

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

**SLA9 – SOTTOPASSO PODERALE PK 107+896,000**

### RELAZIONE DI CALCOLO MURI

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
<b>Consorzio</b> <b>Cepav due</b>  Data: _____	   Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	C L	S L A 9 C 0	0 0 1	A

PROGETTAZIONE								IL PROGETTISTA
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	
A	Emissione	GUIARTE	28/04/20	AIELLO	28/04/20	LIANI	28/04/20	
B								
C								

CIG. 751447334A      File: INOR12EE2CLSLA9C0001A\_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

CUP: F81H91000000008

**INDICE**

1.	INTRODUZIONE .....	7
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	8
3.	CRITERI DI CALCOLO .....	9
3.1.	CRITERI DI ANALISI .....	9
3.2.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI NELLA SOLETTA DI FONDAZIONE .....	9
3.2.1.	<i>Modello di Winkler</i> .....	9
3.2.2.	<i>Soluzione per carico verticale all'estremità</i> .....	10
3.2.3.	<i>Soluzione per momento flettente all'estremità</i> .....	10
3.3.	CRITERI E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	11
3.4.	COMBINAZIONI DI CARICO .....	14
3.4.1.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLU</i> .....	14
3.4.2.	<i>Combinazioni per la verifica allo SLE</i> .....	15
4.	CRITERI DI VERIFICA .....	16
5.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	17
5.1.	CALCESTRUZZO PER MAGRONE .....	17
5.2.	CALCESTRUZZO .....	17
5.3.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO .....	18
5.4.	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI .....	18
5.5.	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE .....	18
6.	PARAMETRI SISMICI .....	19
7.	PARAMETRI GEOTECNICI .....	20
8.	ANALISI STRUTTURALE .....	21
8.1.	RISPETTO DEL CAPITOLO 10.2 DEL D.M. 14.01.2008 .....	21
8.2.	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	21
8.3.	ANALISI DEI CARICHI .....	22
8.3.1.	<i>Peso proprio strutture (Load 1)</i> .....	22
8.3.2.	<i>Spinta del terreno (Load 2)</i> .....	22

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLA9 C0 001	Rev. A	Foglio 3 di 88
8.3.3.	<i>Spinta dell'acqua (Load 3)</i> .....				23
8.3.4.	<i>Sovraccarico accidentale in condizioni statiche e sismiche (Load 4)</i> .....				23
8.3.5.	<i>Azioni sismiche (Load 5,6,7,8)</i> .....				23
9.	COMBINAZIONI DI CARICO .....				25
9.1.	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI .....				25
9.2.	COMBINAZIONI SLU .....				26
9.3.	COMBINAZIONI SLV .....				26
9.4.	COMBINAZIONI SLE .....				27
10.	MURO AD "U" - TIPOLOGIA 1 – H = 4.15M .....				28
10.1.	GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....				28
10.2.	PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....				29
10.3.	RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA).....				30
10.4.	RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....				31
10.4.1.	<i>Combinazioni SLU – SLV</i> .....				31
10.4.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....				31
10.5.	RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....				31
10.5.1.	<i>Combinazioni SLU - SLV</i> .....				31
10.5.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....				31
10.6.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....				32
10.6.1.	<i>Piedritti</i> .....				32
10.6.2.	<i>Soletta</i> .....				33
10.7.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....				34
10.7.1.	<i>Piedritti</i> .....				34
10.7.2.	<i>Soletta</i> .....				34
10.8.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....				35
10.8.1.	<i>Soletta – nodo piedritto</i> .....				35
10.8.1.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....				36
10.8.1.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....				37
10.8.1.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....				38

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLA9 C0 001	Rev. A	Foglio 4 di 88
---------	------------------	-------------	---	-----------	-------------------

10.8.2. Piedritto.....					39
10.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....					40
10.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....					41
10.8.2.3. Verifiche allo stato limite di esercizio .....					42
11. MURO AD “U” - TIPOLOGIA 2 – H = 4.75M .....					43
11.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....					43
11.2. PRESSIONI SUL PIEDRITTO DOVUTE AI CARICHI FONDAMENTALI .....					44
11.3. RIASSUNTO DELLE SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL PIEDRITTO (IN ASSE SOLETTA).....					45
11.4. RIASSUNTO SOLLECITAZIONI MASSIME PIEDRITTO .....					46
11.4.1. Combinazioni SLU – SLV .....					46
11.4.2. Combinazioni SLE .....					46
11.5. RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....					46
11.5.1. Combinazioni SLU - SLV.....					46
11.5.2. Combinazioni SLE .....					46
11.6. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....					47
11.6.1. Piedritti.....					47
11.6.2. Soletta .....					48
11.7. DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....					49
11.7.1. Piedritti.....					49
11.7.2. Soletta.....					49
11.8. VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....					50
11.8.1. Soletta – nodo piedritto.....					50
11.8.1.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....					51
11.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....					52
11.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio .....					53
11.8.2. Piedritto.....					54
11.8.2.1. Verifiche allo stato limite ultimo per flessione.....					55
11.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio .....					56
11.8.2.3. Verifiche allo stato limite di esercizio .....					57
12. MURO AD “U” - TIPOLOGIA 3 – H = 5.12M .....					58
12.1. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA .....					58

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLA9 C0 001	Rev. A	Foglio 5 di 88
12.2.					59
12.3.					60
12.4.					61
12.4.1.					61
12.4.2.					61
12.5.					61
12.5.1.					61
12.5.2.					61
12.6.					62
12.6.1.					62
12.6.2.					63
12.7.					64
12.7.1.					64
12.7.2.					64
12.8.					65
12.8.1.					65
12.8.1.1.					66
12.8.1.2.					67
12.8.1.3.					68
12.8.2.					69
12.8.2.1.					70
12.8.2.2.					71
12.8.2.3.					72
13.					73
13.1.					73
13.2.					74
13.3.					75
13.4.					76
13.4.1.					76
13.4.2.					76

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLA9 C0 001	Rev. A	Foglio 6 di 88
---------	------------------	-------------	---	-----------	-------------------

13.5.	RIASSUNTO MASSIME SOLLECITAZIONI SOLETTA .....	76
13.5.1.	<i>Combinazioni SLU - SLV</i> .....	76
13.5.2.	<i>Combinazioni SLE</i> .....	76
13.6.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLU-SLV .....	77
13.6.1.	<i>Piedritti</i> .....	77
13.6.2.	<i>Soletta</i> .....	78
13.7.	DIAGRAMMI DI INVILUPPO SLE .....	79
13.7.1.	<i>Piedritti</i> .....	79
13.7.2.	<i>Soletta</i> .....	79
13.8.	VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO .....	80
13.8.1.	<i>Soletta – nodo piedritto</i> .....	80
13.8.1.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	81
13.8.1.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	82
13.8.1.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	83
13.8.2.	<i>Piedritto</i> .....	84
13.8.2.1.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per flessione</i> .....	85
13.8.2.2.	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio</i> .....	86
13.8.2.3.	<i>Verifiche allo stato limite di esercizio</i> .....	87
14.	RIFERIMENTI .....	88
14.1.	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	88
14.2.	DOCUMENTI CORRELATI .....	88
14.3.	DOCUMENTI SUPERATI.....	88

## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione è relativa al calcolo dei muri a “U” facenti parte dell’opera denominata “SLA9 – Sottopasso poderale pk 107+896,000”, prevista nell’ambito dei lavori inerenti la linea A.V./A.C. TORINO – VENEZIA, tratta MILANO – VERONA, lotto funzionale Brescia – Verona, ubicati alla pk 107+896,000 della linea ferroviaria.

I muri lato Sud, che si sviluppano dalla pr. 0+056.319 alla pr. 0+086.819, sono costituiti da 4 conci con sezione trasversale a “U” e la vasca di sollevamento.

I muri lato Nord, che si sviluppano dalla pr. 0+113.319 alla pr. 0+143.819, sono costituiti da 5 conci con sezione trasversale a “U”.

I muri hanno i piedritti con spessore in sommità pari a 0.30m e pendenza della parete lato terrapieno pari a 1/10.

Tutti i muri sono realizzati mediante getto in opera del calcestruzzo.

Si riportano di seguito le caratteristiche geometriche specifiche per ogni concio.

### MURI AD U

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

	<b>b [m]</b>	<b>L [m]</b>	<b>h [m]</b>	<b><math>S_p</math> [m]</b>	<b><math>S_s</math> [m]</b>
<b>Concio 1</b>	5.00	6.10	1.65÷3.38	0.47÷0.64	0.70
<b>Concio 2</b>	5.00	6.10	3.99	0.70	0.70
<b>Concio 3</b>	5.00	6.10	4.57	0.76	0.80
<b>Concio 5</b>	5.00	6.10	5.18÷6.90	0.82÷0.99	1.00
<b>Concio 6</b>	5.00÷5.47	6.10	6.90÷5.43	0.99÷0.84	1.00
<b>Concio 7</b>	5.47÷5.21	6.10	5.12	0.81	0.90
<b>Concio 8</b>	5.21	6.10	4.74	0.77	0.80
<b>Concio 9</b>	5.21	6.10	4.15	0.72	0.70
<b>Concio 10</b>	5.21	6.10	3.54÷1.65	0.65÷0.47	0.70

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

- Muro ad U tipo 1 – spessore fondazione  $S_s = 0.70m$ , altezza piedritto  $h = 4.15m$  – conci 1, 2, 9 e 10;
- Muro ad U tipo 2 – spessore fondazione  $S_s = 0.80m$ , altezza piedritto  $h = 4.75m$  – conci 3 e 8;
- Muro ad U tipo 3 – spessore fondazione  $S_s = 0.90m$ , altezza piedritto  $h = 5.12m$  – concio 7;
- Muro ad U tipo 4 – spessore fondazione  $S_s = 1.00m$ , altezza piedritto  $h = 6.55m$  – conci 5 e 6.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di un’opera di sostegno interrata, con applicazione della Normativa D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

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

## 2. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

### 3. CRITERI DI CALCOLO

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

#### 3.1. Criteri di analisi

L'analisi viene svolta analiticamente valutando l'entità dei carichi sollecitanti i piedritti e determinando i valori di sollecitazione nelle sezioni di interesse.

Anche il calcolo delle sollecitazioni della fondazione viene eseguito in via analitica considerando la soletta come una trave su suolo alla Winkler con condizioni al contorno note.

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

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

- azione assiale;
- momento alla base dei piedritti.

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

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

##### 3.2.1. Modello di Winkler

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

$$p = k_w$$

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

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

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

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

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

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

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

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

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLA9 C0 001	Rev. A	Foglio 10 di 88
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

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

Nella quale

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.3. 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 delle N.T.C., 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 sisma subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidità) nei confronti delle azioni verticali.

In merito alle opere interrato di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2. delle N.T.C., essendo il muro un'opera di sostegno e rientrando tra le strutture che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1 delle N.T.C.), 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 PVR in funzione dello stato limite considerato.

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

La classe d'uso assunta è la III.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T.C. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle masse per la massima accelerazione attesa.

Nelle verifiche allo SLU i valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticali  $k_v$  possono essere valutati mediante le seguenti espressioni:

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

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

$g$  = accelerazione di gravità;

$S_t$  = coefficiente di amplificazione topografica;

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica;

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

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

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

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

La forza totale di progetto agente sulla struttura di contenimento dal lato del terrapieno,  $E_d$ , è calcolata come (EC8-5 par.7.3.2.1, EC8-5 Appendice E p.to E.3):

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

dove:

$H$  = altezza del muro;

$E_{ws}$  = la spinta statica dell'acqua;

$E_{wd}$  = spinta idrodinamica dell'acqua;

$\gamma^*$  = peso specifico del terreno;

$K$  = coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico);

$k_v$  = coefficiente sismico verticale.

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

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

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

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

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

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

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

dove:

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

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

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

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

- Rilevato asciutto

$$\gamma^* = \gamma_d$$

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

$$E_{wd} = 0$$

- Rilevato saturo a grana fine

$$\gamma^* = \gamma'_d$$

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

$$E_{wd} = 0$$

- Rilevato saturo a grana grossa

$$\gamma^* = \gamma'_d$$

$$\tan \theta = \frac{\gamma_d k_h}{\gamma'_d (1 \pm k_v)}$$

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

- Rilevato parzialmente immerso

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

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

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

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

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

Le forze inerziali, dovute alla massa  $m$  degli elementi strutturali e non strutturali sono valutate come:

$$F_I = m \times k_h$$

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

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

### 3.4. Combinazioni di carico

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

#### 3.4.1. 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 agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

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

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

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

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL SLA9 C0 001	Rev. A	Foglio 15 di 88
---------	------------------	-------------	---	-----------	--------------------

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 3.4.2. *Combinazioni per la verifica allo SLE*

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

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

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

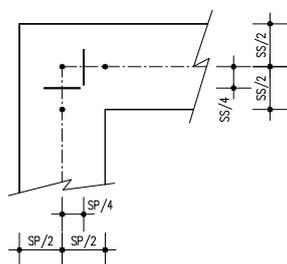
#### 4. CRITERI DI VERIFICA

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

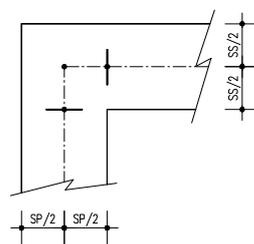
Per quanto riguarda gli incastri tra soletta e piedritti, le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- 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 cls inclinato di 45° e staffe verticali.

Le verifiche a fessurazione sono state condotte considerando:

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  $\sigma_s < 0.75 f_{yk}$ .

## 5. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

### 5.1. Calcestruzzo per magrone

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

### 5.2. Calcestruzzo

Per la realizzazione delle fondazioni dei muri, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C25/30 ( $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)  $\rightarrow f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.90 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza media a compressione  $\rightarrow f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico  $\rightarrow E_{cm} = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione  $\rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione media  $\rightarrow f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione  $\rightarrow f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.79 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a trazione di calcolo  $\rightarrow f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Rara)  $\rightarrow \sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 13.69 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)  $\rightarrow \sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 9.96 \text{ N/mm}^2$

Per la realizzazione delle elevazioni delle strutture, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 ( $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

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

### 5.3. 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)  $\rightarrow \sigma_s = 0.75 * f_{yk} = 337.50$  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>

### 5.4. Durabilità e prescrizioni sui materiali

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

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

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

<u>Fondazione</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC2
<u>Elevazione</u>	CLASSE DI ESPOSIZIONE	XC4 + XF1

### 5.5. 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 pari a  $c_{nom} = 50$  mm e per l'elevazione.

## 6. PARAMETRI SISMICI

Le azioni sismiche impiegate sono rappresentative del territorio Comunale dove è ubica l'opera e risultano maggiori rispetto ai valori calcolati considerando le coordinate geografiche.

L'opera ricade nel Comune di Calcinato in provincia di Brescia.

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

$$a_g = 0.230 \text{ g}$$

$$a_{gv} = 0.149 \text{ g};$$

$$F_0 = 2.476;$$

$$T^*_c = 0.281 \text{ s};$$

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

$$S_s = 1.173$$

$$S_T = 1.0$$

L'accelerazione massima orizzontale viene valutata pari a:

$$a_{\max} (\text{SLV}) = S a_g = 1.173 \times 1.00 \times 0.230 \text{ g} = 0.270 \text{ g}.$$

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

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

si ottiene quindi:

$$k_h = 0.270$$

$$k_v = 0.135.$$

## 7. PARAMETRI GEOTECNICI

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

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

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

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

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

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

## 8. ANALISI STRUTTURALE

### 8.1. Rispetto del capitolo 10.2 del D.M. 14.01.2008

L'analisi strutturale è stata svolta per via analitica secondo le usuali formule della Scienza delle Costruzioni.

### 8.2. Modellazione strutturale

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

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

- $E_c = 34625 \text{ N/mm}^2$  (Per cls Rck 30);
- $E_c = 33643 \text{ N/mm}^2$  (Per cls Rck 40);

Le verifiche strutturali del piedritto vengono effettuate nelle seguenti posizioni:

- filo superiore soletta:
  - verifiche a taglio;
  - verifiche a fessurazione;
- $\frac{1}{4}$  dello spessore della soletta:
  - verifiche a flessione;
  - verifiche tensioni in esercizio.

Le verifiche strutturali della soletta di fondazione vengono effettuate nelle seguenti posizioni:

- posizione di minimo momento:
  - verifiche a flessione;
  - verifiche a fessurazione;
  - verifiche tensioni in esercizio;
- filo interno piedritto:
  - verifiche a taglio;
  - verifiche a fessurazione;
- $\frac{1}{4}$  dello spessore di base del piedritto:
  - verifiche a flessione;
  - verifiche tensioni in esercizio.

### 8.3. Analisi dei carichi

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

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

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

con  $z_1$  profondità della falda da piano campagna.

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

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

La spinta orizzontale dovuta al sovraccarico accidentale è calcolata come

$$p_q = k_0 \times q$$

con  $q$  sovraccarico accidentale.

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

Il sovraccarico accidentale in condizioni sismiche è assunto nullo.

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

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

Dati i seguenti parametri:

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

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

$\theta_1$ (sisma verso basso)	$\theta_2$ (sisma verso alto)	$K(\theta_1) - M1$	$K(\theta_1) - M2$	$K(\theta_2) - M1$	$K(\theta_2) - M2$
13.3723	17.3205	0.5068	0.6080	0.5825	0.7027

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

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

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

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

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

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

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

con "p" peso proprio degli elementi strutturali.

## 9. COMBINAZIONI DI CARICO

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

### 9.1. Calcolo delle sollecitazioni

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

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

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

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

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

## 9.2. Combinazioni SLU

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

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

## 9.3. Combinazioni SLV

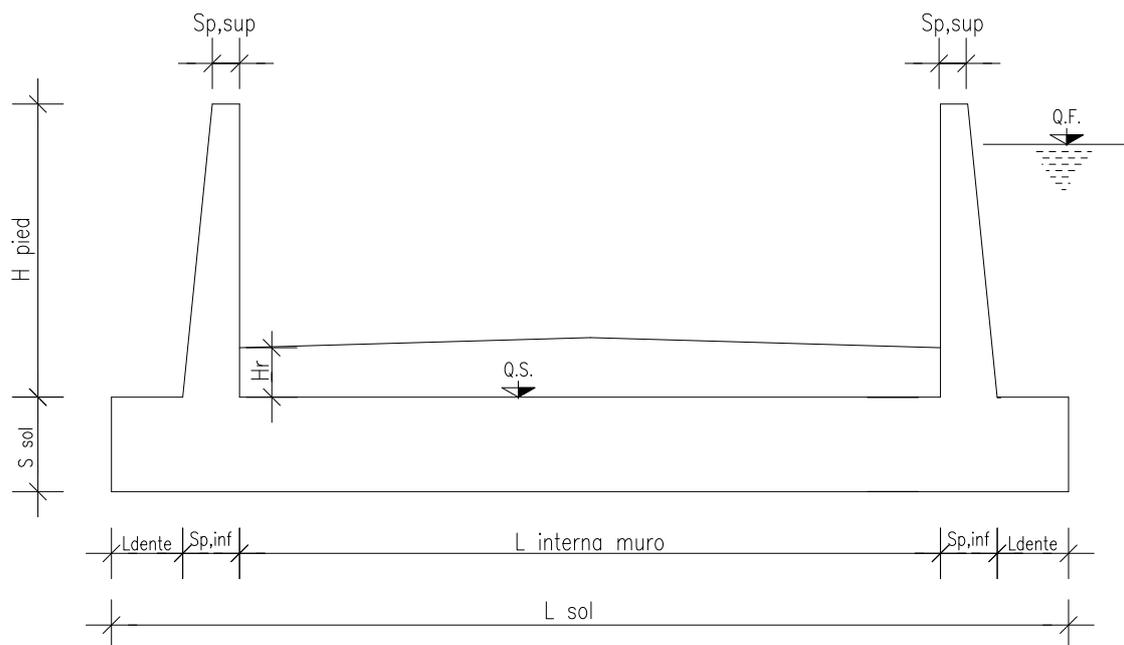
C.C.	PP	STERRE ka_M1_SX	STERRE ka_M2_SX	STERRE ka_M1_DX	STERRE ka_M2_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. SISMICO ka_M1_SX	SOVR. SISMICO ka_M2_SX	INCR. SISMICO BASSO_M1	INCR. SISMICO BASSO_M2	INCR. SISMICO ALTO_M1	INCR. SISMICO ALTO_M2	INCR. IDRODINAMICO	INERZIA ORIZZONTALE	INERZIA VERT (BASSO)
LOAD	1	2b	2c	2b_dx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

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

#### 9.4. Combinazioni SLE

C.C.	PP	STERRE k0_MI_SX	STERRE k0_MI_DX	FALDA_SX	FALDA_DX	SOVR. STAT. k0_MI_SX
<b>LOAD</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2_dx</b>	<b>3</b>	<b>3_dx</b>	<b>4</b>
<b>1_QP</b>	1	1	1	1	1	0
<b>1_FR</b>	1	1	1	1	1	0
<b>2_FR</b>	1	1	1	1	1	0.75
<b>1_CAR</b>	1	1	1	1	1	0
<b>2_CAR</b>	1	1	1	1	1	1

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

**10. MURO AD "U" - TIPOLOGIA 1 – H = 4.15m****10.1. Geometria della struttura**Dimensioni geometriche trasversali:

- $L_{\text{sol}} = 6.64$  m
- $S_{\text{sol}} = 0.70$  m
- $L_{\text{int,muro}} = 5.21$  m
- $L_{\text{dente}} = 0.00$  m
- $H_{\text{pied}} = 4.15$  m
- $S_{\text{p,sup}} = 0.30$  m
- $S_{\text{p,inf}} = 0.715$  m
- Q.F. La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura.

## 10.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

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

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,00	0	0	0	0,000	10,000	10,882	0,000	2,023	1,012
0,21	4,15	0	4,15	2,075	10,000	10,882	0,000	2,163	1,082
0,42	8,3	0	8,3	4,150	10,000	10,882	0,000	2,303	1,152
0,62	12,45	0	12,45	6,225	10,000	10,882	0,000	2,443	1,222
0,83	16,6	0	16,6	8,300	10,000	10,882	0,000	2,583	1,292
1,04	20,75	0	20,75	10,375	10,000	10,882	0,000	2,723	1,362
1,25	24,9	0	24,9	12,450	10,000	10,882	0,000	2,863	1,432
1,45	29,05	0	29,05	14,525	10,000	10,882	0,000	3,003	1,502
1,66	33,2	0	33,2	16,600	10,000	10,882	0,000	3,143	1,572
1,87	37,35	0	37,35	18,675	10,000	10,882	0,000	3,283	1,642
2,08	41,5	0	41,5	20,750	10,000	10,882	0,000	3,423	1,711
2,28	45,65	0	45,65	22,825	10,000	10,882	0,000	3,563	1,781
2,49	49,8	0	49,8	24,900	10,000	10,882	0,000	3,703	1,851
2,70	53,95	0	53,95	26,975	10,000	10,882	0,000	3,843	1,921
2,91	58,1	0	58,1	29,050	10,000	10,882	0,000	3,983	1,991
3,11	62,25	0	62,25	31,125	10,000	10,882	0,000	4,123	2,061
3,32	66,4	0	66,4	33,200	10,000	10,882	0,000	4,263	2,131
3,53	70,55	0	70,55	35,275	10,000	10,882	0,000	4,403	2,201
3,74	74,7	0	74,7	37,350	10,000	10,882	0,000	4,543	2,271
3,94	78,85	0	78,85	39,425	10,000	10,882	0,000	4,683	2,341
4,15	83	0	83	41,500	10,000	10,882	0,000	4,822	2,411
4,325	86,5	0	86,5	43,250	10,000	10,882	0,000	4,941	2,470
4,5	90	0	90	45,000	10,000	10,882	0,000	5,059	2,529

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

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

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

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	59,06		
2	STERRE k0_M1		151,88	101,25
2a	STERRE K0_M2		176,38	117,59
2b	STERRE ka_M1		101,25	67,50
2c	STERRE ka_M2		124,27	82,85
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		101,25	45,00
4a	SOVR. STATICO k0_M2		117,59	52,26
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		0,00	0,00
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		0,00	0,00
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		110,18	48,97
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		127,98	56,88
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		77,71	34,54
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		90,57	40,25
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		35,85	15,93
8	INERZIA VERT (BASSO)	7,97		

#### 10.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

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

##### 10.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	52,65	284,03	174,20
1/4 spessore soletta _M_max	2_SLU_STR	55,82	315,58	186,46
Asse soletta _M_max	2_SLU_STR	59,06	349,31	199,13

##### 10.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	52,65	119,12
Filo soletta _CAR	2_CAR	52,65	205,23
1/4 soletta _QP	1_QP	55,82	134,84
1/4 soletta _CAR	2_CAR	55,82	228,36

#### 10.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

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

##### 10.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	0,774	287,757	80,785
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	5,568	126,028	-67,793
1/4 spessore piedritto _M_max	2_SLU_STR	0,179	338,496	61,881
Asse piedritto _M_max	2_SLU_STR	0,000	349,313	59,063
Mezzeria _M_min	2_SLV_STR	4,421	18,779	-10,051

##### 10.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,358	131,96
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,358	232,09
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,179	141,62
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,179	242,58
Mezzeria _QP	1_QP	2,963	63,05
Mezzeria _CAR	1_CAR	2,963	63,05



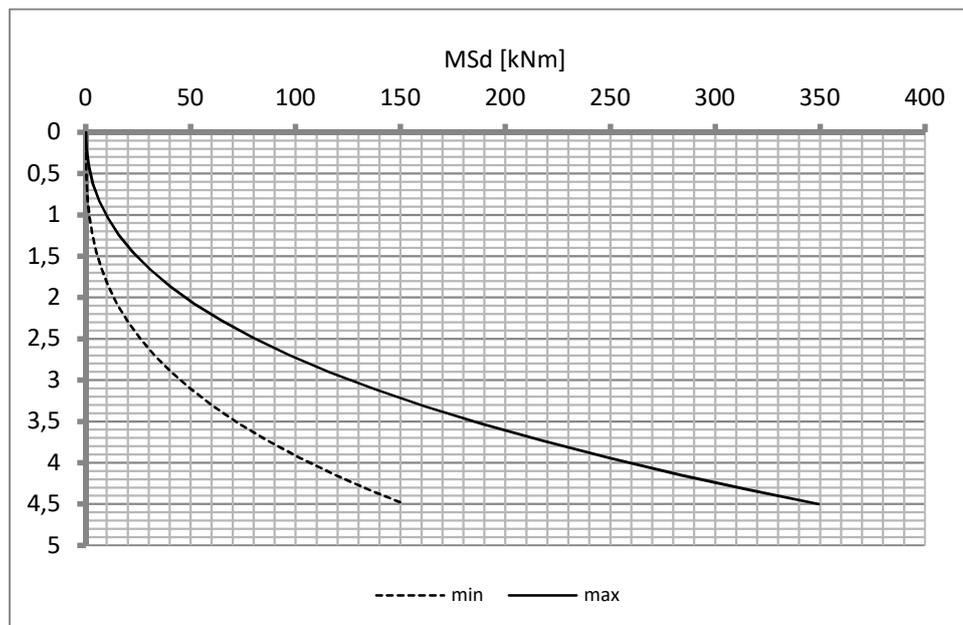
Doc. N.

Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL SLA9 C0 001Rev.  
AFoglio  
32 di 88

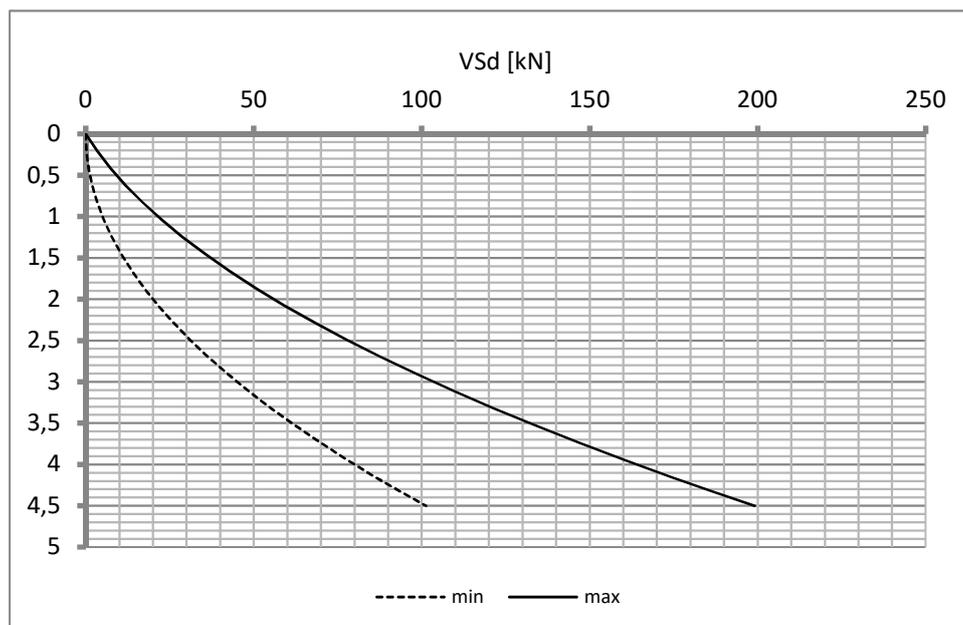
## 10.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV

### 10.6.1. Piedritti

#### Momento

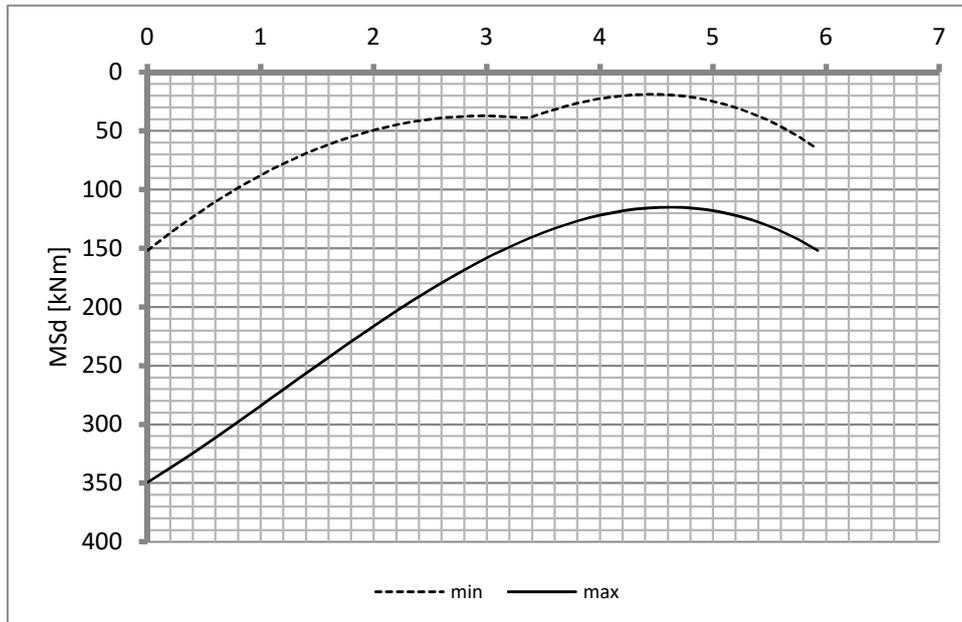


#### Taglio

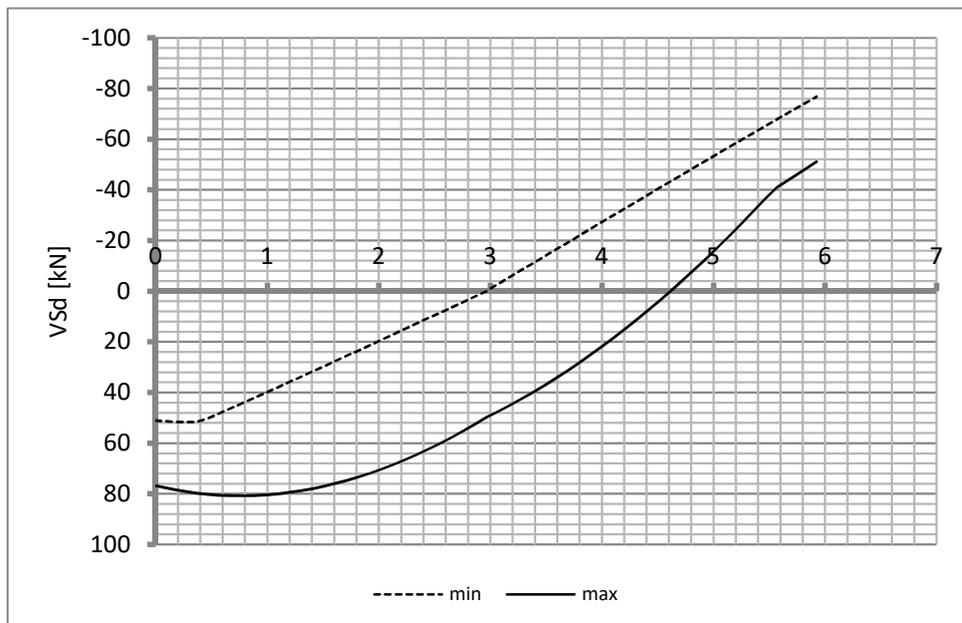


**10.6.2. Soletta**

Momento



Taglio



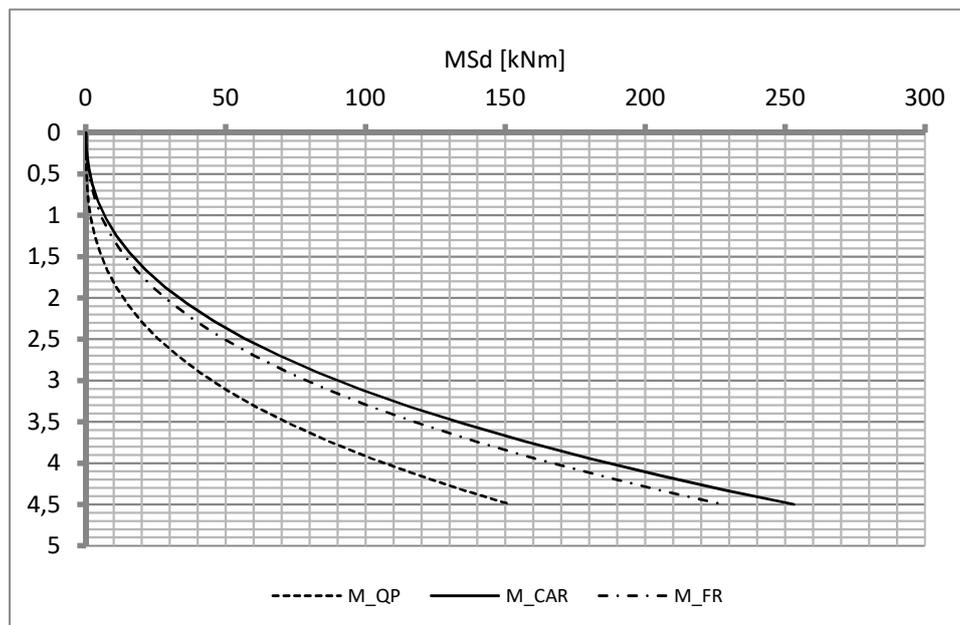


Doc. N.

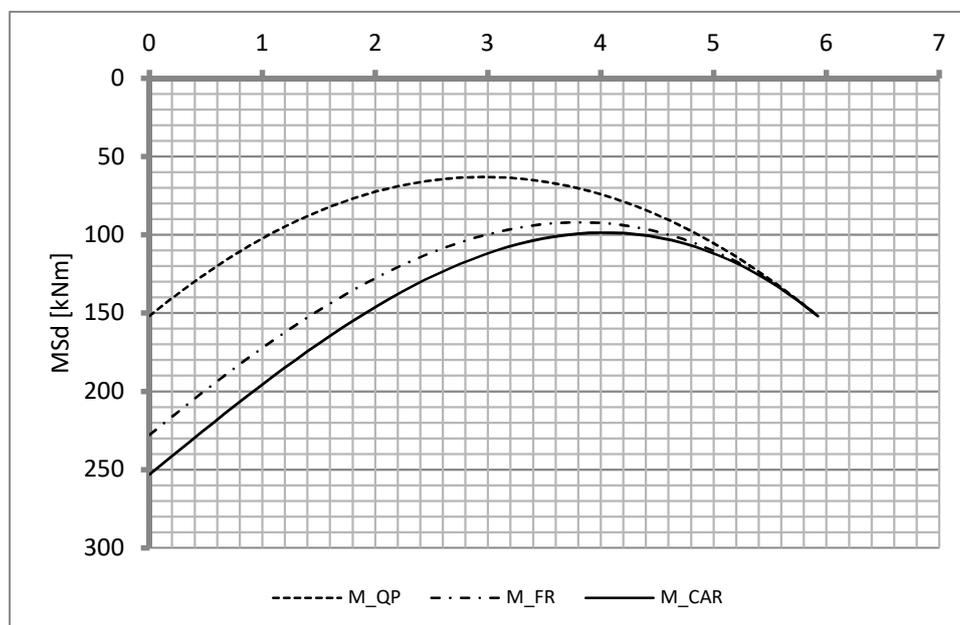
Progetto  
INORLotto  
12Codifica Documento  
E E2 CL SLA9 C0 001Rev.  
AFoglio  
34 di 88

## 10.7. Diagrammi di involucro SLE

### 10.7.1. Piedritti



### 10.7.2. Soletta



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

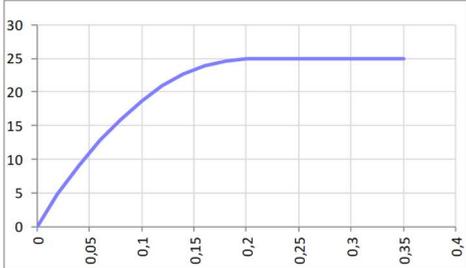
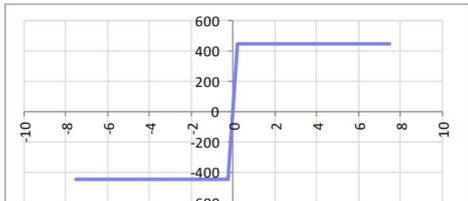
Codifica Documento  
E E2 CL SLA9 C0 001

Rev.  
A

Foglio  
35 di 88

### 10.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

#### 10.8.1. Soletta – nodo piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C25/30			
R <sub>ck</sub>	30,00 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ck</sub>	24,90 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>cm</sub>	32,90 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	2,56 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.05</sub>	1,79 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.95</sub>	3,33 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,07 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>cm</sub>	31447,16 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>c2</sub>	0,200 %			
ε <sub>c3</sub>	0,175 %			
ε <sub>c4</sub>	0,070 %			
ε <sub>cu</sub>	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
k = (f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1			
f <sub>yk</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>tk</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>s</sub>	200000 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>su</sub>	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	6,06 = E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,14			
n, lungo termine =	12,98 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
n, verifiche QP	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	700 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	14	61	769,6902
2	5	22	635	1900,6636
3	5	14	595	769,6902
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	14	47	769,6902
inferiore	5	14	653	769,6902



10.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	24,9 Mpa

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	700 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferi in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	14	61	770
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	770 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	61 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case	1_SLU_STR	
Frame	-	
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	80,785 kN

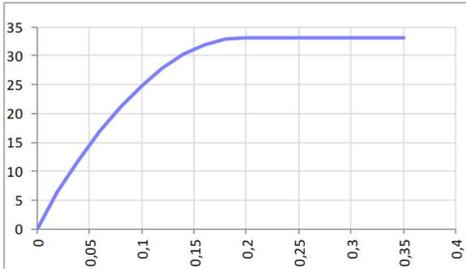
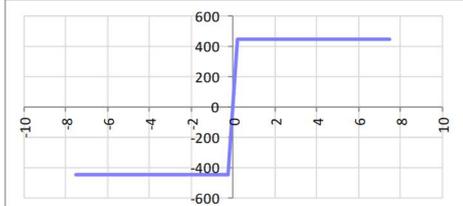
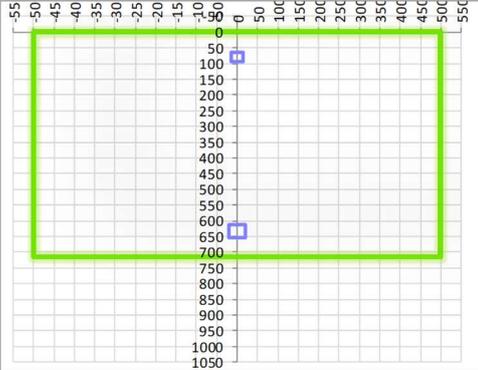
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	639 mm
Coefficiente	k	1,56
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,12%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,34 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	217,33 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>217,33 kN</b>
Verifica		0,37 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

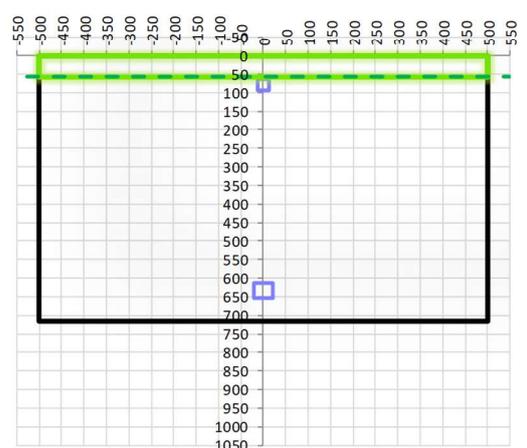
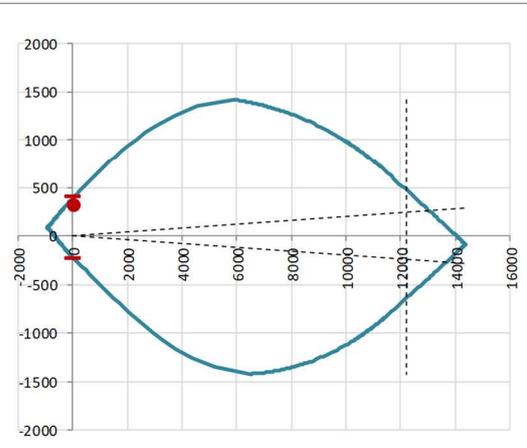
10.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<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:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N	M	w <sub>d</sub>	w <sub>lim</sub>	M0 - Mf		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	232,1	0,186	0,200	203,72	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	0,0	141,6	-2,56	96,50	-25,46	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	242,6	-4,39	165,30	-43,61	Sezione parzializzata	

10.8.2. Piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
R <sub>ck</sub>	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ck</sub>	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>cm</sub>	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.05</sub>	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.95</sub>	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>cm</sub>	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>c2</sub>	0,200 %			
ε <sub>c3</sub>	0,175 %			
ε <sub>c4</sub>	0,070 %			
ε <sub>cu</sub>	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
k = (f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1			
f <sub>yk</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>tk</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>s</sub>	200000 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>su</sub>	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,95			
n, lungo termine =	11,06 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
n, verifiche QP	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> breve termine			
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	715 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	14	79	769,6902
2	5	20	633	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	14	65	769,6902
inferiore	5	14	650	769,6902

10.8.2.1. 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																																															
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																															
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																														
<b>Acciaio</b>																																																	
$\gamma_s$		1,15																																															
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																															
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																															
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																	
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																									
2_SLU_STR	-	55,8	315,6	14367,38	-915,84	404,24	-232,48	78%																																									
<i>Sezione:</i>																																																	
				<i>Fibre compresse Superiori</i>																																													
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																											
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																											
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																											
				$\epsilon_{s,min}$	-3,51	%																																											
				d	633,00	mm																																											
				x/d	0,09																																												
<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>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>55,8</td> <td>315,6</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]	2_SLU_STR	-	55,8	315,6																																
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																										
				2_SLU_STR	-	55,8	315,6																																										

10.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

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

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	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	715 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferi in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	14	79	770
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	770 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	79 mm			

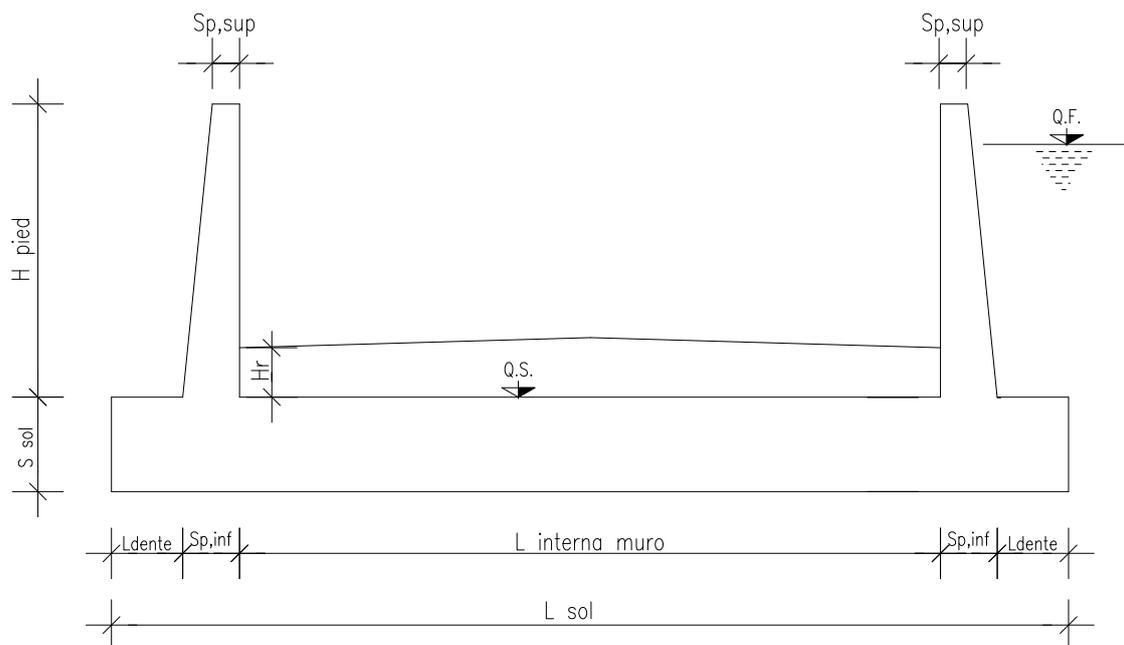
SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	52,65 kN
Taglio	$V_{Ed}$	174,2 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	636 mm
Coefficiente	k	1,56
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,12%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,07 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,39 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	257,12 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>257,12 kN</b>
Verifica		0,68 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

10.8.2.3. 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:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N	M	w <sub>d</sub>	w <sub>lim</sub>	M0 - Mf		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	52,7	205,2	Msd<Mf	0,200	248,86	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	55,8	134,8	-2,99	130,14	-23,01	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	55,8	228,4	-5,04	232,31	-37,21	Sezione parzializzata	

**11. MURO AD "U" - TIPOLOGIA 2 – H = 4.75m****11.1. Geometria della struttura****Dimensioni geometriche trasversali:**

- $L_{\text{sol}} = 6.76$  m
- $S_{\text{sol}} = 0.80$  m
- $L_{\text{int,muro}} = 5.21$  m
- $L_{\text{dente}} = 0.00$  m
- $H_{\text{pied}} = 4.75$  m
- $S_{\text{p,sup}} = 0.30$  m
- $S_{\text{p,inf}} = 0.775$  m
- Q.F. La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura.

## 11.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

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

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,00	0	0	0	0,000	10,000	12,453	0,000	2,023	1,012
0,24	4,75	0	4,75	2,375	10,000	12,453	0,000	2,184	1,092
0,48	9,5	0	9,5	4,750	10,000	12,453	0,000	2,344	1,172
0,71	14,25	0	14,25	7,125	10,000	12,453	0,000	2,504	1,252
0,95	19	0	19	9,500	10,000	12,453	0,000	2,664	1,332
1,19	23,75	0	23,75	11,875	10,000	12,453	0,000	2,824	1,412
1,43	28,5	0	28,5	14,250	10,000	12,453	0,000	2,985	1,492
1,66	33,25	0	33,25	16,625	10,000	12,453	0,000	3,145	1,572
1,90	38	0	38	19,000	10,000	12,453	0,000	3,305	1,652
2,14	42,75	0	42,75	21,375	10,000	12,453	0,000	3,465	1,733
2,38	47,5	0	47,5	23,750	10,000	12,453	0,000	3,625	1,813
2,61	52,25	0	52,25	26,125	10,000	12,453	0,000	3,785	1,893
2,85	57	0	57	28,500	10,000	12,453	0,000	3,946	1,973
3,09	61,75	0	61,75	30,875	10,000	12,453	0,000	4,106	2,053
3,33	66,5	0	66,5	33,250	10,000	12,453	0,000	4,266	2,133
3,56	71,25	0	71,25	35,625	10,000	12,453	0,000	4,426	2,213
3,80	76	0	76	38,000	10,000	12,453	0,000	4,586	2,293
4,04	80,75	0	80,75	40,375	10,000	12,453	0,000	4,747	2,373
4,28	85,5	0	85,5	42,750	10,000	12,453	0,000	4,907	2,453
4,51	90,25	0	90,25	45,125	10,000	12,453	0,000	5,067	2,533
4,75	95	0	95	47,500	10,000	12,453	0,000	5,227	2,614
4,95	99	0	99	49,500	10,000	12,453	0,000	5,362	2,681
5,15	103	0	103	51,500	10,000	12,453	0,000	5,497	2,748

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

**11.3. Riassunto delle sollecitazioni alla base del piedritto (in asse soletta)**

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

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	71,78		
2	STERRE k0_M1		227,65	132,61
2a	STERRE K0_M2		264,39	154,01
2b	STERRE ka_M1		151,77	88,41
2c	STERRE ka_M2		186,28	108,51
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		132,61	51,50
4a	SOVR. STATICO k0_M2		154,01	59,81
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		0,00	0,00
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		0,00	0,00
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		165,15	64,13
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		191,84	74,50
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		116,48	45,23
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		135,76	52,72
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		49,86	19,37
8	INERZIA VERT (BASSO)	9,68		

#### 11.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

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

##### 11.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	63,83	401,42	217,91
1/4 spessore soletta _M_max	2_SLU_STR	67,75	446,56	233,52
Asse soletta _M_max	2_SLU_STR	71,78	494,87	249,65

##### 11.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	63,83	178,62
Filo soletta _CAR	2_CAR	63,83	291,43
1/4 soletta _QP	1_QP	67,75	202,15
1/4 soletta _CAR	2_CAR	67,75	324,66

#### 11.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

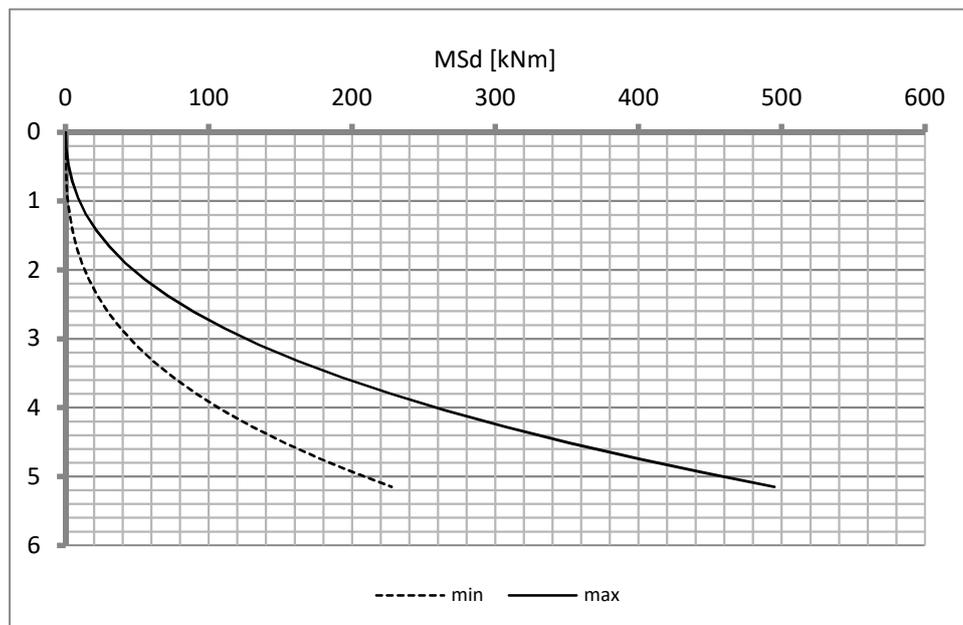
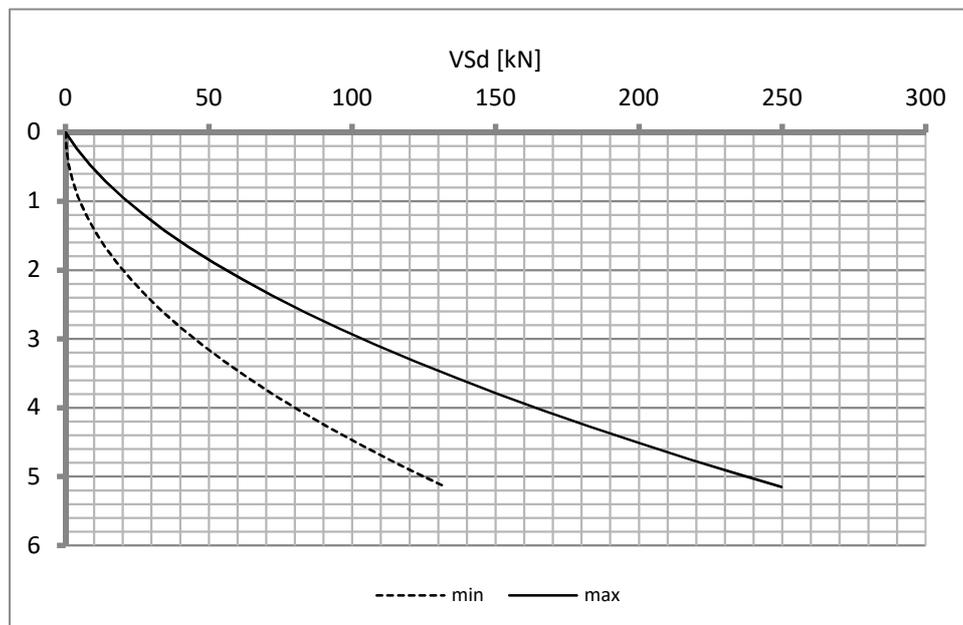
Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per la fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

##### 11.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	0,909	405,476	101,017
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	5,598	193,752	-81,620
1/4 spessore piedritto _M_max	2_SLU_STR	0,194	480,527	76,113
Asse piedritto _M_max	2_SLU_STR	0,000	494,866	71,778
Mezzeria _M_min	2_SLV_STR	4,660	50,408	-12,956

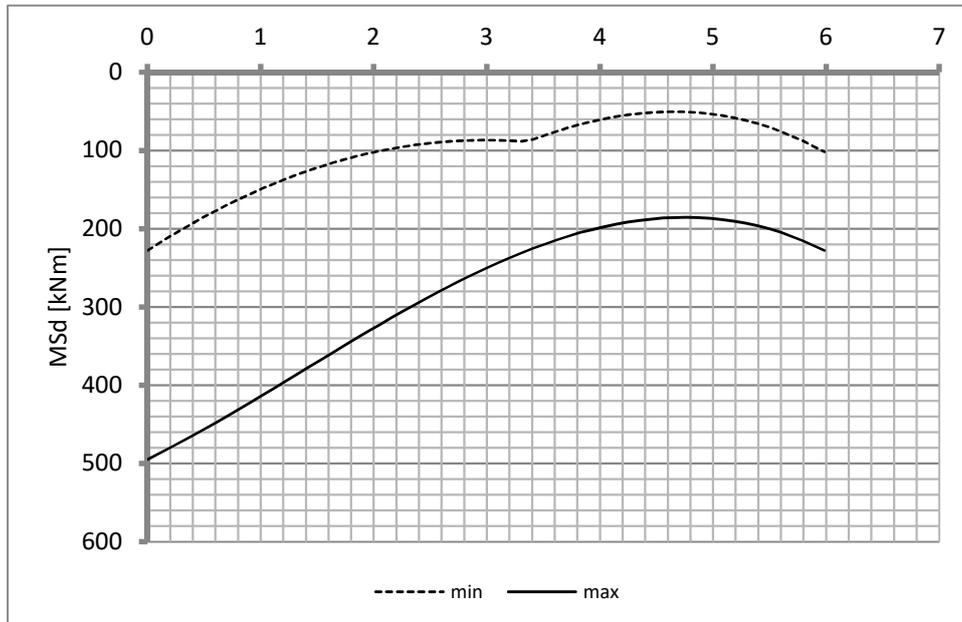
##### 11.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,388	201,54
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,388	332,49
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,194	214,17
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,194	346,36
Mezzeria _QP	1_QP	2,993	118,59
Mezzeria _CAR	1_CAR	2,993	118,59

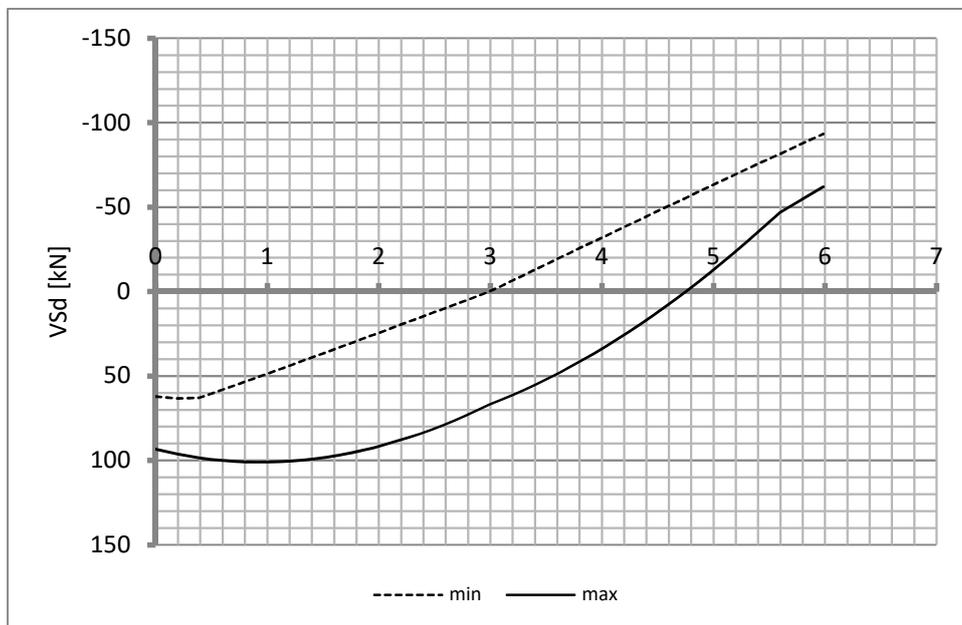
**11.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV****11.6.1. Piedritti**MomentoTaglio

**11.6.2. Soletta**

Momento

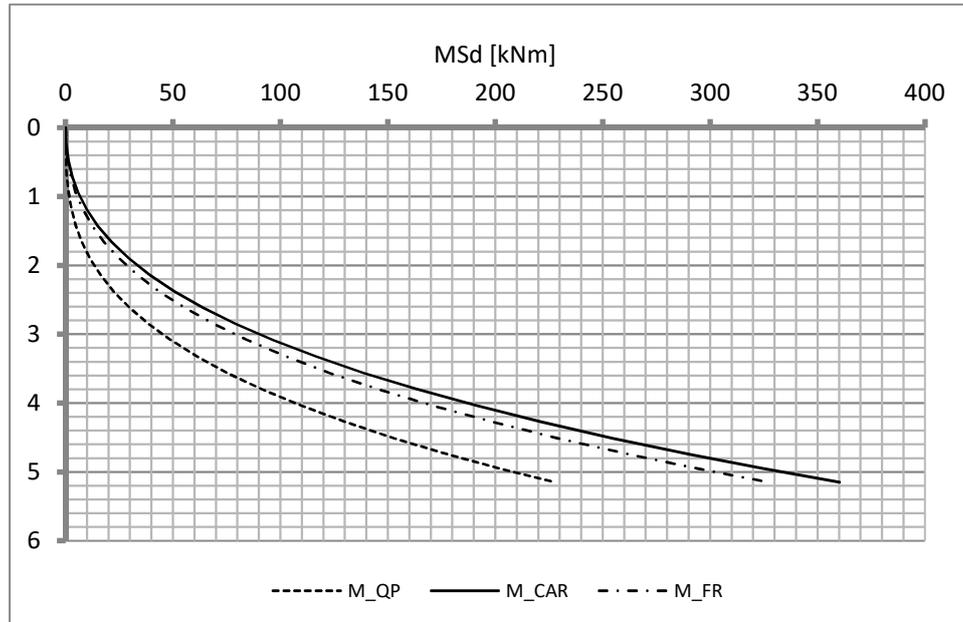


Taglio

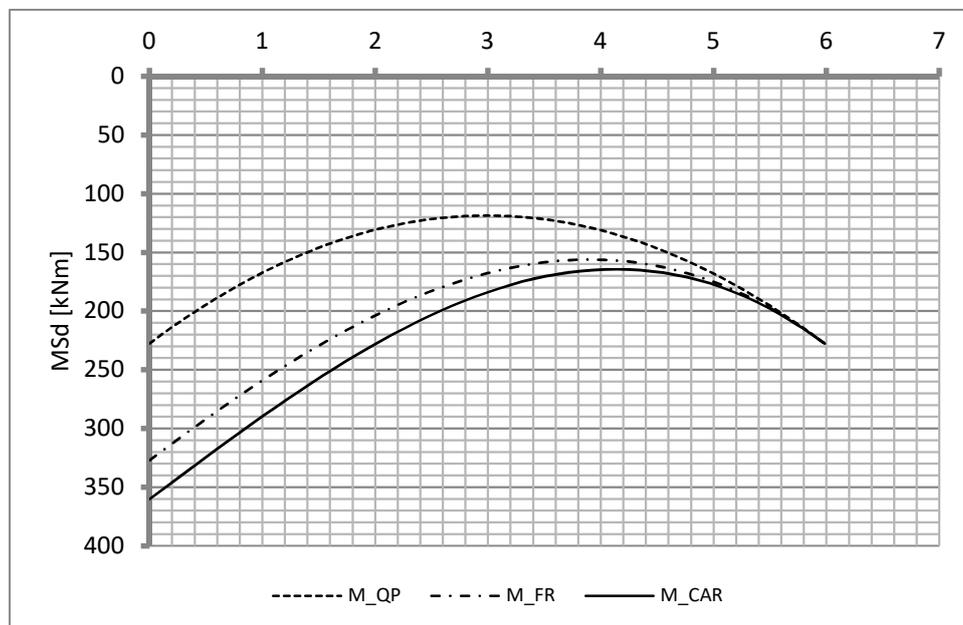


## 11.7. Diagrammi di involucro SLE

### 11.7.1. Piedritti



### 11.7.2. Soletta



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

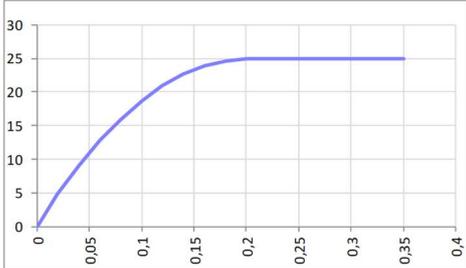
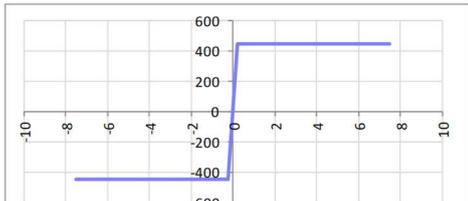
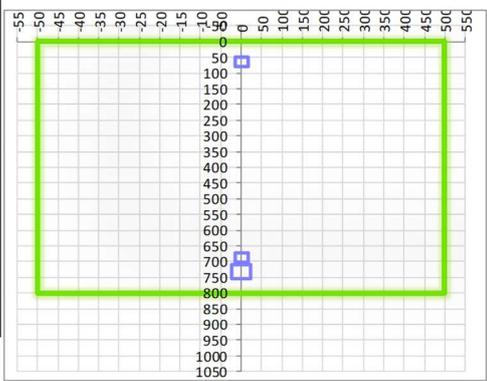
Codifica Documento  
E E2 CL SLA9 C0 001

Rev.  
A

Foglio  
50 di 88

## 11.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

### 11.8.1. Soletta – nodo piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C25/30			
R <sub>ck</sub>	30,00 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ck</sub>	24,90 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>cm</sub>	32,90 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	2,56 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.05</sub>	1,79 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.95</sub>	3,33 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,07 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>cm</sub>	31447,16 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>c2</sub>	0,200 %			
ε <sub>c3</sub>	0,175 %			
ε <sub>c4</sub>	0,070 %			
ε <sub>cu</sub>	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
k = (f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1			
f <sub>yk</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>tk</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>s</sub>	200000 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>su</sub>	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	6,06 = E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,13			
n, lungo termine =	12,90 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
n, verifiche QP	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> 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	16	64	1005,3096
2	5	24	732	2261,9467
3	5	16	688	1005,3096
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	48	1005,3096
inferiore	5	16	752	1005,3096



11.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO		
Classe calcestruzzo		C25/30
Resistenza cubica caratteristica	$R_{ck}$	30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	24,9 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]	copriferi in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	16	64	1005
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1005 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	64 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		1_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	0 kN
Taglio	$V_{Ed}$	101,017 kN

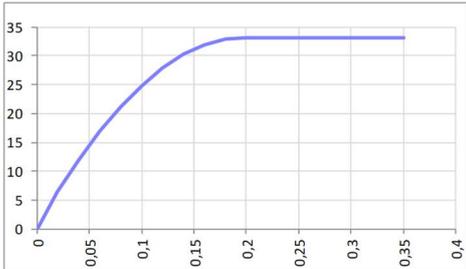
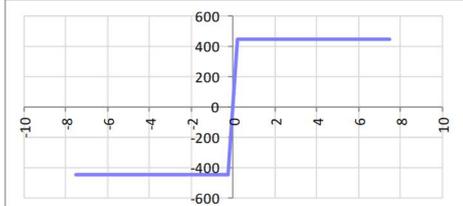
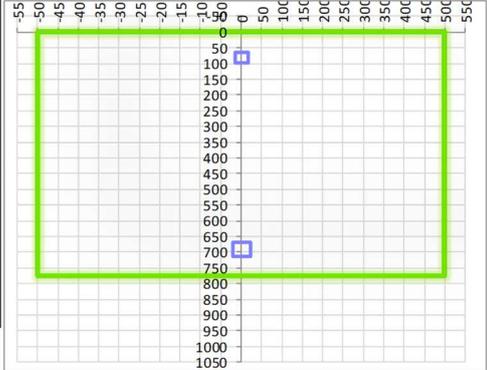
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	736 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,14%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,00 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	2,82 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,33 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	241,19 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>241,19 kN</b>
Verifica		0,42 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

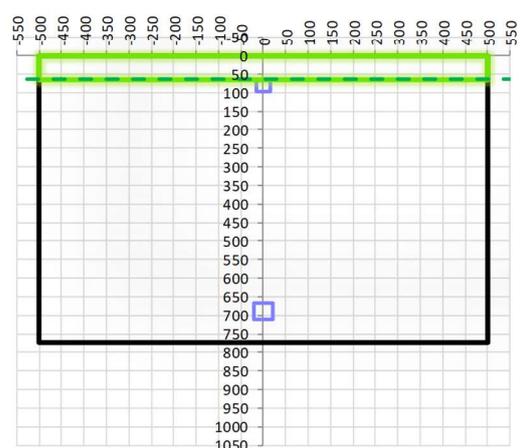
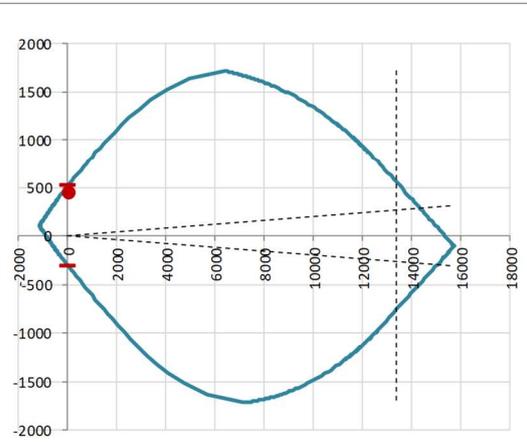
11.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio

<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:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N	M	w <sub>d</sub>	w <sub>lim</sub>	M0 - Mf		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	332,5	0,194	0,200	270,63	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	0,0	214,2	-2,83	103,69	-29,62	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	346,4	-4,57	167,69	-47,90	Sezione parzializzata	

11.8.2. Piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
R <sub>ck</sub>	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ck</sub>	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>cm</sub>	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.05</sub>	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.95</sub>	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>cm</sub>	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>c2</sub>	0,200 %			
ε <sub>c3</sub>	0,175 %			
ε <sub>c4</sub>	0,070 %			
ε <sub>cu</sub>	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
k = (f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1			
f <sub>yk</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>tk</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>s</sub>	200000 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>su</sub>	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,95			
n, lungo termine =	11,02 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
n, verifiche QP	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	breve termine		
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	775 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	16	82	1005,3096
2	5	22	690	1900,6636
3				0
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
				
<b>Armatura di ripartizione:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	66	1005,3096
inferiore	5	16	709	1005,3096

11.8.2.1. 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																																															
$f_{cd}$		22,13 N/mm <sup>2</sup>																																															
$f_{ct,eff}$		2,58 N/mm <sup>2</sup>	$=f_{ctm} / 1,2$																																														
<b>Acciaio</b>																																																	
$\gamma_s$		1,15																																															
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																															
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																															
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																	
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																									
2_SLU_STR	-	67,8	446,6	15717,45	-1137,12	527,38	-315,70	85%																																									
<i>Sezione:</i>																																																	
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Superiori</i>																																											
				$\sigma_{c,max}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>																																											
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																											
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																											
				$\epsilon_{s,min}$	-3,35	%																																											
				d	690,00	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: #90EE90;">Combinazione</th> <th style="background-color: #90EE90;">fram/nodo</th> <th style="background-color: #90EE90;">NSd [kN]</th> <th style="background-color: #90EE90;">MSd [kNm]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="background-color: #90EE90;">2_SLU_STR</td> <td style="background-color: #90EE90;">-</td> <td style="background-color: #90EE90;">67,8</td> <td style="background-color: #90EE90;">446,6</td> </tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td></tr> <tr><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td><td style="background-color: #90EE90;"></td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	67,8	446,6																																
Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																														
2_SLU_STR	-	67,8	446,6																																														
																																																	

11.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

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

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

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

GEOMETRIA SEZIONE C.A.					
Base	b	1000 mm			
Altezza	h	775 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferi in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	16	82	1005
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>	1005 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	c*	82 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>	63,83 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>	217,91 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	693 mm
Coefficiente	k	1,54
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>	0,15%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>	0,08 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	v <sub>min</sub>	0,38 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>	274,92 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>	<b>274,92 kN</b>
Verifica		<b>0,79</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

11.8.2.3. Verifiche allo stato limite di esercizio**SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO****PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE**

kt=	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)
k <sub>1</sub> =	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)
k <sub>3</sub> =	3,40	(valore raccomandato)
k <sub>4</sub> =	0,425	(valore raccomandato)

**CRITERI DI VERIFICA**Fessurazione

Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive
	<b>Aggressive</b>	
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili
	<b>Poco sensibile</b>	

Tensioni in esercizio

	Limite $\sigma_c / f_{ck}$	Limite $\sigma_s / f_{yk}$	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Combinazione Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50

**SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)**Fessurazione

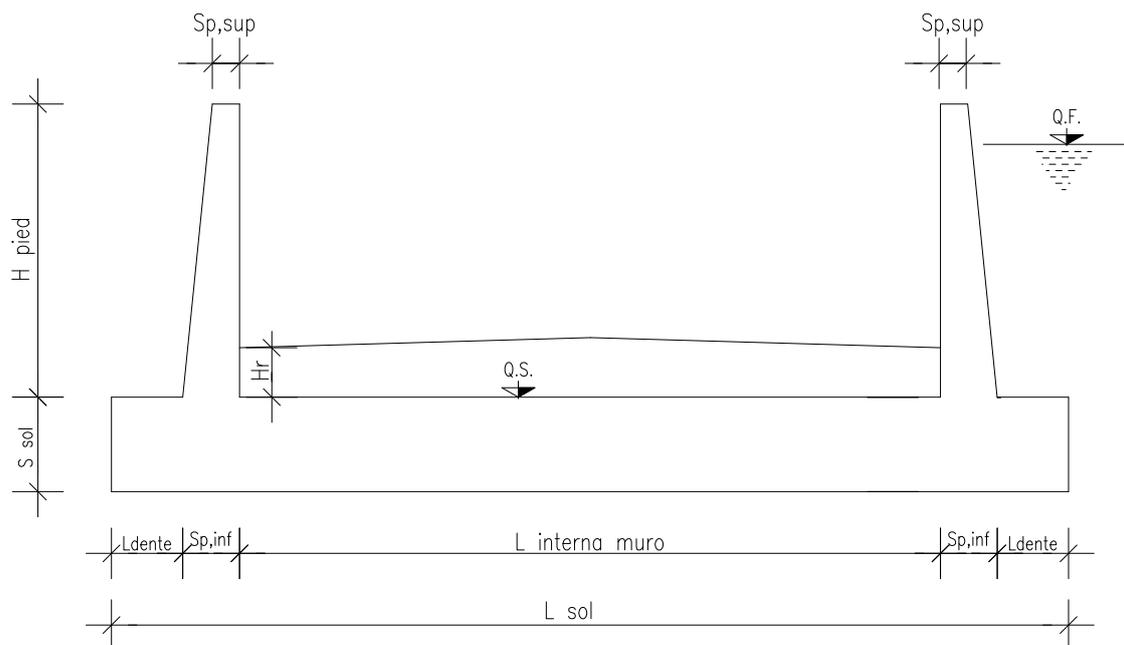
Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	w <sub>d</sub> [mm]	w <sub>lim</sub> [mm]	M0 - Mf [kNm]
Caratteristica	2_CAR	-	63,8	291,4	Msd<Mf	0,200	297,53

Tensioni in esercizio

Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Quasi permanente	1_QP	-	67,8	202,2	-3,59	150,95	-29,46
Caratteristica	2_CAR	-	67,8	324,7	-5,73	252,77	-45,75

Sezione parzializzata

Sezione parzializzata

**12. MURO AD "U" - TIPOLOGIA 3 – H = 5.12m****12.1. Geometria della struttura****Dimensioni geometriche trasversali:**

- $L_{sol}$  = 7.09 m
- $S_{sol}$  = 0.90 m
- $L_{int,muro}$  = 5.47 m
- $L_{dente}$  = 0.00 m
- $H_{pied}$  = 5.12 m
- $S_{p,sup}$  = 0.30 m
- $S_{p,inf}$  = 0.812 m
- Q.F. La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura.

## 12.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

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

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,000	13,469	0,000	2,023	1,012
0,256	5,120	5,120	2,560	0,000	10,000	13,469	0,000	2,196	1,098
0,512	10,240	10,240	5,120	0,000	10,000	13,469	0,000	2,369	1,184
0,768	15,360	15,360	7,680	0,000	10,000	13,469	0,000	2,541	1,271
1,024	20,480	20,480	10,240	0,000	10,000	13,469	0,000	2,714	1,357
1,280	25,600	25,600	12,800	0,000	10,000	13,469	0,000	2,887	1,443
1,536	30,720	30,720	15,360	0,000	10,000	13,469	0,000	3,059	1,530
1,792	35,840	35,840	17,920	0,000	10,000	13,469	0,000	3,232	1,616
2,048	40,960	40,960	20,480	0,000	10,000	13,469	0,000	3,405	1,702
2,304	46,080	46,080	23,040	0,000	10,000	13,469	0,000	3,577	1,789
2,560	51,200	51,200	25,600	0,000	10,000	13,469	0,000	3,750	1,875
2,816	56,320	56,320	28,160	0,000	10,000	13,469	0,000	3,923	1,961
3,072	61,440	61,440	30,720	0,000	10,000	13,469	0,000	4,095	2,048
3,328	66,560	66,560	33,280	0,000	10,000	13,469	0,000	4,268	2,134
3,584	71,680	71,680	35,840	0,000	10,000	13,469	0,000	4,441	2,220
3,840	76,800	76,800	38,400	0,000	10,000	13,469	0,000	4,613	2,307
4,096	81,920	81,920	40,960	0,000	10,000	13,469	0,000	4,786	2,393
4,352	87,040	87,040	43,520	0,000	10,000	13,469	0,000	4,959	2,479
4,608	92,160	92,160	46,080	0,000	10,000	13,469	0,000	5,131	2,566
4,864	97,280	97,280	48,640	0,000	10,000	13,469	0,000	5,304	2,652
5,120	102,400	102,400	51,200	0,000	10,000	13,469	0,000	5,477	2,738
5,345	106,900	106,900	53,450	0,000	10,000	13,469	0,000	5,628	2,814
5,570	111,400	111,400	55,700	0,000	10,000	13,469	0,000	5,780	2,890

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

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

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

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	80,56		
2	STERRE k0_M1		288,01	155,12
2a	STERRE K0_M2		334,49	180,16
2b	STERRE ka_M1		192,01	103,42
2c	STERRE ka_M2		235,67	126,93
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		155,12	55,70
4a	SOVR. STATICO k0_M2		180,16	64,69
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		0,00	0,00
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		0,00	0,00
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		208,94	75,02
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		242,70	87,15
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		147,36	52,91
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		171,76	61,67
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		60,53	21,73
8	INERZIA VERT (BASSO)	10,87		

## 12.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

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

### 12.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	71,17	487,41	247,19
1/4 spessore soletta _M_max	2_SLU_STR	75,80	545,12	265,87
Asse soletta _M_max	2_SLU_STR	80,56	607,11	285,21

### 12.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	71,17	223,70
Filo soletta _CAR	2_CAR	71,17	354,77
1/4 soletta _QP	1_QP	75,80	254,50
1/4 soletta _CAR	2_CAR	75,80	397,35

## 12.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

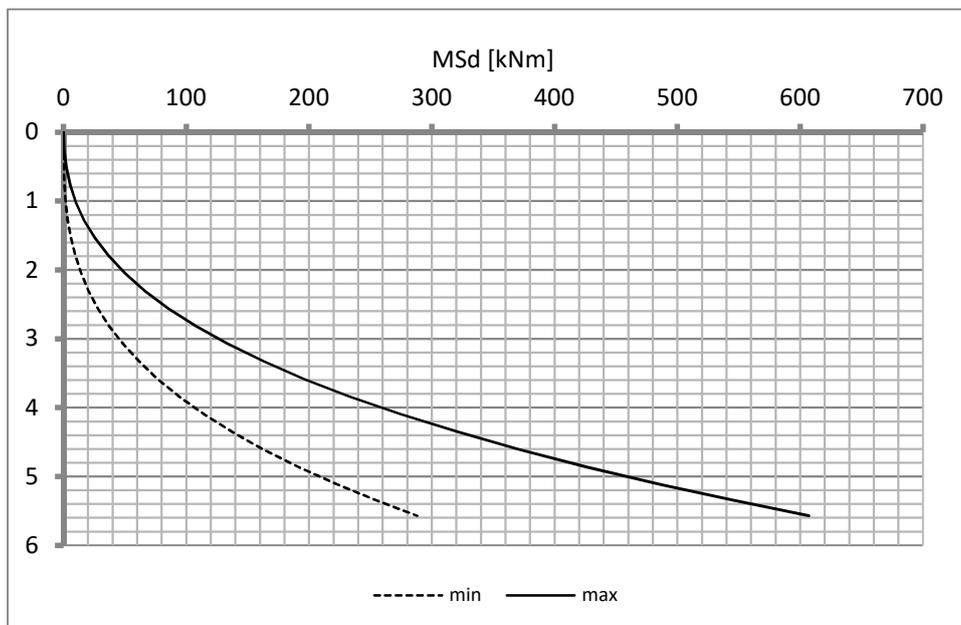
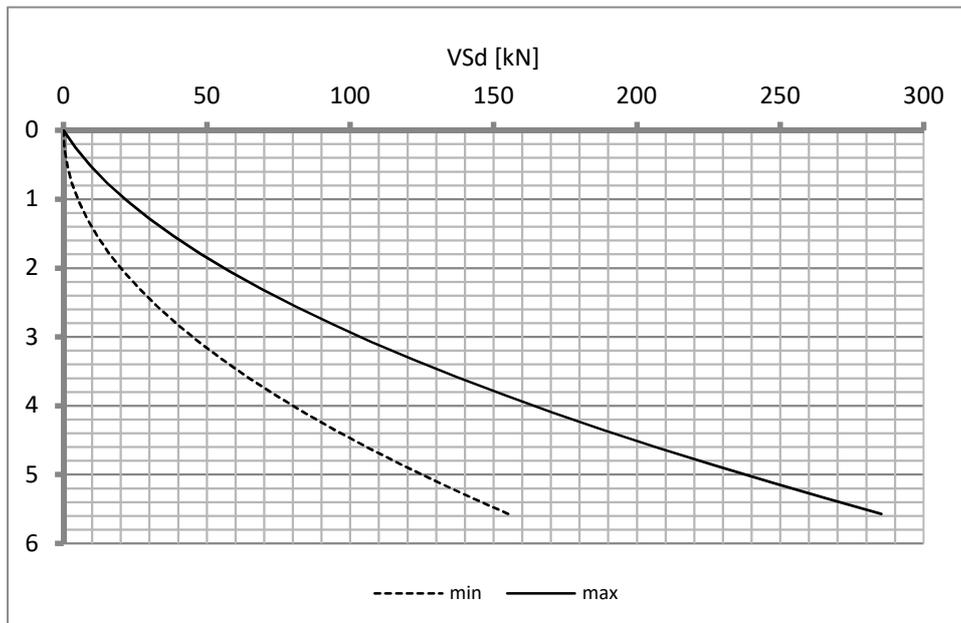
Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per la fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

### 12.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	0,953	501,693	113,755
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	5,876	248,150	-91,617
1/4 spessore piedritto _M_max	2_SLU_STR	0,203	590,240	85,480
Asse piedritto _M_max	2_SLU_STR	0,000	607,106	80,556
Mezzeria _M_min	2_SLV_STR	4,891	73,091	-12,106

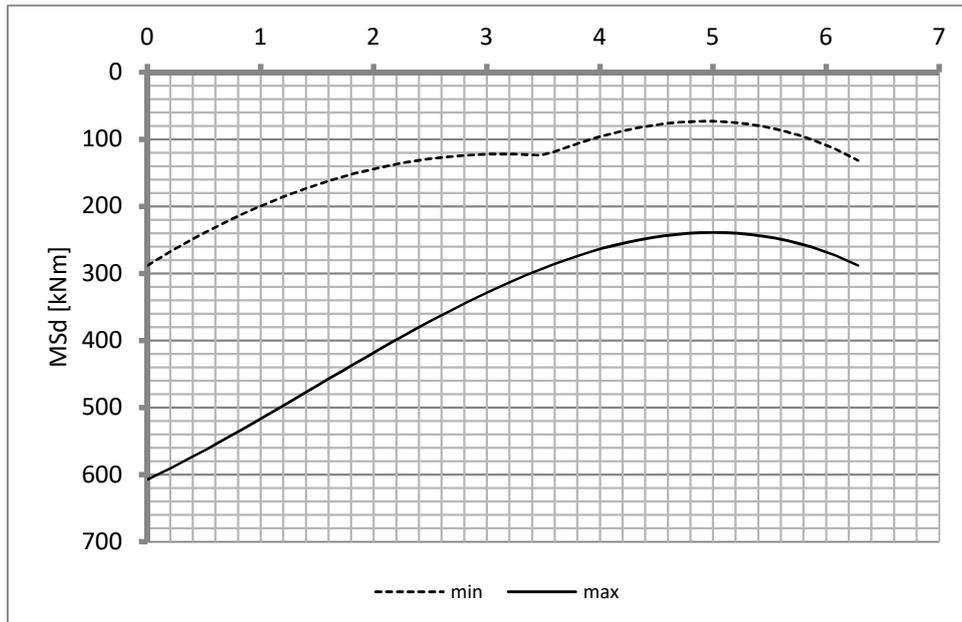
### 12.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,406	257,31
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,406	410,51
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,203	272,16
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,203	426,79
Mezzeria _QP	1_QP	3,141	159,62
Mezzeria _CAR	1_CAR	3,141	159,62

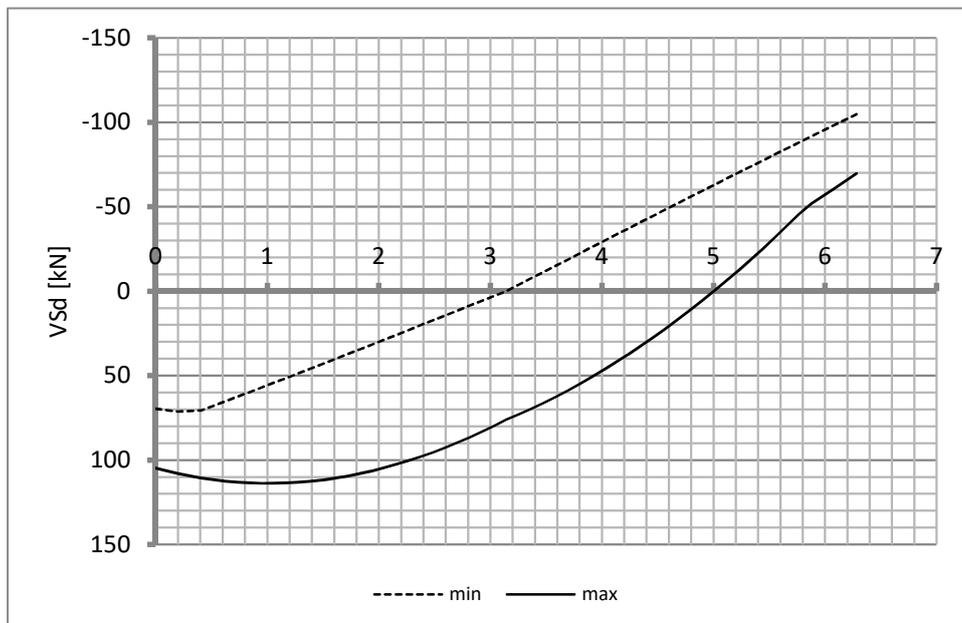
**12.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV****12.6.1. Piedritti**MomentoTaglio

**12.6.2. Soletta**

Momento

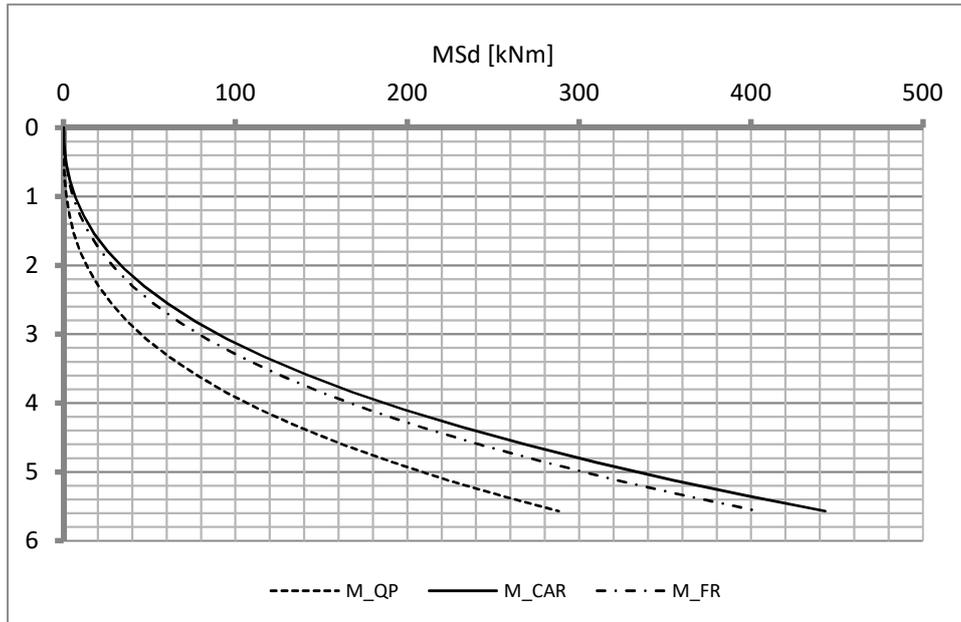


Taglio

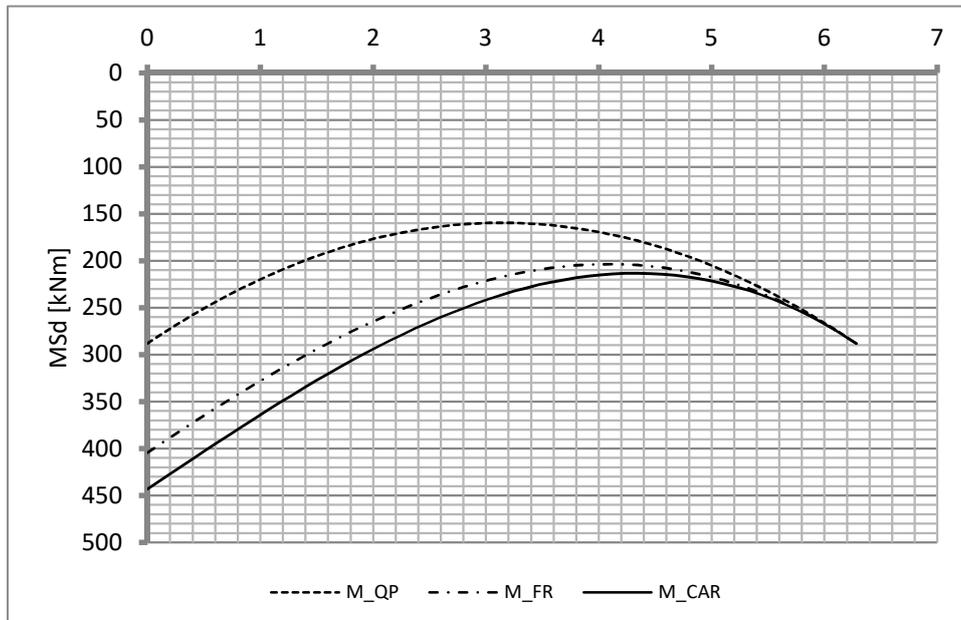


## 12.7. Diagrammi di involucro SLE

### 12.7.1. Piedritti



### 12.7.2. Soletta



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

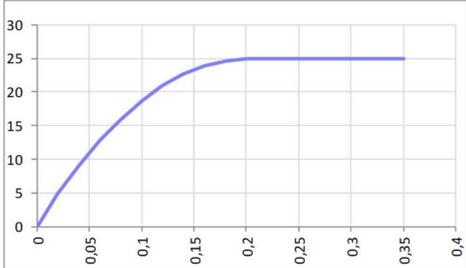
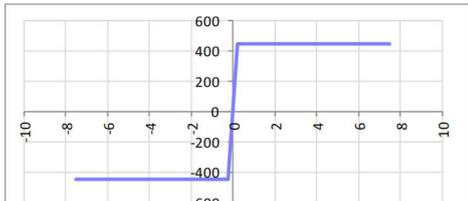
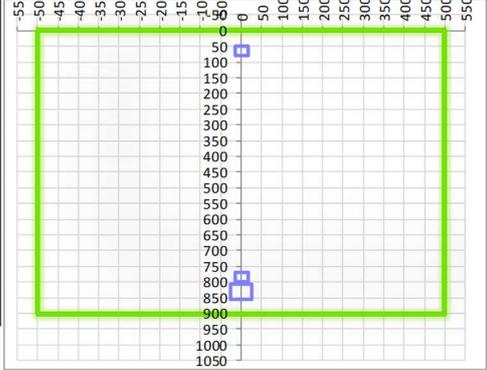
Codifica Documento  
E E2 CL SLA9 C0 001

Rev.  
A

Foglio  
65 di 88

## 12.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

### 12.8.1. Soletta – nodo piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE																																																								
CARATTERISTICHE MATERIALI																																																								
<b>Calcestruzzo:</b>																																																								
Classe	C25/30																																																							
R <sub>ck</sub>	30,00 N/mm <sup>2</sup>																																																							
f <sub>ck</sub>	24,90 N/mm <sup>2</sup>																																																							
f <sub>cm</sub>	32,90 N/mm <sup>2</sup>																																																							
f <sub>ctm</sub>	2,56 N/mm <sup>2</sup>																																																							
f <sub>ctk,0.05</sub>	1,79 N/mm <sup>2</sup>																																																							
f <sub>ctk,0.95</sub>	3,33 N/mm <sup>2</sup>																																																							
f <sub>ctm</sub>	3,07 N/mm <sup>2</sup>																																																							
E <sub>cm</sub>	31447,16 N/mm <sup>2</sup>																																																							
ε <sub>c2</sub>	0,200 %																																																							
ε <sub>c3</sub>	0,175 %																																																							
ε <sub>c4</sub>	0,070 %																																																							
ε <sub>cu</sub>	0,350 %																																																							
n	2,000																																																							
tipo cemento	N																																																							
																																																								
<b>Acciaio:</b>																																																								
Classe	B450C																																																							
Tipologia comportament	EL-PL																																																							
k = (f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1																																																							
f <sub>yk</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>																																																							
f <sub>tk</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>																																																							
E <sub>s</sub>	200000 N/mm <sup>2</sup>																																																							
ε <sub>su</sub>	7,500 %																																																							
																																																								
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>																																																								
n, breve termine	6,06 = E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>																																																							
umidità relativa	75 %																																																							
giorno app. carico	15 giorni																																																							
periodo lungo termine	50 anni																																																							
coefficiente di viscosità	2,12																																																							
n, lungo termine =	12,83 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>																																																							
n, verifiche QP	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> lungo termine																																																							
n, verifiche CAR	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> breve termine																																																							
CARATTERISTICHE SEZIONE																																																								
<b>Sezione:</b>																																																								
B=	1000 mm																																																							
H=	900 mm																																																							
<b>Armature:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>64</td> <td>1005,3096</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5</td> <td>26</td> <td>831</td> <td>2654,6458</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>784</td> <td>1005,3096</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	1	5	16	64	1005,3096	2	5	26	831	2654,6458	3	5	16	784	1005,3096	4				0	5				0	6				0	7				0	8				0	9				0	10				0	
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>																																																				
1	5	16	64	1005,3096																																																				
2	5	26	831	2654,6458																																																				
3	5	16	784	1005,3096																																																				
4				0																																																				
5				0																																																				
6				0																																																				
7				0																																																				
8				0																																																				
9				0																																																				
10				0																																																				
<b>Armatura di ripartizione:</b>																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Pos.</th> <th>n° barre</th> <th>∅ mm</th> <th>y<sub>i</sub> mm</th> <th>A<sub>s</sub> mm<sup>2</sup></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>superiore</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>48</td> <td>1005,3096</td> </tr> <tr> <td>inferiore</td> <td>5</td> <td>16</td> <td>852</td> <td>1005,3096</td> </tr> </tbody> </table>	Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>	superiore	5	16	48	1005,3096	inferiore	5	16	852	1005,3096																																									
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	852	1005,3096																																																				



12.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO				
Classe calcestruzzo				C25/30
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>			30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>			24,9 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]	copriferi in asse barra [mm]
strato1		5	16	64
strato2		0	0	0
strato3		0	0	0
strato4		0	0	0
strato5		0	0	0
Area barre tese	A <sub>s</sub>			1005 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	c*			64 mm
SOLLECITAZIONI				
Load Case				1_SLU_STR
Frame				-
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>			0 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>			113,755 kN
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO				
Altezza utile della sezione	d			836 mm
Coefficiente	k			1,49
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>			0,12%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>			0,00 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>			2,82 N/mm <sup>2</sup>
	v <sub>min</sub>			0,32 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>			265,32 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>			<b>265,32 kN</b>
Verifica				<b>0,43</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

12.8.1.3. 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:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N	M	w <sub>d</sub>	w <sub>lim</sub>	M0 - Mf		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	410,5	0,187	0,200	344,12	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	0,0	272,2	-2,80	102,75	-30,80	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	426,8	-4,39	161,12	-48,31	Sezione parzializzata	

Doc. N.

Progetto  
INOR

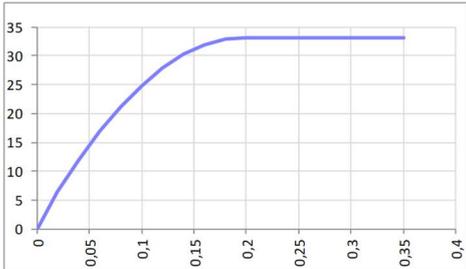
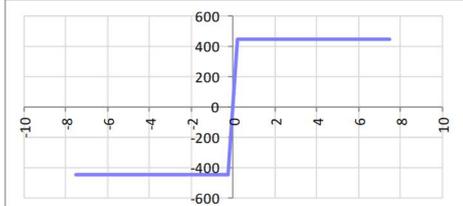
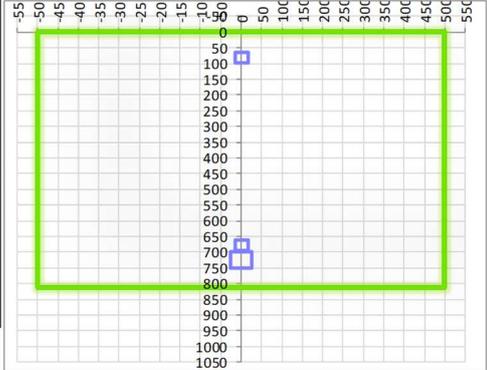
Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLA9 C0 001

Rev.  
A

Foglio  
69 di 88

**12.8.2. Piedritto**

SEZIONE RETTANGOLARE				
CARATTERISTICHE MATERIALI				
<i>Calcestruzzo:</i>				
Classe	C32/40			
R <sub>ck</sub>	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ck</sub>	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>cm</sub>	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.05</sub>	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.95</sub>	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>cm</sub>	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>c2</sub>	0,200 %			
ε <sub>c3</sub>	0,175 %			
ε <sub>c4</sub>	0,070 %			
ε <sub>cu</sub>	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<i>Acciaio:</i>				
Classe	B450C			
Tipologia comportament	EL-PL			
k = (f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1			
f <sub>yk</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>tk</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>s</sub>	200000 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>su</sub>	7,500 %			
				
<i>Coefficiente di omogeneizzazione:</i>				
n, breve termine	5,66 = E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,94			
n, lungo termine =	10,99 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
n, verifiche QP	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	lungo termine		
n, verifiche CAR	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>	breve termine		
CARATTERISTICHE SEZIONE				
<i>Sezione:</i>				
B=	1000 mm			
H=	812 mm			
<i>Armature:</i>				
Pos.	n° barre	φ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	16	82	1005,3096
2	5	26	725	2654,6458
3	5	16	678	1005,3096
4				0
5				0
6				0
7				0
8				0
9				0
10				0
<i>Armatura di ripartizione:</i>				
Pos.	n° barre	φ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
superiore	5	16	66	1005,3096
inferiore	5	16	746	1005,3096
				



12.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

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

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	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	812 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferi in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	16	82	1005
strato2		0	0	0	0
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	1005 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	82 mm			

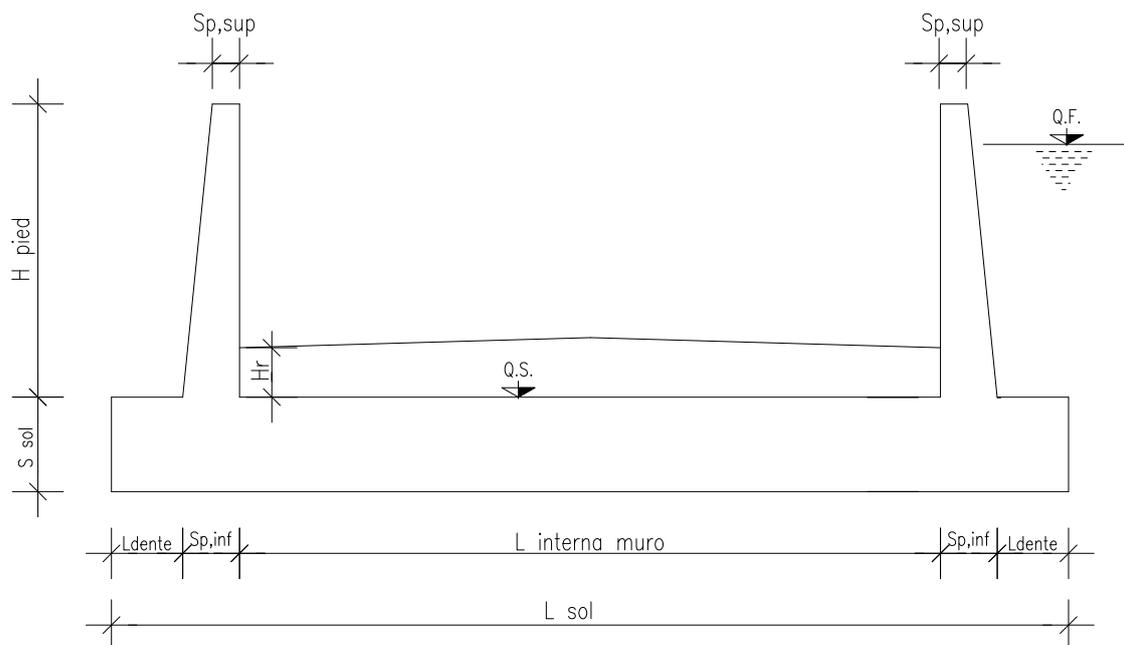
SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	71,17 kN
Taglio	$V_{Ed}$	247,19 kN

VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	730 mm
Coefficiente	k	1,52
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,14%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,09 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,38 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	286,41 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>286,41 kN</b>
Verifica		0,86 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

12.8.2.3. 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>									
<i>Fessurazione</i>									
Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<i>Tensioni in esercizio</i>									
<b>Combinazione</b>	<b>Limite</b>	<b>Limite</b>	<b><math>\sigma_{c,max}</math></b>	<b><math>\sigma_{s,max}</math></b>					
	<b><math>\sigma_c / f_{ck}</math></b>	<b><math>\sigma_s / f_{yk}</math></b>	<b>[N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>[N/mm<sup>2</sup>]</b>					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)</b>									
<i>Fessurazione</i>									
<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>MO - Mf</b>		
			<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[mm]</b>	<b>[kNm]</b>		
Caratteristica	2_CAR	-	71,2	354,8	0,198	0,200	347,44	-	
<i>Tensioni in esercizio</i>									
<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>		
			<b>[kN]</b>	<b>[kNm]</b>	<b>[N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>[N/mm<sup>2</sup>]</b>	<b>[N/mm<sup>2</sup>]</b>		
Quasi permanente	1_QP	-	75,8	254,5	-3,37	101,95	-33,34	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	75,8	397,4	-5,23	164,68	-50,93	Sezione parzializzata	

**13. MURO AD "U" - TIPOLOGIA 4 - H = 6.55m****13.1. Geometria della struttura**Dimensioni geometriche trasversali:

- $L_{sol}$  = 6.91 m
- $S_{sol}$  = 1.00 m
- $L_{int,muro}$  = 5.00 m
- $L_{dente}$  = 0.00 m
- $H_{pied}$  = 6.55 m
- $S_{p,sup}$  = 0.30 m
- $S_{p,inf}$  = 0.955 m
- Q.F. La falda si trova al di sotto del piano di fondazione dei muri e pertanto non interessa la struttura.

### 13.2. Pressioni sul piedritto dovute ai carichi fondamentali

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

z [m]	$\sigma_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma'_{h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_w$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\sigma_{q,st,h,k0,M1}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{Ed,M1,(+)}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Delta\sigma_{idr}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_h$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$f_v$ [kN/m <sup>2</sup> ]
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	10,000	17,048	0,000	2,023	1,012
0,328	6,550	6,550	3,275	0,000	10,000	17,048	0,000	2,244	1,122
0,655	13,100	13,100	6,550	0,000	10,000	17,048	0,000	2,465	1,233
0,983	19,650	19,650	9,825	0,000	10,000	17,048	0,000	2,686	1,343
1,310	26,200	26,200	13,100	0,000	10,000	17,048	0,000	2,907	1,453
1,638	32,750	32,750	16,375	0,000	10,000	17,048	0,000	3,128	1,564
1,965	39,300	39,300	19,650	0,000	10,000	17,048	0,000	3,349	1,674
2,293	45,850	45,850	22,925	0,000	10,000	17,048	0,000	3,570	1,785
2,620	52,400	52,400	26,200	0,000	10,000	17,048	0,000	3,791	1,895
2,948	58,950	58,950	29,475	0,000	10,000	17,048	0,000	4,011	2,006
3,275	65,500	65,500	32,750	0,000	10,000	17,048	0,000	4,232	2,116
3,603	72,050	72,050	36,025	0,000	10,000	17,048	0,000	4,453	2,227
3,930	78,600	78,600	39,300	0,000	10,000	17,048	0,000	4,674	2,337
4,500	90,000	90,000	45,000	0,000	10,000	17,048	0,000	5,059	2,529
4,585	91,700	91,700	45,850	0,000	10,000	17,048	0,000	5,116	2,558
4,900	98,000	98,000	49,000	0,000	10,000	17,048	0,000	5,328	2,664
5,240	104,800	104,800	52,400	0,000	10,000	17,048	0,000	5,558	2,779
5,568	111,350	111,350	55,675	0,000	10,000	17,048	0,000	5,779	2,889
5,895	117,900	117,900	58,950	0,000	10,000	17,048	0,000	5,999	3,000
6,000	120,000	120,000	60,000	0,000	10,000	17,048	0,000	6,070	3,035
6,550	131,000	131,000	65,500	0,000	10,000	17,048	0,000	6,441	3,221
6,800	136,000	136,000	68,000	0,000	10,000	17,048	0,000	6,610	3,305
7,050	141,000	141,000	70,500	0,000	10,000	17,048	0,000	6,778	3,389

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

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

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

n.	LOAD CASE	N[kN]	M[kNm]	V[kN]
1	PP	115,00		
2	STERRE k0_M1		584,00	248,51
2a	STERRE K0_M2		678,25	288,62
2b	STERRE ka_M1		389,34	165,68
2c	STERRE ka_M2		477,87	203,35
3	FALDA		0,00	0,00
4	SOVR. STATICO k0_M1		248,51	70,50
4a	SOVR. STATICO k0_M2		288,62	81,88
4b	SOVR. SISMICO ka_M1		0,00	0,00
4c	SOVR. SISMICO ka_M2		0,00	0,00
5	INCR. SISMICO BASSO_M1		423,66	120,19
5a	INCR. SISMICO BASSO_M2		492,12	139,61
5b	INCR. SISMICO ALTO_M1		298,81	84,77
5c	INCR. SISMICO ALTO_M2		348,28	98,80
6	INCR. IDRODINAMICO		0,00	0,00
7	INERZIA ORIZZONTALE		109,37	31,03
8	INERZIA VERT (BASSO)	15,51		

### 13.4. Riassunto sollecitazioni massime piedritto

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

#### 13.4.1. Combinazioni SLU – SLV

	CC	N [kN]	M[kNm]	V[kN]
Filo soletta _V_max	2_SLU_STR	102,75	930,63	377,12
1/4 spessore soletta _M_max	2_SLU_STR	108,80	1028,07	402,56
Asse soletta _M_max	2_SLU_STR	115,00	1131,97	428,82

#### 13.4.2. Combinazioni SLE

	CC	N [kN]	M[kNm]
Filo soletta _QP	1_QP	102,75	468,35
Filo soletta _CAR	2_CAR	102,75	682,86
1/4 soletta _QP	1_QP	108,80	524,05
1/4 soletta _CAR	2_CAR	108,80	755,25

### 13.5. Riassunto massime sollecitazioni soletta

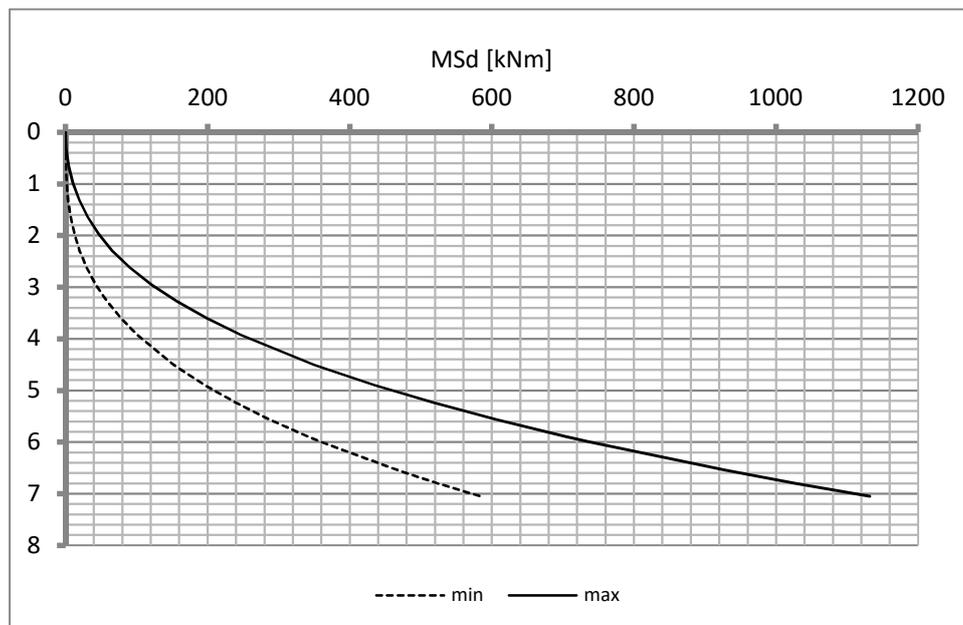
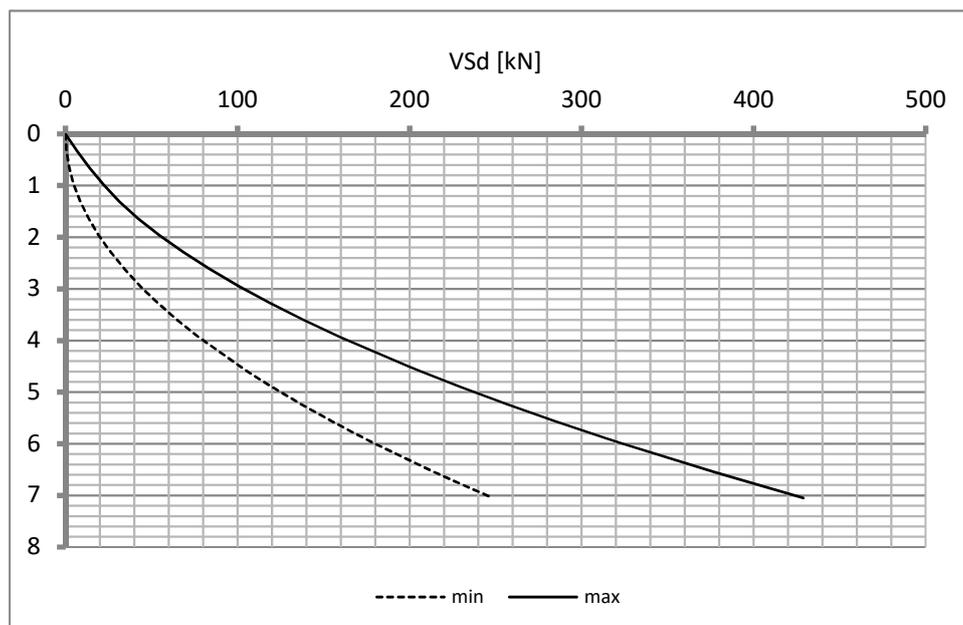
Si riportano di seguito le massime sollecitazioni calcolate per la fondazione ed adottate per le verifiche strutturali.

#### 13.5.1. Combinazioni SLU - SLV

	CC	x[m]	M[kNm]	V[kN]
Filo piedritto SX_V_max	1_SLU_STR	1,378	897,043	180,680
Filo piedritto DX_V_max	3_SLU_STR	5,478	518,123	-126,355
1/4 spessore piedritto _M_max	2_SLU_STR	0,239	1102,931	127,954
Asse piedritto _M_max	2_SLU_STR	0,000	1131,974	115,003
Mezzeria _M_min	2_SLV_STR	4,978	218,860	-17,599

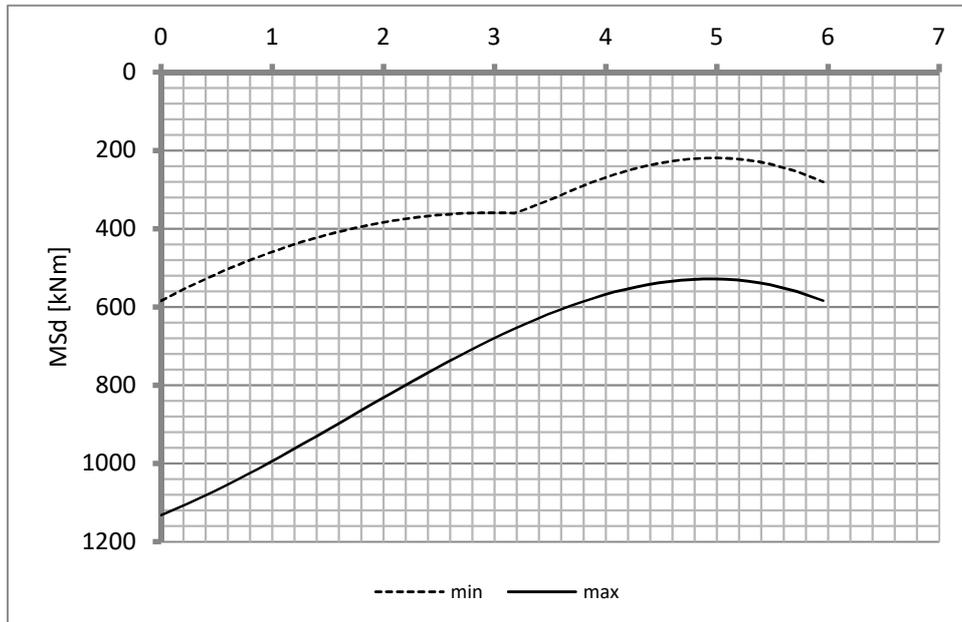
#### 13.5.2. Combinazioni SLE

	CC	x[m]	M[kNm]
Filo piedritto _QP	1_QP	0,478	533,25
Filo piedritto _CAR	2_CAR	0,478	777,15
1/4 piedritto _QP	1_QP	0,239	557,58
1/4 piedritto _CAR	2_CAR	0,239	804,91
Mezzeria _QP	1_QP	2,978	410,08
Mezzeria _CAR	1_CAR	2,978	410,08

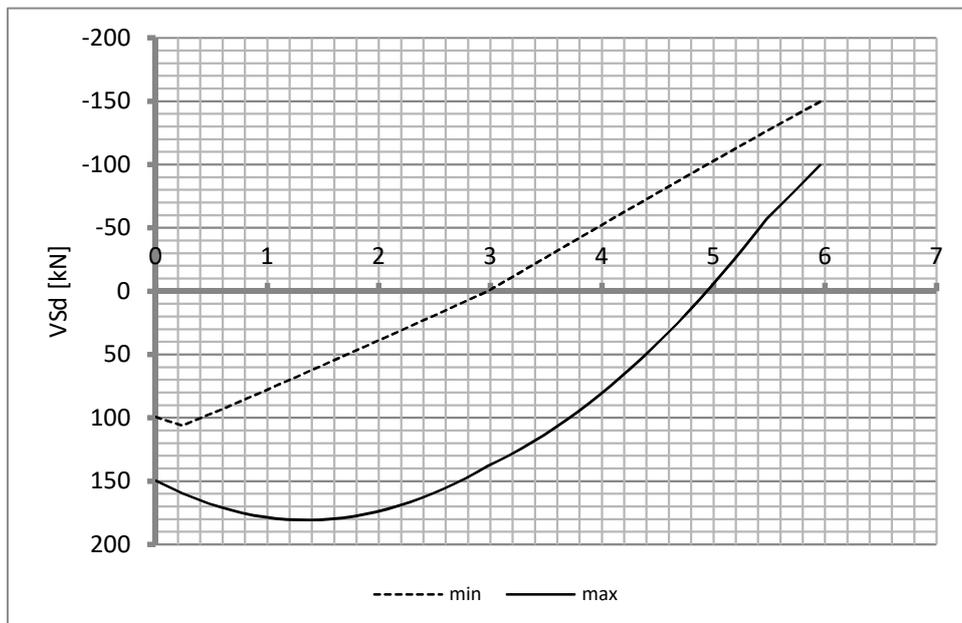
**13.6. Diagrammi di involucro SLU-SLV****13.6.1. Piedritti**MomentoTaglio

**13.6.2. Soletta**

Momento

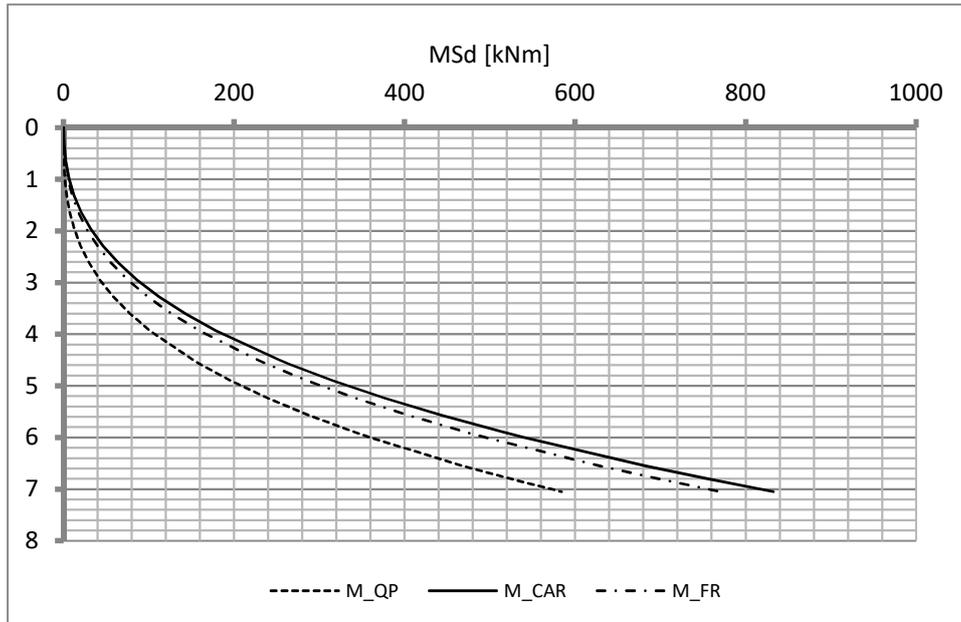


Taglio

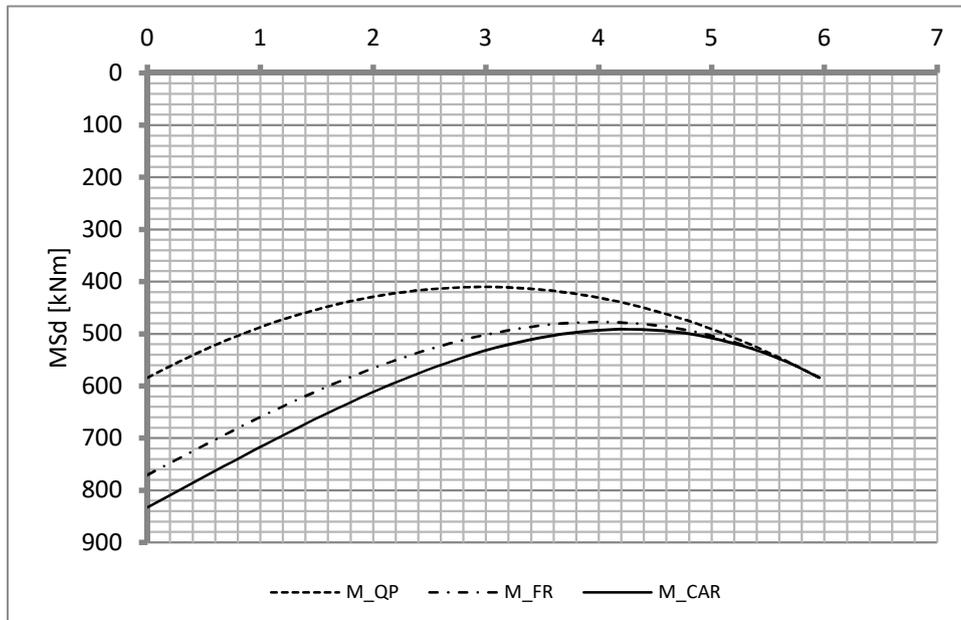


### 13.7. Diagrammi di involuppo SLE

#### 13.7.1. Piedritti



#### 13.7.2. Soletta



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLA9 C0 001

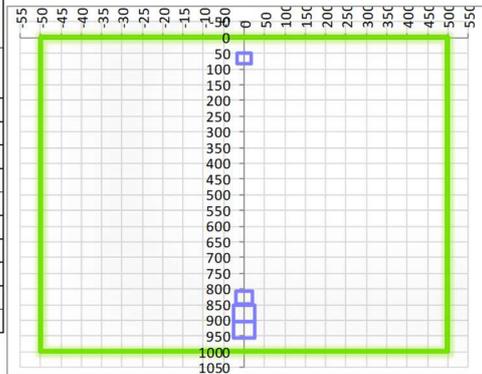
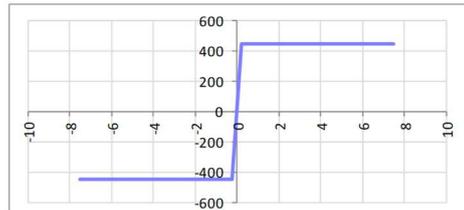
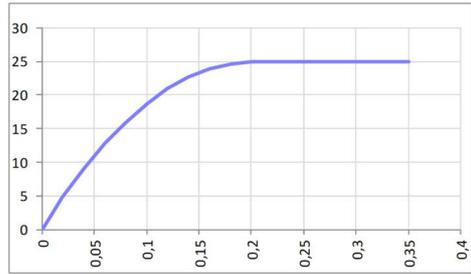
Rev.  
A

Foglio  
80 di 88

### 13.8. Verifiche di resistenza ultima e di esercizio

#### 13.8.1. Soletta – nodo piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C25/30			
R <sub>ck</sub>	30,00 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ck</sub>	24,90 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>cm</sub>	32,90 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	2,56 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.05</sub>	1,79 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctk,0.95</sub>	3,33 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>ctm</sub>	3,07 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>cm</sub>	31447,16 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>c2</sub>	0,200 %			
ε <sub>c3</sub>	0,175 %			
ε <sub>c4</sub>	0,070 %			
ε <sub>cu</sub>	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
k = (f <sub>t</sub> /f <sub>y</sub> ) <sub>k</sub>	1			
f <sub>yk</sub>	450 N/mm <sup>2</sup>			
f <sub>tk</sub>	540 N/mm <sup>2</sup>			
E <sub>s</sub>	200000 N/mm <sup>2</sup>			
ε <sub>su</sub>	7,500 %			
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	6,06 = E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	2,11			
n, lungo termine =	12,77 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub>			
n, verifiche QP	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> lungo termine			
n, verifiche CAR	15,0 = E <sub>s</sub> /E <sub>cm</sub> breve termine			
<b>CARATTERISTICHE SEZIONE</b>				
<b>Sezione:</b>				
B=	1000 mm			
H=	1000 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	18	67	1272,345
2	5	26	929	2654,6458
3	5	26	877	2654,6458
4	5	20	828	1570,7963
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	18	49	1272,345
inferiore	5	18	951	1272,345



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

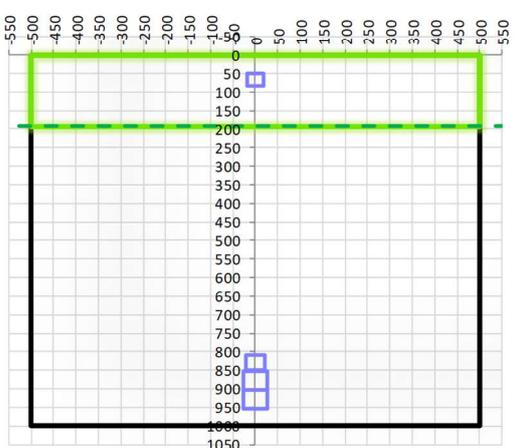
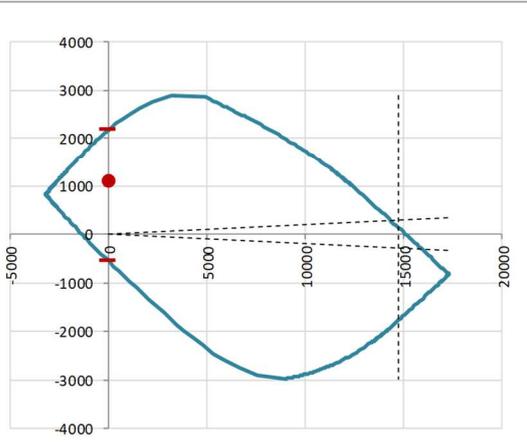
Codifica Documento  
E E2 CL SLA9 C0 001

Rev.  
A

Foglio  
81 di 88

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

13.8.1.1. 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																																																											
$f_{cd}$		16,60 N/mm <sup>2</sup>																																																											
$f_{ct,eff}$		2,13 N/mm <sup>2</sup>	= $f_{ctm} / 1,2$																																																										
<b>Acciaio</b>																																																													
$\gamma_s$		1,15																																																											
$f_{yd}$		391,30 N/mm <sup>2</sup>																																																											
$\epsilon_{yd}$		0,196 %																																																											
STATO LIMITE ULTIMO - PRESSOFLESSIONE																																																													
Combinazione	frame/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	NRd+ [kN]	NRd- [kN]	MRd+ [kNm]	MRd- [kNm]	MSd/MRd																																																					
2_SLU_STR	-	0,0	1102,9	17300,08	-3190,08	2176,26	-550,98	51%																																																					
<i>Sezione:</i>																																																													
				<i>Fibre compresse</i>		<i>Superiori</i>																																																							
				$\sigma_{c,max}$	14,11	N/mm <sup>2</sup>																																																							
				$\sigma_{s,min}$	-391,30	N/mm <sup>2</sup>																																																							
				$\epsilon_{c,max}$	0,35	%																																																							
				$\epsilon_{s,min}$	-1,34	%																																																							
				d	929,00	mm																																																							
				x/d	0,21																																																								
<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>2_SLU_STR</td> <td>-</td> <td>0,0</td> <td>1102,9</td> </tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>						Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]	2_SLU_STR	-	0,0	1102,9																																												
				Combinazione	fram/nodo	NSd [kN]	MSd [kNm]																																																						
				2_SLU_STR	-	0,0	1102,9																																																						

13.8.1.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

CALCESTRUZZO				
Classe calcestruzzo				C25/30
Resistenza cubica caratteristica	R <sub>ck</sub>			30,00 Mpa
Resistenza cilindrica caratteristica	f <sub>ck</sub>			24,9 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			1000 mm
<i>Barre tese</i>	<i>numero barre</i>	<i>diametro barre [mm]</i>	<i>copriferi in asse barra [mm]</i>	<i>Area barre [mm<sup>2</sup>]</i>
strato1	5	18	67	1272
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>			1272 mm <sup>2</sup>
Posizione della barra equivalente	c*			67 mm
SOLLECITAZIONI				
Load Case				1_SLU_STR
Frame				-
Azione assiale (+ di compressione)	N <sub>Ed</sub>			0 kN
Taglio	V <sub>Ed</sub>			180,68 kN
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO				
Altezza utile della sezione	d			933 mm
Coefficiente	k			1,46
Rapporto di armatura longitudinale	ρ <sub>l</sub>			0,14%
Tensione assiale media	σ <sub>cp</sub>			0,00 N/mm <sup>2</sup>
	0.2 x f <sub>cd</sub>			2,82 N/mm <sup>2</sup>
	v <sub>min</sub>			0,31 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	V <sub>rd,min</sub>			288,35 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b>V<sub>rd</sub></b>			<b>288,35 kN</b>
Verifica				<b>0,63</b> <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

13.8.1.3. Verifiche allo stato limite di esercizio**SEZIONE RETTANGOLARE - VERIFICHE IN ESERCIZIO****PARAMETRI VERIFICA FESSURAZIONE**

$k_t =$	0,40	(0,6 = azioni di breve durata; 0,4 = azioni di lunga durata)
$k_1 =$	0,80	(0,8=barre ad aderenza migliorata; 1,6= barre lisce e trefoli)
$k_3 =$	3,40	(valore raccomandato)
$k_4 =$	0,425	(valore raccomandato)

**CRITERI DI VERIFICA**Fessurazione

Condiz. Ambientali:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive
	<b>Aggressive</b>	
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili
	<b>Poco sensibile</b>	

Tensioni in esercizio

	Limite $\sigma_c / f_{ck}$	Limite $\sigma_s / f_{yk}$	$\sigma_{c,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
Combinazione Quasi Permanente	0,40	0,75	9,96	337,50
Caratteristica	0,55	0,75	13,70	337,50

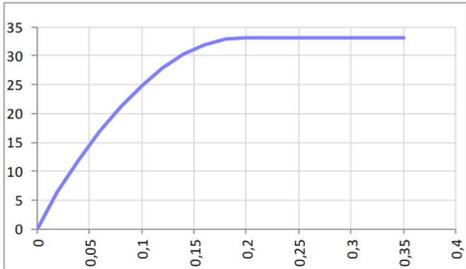
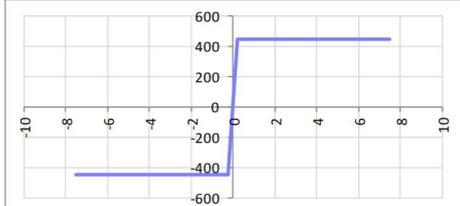
**SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione -- M+ tende le fibre inferiori)**Fessurazione

Combinazione	n. combinazione	frame/nodo	N [kN]	M [kNm]	$w_d$ [mm]	$w_{lim}$ [mm]	M0 - Mf [kNm]	
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	777,2	0,192	0,200	458,75	-

Tensioni in esercizio

Combinazione	n. combinazione	nodo	N [kN]	M [kNm]	$\sigma_{c,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,max}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\sigma_{s,min}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Quasi permanente	1_QP	-	0,0	557,6	-4,00	111,37	-47,66	Sezione parzializzata
Caratteristica	2_CAR	-	0,0	804,9	-5,78	160,77	-68,80	Sezione parzializzata

13.8.2. Piedritto

SEZIONE RETTANGOLARE				
<b>CARATTERISTICHE MATERIALI</b>				
<b>Calcestruzzo:</b>				
Classe	C32/40			
$R_{ck}$	40,00 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ck}$	33,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{cm}$	41,20 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,10 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.05}$	2,17 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctk,0.95}$	4,03 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{ctm}$	3,72 N/mm <sup>2</sup>			
$E_{cm}$	33642,78 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{c2}$	0,200 %			
$\epsilon_{c3}$	0,175 %			
$\epsilon_{c4}$	0,070 %			
$\epsilon_{cu}$	0,350 %			
n	2,000			
tipo cemento	N			
				
<b>Acciaio:</b>				
Classe	B450C			
Tipologia comportamentale	EL-PL			
$k = (f_t/f_y)_k$	1			
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>			
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>			
$E_s$	200000 N/mm <sup>2</sup>			
$\epsilon_{su}$	7,500 %			
				
<b>Coefficiente di omogeneizzazione:</b>				
n, breve termine	5,66 = $E_s/E_c$			
umidità relativa	75 %			
giorno app. carico	15 giorni			
periodo lungo termine	50 anni			
coefficiente di viscosità	1,93			
n, lungo termine =	10,91 = $E_s/E_{cm}$			
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=	955 mm			
<b>Armature:</b>				
Pos.	n° barre	∅ mm	y <sub>i</sub> mm	A <sub>s</sub> mm <sup>2</sup>
1	5	18	85	1272,345
2	5	26	866	2654,6458
3	5	26	814	2654,6458
4	5	18	766	1272,345
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	18	67	1272,345
inferiore	5	18	888	1272,345



13.8.2.2. Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

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

ACCIAIO	
Tipologia	B450C
Resistenza caratteristica allo snervamento	450 Mpa

COEFFICIENTI MATERIALE		
Coefficiente di sicurezza per il calcestruzzo	$\gamma_c$	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	955 mm			
Barre tese		numero barre	diametro barre [mm]	copriferi in asse barra [mm]	Area barre [mm <sup>2</sup> ]
strato1		5	26	89	2655
strato2		5	26	141	2655
strato3		0	0	0	0
strato4		0	0	0	0
strato5		0	0	0	0
Area barre tese	$A_s$	5309 mm <sup>2</sup>			
Posizione della barra equivalente	$c^*$	115 mm			

SOLLECITAZIONI		
Load Case		2_SLU_STR
Frame		-
Azione assiale (+ di compressione)	$N_{Ed}$	102,75 kN
Taglio	$V_{Ed}$	377,12 kN

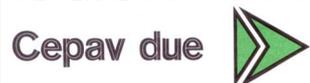
VERIFICA RESISTENZA SEZIONE SENZA ARMATURA A TAGLIO		
Altezza utile della sezione	d	840 mm
Coefficiente	k	1,49
Rapporto di armatura longitudinale	$\rho_l$	0,63%
Tensione assiale media	$\sigma_{cp}$	0,11 N/mm <sup>2</sup>
	$0.2 \times f_{cd}$	3,76 N/mm <sup>2</sup>
	$v_{min}$	0,37 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza al taglio minima	$V_{rd,min}$	321,02 kN
<b>Resistenza al taglio senza armatura</b>	<b><math>V_{rd}</math></b>	<b>427,25 kN</b>
Verifica		0,88 <i>Verifica soddisfatta</i>

Non è necessario prevedere armatura a taglio.

13.8.2.3. 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:	2	1- Ordinarie; 2- Aggressive; 3- Molto aggressive							
	<b>Aggressive</b>								
Armature:	2	1-Sensibili; 2-Poco sensibili							
	<b>Poco sensibile</b>								
<u>Tensioni in esercizio</u>									
	Limite	Limite	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{s,max}$					
<b>Combinazione</b>	$\sigma_c / f_{ck}$	$\sigma_s / f_{yk}$	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]					
Quasi Permanente	0,40	0,75	13,28	337,50					
Caratteristica	0,55	0,75	18,26	337,50					
<b>SOLLECITAZIONI SLE (N+ di compressione)</b>									
<u>Fessurazione</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	frame/nodo	N	M	w <sub>d</sub>	w <sub>lim</sub>	M0 - Mf		
			[kN]	[kNm]	[mm]	[mm]	[kNm]		
Caratteristica	2_CAR	-	102,8	682,9	0,193	0,200	514,74	-	
<u>Tensioni in esercizio</u>									
<b>Combinazione</b>	n. combinazione	nodo	N	M	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$		
			[kN]	[kNm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]		
Quasi permanente	1_QP	-	108,8	524,1	-4,41	109,99	-48,83	Sezione parzializzata	
Caratteristica	2_CAR	-	108,8	755,3	-6,31	161,99	-69,47	Sezione parzializzata	

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto  
INOR

Lotto  
12

Codifica Documento  
E E2 CL SLA9 C0 001

Rev.  
A

Foglio  
88 di 88

## 14. RIFERIMENTI

### 14.1. Documenti referenziati

Rif. [1] Cepav due, documento n° INOR 12 E E2 RB SL A9 00 001, intitolato "SLA9 – Sottopasso poderale pk 107+896.000 - RELAZIONE GEOTECNICA"

### 14.2. Documenti correlati

Non sono presenti documenti correlati.

### 14.3. Documenti superati

Non sono presenti documenti superati.