

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**

**GA22 - GALLERIA ARTIFICIALE IC VR MERCI B. P.**

**DA PK 1+628.179 A PK 1+943.927**

**RELAZIONE DI CALCOLO CONCI 1-2-4-5-6-8-9**

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

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

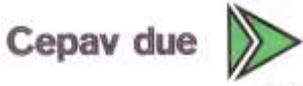
PROGETTAZIONE						PROVINCIA DI VERONA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Il PROGETTISTA	
A	Emissione	GUILARTE	22/10/18	AIELLO	22/10/18		
B							
C							

CIG. 751447334A      EE2CLGA2200001A\_02.docx



CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA

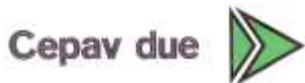


Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001Rev.  
AFoglio  
2 di 142**INDICE**

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

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001Rev.  
AFoglio  
3 di 142

9.4	AZIONI TERMICHE E RITIRO (LOAD 6 ÷ 9).....	25
9.5	CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA INFERIORE (LOAD 10) .....	26
9.6	SERPEGGIO (LOAD 11).....	28
9.7	FORZA CENTRIFUGA (LOAD 12).....	28
9.8	SOVRACCARICO SUL RICOPRIMENTO SUPERIORE (LOAD 13).....	29
9.9	SPINTA DEL SOVRACCARICO (LOAD 14).....	29
9.10	AZIONE ECCEZIONALE (LOAD 15).....	29
9.11	AZIONE SISMICA (LOAD 16÷20).....	30
9.12	RIEPILOGO DEI CARICHI SOLLECITANTI.....	32
10.	ANALISI DEI CARICHI SEZIONE TIPO 2 .....	33
10.1	PESO PROPRIO STRUTTURE (LOAD1) .....	33
10.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI (LOAD2 E LOAD3).....	33
10.3	SPINTA DEL TERRENO (LOAD4 E LOAD5).....	33
10.4	AZIONI TERMICHE E RITIRO (LOAD 6 ÷ 9).....	34
10.5	CARICHI MOBILI VERTICALI SULLA SOLETTA INFRIORE (LOAD 10) .....	35
10.6	SERPEGGIO (LOAD 11).....	37
10.7	FORZA CENTRIFUGA (LOAD 12).....	37
10.8	SOVRACCARICO SUL RICOPRIMENTO SUPERIORE (LOAD 13).....	38
10.9	SPINTA DEL SOVRACCARICO (LOAD 14).....	38
10.10	AZIONE ECCEZIONALE (LOAD 15).....	38
10.11	AZIONE SISMICA (LOAD 16÷20).....	39
10.12	RIEPILOGO DEI CARICHI SOLLECITANTI.....	41
11.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	42
11.1	CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO ADOTTATE .....	42
11.1.1	Combinazioni SLU di tipo STR.....	43
11.1.2	Combinazioni SLU di tipo GEO .....	44
11.1.3	Combinazioni SLV .....	45
11.1.4	Combinazioni ECC – Eccezionali.....	45

11.1.5	Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Caratteristica .....	46
11.2	DIAGRAMMI DI INVILUPPO – SEZIONE TIPO 1 .....	47
11.2.1	Inviluppo momento flettente SLU/SLV/ECC – STR .....	47
11.2.2	Inviluppo taglio SLU/SLV/ECC – STR .....	48
11.2.3	Inviluppo momento flettente SLE – Quasi Permanente .....	49
11.2.4	Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico.....	50
11.3	DIAGRAMMI DI INVILUPPO – SEZIONE TIPO 2.....	51
11.3.1	Inviluppo momento flettente SLU/SLV/ECC – STR .....	51
11.3.2	Inviluppo taglio SLU/SLV/ECC – STR .....	52
11.3.3	Inviluppo momento flettente SLE – Quasi Permanente .....	53
11.3.4	Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico.....	54
12.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	55
12.1	SEZIONE TIPO 1 .....	56
12.1.1	Soletta inferiore – sezione di incastro .....	56
12.1.1.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	57
12.1.1.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	58
12.1.1.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	59
12.1.2	Soletta inferiore – sezione di mezzeria .....	60
12.1.2.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	61
12.1.2.2	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	62
12.1.3	Piedritto – sezione di incastro inferiore .....	63
12.1.3.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	64
12.1.3.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	65
12.1.3.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	66
12.1.4	Piedritto – sezione di mezzeria .....	67
12.1.4.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	68
12.1.4.2	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	69
12.1.5	Piedritto – sezione di incastro superiore .....	70
12.1.5.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	71
12.1.5.2	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	72
12.1.6	Soletta superiore – sezione di incastro .....	73
12.1.6.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	74
12.1.6.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	75

12.1.6.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	76
12.1.7	Soletta superiore – sezione di mezzeria.....	77
12.1.7.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	78
12.1.7.2	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	79
12.2	SEZIONE TIPO 2.....	80
12.2.1	Soletta inferiore – sezione di incastro.....	80
12.2.1.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	81
12.2.1.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....	82
12.2.1.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	83
12.2.2	Soletta inferiore – sezione di mezzeria.....	84
12.2.2.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	85
12.2.2.2	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	86
12.2.3	Piedritto – sezione di incastro inferiore.....	87
12.2.3.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	88
12.2.3.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....	89
12.2.3.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	90
12.2.4	Piedritto – sezione di mezzeria.....	91
12.2.4.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	92
12.2.4.2	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	93
12.2.5	Piedritto – sezione di incastro superiore.....	94
12.2.5.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	95
12.2.5.2	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	96
12.2.6	Soletta superiore – sezione di incastro.....	97
12.2.6.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	98
12.2.6.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....	99
12.2.6.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	100
12.2.7	Soletta superiore – sezione di mezzeria.....	101
12.2.7.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	102
12.2.7.2	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	103
12.3	VERIFICA PUNZONAMENTO DOVUTO ALL'URTO SUL PIEDRITTO.....	104
12.4	VERIFICA EFFETTI LONGITUDINALI DA RITIRO.....	106
12.4.1	Coazioni interne dovute ai fenomeni di ritiro.....	106
12.4.2	Calcolo delle sollecitazioni longitudinali dovute ai fenomeni di ritiro.....	107
13.	CORDOLI DI TESTA.....	108

13.1	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....	108
13.1.1	<i>Pressioni del terreno</i> .....	108
13.1.2	<i>Sovraccarichi accidentali</i> .....	109
13.1.3	<i>Azione sismica</i> .....	109
13.2	COMBINAZIONE DEI CARICHI .....	109
13.3	AZIONI SOLLECITANTI.....	110
13.3.1	<i>Codolo di testa</i> .....	110
13.3.1.1	<i>Azioni elementari</i> .....	110
13.3.1.2	<i>Azioni di calcolo</i> .....	110
13.3.2	<i>Cordolo laterale - sbalzo 150cm</i> .....	110
13.3.2.1	<i>Azioni elementari</i> .....	110
13.3.2.2	<i>Azioni di calcolo</i> .....	111
13.3.3	<i>Cordolo laterale - sbalzo 220cm</i> .....	111
13.3.3.1	<i>Azioni elementari</i> .....	111
13.3.3.2	<i>Azioni di calcolo</i> .....	112
13.3.4	<i>Cordolo laterale - sbalzo 315cm</i> .....	112
13.3.4.1	<i>Azioni elementari</i> .....	112
13.3.4.2	<i>Azioni di calcolo</i> .....	113
13.4	VERIFICHE STRUTTURALI.....	114
13.4.1	<i>Codolo di testa</i> .....	114
13.4.1.1	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	115
13.4.1.2	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	116
13.4.1.3	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	117
13.4.2	<i>Cordolo laterale - sbalzo 150cm – profondità 11.0m</i> .....	118
13.4.2.1	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	119
13.4.2.2	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	120
13.4.2.3	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	121
13.4.3	<i>Cordolo laterale - sbalzo 220cm – profondità 6.0m</i> .....	122
13.4.3.1	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	123
13.4.3.2	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	124
13.4.3.3	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	125
13.4.4	<i>Cordolo laterale - sbalzo 220cm – profondità 11.0m</i> .....	126
13.4.4.1	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	127
13.4.4.2	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	128

13.4.4.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	129
13.4.5	Cordolo laterale - sbalzo 315cm – profondità 3.0m.....	130
13.4.5.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	131
13.4.5.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	132
13.4.5.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	133
13.4.6	Cordolo laterale - sbalzo 315cm – profondità 6.0m.....	134
13.4.6.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	135
13.4.6.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	136
13.4.6.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	137
13.4.7	Cordolo laterale - sbalzo 315cm – profondità 11.0m.....	138
13.4.7.1	Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....	139
13.4.7.2	Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....	140
13.4.7.3	Verifiche allo stato limite di esercizio.....	141
14.	RIFERIMENTI.....	142
14.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	142
14.2	DOCUMENTI CORRELATI .....	142
14.3	DOCUMENTI SUPERATI.....	142

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione è relativa al calcolo della galleria artificiale facente parte dell'opera denominata "GA22 - GALLERIA ARTIFICIALE IC VR MERCI B.P.", ubicata dal km 1+628.179 al km 1+943.926 del binario pari della linea di interconnessione, con uno sviluppo complessivo pari a 315.75m.

L'opera è realizzata mediante scatolari in c.a. gettati in opera a singola canna e a singolo binario.

Lo scatolare presenta larghezza interna costante pari a 6.20m e altezza variabile da un min. di 8.20m ad un max. di 8.75m. I conci presentano soletta superiore e piedritti di spessore 80cm e soletta inferiore di spessore 90cm ad eccezione dei conci posti in corrispondenza dell'intersezione con la linea AV/AC e con la linea ferroviaria storica che presentano tutti gli elementi strutturali di spessore 120cm.

Il ricoprimento degli scatolari è variabile da 1.00 a 1.60m, diventa pari a 2.60m in corrispondenza dell'intersezione con la linea AV/AC mentre diventa pari a 2.20m in corrispondenza dell'intersezione con la linea ferroviaria storica.

Nella seguente tabella si riassumono le principali caratteristiche geometriche di ciascun concio:

Concio	L [m]	Lint [m]	Hint [m]	sp. sol. sup [m]	sp. sol. inf [m]	sp. pied.[m]	Hric	Classific. per calcolo
1	22.333	6.20	8.20	0.80	0.90	0.80	1.23 ÷ 1.35	Tipo 1
2	22.333	6.20	8.20	0.80	0.90	0.80	1.35 ÷ 1.60	Tipo 1
3A	36.00	6.20	8.20	1.20	1.20	1.20	1.40 ÷ 2.60	Tipo 3
3B	36.00	6.20	8.20	1.20	1.20	1.20	1.00 ÷ 2.60	Tipo 3
4	29.389	6.20	8.20	0.80	0.90	0.80	1.00	Tipo 1
5	29.389	6.20	8.20	0.80	0.90	0.80	1.00	Tipo 1
6	29.389	6.20	8.20	0.80	0.90	0.80	1.00	Tipo 1
7A	30.00	6.20	8.20	1.20	1.20	1.20	1.00 ÷ 2.20	Tipo 3
7B	30.00	6.20	8.20	1.20	1.20	1.20	1.00 ÷ 2.20	Tipo 3
8	25.455	6.20	8.40	0.80	0.90	0.80	1.00	Tipo 2
9	25.455	6.20	8.75	0.80	0.90	0.80	1.00	Tipo 2

L = lunghezza concio; Lint = larghezza interna; Hint = altezza interna; sp. Sol. Sup.=spessore soletta superiore; sp sol. Inf = spessore soletta inferiore; sp pied = spessore piedritti; Hric = altezza ricoprimento

Considerando le caratteristiche geometriche dei manufatti, sono state individuate 3 sezioni di calcolo:

- Tipo 1: galleria Hint=8.20 – Hric. 1.60m – metodo di calcolo: sezione 2D
- Tipo 2: galleria Hint=8.75 – Hric. 1.00m – metodo di calcolo: sezione 2D
- Tipo 3: galleria Hint=8.20 – Hric. 2.60m con soprastante linea ferroviaria – metodo di calcolo: modello 3D

La presente relazione tratta solamente le sezioni tipo 1 e tipo 2. Per le sezioni tipo 3 si rimanda al documento Ref [2].

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 i Comuni di Sona e di Sommacampagna (VR), ricade in zona sismica: verranno pertanto considerate anche le azioni derivanti dall'analisi sismica, secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/08.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 05.11.1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"
- 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”;
- UNI EN 1992-1-2 aprile 2005 (EC2 “Progettazione strutturale contro l’incendio”) “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-2: Regole generali – Progettazione strutturale contro l’incendio”
- UNI EN 1998-5 gennaio 2005 (EC8) “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica– Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”
- Regolamento U.E. nr. 1303/2014 della commissione del 18 novembre 2014 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità concernente la «sicurezza nelle gallerie ferroviarie» del sistema ferroviario dell'Unione europea (norma STI)
- 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;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 4 – Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 6 – Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A). Emissione 30/12/2016;
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili. Parte II – Sezione 2 – Ponti e strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A). Emissione 30/12/2016;
- “Criteri per il dimensionamento e verifiche delle gallerie artificiali D.M. 2008” rev. 01 del 26.01.2017 – ITALFERR U.O. Gallerie

### 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 rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidezza) nei confronti delle azioni verticali.

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  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*$ .

- $a_g$  → 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 Combinazione 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 NTC.

#### 3.2.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

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

Le verifiche strutturali agli stati limite ultimi sono 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 5.2.IV delle N.T.C. con i coefficienti parziali di sicurezza ferroviari indicati in tabella 5.2.V e i coefficienti di combinazione dei carichi ferroviari della tabella 5.2.VI, presenti al capitolo 5.2.3.3.1 delle N.T.C.; per quanto riguarda i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, si fa riferimento alla tabella 6.2.II 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.

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

L'azione sismica è calcolata come combinazione delle componenti orizzontali con quella verticale come  $E = 1.0 \times E_x + 0.3 \times E_y + 0.3 \times E_z$  con rotazione dei coefficienti moltiplicativi.

I valori del coefficiente  $\psi_{2i}$  sono quelli riportati nella tabella 5.2.VI della norma; la stessa propone nel caso di ponti, e più in generale per opere ferroviarie, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_{2i} = 0.2$  (condizione cautelativa).

### 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 5.2.IV delle N.T.C. con i coefficienti di combinazione dei carichi ferroviari della tabella 5.2.VI delle N.T.C. presenti al capitolo 5.2.3.3.2 della norma.

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

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 dei piedritti e delle solette dello scatolare, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C30/37 (Rck  $\geq 37$  N/mm<sup>2</sup>) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)  $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 30.71$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza media a compressione  $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71$  N/mm<sup>2</sup>
- Modulo elastico  $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33019$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza di calcolo a compressione  $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 17.40$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione media  $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.94$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione  $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.059$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.373$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a compressione (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 16.89$  N/mm<sup>2</sup>
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)  $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 12.28$  N/mm<sup>2</sup>

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

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

#### 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 11104:2016.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

<u>Fondazione</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2
<u>Elevazione</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2

#### 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  $c_{nom} = 40$  mm per la fondazione e per l'elevazione dello scatolare.

## 5. PARAMETRI SISMICI

L'opera ricade nel comune di Sona 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:

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

## 6. PARAMETRI GEOTECNICI

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

*Materiali da reinterro a tergo dello scatolare:*

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

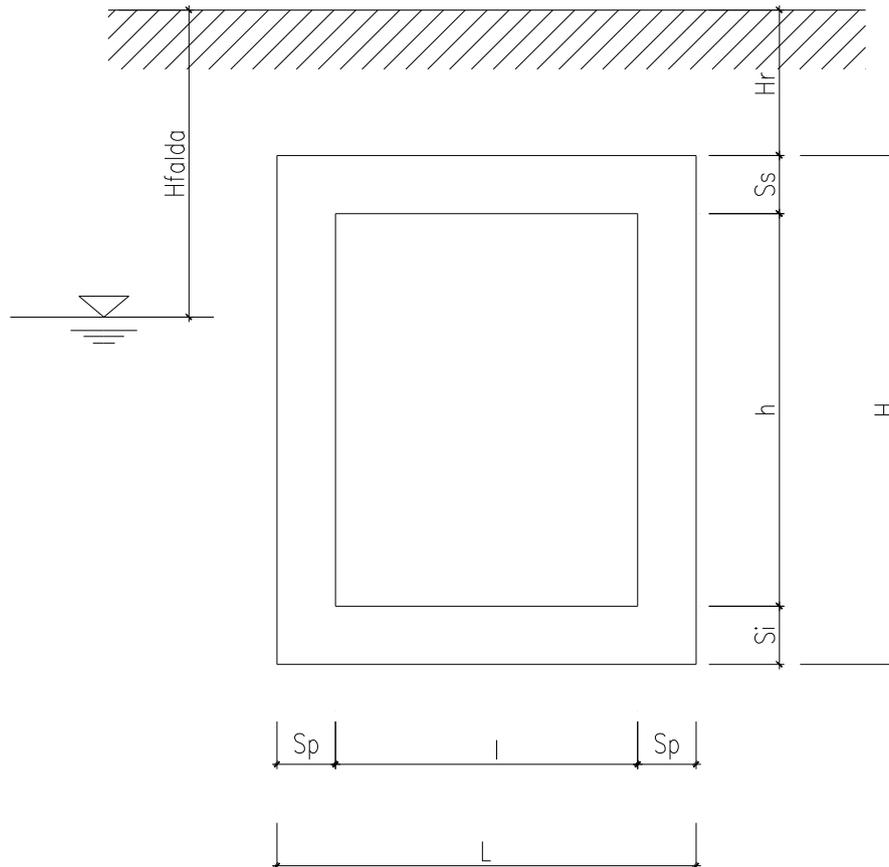
Il coefficiente di spinta a riposo corrispondente è pari a  $k_0 = 0.426$ .

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche del terreno in situ, si rimanda allo specifico documento Rif. [2].

## 7. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

### 7.1 Sezione Tipo 1

Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della struttura:



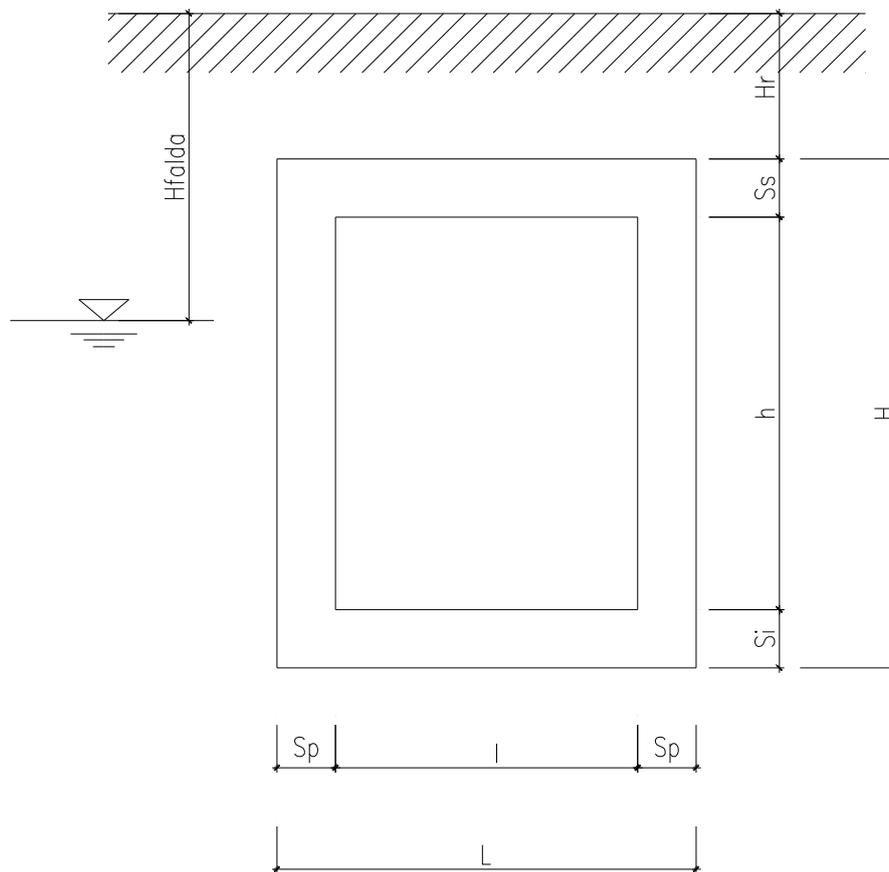
#### Dimensioni geometriche (sezione in retto):

- $l = 6.20$  m
- $h = 8.20$  m
- $S_s = 0.80$  m
- $S_f = 0.90$  m
- $S_p = 0.80$  m
- $H_r = 1.60$  m
- $H_{pf} = 1.40$  m (altezza piano ferro da estradosso soletta inferiore)

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

## 7.2 Sezione Tipo 2

Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della struttura:



### Dimensioni geometriche (sezione in obliquo):

- $l = 6.20$  m
- $h = 8.75$  m
- $S_s = 0.80$  m
- $S_f = 0.90$  m
- $S_p = 0.80$  m
- $H_r = 1.60$  m
- $H_{pf} = 1.95$  m (altezza piano ferro da estradosso soletta inferiore)

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

## 8. MODELLAZIONE STRUTTURALE

### 8.1 Codice di calcolo

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

### 8.2 Modellazione adottata

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- $E_c = 33019 \text{ N/mm}^2$  (Per cls Rck 37);

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

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

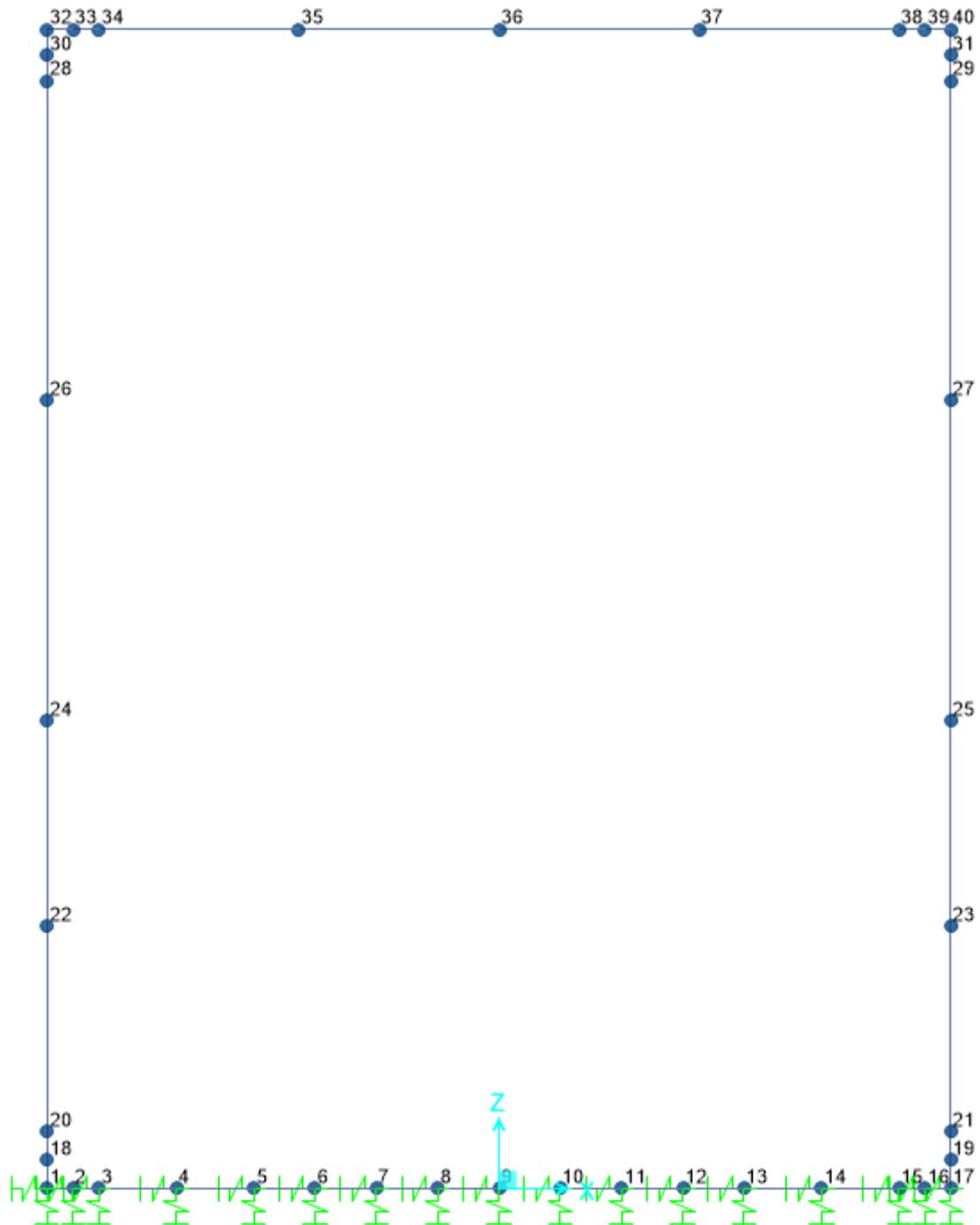
Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
20 di 142

### 8.3 Modellazione scatolare tipo 1

Numerazione dei nodi:



Doc. N.

Progetto  
INOR

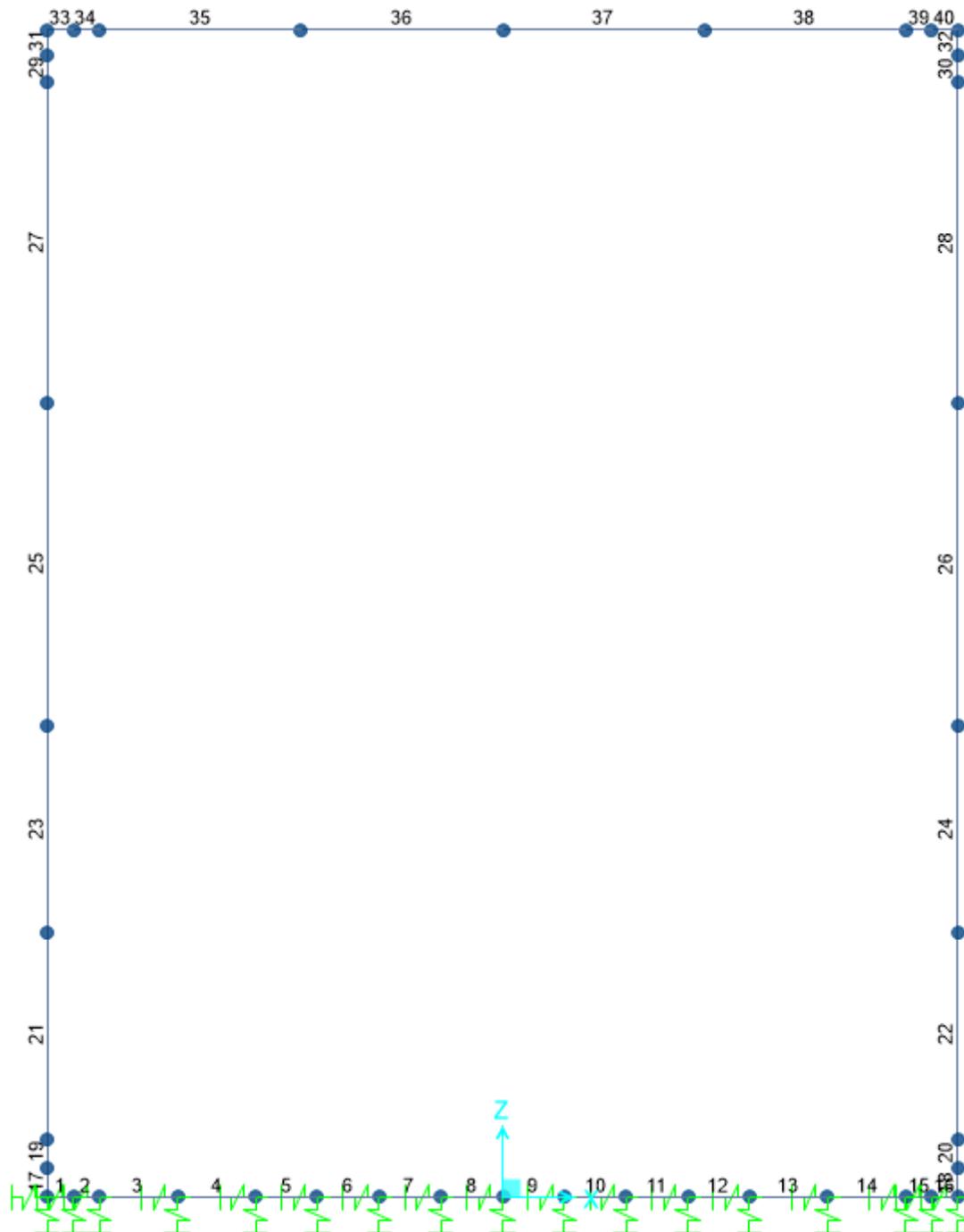
Lotto  
11

Codifica Documento  
E 2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
21 di 142

**Numerazione delle aste:**



**8.4 Modellazione scatolare tipo 2**

Doc. N.

Progetto  
INOR

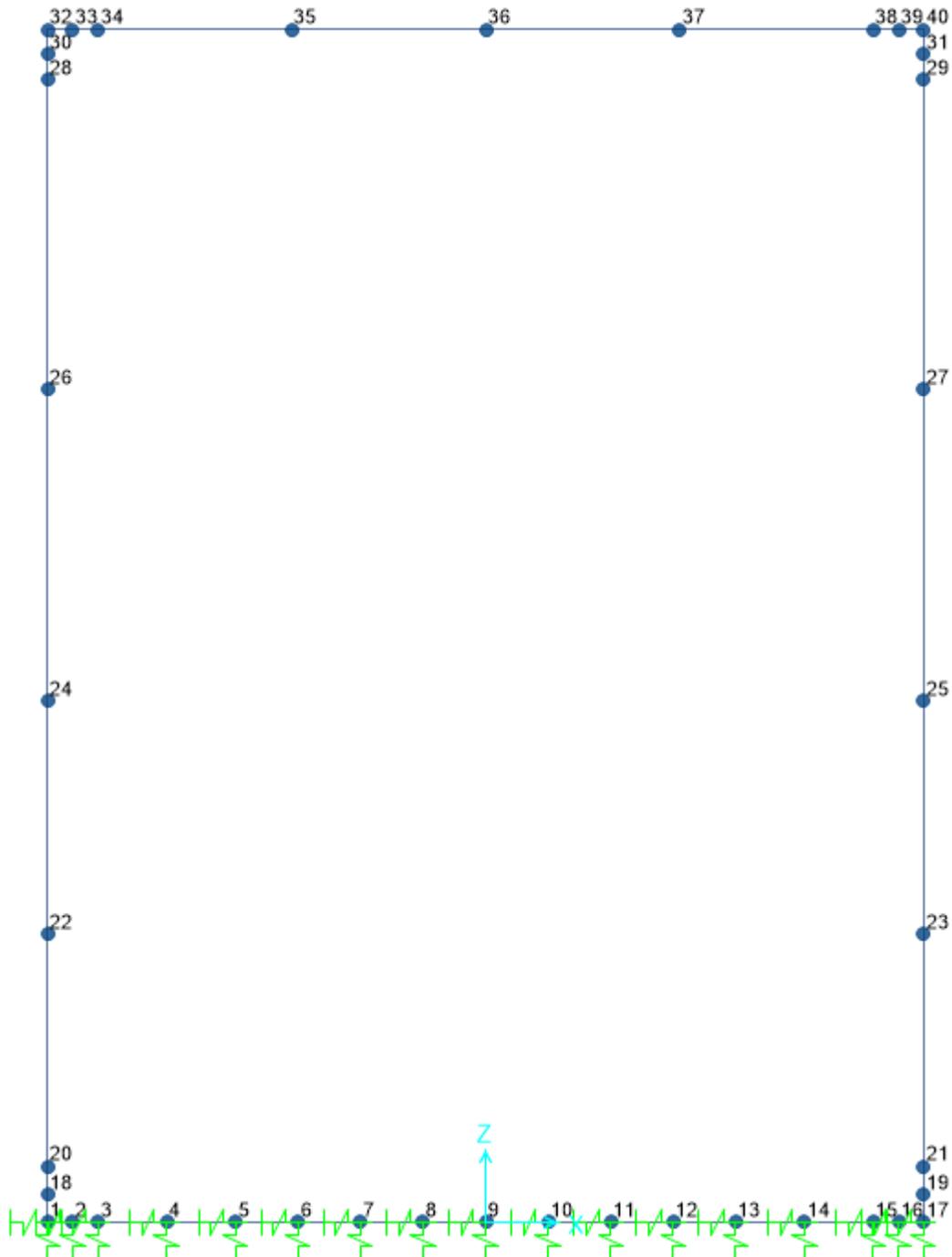
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
22 di 142

**Numerazione dei nodi:**



Doc. N.

Progetto  
INOR

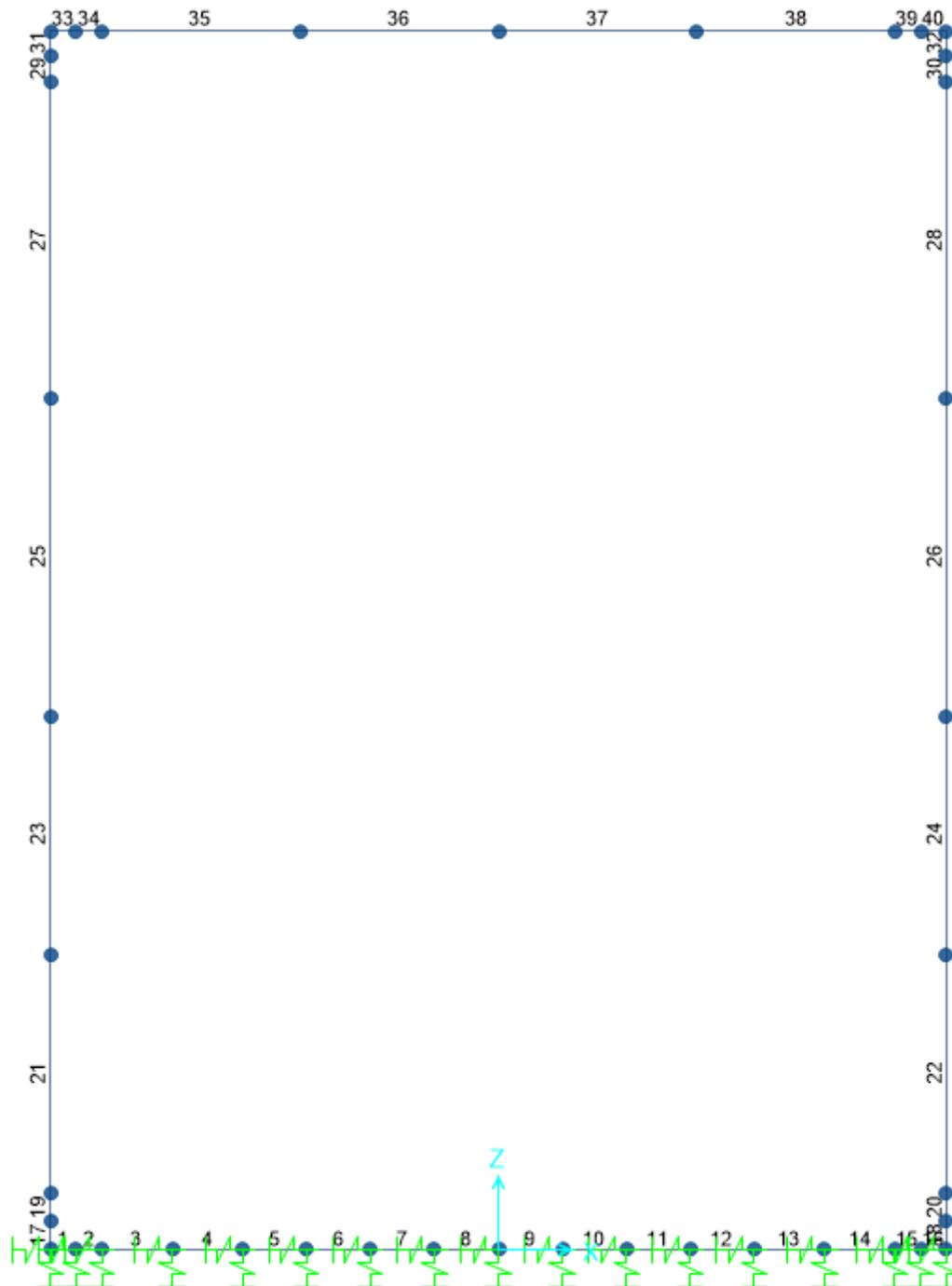
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
23 di 142

**Numerazione delle aste:**



## 9. ANALISI DEI CARICHI SEZIONE 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	kN/m <sup>3</sup>
- rilevato:	$\gamma_{ril}$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
- sovrastruttura ferroviaria:	$\gamma_{ric}$	= 24	kN/m <sup>3</sup>
- massicciata + armamento:	$\gamma_{ballast}$	= 18	kN/m <sup>3</sup>

### 9.1 Peso proprio strutture (Load1)

- soletta superiore	$S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.80 \times 25.00$	= 20.00 kN/m <sup>2</sup>
- piedritti	$S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.80 \times 25.00$	= 20.00 kN/m <sup>2</sup>
- soletta inferiore	$S_i \times \gamma_{c.a.} = 0.90 \times 25.00$	= 25.50 kN/m <sup>2</sup>

### 9.2 Carichi permanenti portati (Load2 e Load3)

Load2 (ricoprimento superiore h=1.60m):

- ricoprimento superiore	$H_{ric} \times \gamma_{ric} = 1.60 \times 20.00$	= 32.00 kN/m <sup>2</sup>
--------------------------	---	---------------------------

Load 3 (sovraccarico interno: massetto, marciapiedi, ballast, armamento):

- peso ballast + armamento	$H_{ballast} \times \gamma_{ballast} = 0.80 \times 20.00$	= 16.00 kN/m <sup>2</sup>
- massetto pendenze	$H_{mass} \times \gamma_{mass} = 0.6 \times 25.00$	= 15.00 kN/m <sup>2</sup>
- marciapiedi	$H_{marc} \times \gamma_{ca} = 1.70 \times 25.00$	= 42.50 kN/m <sup>2</sup>

### 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

#### Approccio 1 – Combinazione 1

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 1.6+0.80/2 = 2.00\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 2.00 \times 20 = \mathbf{17.05 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 1.60+0.80+8.20+0.90/2 = 11.05\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 11.05 \times 20 = \mathbf{94.23 \text{ kN/m}^2}$$

#### Approccio 1 – Combinazione 2

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 1.6+0.80/2 = 2.00\text{m}) = k_{0,M2} \times h_1 \times \gamma_t = 0.5113 \times 2.00 \times 20 = \mathbf{20.45 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 1.60+0.80+8.75+0.90/2 = 11.05\text{m}) = k_{0,M2} \times h_1 \times \gamma_t = 0.5113 \times 11.05 \times 20 = \mathbf{113.00 \text{ kN/m}^2}$$

#### **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  $5^\circ \text{C}$  (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:

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

#### **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  $2 \times A/u = 2 \times H = 160 \text{ cm}$ , ed un calcestruzzo C30/37 classe N.

#### Caratteristiche della sezione:

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

$$H = 80 \text{ cm}$$

#### Deformazione da ritiro:

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

$$\epsilon_{ca}(t = \infty) = 2.5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 37 - 10) \times 10^{-6} = 0.051 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{cd}(t = \infty) = k_h \times \epsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.32 \text{ ‰} = 0.22 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C30/37 classe N, U.R.}=75\%)$$

$$\epsilon_r = \epsilon_{ca} + \epsilon_{cd} = 0.271 \text{ ‰}$$

#### 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:

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

$$\Delta T = -\epsilon_r / [\alpha \times (1 + \phi)] = -0.288 \text{ ‰} / [10 \times 10^{-6} \times (1 + 2.5)] = -8.23 \cong -10 \text{ °C.}$$

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

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

### 9.5 Carichi mobili verticali sulla soletta inferiore (Load 10)

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 massetto e 1/1 lungo le strutture in c.a., si ottiene, considerando 2.40 m la larghezza della traversina:

$$L_d = 2.40 + 2 \times ((H_r - 0.40)/4 + S_s/2) = 2.40 + 2 \times ((1.40 - 0.40)/4 + 0.90/2) = 3.80 \text{ m.}$$

#### Incremento dinamico per linee con ridotto standard manutentivo

Poiché i carichi mobili verticali sono agenti solamente sulla soletta inferiore, si considera il parametro  $L_\phi$

pari alla luce di calcolo di tale elemento:

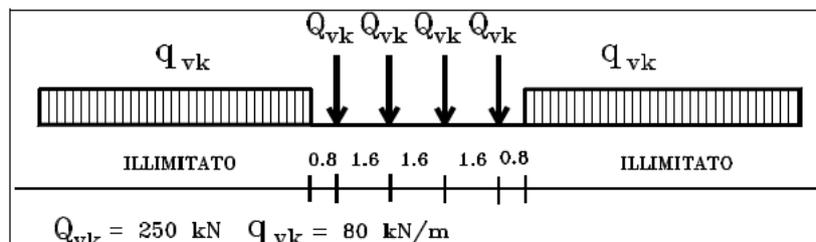
$$L_\phi = 7.00 \text{ m}$$

Linea a ridotto standard manutentivo:

$$\phi_3 = 2.16 / (L_\phi^{0.5} - 0.2) + 0.73 = 1.61$$

**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:

$$L_1 = 0.25 + 2 \times ((1.40 - 0.40)/4 + 0.90/2) = 1.65 \text{ m} > 1.60 \text{ m.}$$

La lunghezza di ripartizione longitudinale risulta maggiore all'interasse delle traverse, si considera il carico equivalente distribuito relativo ai quattro assi vale:

$$q_{\text{equi}} = 250 \times 4 / 6.40 = 156.25 \text{ kN/m}$$

- in corrispondenza dei quattro assi da 250 kN

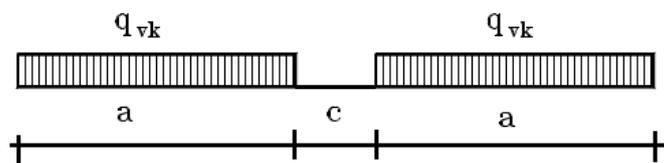
$$q_1 = \alpha \times q_{\text{equi}} / L_{d1} \times \phi_3 = 1.10 \times 156.25 / 3.80 \times 1.61 = 72.82 \text{ kN/m}^2$$

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

$$q_2 = \alpha \times q / L_{d1} \times \phi_3 = 1.10 \times 80 / 3.80 \times 1.61 = 37.28 \text{ kN/m}^2.$$

**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.

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

$$q = q_{vk} / L_{d1} \times \phi_2 = 150 / 3.80 \times 1.61 = \mathbf{63.55 \text{ kN/m}^2}$$

Il calcolo viene effettuato considerando solamente il treno di carico LM71 in quanto maggiormente gravoso in termini di sollecitazioni.

### 9.6 Serpeggio (Load 11)

Si considera il serpeggio associato alla presenza dei convogli ferroviari. L'azione generata da un convoglio risulta pari a:

$$S = \pm 100.00 \times 1.1 = 110 \text{ kN}$$

L'azione orizzontale da serpeggio vale quindi:

$$h = 110 / (3.80 \times 1.65) = \mathbf{17.54 \text{ kN/m}}$$

Tale azione è applicata al piano ferro; pertanto nel trasporto al piano medio della soletta nasce una coppia di trasporto. Il momento di trasporto vale:

$$h_s = 1.40 + 0.90/2 = 1.85 \text{ kN/m}$$

$$M_s = S \times \alpha \times h_s = \pm 100.00 \times 1.1 \times 1.85 = \pm 203.50 \text{ kN/m}$$

Il momento viene distribuito secondo delle pressioni equivalenti, essendo:

$$h = 3.80 \text{ m}$$

$$b = 1.65 \text{ m}$$

$$W = b \times h^2 / 6 = 3.971 \text{ m}^3$$

risulta:

$$p_{\max} = M/W = 203.50/3.971 = \mathbf{51.25 \text{ kN/m}^2}$$

### 9.7 Forza centrifuga (Load 12)

L'azione centrifuga è calcolata considerando i seguenti parametri:

#### *azione centrifuga LM71*

$$r = 475 \text{ m}$$

$$V = 100 \text{ km/h}$$

$$f = 1 \text{ (per } V \leq 120 \text{ km/h)}$$

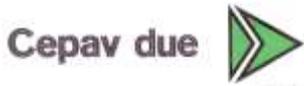
$$q_{vk,LM71} = q_{\text{equi}} = 250 \times 4 / 6.40 = 156.25 \text{ kN/m}$$

$$q_{tk,LM71} = V^2 / (127 \times r) \times f \times q_{vk} / 3.8 = \mathbf{6.82 \text{ kN/m}^2}$$

$$M_{l,qtk,LM71} = q_{tk,LM71} \times 3.80 \times (1.80 + \cdot \Delta h_{p,F}) = 94.59 \text{ kNm/m}$$

$$h = 3.80 \text{ m}$$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
29 di 142

$$b = 1.0 \text{ m}$$

$$W = b \times h^2 / 6 = 2.41 \text{ m}^3$$

$$p_{t,qt,LM71,max} = M_{t,qt,LM71} / W = 94.59 / 2.41 = \mathbf{39.25 \text{ kN/m}^2}$$

### *azione centrifuga SW2*

$$r = 475 \text{ m}$$

$$V = 100 \text{ km/h}$$

$$f = 1 \text{ (per } V \leq 120 \text{ km/h)}$$

$$q_{vk,SW2} = 150 \text{ kN/m}$$

$$q_{tk,SW2} = V^2 / (127 \times r) \times f \times q_{vk} = 24.87 \text{ kN/m}$$

$$M_{t,qt,SW2} = q_{tk,SW2} \times (1.80 + \cdot \Delta h_{P.F}) = 90.77 \text{ kNm/m}$$

$$p_{t,qt,SW2,max} = M_{t,qt,SW2} / W = 90.77 / 2.41 = \mathbf{37.67 \text{ kN/m}^2}$$

Il calcolo viene effettuato considerando solamente il treno di carico LM71 in quanto maggiormente gravoso in termini di sollecitazioni.

### **9.8 Sovraccarico sul ricoprimento superiore (Load 13)**

Si assume un sovraccarico accidentale pari a 20 kN/m<sup>2</sup>.

### **9.9 Spinta del sovraccarico (Load 14)**

Il sovraccarico accidentale genera incrementi di spinta orizzontale nel terreno pari a:

#### Approccio 1 – Combinazione 1

$$p_1 = q \times k_{0,M1} = 20.00 \times 0.412 = \mathbf{8.24 \text{ kN/m}^2}$$

#### Approccio 1 – Combinazione 2

$$p_1 = q \times k_{0,M2} = 20.00 \times 0.5113 = \mathbf{10.23 \text{ kN/m}^2}$$

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

### **9.10 Azione eccezionale (Load 15)**

Nel caso del deragliamento all'interno della galleria si considera agente una forza agente ad 1,80m dal Piano Ferro ripartita su di una lunghezza pari a 5,00 m dimensione longitudinale del piedritto:

$$F_t = 750 / 5.00 = \mathbf{150.00 \text{ kN/m}}$$

### 9.11 Azione sismica (Load 16÷20)

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

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

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

P = peso proprio;

$a_g$  = accelerazioni sismiche al suolo.

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

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

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

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

La risultante di tale incremento di spinta (**Load 16**) viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento  $h_{tot}$ :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 11.50 = 63.71 \text{ kN/m}^2.$$

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:

$$\Delta p_{d,incr} = \Delta p_d \times (H_{interna} + S_s + S_i) / (H_{interna} + S_s/2 + S_i) = 63.71 \times 9.45 / 9.05 = 66.52 \text{ kN/m}^2$$

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

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.80 \times 0.277 = 5.54 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,h} = (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gh} = (25 \times 0.80 + 32.00) \times 0.277 = 14.40 \text{ kN/m}^2$$

Sulla soletta inferiore è presente il treno di carico LM71 del quale si considera l'inerzia della massa ad essi associata.

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:

$$w_{LM71, sis} = 1.1 \times 250 \times 4 \times 0.2 = 220 \text{ kN}$$

$$\Delta p_{LM71, h} = 220 \times 0.277 / (3.80 \times 6.40) = 2.51 \text{ kN/m}^2$$

Tale azione è applicata al piano ferro; pertanto nel trasporto al piano medio della soletta nasce una coppia di trasporto. Il momento di trasporto vale:

$$\Delta M_{LM71,h} = (220/6.40) \times 0.277 \times 1.85 = 17.61 \text{ kNm/m}$$

$$\Delta m_{LM71,h,max} = \Delta M_{LM71,h} / W = 17.61 / 2.41 = 7.31 \text{ kN/m}^2$$

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 19**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,v} = \pm \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gv} = \pm 25 \times 0.80 \times 0.155 = \pm 3.10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,v} = \pm (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gv} = \pm (25 \times 0.80 + 32.00) \times 0.155 = \pm 8.06 \text{ kN/m}^2$$

Sulla soletta inferiore è presente il treno di carico LM71 del quale si considera l'inerzia della massa ad essi associata.

Le azioni verticali si considerano alternativamente agenti verso l'alto o verso il basso.

L'effetto inerziale del treno di carico LM71 si considera uniformemente distribuito sulla soletta inferiore (**Load 20**):

$$\Delta p_{LM71,v} = \pm 220 \times 0.155 / (3.80 \times 6.40) = \pm 1.40 \text{ kN/m}^2$$

## 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.

<b>Load 1</b>	Soletta superiore		<b>20,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
	Piedritti		<b>20,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
	Soletta inferiore		<b>22,50</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 2</b>	Ricoprimento superiore		<b>32,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 3</b>	Ballast+armamento		<b>16,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
	massetto		<b>15,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
	marciapiedi		<b>42,50</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 4, Load 5</b>	STR	p1	<b>17,05</b>	kN/m <sup>2</sup>
		p2	<b>94,23</b>	kN/m <sup>2</sup>
	GEO	p1	<b>20,45</b>	kN/m <sup>2</sup>
		p2	<b>113,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 6</b>	T		<b>5</b>	°C
<b>Load 7</b>	T		<b>-15</b>	°C
<b>Load 8</b>	$\Delta T$		<b>6,25</b>	°C/m
<b>Load 9</b>	$\Delta T$		<b>-6,25</b>	°C/m
<b>Load 10</b>	q1		<b>72,82</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 11</b>	h <sub>serp</sub>		<b>17,54</b>	kN/m <sup>2</sup>
	p <sub>serp</sub>		<b>±51,25</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 12</b>	q <sub>tk,LM71</sub>		<b>6,82</b>	kN/m <sup>2</sup>
	p <sub>tk,LM71</sub>		<b>±39,25</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 13</b>	q		<b>20,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 14</b>	STR	p	<b>8,24</b>	kN/m <sup>2</sup>
	GEO	p	<b>10,23</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 15</b>	F <sub>t</sub>		<b>150,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 16</b>	$\Delta p_{d,inc}$		<b>66,52</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 17</b>	$\Delta p_{p,h}$		<b>5,54</b>	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,h}$		<b>14,40</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 18</b>	$\Delta p_{LM71,h}$		<b>2,51</b>	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{m,LM71,h}$		<b>7,31</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 19</b>	$\Delta p_{p,v+}$		<b>±3,10</b>	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,v+}$		<b>±8,06</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 20</b>	$\Delta p_{LM71,v+}$		<b>±1,40</b>	kN/m <sup>2</sup>

## 10. ANALISI DEI CARICHI SEZIONE 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	kN/m <sup>3</sup>
- rilevato:	$\gamma_{ril}$	= 20	kN/m <sup>3</sup>
- sovrastruttura ferroviaria:	$\gamma_{ric}$	= 24	kN/m <sup>3</sup>
- massicciata + armamento:	$\gamma_{ballast}$	= 18	kN/m <sup>3</sup>

### 10.1 Peso proprio strutture (Load1)

- soletta superiore	$S_s \times \gamma_{c.a.} = 0.80 \times 25.00$	= 20.00 kN/m <sup>2</sup>
- piedritti	$S_p \times \gamma_{c.a.} = 0.80 \times 25.00$	= 20.00 kN/m <sup>2</sup>
- soletta inferiore	$S_i \times \gamma_{c.a.} = 0.90 \times 25.00$	= 25.50 kN/m <sup>2</sup>

### 10.2 Carichi permanenti portati (Load2 e Load3)

Load2 (ricoprimento superiore  $h=1.00m$ ):

- ricoprimento superiore	$H_{ric} \times \gamma_{ric} = 1.00 \times 20.00$	= 20.00 kN/m <sup>2</sup>
--------------------------	---	---------------------------

Load 3 (sovraccarico interno: massetto, marciapiedi, ballast, armamento):

- peso ballast + armamento	$H_{ballast} \times \gamma_{ballast} = 0.80 \times 20.00$	= 16.00 kN/m <sup>2</sup>
- massetto pendenze	$H_{mass} \times \gamma_{mass} = 1.15 \times 25.00$	= 28.75 kN/m <sup>2</sup>
- marciapiedi	$H_{marc} \times \gamma_{ca} = 2.20 \times 25.00$	= 55.00 kN/m <sup>2</sup>

### 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:

$$P_1 (h_1 = 1.0+0.80/2 = 1.40\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 1.40 \times 20 = \mathbf{11.94 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 1.00+0.80+8.75+0.90/2 = 11.00\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 11.00 \times 20 = \mathbf{93.81 \text{ kN/m}^2}$$

#### Approccio 1 – Combinazione 2

- Pressione in asse soletta superiore:

$$P_1 (h_1 = 1.0+0.80/2 = 1.40\text{m}) = k_{0,M2} \times h_1 \times \gamma_t = 0.5113 \times 1.40 \times 20 = \mathbf{14.32 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione in asse soletta inferiore:

$$P_2 (h_2 = 1.00+0.80+8.75+0.90/2 = 11.00\text{m}) = k_{0,M2} \times h_1 \times \gamma_t = 0.5113 \times 11.00 \times 20 = \mathbf{112.49 \text{ kN/m}^2}$$

### **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  $5^\circ \text{C}$  (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:

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

#### **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  $2 \times A/u = 2 \times H = 160 \text{ cm}$ , ed un calcestruzzo C30/37 classe N.

#### Caratteristiche della sezione:

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

$$H = 80 \text{ cm}$$

#### Deformazione da ritiro:

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

$$\epsilon_{ca}(t = \infty) = 2.5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 37 - 10) \times 10^{-6} = 0.051 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{cd}(t = \infty) = k_h \times \epsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.32 \text{ ‰} = 0.22 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C30/37 classe N, U.R.}=75\%)$$

$$\epsilon_r = \epsilon_{ca} + \epsilon_{cd} = 0.271 \text{ ‰}$$

#### 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:

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

$$\Delta T = -\epsilon_r / [\alpha \times (1 + \phi)] = -0.288 \text{ ‰} / [10 \times 10^{-6} \times (1 + 2.5)] = -8.23 \cong -10 \text{ °C.}$$

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

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

### 10.5 Carichi mobili verticali sulla soletta inferiore (Load 10)

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 massetto e 1/1 lungo le strutture in c.a., si ottiene, considerando 2.40 m la larghezza della traversina:

$$L_d = 2.40 + 2 \times ((H_r - 0.40)/4 + SS_s/2) = 2.40 + 2 \times ((1.95 - 0.40)/4 + 0.90/2) = 4.075 \text{ m}$$

Per il calcolo delle sollecitazioni, si considera una larghezza di ripartizione pari a  $L_d = 4.00 \text{ m}$ .

#### Incremento dinamico per linee con ridotto standard manutentivo

Poiché i carichi mobili verticali sono agenti solamente sulla soletta inferiore, si considera il parametro  $L_\phi$  pari alla luce di calcolo di tale elemento:

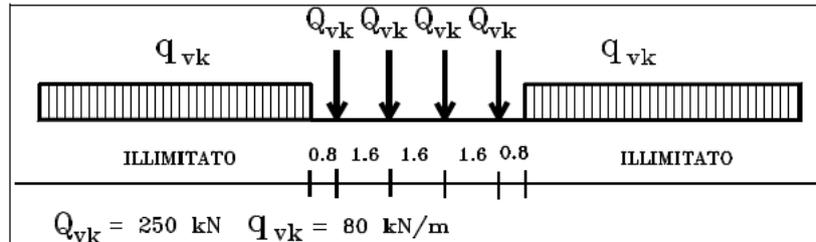
$$L_\phi = 7.00 \text{ m}$$

Linea a ridotto standard manutentivo:

$$\phi_3 = 2.16 / (L_\phi^{0.5} - 0.2) + 0.73 = 1.61$$

**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:

$$L_1 = 0.25 + 2 \times ((1.95 - 0.40)/4 + 0.90/2) = 1.925 \text{ m} > 1.60 \text{ m.}$$

La lunghezza di ripartizione longitudinale risulta maggiore all'interasse delle traverse, si considera il carico equivalente distribuito relativo ai quattro assi vale:

$$q_{\text{equi}} = 250 \times 4 / 6.40 = 156.25 \text{ kN/m}$$

- in corrispondenza dei quattro assi da 250 kN

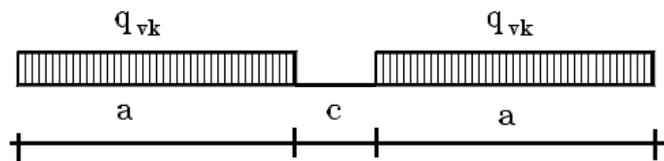
$$q_1 = \alpha \times q_{\text{equi}} / L_{d1} \times \phi_3 = 1.10 \times 156.25 / 4.0 \times 1.61 = \mathbf{69.18 \text{ kN/m}^2}$$

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

$$q_2 = \alpha \times q / L_{d1} \times \phi_3 = 1.10 \times 80 / 4.0 \times 1.61 = \mathbf{35.42 \text{ kN/m}^2}.$$

**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.

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

$$q = q_{vk} / L_{d1} \times \phi_2 = 150 / 4.0 \times 1.61 = \mathbf{60.375 \text{ kN/m}^2}$$

Il calcolo viene effettuato considerando solamente il treno di carico LM71 in quanto maggiormente gravoso in termini di sollecitazioni.

### 10.6 Serpeggio (Load 11)

Si considera il serpeggio associato alla presenza dei convogli ferroviari. L'azione generata da un convoglio risulta pari a:

$$S = \pm 100.00 \times 1.1 = 110 \text{ kN}$$

L'azione orizzontale da serpeggio vale quindi:

$$h = 110 / (4.00 \times 1.925) = \mathbf{14.29 \text{ kN/m}}$$

Tale azione è applicata al piano ferro; pertanto nel trasporto al piano medio della soletta nasce una coppia di trasporto. Il momento di trasporto vale:

$$h_s = 1.95 + 0.90/2 = 2.40 \text{ kN/m}$$

$$M_s = S \times \alpha \times h_s = \pm 100.00 \times 1.1 \times 2.40 = \pm 264.00 \text{ kN/m}$$

Il momento viene distribuito secondo delle pressioni equivalenti, essendo:

$$h = 4.00 \text{ m}$$

$$b = 1.925 \text{ m}$$

$$W = b \times h^2 / 6 = 5.13 \text{ m}^3$$

risulta:

$$p_{\max} = M/W = 264.00/5.13 = \mathbf{51.46 \text{ kN/m}^2}$$

### 10.7 Forza centrifuga (Load 12)

L'azione centrifuga è calcolata considerando i seguenti parametri:

#### *azione centrifuga LM71*

$$r = 475 \text{ m}$$

$$V = 100 \text{ km/h}$$

$$f = 1 \text{ (per } V \leq 120 \text{ km/h)}$$

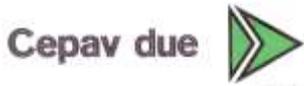
$$q_{vk,LM71} = q_{\text{equi}} = 250 \times 4 / 6.40 = 156.25 \text{ kN/m}$$

$$q_{tk,LM71} = V^2 / (127 \times r) \times f \times q_{vk} / 4.0 = \mathbf{6.48 \text{ kN/m}^2}$$

$$M_{l,qt,LM71} = q_{tk,LM71} \times 4.00 \times (1.80 + \cdot \Delta h_{p,F}) = 108.78 \text{ kNm/m}$$

$$h = 4.00 \text{ m}$$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
38 di 142

$$b = 1.0 \text{ m}$$

$$W = b \times h^2 / 6 = 2.67 \text{ m}^3$$

$$p_{t,qt,LM71,max} = M_{t,qt,LM71} / W = 108.78 / 2.67 = \mathbf{40.74 \text{ kN/m}^2}$$

### *azione centrifuga SW2*

$$r = 475 \text{ m}$$

$$V = 100 \text{ km/h}$$

$$f = 1 \text{ (per } V \leq 120 \text{ km/h)}$$

$$q_{vk,SW2} = 150 \text{ kN/m}$$

$$q_{tk,SW2} = V^2 / (127 \times r) \times f \times q_{vk} = 24.87 \text{ kN/m}$$

$$M_{t,qt,SW2} = q_{tk,SW2} \times (1.80 + \cdot \Delta h_{P.F}) = 104.45 \text{ kNm/m}$$

$$p_{t,qt,SW2,max} = M_{t,qt,SW2} / W = 104.45 / 2.67 = \mathbf{39.11 \text{ kN/m}^2}$$

Il calcolo viene effettuato considerando solamente il treno di carico LM71 in quanto maggiormente gravoso in termini di sollecitazioni.

### **10.8 Sovraccarico sul ricoprimento superiore (Load 13)**

Si assume un sovraccarico accidentale pari a 20 kN/m<sup>2</sup>.

### **10.9 Spinta del sovraccarico (Load 14)**

Il sovraccarico accidentale genera incrementi di spinta orizzontale nel terreno pari a:

#### Approccio 1 – Combinazione 1

$$p_1 = q \times k_{0,M1} = 20.00 \times 0.412 = \mathbf{8.24 \text{ kN/m}^2}$$

#### Approccio 1 – Combinazione 2

$$p_1 = q \times k_{0,M2} = 20.00 \times 0.5113 = \mathbf{10.23 \text{ kN/m}^2}$$

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

### **10.10 Azione eccezionale (Load 15)**

Nel caso del deragliamento all'interno della galleria si considera agente una forza agente ad 1,80m dal Piano Ferro ripartita su di una lunghezza pari a 5,00 m dimensione longitudinale del piedritto:

$$F_t = 750 / 5.00 = \mathbf{150.00 \text{ kN/m}}$$

### 10.11 Azione sismica (Load 16÷20)

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

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

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

P = peso proprio;

$a_g$  = accelerazioni sismiche al suolo.

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

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

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

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

La risultante di tale incremento di spinta (**Load 16**) viene considerata uniformemente distribuita su tutta l'altezza della sezione verticale rigida di riferimento  $h_{tot}$ :

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 11.45 = 63.43 \text{ kN/m}^2.$$

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:

$$\Delta p_{d,inc} = \Delta p_d \times (H_{interna} + S_s + S_i) / (H_{interna} + S_s/2 + S_i) = 63.43 \times 10.00 / 9.6 = \mathbf{66.07 \text{ kN/m}^2}$$

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

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.80 \times 0.277 = \mathbf{5.54 \text{ kN/m}^2}$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,h} = (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gh} = (25 \times 0.80 + 20.00) \times 0.277 = \mathbf{11.08 \text{ kN/m}^2}$$

Sulla soletta inferiore è presente il treno di carico LM71 del quale si considera l'inerzia della massa ad essi associata.

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:

$$w_{LM71, sis} = 1.1 \times 250 \times 4 \times 0.2 = 220 \text{ kN}$$

$$\Delta p_{LM71, h} = 220 \times 0.277 / (4.0 \times 6.40) = \mathbf{2.38 \text{ kN/m}^2}$$

Tale azione è applicata al piano ferro; pertanto nel trasporto al piano medio della soletta nasce una coppia di trasporto. Il momento di trasporto vale:

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001Rev.  
AFoglio  
40 di 142

$$\Delta M_{LM71,h} = (220/6.40) \times 0.277 \times 2.40 = 22.85 \text{ kNm/m}$$

$$\Delta m_{LM71,h,max} = \Delta M_{LM71,h} / W = 22.85 / 2.67 = 8.56 \text{ kN/m}^2$$

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 19**):

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,v} = \pm \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gv} = \pm 25 \times 0.80 \times 0.155 = \pm 3.10 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Soletta: } \Delta p_{s,v} = \pm (\gamma_{c.a.} \times S_s + G_{sovracc}) \times a_{gv} = \pm (25 \times 0.80 + 20.00) \times 0.155 = \pm 6.20 \text{ kN/m}^2$$

Sulla soletta inferiore è presente il treno di carico LM71 del quale si considera l'inerzia della massa ad essi associata.

Le azioni verticali si considerano alternativamente agenti verso l'alto o verso il basso.

L'effetto inerziale del treno di carico LM71 si considera uniformemente distribuito sulla soletta inferiore (**Load 20**):

$$\Delta p_{LM71,v} = \pm 220 \times 0.155 / (4.0 \times 6.40) = \pm 1.34 \text{ kN/m}^2$$

### 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.

<b>Load 1</b>	Soletta superiore		<b>20,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
	Piedritti		<b>20,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
	Soletta inferiore		<b>22,50</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 2</b>	Ricoprimento superiore		<b>20,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 3</b>	Ballast+armamento		<b>16,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
	massetto		<b>28,75</b>	kN/m <sup>2</sup>
	marciapiedi		<b>55,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 4, Load 5</b>	STR	p1	<b>11,94</b>	kN/m <sup>2</sup>
		p2	<b>93,81</b>	kN/m <sup>2</sup>
	GEO	p1	<b>14,32</b>	kN/m <sup>2</sup>
		p2	<b>112,49</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 6</b>	T		<b>5</b>	°C
<b>Load 7</b>	T		<b>-15</b>	°C
<b>Load 8</b>	$\Delta T$		<b>6,25</b>	°C/m
<b>Load 9</b>	$\Delta T$		<b>-6,25</b>	°C/m
<b>Load 10</b>	q1		<b>69,18</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 11</b>	h <sub>serp</sub>		<b>14,29</b>	kN/m <sup>2</sup>
	p <sub>serp</sub>		<b>±51,46</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 12</b>	q <sub>tk,LM71</sub>		<b>6,48</b>	kN/m <sup>2</sup>
	p <sub>tk,LM71</sub>		<b>±40,74</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 13</b>	q		<b>20,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 14</b>	STR	p	<b>8,24</b>	kN/m <sup>2</sup>
	GEO	p	<b>10,23</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 15</b>	F <sub>t</sub>		<b>150,00</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 16</b>	$\Delta p_{d,inc}$		<b>66,07</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 17</b>	$\Delta p_{p,h}$		<b>5,54</b>	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,h}$		<b>11,08</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 18</b>	$\Delta p_{LM71,h}$		<b>2,38</b>	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{m,LM71,h}$		<b>8,56</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 19</b>	$\Delta p_{p,v+}$		<b>±3,10</b>	kN/m <sup>2</sup>
	$\Delta p_{s,v+}$		<b>±6,20</b>	kN/m <sup>2</sup>
<b>Load 20</b>	$\Delta p_{LM71,v+}$		<b>±1,34</b>	kN/m <sup>2</sup>

## 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  $\Psi$  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	G <sub>gk</sub>	Peso proprio della struttura
2	G <sub>k</sub>	Peso rilevato
3	G <sub>k</sub>	Peso ballast – Peso massetto – Peso marciapiedi
4	G <sub>k</sub>	Spinta terre da sinistra
5	G <sub>k</sub>	Spinta terre da destra
6	Q <sub>k</sub>	Carico termico positivo uniforme
7	Q <sub>k</sub>	Carico termico negativo uniforme
8	Q <sub>k</sub>	Carico termico variabile +/-
9	Q <sub>k</sub>	Carico termico variabile -/+
10	Q <sub>k</sub>	Carico LM71 interno
11	Q <sub>k</sub>	Serpeggio LM71 interno
12	Q <sub>k</sub>	Centrifuga LM71 interno
13	Q <sub>k</sub>	Sovraccarico accidentale su soletta superiore
14	Q <sub>k</sub>	Spinta del sovraccarico accidentale sui piedritti
15	E	Urto
16	Q <sub>k</sub>	Incremento dinamico terreno
17	Q <sub>k</sub>	Azioni sismiche inerziali orizzontali da permanenti
18	Q <sub>k</sub>	Azioni sismiche inerziali orizzontali da LM71
19	Q <sub>k</sub>	Azioni sismiche inerziali verticali da permanenti
20	Q <sub>k</sub>	Azioni sismiche inerziali verticali da LM71

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+marciapiedi	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif / Ritiro	DT +	DT -	LM71	Serpeggio LM71	Centrifuga LM71	Accidentale	Spinta Accidentale	
															1
SLU1		1	1	1,5	1	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 2		1,35	1,5	1	1	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	1,5	0
SLU 3		1,35	1,5	1	1,35	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	1,5	1,5
SLU 4		1	1	1,5	1,35	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	1,5
SLU 5	GR1-1	1	1	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	0
SLU 6	GR1-2	1,35	1,5	1	1	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	1,5	0
SLU 7	GR1-3	1,35	1,5	1	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	1,5	1,5
SLU 8	GR1-4	1	1	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	0	0	0	1,5
SLU 9	GR1-5	1	1	1,5	1	1	0,9	0	0,9	0	1,45	1,45	1,45	0	0
SLU 10	GR1-6	1,35	1,5	1	1	1	0,9	0	0,9	0	1,45	1,45	1,45	1,5	0
SLU 11	GR1-7	1,35	1,5	1	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	1,45	1,45	1,5	1,5
SLU 12	GR1-8	1	1	1,5	1,35	1	0,9	0	0,9	0	1,45	1,45	1,45	0	1,5
SLU 13		1	1	1,5	1	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0	0
SLU 14		1,35	1,5	1	1	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	1,5	0
SLU 15		1,35	1,5	1	1,35	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	1,5	1,5
SLU 16		1	1	1,5	1,35	1	1,5	0	0	1,5	0	0	0	0	1,5
SLU 17	GR1-1	1	1	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	1,45	0	0	0	0
SLU 18	GR1-2	1,35	1,5	1	1	1	0,9	0	0	0,9	1,45	0	0	1,5	0
SLU 19	GR1-3	1,35	1,5	1	1,35	1	0,9	0	0	0,9	1,45	0	0	1,5	1,5
SLU 20	GR1-4	1	1	1,5	1,35	1	0,9	0	0	0,9	1,45	0	0	0	1,5
SLU 21	GR1-5	1	1	1,5	1	1	0,9	0	0	0,9	1,45	1,45	1,45	0	0
SLU 22	GR1-6	1,35	1,5	1	1	1	0,9	0	0	0,9	1,45	1,45	1,45	1,5	0
SLU 23	GR1-7	1,35	1,5	1	1,35	1	0,9	0	0	0,9	1,45	1,45	1,45	1,5	1,5
SLU 24	GR1-8	1	1	1,5	1,35	1	0,9	0	0	0,9	1,45	1,45	1,45	0	1,5
SLU 25		1	1	1,5	1	1	0	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0
SLU 26		1,35	1,5	1	1	1	0	1,5	1,5	0	0	0	0	1,5	0
SLU 27		1,35	1,5	1	1,35	1	0	1,5	1,5	0	0	0	0	1,5	1,5
SLU 28		1	1	1,5	1,35	1	0	1,5	1,5	0	0	0	0	0	1,5
SLU 29	GR1-1	1	1	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	0	0	0
SLU 30	GR1-2	1,35	1,5	1	1	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	0	1,5	0
SLU 31	GR1-3	1,35	1,5	1	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	0	1,5	1,5
SLU 32	GR1-4	1	1	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,45	0	0	0	1,5
SLU 33	GR1-5	1	1	1,5	1	1	0	0,9	0,9	0	1,45	1,45	1,45	0	0
SLU 34	GR1-6	1,35	1,5	1	1	1	0	0,9	0,9	0	1,45	1,45	1,45	1,5	0
SLU 35	GR1-7	1,35	1,5	1	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,45	1,45	1,45	1,5	1,5
SLU 36	GR1-8	1	1	1,5	1,35	1	0	0,9	0,9	0	1,45	1,45	1,45	0	1,5
SLU 37		1	1	1,5	1	1	0	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0
SLU 38		1,35	1,5	1	1	1	0	1,5	0	1,5	0	0	0	1,5	0
SLU 39		1,35	1,5	1	1,35	1	0	1,5	0	1,5	0	0	0	1,5	1,5
SLU 40		1	1	1,5	1,35	1	0	1,5	0	1,5	0	0	0	0	1,5
SLU 41	GR1-1	1	1	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	0	0	0
SLU 42	GR1-2	1,35	1,5	1	1	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	0	1,5	0
SLU 43	GR1-3	1,35	1,5	1	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	0	1,5	1,5
SLU 44	GR1-4	1	1	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,45	0	0	0	1,5
SLU 45	GR1-5	1	1	1,5	1	1	0	0,9	0	0,9	1,45	1,45	1,45	0	0
SLU 46	GR1-6	1,35	1,5	1	1	1	0	0,9	0	0,9	1,45	1,45	1,45	1,5	0
SLU 47	GR1-7	1,35	1,5	1	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,45	1,45	1,45	1,5	1,5
SLU 48	GR1-8	1	1	1,5	1,35	1	0	0,9	0	0,9	1,45	1,45	1,45	0	1,5

**11.1.2 Combinazioni SLU di tipo GEO**

n° CC	P.P.	Rilevato	Ballast+marciapiedi	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif / Ritiro	DT +	DT -	LM71	Serpeggio LM71	Centrifuga LM71	Accidentale	Spinta Accidentale
1		1	1,3	1,2	1,2	1,3	0	1,3	0	0	0	0	0	0
2		1	1,3	1,2	1,2	1,3	0	1,3	0	0	0	0	1,3	0
3		1	1,3	1,2	1,2	1,3	0	1,3	0	0	0	0	1,3	1,56
4		1	1	1,2	1,2	1,3	0	1,3	0	0	0	0	0	1,56
5	GR1-1	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0,78	0	1,25	0	0	0	0
6	GR1-2	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0,78	0	1,25	0	0	1,3	0
7	GR1-3	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0,78	0	1,25	0	0	1,3	1,56
8	GR1-4	1	1	1,2	1,2	0,78	0	0,78	0	1,25	0	0	0	1,56
9	GR1-5	1	1	1,2	1,2	0,78	0	0,78	0	1,25	1,25	1,25	0	0
10	GR1-6	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0,78	0	1,25	1,25	1,25	1,3	0
11	GR1-7	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0,78	0	1,25	1,25	1,25	1,3	1,56
12	GR1-8	1	1	1,2	1,2	0,78	0	0,78	0	1,25	1,25	1,25	0	1,56
13		1	1,3	1,2	1,2	1,3	0	0	1,3	0	0	0	0	0
14		1	1,3	1,2	1,2	1,3	0	0	1,3	0	0	0	1,3	0
15		1	1,3	1,2	1,2	1,3	0	0	1,3	0	0	0	1,3	1,56
16		1	1	1,2	1,2	1,3	0	0	1,3	0	0	0	0	1,56
17	GR1-1	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0	0,78	1,25	0	0	0	0
18	GR1-2	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0	0,78	1,25	0	0	1,3	0
19	GR1-3	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0	0,78	1,25	0	0	1,3	1,56
20	GR1-4	1	1	1,2	1,2	0,78	0	0	0,78	1,25	0	0	0	1,56
21	GR1-5	1	1	1,2	1,2	0,78	0	0	0,78	1,25	1,25	1,25	0	0
22	GR1-6	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0	0,78	1,25	1,25	1,25	1,3	0
23	GR1-7	1	1,3	1,2	1,2	0,78	0	0	0,78	1,25	1,25	1,25	1,3	1,56
24	GR1-8	1	1	1,2	1,2	0,78	0	0	0,78	1,25	1,25	1,25	0	1,56
25		1	1,3	1,2	1,2	0	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0
26		1	1,3	1,2	1,2	0	1,3	1,3	0	0	0	0	1,3	0
27		1	1,3	1,2	1,2	0	1,3	1,3	0	0	0	0	1,3	1,56
28		1	1	1,2	1,2	0	1,3	1,3	0	0	0	0	0	1,56
29	GR1-1	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0,78	0	1,25	0	0	0	0
30	GR1-2	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0,78	0	1,25	0	0	1,3	0
31	GR1-3	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0,78	0	1,25	0	0	1,3	1,56
32	GR1-4	1	1	1,2	1,2	0	0,78	0,78	0	1,25	0	0	0	1,56
33	GR1-5	1	1	1,2	1,2	0	0,78	0,78	0	1,25	1,25	1,25	0	0
34	GR1-6	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0,78	0	1,25	1,25	1,25	1,3	0
35	GR1-7	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0,78	0	1,25	1,25	1,25	1,3	1,56
36	GR1-8	1	1	1,2	1,2	0	0,78	0,78	0	1,25	1,25	1,25	0	1,56
37		1	1,3	1,2	1,2	0	1,3	0	1,3	0	0	0	0	0
38		1	1,3	1,2	1,2	0	1,3	0	1,3	0	0	0	1,3	0
39		1	1,3	1,2	1,2	0	1,3	0	1,3	0	0	0	1,3	1,56
40		1	1	1,2	1,2	0	1,3	0	1,3	0	0	0	0	1,56
41	GR1-1	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0	0,78	1,25	0	0	0	0
42	GR1-2	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0	0,78	1,25	0	0	1,3	0
43	GR1-3	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0	0,78	1,25	0	0	1,3	1,56
44	GR1-4	1	1	1,2	1,2	0	0,78	0	0,78	1,25	0	0	0	1,56
45	GR1-5	1	1	1,2	1,2	0	0,78	0	0,78	1,25	1,25	1,25	0	0
46	GR1-6	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0	0,78	1,25	1,25	1,25	1,3	0
47	GR1-7	1	1,3	1,2	1,2	0	0,78	0	0,78	1,25	1,25	1,25	1,3	1,56
48	GR1-8	1	1	1,2	1,2	0	0,78	0	0,78	1,25	1,25	1,25	0	1,56

**11.1.3 Combinazioni SLV**

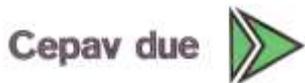
I coefficienti di combinazione SLV applicati ai singoli Load Case sono i medesimi sia per l'Approccio 1-Combinazione 1 che per l'Approccio 1-Combinazione 2.

n° CC	P.P.	Rilevato	Ballast+marciapiedi	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif / Ritiro	DT +	DT -	LM71	Serpeggio LM71	Centrifuga LM71	Accidentale	Spinta Accidentale	Urto	Incremento dinamico terreno	Azioni sismiche orizzontali	Sisma orizz da massa LM71	Azioni sismiche verticali	Sisma verticale da massa LM71
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SLV01	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0	0	0	0	1	1	1	0,3	0,3
SLV02	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	1	1	1	-0,3	-0,3
SLV03	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	1	1
SLV04	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0,3	0,3	0,3	-1	-1
SLV05	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	1	1	1	0,3	0,3
SLV06	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	1	1	1	-0,3	-0,3
SLV07	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	1	1
SLV08	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0,3	0,3	0,3	-1	-1
SLV09	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0	0	0	0	0	1	1	1	0,3	0,3
SLV10	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	1	1	1	-0,3	-0,3
SLV11	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	1	1
SLV12	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0,3	0,3	0,3	-1	-1
SLV13	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0,2	0	0	0	0	0	1	1	1	0,3	0,3
SLV14	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0,2	0,2	0,2	0	0	0	1	1	1	-0,3	-0,3
SLV15	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0,3	0,3	0,3	1	1
SLV16	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0,3	0,3	0,3	-1	-1

**11.1.4 Combinazioni ECC – Eccezionali**

n° CC	P.P.	Rilevato	Ballast+marciapiedi	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif / Ritiro	DT +	DT -	LM71	Serpeggio LM71	Centrifuga LM71	Accidentale	Spinta Accidentale	Urto
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ECC01	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	1
ECC02	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0	0	0	0	1
ECC03	1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0,2	0,2	0,2	0	0	1
ECC04	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	1
ECC05	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0,5	0,2	0	0	0	1
ECC06	1	1	1	1	1	0,5	0	0	0	0,5	0,2	0,2	0	0	1
ECC07	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	1
ECC08	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0	0	0	0	1
ECC09	1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0,2	0,2	0,2	0	0	1
ECC10	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	1
ECC11	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0	0,5	0,2	0	0	0	1
ECC12	1	1	1	1	1	0	0,5	0	0	0,5	0,2	0,2	0	0	1

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001Rev.  
AFoglio  
46 di 142

### 11.1.5 Combinazioni SLE – Quasi Permanente – Caratteristica

n° CC	P.P.	Rilevato	Ballast	Terra sx	Terra dx	T+ unif	T- unif / Ritiro	DT +	DT -	LM71 + M71	SW2 + LM71 DX	SW2 + LM71 S	LM71 terra	Serpeggio	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	17
QP1		1	1	1	1	1	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0
QP2		1	1	1	1	1	0	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0
QP3		1	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0
QP4		1	1	1	1	1	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0
Car1	gr1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Car2	gr1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
Car3	gr1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1
Car4	gr1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1
Car5	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	0	0	0
Car6	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	0	1	0
Car7	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	0	1	1
Car8	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	0	0	0	1
Car9	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	1	1	0	0
Car10	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	1	1	1	0
Car11	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	1	1	1	1
Car12	gr3	1	1	1	1	1	0,6	0	0,6	0	1	1	1	1	1
Car13	gr3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Car14	gr3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Car15	gr3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1
Car16	gr3	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
Car17	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0,6	1	0	0	0	0
Car18	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0,6	1	0	0	1	0
Car19	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0,6	1	0	0	1	1
Car20	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0,6	1	0	0	0	1
Car21	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0,6	1	1	1	0	0
Car22	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0,6	1	1	1	1	0
Car23	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0,6	1	1	1	1	1
Car24	gr1	1	1	1	1	1	0,6	0	0	0,6	1	1	1	0	1
Car25	gr3	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Car26	gr3	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
Car27	gr3	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
Car28	gr3	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Car29	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	0	0	0
Car30	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	0	1	0
Car31	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	0	1	1
Car32	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	0	0	0	1
Car33	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	1	1	0	0
Car34	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	1	1	1	0
Car35	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	1	1	1	1
Car36	gr1	1	1	1	1	1	0	0,6	0,6	0	1	1	1	0	1
Car37	gr1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Car38	gr1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
Car39	gr1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
Car40	gr1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
Car41	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0	0,6	1	0	0	0	0
Car42	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0	0,6	1	0	0	1	0
Car43	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0	0,6	1	0	0	1	1
Car44	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0	0,6	1	0	0	0	1
Car45	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0	0,6	1	1	1	0	0
Car46	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0	0,6	1	1	1	1	0
Car47	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0	0,6	1	1	1	1	1
Car48	gr3	1	1	1	1	1	0	0,6	0	0,6	1	1	1	0	1

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

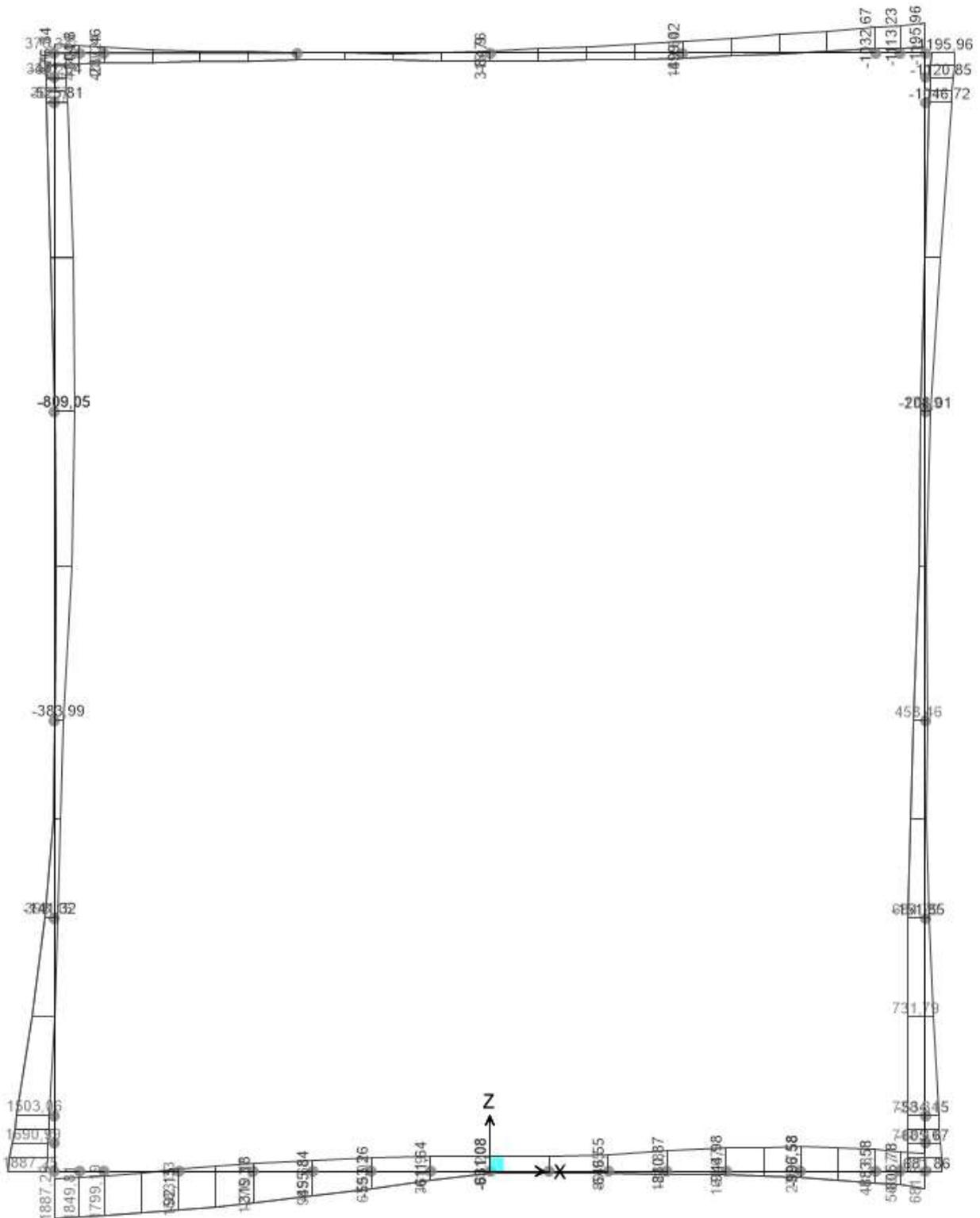
Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
47 di 142

## 11.2 Diagrammi di involuppo – sezione tipo 1

### 11.2.1 Involuppo momento flettente SLU/SLV/ECC – STR





Doc. N.

Progetto  
INOR

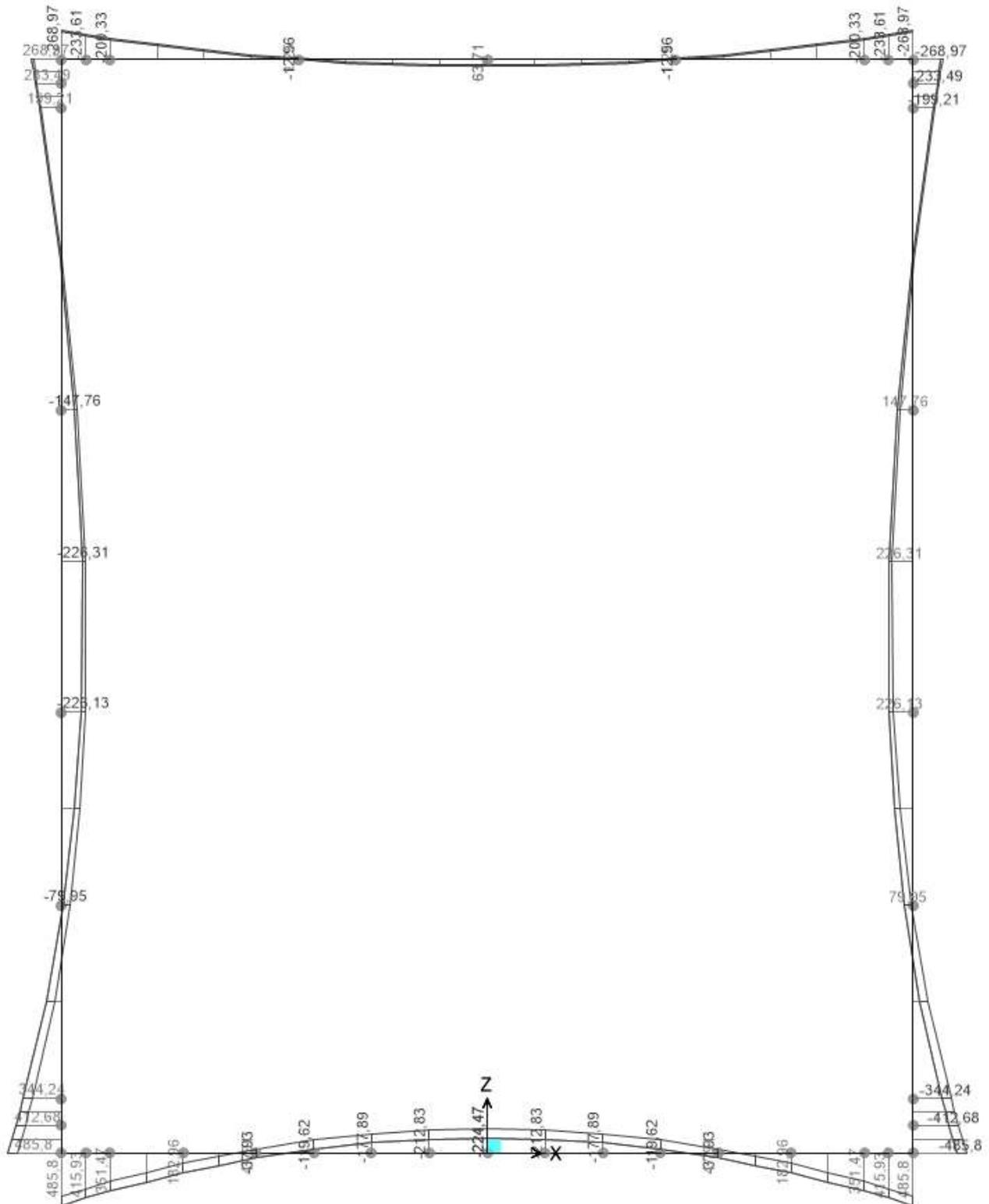
Lotto  
11

Codifica Documento  
E 2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
49 di 142

**11.2.3 Involuppo momento flettente SLE – Quasi Permanente**



Doc. N.

Progetto  
INOR

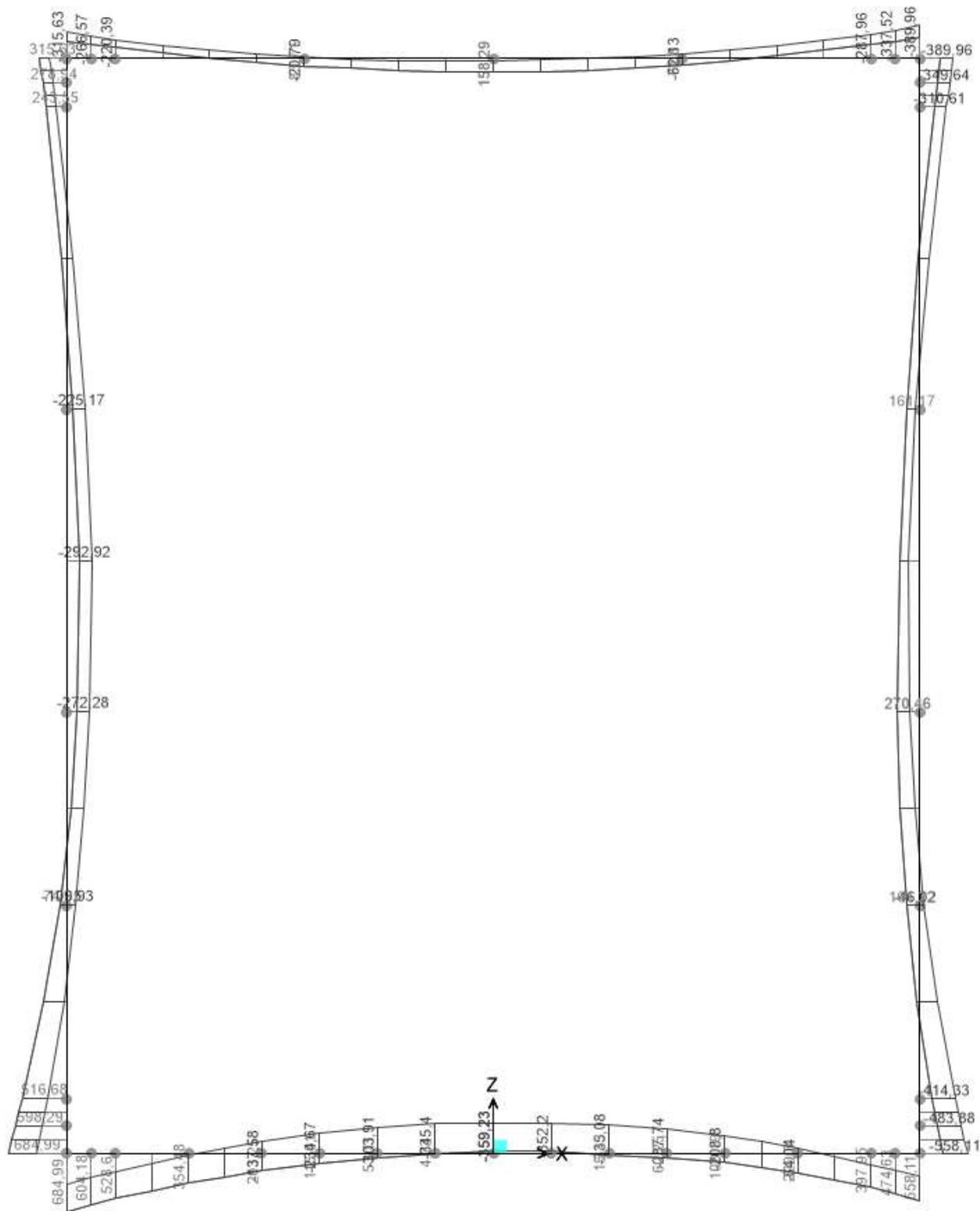
Lotto  
11

Codifica Documento  
E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
50 di 142

**11.2.4 Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico**



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

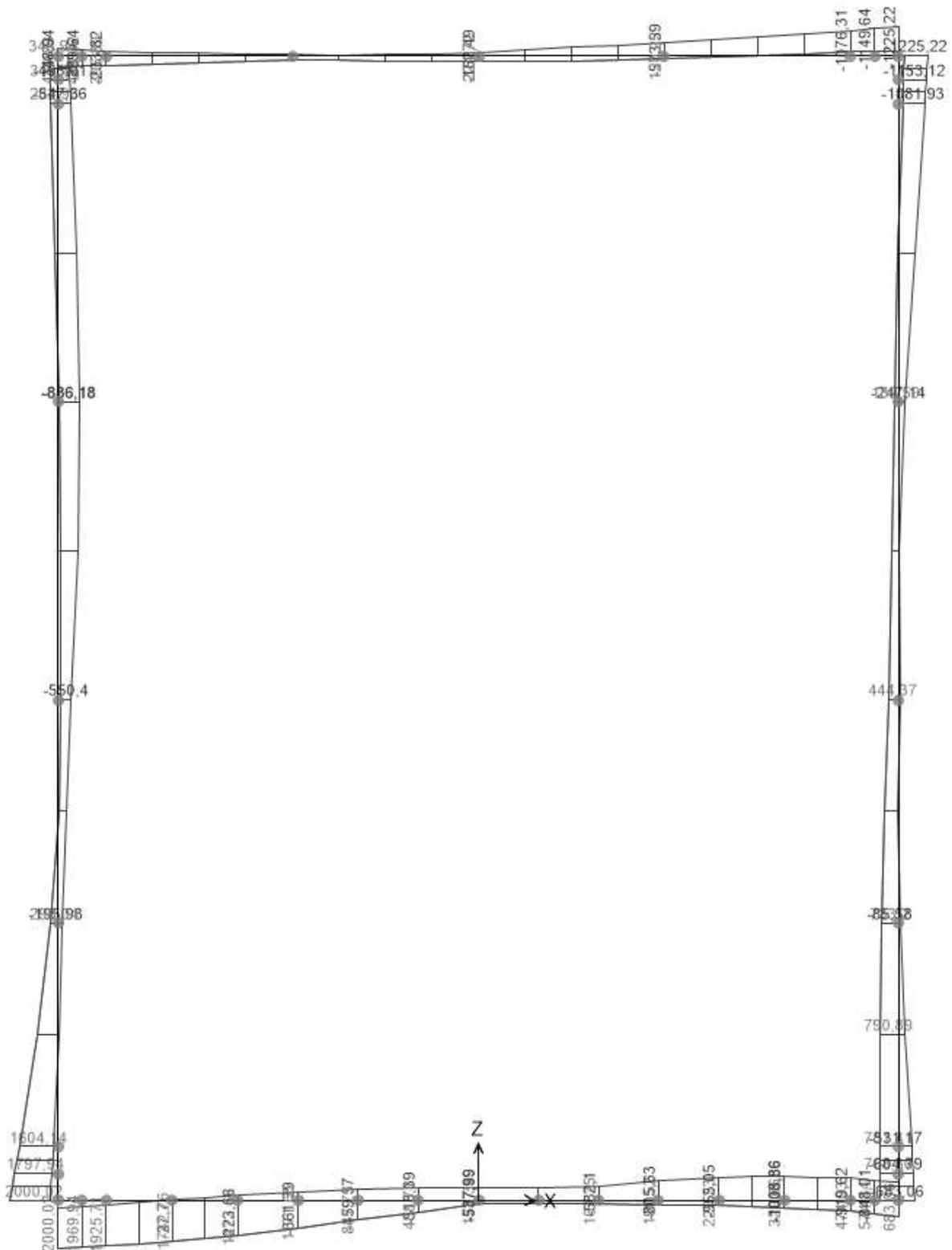
Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
51 di 142

### 11.3 Diagrammi di involucro – sezione tipo 2

#### 11.3.1 Involuppo momento flettente SLU/SLV/ECC – STR



Doc. N.

Progetto  
INOR

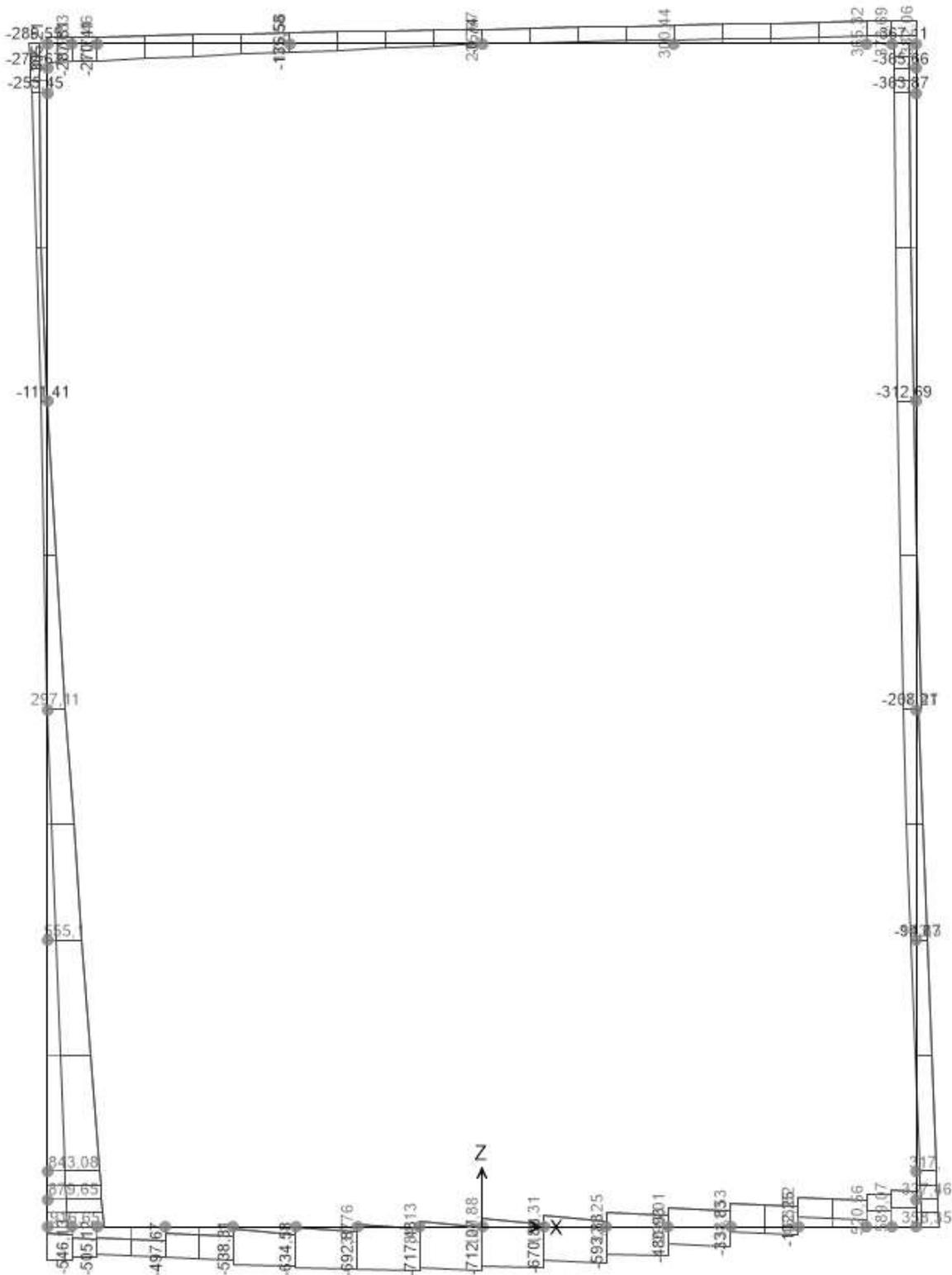
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
52 di 142

**11.3.2 Inviluppo taglio SLU/SLV/ECC – STR**



Doc. N.

Progetto  
INOR

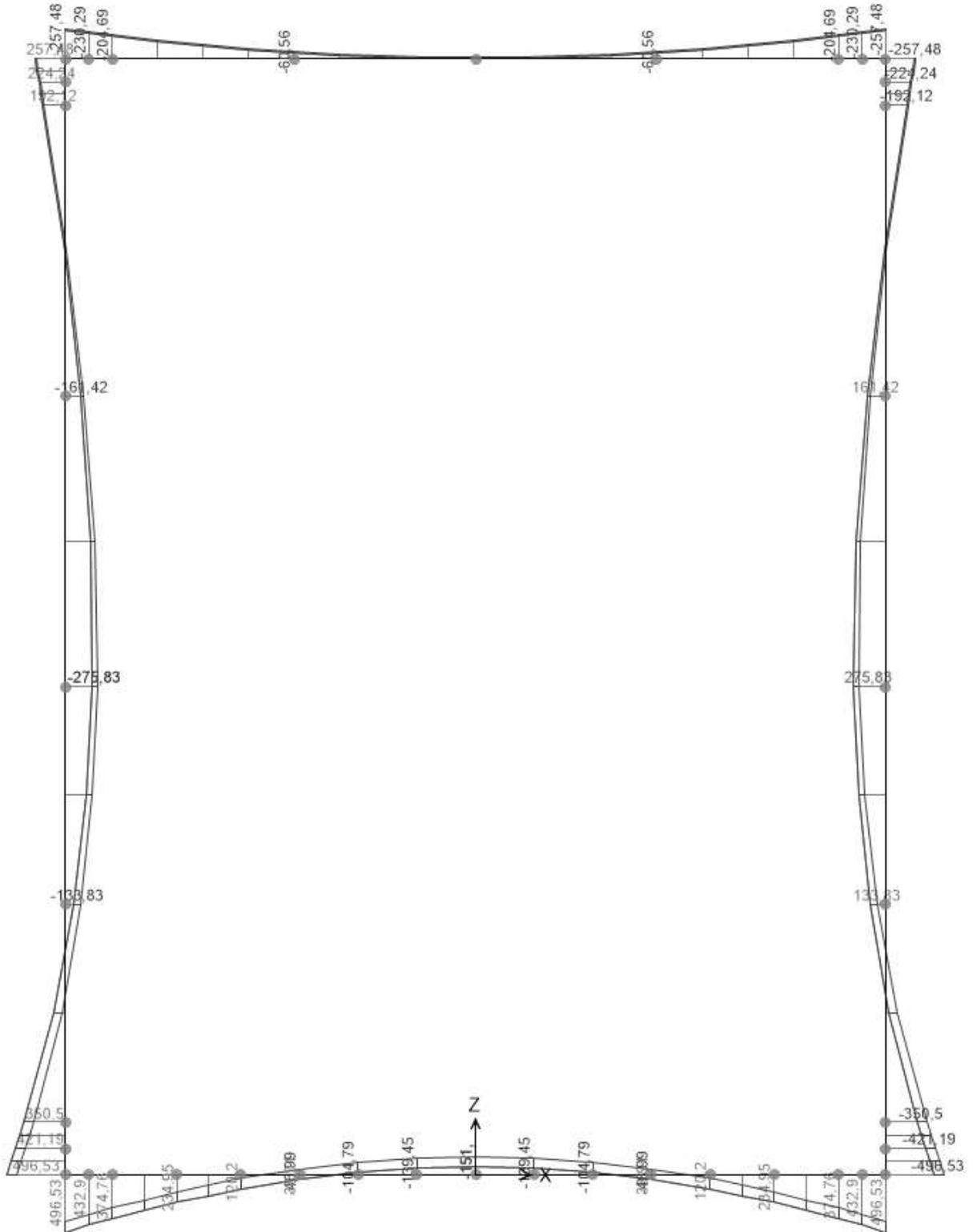
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
53 di 142

**11.3.3 Involuppo momento flettente SLE – Quasi Permanente**



Doc. N.

Progetto  
INOR

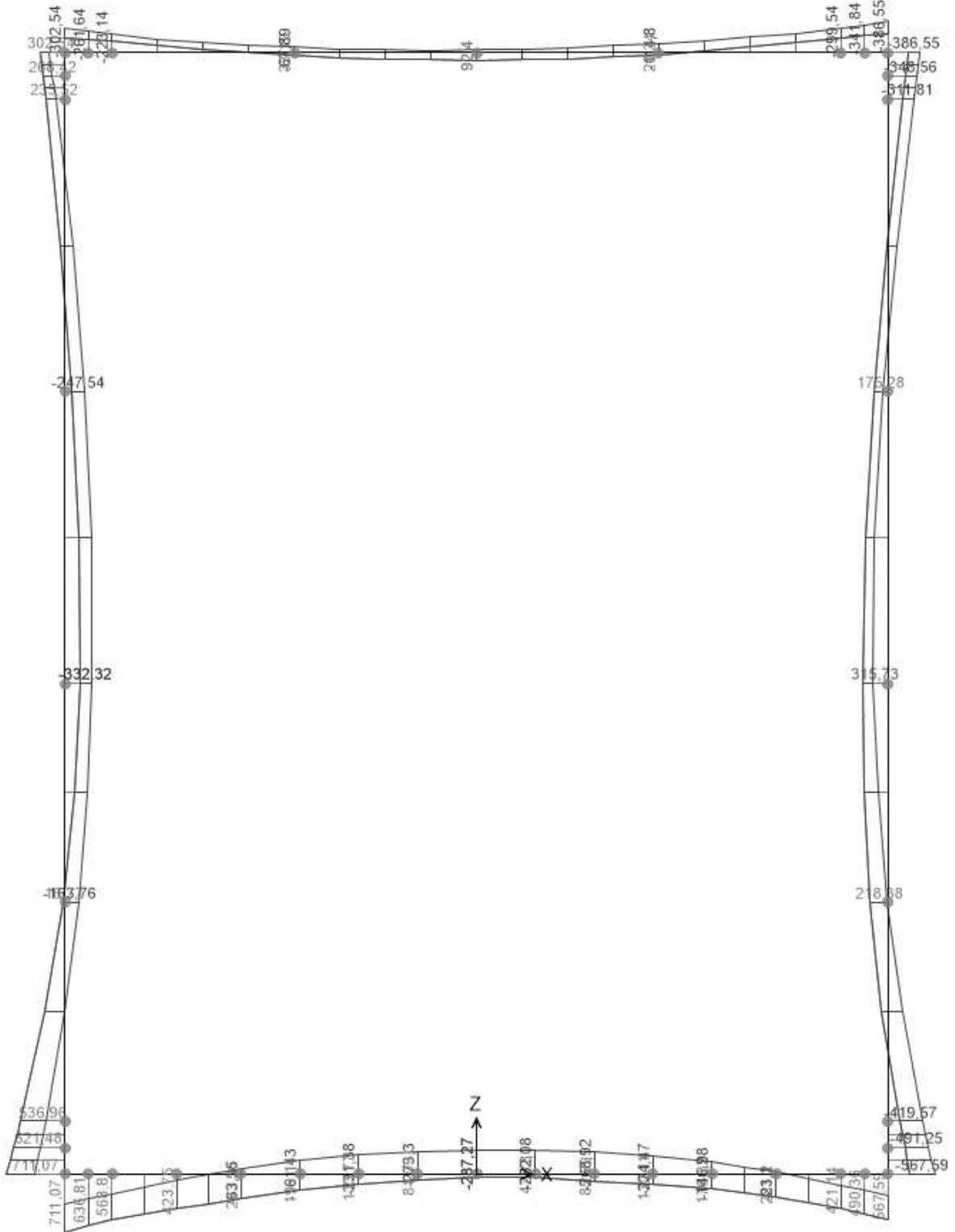
Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
54 di 142

### 11.3.4 Inviluppo momento flettente SLE – Caratteristico



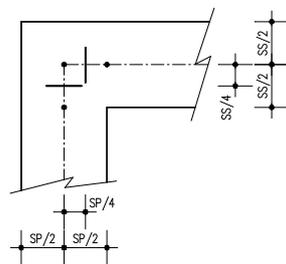
## 12. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO

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

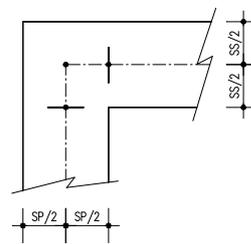
Le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

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

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



VERIFICHE A FLESSIONE



VERIFICHE A FESSURAZIONE E TAGLIO

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

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 Sezione tipo 1

### 12.1.1 Soletta inferiore – sezione di incastro

<b>SEZIONE RETTANGOLARE</b>				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_y/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,98			
n, lungo termine =	11,41 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
	lungo termine			
	breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	900 mm			
<b>Armature:</b>				
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>
1	5	24	72	2261,9467
2	5	24	120	2261,9467
3	5	24	780	2261,9467
4	10	24	828	4523,8934
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></b>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	850	1570,7963



### 12.1.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	900 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		10	24	72	4524
strato2		5	24	120	2262
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>	6786 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	88 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV9
Frame		7
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	0 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	685,01 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	812 mm
Coefficiente	k	1,50
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,84%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	v <sub>min</sub>	0,36 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	288,26 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>430,06 kN</b>
Verifica		<b>1,59</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

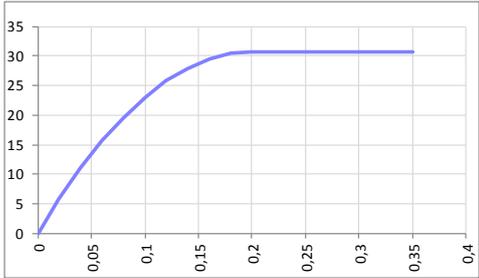
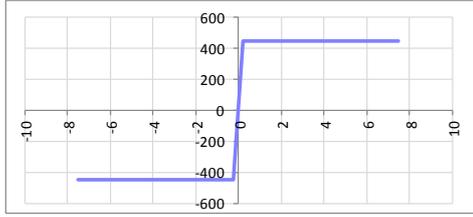
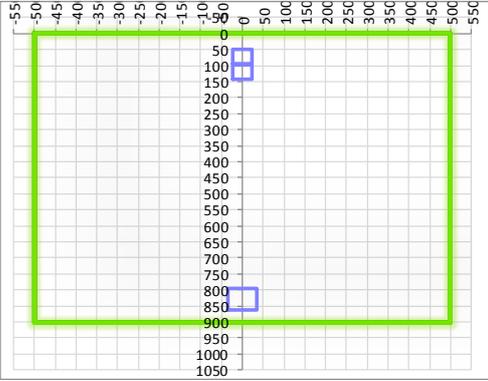
ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	φ	14 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	α	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	θ <sub>min</sub>	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	v <sub>1</sub>	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	f <sub>cd</sub>	17,40233333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	A <sub>st</sub>	512,61 mm <sup>2</sup>
	σ <sub>cp</sub> /f <sub>cd</sub>	0
Coefficiente di interazione	α <sub>cw</sub>	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	V <sub>rds</sub>	<b>732,95 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	V <sub>rcd</sub>	<b>3179,41 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>732,95 kN</b>
Verifica		<b>0,93</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

12.1.1.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>Limite</b> $\sigma_c / f_{ck}$	<b>Limite</b> $\sigma_s / f_{yk}$	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	<b>w<sub>d</sub></b> [mm]	<b>w<sub>lim</sub></b> [mm]	<b>M0 - Mf</b> [kNm]		
Caratteristica	CAR28	3	0,0	528,6	0,113	0,300	461,94	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP2	2	0,0	415,9	-3,08	87,92	-34,59	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR27	2	0,0	604,1	-4,48	127,70	-50,24	Sezione parzializzata	

12.1.2 Soletta inferiore – sezione di mezzeria

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,98			
n, lungo termine =	11,41 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
	lungo termine breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	900 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	24	72	2261,9467
2	5	24	120	2261,9467
3	10	24	828	4523,8934
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	850	1570,7963
				



12.1.2.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>Limite</b> $\sigma_c / f_{ck}$	<b>Limite</b> $\sigma_s / f_{yk}$	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	<b>w<sub>d</sub></b> [mm]	<b>w<sub>lim</sub></b> [mm]	<b>M0 - Mf</b> [kNm]		
Caratteristica	CAR14	8	0,0	-359,2	Msd<Mf	0,300	-431,84		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP3	8	0,0	-224,5	-1,87	70,98	-19,48	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR14	8	0,0	-359,3	-3,00	113,61	-31,19	Sezione parzializzata	

12.1.3 Piedritto – sezione di incastro inferiore

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{c2}$	0,200 %			
$E_{c3}$	0,175 %			
$E_{c4}$	0,070 %			
$E_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n,breve termine	5,77 =Es/Ec			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n,lungo termine=	11,47 =Es/Ecm			
n,verifiche QP	15,0 =Es/Ecm	lungo termine		
n,verifiche CAR	15,0 =Es/Ecm	breve termine		
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm	As mm <sup>2</sup>
1	10	24	72	4523,8934
2	5	24	680	2261,9467
3	10	24	728	4523,8934
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963



### 12.1.3.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	800 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		10	24	72	4524
strato2		5	24	120	2262
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>	6786 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	88 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV10
Frame		21
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	141,74 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	816,89 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	712 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,95%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,18 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	v <sub>min</sub>	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	280,27 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>421,78 kN</b>
Verifica		<b>1,94</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	φ	14 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 <sub>min</sub>	24,45 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	v <sub>1</sub>	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	f <sub>cd</sub>	17,40233333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	A <sub>st</sub>	769,69 mm <sup>2</sup>
	σ <sub>cp</sub> /f <sub>cd</sub>	0,010181106
Coefficiente di interazione	α <sub>cw</sub>	1,010181106
Resistenza a taglio per rottura delle armature	V <sub>rds</sub>	<b>964,99 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	V <sub>rcd</sub>	<b>2816,24 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>964,99 kN</b>
Verifica		<b>0,85</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

12.1.3.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR27	21	406,5	516,7	0,094	0,300	440,23	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP2	19	358,4	412,7	-4,00	75,99	-46,59	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR27	19	411,0	598,3	-5,71	117,13	-65,64	Sezione parzializzata	

12.1.4 Piedritto – sezione di mezzeria

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_{yk})_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine		
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	10	24	72	4523,8934
2	10	24	728	4523,8934
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963



12.1.4.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR40	25	247,5	292,9	Msd<Mf	0,300	388,87	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP4	25	265,0	226,3	-2,42	50,62	-27,74	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR40	25	247,5	292,9	-3,08	74,37	-34,24	Sezione parzializzata	

**12.1.5 Piedritto – sezione di incastro superiore**

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	10	24	72	4523,8934
2	10	24	728	4523,8934
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963



12.1.5.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR19	29	277,4	310,6	Msd<Mf	0,300	393,45	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP3	30	186,0	233,5	-2,45	60,35	-27,08	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR19	30	273,4	349,6	-3,66	90,87	-40,46	Sezione parzializzata	

12.1.6 Soletta superiore – sezione di incastro

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{c2}$	0,200 %			
$E_{c3}$	0,175 %			
$E_{c4}$	0,070 %			
$E_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 =Es/Ec			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine=	11,47 =Es/Ecm			
n, verifiche QP	15,0 =Es/Ecm	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 =Es/Ecm	breve termine		
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	24	72	2261,9467
2	5	24	120	2261,9467
3	5	24	728	2261,9467
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	60	1570,7963
inferiore	5	20	740	1570,7963



### 12.1.6.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	800 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		10	24	80	4524
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>	4524 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	80 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV2
Frame		38
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	0 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	397,33 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	720 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,63%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	v <sub>min</sub>	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	263,52 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>353,88 kN</b>
Verifica		<b>1,12</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	φ	12 mm
Numero braccia	n	3,33
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 <sub>min</sub>	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	v <sub>1</sub>	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	f <sub>cd</sub>	17,40233333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	A <sub>st</sub>	376,61 mm <sup>2</sup>
	σ <sub>cp</sub> /f <sub>cd</sub>	0
Coefficiente di interazione	α <sub>cw</sub>	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	V <sub>rds</sub>	<b>477,48 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	V <sub>rcd</sub>	<b>2819,18 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>477,48 kN</b>
Verifica		<b>0,83</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

12.1.6.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>Limite</b> $\sigma_c / f_{ck}$	<b>Limite</b> $\sigma_s / f_{yk}$	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	<b>w<sub>d</sub></b> [mm]	<b>w<sub>lim</sub></b> [mm]	<b>M0 - Mf</b> [kNm]		
Caratteristica	CAR19	38	0,0	-288,0	Msd<Mf	0,300	-313,68	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP3	34	0,0	-233,6	-2,67	86,26	-27,61	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR19	39	0,0	-337,5	-3,86	124,63	-39,89	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
77 di 142

12.1.7 Soletta superiore – sezione di mezzzeria

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	24	72	2261,9467
2	5	24	120	2261,9467
3	5	24	728	2261,9467
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963



12.1.7.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>Limite</b> $\sigma_c / f_{ck}$	<b>Limite</b> $\sigma_s / f_{yk}$	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	<b>w<sub>d</sub></b> [mm]	<b>w<sub>lim</sub></b> [mm]	<b>M0 - Mf</b> [kNm]		
Caratteristica	CAR26	36	0,0	158,3	Msd<Mf	0,300	313,68	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP2	36	0,0	63,7	-0,85	42,43	-7,28	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR26	36	0,0	158,3	-2,11	105,43	-18,08	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
80 di 142

## 12.2 Sezione tipo 2

### 12.2.1 Soletta inferiore – sezione di incastro

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_u/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,98			
n, lungo termine =	11,41 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	900 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	24	72	2261,9467
2	5	24	120	2261,9467
3	10	24	780	4523,8934
4	10	24	828	4523,8934
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	850	1570,7963

12.2.1.1 Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																					
CRITERI DI VERIFICA																																																					
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$		0,85																																																			
$\gamma_c$		1,50																																																			
$f_{cd}$		20,47 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$f_{ct,eff}$		2,45 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																		
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$		1,15																																																			
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																			
$E_{yd}$		0,196 %																																																			
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
SLV10	2	0,0	1969,9	20972,76	-5310,66	2583,94	-1366,16	76%																																													
<i>Sezione:</i>																																																					
				<b>Fibre compresse</b> $\sigma_{c,max}$ = 17,40 N/mm <sup>2</sup> $\sigma_{s,min}$ = -391,30 N/mm <sup>2</sup> $\epsilon_{c,max}$ = 0,35 % $\epsilon_{s,min}$ = -1,45 % d = 828,00 mm x = 160,77 mm x/d = 0,19		<b>Superiori</b> N/mm <sup>2</sup> N/mm <sup>2</sup> % % mm mm mm																																															
<i>Dominio M-N</i>																																																					
				<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>SLV10</td> <td>2</td> <td>0,0</td> <td>1969,9</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV10	2	0,0	1969,9																																				
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																		
SLV10	2	0,0	1969,9																																																		

### 12.2.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b		1000 mm	
Altezza	h		900 mm	
Barre tese	numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1	10	24	72	4524
strato2	10	24	120	4524
strato3	0	0	0	0
strato4	0	0	0	0
strato5	0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$		9048 mm <sup>2</sup>	
Posizione della barra equivalente	$c^*$		96 mm	

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV9
Frame		7
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	717,49 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	804 mm
Coefficiente	k	1,50
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	1,13%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,36 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	286,13 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>471,00 kN</b>
Verifica		1,52 <b>E' necessario prevedere armatura a taglio</b>

ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	14 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	17,40233333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	512,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	725,73 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	3148,08 kN
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>725,73 kN</b>
Verifica		0,99 <b>Verifica soddisfatta</b>

12.2.1.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>M0 - Mf</b>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR28	3	0,0	568,8	0,090	0,300	491,53	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{c,min}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,max}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,min}</math></b>		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP2	2	0,0	432,9	-2,98	71,53	-34,64	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR27	2	0,0	636,8	-4,39	105,23	-50,95	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
84 di 142

12.2.2 Soletta inferiore – sezione di mezzeria

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{dk}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamer	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,98			
n, lungo termine=	11,41 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	900 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	24	72	2261,9467
2	5	24	120	2261,9467
3	10	24	828	4523,8934
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	850	1570,7963



12.2.2.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>M0 - Mf</b>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR14	8	0,0	-287,3	Msd<Mf	0,300	-431,84		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{c,min}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,max}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,min}</math></b>		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP3	8	0,0	-151,0	-1,26	47,75	-13,11	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR14	8	0,0	-287,3	-2,40	90,84	-24,94	Sezione parzializzata	

**12.2.3 Piedritto – sezione di incastro inferiore**

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
$n$	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_u/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
$n$ ,breve termine	5,77 =Es/Ec			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
$n$ ,lungo termine=	11,47 =Es/Ecm			
$n$ ,verifiche QP	15,0 =Es/Ecm	lungo termine		
$n$ ,verifiche CAR	15,0 =Es/Ecm	breve termine		
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm	As mm <sup>2</sup>
1	10	24	72	4523,8934
2	10	24	728	4523,8934
3	10	24	680	4523,8934
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	yi mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963



### 12.2.3.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b		1000 mm		
Altezza	h		800 mm		
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		10	24	80	4524
strato2		10	24	128	4524
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				9048 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				104 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV10
Frame		21
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	102,37 kN
Taglio	$V_{Ed}$	843,08 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	696 mm
Coefficiente	k	1,54
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	1,30%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,13 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	270,36 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>451,82 kN</b>
Verifica		<b>1,87</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

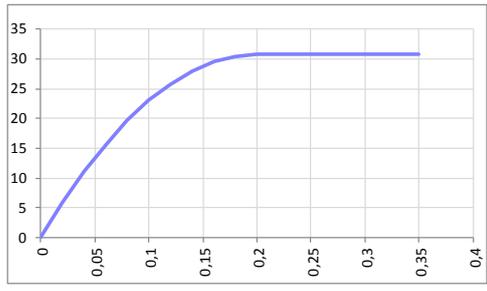
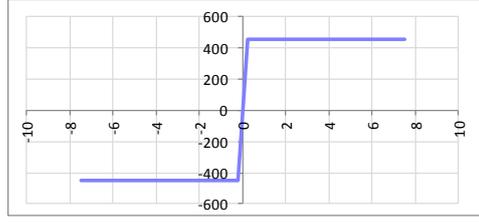
ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	16 mm
Numero braccia	n	5
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	28,28 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	17,40233333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	1005,31 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0,007353181
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1,007353181
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	<b>1232,07 kN</b>
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	<b>2745,24 kN</b>
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>1232,07 kN</b>
Verifica		<b>0,68</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

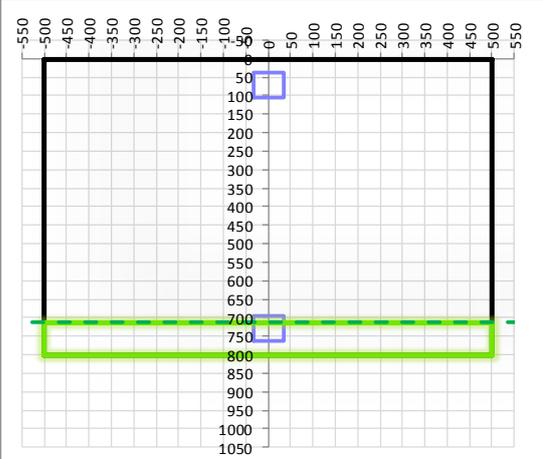
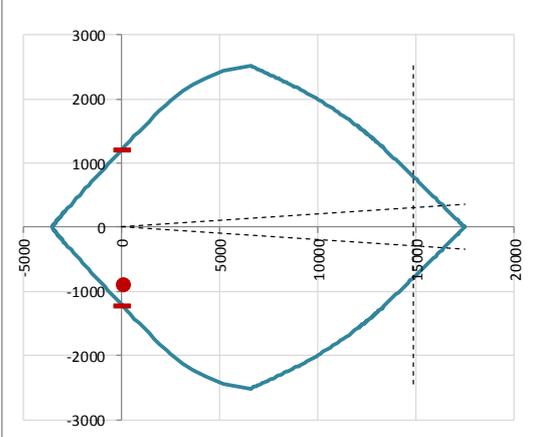
12.2.3.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>M0 - Mf</b>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR27	21	373,4	537,0	0,077	0,300	461,11	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{c,min}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,max}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,min}</math></b>		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP2	19	327,4	421,2	-3,83	63,71	-45,51	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR27	19	377,9	621,5	-5,56	99,08	-65,32	Sezione parzializzata	

12.2.4 Piedritto – sezione di mezzeria

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_u/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine		
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	$\phi$ mm	$y_i$ mm	$A_s$ mm <sup>2</sup>
1	10	24	72	4523,8934
2	10	24	728	4523,8934
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	$\phi$ mm	$y_i$ mm	$A_s$ mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963

12.2.4.1 Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																					
CRITERI DI VERIFICA																																																					
<u>Coefficienti di sicurezza allo SLU</u>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$	0,85																																																				
$\gamma_c$	1,50																																																				
$f_{cd}$	20,47 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$f_{ct,eff}$	2,45 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																			
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$	1,15																																																				
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$E_{yd}$	0,196 %																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
SLV13	25	46,9	-886,2	17462,30	-3540,44	1220,53	-1220,53	73%																																													
<u>Sezione:</u>																																																					
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Inferiori</i>																																															
				$\sigma_{c,max}$	17,40	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-2,54	%																																															
				d	728,00	mm																																															
				x	88,04	mm																																															
x/d	0,12																																																				
<u>Dominio M-N</u>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>SLV13</td> <td>25</td> <td>46,9</td> <td>-886,2</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV13	25	46,9	-886,2																																				
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
				SLV13	25	46,9	-886,2																																														

12.2.4.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>M0 - Mf</b>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR16	23	228,4	-332,3	Msd<Mf	0,300	-385,95	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{c,min}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,max}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,min}</math></b>		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP3	23	247,9	-275,8	-2,91	68,63	-32,52	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR16	23	228,4	-332,3	-3,45	89,39	-37,86	Sezione parzializzata	

12.2.5 Piedritto – sezione di incastro superiore

<b>SEZIONE RETTANGOLARE</b>				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamer	EL-PL			
$k = (f_y/f_{yk})_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine=	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine		
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	10	24	72	4523,8934
2	10	24	728	4523,8934
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963



12.2.5.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>M0 - Mf</b>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR7	29	237,5	311,8	Msd<Mf	0,300	387,34	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{c,min}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,max}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,min}</math></b>		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP1	30	144,0	224,2	-2,32	61,30	-25,35	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR7	30	233,6	348,6	-3,62	94,33	-39,59	Sezione parzializzata	

12.2.6 Soletta superiore – sezione di incastro

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ek}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_y/f_{yk})_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
1	5	24	72	2261,9467
2	5	24	120	2261,9467
3	5	24	728	2261,9467
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	As mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963



12.2.6.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b		1000 mm	
Altezza	h		800 mm	
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]
strato1		10	24	80
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	$A_s$		4524 mm <sup>2</sup>	
Posizione della barra equivalente	$c^*$		80 mm	

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV2
Frame		38
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	365,32 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	720 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,63%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	263,52 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>353,88 kN</b>
Verifica		1,03 <b>E' necessario prevedere armatura a taglio</b>

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

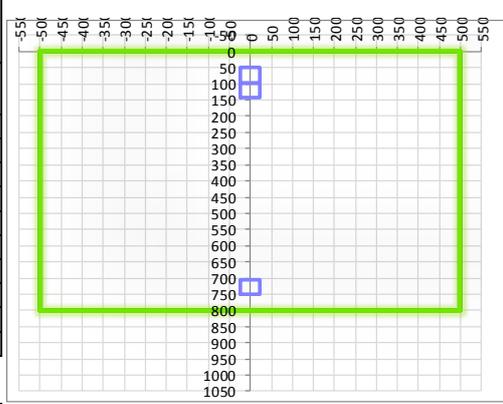
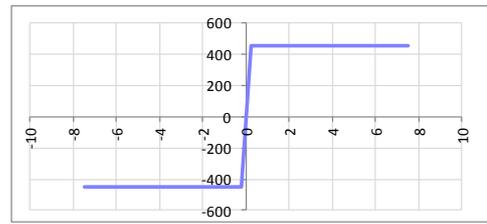
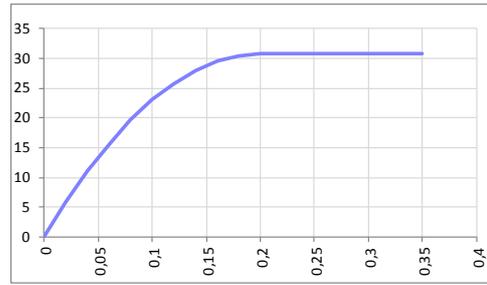
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	17,40233333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	376,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	477,48 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	2819,18 kN
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>477,48 kN</b>
Verifica		0,77 <b>Verifica soddisfatta</b>

12.2.6.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>M0 - Mf</b>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR19	38	0,0	-299,5	Msd<Mf	0,300	-313,68		
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{c,min}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,max}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,min}</math></b>		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP3	34	0,0	-230,3	-2,64	85,03	-27,22	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR19	39	0,0	-341,9	-3,91	126,22	-40,40	Sezione parzializzata	

12.2.7 Soletta superiore – sezione di mezzeria

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{dk}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$	breve termine		
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	24	72	2261,9467
2	5	24	120	2261,9467
3	5	24	728	2261,9467
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963





12.2.7.2 Verifiche allo stato limite di esercizio

<b>SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO</b>									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>M0 - Mf</b>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR26	36	0,0	92,4	Msd<Mf	0,300	313,68	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b><math>\sigma_{c,min}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,max}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,min}</math></b>		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP2	36	0,0	-1,5	-0,02	0,55	-0,18	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR52	39	0,0	232,7	-3,10	154,98	-26,57	Sezione parzializzata	

### 12.3 Verifica punzonamento dovuto all'urto sul piedritto

Nel caso del deragliamento all'interno della galleria si considera agente una forza agente ad 1,80m dal Piano Ferro agente in direzione ortogonale al piedritto pari a:

$$F_t = 750.00 \text{ kN}$$

Per la verifica a punzonamento si assumono le seguenti ipotesi cautelative:

- Impronta di impatto puntuale;
- Impatto in corrispondenza di un giunto strutturale tra 2 conci

Ne consegue che, detta  $d = 736\text{mm}$  l'altezza utile media della sezione in corrispondenza della zona di impatto, il perimetro di rottura a punzonamento corrisponde ad un semicerchio di perimetro 2311mm.

L'azione tangenziale dovuta all'urto è quindi pari a:

$$\tau_{F_t} = 750000 / (736 \times 2311) = 0.44 \text{ N/mm}^2.$$

Tal azione va a combinarsi con quelle derivanti dagli altri carichi permanenti ed accidentali presenti sulla struttura che in corrispondenza della zona di impatto generano un taglio di intensità pari a 48.38 kN/m. Poiché tale azione di taglio si sviluppa lungo il piano verticale, il suo effetto andrà sommandosi solamente nella sezione ortogonale a tale piano, di larghezza 736mm.

L'incremento di azione tangenziale che ne risulta è quindi pari a  $\Delta\tau = 48380 / (736 \times 736) = 0.09 \text{ N/mm}^2$

E l'azione tangenziale massima che ne deriva è pari a 0.53 N/mm<sup>2</sup>.

L'azione complessiva, corrisponde ad un'azione di punzonamento di intensità pari a 901.47kN.

Si riporta di seguito la verifica a taglio-punzonamento.

Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
11Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001Rev.  
AFoglio  
105 di 142

## CALCESTRUZZO

Classe calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

## ACCIAIO

Tipologia		B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento		450 Mpa

## COEFFICIENTI MATERIALE

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

## GEOMETRIA SEZIONE C.A.

Base	b	2312 mm		
Altezza	h	800 mm		
<b>Barre tese</b>	<b>numero barre</b>	<b>diametro barre [mm]</b>	<b>copriferro in asse barra [mm]</b>	<b>Area barre [mm<sup>2</sup>]</b>
strato1	7	24	72	3167
strato2	7	24	72	3167
strato3	12	20	50	3770
strato4	0	0	0	0
strato5	0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	10103 mm <sup>2</sup>		
Posizione della barra equivalente	$c^*$	63,79104478 mm		

## SOLLECITAZIONI

Load Case		
Frame		
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	901,47 kN

## VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO

Altezza utile della sezione	d	736 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,59%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,36 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	619,33 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>817,66 kN</b>
Verifica		<b>1,10</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

## ARMATURA A TAGLIO

Diametro staffe	$\phi$	14 mm
Numero braccia	n	5
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	45 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

## VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO

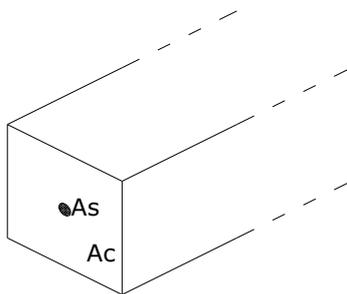
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	17,40233333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	769,69 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	997,80 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	6663,80 kN
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>997,80 kN</b>
Verifica		<b>0,90</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

## 12.4 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.

### 12.4.1 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:

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

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

### 12.4.2 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  $2 \times A/u = 2 \times H = 160$  cm, ed un calcestruzzo C30/37 classe N.

#### Caratteristiche della sezione:

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

$$H = 80 \text{ cm}$$

$$A_{s, \text{long}} = 1 + 1\phi 20/20 = 3142 \text{ mm}^2$$

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

$$E_c = 33019 \text{ N/mm}^2$$

#### Deformazione da ritiro:

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

$$\epsilon_{ca}(t=\infty) = 2.5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 2.5 \times (0.83 \times 45 - 10) \times 10^{-6} = 0.068 \text{ ‰}$$

$$\epsilon_{cd}(t=\infty) = k_h \times \epsilon_{cd,0} = 0.7 \times 0.30 \text{ ‰} = 0.21 \text{ ‰} \text{ (per } h_0 > 500 \text{ mm, calcestruzzo C35/45 classe N, U.R.}=75\%)$$

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

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:

$$E_c^* = E_c / (1 + \phi) = 9434 \text{ N/mm}^2.$$

#### Tensioni nei materiali:

$$\sigma_s = (1000 \times 800) \times 9434 \times 210000 \times 0.00040 / (3142 \times 210000 + 1000 \times 800 \times 9434) = 77.25 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_c = -3142 \times 9434 \times 210000 \times 0.00040 / (3142 \times 210000 + 1000 \times 800 \times 9434) = -0.30 \text{ N/mm}^2.$$

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.

### 13. CORDOLI DI TESTA

I cordoli di testa sono degli elementi a sbalzo, incastrati alle estremità del primo e dell'ultimo concio delle strutture scatolari che hanno la funzione di sostenere il terreno agli imbocchi.

In particolare si individuano i seguenti cordoli:

- Cordolo superiore, costituito da un piedritto verticale di altezza massima da estradosso soletta pari a 144cm;
- Cordoli laterali, costituiti da elementi a sbalzo orizzontale, fissati ai piedritti dei conci di imbocco, con sbalzo da filo piedritto pari a 120, 148, 206 e 313 cm che si estendo per un'altezza massima di 11.00m.

Il calcolo delle sollecitazioni viene effettuato considerando il cordolo al pari di una trave a sbalzo di estensione unitaria secondo le usuali formule della scienza delle costruzioni.

#### 13.1 Calcolo delle sollecitazioni

I cordoli di testa sono soggetti al carico del terreno e alla spinta indotta dal sovraccarico accidentale.

Per il calcolo delle azioni vengono adottati i medesimi criteri adottati per gli scatolari.

##### 13.1.1 Pressioni del terreno

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:

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

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

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

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

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

Si riporta di seguito il calcolo delle pressioni agenti sulla struttura per la Combinazione 1 (A1+M1+R1).

##### Approccio 1 – Combinazione 1

- Pressione all'estradosso soletta superiore

$$P_1 (h_1 = 1.44\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 1.44 \times 20 = \mathbf{12.28 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione a 3.0m da p.c.

$$P_2 (h_2 = 3.00\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 3.00 \times 20 = \mathbf{25.58 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione a 6.0m da p.c.

$$P_3 (h_3 = 6.00\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 6.00 \times 20 = \mathbf{51.14 \text{ kN/m}^2}$$

- Pressione alla base dei cordoli laterali

$$P_4 (h_4 = 11.00\text{m}) = k_{0,M1} \times h_1 \times \gamma_t = 0.4264 \times 11.00 \times 20 = \mathbf{93.81 \text{ kN/m}^2}$$

### 13.1.2 Sovraccarichi accidentali

Il sovraccarico accidentale genera incrementi di spinta orizzontale nel terreno pari a:

#### Approccio 1 – Combinazione 1

$$p_1 = q \times k_{0,M1} = 20.00 \times 0.4264 = 8.53 \text{ kN/m}^2$$

### 13.1.3 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;

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

$$\text{Piedritti: } \Delta p_{p,h} = \gamma_{c.a.} \times S_p \times a_{gh} = 25 \times 0.80 \times 0.277 = 5.54 \text{ kN/m}^2$$

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

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

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

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 1.44 = 7.98 \text{ kN/m}^2.$$

$$\Delta p_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot} = 0.277 \times 20.0 \times 11.00 = 60.94 \text{ kN/m}^2.$$

## 13.2 Combinazione dei carichi

Si riportano di seguito i coefficienti di combinazione dei carichi impiegati per il calcolo delle sollecitazioni di progetto assunti in analogia a quanto previsto dalla normativa per le opere di sostegno.

n° CC	Spinta Terra	Accidentale	Sisma
	1	2	3
SLU	1.30	1.5	0
SLV	1	1	1
QP	1	0	1
CAR	1	1	0

### 13.3 Azioni sollecitanti

#### 13.3.1 Codolo di testa

Le sollecitazioni vengono calcolate in asse alla soletta superiore, considerando uno sbalzo di luce 1.84m.

Le sollecitazioni allo SLU di taglio e quelle caratteristiche per la verifica a fessurazione sono calcolate al filo della soletta.

##### 13.3.1.1 Azioni elementari

CARICO	$V_{k,filo}$ [kN/m]	$M_{k,filo}$ [kNm/m]	$M_{k,asse}$ [kNm/m]
Spinta terre	17,68	8,49	15,56
Accidentale	12,28	8,84	13,75
Sisma	19,47	14,02	21,81

##### 13.3.1.2 Azioni di calcolo

COMBINAZIONE	$V_{Ed,filo}$ [kN/m]	$M_{Ed,filo}$ [kNm/m]	$M_{Ed,asse}$ [kNm/m]
SLU	41,41	-	40,86
SLV	37,15	-	37,37
QP	-	-	15,56
CAR	-	17,33	29,32

#### 13.3.2 Cordolo laterale - sbalzo 150cm

Le sollecitazioni vengono calcolate in asse al piedritto, per fascia di larghezza unitaria posta a 11.00m da piano campagna, considerando uno schema statico di trave a sbalzo con luce 1.90m.

Le sollecitazioni allo SLU di taglio e quelle caratteristiche per la verifica a fessurazione sono calcolate al filo del piedritto.

##### 13.3.2.1 Azioni elementari

Fascia unitaria a 11.00m da piano campagna:

CARICO	$V_{k,filo}$ [kN/m]	$M_{k,filo}$ [kNm/m]	$M_{k,asse}$ [kNm/m]
Spinta terre	140,72	70,36	126,64
Accidentale	12,79	9,59	14,71
Sisma	99,72	74,79	114,68

### 13.3.2.2 Azioni di calcolo

Fascia unitaria a 11.00m da piano campagna:

COMBINAZIONE	$V_{Ed,filo}$ [kN/m]	$M_{Ed,filo}$ [kNm/m]	$M_{Ed,asse}$ [kNm/m]
SLU	202,12	-	186,70
SLV	240,44	-	241,32
QP	-	-	126,64
CAR	-	79,95	141,35

### 13.3.3 Cordolo laterale - sbalzo 220cm

Le sollecitazioni vengono calcolate in asse al piedritto, per due fasce di larghezza unitaria poste rispettivamente a 6.00m e 11.00m da piano campagna, considerando uno schema statico di trave a sbalzo con luce 2.60m.

Le sollecitazioni allo SLU di taglio e quelle caratteristiche per la verifica a fessurazione sono calcolate al filo del piedritto.

#### 13.3.3.1 Azioni elementari

Fascia unitaria a 6.00m da piano campagna:

CARICO	$V_{k,filo}$ [kN/m]	$M_{k,filo}$ [kNm/m]	$M_{k,asse}$ [kNm/m]
Spinta terre	112,57	82,55	127,58
Accidentale	18,76	20,64	28,14
Sisma	146,26	160,88	219,38

Fascia unitaria a 11.00m da piano campagna:

CARICO	$V_{k,filo}$ [kN/m]	$M_{k,filo}$ [kNm/m]	$M_{k,asse}$ [kNm/m]
Spinta terre	206,38	151,35	233,90
Accidentale	18,76	20,64	28,14
Sisma	146,26	160,88	219,38

### 13.3.3.2 Azioni di calcolo

Fascia unitaria a 6.00m da piano campagna:

COMBINAZIONE	$V_{Ed,filo}$ [kN/m]	$M_{Ed,filo}$ [kNm/m]	$M_{Ed,asse}$ [kNm/m]
SLU	174,49	-	208,07
SLV	258,83	-	346,97
QP	-	-	127,58
CAR	-	103,19	155,73

Fascia unitaria a 11.00m da piano campagna:

COMBINAZIONE	$V_{Ed,filo}$ [kN/m]	$M_{Ed,filo}$ [kNm/m]	$M_{Ed,asse}$ [kNm/m]
SLU	296,44	-	346,28
SLV	352,64	-	453,28
QP	-	-	233,90
CAR	-	171,98	262,04

### 13.3.4 Cordolo laterale - sbalzo 315cm

Le sollecitazioni vengono calcolate in asse al piedritto, per tre fasce di larghezza unitaria poste rispettivamente a 3.00m, 6.00m e 11.00m da piano campagna, considerando uno schema statico di trave a sbalzo con luce 3.55m.

Le sollecitazioni allo SLU di taglio e quelle caratteristiche per la verifica a fessurazione sono calcolate al filo del piedritto.

#### 13.3.4.1 Azioni elementari

Fascia unitaria a 3.00m da piano campagna:

CARICO	$V_{k,filo}$ [kN/m]	$M_{k,filo}$ [kNm/m]	$M_{k,asse}$ [kNm/m]
Spinta terre	80,58	84,61	116,84
Accidentale	26,86	42,31	53,05
Sisma	209,41	329,82	413,59

Fascia unitaria a 6.00m da piano campagna:

CARICO	$V_{k,filo}$ [kN/m]	$M_{k,filo}$ [kNm/m]	$M_{k,asse}$ [kNm/m]
Spinta terre	161,19	169,24	233,72
Accidentale	26,86	42,31	53,05
Sisma	209,41	329,82	413,59

Fascia unitaria a 11.00m da piano campagna:

CARICO	$V_{k,filo}$ [kN/m]	$M_{k,filo}$ [kNm/m]	$M_{k,asse}$ [kNm/m]
Spinta terre	295,50	310,28	428,48
Accidentale	26,86	42,31	53,05
Sisma	209,41	329,82	413,59

#### 13.3.4.2 Azioni di calcolo

Fascia unitaria a 3.00m da piano campagna:

COMBINAZIONE	$V_{Ed,filo}$ [kN/m]	$M_{Ed,filo}$ [kNm/m]	$M_{Ed,asse}$ [kNm/m]
SLU	145,04	-	231,47
SLV	289,99	-	530,43
QP	-	-	116,84
CAR	-	126,92	169,89

Fascia unitaria a 6.00m da piano campagna:

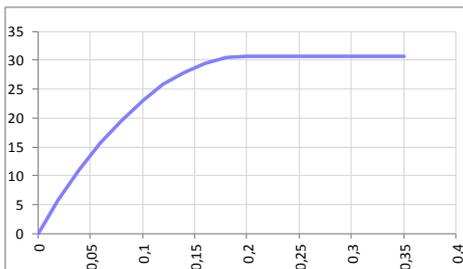
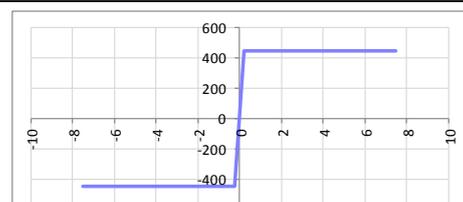
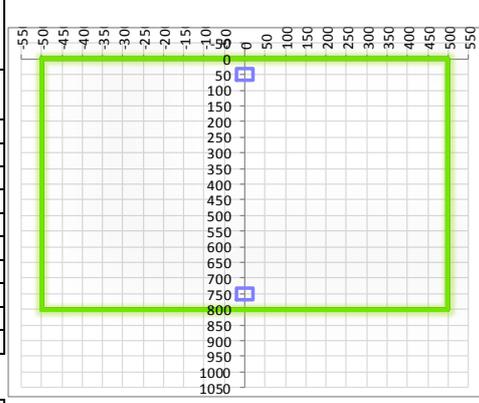
COMBINAZIONE	$V_{Ed,filo}$ [kN/m]	$M_{Ed,filo}$ [kNm/m]	$M_{Ed,asse}$ [kNm/m]
SLU	249,84	-	383,42
SLV	370,60	-	647,31
QP	-	-	233,72
CAR	-	211,55	286,77

Fascia unitaria a 11.00m da piano campagna:

COMBINAZIONE	$V_{Ed,filo}$ [kN/m]	$M_{Ed,filo}$ [kNm/m]	$M_{Ed,asse}$ [kNm/m]
SLU	424,45	-	636,60
SLV	504,91	-	842,07
QP	-	-	428,48
CAR	-	352,59	481,53

### 13.4 Verifiche strutturali

#### 13.4.1 Codolo di testa

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_{yk})_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
	lungo termine breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	50	1570,7963
2	5	20	750	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	68	1005,3096
inferiore	5	16	732	1005,3096
				



13.4.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b		1000 mm	
Altezza	h		800 mm	
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>
strato1		5	20	50
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>		1571 mm <sup>2</sup>	
Posizione della barra equivalente	c*		50 mm	

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLU
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	0 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	41,41 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	750 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,21%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	v <sub>min</sub>	0,36 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	271,64 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>271,64 kN</b>
Verifica		0,15 <i>Verifica soddisfatta</i>

13.4.1.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>Limite</b> $\sigma_c / f_{ck}$	<b>Limite</b> $\sigma_s / f_{yk}$	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	<b>w<sub>d</sub></b> [mm]	<b>w<sub>lim</sub></b> [mm]	<b>M0 - Mf</b> [kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	17,3	Msd<Mf	0,300	296,89		-
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	15,6	-0,24	14,17	-2,44		Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR	-	0,0	29,3	-0,45	26,69	-4,59		Sezione parzializzata

**13.4.2 Cordolo laterale - sbalzo 150cm – profondità 11.0m**

<b>SEZIONE RETTANGOLARE</b>				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$ lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$ breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	$\phi$ mm	$y_i$ mm	$A_s$ mm <sup>2</sup>
1	5	20	66	1570,7963
2	5	20	734	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	$\phi$ mm	$y_i$ mm	$A_s$ mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	48	1005,3096
inferiore	5	16	752	1005,3096



13.4.2.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	800 mm			
<i>Barre tese</i>		<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1		5	20	66	1571
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	66 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	240,44 kN

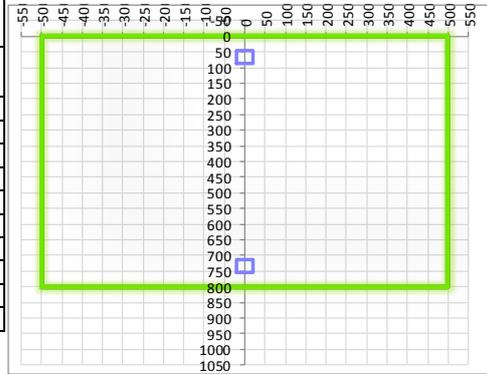
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	734 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,21%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,36 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	267,32 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>267,32 kN</b>
Verifica		0,90 <u>Verifica soddisfatta</u>

13.4.2.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	80,0	Msd<Mf	0,300	293,73	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	126,6	-2,07	118,41	-17,66	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR	-	0,0	141,4	-2,31	132,17	-19,71	Sezione parzializzata	

**13.4.3 Cordolo laterale - sbalzo 220cm – profondità 6.0m**

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	✓	37,00 N/mm <sup>2</sup>		
$f_{ck}$	✓	30,71 N/mm <sup>2</sup>		
$f_{cm}$	✓	38,71 N/mm <sup>2</sup>		
$f_{ctm}$	✓	2,94 N/mm <sup>2</sup>		
$f_{ctk,0.05}$	✓	2,06 N/mm <sup>2</sup>		
$f_{ctk,0.95}$	✓	3,82 N/mm <sup>2</sup>		
$f_{cfm}$	✓	3,53 N/mm <sup>2</sup>		
$E_{cm}$	✓	33019,43 N/mm <sup>2</sup>		
$\epsilon_{c2}$	✓	0,200 %		
$\epsilon_{c3}$	✓	0,175 %		
$\epsilon_{c4}$	✓	0,070 %		
$\epsilon_{cu}$	✓	0,350 %		
n	✓	2,000		
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	✓	1		
$f_{yk}$	✓	450 N/mm <sup>2</sup>		
$f_{tk}$	✓	540 N/mm <sup>2</sup>		
$E_s$	✓	200000 N/mm <sup>2</sup>		
$\epsilon_{su}$	✓	7,500 %		
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	✓	5,77 = $E_s/E_c$		
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	✓	1,99		
n, lungo termine =	✓	11,47 = $E_s/E_{cm}$		
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$		lungo termine	
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$		breve termine	
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>
1	5	20	66	1570,7963
2	5	20	734	1570,7963
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
<b>Pos.</b>	<b>n° barre</b>	<b>∅ mm</b>	<b>y<sub>i</sub> mm</b>	<b>As mm<sup>2</sup></b>
superiore	5	16	48	1005,3096
inferiore	5	16	752	1005,3096





### 13.4.3.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.				
Base	b	1000 mm		
Altezza	h	800 mm		
<i>Barre tese</i>	<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferro in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1	5	20	66	1571
strato2	0	0	0	0
strato3	0	0	0	0
strato4	0	0	0	0
strato5	0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1571 mm <sup>2</sup>		
Posizione della barra equivalente	$c^*$	66 mm		

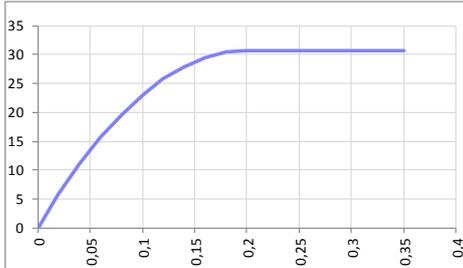
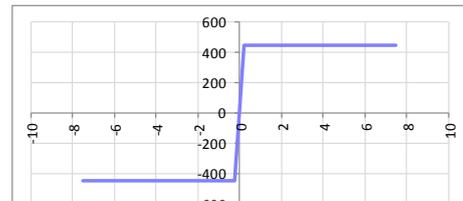
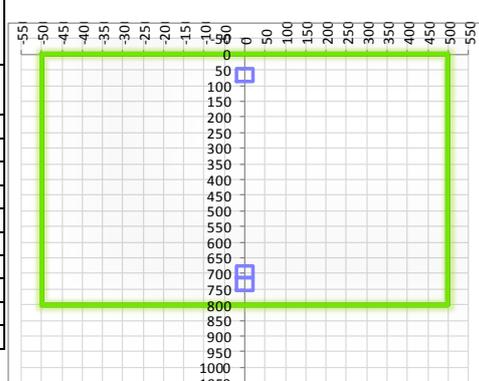
SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	258,83 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	734 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,21%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,36 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	267,32 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>267,32 kN</b>
Verifica		0,97 <u>Verifica soddisfatta</u>

13.4.3.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>Limite</b> $\sigma_c / f_{ck}$	<b>Limite</b> $\sigma_s / f_{yk}$	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	<b>w<sub>d</sub></b> [mm]	<b>w<sub>lim</sub></b> [mm]	<b>M0 - Mf</b> [kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	103,2	Msd<Mf	0,300	293,73		-
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b> [kN]	<b>M</b> [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	127,6	-2,09	119,29	-17,79		Sezione parzializzata
Caratteristica	CAR	-	0,0	155,7	-2,55	145,61	-21,71		Sezione parzializzata

**13.4.4 Cordolo laterale - sbalzo 220cm – profondità 11.0m**

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
	lungo termine			
	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	66	1570,7963
2	5	20	734	1570,7963
3	5	20	694	1570,7963
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	48	1005,3096
inferiore	5	16	752	1005,3096
				



### 13.4.4.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	800 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	20	66	1571
strato2		5	20	106	1571
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	3142 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	86 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	352,64 kN

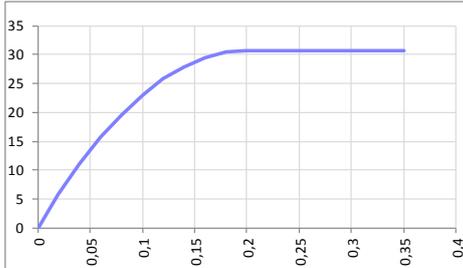
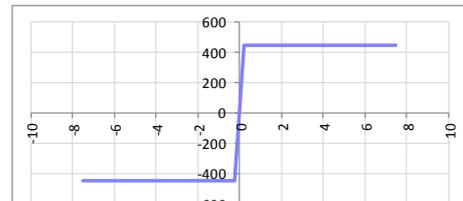
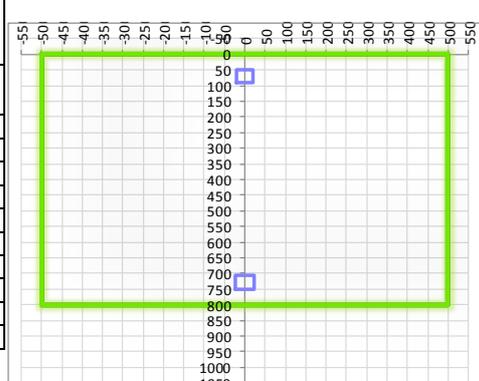
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	714 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,44%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	261,89 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>312,08 kN</b>
Verifica		<b>1,13</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

La verifica a taglio risulta verificata ad una distanza da filo piedritto pari a 362mm, inferiore all'altezza utile della sezione, pertanto, secondo quanto indicato al p.to 8 del capitolo 6.2.2 della UNI EN 1992-1-1, la verifica può ritenersi comunque soddisfatta senza la necessità di prevedere armatura a taglio.

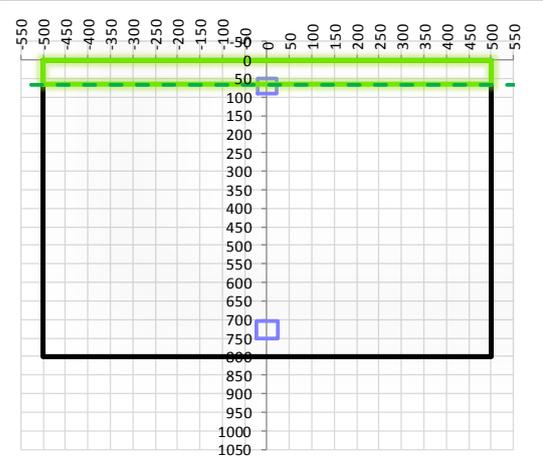
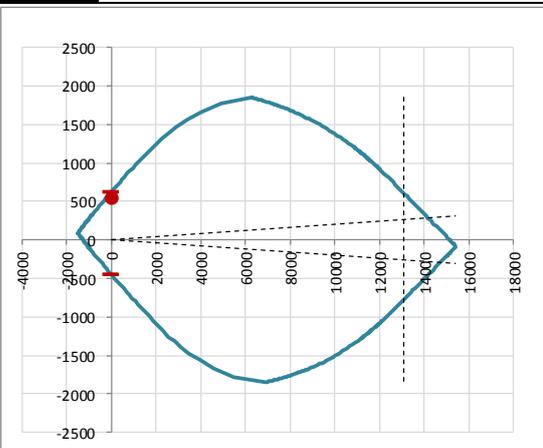
13.4.4.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	172,0	Msd<Mf	0,300	312,08	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	233,9	-3,07	119,57	-31,11	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR	-	0,0	262,0	-3,44	133,96	-34,85	Sezione parzializzata	

**13.4.5 Cordolo laterale - sbalzo 315cm – profondità 3.0m**

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
	lungo termine			
	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	70	1570,7963
2	5	24	728	2261,9467
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
				
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963

13.4.5.1 Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																	
CRITERI DI VERIFICA																																																	
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																	
<b>Calcestruzzo</b>																																																	
$\alpha_{cc}$	0,85																																																
$\gamma_c$	1,50																																																
$f_{cd}$	20,47 N/mm <sup>2</sup>																																																
$f_{ct,eff}$	2,45 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																															
<b>Acciaio</b>																																																	
$\gamma_s$	1,15																																																
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																
$E_{yd}$	0,196 %																																																
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																	
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																									
SLV	-	0,0	530,4	15421,64	-1499,77	622,11	-444,78	85%																																									
<i>Sezione:</i>																																																	
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Superiori</i>																																											
				$\sigma_{c,max}$	17,40	N/mm <sup>2</sup>																																											
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																											
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																											
				$\epsilon_{s,min}$	-3,47	%																																											
				d	728,00	mm																																											
				x	66,70	mm																																											
x/d	0,09																																																
<i>Dominio M-N</i>				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="background-color: #e0f2f7;">Combinazione</th> <th style="background-color: #e0f2f7;">fram/nodo</th> <th style="background-color: #e0f2f7;">NSd [kN]</th> <th style="background-color: #e0f2f7;">MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #e0f2f7;">SLV</td> <td style="background-color: #e0f2f7;">-</td> <td style="background-color: #e0f2f7;">0,0</td> <td style="background-color: #e0f2f7;">530,4</td> </tr> <tr><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td><td style="background-color: #e0f2f7;"></td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV	-	0,0	530,4																																
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
SLV	-	0,0	530,4																																														
																																																	

### 13.4.5.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	800 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	24	72	2262
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	2262 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	72 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	289,99 kN

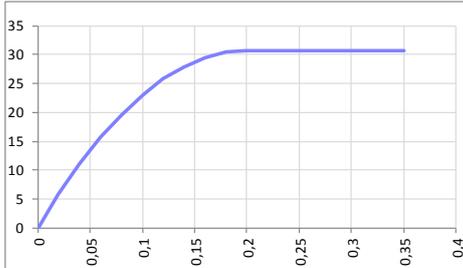
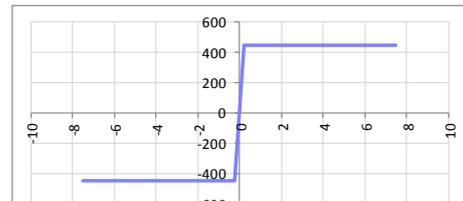
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	728 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,31%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,36 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	265,69 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>282,41 kN</b>
Verifica		<b>1,03</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

La verifica a taglio risulta verificata ad una distanza da filo piedritto pari a 92mm, inferiore all'altezza utile della sezione, pertanto, secondo quanto indicato al p.to 8 del capitolo 6.2.2 della UNI EN 1992-1-1, la verifica può ritenersi comunque soddisfatta senza la necessità di prevedere armatura a taglio.

13.4.5.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	126,9	Msd<Mf	0,300	302,49	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	116,8	-1,69	77,46	-15,41	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR	-	0,0	169,9	-2,45	112,63	-22,40	Sezione parzializzata	

**13.4.6 Cordolo laterale - sbalzo 315cm – profondità 6.0m**

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
	lungo termine			
	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	70	1570,7963
2	5	24	728	2261,9467
3	2,5	24	680	1130,9734
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963



### 13.4.6.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calsse calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b		1000 mm		
Altezza	h		800 mm		
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	24	72	2262
strato2		2,5	24	120	1131
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$				3393 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	$c^*$				88 mm

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	370,6 kN

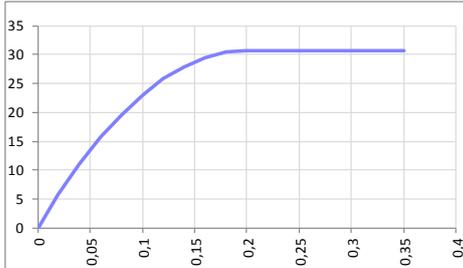
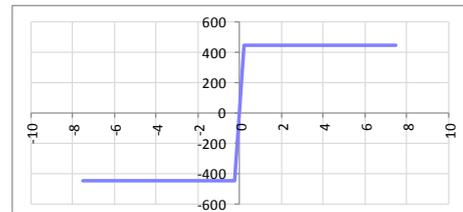
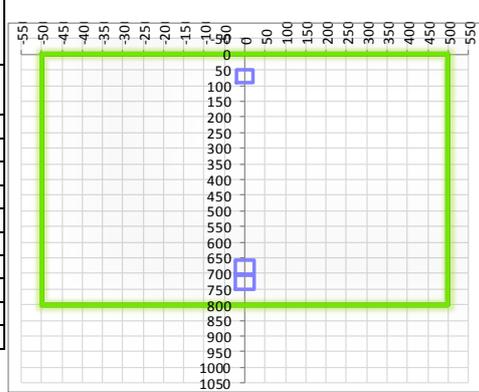
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	712 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,48%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	261,35 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>319,75 kN</b>
Verifica		<b>1,16</b> <i>E' necessario prevedere armatura a taglio</i>

La verifica a taglio risulta verificata ad una distanza da filo piedritto pari a 434mm, inferiore all'altezza utile della sezione, pertanto, secondo quanto indicato al p.to 8 del capitolo 6.2.2 della UNI EN 1992-1-1, la verifica può ritenersi comunque soddisfatta senza la necessità di prevedere armatura a taglio.

13.4.6.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=		0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)						
k <sub>1</sub> =		0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)						
k <sub>3</sub> =		3,40	(valore raccomandato)						
k <sub>4</sub> =		0,425	(valore raccomandato)						
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:		1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive						
		<b>Ordinarie</b>							
Armature:		2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili						
		<b>Poco sensibile</b>							
<u>Tensioni in esercizio</u>									
		Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$				
<b>Combinazione</b>		$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]				
Quasi Permanente		0,40	0,75	12,28	337,50				
Caratteristica		0,55	0,75	16,89	337,50				
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>frame/nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>w<sub>d</sub></b>	<b>w<sub>lim</sub></b>	<b>M0 - Mf</b>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	211,6	Msd<Mf	0,300	314,59	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<b>n. combinazione</b>	<b>nodo</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	233,7	-3,00	110,58	-30,08	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR	-	0,0	286,8	-3,68	135,68	-36,90	Sezione parzializzata	

**13.4.7 Cordolo laterale - sbalzo 315cm – profondità 11.0m**

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C30/37			
$R_{ck}$	37,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	30,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	38,71 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	2,94 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,06 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	3,82 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cfm}$	3,53 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33019,43 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogenizzazione:</b>				
n, breve termine	5,77 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,99			
n, lungo termine =	11,47 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche QP	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
n, verifiche CAR	15,0 = $E_s/E_{cm}$			
	lungo termine			
	breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	800 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	20	70	1570,7963
2	5	24	728	2261,9467
3	5	24	680	2261,9467
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	20	50	1570,7963
inferiore	5	20	750	1570,7963
				

13.4.7.1 Verifiche allo stato limite ultimo per flessione

VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO																																																					
CRITERI DI VERIFICA																																																					
<i>Coefficienti di sicurezza allo SLU</i>																																																					
<b>Calcestruzzo</b>																																																					
$\alpha_{cc}$	0,85																																																				
$\gamma_c$	1,50																																																				
$f_{cd}$	20,47 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$f_{ct,eff}$	2,45 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																			
<b>Acciaio</b>																																																					
$\gamma_s$	1,15																																																				
$f_{yd}$	391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																				
$E_{yd}$	0,196 %																																																				
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																					
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																													
SLV	-	0,0	842,1	16306,75	-2384,88	1162,05	-483,43	72%																																													
<i>Sezione:</i>																																																					
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Superiori</i>																																															
				$\sigma_{c,max}$	17,40	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																															
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																															
				$\epsilon_{s,min}$	-2,16	%																																															
				d	728,00	mm																																															
				x	101,46	mm																																															
x/d	0,14																																																				
<i>Dominio M-N</i>																																																					
				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #90EE90;"> <th>Combinazione</th> <th>fram/nodo</th> <th>NSd [kN]</th> <th>MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr style="background-color: #90EE90;"> <td>SLV</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>842,1</td> </tr> <tr style="background-color: #90EE90;"><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	SLV	-	0,0	842,1																																				
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
				SLV	-	0,0	842,1																																														

### 13.4.7.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Calcestruzzo		C30/37
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	37,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	30,71 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b		1000 mm		
Altezza	h		800 mm		
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferro in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	24	72	2262
strato2		5	24	120	2262
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$		4524 mm <sup>2</sup>		
Posizione della barra equivalente	$c^*$		96 mm		

SOLLECITAZIONI		
Load Case		SLV
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	504,91 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	704 mm
Coefficiente	k	1,53
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,64%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,48 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	259,18 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>349,97 kN</b>
Verifica		1,44 <b>E' necessario prevedere armatura a taglio</b>

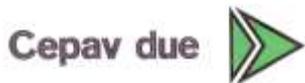
ARMATURA A TAGLIO		
Diametro staffe	$\phi$	12 mm
Numero braccia	n	3,33
Passo staffe	s	200 mm
Inclinazione staffe (rispetto all'orizzontale)	$\alpha$	90 °
Inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta$	40 °
Valore minimo di inclinazione del puntone in calcestruzzo	$\theta_{min}$	21,80 °

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE CON ARMATURA A TAGLIO		
Coefficiente di riduzione per fessurazione	$v_1$	0,5
Resistenza cilindrica di progetto	$f_{cd}$	17,40233333 N/mm <sup>2</sup>
Area armatura a taglio	$A_{st}$	376,61 mm <sup>2</sup>
	$\sigma_{cp}/f_{cd}$	0
Coefficiente di interazione	$\alpha_{cw}$	1
Resistenza a taglio per rottura delle armature	$V_{rds}$	556,39 kN
Resistenza a taglio per rottura del puntone in calcestruzzo	$V_{rcd}$	2714,65 kN
<b>Resistenza al taglio</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>556,39 kN</b>
Verifica		0,91 <b>Verifica soddisfatta</b>

13.4.7.3 Verifiche allo stato limite di esercizio

SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO									
<b>PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE</b>									
kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)							
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)							
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)							
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)							
<b>CRITERI DI VERIFICA</b>									
<u>Fessurazione</u>									
Condiz. Ambientali:	1	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Ordinarie</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	12,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	16,89	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>frame/nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	<i>w<sub>d</sub></i>	<i>w<sub>lim</sub></i>	<i>M0 - Mf</i>		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	CAR	-	0,0	352,6	0,146	0,300	326,55	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	<i>n. combinazione</i>	<i>nodo</i>	<i>N</i>	<i>M</i>	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	QP	-	0,0	428,5	-5,07	158,65	-53,53	Sezione parzializzata	
Caratteristica	CAR	-	0,0	481,5	-5,70	178,29	-60,15	Sezione parzializzata	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
11

Codifica Documento  
E E2 CL GA22 00 001

Rev.  
A

Foglio  
142 di 142

## 14. RIFERIMENTI

### 14.1 Documenti referenziati

- Rif. [1] Cepav due, documento n° IN0R 11 E E2 RB GA22 00 001, intitolato “RELAZIONE GEOTECNICA GALLERIA ARTIFICIALE IC VR MERCI B. P. DA PK 1+628.179 A PK 1+946.927”.
- Rif. [2] Cepav due, documento n° IN0R 11 E E2 CL GA22 00 004, intitolato “GA22 – GALLERIA ARTIFICIALE IC VR MERCI B. P. DA PK 1+628.179 A PK 1+946.927 – ALLEGATO ALLA RELAZIONE DI CALCOLO CONCI 1-2-4-5-6-8-9 – TABULATI DI CALCOLO”.
- Rif. [3] Cepav due, documento n° IN0R 11 E E2 CL GA22 00 002, intitolato “GA22 – GALLERIA ARTIFICIALE IC VR MERCI B. P. DA PK 1+628.179 A PK 1+946.927 – RELAZIONE DI CALCOLO CONCI 3a-3b-7a-7b”.

### 14.2 Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

### 14.3 Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.