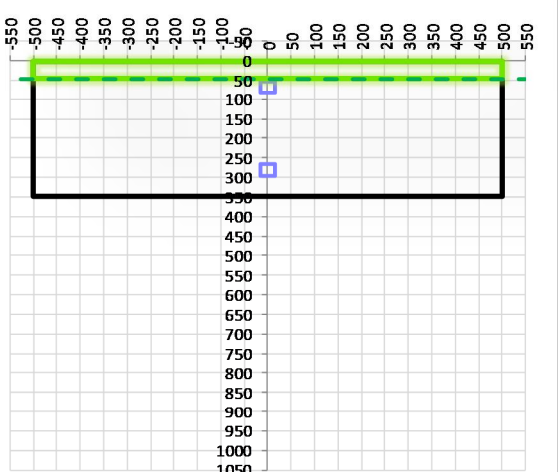
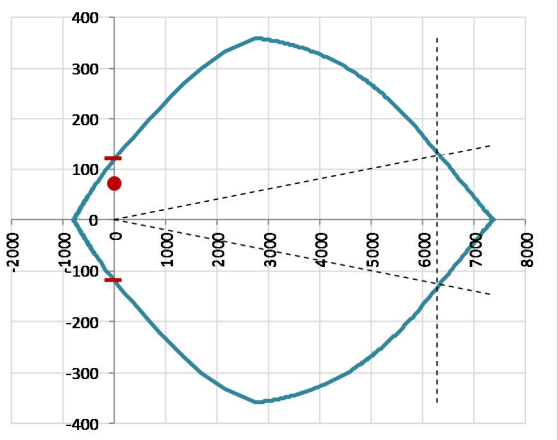
Pos.	n° barre	ø mm	y _i mm	As mm ²
1	5	16	68	1005,3096
2	5	16	282	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0



Armatura di ripartizione:

Pos.	n° barre	ø mm	y _i mm	As mm ²
superiore	5	10	55	392,69908
inferiore	5	10	295	392,69908

12.1.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
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																																													
SLU_26	2	0,0	70,8	7371,43	-786,76	118,77	-118,77	60%																																													
Sezione:																																																					
				<table style="width:100%;"> <tr> <td>Fibre compresse</td> <td colspan="2"><i>Superiori</i></td> </tr> <tr> <td>$\sigma_{c,max}$</td> <td>18,81</td> <td>N/mm²</td> </tr> <tr> <td>$\sigma_{s,min}$</td> <td>-391,30</td> <td>N/mm²</td> </tr> <tr> <td>$\epsilon_{c,max}$</td> <td>0,35</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>$\epsilon_{s,min}$</td> <td>-1,76</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>282,00</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>x</td> <td>46,78</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>x/d</td> <td>0,17</td> <td></td> </tr> </table>						Fibre compresse	<i>Superiori</i>		$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm ²	$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²	$\epsilon_{c,max}$	0,35	%	$\epsilon_{s,min}$	-1,76	%	d	282,00	mm	x	46,78	mm	x/d	0,17																					
Fibre compresse	<i>Superiori</i>																																																				
$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm ²																																																			
$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²																																																			
$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																			
$\epsilon_{s,min}$	-1,76	%																																																			
d	282,00	mm																																																			
x	46,78	mm																																																			
x/d	0,17																																																				
Dominio M-N																																																					
				<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>SLU_26</td> <td>2</td> <td>0,0</td> <td>70,8</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]	SLU_26	2	0,0	70,8																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLU_26	2	0,0	70,8																																																		

12.1.1.2. 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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b			1000 mm
Altezza	h			350 mm
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		5	16	68
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	A_s			1005 mm ²
Posizione della barra equivalente	c^*			68 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU_53
Frame		23
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	166,62 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	282 mm
Coefficiente	k	1,84
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,36%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,50 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	142,19 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	142,19 kN
Verifica		1,17 <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	ϕ	10 mm
Numero braccia	n	5
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	α	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ_{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 ²
Area armatura a taglio	A_{st}	392,70 mm ²
	σ_{cp}/f_{cd}	0
Coefficiente di interazione	α_{cw}	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	V_{rds}	195,00 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	V_{rcd}	1193,71 kN
Resistenza al taglio	V_{rd}	195,00 kN
Verifica		0,85 <i>Verifica soddisfatta</i>

12.1.1.3. 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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	Limite σ_c / f_{ck}	Limite σ_s / f_{yk}	$\sigma_{c,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w_d [mm]	w_{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR_15	3	0,0	42,2	Msd<Mf	0,200	57,82	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_2	2	0,0	12,0	-1,18	47,06	-2,05	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR_15	2	0,0	52,0	-5,08	203,03	-8,83	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

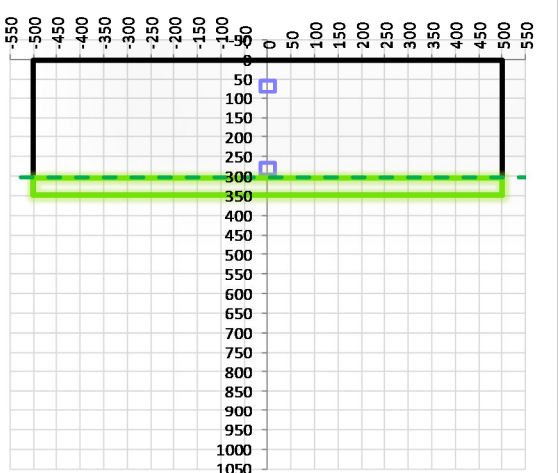
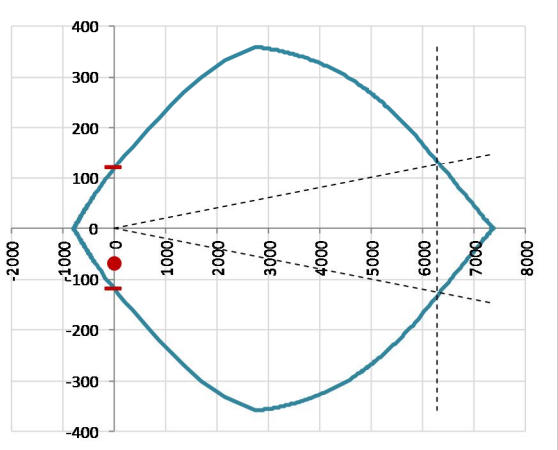
Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
57 di 146

12.1.2. Soletta inferiore – sezione di mezzeria

12.1.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																									
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																									
Calcestruzzo																																																									
α_{cc}		0,85																																																							
γ_c		1,50																																																							
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																							
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²	= $f_{ctm} / 1,2$																																																						
Acciaio																																																									
γ_s		1,15																																																							
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																							
ϵ_{yd}		0,196 %																																																							
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																	
SLU_75	16	0,0	-69,3	7371,43	-786,76	118,77	-118,77	58%																																																	
Sezione:																																																									
				Fibre compresse $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm ² $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm ² $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,76 % d = 282,00 mm x = 46,78 mm x/d = 0,17		Inferiori																																																			
Dominio M-N																																																									
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #e6ffe6;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #e6ffe6;"> <td>SLU_75</td> <td>16</td> <td>0,0</td> <td>-69,3</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]	SLU_75	16	0,0	-69,3																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
SLU_75	16	0,0	-69,3																																																						

12.1.2.2. 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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)						
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	Aggressive							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	Poco sensibile							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]				
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50				
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50				
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)								
<u>Fessurazione</u>								
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w_d [mm]	w_{lim} [mm]	M0 - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR_45	16	0,0	-50,7	Msd<Mf	0,200	-57,82	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]	
Quasi permanente	QP_3	12	0,0	-14,5	-1,42	56,67	-2,46	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR_45	16	0,0	-50,7	-4,95	198,15	-8,62	Sezione parzializzata

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

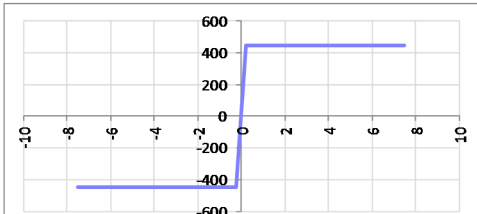
Foglio
59 di 146

12.2. Piedritti

CARATTERISTICHE MATERIALI	
Calcestruzzo:	
Classe	C32/40
R_{ck}	40,00 N/mm ²
f_{ck}	33,20 N/mm ²
f_{cm}	41,20 N/mm ²
f_{ctm}	3,10 N/mm ²
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²
f_{ctm}	3,72 N/mm ²
E_{cm}	33642,78 N/mm ²
ϵ_{c2}	0,200 %
ϵ_{c3}	0,175 %
ϵ_{c4}	0,070 %
ϵ_{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 ²
f_{tk}	540 N/mm ²
E_s	200000 N/mm ²
ϵ_{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	2,04	
n, lungo termine =	11,57 = 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=	350 mm

Armature:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	A _s mm ²
1	5	16	76	1005,3096
2	5	16	274	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0



Armatura di ripartizione:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	A _s mm ²
superiore	5	10	63	392,69908
inferiore	5	10	287	392,69908

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

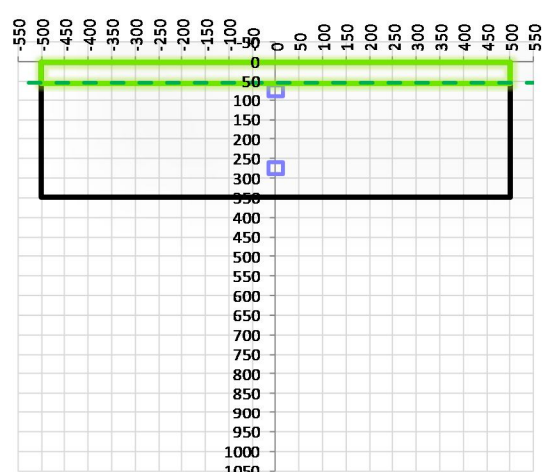
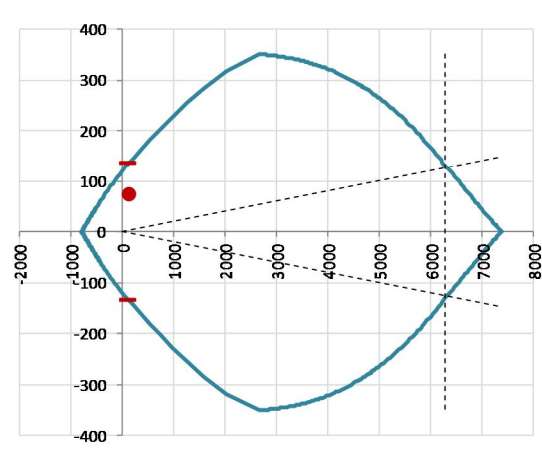
Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
60 di 146

12.2.1. Piedritto – sezione di incastro inferiore

12.2.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																									
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																									
Calcestruzzo																																																									
α_{cc}		0,85																																																							
γ_c		1,50																																																							
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																							
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²	= $f_{ctm} / 1,2$																																																						
Acciaio																																																									
γ_s		1,15																																																							
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																							
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																																																	
SLU_26	27	133,1	73,7	7371,43	-786,76	134,96	-134,96	55%																																																	
Sezione:																																																									
				<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">Fibre compresse</td> <td colspan="2">Superiori</td> </tr> <tr> <td>$\sigma_{c,max}$</td> <td>=</td> <td>18,81</td> <td>N/mm²</td> </tr> <tr> <td>$\sigma_{s,min}$</td> <td>=</td> <td>-391,30</td> <td>N/mm²</td> </tr> <tr> <td>$\epsilon_{c,max}$</td> <td>=</td> <td>0,35</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>$\epsilon_{s,min}$</td> <td>=</td> <td>-1,44</td> <td>%</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>=</td> <td>274,00</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>x</td> <td>=</td> <td>53,72</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>x/d</td> <td>=</td> <td>0,20</td> <td></td> </tr> </table>						Fibre compresse		Superiori		$\sigma_{c,max}$	=	18,81	N/mm ²	$\sigma_{s,min}$	=	-391,30	N/mm ²	$\epsilon_{c,max}$	=	0,35	%	$\epsilon_{s,min}$	=	-1,44	%	d	=	274,00	mm	x	=	53,72	mm	x/d	=	0,20																	
Fibre compresse		Superiori																																																							
$\sigma_{c,max}$	=	18,81	N/mm ²																																																						
$\sigma_{s,min}$	=	-391,30	N/mm ²																																																						
$\epsilon_{c,max}$	=	0,35	%																																																						
$\epsilon_{s,min}$	=	-1,44	%																																																						
d	=	274,00	mm																																																						
x	=	53,72	mm																																																						
x/d	=	0,20																																																							
Domínio M-N																																																									
				<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>SLU_26</td> <td>27</td> <td>133,1</td> <td>73,7</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> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLU_26	27	133,1	73,7																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
SLU_26	27	133,1	73,7																																																						

12.2.1.2. 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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b			1000 mm	
Altezza	h			350 mm	
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		5	16	76	1005
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				1005 mm ²
Posizione della barra equivalente	c^*				76 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU_26
Frame		29
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	93,50 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	274 mm
Coefficiente	k	1,85
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,37%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,51 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	139,53 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	140,29 kN
Verifica		0,67 Verifica soddisfatta

12.2.1.3. 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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	Limite σ_c / f_{ck}	Limite σ_s / f_{yk}	$\sigma_{c,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w_d [mm]	w_{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR_15	29	108,6	48,6	Msd<Mf	0,200	63,40	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_2	27	48,4	13,7	-1,33	30,22	-6,06	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR_15	27	109,4	54,9	-5,56	162,98	-15,09	Sezione parzializzata	



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
63 di 146

12.2.2. Piedritto – sezione di mezzeria

12.2.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

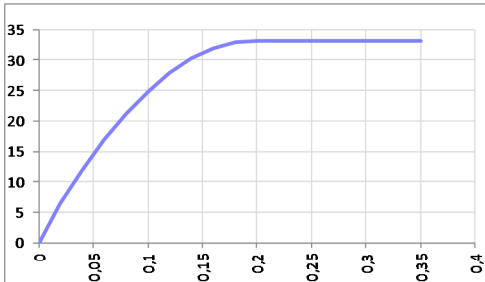
CRITERI DI VERIFICA																																																																																																					
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																																																																					
Calcestruzzo																																																																																																					
α_{cc}	0,85																																																																																																				
γ_c	1,50																																																																																																				
f_{cd}	22,13 N/mm ²																																																																																																				
$f_{ct,eff}$	2,58 N/mm ²	= $f_{ctm} / 1,2$																																																																																																			
Acciaio																																																																																																					
γ_s	1,15																																																																																																				
f_{yd}	391,30 N/mm ²																																																																																																				
ϵ_{yd}	0,196 %																																																																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																																																													
SLV_14	35	19,7	-21,8	7371,43	-786,76	122,12	-122,12	18%																																																																																													
Sezione:																																																																																																					
			Fibre compresse $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm ² $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm ² $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,55 % d = 274,00 mm x = 50,48 mm x/d = 0,18			Inferiori																																																																																															
Dominio M-N																																																																																																					
			<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>SLV_14</td> <td>35</td> <td>19,7</td> <td>-21,8</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> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>							Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV_14	35	19,7	-21,8																																																																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																																																																		
SLV_14	35	19,7	-21,8																																																																																																		

12.2.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio

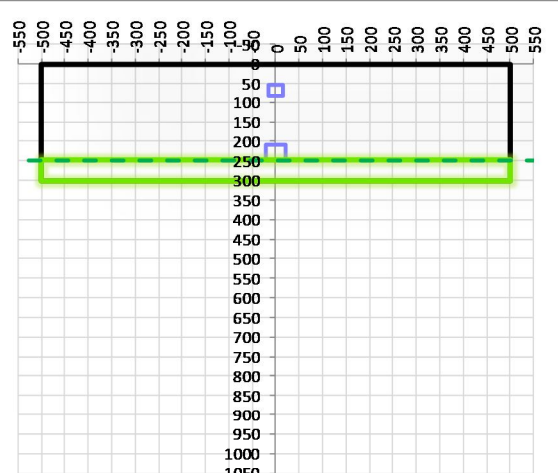
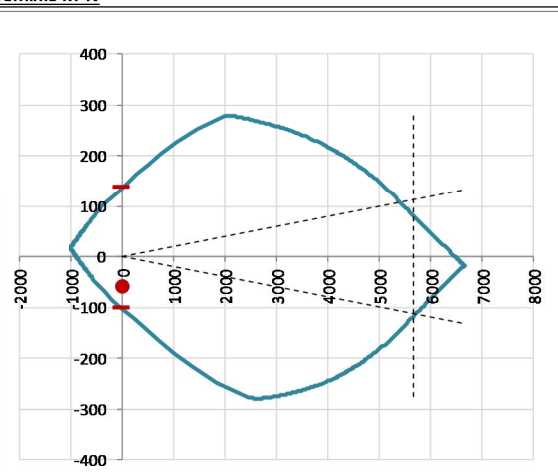
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
Combinazione	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w_d</i>	<i>w_{lim}</i>	<i>MO - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR_32	37	47,9	-8,4	Msd<Mf	0,200	-59,87		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	<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 ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_2	33	38,4	-1,6	-0,17	-0,90	-2,12	Sezione interamente compressa	
Caratteristica	CAR_32	37	47,9	-8,4	-0,75	10,54	-5,23	Sezione parzializzata	

12.3. Soletta superiore

12.3.1. Soletta superiore – sezione di incastro

CARATTERISTICHE MATERIALI				
Calcestruzzo:				
Classe	C32/40			
R_{ck}	40,00 N/mm ²			
f_{ck}	33,20 N/mm ²			
f_{cm}	41,20 N/mm ²			
f_{ctm}	3,10 N/mm ²			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²			
f_{ctm}	3,72 N/mm ²			
E_{cm}	33642,78 N/mm ²			
ϵ_{c2}	0,200 %			
ϵ_{c3}	0,175 %			
ϵ_{c4}	0,070 %			
ϵ_{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 ²			
f_{tk}	540 N/mm ²			
E_s	200000 N/mm ²			
ϵ_{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	2,07			
n, lungo termine =	11,71 = 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=	300 mm			
Armature:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y_i mm	As mm²
1	5	16	68	1005,3096
2	5	20	230	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_i mm	As mm²
superiore	5	10	55	392,69908
inferiore	5	10	245	392,69908
				

12.3.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²	$=f_{ctm} / 1,2$																																																		
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
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																																													
SLU_77	46	0,0	-59,9	6652,04	-1008,04	136,74	-101,87	59%																																													
Sezione:																																																					
				Fibre compresse $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm ² $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm ² $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,22 % d = 232,00 mm x = 51,59 mm x/d = 0,22		Inferiori																																															
Dominio M-N				<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>SLU_77</td> <td>46</td> <td>0,0</td> <td>-59,9</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]	SLU_77	46	0,0	-59,9																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLU_77	46	0,0	-59,9																																																		
																																																					

12.3.1.2. 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	γ _c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α _{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ _s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.

Base	b	1000 mm		
Altezza	h	300 mm		
<i>Barre tese</i>	<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm²]</i>
strato1	5	16	68	1005
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	1005 mm ²		
Posizione della barra equivalente	c*	68 mm		

SOLLECITAZIONI

Load Case		SLU7
Frame		45
Azione assiale (+ di compressione)	N _{Ed}	kN
Taglio	V _{Ed}	158,66 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO

Altezza utile della sezione	d	232 mm
Coefficiente	k	1,93
Rapporto di armatura longitudinale	ρ _l	0,43%
Tensione assiale media	σ _{cp}	0,00 N/mm ²
	0.2 x f _{cd}	3,76 N/mm ²
	v _{min}	0,54 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	V _{rd,min}	125,30 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	130,58 kN
Verifica		1,22 E' necessario prevedere armatura a taglio

ARMATURA A TAGLIO

Diametro staffe	φ	10 mm
Numero braccia	n	5
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	α	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ _{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 ²
Area armatura a taglio	A _{st}	392,70 mm ²
	σ _{cp} /f _{cd}	0
Coefficiente di interazione	α _{cw}	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	V _{rd,s}	160,43 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	V _{rd,c}	982,06 kN
Resistenza al taglio	V_{rd}	160,43 kN
Verifica		0,99 Verifica soddisfatta

12.3.1.3. 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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<i>Fessurazione</i>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<i>Tensioni in esercizio</i>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
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)									
<i>Fessurazione</i>									
Combinazione	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w_d</i>	<i>w_{lim}</i>	<i>MO - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR_45	45	0,0	-34,0	Msd<Mf	0,200	-43,61	-	
<i>Tensioni in esercizio</i>									
Combinazione	<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 ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_3	42	0,0	-11,1	-1,52	52,95	0,02	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR_45	46	0,0	-44,5	-6,11	212,22	0,09	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

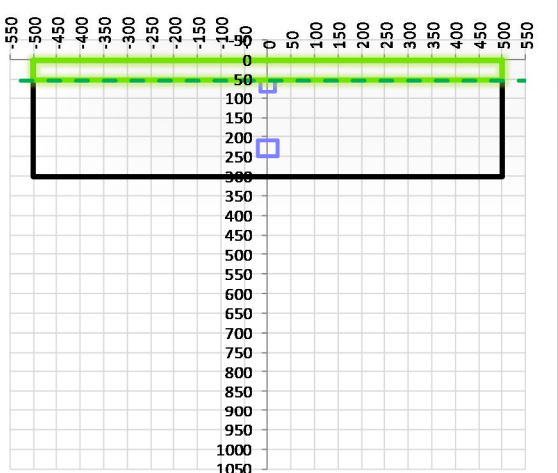
Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
69 di 146

12.3.2. Soletta superiore – sezione di mezzeria

12.3.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²		= $f_{ctm} / 1,2$																																																	
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
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																																													
SLU_53	44	0,0	58,8	6652,04	-1008,04	136,74	-101,87	43%																																													
Sezione:																																																					
				Fibre compresse Superiori $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm ² $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm ² $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,16 % d = 230,00 mm x = 53,21 mm x/d = 0,23																																																	
Dominio M-N																																																					
				<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>SLU_53</td> <td>44</td> <td>0,0</td> <td>58,8</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]	SLU_53	44	0,0	58,8																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLU_53	44	0,0	58,8																																																		

12.3.2.2. 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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w _d [mm]	w _{lim} [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR_5	44	0,0	39,8	Msd<Mf	0,200	43,61		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_2	44	0,0	14,1	-1,64	44,88	-4,01	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR_5	44	0,0	39,8	-4,60	126,20	-11,27	Sezione parzializzata	

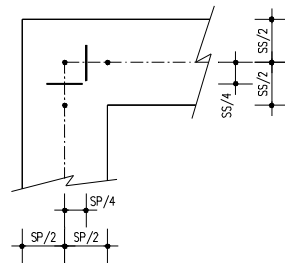
13. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO – SCATOLARE TIPO 2

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

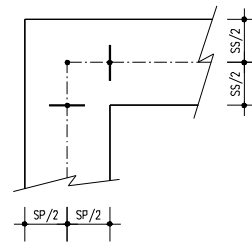
Le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- 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).

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 sui ponti ferroviari. Le massime aperture ammissibili sono:

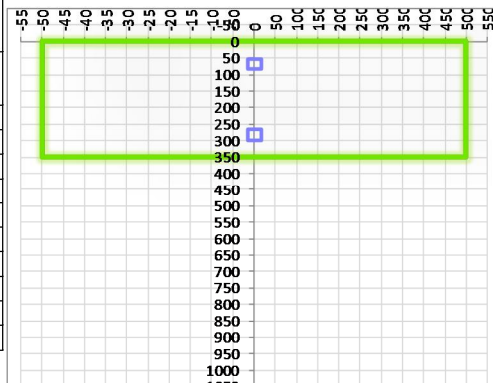
- condizioni ambientali aggressive e molto aggressive: $w_k \leq w_3 = 0.20 \text{ mm}$
- condizioni ambientali ordinarie: $w_k \leq w_3 = 0.30 \text{ mm}$

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

CARATTERISTICHE MATERIALI				
Calcestruzzo:				
Classe	C32/40			
R_{ck}	40,00 N/mm ²			
f_{ck}	33,20 N/mm ²			
f_{cm}	41,20 N/mm ²			
f_{ctm}	3,10 N/mm ²			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²			
f_{ctm}	3,72 N/mm ²			
E_{cm}	33642,78 N/mm ²			
ϵ_{c2}	0,200 %			
ϵ_{c3}	0,175 %			
ϵ_{c4}	0,070 %			
ϵ_{cu}	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
Acciaio:				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_{yk})_k$	1			
f_{yk}	450 N/mm ²			
f_{tk}	540 N/mm ²			
E_s	200000 N/mm ²			
ϵ_{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	2,04			
n, lungo termine =	11,57 = 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=	350 mm			
Armature:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²
1	5	16	68	1005,3096
2	5	16	282	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Armatura di ripartizione:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²
superiore	5	10	55	392,69908
inferiore	5	10	295	392,69908
				

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

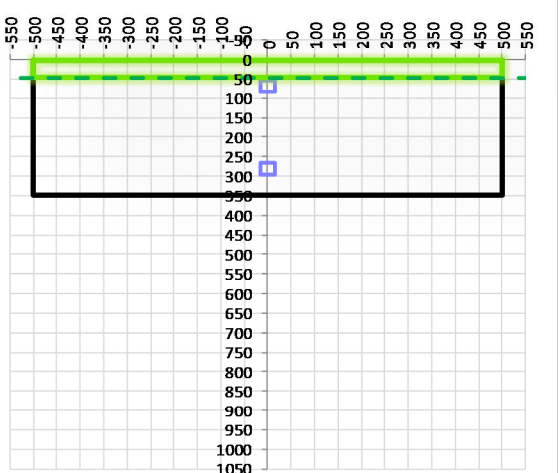
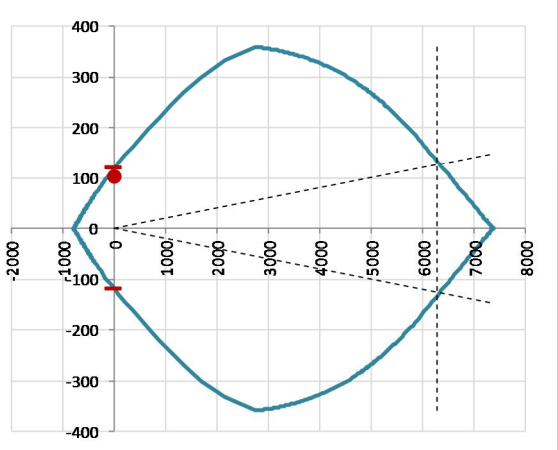
Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
73 di 146

13.1.1. Soletta inferiore – sezione di incastro

13.1.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
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																																													
SLV_21	2	0,0	101,7	7371,43	-786,76	118,77	-118,77	86%																																													
Sezione:																																																					
				Fibre compresse Superiori																																																	
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm ²																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-1,76	%																																															
				d	282,00	mm																																															
				x	46,78	mm																																															
				x/d	0,17																																																
Dominio M-N																																																					
				<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>SLV_21</td> <td>2</td> <td>0,0</td> <td>101,7</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]	SLV_21	2	0,0	101,7																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLV_21	2	0,0	101,7																																																		

13.1.1.2. 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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b	1000 mm		
Altezza	h	350 mm		
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		5	16	68
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	A_s	1005 mm ²		
Posizione della barra equivalente	c^*	68 mm		

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU_61
Frame		23
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	206,47 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	282 mm
Coefficiente	k	1,84
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,36%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,50 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	142,19 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	142,19 kN
Verifica		1,45 E' necessario prevedere armatura a taglio

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	ϕ	12 mm
Numero braccia	n	5
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	α	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ_{min}	21,80 °

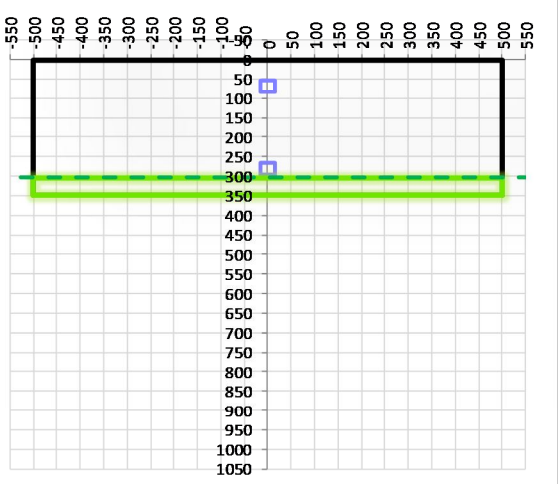
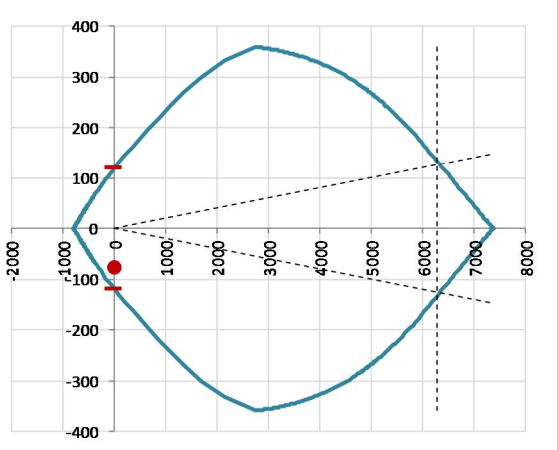
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	v_1	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	f_{cd}	18,81333333 N/mm ²
Area armatura a taglio	A_{st}	565,49 mm ²
	σ_{cp}/f_{cd}	0
Coefficiente di interazione	α_{cw}	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	V_{rds}	280,80 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	V_{rcd}	1193,71 kN
Resistenza al taglio	V_{rd}	280,80 kN
Verifica		0,74 Verifica soddisfatta

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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<i>Fessurazione</i>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<i>Tensioni in esercizio</i>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
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)									
<i>Fessurazione</i>									
Combinazione	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w_d</i>	<i>w_{lim}</i>	<i>MO - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR_31	3	0,0	36,6	Msd<Mf	0,200	57,82	-	
<i>Tensioni in esercizio</i>									
Combinazione	<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 ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_2	2	0,0	24,2	-2,36	94,58	-4,11	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR_31	2	0,0	49,3	-4,81	192,48	-8,37	Sezione parzializzata	

13.1.2. Soletta inferiore – sezione di mezzeria

13.1.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{cd}			22,13 N/mm ²																																																		
$f_{ct,eff}$			2,58 N/mm ²	= $f_{ctm} / 1,2$																																																	
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}			391,30 N/mm ²																																																		
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																																													
SLU_83	15	0,0	-76,4	7371,43	-786,76	118,77	-118,77	64%																																													
Sezione:																																																					
				Fibre compresse $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm ² $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm ² $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,76 % d = 282,00 mm x = 46,78 mm x/d = 0,17		Inferiori																																															
Dominio M-N																																																					
				<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;">SLU_83</td> <td style="background-color: #d9ead3;">15</td> <td style="background-color: #d9ead3;">0,0</td> <td style="background-color: #d9ead3;">-76,4</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> <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]	SLU_83	15	0,0	-76,4																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLU_83	15	0,0	-76,4																																																		

13.1.2.2. 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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)						
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)						
CRITERI DI VERIFICA								
<u>Fessurazione</u>								
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
	Aggressive							
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
	Poco sensibile							
<u>Tensioni in esercizio</u>								
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]				
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>								
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w _d [mm]	w _{lim} [mm]	M0 - Mf [kNm]	
Caratteristica	CAR_61	14	0,0	-52,7	Msd<Mf	0,200	-57,82	-
<u>Tensioni in esercizio</u>								
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]	
Quasi permanente	QP_3	12	0,0	-36,0	-3,51	140,54	-6,11	Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR_61	14	0,0	-52,7	-5,15	205,92	-8,95	Sezione parzializzata

Doc. N.

Progetto
INOR

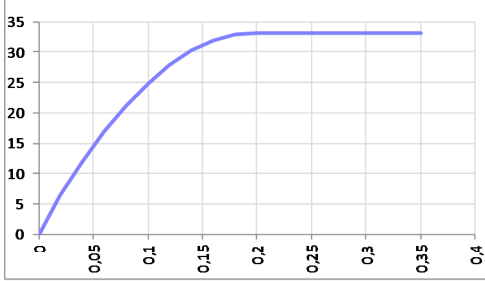
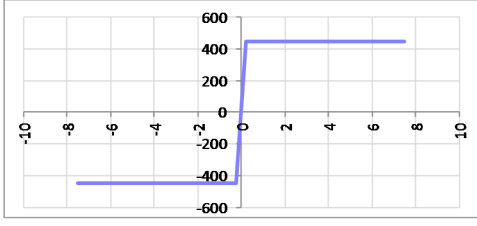
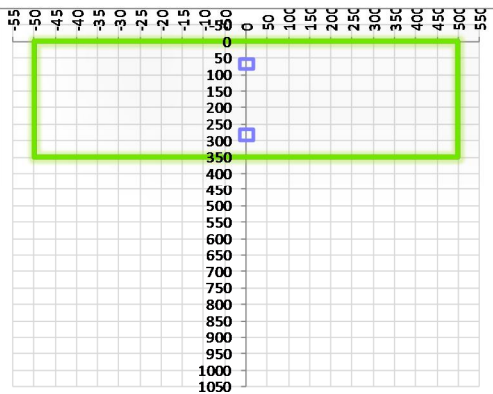
Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

Foglio
78 di 146

13.2. Piedritti

CARATTERISTICHE MATERIALI				
Calcestruzzo:				
Classe	C32/40			
R_{ck}	40,00 N/mm ²			
f_{ck}	33,20 N/mm ²			
f_{cm}	41,20 N/mm ²			
f_{ctm}	3,10 N/mm ²			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²			
f_{ctm}	3,72 N/mm ²			
E_{cm}	33642,78 N/mm ²			
ϵ_{c2}	0,200 %			
ϵ_{c3}	0,175 %			
ϵ_{c4}	0,070 %			
ϵ_{cu}	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
Acciaio:				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_{yk})_k$	1			
f_{yk}	450 N/mm ²			
f_{tk}	540 N/mm ²			
E_s	200000 N/mm ²			
ϵ_{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	2,04			
n, lungo termine =	11,57 = E_s/E_{cm}			
n, verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm}			
n, verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm}			
	lungo termine			
	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
Sezione:				
B=	1000 mm			
H=	350 mm			
Armature:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²
1	5	16	68	1005,3096
2	5	16	282	1005,3096
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Armatura di ripartizione:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²
superiore	5	10	55	392,69908
inferiore	5	10	295	392,69908
				



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
79 di 146

13.2.1. Piedritto – sezione di incastro inferiore

13.2.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																													
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																													
Calcestruzzo																																																													
α_{cc}		0,85																																																											
γ_c		1,50																																																											
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																											
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²		= $f_{ctm} / 1,2$																																																									
Acciaio																																																													
γ_s		1,15																																																											
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																											
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																																																					
SLV_21	27	88,7	95,8	7371,43	-786,76	129,31	-129,31	74%																																																					
Sezione:																																																													
				Fibre compresse Superiori $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm ² $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm ² $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,65 % d = 282,00 mm x = 49,25 mm x/d = 0,17																																																									
Dominio M-N																																																													
				<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>SLV_21</td> <td>27</td> <td>88,7</td> <td>95,8</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]	SLV_21	27	88,7	95,8																																												
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																										
SLV_21	27	88,7	95,8																																																										

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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	350 mm			
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm²]</i>
strato1		5	16	68	1005
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	1005 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	68 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV_15
Frame		29
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	152,5 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	282 mm
Coefficiente	k	1,84
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,36%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,50 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	142,19 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	142,19 kN
Verifica		1,07 <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	ϕ	10 mm
Numero braccia	n	5
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	α	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ_{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 ²
Area armatura a taglio	A_{st}	392,70 mm ²
	σ_{cp}/f_{cd}	0
Coefficiente di interazione	α_{cw}	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	V_{rds}	195,00 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	V_{rcd}	1193,71 kN
Resistenza al taglio	V_{rd}	195,00 kN
Verifica		0,78 <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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
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>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w _d [mm]	w _{lim} [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR_31	29	152,9	47,5	Msd<Mf	0,200	66,82		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_3	37	110,6	31,0	-2,88	66,16	-16,81	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR_31	27	153,6	54,7	-5,17	136,23	-26,00	Sezione parzializzata	



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
82 di 146

13.2.2. Piedritto – sezione di mezzeria

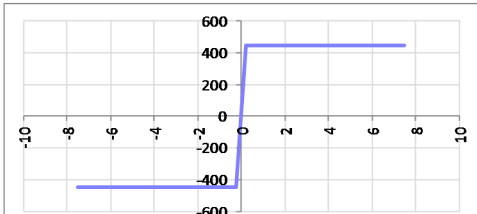
13.2.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																									
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																									
Calcestruzzo																																																									
α_{cc}																																																									
γ_c																																																									
f_{cd}																																																									
$f_{ct,eff}$																																																									
Acciaio																																																									
γ_s																																																									
f_{yd}																																																									
ϵ_{yd}																																																									
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																	
SLV_15	35	63,0	-32,9	7371,43	-786,76	126,26	-126,26	26%																																																	
Sezione:																																																									
				Fibre compresse		Inferiori																																																			
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm ²	$\sigma_{s,max}$	-391,30	N/mm ²	$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																													
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²	$\epsilon_{s,min}$	-1,68	%	d	282,00	mm																																													
				$\epsilon_{c,min}$	0,35	%	x	48,52	mm	x/d	0,17																																														
				$\epsilon_{s,max}$	-1,68	%																																																			
				d	282,00	mm																																																			
				x	48,52	mm																																																			
x/d	0,17																																																								
Dominio M-N																																																									
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9e1f2;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9e1f2;"> <td>SLV_15</td> <td>35</td> <td>63,0</td> <td>-32,9</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> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV_15	35	63,0	-32,9																																								
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLV_15	35	63,0	-32,9																																																						
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #d9e1f2;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #d9e1f2;"> <td>SLV_15</td> <td>35</td> <td>63,0</td> <td>-32,9</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> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV_15	35	63,0	-32,9																																												
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
SLV_15	35	63,0	-32,9																																																						

13.2.2.2. 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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<i>Fessurazione</i>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<i>Tensioni in esercizio</i>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
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)									
<i>Fessurazione</i>									
Combinazione	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w_d</i>	<i>w_{lim}</i>	<i>MO - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR_33	31	118,7	-0,1	Msd<Mf	0,200	-64,81	-	
<i>Tensioni in esercizio</i>									
Combinazione	<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 ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_1	31	118,7	-2,0	-0,40	-3,87	-5,50	Sezione interamente compressa	
Caratteristica	CAR_33	31	118,7	-0,1	-0,32	-4,65	-4,72	Sezione interamente compressa	

13.3. Soletta superiore

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
Calcestruzzo:																																																								
Classe	C32/40																																																							
R_{ck}	40,00 N/mm ²																																																							
f_{ck}	33,20 N/mm ²																																																							
f_{cm}	41,20 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,10 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,72 N/mm ²																																																							
E_{cm}	33642,78 N/mm ²																																																							
ϵ_{c2}	0,200 %																																																							
ϵ_{c3}	0,175 %																																																							
ϵ_{c4}	0,070 %																																																							
ϵ_{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 ²																																																							
f_{tk}	540 N/mm ²																																																							
E_s	200000 N/mm ²																																																							
ϵ_{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	2,07																																																							
n, lungo termine =	11,71 = E_s/E_{cm}																																																							
n, verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm}																																																							
n, verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm}																																																							
	lungo termine																																																							
	breve termine																																																							
CARATTERISTICHE SEZIONE																																																								
Sezione:																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	300 mm																																																							
Armature:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>68</td> <td>1005,3096</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>20</td> <td>230</td> <td>1570,7963</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 _i mm	As mm ²	1	5	16	68	1005,3096	2	5	20	230	1570,7963	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
1	5	16	68	1005,3096																																																				
2	5	20	230	1570,7963																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
Armatura di ripartizione:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>55</td> <td>392,69908</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>245</td> <td>392,69908</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²	superiore	5	10	55	392,69908	inferiore	5	10	245	392,69908																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
superiore	5	10	55	392,69908																																																				
inferiore	5	10	245	392,69908																																																				

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

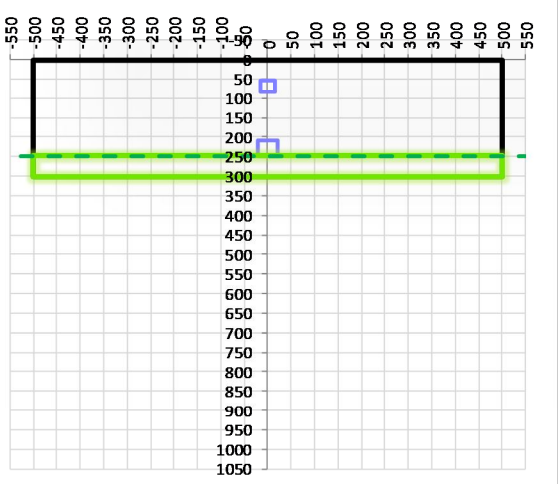
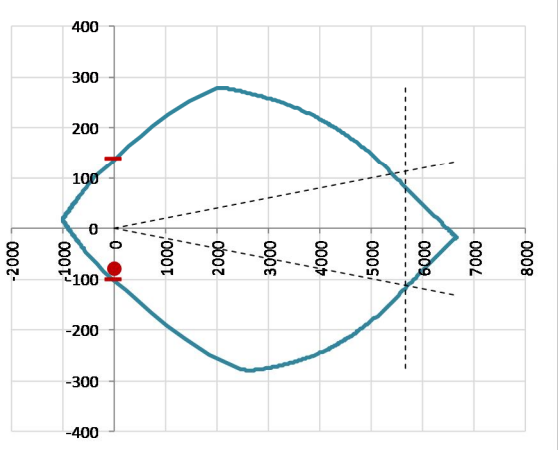
Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
85 di 146

13.3.1. Soletta superiore – sezione di incastro

13.3.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²		$=f_{ctm} / 1,2$																																																	
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
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																																													
SLV_33	46	0,0	-79,7	6652,04	-1008,04	136,74	-101,87	78%																																													
Sezione:																																																					
				Fibre compresse		Inferiori																																															
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm ²																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-1,22	%																																															
				d	232,00	mm																																															
				x	51,59	mm																																															
				x/d	0,22																																																
Dominio M-N																																																					
				<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>SLV_33</td> <td>46</td> <td>0,0</td> <td>-79,7</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]	SLV_33	46	0,0	-79,7																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLV_33	46	0,0	-79,7																																																		

13.3.1.2. 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
Reisitenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b			1000 mm
Altezza	h			300 mm
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		5	16	68
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	A_s			1005 mm ²
Posizione della barra equivalente	c^*			68 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU_15
Frame		45
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	193,7 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	232 mm
Coefficiente	k	1,93
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,43%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,54 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	125,30 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	130,58 kN
Verifica		1,48 E' necessario prevedere armatura a taglio

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	ϕ	12 mm
Numero braccia	n	5
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	α	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ	40 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ_{min}	21,80 °

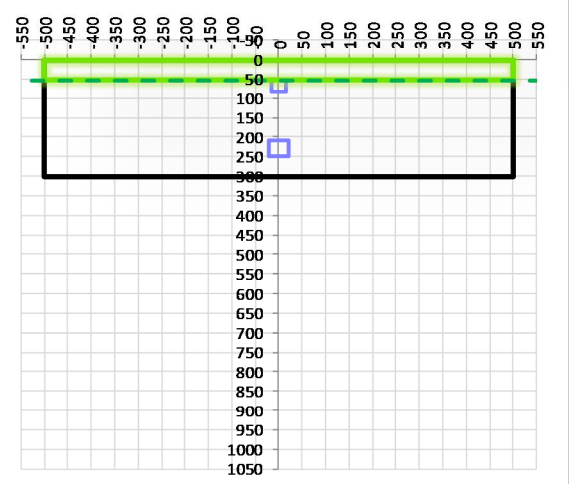
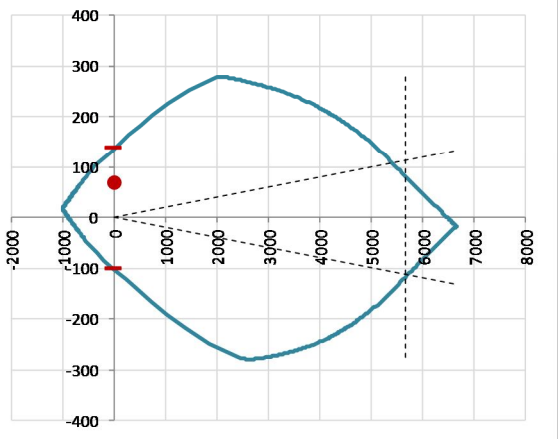
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	v_1	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	f_{cd}	18,81333333 N/mm ²
Area armatura a taglio	A_{st}	565,49 mm ²
	σ_{cp}/f_{cd}	0
Coefficiente di interazione	α_{cw}	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	V_{rds}	275,31 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	V_{rcd}	967,14 kN
Resistenza al taglio	V_{rd}	275,31 kN
Verifica		0,70 Verifica soddisfatta

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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
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>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w _d [mm]	w _{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR_61	45	0,0	-33,6	Msd<Mf	0,200	-43,61		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_3	42	0,0	-25,6	-3,51	122,01	0,05	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR_61	46	0,0	-46,4	-6,36	221,04	0,09	Sezione parzializzata	

13.3.2. Soletta superiore – sezione di mezzeria

13.3.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																									
Coefficients di sicurezza allo SLU																																																									
Calcestruzzo																																																									
α_{cc}		0,85																																																							
γ_c		1,50																																																							
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																							
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²	=	$f_{ctm} / 1,2$																																																					
Acciaio																																																									
γ_s		1,15																																																							
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																							
ϵ_{yd}		0,196 %																																																							
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																									
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																	
SLU_61	44	0,0	68,5	6652,04	-1008,04	136,74	-101,87	50%																																																	
Sezione:																																																									
				Fibre compresse Superiori																																																					
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm ²																																																			
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²																																																			
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																			
				$\epsilon_{s,min}$	-1,16	%																																																			
				d	230,00	mm																																																			
				x	53,21	mm																																																			
				x/d	0,23																																																				
Dominio M-N																																																									
				<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>SLU_61</td> <td>44</td> <td>0,0</td> <td>68,5</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> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLU_61	44	0,0	68,5																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
SLU_61	44	0,0	68,5																																																						

13.3.2.2. Verifiche allo stato limite di esercizio

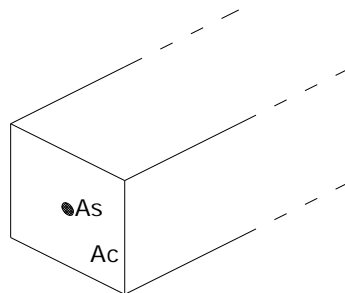
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
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>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w _d [mm]	w _{lim} [mm]	M0 - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR_21	44	0,0	46,8	0,161	0,200	43,61	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]		
Quasi permanente	QP_2	44	0,0	33,3	-3,85	105,73	-9,45	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR_21	44	0,0	46,8	-5,41	148,42	-13,26	Sezione parzializzata	

14. 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.

14.1. 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:

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

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

14.2. 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 $2 \times A/u = 2 \times H = 60$ cm, ed un calcestruzzo C32/40 classe N.

Caratteristiche della sezione:

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

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

$$A_{s, \text{long}} = 1 + 1 \phi 10/20 = 785 \text{ mm}^2$$

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

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

Deformazione da ritiro:

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

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

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

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

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:

$$\sigma_s = (1000 \times 300) \times 9612 \times 210000 \times 0.00040 / (785 \times 210000 + 1000 \times 300 \times 9612) = 79.46 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = -785 \times 9612 \times 210000 \times 0.00040 / (785 \times 210000 + 1000 \times 300 \times 9612) = -0.21 \text{ N/mm}^2.$$

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.

15. POZZETTO TIPO 1

L'analisi del pozzetto è stata condotta attraverso procedura analitica con riferimento ad una porzione di parete di larghezza unitaria, calcolando le sollecitazioni agenti sul manufatto ad una profondità di 4.15m da piano campagna e applicandole ad una trave di sezione 0.3x1.0m e lunghezza 2.30m incastrata alle estremità.

15.1. Analisi dei carichi

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:

$$\text{- calcestruzzo armato:} \quad \gamma_{c.a.} = 25 \quad \text{kN/m}^3$$

$$\text{- rilevato:} \quad \gamma_{ril} = 20 \quad \text{kN/m}^3$$

15.1.1. Peso proprio strutture

$$\text{- piedritti} \quad S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.30 \times 25.00 = \mathbf{7.50 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{- soletta inferiore} \quad S_i \times \gamma_{c.a.} = 0.30 \times 25.00 = \mathbf{7.50 \text{ kN/m}^2}$$

15.1.2. Spinta del terreno

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

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

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

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

$$k_{0,k} = 0.5$$

$$p_t (h_1 = 4.15\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.5 \times 4.15 \times 20 = \mathbf{41.5 \text{ kN/m}^2}$$

15.1.3. Spinta del sovraccarico sul rilevato

La spinta orizzontale dovuta al sovraccarico accidentale è calcolata come:

$$p_q = k_0 \times q = 0.5 \times 20 = \mathbf{10.0 \text{ kN/m}^2}$$

con q sovraccarico accidentale assunto pari a 20 kN/m².

Il sovraccarico accidentale in condizioni sismiche è assunto nullo.

15.1.4. Azione sismica

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

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

P = peso proprio;

a_g = accelerazioni sismiche al suolo.

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

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 ΔP 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 viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento h_{tot} :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 4.45 = \mathbf{24.65 \text{ kN/m}^2}.$$

L'azione sismica orizzontale dovuta all'inerzia degli elementi strutturali è pari a:

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.30 \times 0.277 = \mathbf{2.08 \text{ kN/m}^2}$$

15.2. Combinazione dei carichi

C.C.	STERRE	SOVR. ACC.	INCR. SISMICO	INERZIA ORIZZ.
LOAD	1	2	3	4
1_SLU	1.3	1.5	0	0
2_SLV	1.0	0	1.0	1.0
3_QP	1.0	0	0	0
4_CAR	1.0	1.0	0	0

15.3. Riassunto sollecitazioni massime

$$M_{SLU} = 22.93 \text{ kNm}$$

$$V_{SLU} = 68.95 \text{ kN}$$

$$M_{SLV} = 22.69 \text{ kNm}$$

$$V_{SLV} = 68.23 \text{ kNm}$$

$$M_{QP} = 13.80 \text{ kNm}$$

$$M_{CAR} = 17.12 \text{ kNm}$$

15.4. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

15.4.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
Calcestruzzo:																																																								
Classe	C32/40																																																							
R_{ck}	40,00 N/mm ²																																																							
f_{ck}	33,20 N/mm ²																																																							
f_{cm}	41,20 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,10 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,72 N/mm ²																																																							
E_{cm}	33642,78 N/mm ²																																																							
ϵ_{c2}	0,200 %																																																							
ϵ_{c3}	0,175 %																																																							
ϵ_{c4}	0,070 %																																																							
ϵ_{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 ²																																																							
f_{tk}	540 N/mm ²																																																							
E_s	200000 N/mm ²																																																							
ϵ_{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	2,07																																																							
n, lungo termine =	11,71 = 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=	300 mm																																																							
Armature:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>12</td> <td>76</td> <td>565,48668</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>12</td> <td>224</td> <td>565,48668</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 _i mm	As mm ²	1	5	12	76	565,48668	2	5	12	224	565,48668	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
1	5	12	76	565,48668																																																				
2	5	12	224	565,48668																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
Armatura di ripartizione:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td>5</td> <td>12</td> <td>64</td> <td>565,48668</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td>5</td> <td>12</td> <td>236</td> <td>565,48668</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²	superiore	5	12	64	565,48668	inferiore	5	12	236	565,48668																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
superiore	5	12	64	565,48668																																																				
inferiore	5	12	236	565,48668																																																				



15.4.2. Verifica allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}	0,85																																																				
γ_c	1,50																																																				
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
Acciaio																																																					
γ_s	1,15																																																				
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
ϵ_{yd}		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
SLU_STR	-	0,0	22,9	6086,55	-442,55	61,03	-61,03	38%																																													
Sezione:																																																					
			Fibre compresse Superiori $\sigma_{c,max}$ = 18,81 N/mm ² $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm ² $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -2,35 % d = 224,00 mm x = 29,06 mm x/d = 0,13																																																		
Dominio M-N																																																					
			<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>SLU_STR</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>22,9</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> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>			Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLU_STR	-	0,0	22,9																																								
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLU_STR	-	0,0	22,9																																																		

15.4.3. Verifica 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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b			1000 mm
Altezza	h			300 mm
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		5	12	76
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	A_s			565 mm ²
Posizione della barra equivalente	c^*			76 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	68,95 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	224 mm
Coefficiente	k	1,94
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,25%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,55 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	122,53 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	122,53 kN
Verifica		0,56 <i>Verifica soddisfatta</i>

15.4.4. 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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<i>Fessurazione</i>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<i>Tensioni in esercizio</i>									
Combinazione	Limite σ_c / f_{ck}	Limite σ_s / f_{yk}	$\sigma_{c,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<i>Fessurazione</i>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w_d [mm]	w_{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	17,1	Msd<Mf	0,200	40,34		
<i>Tensioni in esercizio</i>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	13,8	-2,58	115,16	13,49	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR	-	0,0	17,1	-3,20	142,86	16,73	Sezione parzializzata	

16. POZZETTO TIPO 2

L'analisi del pozzetto è stata condotta attraverso procedura analitica con riferimento ad una porzione di parete di larghezza unitaria, calcolando le sollecitazioni agenti sul manufatto ad una profondità di 8.22m da piano campagna e applicandole ad una trave di sezione 0.3x1.0m e lunghezza 2.30m incastrata alle estremità.

16.1. Analisi dei carichi

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:

$$\text{- calcestruzzo armato:} \quad \gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{- rilevato:} \quad \gamma_{ril} = 20 \text{ kN/m}^3$$

16.1.1. Peso proprio strutture

$$\text{- piedritti} \quad S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.30 \times 25.00 = \mathbf{7.50 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{- soletta inferiore} \quad S_i \times \gamma_{c.a.} = 0.30 \times 25.00 = \mathbf{7.50 \text{ kN/m}^2}$$

16.1.2. Spinta del terreno

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

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

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

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

$$k_{0,k} = 0.5$$

$$p_t (h_1 = 8.22\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.5 \times 8.22 \times 20 = \mathbf{82.2 \text{ kN/m}^2}$$

16.1.3. Spinta del sovraccarico sul rilevato

La spinta orizzontale dovuta al sovraccarico accidentale è calcolata come:

$$p_q = k_0 \times q = 0.5 \times 20 = \mathbf{10.0 \text{ kN/m}^2}$$

con q sovraccarico accidentale assunto pari a 20 kN/m².

Il sovraccarico accidentale in condizioni sismiche è assunto nullo.

16.1.4. Azione sismica

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

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

P = peso proprio;

a_g = accelerazioni sismiche al suolo.

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

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 ΔP 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 viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento h_{tot} :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 8.52 = \mathbf{47.20 \text{ kN/m}^2}$$

L'azione sismica orizzontale dovuta all'inerzia degli elementi strutturali è pari a:

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.30 \times 0.277 = \mathbf{2.08 \text{ kN/m}^2}$$

16.2. Combinazione dei carichi

C.C.	STERRE	SOVR. ACC.	INCR. SISMICO	INERZIA ORIZZ.
LOAD	1	2	3	4
1_SLU	1.3	1.5	0	0
2_SLV	1.0	0	1.0	1.0
3_QP	1.0	0	0	0
4_CAR	1.0	1.0	0	0

16.3. Riassunto sollecitazioni massime

$$M_{SLU} = 53.72 \text{ kNm}$$

$$V_{SLU} = 121.86 \text{ kN}$$

$$M_{SLV} = 57.96 \text{ kNm}$$

$$V_{SLV} = 131.48 \text{ kNm}$$

$$M_{QP} = 36.24 \text{ kNm}$$

$$M_{CAR} = 40.64 \text{ kNm}$$

16.4. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

16.4.1. Caratteristiche geometriche della sezione

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
Calcestruzzo:																																																								
Classe	C32/40																																																							
R_{ct}	40,00 N/mm ²																																																							
f_{ck}	33,20 N/mm ²																																																							
f_{cm}	41,20 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,10 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,72 N/mm ²																																																							
E_{cm}	33642,78 N/mm ²																																																							
ϵ_{c2}	0,200 %																																																							
ϵ_{c3}	0,175 %																																																							
ϵ_{c4}	0,070 %																																																							
ϵ_{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 ²																																																							
f_{tk}	540 N/mm ²																																																							
E_s	200000 N/mm ²																																																							
ϵ_{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	2,07																																																							
n, lungo termine =	11,71 = 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=	300 mm																																																							
Armature:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>78</td> <td>1005,3096</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>12</td> <td>224</td> <td>565,48668</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 _i mm	As mm ²	1	5	16	78	1005,3096	2	5	12	224	565,48668	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
1	5	16	78	1005,3096																																																				
2	5	12	224	565,48668																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
Armatura di ripartizione:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td>5</td> <td>12</td> <td>64</td> <td>565,48668</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td>5</td> <td>12</td> <td>236</td> <td>565,48668</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²	superiore	5	12	64	565,48668	inferiore	5	12	236	565,48668																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
superiore	5	12	64	565,48668																																																				
inferiore	5	12	236	565,48668																																																				

16.4.3. Verifica 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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	300 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		5	16	78	1005
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	1005 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	78 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	61,65 kN
Taglio	V_{Ed}	131,48 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	222 mm
Coefficiente	k	1,95
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,45%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,21 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,55 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	128,67 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	135,00 kN
Verifica		0,97 <i>Verifica soddisfatta</i>

16.4.4. 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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<i>Fessurazione</i>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<i>Tensioni in esercizio</i>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<i>Fessurazione</i>									
Combinazione	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w_d</i>	<i>w_{lim}</i>	<i>MO - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	-40,6	0,181	0,200	-40,49		
<i>Tensioni in esercizio</i>									
Combinazione	<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 ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	-36,2	-5,38	179,65	8,39	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR	-	0,0	-40,6	-6,04	201,48	9,41	Sezione parzializzata	

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 [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

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

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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 10 kN/m^2 .

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 θ 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 θ ed il relativo coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) valgono:

Tipologia muro	θ_1 (sisma verso basso)	θ_2 (sisma verso alto)	$K(\theta_1) - M1$	$K(\theta_1) - M2$	$K(\theta_2) - M1$	$K(\theta_2) - M2$
1	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 γ^* 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 (ΔS_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:

ϕ'_d = valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno;

ψ e β = angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale, rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno;

δ_d = valore di progetto dell'angolo di attrito terreno-muro.

L'angolo θ 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

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

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

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

- Rilevato parzialmente immerso

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

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

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:

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

dove: $a_{\max} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g$ (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 β_m assume i valori sotto riportati:

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001Rev.
AFoglio
110 di 146

	Categoria di sottosuolo	
	A	B,C,D,E
	β_m	β_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

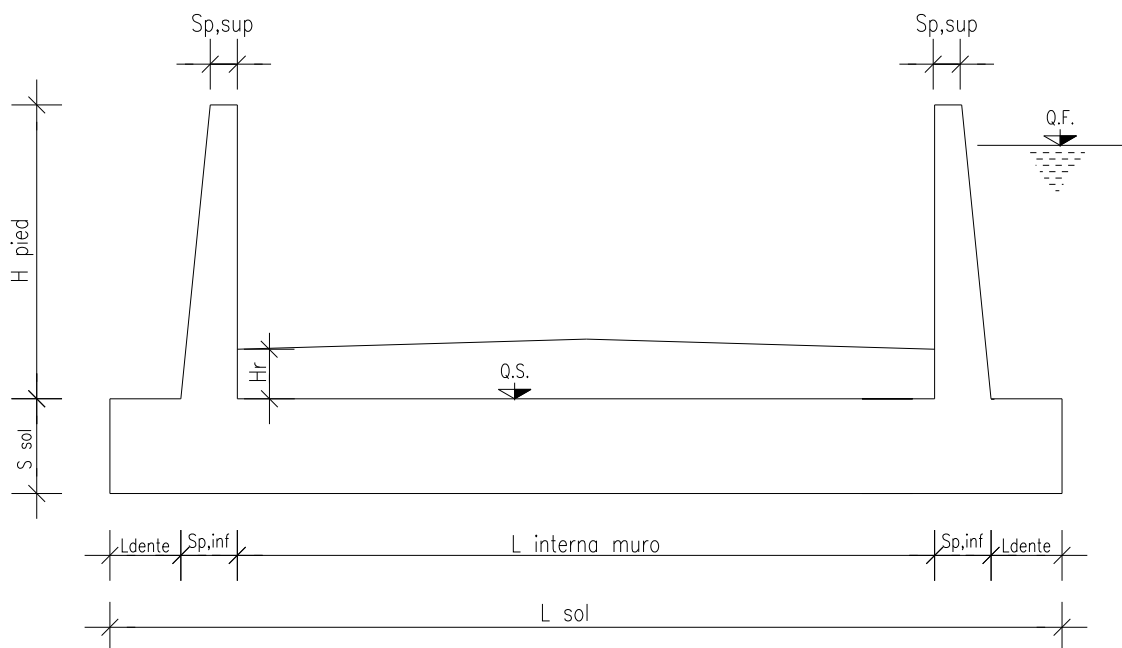
C.C.	PP	STERRE ka_M1_SX	STERRE ka_M2_SX	STERRE ka_M1_DX	STERRE ka_M2_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. SISMICO ka_M1_SX	SOVR. SISMICO ka_M2_SX	INCR. SISMICO BASSO_M1	INCR. SISMICO BASSO_M2	INCR. SISMICO ALTO_M1	INCR. SISMICO ALTO_M2	INCR. IDRODINAMICO	INERZIA ORIZZONTALE	INERZIA VERT (BASSO)
LOAD	1	2b	2c	2b_dx	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
4_GEO	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_MI_SX	STERRE k0_MI_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. STAT. k0_MI_SX
LOAD	1	2	2_dx	3	3_dx	4
1_QP	1	1	1	1	1	0
1_FR	1	1	1	1	1	0
2_FR	1	1	1	1	1	0.75
1_CAR	1	1	1	1	1	0
2_CAR	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} = 2.05 m
- S_{sol} = 0.35 m
- $L_{int,muro}$ = 1.70 m
- L_{dente} = 0.00 m
- H_{pied} = 2.20 m
- $S_{p,sup}$ = 0.35 m
- $S_{p,inf}$ = 0.35 m
- Q.F.

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]	σ_v [kN/m ²]	σ'_v [kN/m ²]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m ²]	σ_w [kN/m ²]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m ²]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m ²]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m ²]	f_h [kN/m ²]	f_v [kN/m ²]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
0,110	2,200	2,200	1,100	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
0,220	4,400	4,400	2,200	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
0,330	6,600	6,600	3,300	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
0,440	8,800	8,800	4,400	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
0,550	11,000	11,000	5,500	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
0,660	13,200	13,200	6,600	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
0,770	15,400	15,400	7,700	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
0,880	17,600	17,600	8,800	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
0,990	19,800	19,800	9,900	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
1,100	22,000	22,000	11,000	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
1,210	24,200	24,200	12,100	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
1,320	26,400	26,400	13,200	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
1,430	28,600	28,600	14,300	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
1,540	30,800	30,800	15,400	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
1,650	33,000	33,000	16,500	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
1,760	35,200	35,200	17,600	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
1,870	37,400	37,400	18,700	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
1,980	39,600	39,600	19,800	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
2,090	41,800	41,800	20,900	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
2,200	44,000	44,000	22,000	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
2,288	45,750	45,750	22,875	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213
2,375	47,500	47,500	23,750	0,000	5,000	5,935	0,000	2,426	1,213

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	20,78		
2	STERRE k0_M1		22,33	28,20
2a	STERRE K0_M2		25,93	32,75
2b	STERRE ka_M1		14,88	18,80
2c	STERRE ka_M2		18,27	23,08
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		14,10	11,88
4a	SOVR. STATICO k0_M2		16,38	13,79
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		0,00	0,00
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		0,00	0,00
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		16,74	14,10
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		19,47	16,39
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		11,94	10,06
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		14,01	11,80
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		6,84	5,76
8	INERZIA VERT (BASSO)	2,88		

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	19,25	41,22	47,96
1/4 spessore soletta_M_max	2_SLU_STR	20,02	45,56	51,17
Asse soletta_M_max	2_SLU_STR	20,78	50,18	54,48

20.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	19,25	17,75
Filo soletta _FR	2_FR	19,25	26,82
Filo soletta _CAR	2_CAR	19,25	29,85
1/4 soletta _QP	1_QP	20,02	19,95
1/4 soletta _FR	2_FR	20,02	29,76
1/4 soletta _CAR	2_CAR	20,02	33,03

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

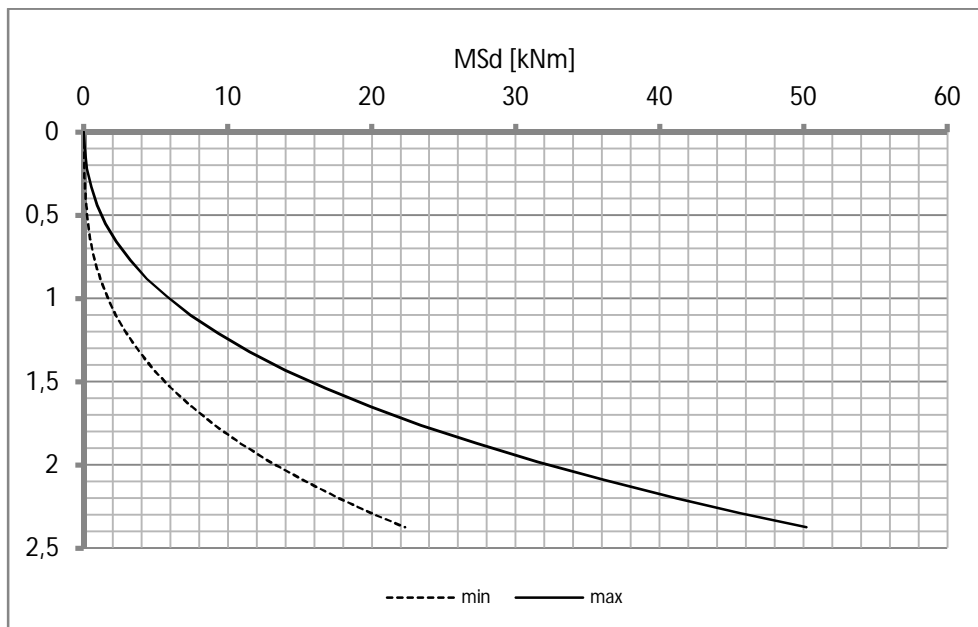
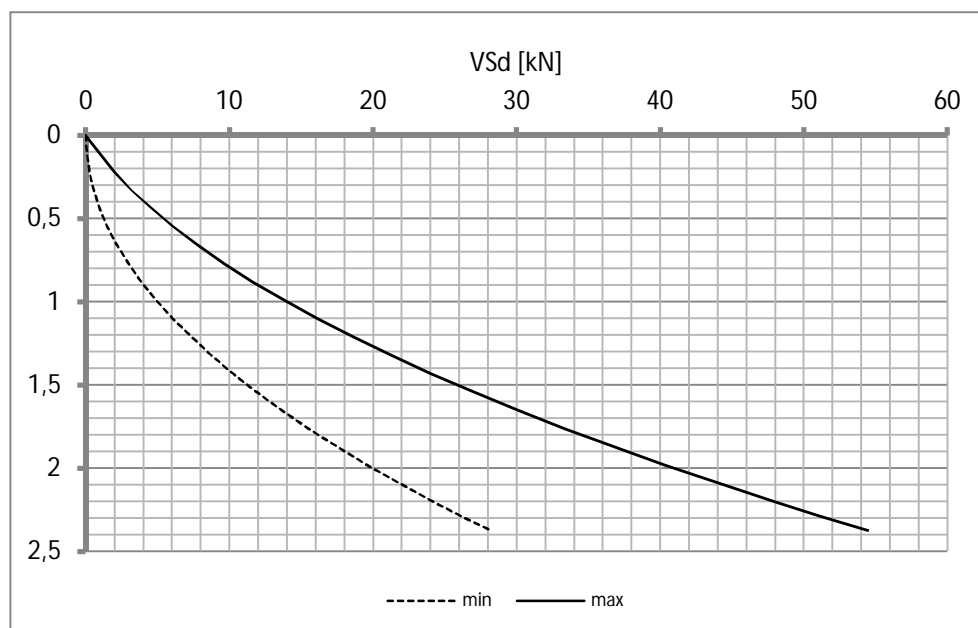
	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	0,345	40,309	29,404
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	1,875	18,001	-22,424
1/4 spessore piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,088	48,288	22,372
Asse piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,000	50,178	20,781
Mezzeria_M_min	2_SLV_STR	1,637	3,437	-4,484

20.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,175	19,00
Filo piedritto _FR	2_FR	0,175	29,36
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,175	32,81

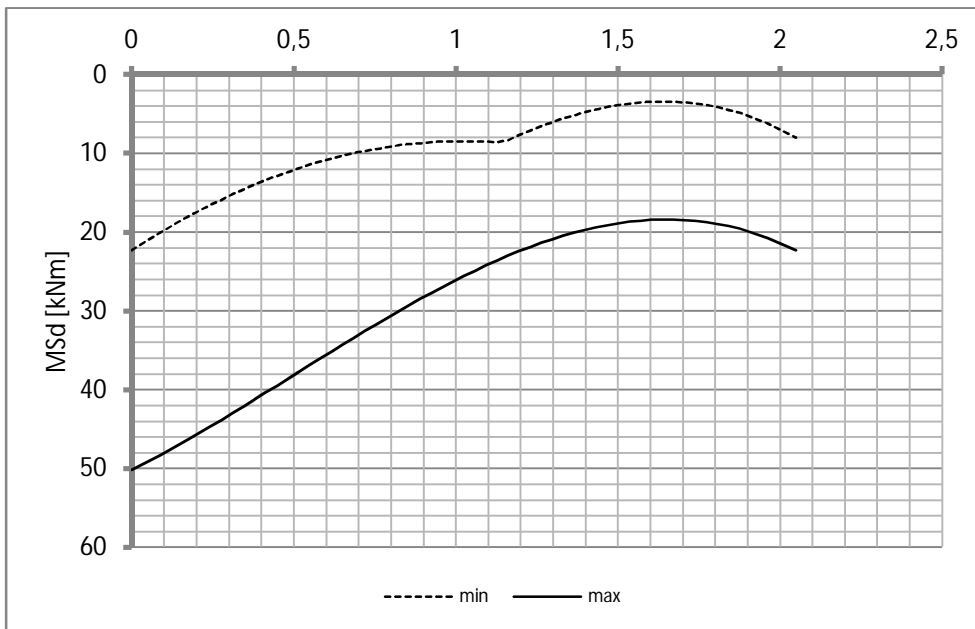
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,088	20,59
1/4 piedritto _FR	2_FR	0,088	31,11
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,088	34,61

Mezzeria _QP	1_QP	1,025	11,65
Mezzeria _FR	1_FR	1,025	11,65
Mezzeria _CAR	1_CAR	1,025	11,65

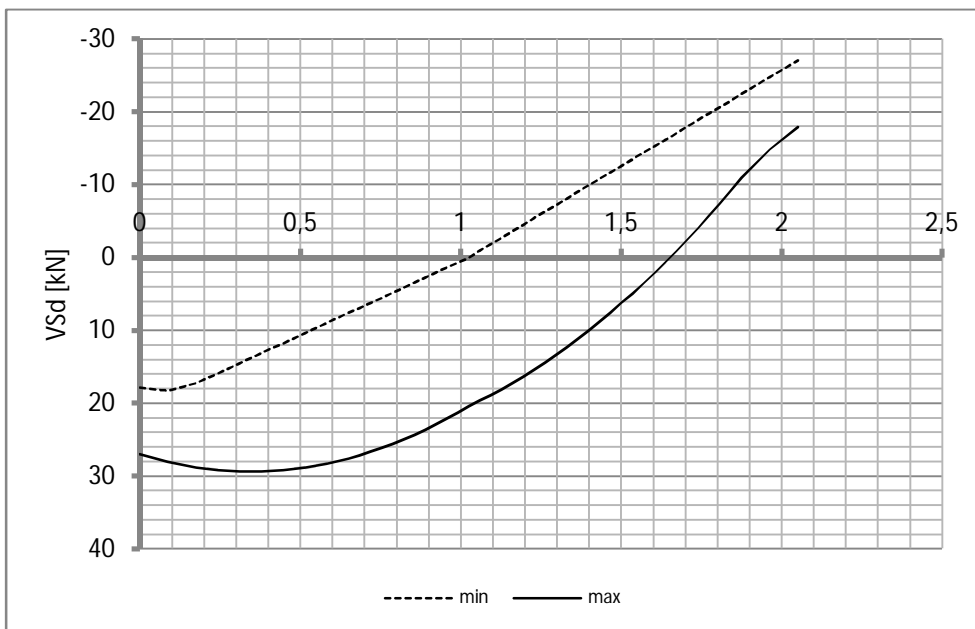
20.6. Diagrammi di inviluppo SLU-SLV**20.6.1. Piedritti**MomentoTaglio

20.6.2. Soletta

Momento

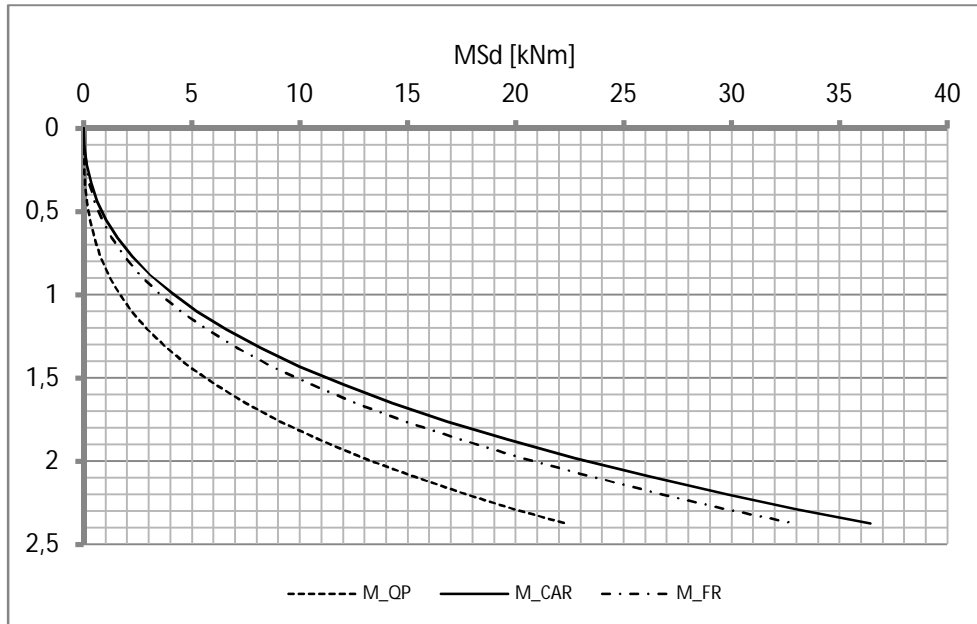


Taglio

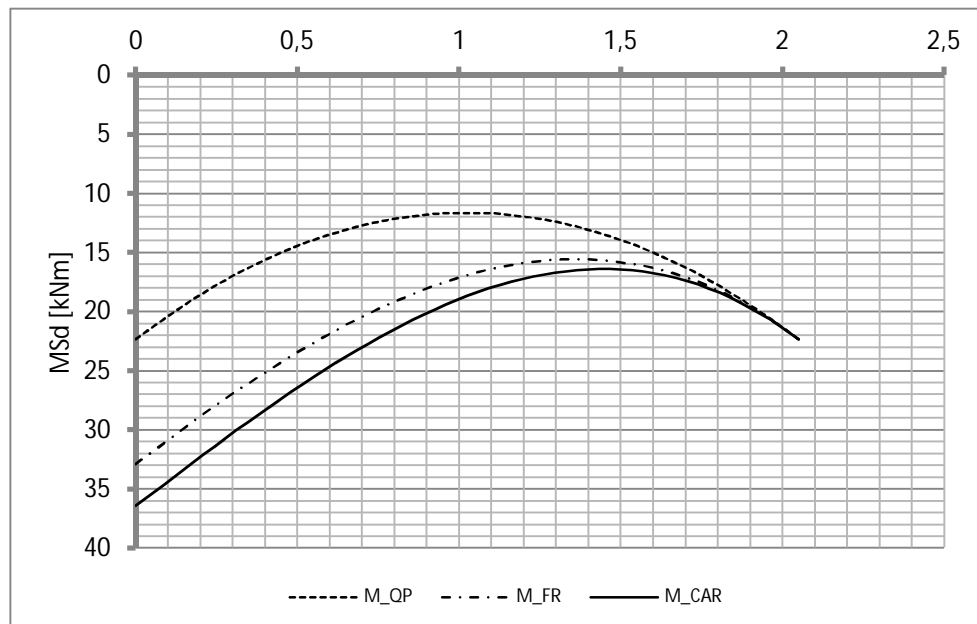


20.7. Diagrammi di involucro SLE

20.7.1. Piedritti



20.7.2. Soletta



20.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

20.8.1. Soletta

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
Calcestruzzo:																																																								
Classe	C32/40																																																							
R_{ct}	40,00 N/mm ²																																																							
f_{ck}	33,20 N/mm ²																																																							
f_{cm}	41,20 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,10 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,72 N/mm ²																																																							
E_{cm}	33642,78 N/mm ²																																																							
ϵ_{c2}	0,200 %																																																							
ϵ_{c3}	0,175 %																																																							
ϵ_{c4}	0,070 %																																																							
ϵ_{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 ²																																																							
f_{tk}	540 N/mm ²																																																							
E_s	200000 N/mm ²																																																							
ϵ_{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	2,04																																																							
n, lungo termine =	11,57 = 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=	350 mm																																																							
Armature:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>5</td><td>10</td><td>65</td><td>392,69908</td></tr> <tr><td>2</td><td>5</td><td>14</td><td>283</td><td>769,69902</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 _i mm	As mm ²	1	5	10	65	392,69908	2	5	14	283	769,69902	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
1	5	10	65	392,69908																																																				
2	5	14	283	769,69902																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
Armatura di ripartizione:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>superiore</td><td>5</td><td>10</td><td>55</td><td>392,69908</td></tr> <tr><td>inferiore</td><td>5</td><td>10</td><td>295</td><td>392,69908</td></tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²	superiore	5	10	55	392,69908	inferiore	5	10	295	392,69908																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
superiore	5	10	55	392,69908																																																				
inferiore	5	10	295	392,69908																																																				

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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	350 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		5	10	65	393
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	393 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	65 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case	2_SLU_STR	
Frame	-	
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	29,404 kN

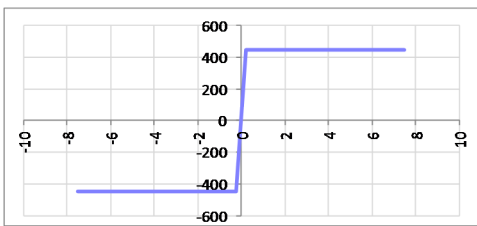
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	285 mm
Coefficiente	k	1,84
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,14%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,50 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	143,18 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	143,18 kN
Verifica		0,21 Verifica soddisfatta

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

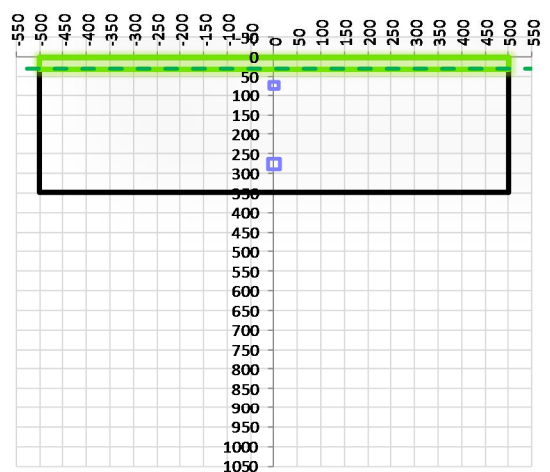
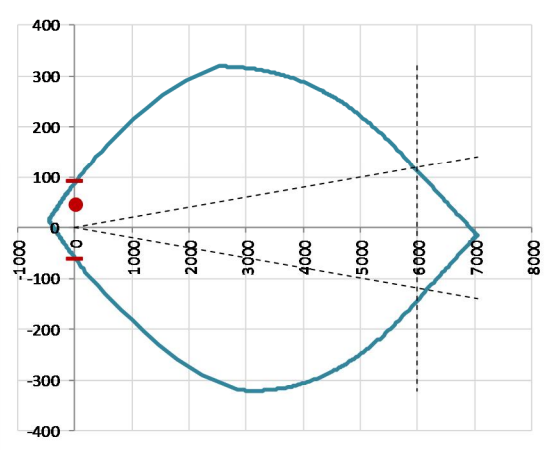
20.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w _d [mm]	w _{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	32,8	Msd<Mf	0,200	56,27	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]		
Quasi permanente	1_OP	-	0,0	20,6	-2,25	103,18	-2,31	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	34,6	-3,78	173,44	-3,88	Sezione parzializzata	

20.8.2. Piedritto

CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
Calcestruzzo:																																																								
Classe	C32/40																																																							
R_{ck}	40,00 N/mm ²																																																							
f_{ck}	33,20 N/mm ²																																																							
f_{cm}	41,20 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,10 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²																																																							
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²																																																							
f_{ctm}	3,72 N/mm ²																																																							
E_{cm}	33642,78 N/mm ²																																																							
ϵ_{c2}	0,200 %																																																							
ϵ_{c3}	0,175 %																																																							
ϵ_{c4}	0,070 %																																																							
ϵ_{cu}	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
																																																								
Acciaio:																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportament	EL-PL																																																							
$k = (f_t/f_y)_k$	1																																																							
f_{yk}	450 N/mm ²																																																							
f_{tk}	540 N/mm ²																																																							
E_s	200000 N/mm ²																																																							
ϵ_{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	2,04																																																							
n, lungo termine =	11,57 = 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=	350 mm																																																							
Armature:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>73</td> <td>392,69908</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>14</td> <td>275</td> <td>769,69902</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 _i mm	As mm ²	1	5	10	73	392,69908	2	5	14	275	769,69902	3				0	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
1	5	10	73	392,69908																																																				
2	5	14	275	769,69902																																																				
3				0																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
Armatura di ripartizione:																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y_i mm</th> <th>As mm²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>63</td> <td>392,69908</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>287</td> <td>392,69908</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²	superiore	5	10	63	392,69908	inferiore	5	10	287	392,69908																																									
Pos.	n° barre	∅ mm	y _i mm	As mm ²																																																				
superiore	5	10	63	392,69908																																																				
inferiore	5	10	287	392,69908																																																				

20.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA																																																					
Coefficienti di sicurezza allo SLU																																																					
Calcestruzzo																																																					
α_{cc}		0,85																																																			
γ_c		1,50																																																			
f_{cd}		22,13 N/mm ²																																																			
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
Acciaio																																																					
γ_s		1,15																																																			
f_{yd}		391,30 N/mm ²																																																			
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	-	20,0	45,6	7039,51	-454,85	91,39	-62,50	50%																																													
Sezione:																																																					
				Fibre compresse		Superiori																																															
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm ²																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-2,74	%																																															
				d	275,00	mm																																															
				x	31,18	mm																																															
				x/d	0,11																																																
Dominio M-N																																																					
				<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>20,0</td> <td>45,6</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]	2_SLU_STR	-	20,0	45,6																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
2_SLU_STR	-	20,0	45,6																																																		

20.8.2.2. 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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	350 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		5	10	73	393
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	393 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	73 mm			

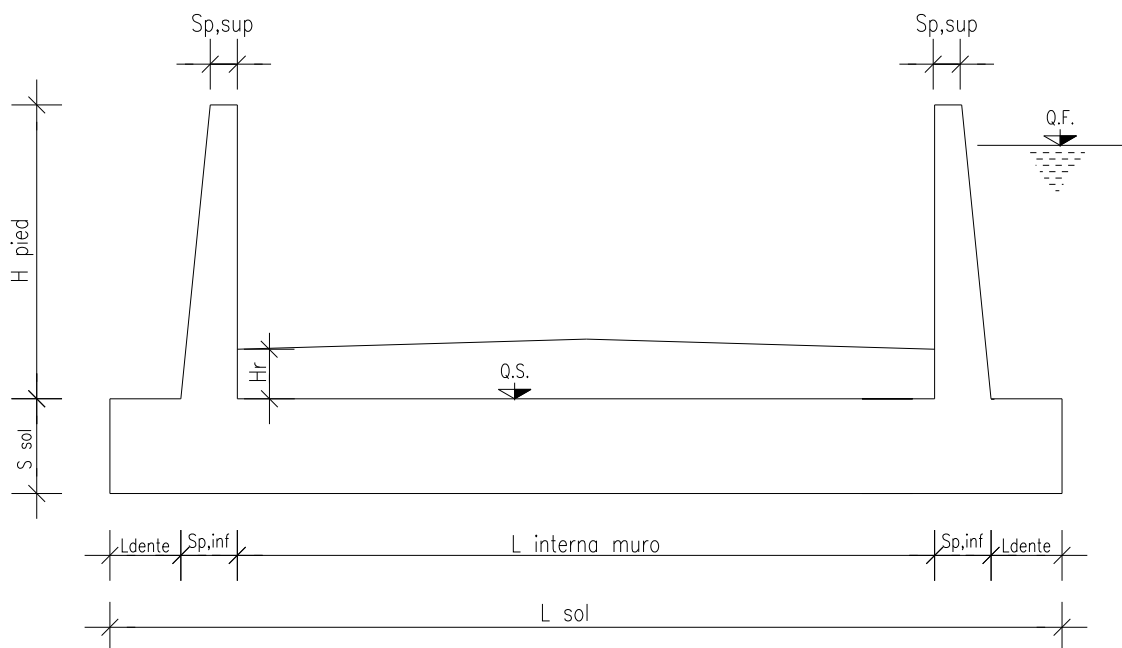
SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	19,25 kN
Taglio	V_{Ed}	47,96 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	277 mm
Coefficiente	k	1,85
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,14%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,06 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,51 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	142,82 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	142,82 kN
Verifica		0,34 Verifica soddisfatta

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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
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>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N	M	w _d	w _{lim}	MO - Mf		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	19,3	29,9	Msd<Mf	0,200	56,93	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Quasi permanente	1_OP	-	20,0	20,0	-2,28	88,49	-1,65	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	20,0	33,0	-3,80	155,76	-0,48	Sezione parzializzata	

21. MURO A U TIPO 2**21.1. Geometria della struttura**Dimensioni geometriche trasversali:

- L_{sol} = 2.40 m
- S_{sol} = 0.35 m
- $L_{int,muro}$ = 1.70 m
- L_{dente} = 0.00 m
- H_{pied} = 3.15 m
- $S_{p,sup}$ = 0.35 m
- $S_{p,inf}$ = 0.35 m
- Q.F.

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]	σ_v [kN/m ²]	σ'_v [kN/m ²]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m ²]	σ_w [kN/m ²]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m ²]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m ²]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m ²]	f_h [kN/m ²]	f_v [kN/m ²]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
0,158	3,150	3,150	1,575	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
0,315	6,300	6,300	3,150	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
0,473	9,450	9,450	4,725	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
0,630	12,600	12,600	6,300	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
0,788	15,750	15,750	7,875	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
0,945	18,900	18,900	9,450	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
1,103	22,050	22,050	11,025	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
1,260	25,200	25,200	12,600	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
1,418	28,350	28,350	14,175	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
1,575	31,500	31,500	15,750	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
1,733	34,650	34,650	17,325	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
1,890	37,800	37,800	18,900	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
2,048	40,950	40,950	20,475	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
2,205	44,100	44,100	22,050	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
2,363	47,250	47,250	23,625	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
2,520	50,400	50,400	25,200	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
2,678	53,550	53,550	26,775	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
2,835	56,700	56,700	28,350	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
2,993	59,850	59,850	29,925	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
3,150	63,000	63,000	31,500	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
3,238	64,750	64,750	32,375	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213
3,325	66,500	66,500	33,250	0,000	5,000	8,309	0,000	2,426	1,213

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	29,09		
2	STERRE k0_M1		61,27	55,28
2a	STERRE K0_M2		71,15	64,20
2b	STERRE ka_M1		40,84	36,85
2c	STERRE ka_M2		50,13	45,23
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		27,64	16,63
4a	SOVR. STATICO k0_M2		32,10	19,31
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		0,00	0,00
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		0,00	0,00
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		45,93	27,63
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		53,42	32,13
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		32,77	19,71
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		38,45	23,13
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		13,41	8,07
8	INERZIA VERT (BASSO)	4,03		

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	27,56	104,93	88,12
1/4 spessore soletta_M_max	2_SLU_STR	28,33	112,83	92,41
Asse soletta_M_max	2_SLU_STR	29,09	121,11	96,80

21.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	27,56	52,09
Filo soletta _FR	2_FR	27,56	70,70
Filo soletta _CAR	2_CAR	27,56	76,90
1/4 soletta _QP	1_QP	28,33	56,56
1/4 soletta _FR	2_FR	28,33	76,21
1/4 soletta _CAR	2_CAR	28,33	82,76

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	0,583	93,461	52,145
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	1,875	55,204	-31,452
1/4 spessore piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,088	118,346	33,862
Asse piedritto_M_max	2_SLU_STR	0,000	121,105	29,094
Mezzeria_M_min	2_SLV_STR	1,773	23,104	-4,472

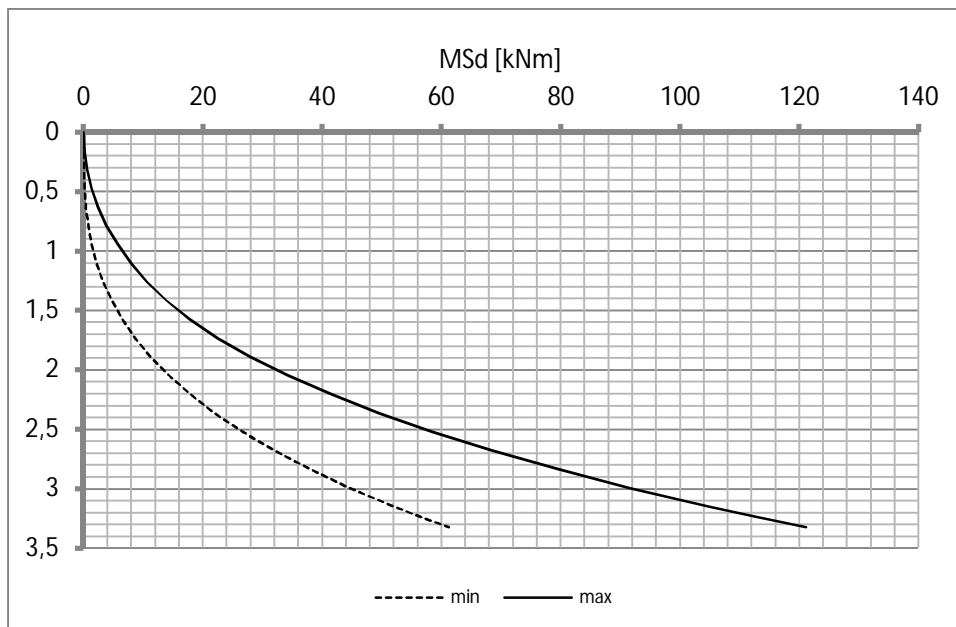
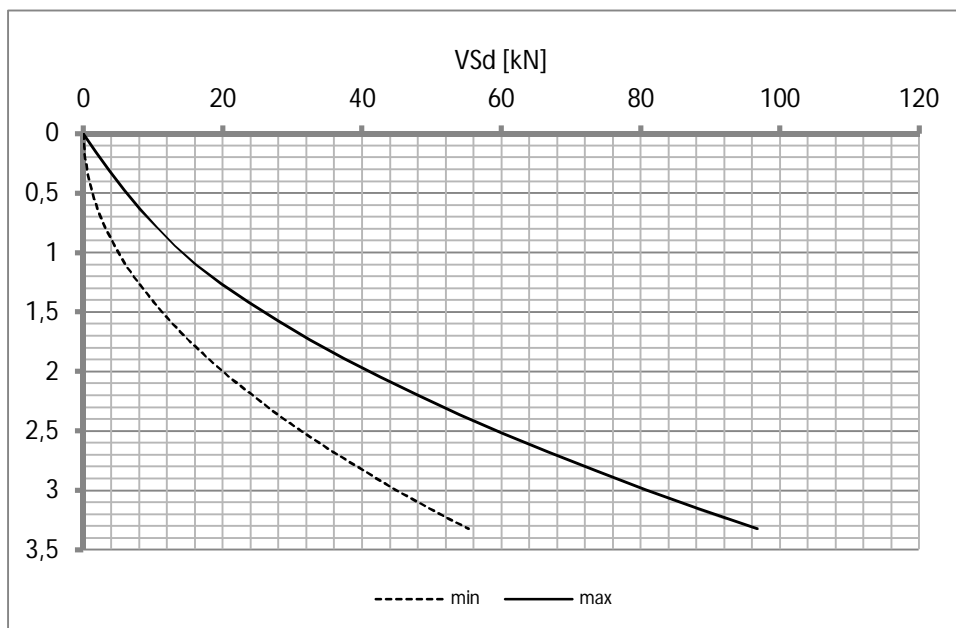
21.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,175	56,60
Filo piedritto _FR	2_FR	0,175	76,90
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,175	83,67

1/4 piedritto _QP	1_QP	0,088	58,83
1/4 piedritto _FR	2_FR	0,088	79,45
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,088	86,32

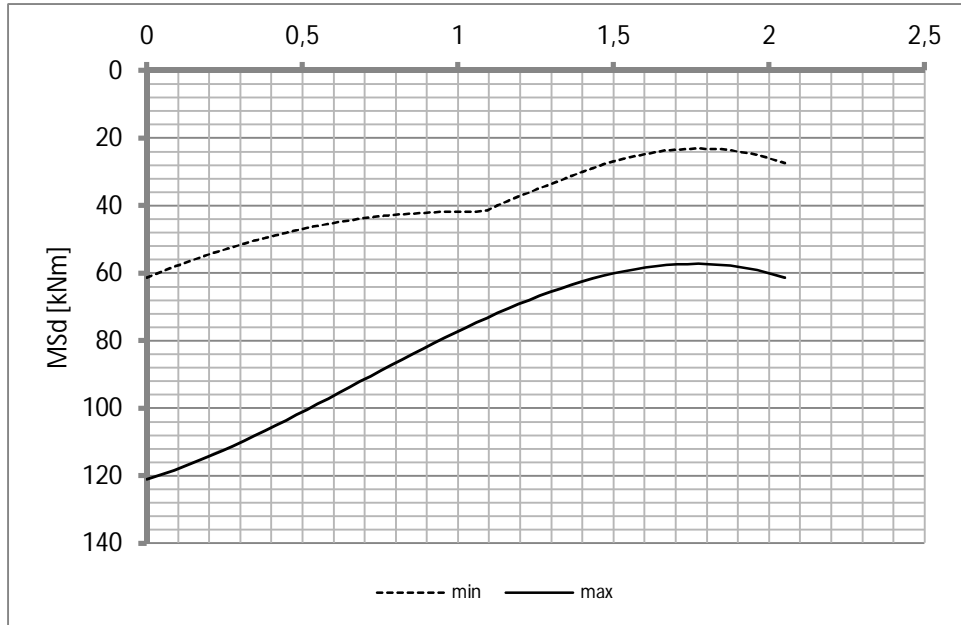
Mezzeria _QP	1_QP	1,025	46,26
Mezzeria _FR	1_FR	1,025	46,26
Mezzeria _CAR	1_CAR	1,025	46,26

Doc. N.

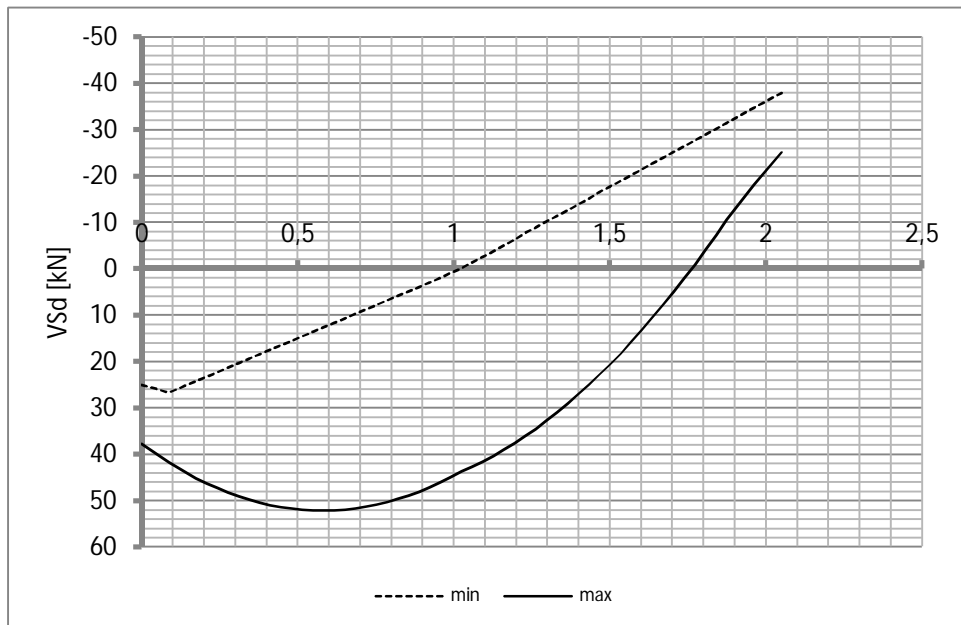
Progetto
INORLotto
11Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001Rev.
AFoglio
135 di 146**21.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV****21.6.1. Piedritti**MomentoTaglio

21.6.2. Soletta

Momento

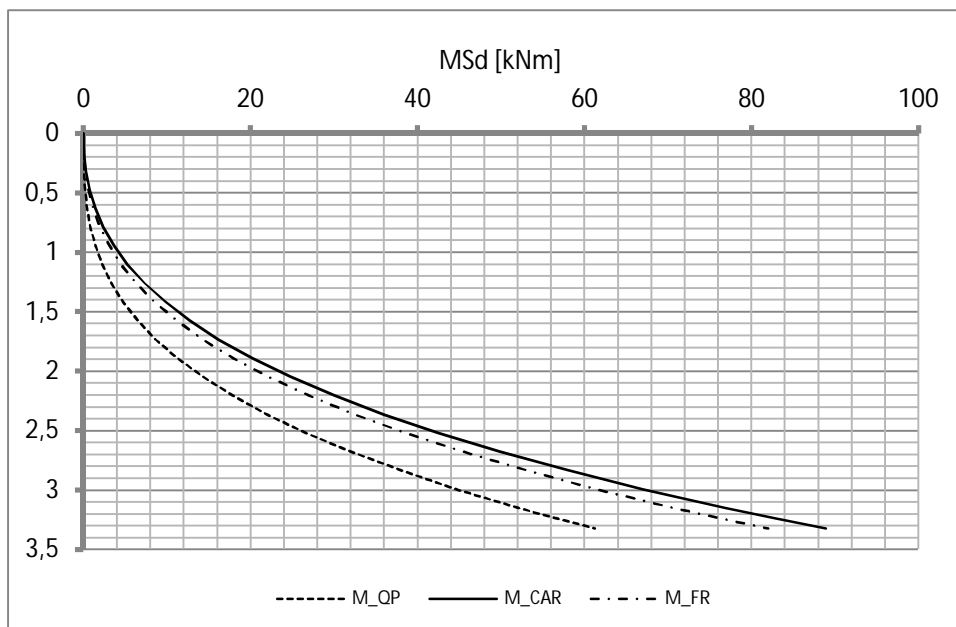


Taglio

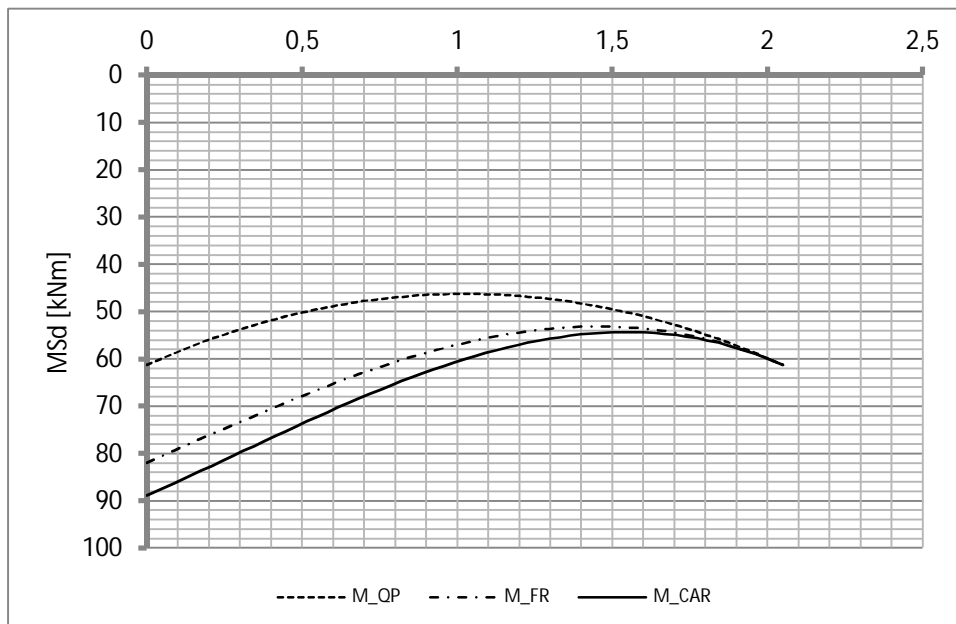


21.7. Diagrammi di involucro SLE

21.7.1. Piedritti

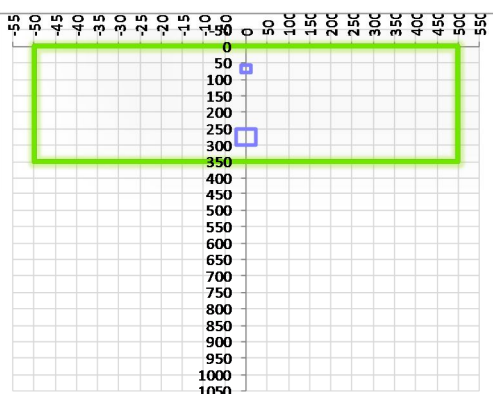


21.7.2. Soletta



21.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

21.8.1. Soletta

CARATTERISTICHE MATERIALI				
Calcestruzzo:				
Classe	C32/40			
R_{ct}	40,00 N/mm ²			
f_{ck}	33,20 N/mm ²			
f_{cm}	41,20 N/mm ²			
f_{ctm}	3,10 N/mm ²			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²			
f_{ctm}	3,72 N/mm ²			
E_{cm}	33642,78 N/mm ²			
ϵ_{c2}	0,200 %			
ϵ_{c3}	0,175 %			
ϵ_{c4}	0,070 %			
ϵ_{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 ²			
f_{tk}	540 N/mm ²			
E_s	200000 N/mm ²			
ϵ_{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	2,04			
n, lungo termine =	11,57 = 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=	350 mm			
Armature:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y_i mm	As mm²
1	5	12	68	565,48668
2	5	24	276	2261,9467
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Armatura di ripartizione:				
Pos.	n° barre	∅ mm	y_i mm	As mm²
superiore	5	12	56	565,48668
inferiore	5	12	294	565,48668
				

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

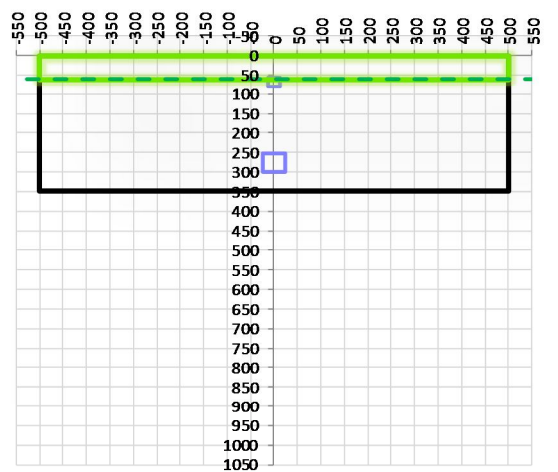
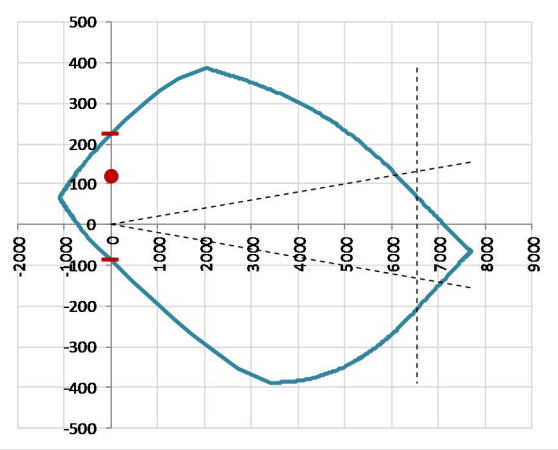
Codifica Documento
E E2 CL R100 04 001

Rev.
A

Foglio
139 di 146

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.

21.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

CRITERI DI VERIFICA													
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>													
Calcestruzzo													
α_{cc}		0,85											
γ_c		1,50											
f_{cd}		22,13 N/mm ²											
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm ²	= $f_{dm} / 1,2$										
Acciaio													
γ_s		1,15											
f_{yd}		391,30 N/mm ²											
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	-	0,0	118,3	7691,05	-1106,39	223,72	-88,29	53%					
<i>Sezione:</i>													
				<i>Fibre compresse Superiori</i>									
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm ²							
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm ²							
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%							
				$\epsilon_{s,min}$	-1,23	%							
				d	276,00	mm							
				x	61,07	mm							
x/d	0,22												
<i>Dominio M-N</i>													
				Combinazione		fram/nodo		NSd [kN]		MSd [kNm]			
				2_SLU_STR		-		0,0		118,3			

21.8.1.2. 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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	350 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		5	12	68	565
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	565 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	68 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	0 kN
Taglio	V_{Ed}	52,145 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	282 mm
Coefficiente	k	1,84
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,20%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,00 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,50 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	142,19 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	142,19 kN
Verifica		0,37 Verifica soddisfatta

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

21.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

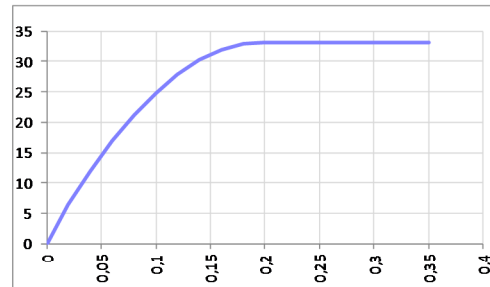
PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
Combinazione	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w_d</i>	<i>w_{lim}</i>	<i>MO - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	83,7	0,183	0,200	61,27	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	<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 ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]		
Quasi permanente	1_OP	-	0,0	58,8	-4,44	108,70	-23,39	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	86,3	-6,51	159,49	-34,32	Sezione parzializzata	

21.8.2. Piedritto

CARATTERISTICHE MATERIALI

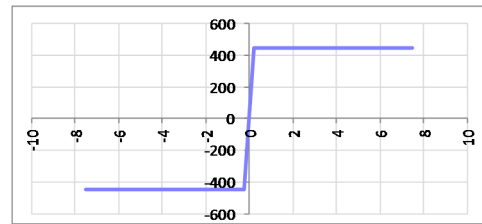
Calcestruzzo:

Classe	C32/40
R_{ct}	40,00 N/mm ²
f_{ck}	33,20 N/mm ²
f_{cm}	41,20 N/mm ²
f_{ctm}	3,10 N/mm ²
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm ²
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm ²
f_{ctm}	3,72 N/mm ²
E_{cm}	33642,78 N/mm ²
ϵ_{c2}	0,200 %
ϵ_{c3}	0,175 %
ϵ_{c4}	0,070 %
ϵ_{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 ²
f_{tk}	540 N/mm ²
E_s	200000 N/mm ²
ϵ_{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	2,04	
n , lungo termine =	11,57 = E_s/E_{cm}	lungo termine
n , verifiche QP	15,0 = E_s/E_{cm}	breve termine
n , verifiche CAR	15,0 = E_s/E_{cm}	breve termine

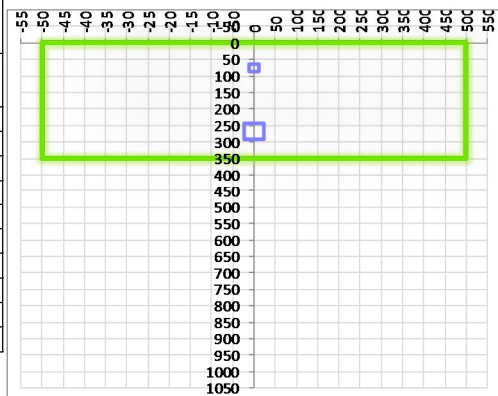
CARATTERISTICHE SEZIONE

Sezione:

B=	1000 mm
H=	350 mm

Armature:

Pos.	n° barre	ϕ mm	y_i mm	A_s mm ²
1	5	12	76	565,48668
2	5	24	268	2261,9467
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0



Armatura di ripartizione:

Pos.	n° barre	ϕ mm	y_i mm	A_s mm ²
superiore	5	12	64	565,48668
inferiore	5	12	286	565,48668

21.8.2.2. 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	γ_c	1,50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}	0,85
Coefficiente di sicurezza per l'acciaio	γ_s	1,15

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	350 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm ²]
strato1		5	12	76	565
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	565 mm ²			
Posizione della barra equivalente	c^*	76 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	N_{Ed}	27,56 kN
Taglio	V_{Ed}	88,12 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	274 mm
Coefficiente	k	1,85
Rapporto di armatura longitudinale	ρ_l	0,21%
Tensione assiale media	σ_{cp}	0,08 N/mm ²
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm ²
	v_{min}	0,51 N/mm ²
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	142,77 kN
Resistenza al taglio senza armatura	V_{rd}	142,77 kN
Verifica		0,62 Verifica soddisfatta

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 ₁ =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k ₃ =	3,40	(valore raccomandato)							
k ₄ =	0,425	(valore raccomandato)							
CRITERI DI VERIFICA									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	Aggressive								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	Poco sensibile								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
Combinazione	σ_c / f_{ck}	σ_s / f_{yk}	[N/mm ²]	[N/mm ²]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)									
<u>Fessurazione</u>									
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w _d [mm]	w _{lim} [mm]	MO - Mf [kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	27,6	76,9	0,132	0,200	61,74	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm ²]		
Quasi permanente	1_OP	-	28,3	56,6	-4,55	101,15	-20,22	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	28,3	82,8	-6,65	151,10	-28,57	Sezione parzializzata	

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
11

Codifica Documento
E E2 CL RI00 04 001

Rev.
A

Foglio
146 di 146

22. RIFERIMENTI

22.1. Documenti referenziati

Rif. [1] Cepav due, documento n° INOR 11 E E2 RB RI00 00 001, intitolato “RELAZIONE GEOTECNICA Corpo ferroviario linea AV da pk 143+829,891 a pk 150+780,229 – Tombini circolari D1500”.

Rif. [2] Cepav due, documento n° INOR 11 E E2 CL RI00 04 002, intitolato “Corpo ferroviario linea AV da pk 143+829,891 a pk 150+780,229 – Tombini circolari D1500 – Allegato alla relazione di calcolo – Tabulati di calcolo”.

22.2. Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

22.3. Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.