



Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

CUP F2602000340001 CIG 652449686B



GARA CA 08/15 - NUOVA SS 554 CAGLIARITANA

ADEGUAMENTO DELL'ASSE ATTREZZATO URBANO ED ELIMINAZIONE DELLE INTERSEZIONI A RASO DAL KM 1+500 AL KM 11+850



Pregio tecnico



Caratteristiche ambientali



Cantierizzazione e fasi di lavoro

OFFERTA TECNICA

ASSE STRADALE PRINCIPALE

PONTI

PONTE RIO SALIUS - km 5+422

Relazione di calcolo

CODICE PROGETTO			CODICE ELABORATO					SCALA	DATA	CODICE ELABORATO DI OFFERTA
progetto	liv.	numero	campo 1	campo 2	campo 3	campo 4	rev			
D P C A 0 6	D	1 5 0 1	T 0 0	P O 0 2	S T R	R E 0 1	C	-	07/12/2017	10.6

CONCORRENTE:



PROGETTISTA INDICATO COSTITUENDO R.T.P.

Capogruppo Mandataria R.T.P.



Mandante



Mandante

ING. FRANCESCA LEO

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE
FRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Paolo Cucino

RESPONSABILE ELABORATO

Ing. Paolo Cucino

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	Inquadramento generale dell'intervento	4
1.2	Oggetto specifico della relazione	5
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1	Normative di riferimento, raccomandazioni, linee guida	6
2.2	Elaborati	7
2.3	Bibliografia	7
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
3.1	Conglomerato cementizio	8
3.1.1	Pali	8
3.1.2	Elevazioni Spalle	8
3.1.3	Fondazioni (Platee Spalle)	8
3.1.4	Conglomerato cementizio per le travi prefabbricate	9
3.1.5	Conglomerato cementizio per traversi e soletta	9
3.2	Acciaio per barre di armatura	9
3.3	acciaio armonico per precompressione	9
3.4	Durabilità delle strutture in conglomerato cementizio armato	10
4	CARICHI DI PROGETTO DELL'IMPALCATO	11
4.1	Carichi permanenti strutturali	11
4.2	Carichi permanenti portati	11
4.3	Carichi variabili da traffico veicolare	11
4.3.1	Carichi verticali	11
4.3.2	Frenatura e avviamento	12
4.3.3	Azioni sui parapetti	12
4.4	Ritiro	12
4.5	Dilatazione termica	13
4.6	Vento	13
4.7	Azione Sismica	13
4.7.1	Classificazione dell'opera ai fini della valutazione dell'azione sismica	13

4.7.2	Parametri sismici di riferimento	13
4.8	Combinazione dei carichi.....	14
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO	17
6	STATICA GLOBALE DELL'IMPALCATO	17
6.1	Dati dimensionali	17
6.2	Precompressione.....	19
6.2.1	Armatura di precompressione	19
6.2.2	Caratteristiche di precompressione.....	19
6.3	Analisi dei carichi.....	20
6.3.1	Peso proprio (G1).....	20
6.3.2	Carichi permanenti (G2).....	20
6.3.3	Carichi mobili (QK1)	20
6.3.4	Incremento dinamico dei carichi mobili.....	21
6.3.5	Azione centrifuga.....	22
6.3.6	Azione sismica	22
6.3.7	Combinazioni di carico	22
6.4	Modellazione strutturale.....	23
6.4.1	Definizione del modello di calcolo	23
6.5	Risultati dell'analisi strutturale	23
6.5.1	Momento Flettente implacato SLU	23
6.5.2	Azione tagliante implacato SLU	23
6.6	Verifiche - Trave alveolare.....	24
6.6.1	S.L.U. (Combinazione fondamentale).....	24
6.6.2	Caratteristiche geometriche e resistenziali della sezione.....	24
7	SOLETTA FLOTTANTE	26
8	APPARECCHI DI APPOGGIO, GIUNTI DI DILATAZIONE.....	28
9	ANALISI STRUTTURALE DELLE SPALLE.....	30
9.1	Geometria delle spalle.....	30
9.2	Modello agli elementi finiti.....	32
9.3	Analisi dei carichi della spalla	34
9.3.1	Peso proprio delle strutture	34

9.3.2	Peso proprio terreno imbarcato.....	34
9.3.3	Spinte orizzontali dovute al terreno	34
9.3.4	Carico stradale accidentale	35
9.3.5	Caratterizzazione sismica	36
9.3.6	Spinta sismica inerziale delle strutture	36
9.3.7	Spinta sismica del terreno	36
9.3.8	Carichi sismici derivanti dall'impalcato	37
9.3.9	Carichi statici derivanti dall'impalcato.....	38
9.4	Combinazioni di carico.....	39
10	RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICA DELLE SPALLE	44
10.1	Risultati delle analisi	44
10.2	Verifiche di sicurezza.....	48
11	DESCRIZIONE DELLE OPERE SPECIALI.....	55
12	ANALISI DEI CARICHI	55
13	CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE.....	56
13.1	METODO DI CALCOLO	56
13.2	CAPACITA' PORTANTE PALI.....	57
14	VERIFICHE PALI	61
14.1	VERIFICA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE – SPALLE	61
14.2	VERIFICA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE – PILE	61
14.3	VERIFICA DELL'INSTABILITA' ELASTICA DEI PALI	61
14.4	VERIFICA STRUTTURALE E DEI CEDIMENTI DEI PALI	61
14.5	REPORT ELABORAZIONE DATI E RISULTATI.....	64
14.5.1	Pali per spalle e per pile.....	66

1 PREMESSA

1.1 Inquadramento generale dell'intervento

Nella presente relazione si riportano le verifiche strutturali delle strutture e sottostrutture dell'allargamento del ponte su Rio Salius al km.5+422 (di seguito PO-02) nell'ambito della nuova SS554 "Cagliaritano" adeguamento dell'asse attrezzato urbano ed eliminazione delle intersezioni a raso dal km 1+500 al km 11+850 per la progettazione definitiva. L'immagine riportata di seguito fornisce un inquadramento geografico dell'intervento con particolare riferimento allo oggetto specifico della relazione, il "PO-02".

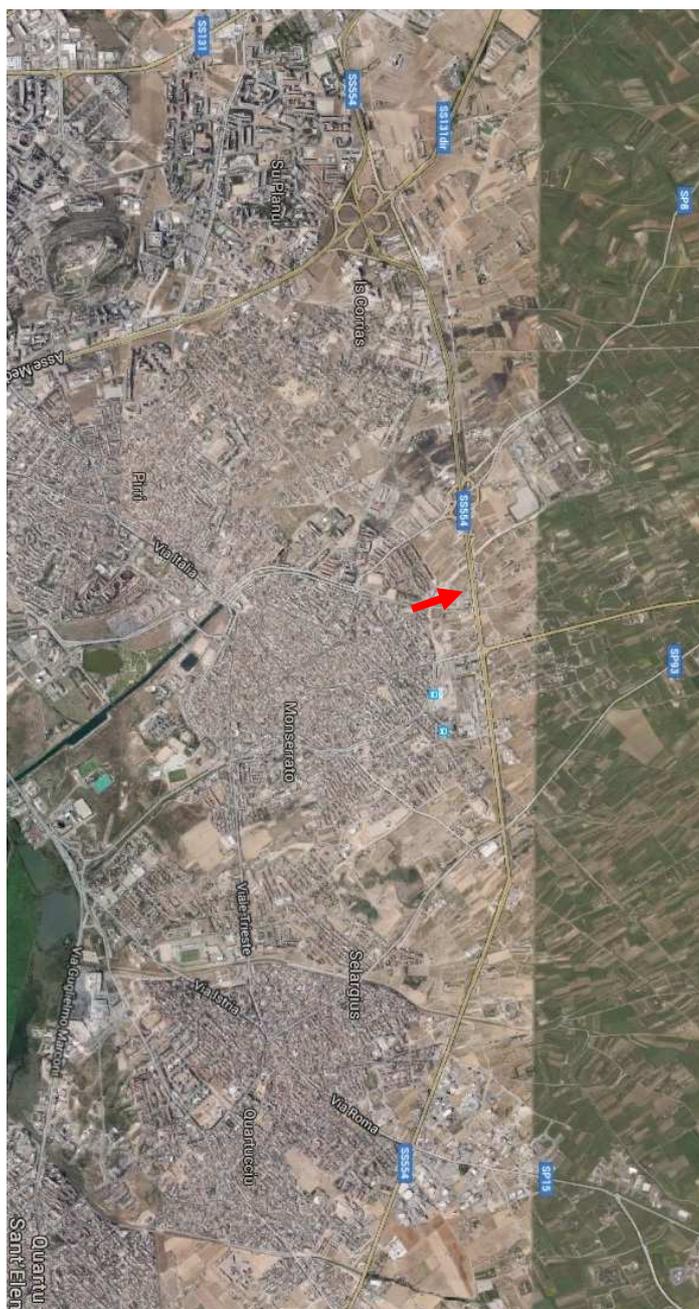


Figura 1 – Vista dell'area oggetto dell'intervento

1.2 Oggetto specifico della relazione

Oggetto della presente relazione sono le verifiche strutturali delle strutture e sottostrutture del "PO-02". Il documento si pone l'obiettivo di descrivere i criteri progettuali adottati e le verifiche svolte ai fini del dimensionamento strutturale dell'opera.

Di seguito il profilo e la pianta dell'opera.

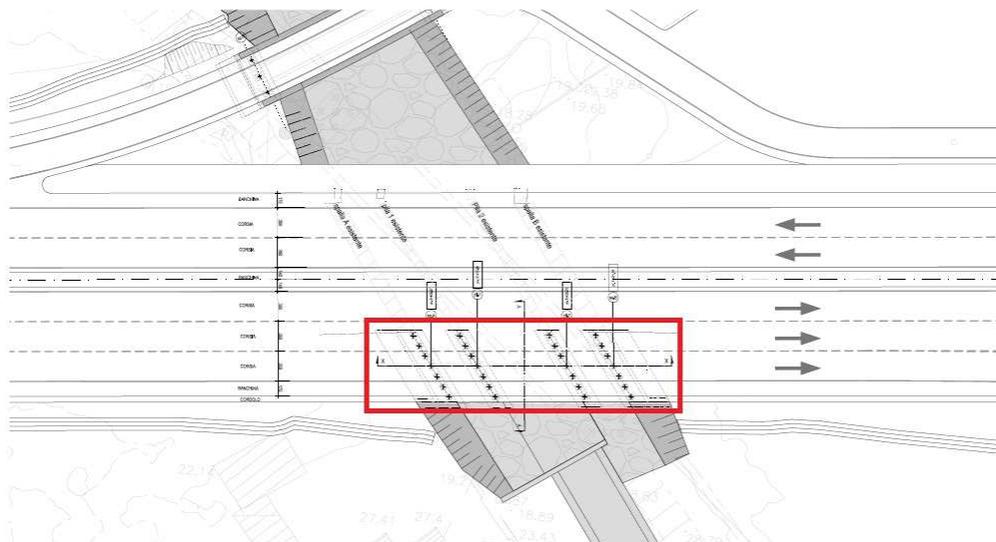


Figura 2: Planimetria intervento

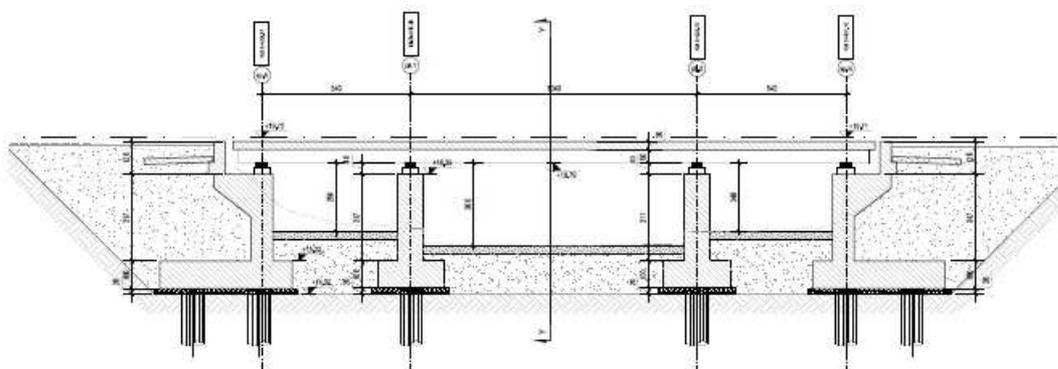


Figura 3: Sezione ponte

L'impalcato del ponte, che si configura come un allargamento dell'attuale sede stradale, presenta andamento pressoché rettilineo con una lunghezza complessiva di circa 21,20m suddivisa in 3 campate di lunghezza 5,40+10,40+5,40m. La scelta di realizzare una struttura su più campate invece che a campata unica è stata dettata dalla volontà di evitare disagi legati alla formazione di fessure parallele all'asse stradale legate alla differente deformabilità del manufatto adiacente. La sezione trasversale di larghezza 9.50m circa è composta da un unico impalcato con sezione stradale di larghezza pari a 8.80m.

La struttura portante dell'impalcato è costituita da un sistema di elementi alveolari precompressi dello spessore di 50cm con getto collaborante in opera dello spessore di 30cm

Le spalle sono costituite da una struttura unica in calcestruzzo armato di lunghezza pari a circa 9.10m e altezza 4.60 disposto inclinato rispetto all'ortogonale dell'asse stradale di circa 30° per seguire l'andamento del canale da superare. Sul lato esterno è prevista la realizzazione di un'ala di ritegno del terreno trasversale mentre sul lato opposto si prevede di realizzare la spalla in adiacenza all'esistente. La fondazione è realizzata tramite una platea di spessore 1.0m e dimensioni in pianta trapezia pari a 10.4x4.8m appoggiata su 8 pali di diametro 0.8m disposti ad interasse di 2.4x2.4m. Il fusto ha uno spessore di 0.8m e le ali di 0.4m

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Normative di riferimento, raccomandazioni, linee guida

Il calcolo viene condotto nel rispetto delle Normative Nazionali, provvedendo, dove necessario, ad integrare le informazioni in esse contenute con le indicazioni proposte negli Eurocodici e nelle più accreditate normative Internazionali:

- [1] LEGGE 5 novembre 1971, n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
 - [2] LEGGE 2 febbraio 1974, n.64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
 - [3] D.M. 14.01.2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni";
 - [4] Circolare 02.02.2009 n°617/C.S.LL.PP. "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- Ad integrazione delle indicazioni proposte dal D.M. 14.01.2008, dove necessario, si è ritenuto opportuno riferirsi ai documenti di seguito indicati:
- [5] C.N.R. – U.N.I. 10018 - 85: "Apparecchi di appoggio in gomma e PTEF nelle costruzioni Istruzioni per il calcolo e l'impiego."
 - [6] D. M. LL.PP. 04/05/1990: "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, la esecuzione e il collaudo dei ponti stradali."
 - [7] Circ. LL. PP. 25/02/1991: "Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali."
 - [8] D. M. LL. PP. 14/02/1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche."
 - [9] D.M.LL.PP.09/01/1996: "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento, normale e precompresso e per le strutture metalliche."
 - [10] Circ.LL.PP.15/10/1996: "Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento, normale e precompresso e per le strutture metalliche» di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996."
 - [11] D.M.LL.PP.14/01/2008: "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni"
 - [12] EN 1992-1-1: 2005 "Eurocodice 2: Progettazione delle strutture di calcestruzzo, Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici".
 - [13] EN 1997-1: 2005 "Eurocodice 7: Progettazione geotecnica, Parte 1: Regole generali".

[14] EN 1998-1: 2005 “Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica, Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”.

[15] EN 1998-5: 2005 “Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica, Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.

[16] UNI EN 206-1 “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”;

[17] UNI EN 11104: 03.2004 “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità, Istruzioni complementari per l’applicazione della EN 206-1”.

La caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni interessati dal tracciato sono state redatte in conformità a dette Norme, analogamente le verifiche geotecniche delle opere previste nel progetto.

Raccomandazioni e specifiche

- A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana – “Linee guida - aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” (2005);
- A.G.I. - Associazione Geotecnica Italiana – “Raccomandazioni sui Pali di Fondazione” (1984);
- A.I.C.A.P., AGI - Ancoraggi nei terreni e nelle rocce - raccomandazioni

2.2 Elaborati

Tutti gli elaborati grafici di progetto definitivo

2.3 Bibliografia

[18] Geotecnica, R. Lancellotta, ed. Zanichelli;

[19] Fondazioni, C. Viggiani, ed. Hevelius;

[20] Single piles and pile groups under lateral loading, L. C. Reese, A. A. Balkema Publishers.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali utilizzati nella costruzione dovranno essere oggetto di prove certificanti la rispondenza fra i valori di progetto delle resistenze adottate nel calcolo e le caratteristiche meccaniche dei prodotti posti in opera. In particolare valgono le indicazioni di seguito presentate.

3.1 Conglomerato cementizio

3.1.1 Pali

Nell'esecuzione delle opere di fondazione è previsto l'impiego dei seguenti materiali:

Pali trivellati di fondazione:

- Iniezione con classe di calcestruzzo min C25/30 tipo SCC
- Acciaio d'armatura B450C

$$f_{tk} = 5400 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yk} = 4500 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 3913 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Copriferro} \quad \text{min } 10 \text{ cm}$$

3.1.2 Elevazioni Spalle

Per le strutture di elevazione quali i muri delle spalle è stato previsto un calcestruzzo classe C35/45 il quale dovrà essere confezionato secondo i criteri proposti nel capitolato e dovrà garantire le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Resistenza caratteristica cubica di calcolo: $R_{ck} = 45 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica cilindrica a 28gg: $f_{ck} = 35 \text{ MPa}$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c = 19.8 \text{ MPa}$
- Resistenza media a trazione (Elementi Inflessi): $f_{ctm} = 3.21 \text{ MPa}$
- Modulo di elasticità istantaneo: $E_{cm} = 34077 \text{ MPa}$

3.1.3 Fondazioni (Platee Spalle)

Per le strutture di fondazione quali le platee delle spalle, la fondazione dell'arco e i plinti delle pile è stato previsto un calcestruzzo classe C25/30 il quale dovrà essere confezionato secondo i criteri proposti nel capitolato e dovrà garantire le seguenti caratteristiche meccaniche:

- Resistenza caratteristica cubica di calcolo: $R_{ck} = 30 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica cilindrica a 28gg: $f_{ck} = 25 \text{ MPa}$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c = 14.17 \text{ MPa}$
- Resistenza media a trazione (Elementi Inflessi): $f_{ctm} = 2.56 \text{ MPa}$
- Resistenza caratteristica a trazione: $f_{ctk} = 1.98 \text{ MPa}$
- Modulo di elasticità istantaneo: $E_{cm} = 31476 \text{ MPa}$

3.1.4 Conglomerato cementizio per le travi prefabbricate

• Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	\geq	550 Kg/cm ²
• Resistenza caratteristica cilindrica a compressione ($f_{ck} = 0,83 R_{ck}$)	f_{ck}	\geq	456,5 Kg/cm ²
• Resistenza media cilindrica a compressione ($f_{cm} = 80 + f_{ck}$)	f_{cm}	\geq	536,5 Kg/cm ²
• Resistenza media a trazione semplice (assiale) ($f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3}$)	f_{ctm}	\geq	- 38,32 Kg/cm ²
• Resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale) ($f_{ctk} = 0,70 f_{ctm}$)	f_{ctk}	\geq	- 26,82 Kg/cm ²
• Resistenza media a trazione per flessione ($f_{cfm} = 1,20 f_{ctm}$)	f_{cfm}	\geq	- 45,98 Kg/cm ²
• Resistenza caratteristica a trazione per flessione ($f_{ctk} = 0,70 f_{cfm}$)	f_{ctk}	\geq	- 32,19 Kg/cm ²
• Modulo di elasticità secante ($E_{cm} = 22\ 000 [0,1 f_{cm}]^{0,3}$)	E_{cm}	=	364 161 Kg/cm ²
• Deformazione ultima di contrazione	ϵ_{uk}	=	0,35 %
• Tensione limite di compressione di esercizio (Comb. Rara: $\sigma_c < 0,60 f_{ck}$)	$\sigma_{c,R}$	=	273,90 Kg/cm ²
• Tensione limite di compressione di esercizio (Comb. QP: $\sigma_c < 0,45 f_{ck}$)	$\sigma_{c,QP}$	=	205,43 Kg/cm ²

3.1.5 Conglomerato cementizio per traversi e soletta

• Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	\geq	350 Kg/cm ²
• Resistenza caratteristica cilindrica a compressione ($f_{ck} = 0,83 R_{ck}$)	f_{ck}	\geq	290,5 Kg/cm ²
• Resistenza media cilindrica a compressione ($f_{cm} = 80 + f_{ck}$)	f_{cm}	\geq	370,5 Kg/cm ²
• Resistenza media a trazione semplice (assiale) ($f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3}$)	f_{ctm}	\geq	- 28,35 Kg/cm ²
• Resistenza caratteristica a trazione semplice (assiale) ($f_{ctk} = 0,70 f_{ctm}$)	f_{ctk}	\geq	- 19,85 Kg/cm ²
• Resistenza media a trazione per flessione ($f_{cfm} = 1,20 f_{ctm}$)	f_{cfm}	\geq	- 34,02 Kg/cm ²
• Resistenza caratteristica a trazione per flessione ($f_{ctk} = 0,70 f_{cfm}$)	f_{ctk}	\geq	- 23,81 Kg/cm ²
• Modulo di elasticità secante ($E_{cm} = 22\ 000 [0,1 f_{cm}]^{0,3}$)	E_{cm}	=	325 881 Kg/cm ²
• Deformazione ultima di contrazione	ϵ_{uk}	=	0,35 %
• Tensione limite di compressione di esercizio (Comb. Rara: $\sigma_c < 0,60 f_{ck}$)	$\sigma_{c,R}$	=	174,30 Kg/cm ²
• Tensione limite di compressione di esercizio (Comb. QP: $\sigma_c < 0,45 f_{ck}$)	$\sigma_{c,QP}$	=	130,73 Kg/cm ²

3.2 Acciaio per barre di armatura

Nella strutture in c.a. dovranno essere poste barre nervate in acciaio B450C (secondo UNI EN 10080) controllato in stabilimento. Dovranno essere garantite la saldabilità e le caratteristiche meccaniche di seguito indicate:

- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} \geq 450$ MPa
- Resistenza di calcolo acciaio: $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 391,3$ MPa
- Modulo elastico: $E_a = 210\ 000$ MPa

3.3 acciaio armonico per precompressione

Trefoli tipo standard per pre-tensione ($A_t = 1,39$ cm²) a basso rilassamento (trefoli stabilizzati):

• Tensione caratteristica di rottura	f_{ptk}	\geq	18 600 Kg/cm ²
• Tensione all'1% di deformazione sotto carico	$f_{p(1)k}$	\geq	16 700 Kg/cm ²
• Modulo di elasticità	E_P	=	1 950 000 Kg/cm ²
• Deformazione ultima	ϵ_{uk}	=	3,50 %
• Rilassamento a 1000 ore	ρ_{1000}	\geq	2,50 %

- Tensione iniziale alla tesatura ($\min\{0,9 f_{p(1)k}; 0,8 f_{ptk}\}$) $\sigma_{pi} = 14\ 880\ \text{Kg/cm}^2$
- Tensione massima in esercizio ($0,8 f_{p(1)k}$) $\sigma_{pi} = 13\ 360\ \text{Kg/cm}^2$

3.4 Durabilità delle strutture in conglomerato cementizio armato

Per garantire la durabilità delle strutture di calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dagli attacchi chimico-fisici.

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.

La tabella seguente indica, con riferimento alle sottostrutture e alle fondazioni in oggetto, la vita nominale, la classe di esposizione (**Tabella 2**) e la classe di calcestruzzo, di ciascuna opera.

PONTI	VN [anni]	Classe d'uso	Classe esp.	Materiale	Copriferro [cm]
Elevazioni pile	100	IV	XF4	C35/45	6.0
Elevazioni spalle	100	IV	XF4	C35/45	6.0
Fondazioni spalle e pile	100	IV	XC2	C25/30	5.0

Tabella 1 – Dimensionamento del copriferro

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 2 – Descrizione delle condizioni ambientali (tab.4.1.III NTC2008)

I valori del copriferro sopra indicati sono maggiori rispetto ai valori minimi suggeriti in normativa (**Tabella 3**) poiché tengono conto sia della vita utile delle opere che delle tolleranze di posa delle armature.

Cmin	Co	Ambiente	C \geq Co	Cmin < C < Co
C28/35	C40/50	ordinario	20	25
C28/35	C40/50	aggressivo	30	35
C35/45	C45/55	molto aggressivo	40	45

Tabella 3 – Copriferri minimi in mm (tab.C4.1.IV NTC 2008)

Le verifiche di fessurazione dovranno garantire il soddisfacimento delle disuguaglianze di seguito riportate:

- Combinazione quasi permanente: $w_k \leq w_l = 0.2\ \text{mm}$.

Il dimensionamento degli elementi strutturali dell'opera viene eseguito definendo i seguenti parametri:

- Classe d'uso: Classe IV;
- Classe di resistenza delle travi prefabbricate in c.a.p. C45/55
- Classe di resistenza dei traversi e della soletta in c.a.v. C28/35
- Condizioni ambientali: Ordinarie;
- Classe di esposizione per travi prefabbricate in c.a.p.: XC3;
- Classe di esposizione per traversi e soletta: XC3.

4 CARICHI DI PROGETTO DELL'IMPALCATO

Si riportano di seguito i carichi di progetto dell'impalcato per la determinazione delle sollecitazioni sulle strutture dell'impalcato e degli scarichi sugli appoggi delle spalle.

Lo schema di vincolo prevede l'utilizzo di appoggi su pile e spalle che consentono spostamenti lenti longitudinali, mentre bloccano su entrambe le spalle gli spostamenti lenti trasversali: su entrambe le spalle sono installati apparecchi denominati shock transmitter che bloccano in caso di spostamenti istantanei gli spostamenti longitudinali.

4.1 Carichi permanenti strutturali

Il peso proprio della struttura è stato determinato sulla base dei pesi specifici relativi ai materiali impiegati. In particolare per l'acciaio si è assunto un valore pari a 7850 kg/m^3 mentre per il calcestruzzo armato si è assunto un valore pari a 2500 kg/m^3 .

4.2 Carichi permanenti portati

I sovraccarichi permanenti portati derivano da tutti gli elementi di finitura e completamento necessari a garantire le caratteristiche funzionali dell'opera. Si individuano i seguenti contributi:

- $G_{\text{Ringrossi}} = 1.12 \text{ kN/m}$
- $G_{\text{Guard-rail}} = 1.50 \text{ kN/m}$
- $G_{\text{veletta}} = 2 \text{ kN/m}$
- $G_{\text{Sottoservizi}} = 1.5 \text{ kN/m}$
- $G_{\text{Pavimentazione}} = 0.11 \text{ m} \times 22 \text{ kN/m}^3 = 2.42 \text{ kN/m}^2$

4.3 Carichi variabili da traffico veicolare

4.3.1 Carichi verticali

A vantaggio di sicurezza, viste le caratteristiche geometriche definite per la carreggiata, si considera la presenza di **3 corsie convenzionali** di larghezza $w_l = 3.00 \text{ m}$. I carichi considerati sono quelli definiti nel D.M. 14.01.2008 coerentemente alla classificazione dell'opera come **ponte di prima categoria**. Nello specifico, ai fini delle verifiche globali, lo schema di

carico di tipo 1 risulta essere dimensionante per l'opera in oggetto. La seguente immagine fornisce i dati necessari ad individuare il convoglio "tipo" utilizzato nel calcolo.

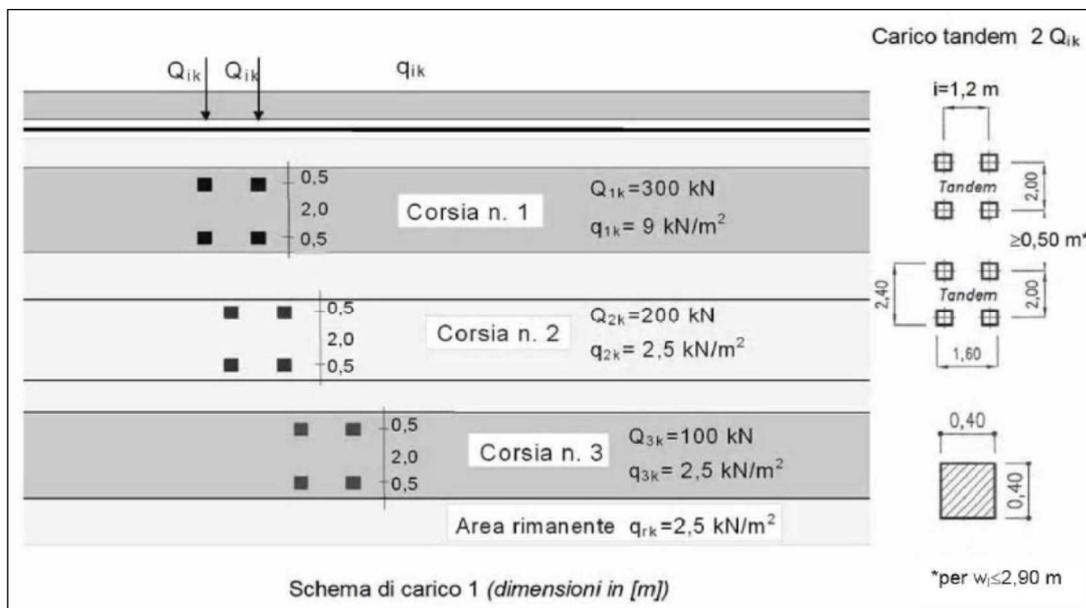


Figura 4 – Schema di carico 1 (D.M. 2008): definizione del convoglio di calcolo per ponti stradali di prima categoria

4.3.2 Frenatura e avviamento

La forza di frenatura ed avviamento, come prescritto dalla normativa di riferimento, è funzione del carico verticale totale agente sulla prima corsia convenzionale. Di conseguenza la risultante considerata nel calcolo risulta essere la seguente:

$$q_3 = 0,6 (2 Q_{1k}) + 0,10 q_{1k} w_1 L = 0,6 (2 \times 300) + 0,10 \times 9 \times 3 \times (20,5 \text{ m}) = 415,3 \text{ kN} \leq 900 \text{ kN} \rightarrow 415,3 \text{ kN}$$

La medesima si considera applicata all'estradosso della pavimentazione.

4.3.3 Azioni sui parapetti

Si tiene conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN. Essa deve essere considerata agente trasversalmente 100 mm sotto la sommità dell'elemento o 1,0 m sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo. La forza in oggetto si applica su una linea lunga 0,5m.

4.4 Ritiro

Il fenomeno del ritiro è stato valutato secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.6 del D.M. 14.01.2008, tramite il calcolo della $\epsilon_{cs,\infty}$, la quale risulta pari a $-378 \cdot 10^{-6}$.

4.5 Dilatazione termica

In ottemperanza alle prescrizioni normative (NTC08 sezione 5.2.2.5.2) si considerano i seguenti carichi termici:

- **Variazione termica uniforme:** $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$. Con la medesima (amplificata del 50 %) sono stati computati gli spostamenti associati a giunti di dilatazione e dispositivi di appoggio;
- **Variazione termica non uniforme:** gradiente di temperatura di 5°C fra estradosso ed intradosso di impalcato con verso da determinare caso per caso al fine di massimizzare le sollecitazioni. Il medesimo determina uno stato di coazione nella struttura.

4.6 Vento

L'azione del vento è stata considerata applicando a tutte le superfici potenzialmente investite una pressione normale di 1.80 kN/m^2 . L'area assunta a rappresentazione dei carichi transitanti, come richiesto dalla Normativa di riferimento, viene calcolata fissando una fascia di pertinenza di altezza pari a 3.00 m rispetto al livello definito dal piano viario. L'altezza dell'impalcato è pari a 3.0 m .

Sono di seguito riportati i calcoli delle azioni caratteristiche.

$$f_{\text{vento}} = 1.80 \times (1.2 + 3.0) = 7.56 \text{ kN/m}$$

Si è poi considerata la situazione di ponte scarico:

$$f_{\text{vento, ponte scarico}} = 1.80 \times (1.2) = 2.16 \text{ kN/m}$$

4.7 Azione Sismica

4.7.1 Classificazione dell'opera ai fini della valutazione dell'azione sismica

L'opera è classificata come **Tipo di costruzione 3** e si individua una **classe d'uso IV**. Pertanto i parametri che permettono di definire l'azione sismica di progetto sono i seguenti:

- Vita nominale: $VN = 100 \text{ anni}$
- Coefficiente d'uso: $CU = 2.0$
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: $VR = VN \times CU = 200 \text{ anni}$

4.7.2 Parametri sismici di riferimento

L'azione sismica di progetto si valuta con riferimento al sito individuando una **categoria C** di sottosuolo in classe topografica **T1**. Si riportano di seguito i parametri sismici di riferimento per i diversi stati limite previsti dalla norma.

Stato limite	Pvr(%)	Tr(anni)	Ag/g	Fo	Tc*(sec)
SLO	Default (81)	120	0.0333	2.757	0.31
SLD	Default (63)	201	0.0393	2.817	0.322
SLV	Default (10)	1898	0.0703	3.059	0.393
SLC	Default (5)	2475	0.0747	3.093	0.401

Tabella 4 – Parametri sismici di riferimento

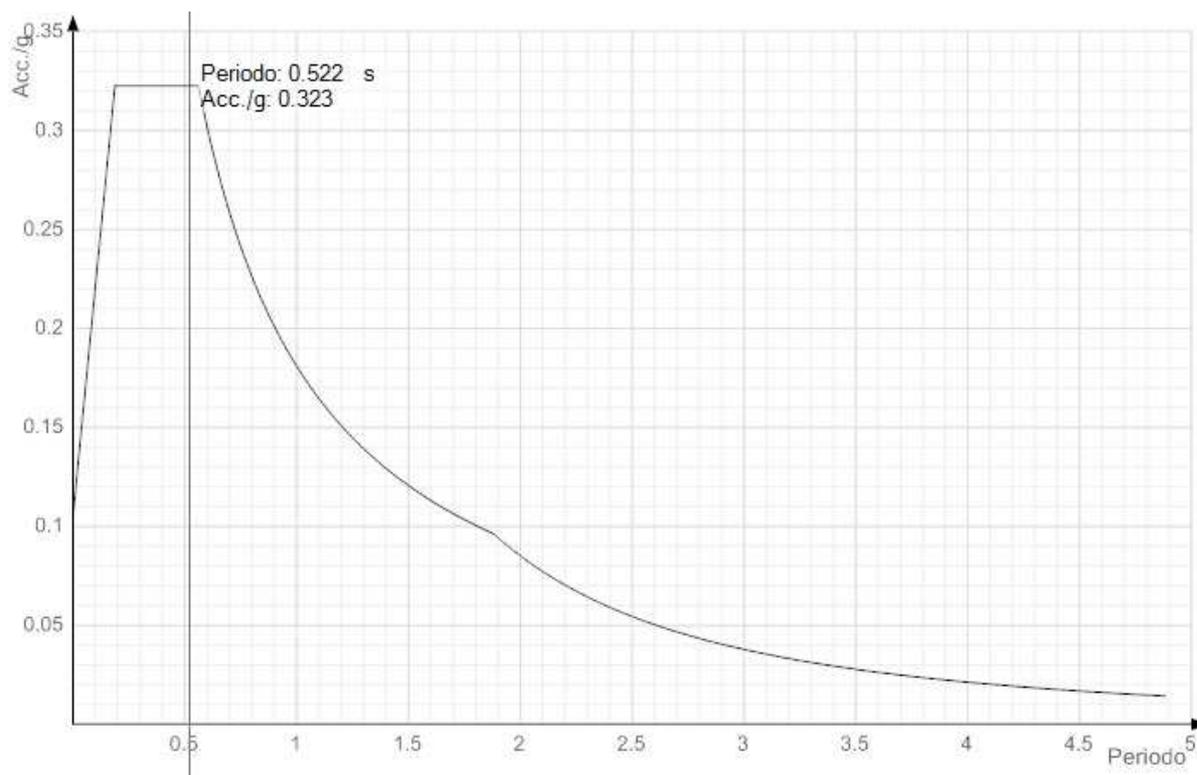


Figura 5 – Spettro di risposta allo SLV

4.8 Combinazione dei carichi

La determinazione dei valori delle sollecitazioni da utilizzare per l'esecuzione delle verifiche strutturali viene condotta facendo riferimento ai gruppi di azioni ed ai coefficienti di combinazione riportati nel D.M. 14.01.2008. La seguente tabella definisce i gruppi considerati:

<i>Carichi sulla carreggiata</i>						<i>Carichi su marciapiedi e piste ciclabili</i>
Carichi verticali				Carichi orizzontali		Carichi verticali
Gruppo di azioni	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione $2,5 \text{ kN/m}^2$
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				
(*) Ponti di 3 ^a categoria (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana) (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali						

Tabella 5 – Definizione dei gruppi di azioni per i carichi variabili da traffico

I gruppi 3, 4 e 5 sono relativi alle sole verifiche locali. Si osserva inoltre come i gruppi di tipo 2a e 2b non siano certamente significativi ai fini del calcolo dell'impalcato.

I coefficienti di combinazione da impiegare nella definizione delle azioni di progetto allo SLU e SLE sono riportati nelle seguenti tabelle:

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 6 – Coefficienti di fattorizzazione dei carichi allo SLU

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

Tabella 7 – Coefficienti di combinazione delle azioni

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

La seguente relazione di calcolo è stata eseguita in ottemperanza alle seguenti disposizioni legislative. Tenendo presente quanto scritto nella relazione geologica, i parametri caratteristici utilizzati per le verifiche sono i seguenti:

- Terreno

peso di volume	$\gamma =$	1900 kg/m ³
angolo d'attrito	$\phi =$	25°÷30°

- Marne di Gesturi fratturate: spessore medio 3÷4 m

peso di volume	$\gamma =$	2000 kg/m ³
angolo d'attrito	$\phi =$	37°

- Marne di Gesturi: base a profondità variabile

peso di volume	$\gamma =$	2100 kg/m ³
angolo d'attrito	$\phi =$	40°

Tali parametri dovranno essere verificati in fase di esecuzione per controllare la validità delle ipotesi fatte. Se durante gli scavi e/o perforazioni si riscontrassero sostanziali variazioni sulle caratteristiche del terreno sarà compito dell'impresa e del DLL valutare se le ipotesi di calcolo sono ancora valide ed intervenire di conseguenza.

6 STATICA GLOBALE DELL'IMPALCATO

6.1 Dati dimensionali

Si riportano di seguito i dati dimensionali dell'impalcato, utili ai fini dell'analisi strutturale (definizione del modello di calcolo e determinazione delle caratteristiche di sollecitazione) e delle verifiche degli elementi principali.

- Luce di calcolo (trave su 4 appoggi) $L_C = 21,20 \text{ m}$
- Larghezza totale dell'impalcato $B_T = 9,50 \text{ m}$
- Larghezza del cordolo sinistro $B_{CORD, SX} = 0,00 \text{ m}$
- Larghezza della carreggiata $B_{CARR, SX} = 8,80 \text{ m}$
- Larghezza del cordolo destro $B_{CORD, DX} = 0,70 \text{ m}$
- Altezza media del cordolo laterale SX $h_{CURB, SX} = 0,00 \text{ m}$
- Altezza media del cordolo laterale DX $h_{CURB, DX} = 0,150 \text{ m}$

- Numero delle travi $N_T = 7$

- Lunghezza della travi $L_T = 23,20 \text{ m}$
 - Altezza delle travi alveolari $H_T = 0,50 \text{ m}$
 - Larghezza delle travi alveolari $B_{T, \text{sup}} = 1,20 \text{ m}$
 - Aggetto sbalzo laterale dall'asse della trave $Y_{\text{lat}} = 1,20 \text{ m}$
 - Spessore medio della soletta $S_{\text{sol, med}} = 0,30 \text{ m}$
 - Altezza totale dell'impalcato $H_{\text{TOT}} = 0,80 \text{ m}$
-
- Numero dei traversi in campata $N_{\text{TRAVERSI}} = 0$

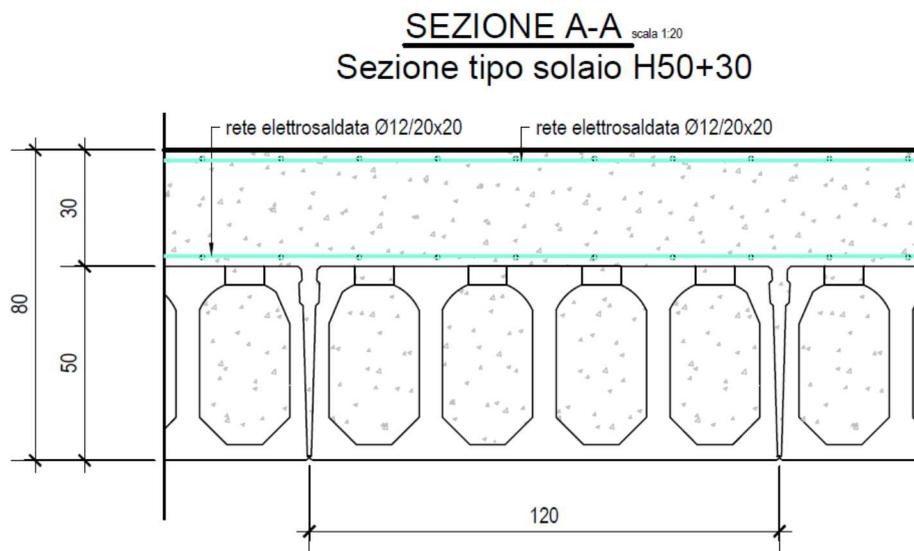


Figura 6 – Sezione trasversale all'appoggio

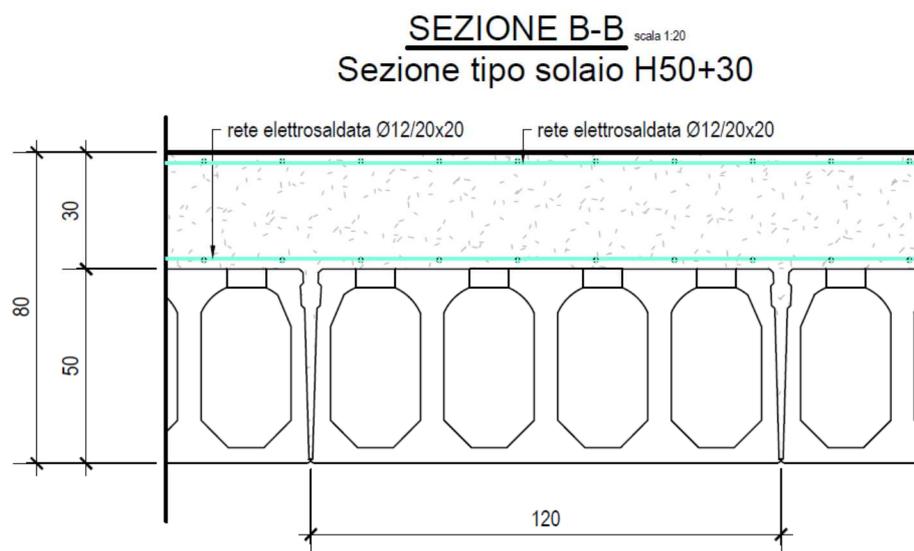


Figura 7 – Sezione trasversale in campata

6.2 Precompressione

6.2.1 Armatura di precompressione

Caratteristiche dei trefoli		Caratteristiche del cavo risultante			
				Unitaria	Totale
Diametro	0,6 "	Area totale di precompressione	$A_p = \Sigma A_i$	32,00 cmq/cmq	44,48 cmq
Tipo	standard	Momento statico del cavo risultante	$S_p = \Sigma S_i$	600,00 cmc/cmq	834,00 cmc
Area nominale	1,39 cmq	Momento d'inerzia del cavo risultante	$J_p = \Sigma J_i$	26352,00 cm ⁴ /cmq	36629,28 cm ⁴
f_{PTK}	19 000 Kg/cmq	Posizione del cavo risultante dall'intradosso della trave	$y_p = S_p/A_p$	18,75 cm	
$f_{P(I)K}$	17 000 Kg/cmq				

Maschera dei trefoli

Livello	Distanza	K
10	96,0	2
9	54,0	0
8	48,0	0
7	42,0	2
6	36,0	0
5	30,0	0
4	24,0	0
3	18,0	8
2	12,0	10
1	6,0	10

Numero totale di trefoli

No. 32 K

Neutralizzazioni

No. Guaine	Distanza	Lunghezza
0	15,0	0,00 m
0	15,0	0,00 m
0	15,0	0,00 m
0	10,0	0,00 m
0	10,0	0,00 m
4	10,0	1,50 m
0	5,0	0,00 m
4	5,0	2,50 m
4	5,0	4,00 m
2	5,0	6,00 m

6.2.2 Caratteristiche di precompressione

Tiro iniziale	(Pari al 75% di f_{PTK})		σ_{sp0}	14 250 Kg/cmq
Cadute di tensione	Rilassamento	Quota percentuale a 1000 ore	$\delta\sigma_{R, 1000}$	(2,2%)
		Quota percentuale a 5000 ore	$\delta\sigma_{R, 5000}$	(2,8%)
		Valore di progetto	$\delta\sigma_R$	(4,6%) - 656 Kg/cmq
	Viscosità	Valore convenzionale	$\delta\sigma_F$	(2,3 x 3 x σ_{CLS})
	Ritiro	Valore convenzionale	$\delta\sigma_S$	(3 x 10 ⁻⁴ x E_s) - 600 Kg/cmq
Perdite istantanee	Rilassamento	(Si stima il 20% del valore totale att)	$\delta\sigma_{R, I}$	- 131 Kg/cmq
	Ritiro	(Si stima il 10% del valore totale att)	$\delta\sigma_{S, I}$	- 60 Kg/cmq
	Rilassamento + Ritiro			- 191 Kg/cmq
Tensione iniziale	[Tiro iniziale - (20% Rilassamento + 10% Ritiro)]		σ_{spi}	14 059 Kg/cmq
Perdite a tempo ∞	Rilassamento	(Valore residuo - 80%)	$\delta\sigma_{R, RES}$	- 524 Kg/cmq
	Ritiro	(Valore residuo - 90%)	$\delta\sigma_{S, RES}$	- 540 Kg/cmq

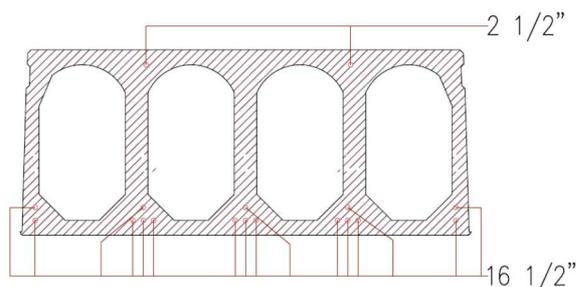


Figura 8 – Armatura di precompressione

6.3 Analisi dei carichi

6.3.1 Peso proprio (G1)

Il peso proprio strutturale è valutato considerando un'incidenza del calcestruzzo di $2,500 \text{ t/m}^3$. Il criterio con cui tale peso è applicato sul modello di calcolo viene esposto in § 4.4.2.1

6.3.2 Carichi permanenti (G2)

Si considerano i seguenti carichi agenti sull'impalcato:

▶ Peso della pavimentazione	$p_{\text{pav}} =$	$0,200 \text{ t/m}^2 \times (8,80 \text{ m})$	$= 1,760 \text{ t/m}$
▶ Peso del cordolo sinistro	$p_{\text{CORD, SX}} =$	$2,500 \text{ t/m}^3 \times 0,70 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$	$= 0,26 \text{ t/m}$
▶ Carico sul cordolo sinistro	$p_{\text{GR, SX}}$		$= 0,150 \text{ t/m}$

6.3.3 Carichi mobili (QK1)

In conformità con la definizione di schema di carico riportato in **Fig. 5.1.2** del § 5.1.3.3.5 di [8], si considerano delle colonne di carico, la prima delle quali è costituita da un mezzo convenzionale Q_{ik} da 60 t (carico equamente ripartito su 2 assi distanziati in direzione longitudinale $1,20 \text{ m}$, come indicato in figura) e da un carico uniformemente distribuito q_{ik} , di intensità pari a $0,9 \text{ t/m}^2$

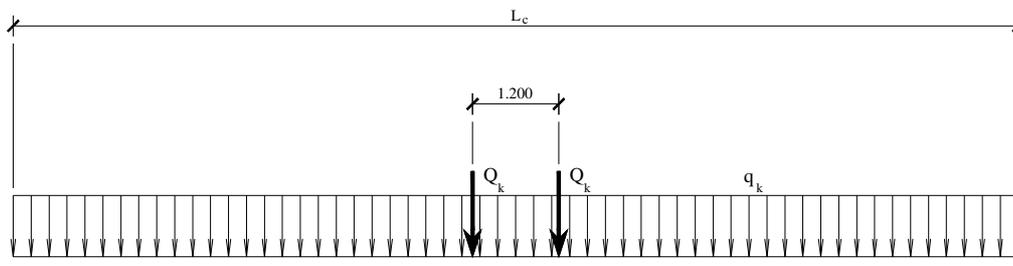


Figura 9 – Schema generale della disposizione longitudinale di carico

L'intensità degli stessi carichi diventa pari:

$$Q_k = 40 \text{ t e } q_k = 0,25 \text{ t/m}^2;$$

$$Q_k = 20 \text{ t e } q_k = 0,25 \text{ t/m}^2;$$

rispettivamente per la seconda e l'eventuale terza colonna di carico. Tali azioni vengono posizionate in direzione longitudinale secondo le configurazioni atte a massimizzare gli effetti in termini di sollecitazioni flessionali e taglianti nelle travi dell'impalcato in corrispondenza delle sezioni di verifica intermedie.

Come mostrato nelle figure seguenti, ai fini delle verifiche globali dell'impalcato, l'ingombro trasversale di un mezzo convenzionale imposto da [8] è di 2,00 m e, complessivamente, ciascuna colonna occupa 3,00 m. Lo schema indicato sotto è dedotto dalle prescrizioni riportate in **Fig. 5.1.1** di § 5.1.3.3.2 di [8].

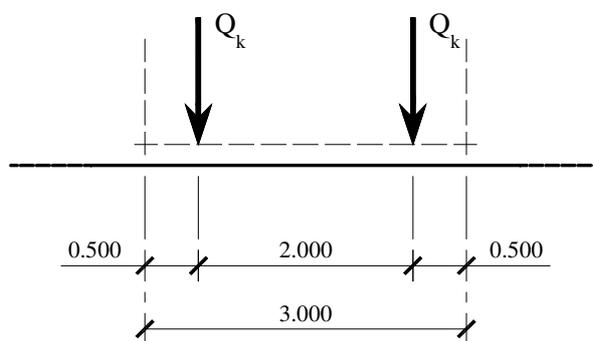


Figura 10 – Ingombro trasversale del mezzo convenzionale

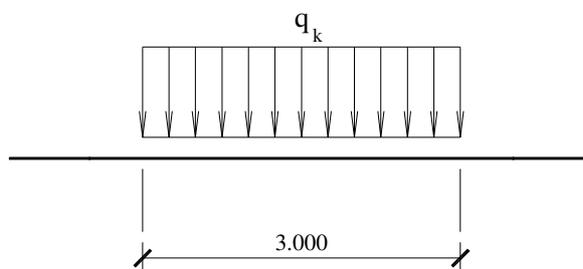


Figura 11 – Ingombro trasversale della stesa di carico

Pertanto a fronte di una larghezza complessiva della carreggiata pari a

$$B_{c, sx} = 9,50 \text{ m} - (1 \times 0,70 \text{ m}) = 8,80 \text{ m}$$

ottenuta decurtando la larghezza dell'impalcato dai cordoli laterali e dell'ingombro delle barriere *guard-rail*, si potranno introdurre al più 2 stese di carico.

6.3.4 Incremento dinamico dei carichi mobili

In accordo con le disposizioni riportate in [8], i carichi mobili includono gli effetti dinamici per pavimentazioni di media rugosità. Pertanto non si ritiene necessaria l'introduzione di ulteriori coefficienti dinamici addizionali.

6.3.5 Azione centrifuga

La campata del ponte è localizzata su un tratto il cui tracciato stradale segue un andamento rettilineo. E' pertanto nulla l'azione centrifuga.

6.3.6 Azione sismica

Gli effetti sismici sull'impalcato sono valutati adottando il metodo di calcolo pseudo-statico, definendo una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un coefficiente sismico, legato all'accelerazione di picco. Tuttavia l'intensità di tali azioni verticali è di entità trascurabile rispetto alle azioni indotte dai carichi accidentali in esercizio, nelle combinazioni di carico sotto introdotte. Pertanto le verifiche dell'impalcato saranno automaticamente soddisfatte.

6.3.7 Combinazioni di carico

Si definiscono nella presente sezione le combinazioni di carico, in accordo alle prescrizioni riportate in §2.5.3 di [8], utili per le verifiche degli elementi strutturali nei confronti degli SLU e SLE.

▶ Combinazione Fondamentale	[S.L.U.]	$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_{E1}P + \gamma_{E2}CS + \psi_{Q1}Q_{K1};$
▶ Combinazione Caratteristica	[S.L.E. – irreversibili]	$G_1 + G_2 + P + CS + Q_{K1};$
▶ Combinazione Frequente	[S.L.E. – reversibili (fessurazione)]	$G_1 + G_2 + P + CS + \psi_{1,1}Q_{K1};$

Nelle precedenti espressioni i coefficienti di combinazione, come indicato in § 5.1.3.12 di [8], sono definiti come segue:

$$\gamma_{G1} = 1,35; \quad \gamma_{G2} = 1,50;$$

$$\gamma_{E1} = 1,00; \quad \gamma_{E2} = 1,20;$$

$$\gamma_{Q1} = 1,35;$$

$$\psi_{11} = 0,75 \text{ (Carichi concentrati);}$$

$$\psi_{11} = 0,40 \text{ (Carichi distribuiti);}$$

$$\psi_{11} = 0,75 \text{ (Folla);}$$

6.4 Modellazione strutturale

6.4.1 Definizione del modello di calcolo

Il calcolo delle sollecitazioni agenti nella struttura d'impalcato viene effettuato per mezzo di una **modellazione FEM 3D** condotta impiegando il software Straus7 (release 2.4.6).

Le travi in alveolare sono state modellate impiegando elementi finiti di tipo "beam" e considerando l'effetto composto con la soletta da 30 cm..

Tale approccio consente di riprodurre in maniera attendibile il comportamento del sistema. In particolare valgono le seguenti considerazioni:

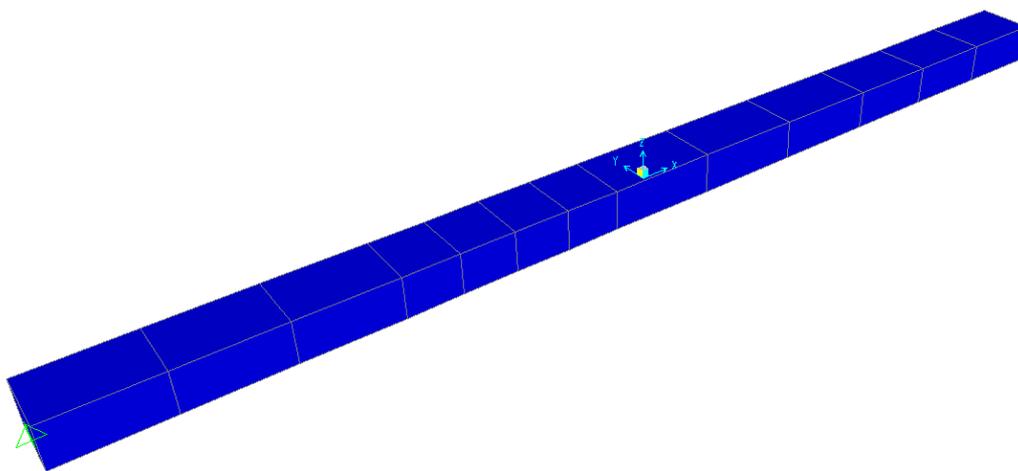


Figura 12 – Modello FEM 3D: vista d'insieme da sopra.

6.5 Risultati dell'analisi strutturale

Di seguito si riportano i risultati delle analisi in termini di azioni interne nelle membrature maggiormente sollecitate.

6.5.1 Momento Flettente impalcato SLU

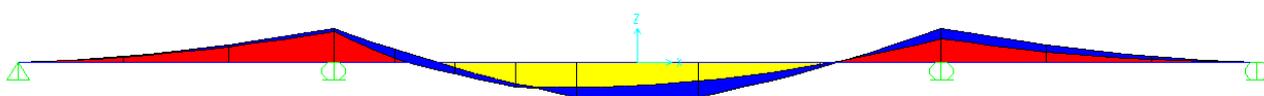


Figura 13 – Modello FEM 3D: momento flettente impalcato

6.5.2 Azione tagliante impalcato SLU

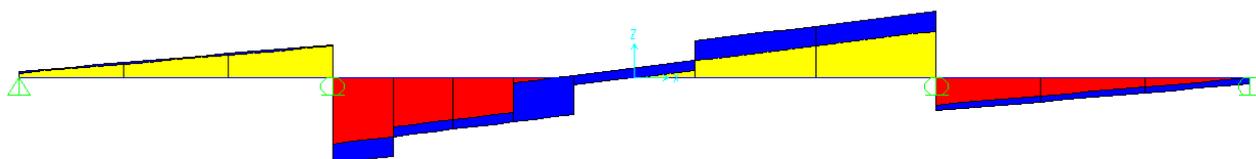


Figura 14 – Modello FEM 3D: azione tagliante impalcato.

6.6 Verifiche - Trave alveolare

6.6.1 S.L.U. (Combinazione fondamentale)

La verifica viene svolta nella sola sezione di mezzeria della campata più lunga. Pertanto risultano automaticamente verificate tutte le altre sezioni. Si procederà a eseguire la verifica su un elemento equivalente a doppio T come elemento resistente. Ogni lastra alveolare è costituita dalla presenza di 4 elementi equivalenti, quindi ogni elemento avrà una larghezza di influenza di circa 30 cm.

Le azioni sollecitanti ogni trave alveolare di larghezza 1,2m ottenute dal calcolo sono:

$$\begin{aligned} \text{Msd+} &= 772 \text{ kNm} & \text{Msd+}/\text{elemento equivalente a doppio T} &= 772 / 4 = 193 \text{ kNm} \\ \text{Msd-} &= 734 \text{ kNm} & \text{Msd-}/\text{elemento equivalente a doppio T} &= 734 / 4 = 183 \text{ kNm} \\ \text{Vsd} &= 595 \text{ kN} \end{aligned}$$

6.6.2 Caratteristiche geometriche e resistenziali della sezione

TITOLO: Verifica a flessione

N° Vertici: 12 Zoom N° barre: 2 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
5	15	45
6	15	80
7	-15	80
8	-15	45
9	-5	35
10	-5	15

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

Materiali

B450C C35/45

ε_{su} 67.5 % ε_{c2} 2 %
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 %
E_s 200 000 N/mm² f_{cd} 19.83 %
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 % σ_{c,adm} 13.5 %
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.8
τ_{c1} 2.257

M_{xRd} 440.4 kNm

σ_c -19.83 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 %
ε_s 3.677 %
d 72.5 cm
x 12.19 x/d 0.1682
δ 0.7

Tipo Sezione: Rettan.re Trazezi
a T a T Circolare
Rettangoli Coord.

Armatura Precompressione: N° cavi 1 Zoom

N°	As [cm ²]	x [cm]	y [cm]	σ _{sc} [MPa]
1	4.17	0	7.5	7.5

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

Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

σ 0 cm Col. modello

Precompresso

ε_{su} 67.5 %
f_{yd} 1 409 N/mm²
E_s/E_c 6
ε_{syd} 7.045 %
σ_{s,adm} 1 080 N/mm²

σ_{sp} 1 409 N/mm²
ε_{sp} 17.35 % compressa predef.

L'elemento risulta quindi ampiamente verificato a flessione.

Per la verifica a taglio si evidenzia che in prossimità degli appoggi è stato predisposto il riempimento degli alveoli, in modo da ottenere una sezione compatta. Questo si rende necessario in quanto, essendo l'alveolare privo di armatura a taglio la resistenza tagliante può essere univocamente affidata al solo calcestruzzo. Si procederà quindi alla verifica di una sezione piena rettangolare di base 1200mm x altezza 800 mm

Sollecitazioni								
$V_{Sd} =$	595,0	595	[kN]					
Materiali								
Caratteristiche cls			Caratteristiche acciaio					
$R_{ck} =$	50	[MPa]	$f_{yk} =$	450	[MPa]			
$f_{ck} =$	41,5	[MPa]	$f_{tk} =$	450	[MPa]			
$\gamma_c =$	1,5		$\gamma_s =$	1,15				
$f_{cd} =$	23,52	[MPa]	$f_{ywd} =$	391,3	[MPa]			
Geometria sezione								
$h =$	80	[cm]	Armatura longitudinale		Armatura trasversale			
$b_w =$	120	[cm]	$n_b =$	10	$n_{tracci} =$	2		
$d =$	75	[cm]	$\phi_b =$	12	[mm]	$\phi_{staffe} =$	10	[mm]
$c =$	5	[cm]	$A_s =$	1131,0	[mm ²]	$s_1 =$	50	[cm]
						$s_1 =$	110	[mm]
						$A_{sw} =$	157,1	[mm ²]
Resistenza a taglio								
Resistenza a taglio per elementi che non richiedono armatura a taglio			Resistenza a taglio per elementi che richiedono armatura a taglio					
$C_{Rd,c} =$	0,12	[kN]	$V_{Rsd} =$	207,4	[kN]			
$k =$	1,516		$V_{Rcd} =$	3284,2	[kN]			
$\rho_1 =$	0,00126	(rapporto armatura tesa)	$\alpha =$	90	[°]			
$k_1 =$	0,15		$\cot(\alpha) =$	0,0				
$\alpha_{cp} =$	2,35	[MPa]	$\theta =$	21,80	[°]			
$V_{Rd,c,min} =$	696,4	[kN]	$\cot(\theta) =$	2,5				
$V_{min} =$	0,421		$\alpha_{cp} =$	0,00	[MPa]			
$V_{Rd,c} =$	696,4	[kN]	$\alpha_c =$	1,000				
			$f'_{cd} =$	11,76	[MPa]			
			$\cot(\theta_{lim}) =$	10,7				
			$\theta_{lim} =$	5,4	[°]			
Resistenza a taglio E' sufficiente l'armatura minima			$V_{Rd} =$	207,4	[kN]			
$V_{Rd} =$	696,4	[kN]						
					$V_{Sd}/V_{Rd} =$	85%		

S.L.E. (Combinazione rara) – Verifica a deformazione

Nella presente sezione della relazione di calcolo viene valutata la deformazione della campata più lunga. Dal modello numerico si ottiene una deformata massima complessiva agli SLE pari a 3,6 mm.

Questo vuol dire che considerando una luce di calcolo di 10,40 m si ottiene un rapporto L/f pari estremamente inferiore ad un limite ipotizzato di 1/1000, che è l'obiettivo che ci è prefissati per ottenere una struttura sufficientemente rigida da affiancare al ponte esistente.



Figura 15 – Modello FEM 3D: deformata massima agli SLE.

7 SOLETTA FLOTTANTE

La soletta flottante ha uno sviluppo longitudinale di 5 m e si modella per mezzo di elementi beam di sezione 25x100 cm² in calcestruzzo C32/40.

L'appoggio sul paraghiaia si implementa come vincolo a terra fisso, mentre l'interazione con il terreno si simula per mezzo di molle alla Winkler lineari di rigidezza $K = 10000 \text{ kN/m}^3$.

Si considerano i carichi:

- **G1 peso proprio:** $q_{G1} = 25 \cdot 0.25 = 6.25 \text{ kN/m}$;
- **G2 pavimentazione:** $q_{pav} = 2.20 \text{ kN/m}$;
- **G2 terreno:** $q_{terr} = 2.00 \div 15.20 \text{ kN/m}$;
- **Q traffico:** $q_{traff} = 60.00 \text{ kN/m}$.

Di seguito si riportano le verifiche nella sezione maggiormente sollecitata.

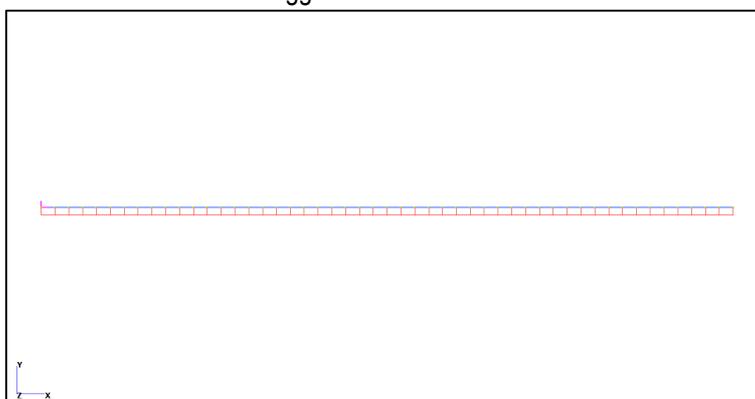


Figura 16 – Soletta flottante: modello FEM

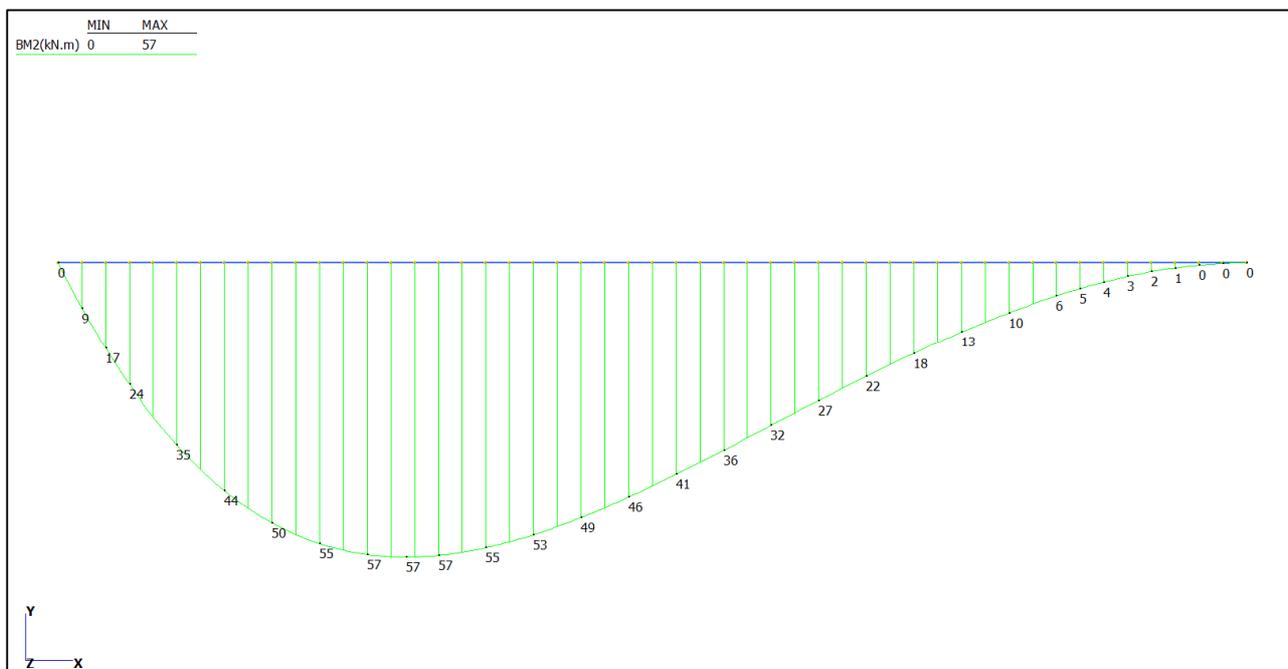
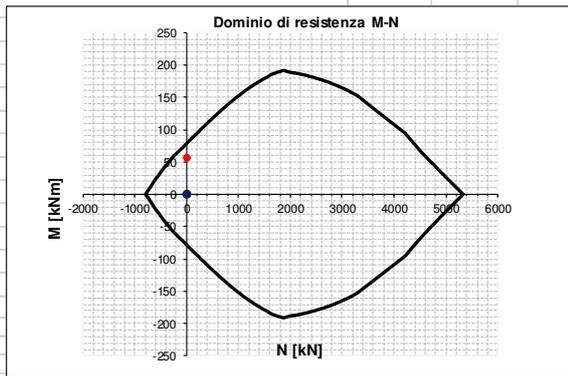


Figura 17 – SLU: momento flettente

Soletta flottante

INPUT				OUTPUT			
SOLLECITAZIONI DI VERIFICA				VERIFICHE IN ESERCIZIO			
Combinazione	N_{sd} [kN]	M_{sd} [kNm]	V_{sd} [kN]	Verifica Tensionale			σ limit
SLE Quasi Permanente	0.0	6.0	-	Calcestruzzo SLE Quasi Permanente	σ _c [Mpa] =	1.04	14.400
SLE Frequente	0.0	33.0	-	Calcestruzzo SLE Rara	σ _c [Mpa] =	7.47	19.200
SLE Rara	0.0	43.0	-	Acciaio SLE Rara	σ _s [Mpa] =	245.38	360.000
SLU	0.0	57.0	93.0				
SLV	0.0	0.0	0.0				
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE IN C.A.				VERIFICA DI RESISTENZA A TAGLIO			
Geometria della sezione				Sollecitazioni di progetto			
Base (ortogonale al Taglio)		B [cm]	100	Taglio sollecitante = max Taglio(SLU,SLV)	V _{sd} [kN]		93.0
Altezza (parallela al Taglio)		H [cm]	25	Sforzo Normale concomitante al massimo taglio	N _{sd} [kN]		0.0
Altezza utile della sezione		d [cm]	20				
Area di calcestruzzo		A _c [cm ²]	2500				
Armatura longitudinale tesa				Verifica di resistenza in assenza di armatura specifica			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	Resistenza di progetto senza armatura specifica	V _{Rd1} [kN]	119.95
Número Barre	n	5	0	0	Coefficiente di sicurezza	V _{Rd1} /V _{sd}	1.29
Diametro	φ [mm]	16	0	0			
Posizione dal lembo esterno	c [cm]	5.3	0.0	0.0			
Area strato	A _s [cm ²]	10.05	0.00	0.00			
Rapporto di armatura	ρ [%]	0.510%					
Armatura longitudinale compressa				Verifica di resistenza dell'armatura specifica			
		1° STRATO	2° STRATO	3° STRATO	CoTan(θ) di progetto	cotan(θ)	2.5
Número Barre	n	5	0	0	Resistenza a taglio delle bielle compresse in cls	V _{Rd2} (θ) [kN]	-
Diametro	φ [mm]	16	0	0	Resistenza a taglio dell'armatura	V _{Rd3} (θ) [kN]	-
Posizione dal lembo esterno	c' [cm]	5.3	0.0	0.0	Resistenza a taglio di progetto	V _{Rd} [kN]	-
Area strato	A _s ' [cm ²]	10.05	0.00	0.00	Coefficiente di sicurezza	V _{Rd} /V _{sd}	-
Rapporto di armatura	ρ' [%]	0.510%					
Armatura trasversale				VERIFICA DI RESISTENZA A PRESSO-FLESSIONE			
		1° TIPO	2° TIPO	3° TIPO	Sollecitazioni di progetto		SLU
Diametro	φ [mm]	0	0	0	Momento sollecitante	M _{sd} [kNm]	57.0
Número bracci	n _{bi}	2.5	0	0	Sforzo Normale concomitante	N _{sd} [kN]	0.0
Passo	s _w [cm]	40	0	0			
Inclinazione	α [deg]	90	90	90			
Area armatura a metro	A _{sw} /s _w [cm ² /m]	0.00	0.00	0.00			
CARATTERISTICHE REOLOGICHE DEI MATERIALI				Verifica di resistenza in termini di momento			
Concrete				SLU			
Resistenza cubica a compressione		RCK	40	Momento resistente	M _{Rd} [kNm]	78.3	78.3
Resistenza cilindrica caratteristica a compressione	f _{ck} [Mpa]		32.00	Coefficiente di sicurezza	M _{Rd} /M _{sd}	1.37	#DIV/0!
Resistenza cilindrica media a compressione	f _{cm} [Mpa]		40.00				
Resistenza media a trazione per flessione	f _{ctm} [Mpa]		3.02				
Resistenza caratteristica a trazione per flessione	f _{ctk} [Mpa]		2.12				
Resistenza di progetto a compressione	f _{cd} [Mpa]		18.13				
Resistenza di progetto delle bielle compresse	f _{cd} ' [Mpa]		9.49				
Acciaio				Verifica di resistenza in termini di sforzo normale			
Resistenza di progetto a snervamento	f _{yd} [Mpa]		391.30	Sforzo normale resistente	N _{Rd} [kN]	-	-
				Coefficiente di sicurezza	N _{Rd} /N _{sd}	-	-



8 APPARECCHI DI APPOGGIO, GIUNTI DI DILATAZIONE

Di seguito si riporta la pianta dei citati dispositivi congiuntamente alle tabelle riportanti:

- Le specifiche tecniche;
- Le azioni di progetto allo stato limite ultimo SLU e allo stato limite di salvaguardia della vita SLV;
- Gli spostamenti nominali computati considerando il contributo delle deformazioni termiche e da ritiro. Si precisa come le deformazioni termiche uniformi $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$ siano state amplificate del 50% in osservanza di quanto prescritto nelle NTC08 alla sezione 5.2.2.5.2.

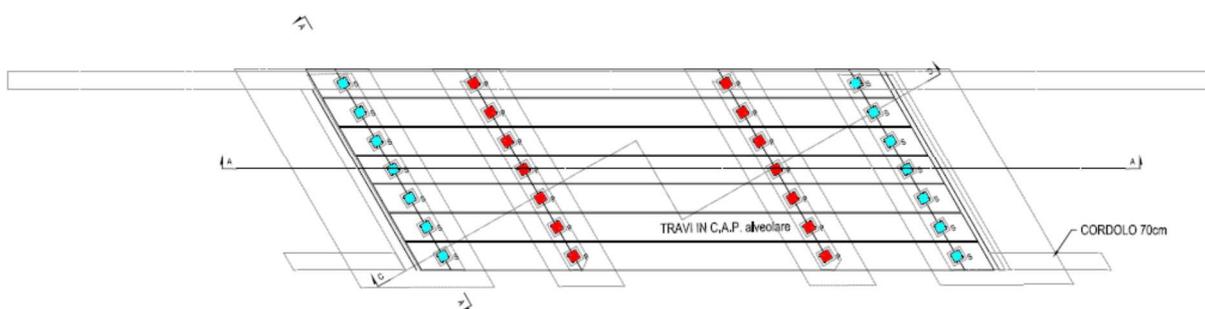


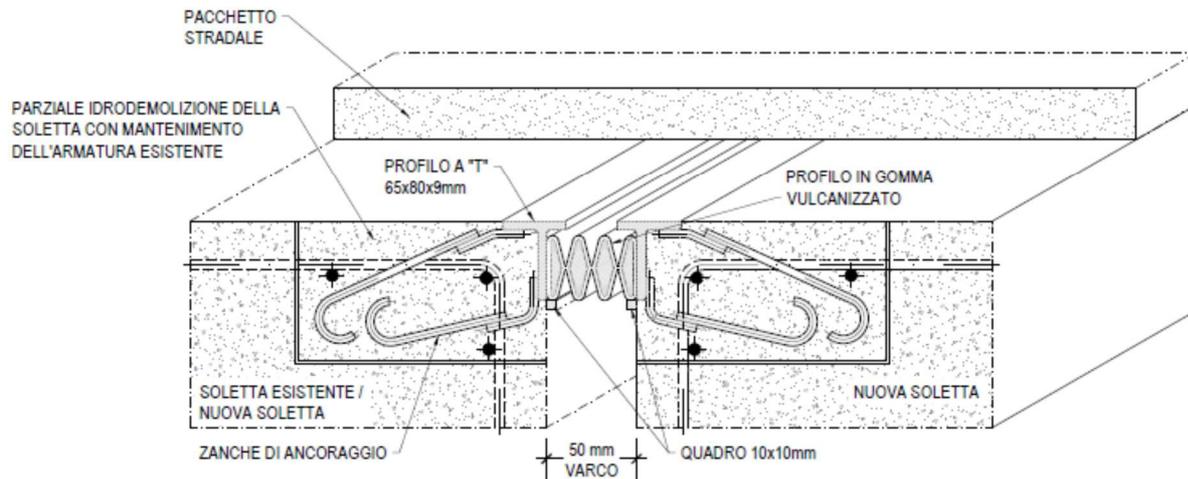
Figura 18 – Pianta appoggi e giunti.

TYPE	EF 100-5	EF 125-7	
Fzd	1000	1250	[kN]
Fxy	50	70	[kN]
ved	19,4	20,4	[mm]
Ko	2,57	3,43	[kN/mm]
Kv	689	1114	[kN/mm]
n	3	3	[n]
ti	7	7	[mm]
ts	2	2	[n]
ts	2	2	[mm]
a x b	200x300	200x400	[mm]
XxY	220x390	220x490	[mm]
Fpe	55	55	[mm]
hp	15	15	[mm]
nzan			
n	2	2	
tpo	1	1	[mm]
i	345	445	[mm]
Htot	55	55	[mm]
W	21	27	[kg]

TABELLA CARICHI APPOGGI	■ P	● S
Nv,SLU =	616 kN	350 kN
NL,SLU =	22 kN	22 kN
NT,SLU =	33 kN	5 kN
Nv,SLV =	210 kN	65 kN
NL,SLV =	49 kN	7 kN
NT,SLV =	150 kN	21 kN
spostamenti longitudinali positivi ($\Delta l +$) =	+1,0 mm	+2,5 mm
spostamenti longitudinali negativi ($\Delta l -$) =	-3,0 mm	-6,5 mm
spostamenti longitudinali (corsa totale) =	4,0 mm	9,0 mm
Quantità longitudinali	14	14

Figura 19 – Dispositivi d'appoggio elastomerici: specifiche tecniche e sollecitazioni.

DETTAGLIO GIUNTO DI SOTTOPAVIMENTAZIONE - - - -



numero	1
Spostamento max	8,0 mm

Figura 12 – Giunti longitudinali (L): specifiche tecniche e spostamenti.

9 ANALISI STRUTTURALE DELLE SPALLE

Il calcolo delle sollecitazioni viene condotto facendo riferimento agli usuali metodi proposti dalle teorie della Scienza delle Costruzioni. Più precisamente le tipologie strutturali presentate, a seconda della complessità, sono analizzate impiegando schemi statici semplificati o modellazioni numeriche agli elementi finiti.

Il software impiegato nelle simulazioni è il codice SismiCad 12.7 prodotto dalla Concrete srl, via della Pieve 19, 38121 Padova. La validazione di tale prodotto deriva da una accreditata documentazione ("Validazione Software"), finalizzata ad attestare l'accuratezza delle soluzioni ottenute in relazione alla modellazione di problematiche fisiche con soluzioni analitiche note.

La verifica degli elementi costituenti le strutture descritte viene dunque effettuata adottando la filosofia proposta nel metodo agli stati limite, sia per gli elementi in calcestruzzo armato che per gli elementi in acciaio.

Il modello delle spalle del viadotto è stato condotto in modo disaccoppiato da quello dell'impalcato. Nella fattispecie si sono realizzati modelli tridimensionali, sia per fornire le sollecitazioni globali all'intradosso della fondazione, utili per la verifica geotecnica della fondazione, che per le verifiche strutturali della spalla stessa.

9.1 Geometria delle spalle

Di seguito si riportano le piante e le sezioni di carpenteria di entrambe le spalle vista la diversa configurazione legata all'inclinazione della spalla rispetto all'ortogonale dell'asse stradale.

Dal punto di vista geometrico la spalla ha dimensioni in pianta della fondazione di 10.5x4.8 ed elevazione (da estradosso fondazione a testa paraghiaia) di 4.6m.

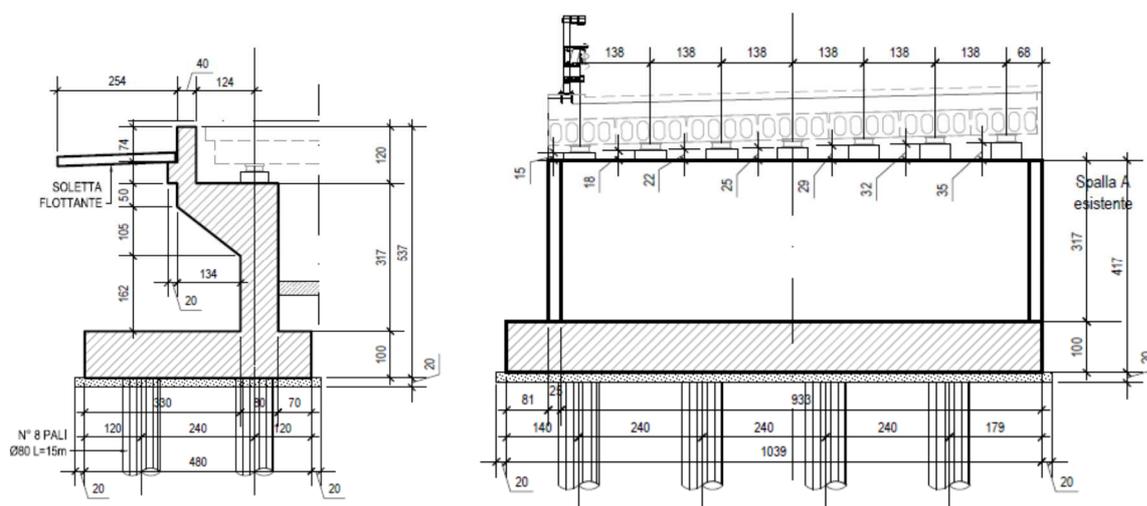


Figura 20: Sezione di carpenteria - Spalla 1

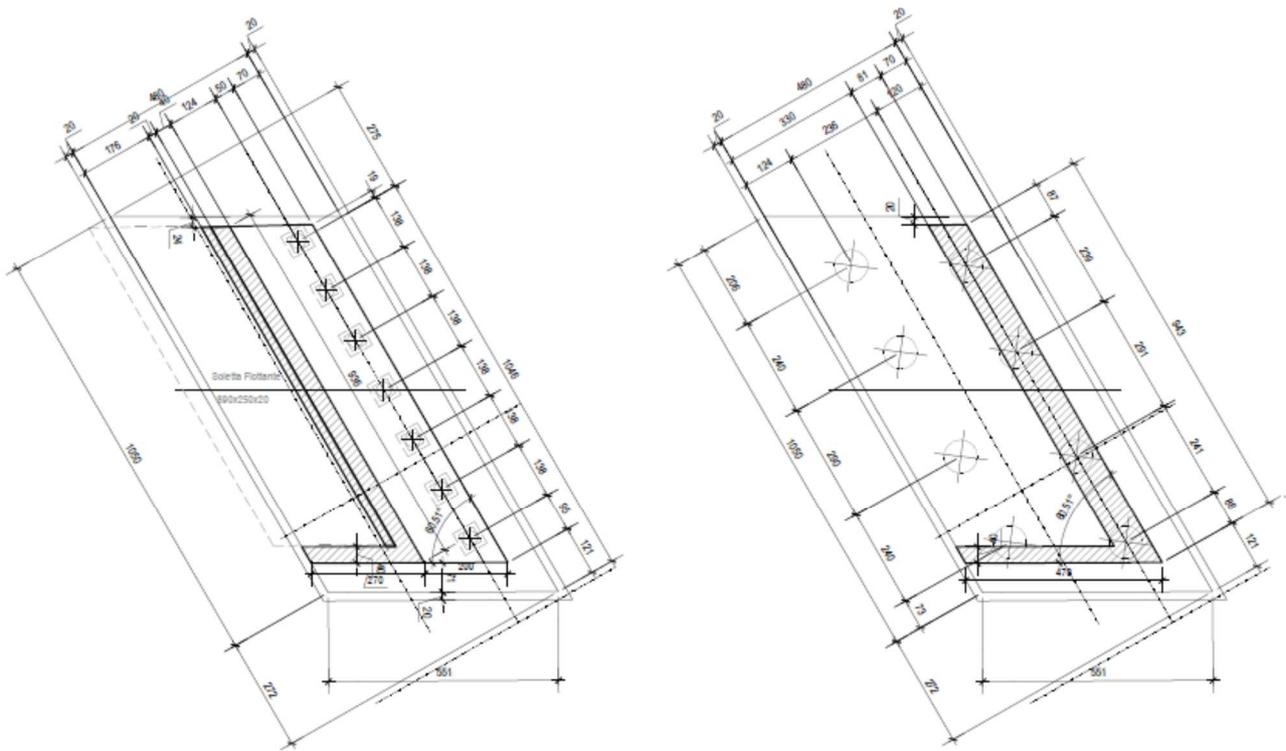


Figura 21: Pianta carpenteria - Spalla 1

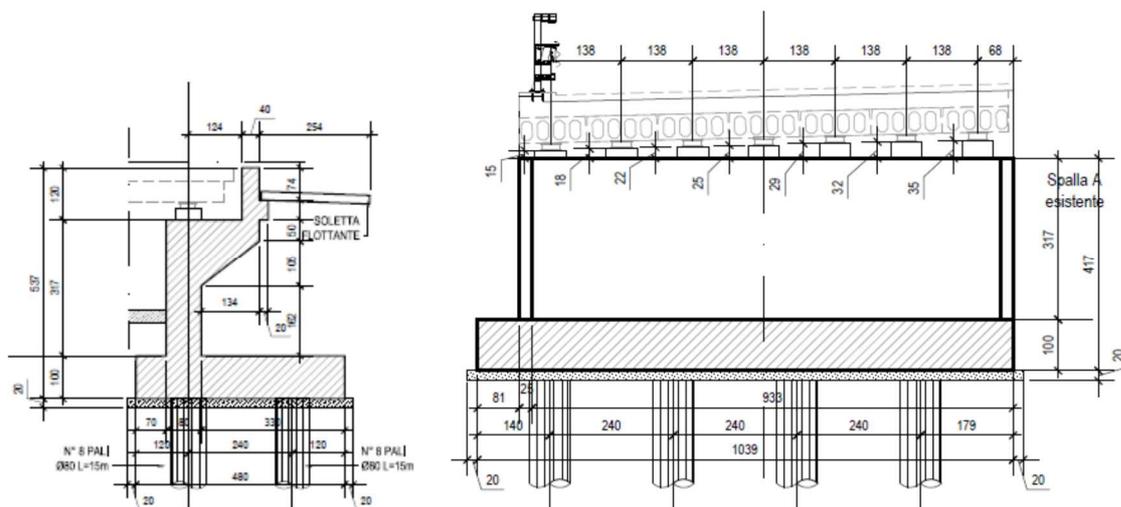


Figura 22: Sezione di carpenteria - Spalla 2

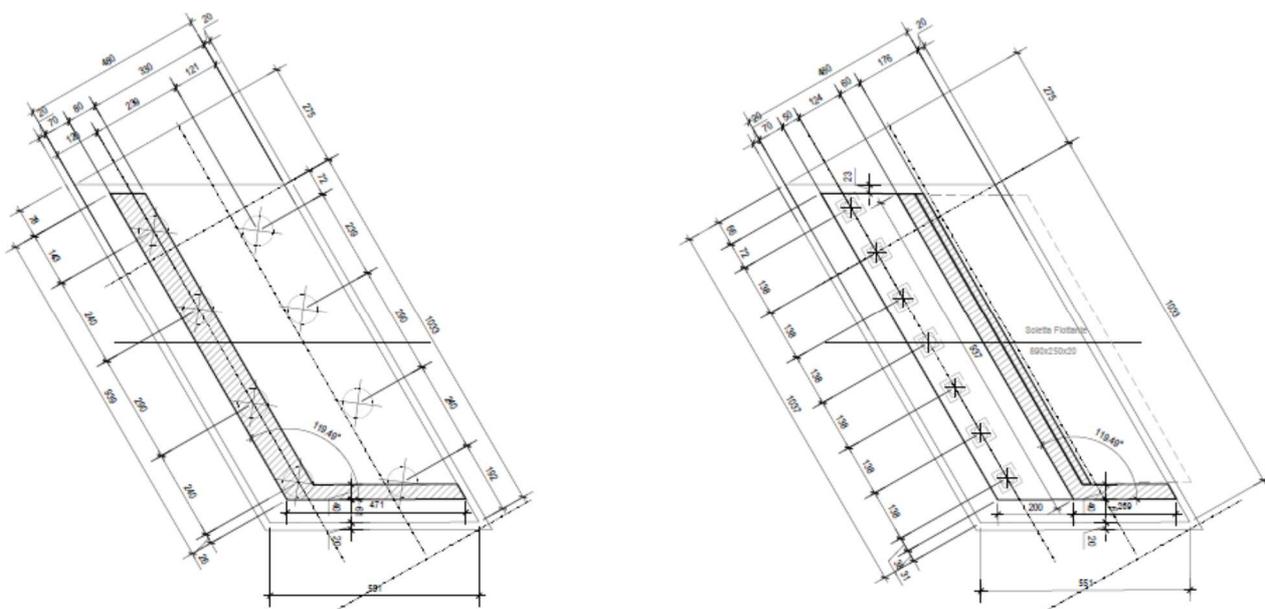


Figura 23: Pianta carpenteria - Spalla 2

9.2 Modello agli elementi finiti

Il modello delle spalle è stato implementato con elementi bidimensionali (plate) in modo più congruente possibile alla geometria reale.

Gli elementi della spalla sono classificati in:

- Fusto: Muro frontale della spalla su cui appoggia direttamente l'impalcato.
- Paraghiaia: Proseguimento del fusto con disassamento rispetto allo stesso e diminuzione dello spessore.
- Muri di risvolto o muri d'ala: Muri disposti parallelamente alla carreggiata e collegati con il fusto. Hanno la funzione di contenere il cono di rilevato a tergo fusto.
- Platea di fondazione sia essa diretta o su pali.

È stato quindi realizzato un unico modello comprensivo di:

- Elevazioni (fusto, paraghiaia e muri di risvolto) in cui vengono rappresentati tutte le componenti strutturali della spalla con elementi bidimensionali "plate" di opportuno spessore;
- Platea di fondazione rappresentata anch'essa con elementi "plate" vincolata a terra da vincoli fissi posizionati in corrispondenza dei pali. Vista la particolare conformazione del terreno in situ, a vantaggio di sicurezza, si trascura l'effetto di fondazione superficiale offerta alla platea considerando il solo effetto vincolante dei pali.

Il modello, per come implementato, permette sia di valutare le azioni agenti sui pali di fondazione in modo tale che i geotecnici possano fare le verifiche di portanza e quindi confermare la geometria stessa della spalla, sia di calcolare le sollecitazioni agenti sulle elevazioni e sulla platea con lo scopo di effettuare le verifiche strutturali.

Si considera l'asse x di direzione parallela all'asse longitudinale d'impalcato e con verso interno al terreno imbarcato della spalla e si considera l'asse z di direzione verticale posto verso l'alto.

Si riportano ora alcune immagini rappresentative della modellazione 3D.

Spalla tipo

In particolare si possono notare i diversi spessori assegnati agli elementi platea, qui di seguito riassunti:

- Paragliaia: $s = 0.40\text{m}$
- Fusto: $s = 0.80\text{ m}$
- Muro: $s = 0.40\text{ m}$
- Fondazione: $s = 1.00\text{ m}$

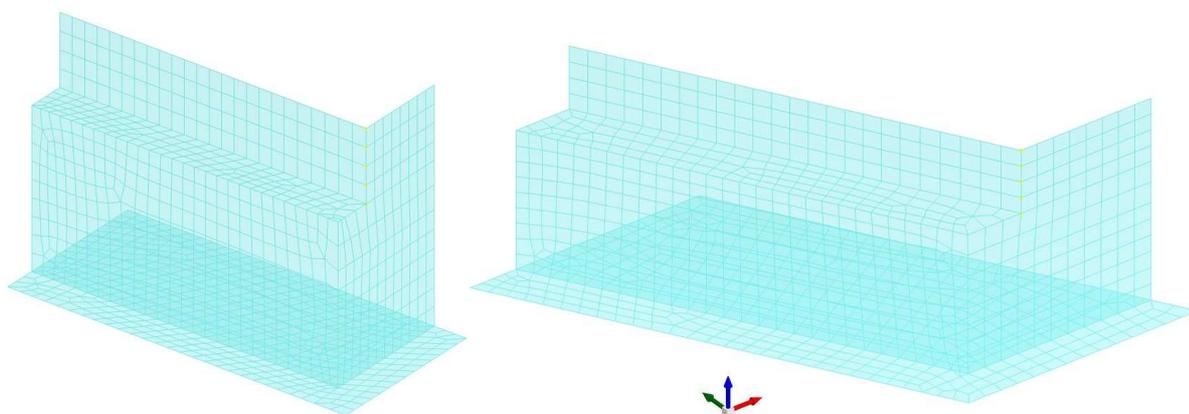


Figura 24: Modello con platea - Vista tridimensionale - Spalla 1 e 2

9.3 Analisi dei carichi della spalla

Si indicano nel seguito i carichi elementari applicati al modello.

9.3.1 Peso proprio delle strutture

Il software di calcolo agli elementi finiti tiene già autonomamente in conto del peso proprio degli elementi strutturali per mezzo del loro peso specifico. Nella fattispecie la struttura è tutta composta di calcestruzzo armato e il suo peso specifico è pari a:

$$\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$$

9.3.2 Peso proprio terreno imbarcato

Tale carico corrisponde al carico in platea dovuto al peso proprio del terreno di riempimento all'interno della spalla. Il carico è stato applicato come carico uniforme sulla platea.

$$p.p.\text{-terr} = \gamma_{\text{terr}} \times h_{\text{terr}} = 20 \text{ kN/m}^3 \times 4.6 \text{ m} = 92 \text{ kN/m}^2$$

9.3.3 Spinte orizzontali dovute al terreno

I parametri del terreno utilizzati per il calcolo delle spinte sono i seguenti:

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

$$\phi = 35^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$k_0 = (1 - \sin(\phi)) = 0.426$$

per quanto riguarda la spinta del terreno di riporto esterno al fusto si tiene conto di un coefficiente di spinta ridotto e pari $0,5k_0$.

Con tali dati si può calcolare la spinta triangolare:

$$q = \gamma_{\text{ter}} k_{a0} y$$

La seguente immagine rappresenta l'applicazione del carico del terreno sugli elementi verticali e del terreno imbarcato dalla fondazione.

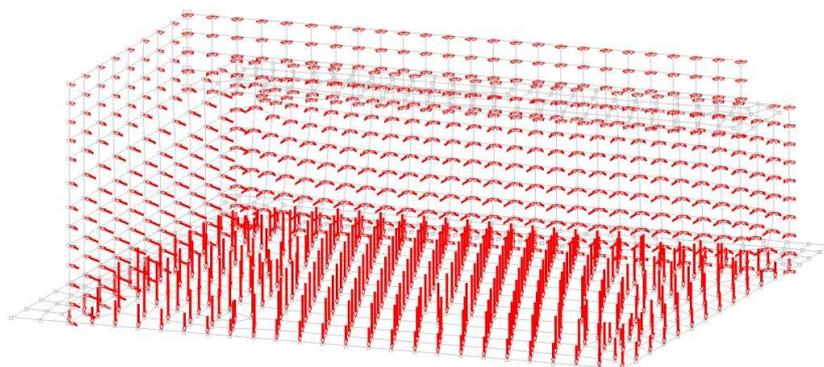


Figura 25: Carico del terreno – spalla (1)

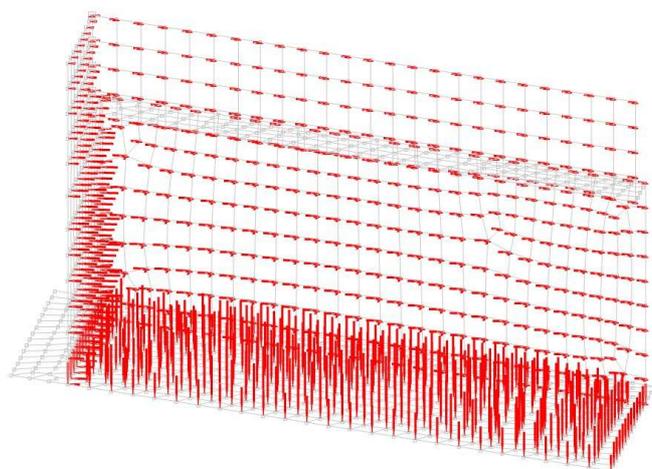


Figura 26: Carico terreno – spalla (2)

9.3.4 Carico stradale accidentale

Il sovraccarico accidentale viene assunto pari al carico veicolare presente nelle diverse carreggiate e corsie di marcia presente a monte e a valle delle strutture. Per quanto riguarda le colonne di carico viene applicato un carico uniforme verticale pari a:

$$q_{\text{colonna}} = q_i \times k_0$$

mentre per quanto riguarda il mezzo pesante si applica un carico uniforme sulla superficie del paraghiaia ottenuto considerando che il mezzo pesante abbia una impronta di carico di 3.0x1.45m e sia applicato a su di una larghezza di 3metri . Tale valore viene assunto quindi pari a:

$$q_{\text{MP}} = 2Q_i / (1.45 \times 3.0) \times k_0$$

tali azioni sono state applicate anche ai muri d'ala.

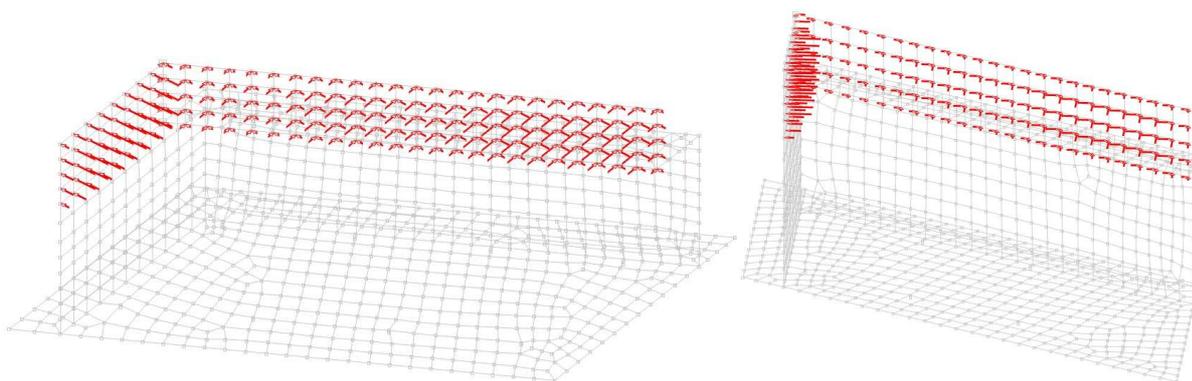


Figura 27: Carico accidentale da mezzo pesante (spalla 1 e 2)

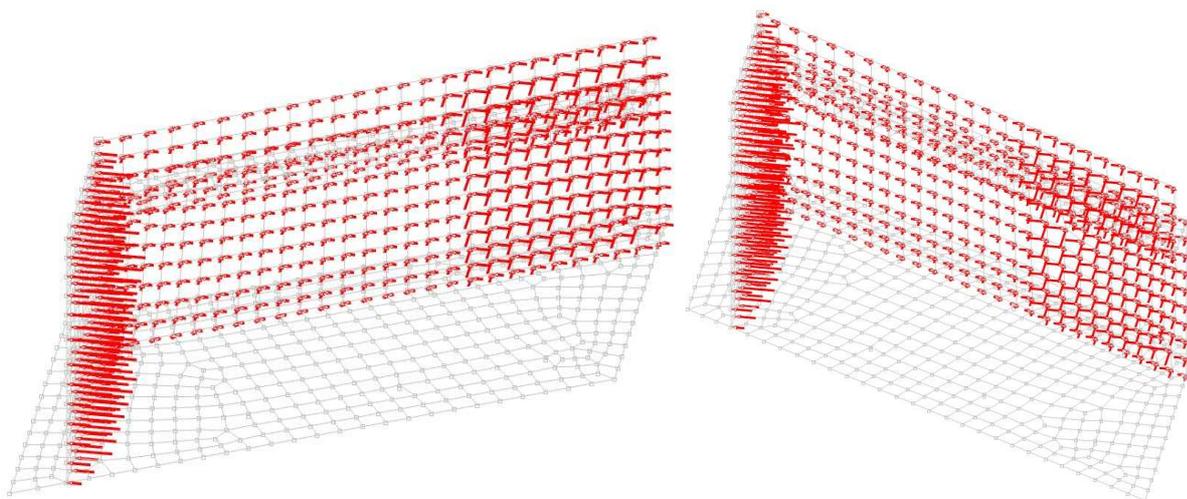


Figura 28: Carico accidentale da colonna di carico (spalla 1 e 2)

9.3.5 Caratterizzazione sismica

La progettazione sismica fa riferimento ai seguenti dati:

- Vita nominale: VN = 100 anni
- Coefficiente d'uso: Cu = 2.
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: VR = VN x Cu = 200 anni
- Categoria del suolo: C
- Categoria topografica: T1

Per lo stato limite di riferimento per le verifiche strutturali e geotecniche SLV si ha:

$$a_g=0.07g; \quad S=1.5; \quad ST=1.0$$

9.3.6 Spinta sismica inerziale delle strutture

La spinta sismica dovuta all'inerzia della struttura è implementata all'interno del software assegnando accelerazione pari a $a_{\max}(\text{SLV})$ nelle varie direzione, in seguito opportunamente combinate.

$$a_{\max}(\text{SLV})=0.105g$$

9.3.7 Spinta sismica del terreno

Tale spinta deve essere differenziata in due tipologie di carico:

- Forza inerziale sismica del suolo imbarcato;
- Sovrappinta sismica del terreno.

9.3.7.1 Forza inerziale sismica del suolo imbarcato

La prima tipologia è rappresentata dal terreno imbarcato. In questo caso si ipotizza che il terreno si muova solidalmente alla spalla e che quindi venga mobilitata l'intera sua massa: tale valore non comporta incremento di sollecitazioni sui muri in quanto il terreno imbarcato si muove solidamente all'elevazione della spalla.

9.3.7.2 Sovrappinta sismica del terreno.

La sovrappinta sismica è stata determinata secondo la teoria di Wood.

La sovrappinta rettangolare sismica è quindi calcolata attraverso la seguente formulazione:

$$\Delta P = \gamma_{\text{terr}} \times a_{\text{max(SLV)}} \times H = 20 \text{ kN/m}^3 \times 0.105 \times 4.6 \text{ m} = 9.66 \text{ kN/m}^2$$

Si riporta di seguito in modello della sovrappinta applicata al fusto e ai due muri d'ala.

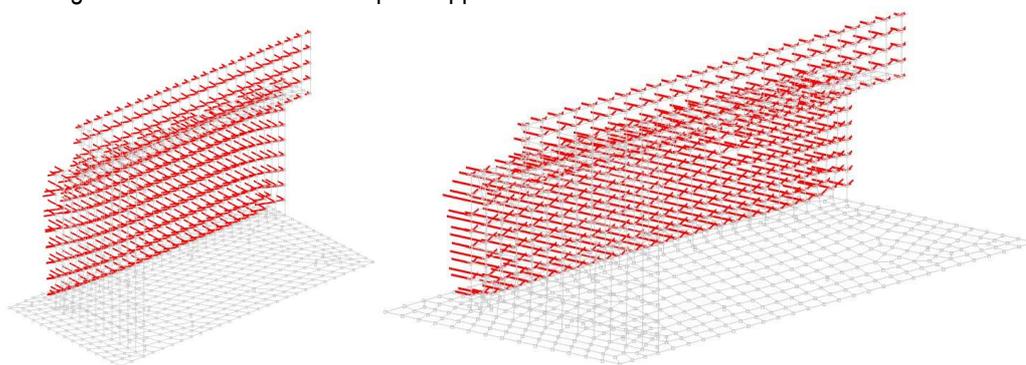


Figura 29: Sovrappinta sismica di Wood in direzione X (spalla 1 e 2)

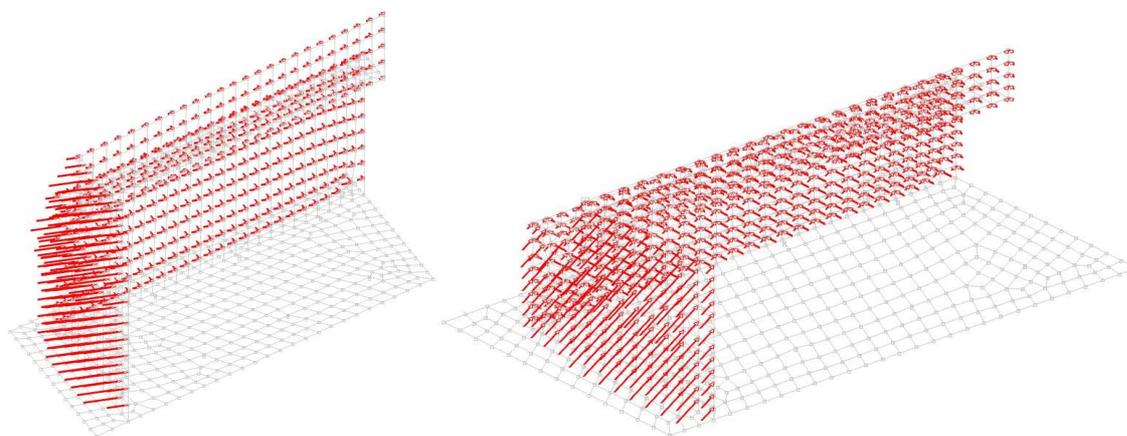


Figura 30: Sovrappinta sismica di Wood in direzione Y (spalla 1 e 2)

9.3.8 Carichi sismici derivanti dall'impalcato

I carichi derivanti dall'impalcato sono applicati in corrispondenza di ciascuno degli elementi di appoggio.

I carichi da applicare in tale punto derivano dall'analisi dell'impalcato. Per maggiori dettagli a riguardo si rimanda alla relazione di calcolo specifica.

Il carico verticale dovuto ai pesi propri e ai pesi permanenti del singolo impalcato valgono:

$$G_{tot} = 3234.2 \text{ kN}$$

Lo schema di vincolo prevede l'utilizzo di appoggi su pile e spalle che consentono spostamenti lenti longitudinali, mentre bloccano su entrambe le spalle gli spostamenti lenti trasversali: su entrambe le spalle sono installati apparecchi denominati shock transmitter che bloccano in caso di spostamenti istantanei gli spostamenti longitudinali.

Pertanto con lo schema di vincolo adottato il movimento longitudinale dell'impalcato, delle due spalle l'impalcato e del terreno è all'unisolo e pertanto calcolato con la formulazione:

$$S_{SLV} = a_{max-SLV} \times G_{tot} = 339.6 \text{ kN}$$

Che riportato su ciascuna delle due spalle risulta pari a:

$$S_{1SLV} = a_{max-SLV} \times G_{tot} / 2 = 169.8 \text{ kN}$$

Nell'immagine seguente si può vedere la modalità di applicazione del carico.

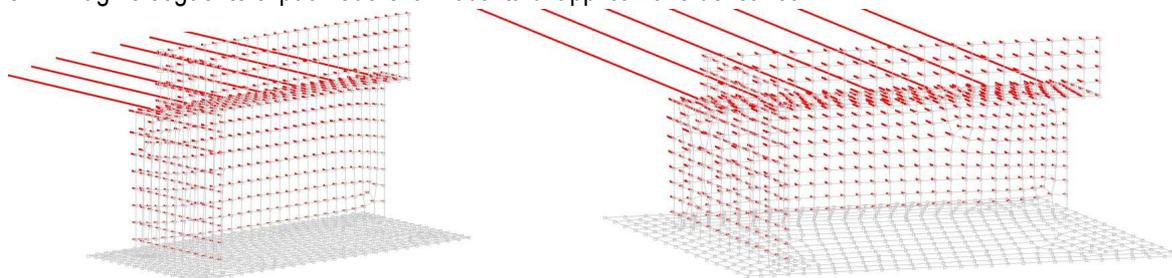


Figura 31: Azione sismica longitudinale (spalla 1 e 2)

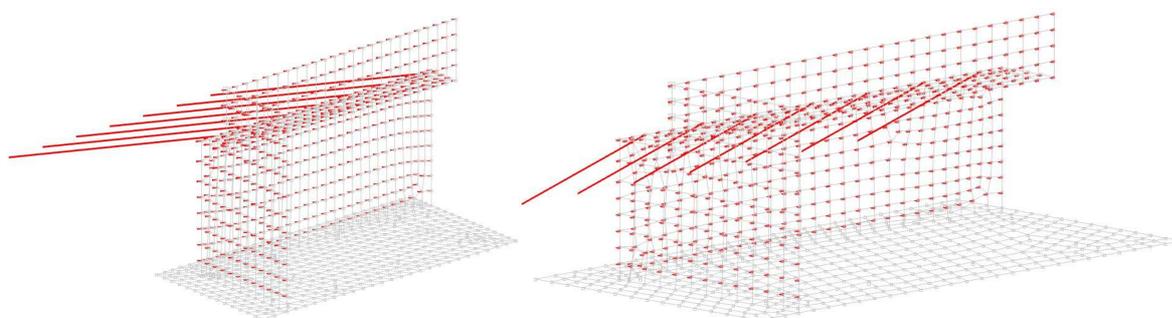


Figura 32: Azione trasversale sismica da impalcato

9.3.9 Carichi statici derivanti dall'impalcato

I carichi derivanti dall'impalcato sono applicati in corrispondenza di ciascuno degli elementi di appoggio. I carichi sono stati applicati ripartendo equamente fra gli appoggi tutto il carico gravante su ciascun impalcato. A vantaggio di sicurezza per il calcolo delle spalle non si è tenuto in conto dell'effetto di scarico dell'appoggio dovuto alla continuità dell'impalcato a livello delle pile.

I carichi da applicare in tale punto derivano dall'analisi dell'impalcato nelle varie combinazioni. Per maggiori dettagli a riguardo si rimanda alla relazione di calcolo specifica.

9.3.9.1 Carichi verticali

Gli scarichi verticali sulla spalla sono pertanto:

$$p.p. = 6.0 \times 9.50 \times 5.72/2 = 163.0 \text{ kN}$$

$$p \text{ soletta} = 25 \times 0.38 \times 9.5 \times 5.72/2 = \underline{203.8 \text{ kN}}$$

$$\text{con un totale di peso proprio su ciascuna spalla di} = 366.8 \text{ kN}$$

i pesi portati

$$GRingrossi = 0.15\text{m} \times 25 \times 0.75 \times 5.72/2 = 8.0 \text{ kN}$$

$$GGuard-rail = 1.50 \times 5.72/2 = 4.3 \text{ kN}$$

$$GSottoservizi\&veletta = 3.5 \times 5.72/2 \times 2 = 20.0 \text{ kN}$$

$$GPavimentazione = 0.11\text{m} \times 22 \times 9.0 \times 5.72/2 = 62.3 \text{ kN}$$

$$\text{con un totale di peso portato su ciascuna spalla di} = 94.6 \text{ kN}$$

i carichi accidentali da traffico considerando sulla careggiata da 9.0m l'esistenza di 3 corsie convenzionali da 3.0m cadauna:
 $Q = 600 + 400 + 200 + [9.0 \times 3.0 + 2.50 \times (3.0 + 3.0)] \times 5.72/2 = 1320.1 \text{ kN}$

9.3.9.2 Vento derivante dall'impalcato

L'azione del vento è stata considerata applicando a tutte le superfici potenzialmente investite una pressione normale di 2.50 kN/m².

Azione orizzontale del vento:

$$N_{\text{tot,vento}} = 2.5 \text{ kN/m}^2 \times L_{\text{tot}} \times h_{\text{tot}} = 2.5 \text{ kN/m}^2 \times (20.5) \times (1.2\text{m} + 3.0\text{m}) = 215.3 \text{ kN}$$

$$\text{Tale forza si ripartisce tra le due spalle. Ottenendo } N_{\text{tot,vento,spalla}} = N_{\text{tot,vento}}/2 = 107.65 \text{ kN}$$

9.3.9.3 Frenatura derivante dall'impalcato

La forza di frenatura ed avviamento, come prescritto dalla normativa di riferimento, è funzione del carico verticale totale agente sulla prima corsia convenzionale. La risultante, applicata all'estradosso della pavimentazione, risulta essere la seguente: $q_3 = 0.6 (2 Q1k) + 0.10 q1k w1 L = 0.6 (2 \times 300) + 0.10 \times 9 \times 3 \times (20.5 \text{ m}) = 415 \text{ kN} \leq 900 \text{ kN} \rightarrow 415 \text{ kN}$

9.4 Combinazioni di carico

La determinazione dei valori delle sollecitazioni da utilizzare per l'esecuzione delle verifiche strutturali viene condotta facendo riferimento ai gruppi di azioni ad ai coefficienti di combinazione riportati nel D.M 14.01.2008.

Si riportano di seguito i coefficienti di combinazione per i diversi SL considerati.



Descr.	Pesi strutturali	Perm. Str.	Neve	Vento	MPk _ponte	MPf+Hk _ponte	MPk _terra	MPf+Hk _terra	MPk _ponte	MPf+Hk _ponte	MPk _terra	MPf+Hk _terra
SLU-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-2	1	0	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
SLU-3	1	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
SLU-4	1	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
SLU-5	1	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
SLU-6	1	0	0	0,9	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
SLU-7	1	0	0	0,9	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
SLU-8	1	0	0	0,9	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
SLU-9	1	0	0	0,9	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
SLU-10	1	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-11	1	0	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-12	1	0	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-13	1	0	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-14	1	0	0	1,5	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-15	1	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-16	1	0	1,5	0	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-17	1	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-18	1	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-19	1	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-20	1	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-21	1	0	1,5	0,9	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-22	1	0	1,5	0,9	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-23	1	0	1,5	0,9	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-24	1	0	1,5	0,9	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-25	1	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-26	1	1,5	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
SLU-27	1	1,5	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
SLU-28	1	1,5	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
SLU-29	1	1,5	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
SLU-30	1	1,5	0	0,9	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
SLU-31	1	1,5	0	0,9	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
SLU-32	1	1,5	0	0,9	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
SLU-33	1	1,5	0	0,9	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
SLU-34	1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-35	1	1,5	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-36	1	1,5	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-37	1	1,5	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-38	1	1,5	0	1,5	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-39	1	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-40	1	1,5	1,5	0	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-41	1	1,5	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-42	1	1,5	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-43	1	1,5	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-44	1	1,5	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-45	1	1,5	1,5	0,9	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-46	1	1,5	1,5	0,9	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-47	1	1,5	1,5	0,9	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-48	1	1,5	1,5	0,9	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-49	1,35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-50	1,35	0	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
SLU-51	1,35	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
SLU-52	1,35	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
SLU-53	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
SLU-54	1,35	0	0	0,9	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
SLU-55	1,35	0	0	0,9	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
SLU-56	1,35	0	0	0,9	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
SLU-57	1,35	0	0	0,9	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
SLU-58	1,35	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-59	1,35	0	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-60	1,35	0	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-61	1,35	0	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-62	1,35	0	0	1,5	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-63	1,35	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-64	1,35	0	1,5	0	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-65	1,35	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-66	1,35	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-67	1,35	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-68	1,35	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-69	1,35	0	1,5	0,9	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-70	1,35	0	1,5	0,9	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-71	1,35	0	1,5	0,9	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-72	1,35	0	1,5	0,9	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-73	1,35	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-74	1,35	1,5	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
SLU-75	1,35	1,5	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
SLU-76	1,35	1,5	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
SLU-77	1,35	1,5	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
SLU-78	1,35	1,5	0	0,9	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
SLU-79	1,35	1,5	0	0,9	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
SLU-80	1,35	1,5	0	0,9	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
SLU-81	1,35	1,5	0	0,9	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
SLU-82	1,35	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-83	1,35	1,5	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-84	1,35	1,5	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-85	1,35	1,5	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-86	1,35	1,5	0	1,5	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-87	1,35	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-88	1,35	1,5	1,5	0	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-89	1,35	1,5	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-90	1,35	1,5	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-91	1,35	1,5	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
SLU-92	1,35	1,5	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
SLU-93	1,35	1,5	1,5	0,9	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
SLU-94	1,35	1,5	1,5	0,9	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
SLU-95	1,35	1,5	1,5	0,9	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
SLU-96	1,35	1,5	1,5	0,9	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0



GEO-1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-2	1	1	0	0	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15
GEO-3	1	1	0	0	0	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0
GEO-4	1	1	0	0	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0
GEO-5	1	1	0	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0	0
GEO-6	1	1	0	0,9	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15
GEO-7	1	1	0	0,9	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15	0
GEO-8	1	1	0	0,9	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0
GEO-9	1	1	0	0,9	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0	0
GEO-10	1	1	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-11	1	1	0	1,3	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-12	1	1	0	1,3	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-13	1	1	0	1,3	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0
GEO-14	1	1	0	1,3	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-15	1	1	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-16	1	1	1,3	0	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-17	1	1	1,3	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-18	1	1	1,3	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0
GEO-19	1	1	1,3	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-20	1	1	1,3	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-21	1	1	1,3	0,9	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-22	1	1	1,3	0,9	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-23	1	1	1,3	0,9	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0
GEO-24	1	1	1,3	0,9	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-25	1	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-26	1	1,3	0	0	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15
GEO-27	1	1,3	0	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15	0
GEO-28	1	1,3	0	0	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0
GEO-29	1	1,3	0	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0	0
GEO-30	1	1,3	0	0,9	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15
GEO-31	1	1,3	0	0,9	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15	0
GEO-32	1	1,3	0	0,9	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0
GEO-33	1	1,3	0	0,9	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0	0
GEO-34	1	1,3	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-35	1	1,3	0	1,3	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-36	1	1,3	0	1,3	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-37	1	1,3	0	1,3	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0
GEO-38	1	1,3	0	1,3	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-39	1	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-40	1	1,3	1,3	0	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-41	1	1,3	1,3	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-42	1	1,3	1,3	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0
GEO-43	1	1,3	1,3	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-44	1	1,3	1,3	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-45	1	1,3	1,3	0,9	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-46	1	1,3	1,3	0,9	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-47	1	1,3	1,3	0,9	0	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-48	1	1,3	1,3	0,9	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0	0
GEO-49	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-50	1	1	0	0	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15
GEO-51	1	1	0	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15	0
GEO-52	1	1	0	0	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0
GEO-53	1	1	0	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0	0
GEO-54	1	1	0	0,9	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15
GEO-55	1	1	0	0,9	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15	0
GEO-56	1	1	0	0,9	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0
GEO-57	1	1	0	0,9	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0	0
GEO-58	1	1	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-59	1	1	0	1,3	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-60	1	1	0	1,3	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-61	1	1	0	1,3	0	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-62	1	1	0	1,3	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0	0
GEO-63	1	1	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-64	1	1	1,3	0	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-65	1	1	1,3	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-66	1	1	1,3	0	0	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-67	1	1	1,3	0	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0	0
GEO-68	1	1	1,3	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-69	1	1	1,3	0,9	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-70	1	1	1,3	0,9	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-71	1	1	1,3	0,9	0	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-72	1	1	1,3	0,9	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0	0
GEO-73	1	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-74	1	1,3	0	0	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15
GEO-75	1	1,3	0	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15	0
GEO-76	1	1,3	0	0	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0
GEO-77	1	1,3	0	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0	0
GEO-78	1	1,3	0	0,9	0	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15
GEO-79	1	1,3	0	0,9	0	0	1,15	0	0	0	0	1,15	0
GEO-80	1	1,3	0	0,9	0	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0
GEO-81	1	1,3	0	0,9	1,15	0	0	0	1,15	0	0	0	0
GEO-82	1	1,3	0	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-83	1	1,3	0	1,3	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-84	1	1,3	0	1,3	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-85	1	1,3	0	1,3	0	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-86	1	1,3	0	1,3	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0	0
GEO-87	1	1,3	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-88	1	1,3	1,3	0	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-89	1	1,3	1,3	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-90	1	1,3	1,3	0	0	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-91	1	1,3	1,3	0	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0	0
GEO-92	1	1,3	1,3	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GEO-93	1	1,3	1,3	0,9	0	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46
GEO-94	1	1,3	1,3	0,9	0	0	0,8625	0	0	0	0	0,46	0
GEO-95	1	1,3	1,3	0,9	0	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0
GEO-96	1	1,3	1,3	0,9	0,8625	0	0	0	0,46	0	0	0	0



Descr.	Pesi strutturali	Perm. Str.	Neve	Vento	MPk_ponte	MPf+Hk_ponte	MPk_terra	MPf+Hk_terra	MPk_ponte	MPf+Hk_ponte	MPk_terra	MPf+Hk_terra
EQU-1	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-2	0,9	0	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
EQU-3	0,9	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
EQU-4	0,9	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
EQU-5	0,9	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
EQU-6	0,9	0	0	0,9	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
EQU-7	0,9	0	0	0,9	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
EQU-8	0,9	0	0	0,9	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
EQU-9	0,9	0	0	0,9	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
EQU-10	0,9	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-11	0,9	0	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-12	0,9	0	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-13	0,9	0	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-14	0,9	0	0	1,5	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-15	0,9	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-16	0,9	0	1,5	0	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-17	0,9	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-18	0,9	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-19	0,9	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-20	0,9	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-21	0,9	0	1,5	0,9	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-22	0,9	0	1,5	0,9	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-23	0,9	0	1,5	0,9	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-24	0,9	0	1,5	0,9	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-25	0,9	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-26	0,9	1,5	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
EQU-27	0,9	1,5	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
EQU-28	0,9	1,5	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
EQU-29	0,9	1,5	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
EQU-30	0,9	1,5	0	0,9	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
EQU-31	0,9	1,5	0	0,9	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
EQU-32	0,9	1,5	0	0,9	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
EQU-33	0,9	1,5	0	0,9	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
EQU-34	0,9	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-35	0,9	1,5	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-36	0,9	1,5	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-37	0,9	1,5	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-38	0,9	1,5	0	1,5	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-39	0,9	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-40	0,9	1,5	1,5	0	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-41	0,9	1,5	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-42	0,9	1,5	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-43	0,9	1,5	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-44	0,9	1,5	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-45	0,9	1,5	1,5	0,9	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-46	0,9	1,5	1,5	0,9	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-47	0,9	1,5	1,5	0,9	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-48	0,9	1,5	1,5	0,9	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-49	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-50	1,1	0	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
EQU-51	1,1	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
EQU-52	1,1	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
EQU-53	1,1	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
EQU-54	1,1	0	0	0,9	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
EQU-55	1,1	0	0	0,9	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
EQU-56	1,1	0	0	0,9	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
EQU-57	1,1	0	0	0,9	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
EQU-58	1,1	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-59	1,1	0	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-60	1,1	0	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-61	1,1	0	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-62	1,1	0	0	1,5	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-63	1,1	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-64	1,1	0	1,5	0	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-65	1,1	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-66	1,1	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-67	1,1	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-68	1,1	0	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-69	1,1	0	1,5	0,9	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-70	1,1	0	1,5	0,9	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-71	1,1	0	1,5	0,9	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-72	1,1	0	1,5	0,9	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-73	1,1	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-74	1,1	1,5	0	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
EQU-75	1,1	1,5	0	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
EQU-76	1,1	1,5	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
EQU-77	1,1	1,5	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
EQU-78	1,1	1,5	0	0,9	0	0	0	1,35	0	0	0	1,35
EQU-79	1,1	1,5	0	0,9	0	0	1,35	0	0	0	1,35	0
EQU-80	1,1	1,5	0	0,9	0	1,35	0	0	0	1,35	0	0
EQU-81	1,1	1,5	0	0,9	1,35	0	0	0	1,35	0	0	0
EQU-82	1,1	1,5	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-83	1,1	1,5	0	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-84	1,1	1,5	0	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-85	1,1	1,5	0	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-86	1,1	1,5	0	1,5	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-87	1,1	1,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-88	1,1	1,5	1,5	0	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-89	1,1	1,5	1,5	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-90	1,1	1,5	1,5	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-91	1,1	1,5	1,5	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0
EQU-92	1,1	1,5	1,5	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0
EQU-93	1,1	1,5	1,5	0,9	0	0	0	1,0125	0	0	0	0,54
EQU-94	1,1	1,5	1,5	0,9	0	0	1,0125	0	0	0	0,54	0
EQU-95	1,1	1,5	1,5	0,9	0	1,0125	0	0	0	0,54	0	0
EQU-96	1,1	1,5	1,5	0,9	1,0125	0	0	0	0,54	0	0	0

Descr.	Pesi strutturali	Perm. Str.	Neve	Vento	MPk_ponte	MPf+Hk_ponte	MPk_terra	MPf+Hk_terra	MPk_ponte	MPf+Hk_ponte	MPk_terra	MPf+Hk_terra
Rara 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rara 2	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
Rara 3	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
Rara 4	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Rara 5	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
Rara 6	1	1	0	0,6	0	0	0	1	0	0	0	1
Rara 7	1	1	0	0,6	0	0	1	0	0	0	1	0
Rara 8	1	1	0	0,6	0	1	0	0	0	1	0	0
Rara 9	1	1	0	0,6	1	0	0	0	1	0	0	0
Rara 10	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rara 11	1	1	0	1	0	0	0	0,75	0	0	0	0,4
Rara 12	1	1	0	1	0	0	0,75	0	0	0	0,4	0
Rara 13	1	1	0	1	0	0,75	0	0	0	0,4	0	0
Rara 14	1	1	0	1	0,75	0	0	0	0,4	0	0	0
Rara 15	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rara 16	1	1	1	0	0	0	0	0,75	0	0	0	0,4
Rara 17	1	1	1	0	0	0	0,75	0	0	0	0,4	0
Rara 18	1	1	1	0	0	0,75	0	0	0	0,4	0	0
Rara 19	1	1	1	0	0,75	0	0	0	0,4	0	0	0
Rara 20	1	1	1	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0
Rara 21	1	1	1	0,6	0	0	0	0,75	0	0	0	0,4
Rara 22	1	1	1	0,6	0	0	0,75	0	0	0	0,4	0
Rara 23	1	1	1	0,6	0	0,75	0	0	0	0,4	0	0
Rara 24	1	1	1	0,6	0,75	0	0	0	0,4	0	0	0
Frequente 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Frequente 2	1	1	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0
Q. P. 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Descr.	Pesi strutturali	Perm. Str.	Neve	Vento	MPk_ponte	MPf+Hk_ponte	MPk_terra	MPf+Hk_terra	MPk_ponte	MPf+Hk_ponte	MPk_terra	MPf+Hk_terra	Sisma X SLV	Sisma X SLV	Sisma Z SLV	Ecc Y per Sis X SLV	Ecc X per Sis Y SLV	Terreno Sism X SLV	Terreno Sism Y SLV	Terreno Sism Z SLV
SLV 1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	-1	0,3	-1	-0,3	0
SLV 2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-0,3	0	1	-0,3	-1	-0,3	0
SLV 3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	-1	0,3	-1	0,3	0
SLV 4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0,3	0	1	-0,3	-1	0,3	0
SLV 5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	-0,3	1	-0,3	-1	0
SLV 6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	-1	0	0,3	-1	-0,3	-1	0
SLV 7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	-0,3	1	-0,3	1	0
SLV 8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,3	1	0	0,3	-1	-0,3	1	0
SLV 9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	-0,3	1	0,3	-1	0
SLV 10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	-1	0	-0,3	-1	0,3	-1	0
SLV 11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1	0	-0,3	1	0,3	1	0
SLV 12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	1	0	0,3	-1	0,3	1	0
SLV 13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	-1	0,3	1	-0,3	0
SLV 14	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-0,3	0	1	-0,3	1	-0,3	0
SLV 15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3	0	-1	0,3	1	0,3	0
SLV 16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,3	0	1	-0,3	1	0,3	0

Ai fini della modellazione, per consentire la combinazione delle diverse condizioni di carico, si sono considerate 4 possibili condizioni di carico variabile dell'impalcato e del terreno a monte. Ognuna di esse esclude la presenza dell'altra.

- MPk_ponte: indica la presenza del mezzo pesante sull'impalcato (e quindi sul terreno a monte della spalla è presente la sola colonna di carico);
- MPf+Hk_ponte: indica la presenza del mezzo pesante e dell'azione frenante orizzontale sull'impalcato (a monte della spalla è presente la sola colonna di carico);
- MPk_terra: indica che il mezzo pesante è a monte della spalla (quindi sull'impalcato è presente la sola colonna di carico);
- MPf+Hk_terra: indica la presenza del mezzo pesante a monte spalla con colonna di carico su impalcato e relativa azione orizzontale di frenatura.

10 RISULTATI DELLE ANALISI E VERIFICA DELLE SPALLE

10.1 Risultati delle analisi

Di seguito si riportano alcune immagini riassuntive dello stato di sollecitazione dei diversi elementi strutturali costituenti entrambe le spalle (a sinistra la spalla 1 e a destra la spalla 2).

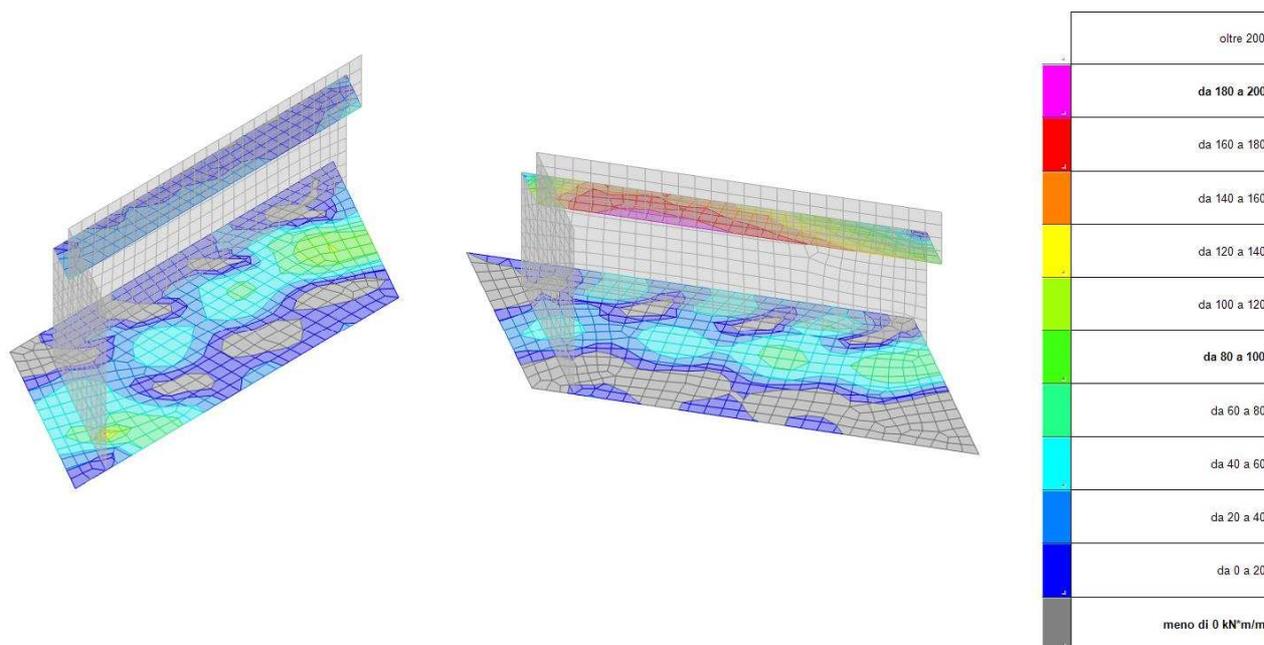


Figura 33: Sollecitazioni elementi orizzontali $M_{xx,max}$

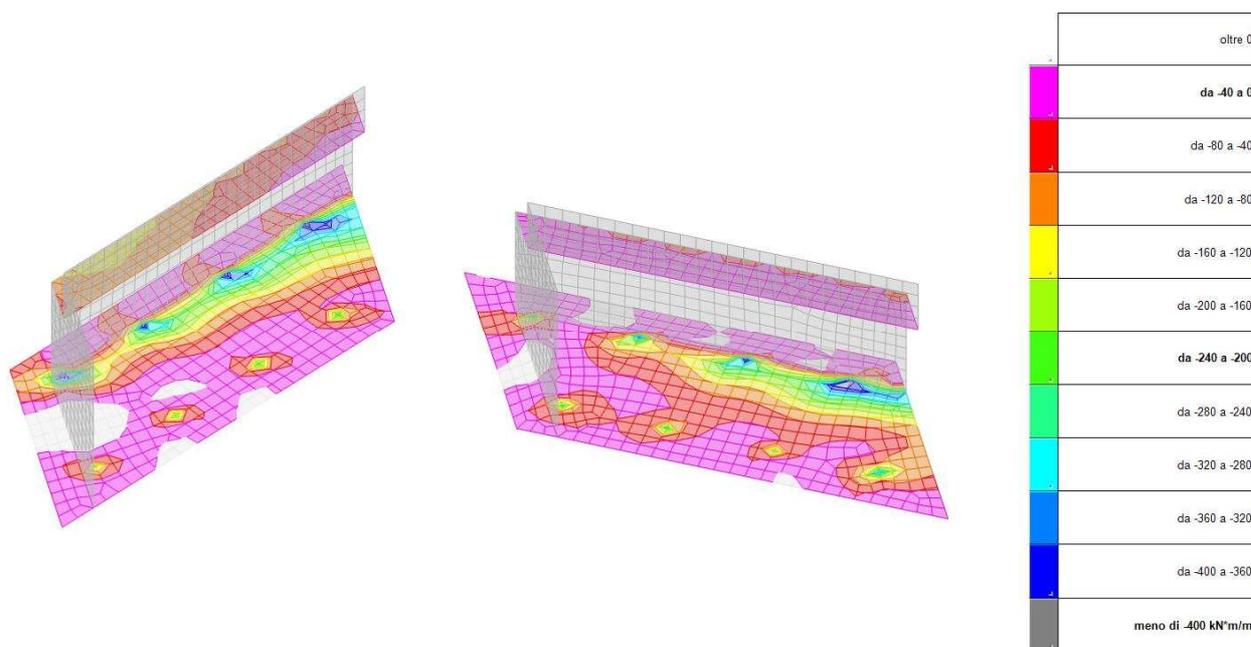


Figura 34: Sollecitazioni elementi orizzontali $M_{xx,min}$

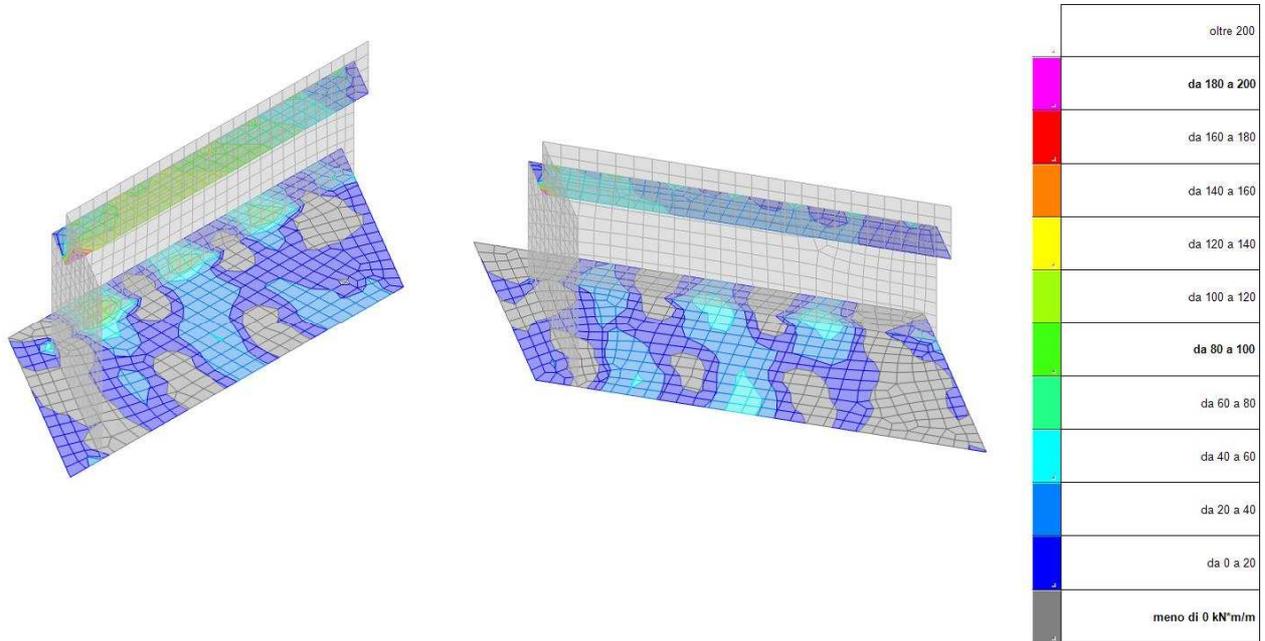


Figura 35: Sollecitazioni elementi orizzontali $M_{yy,max}$

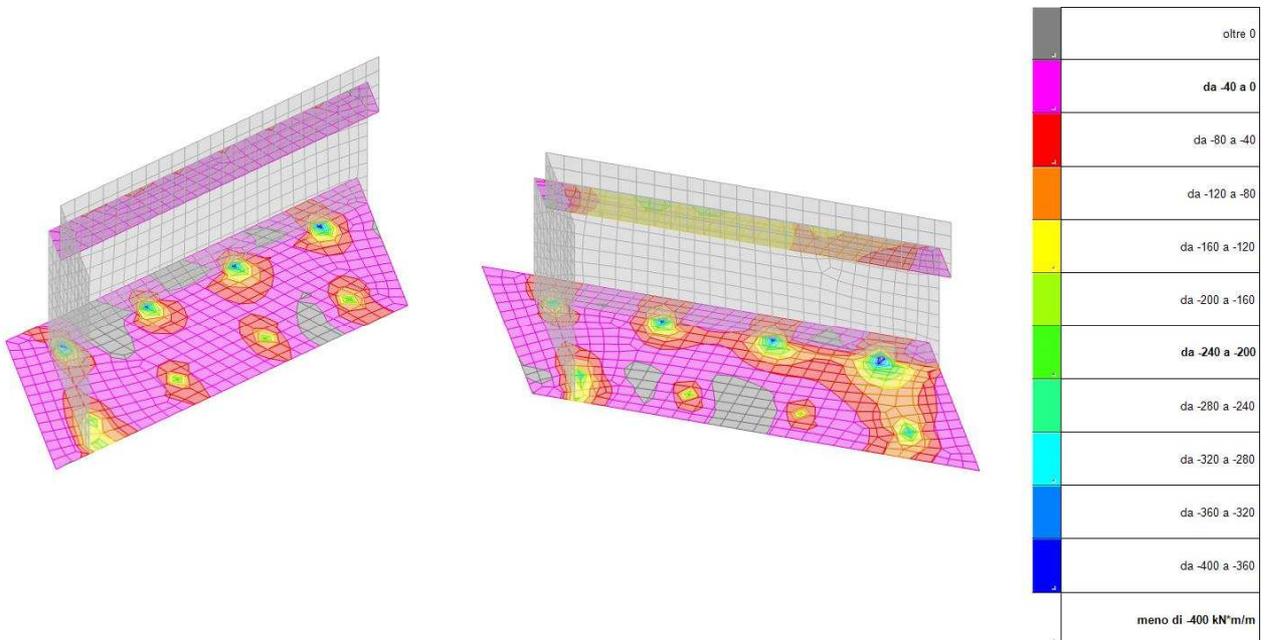


Figura 36: Sollecitazioni elementi orizzontali $M_{yy,min}$

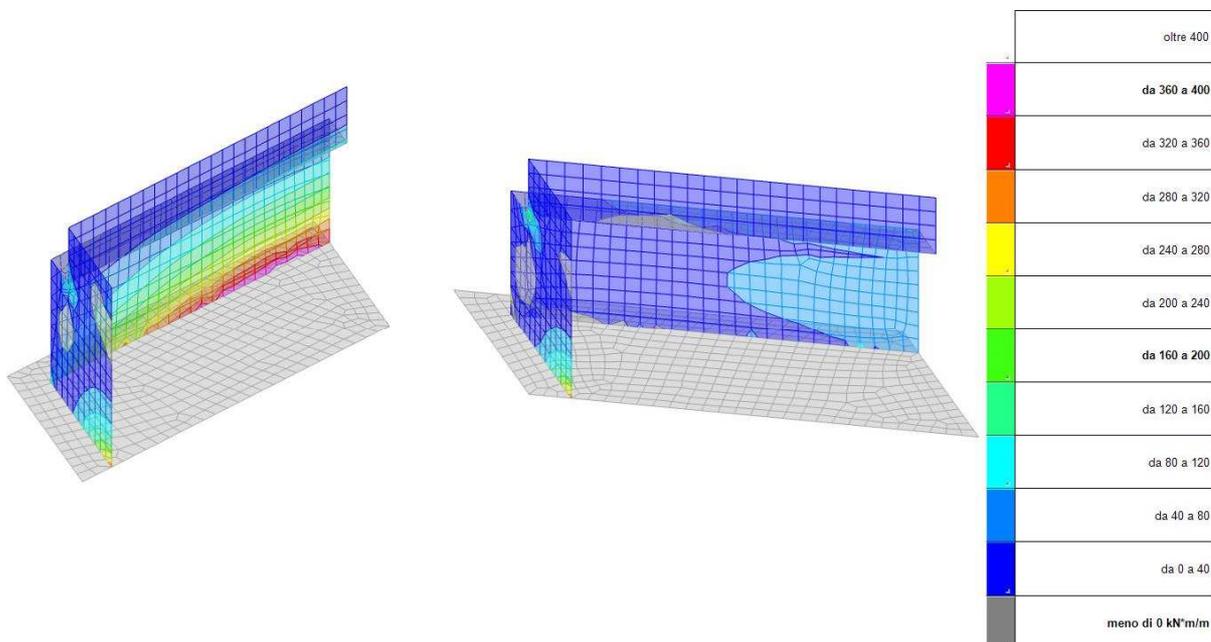


Figura 37: Sollecitazioni elementi verticali $M_{zz,max}$

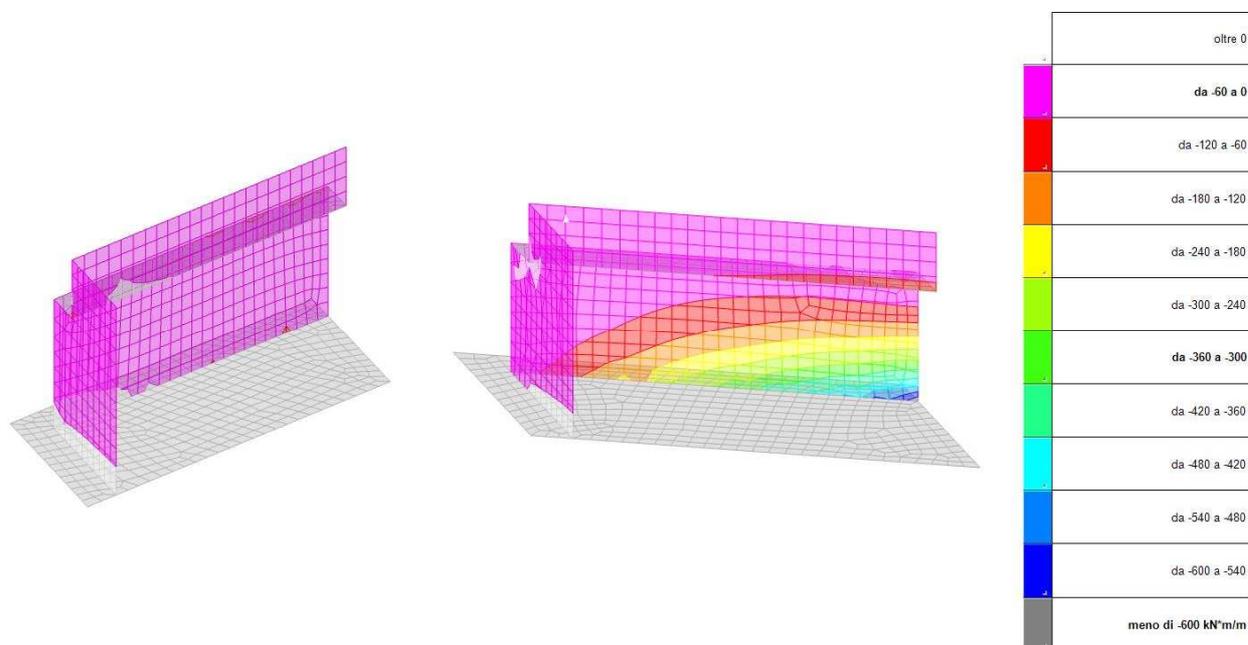


Figura 38: Sollecitazioni elementi verticali $M_{zz,min}$

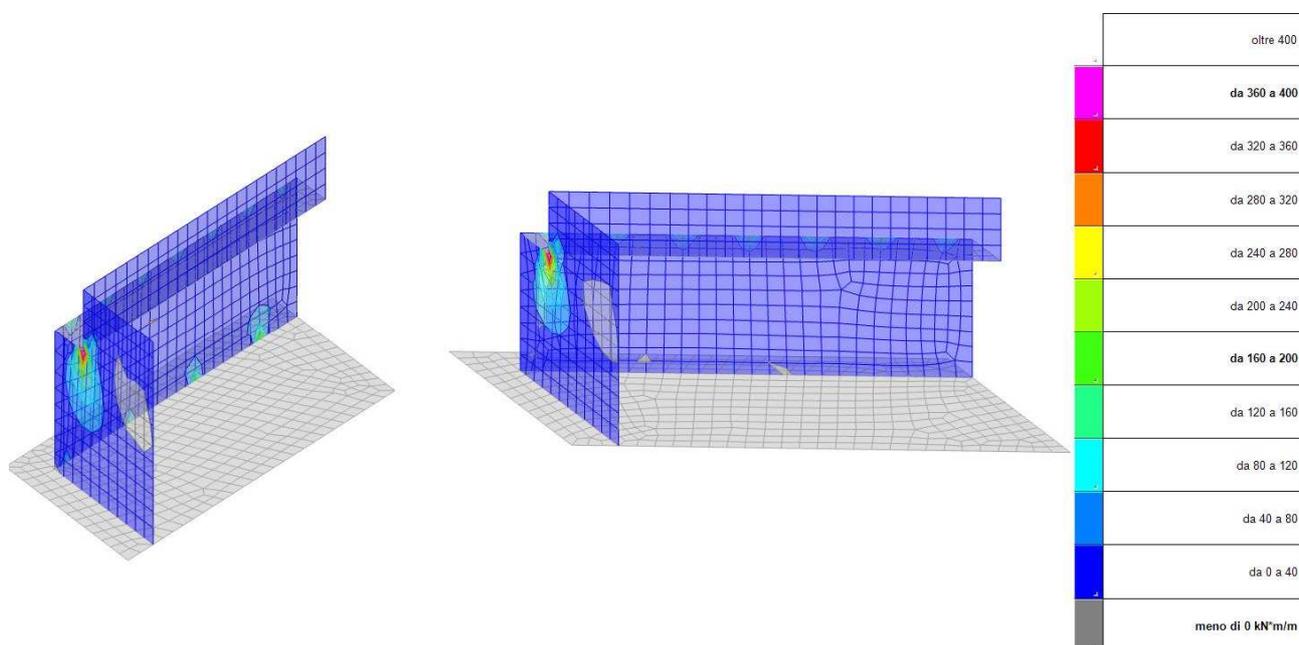


Figura 39: Sollecitazioni elementi verticali $M_{oo,max}$

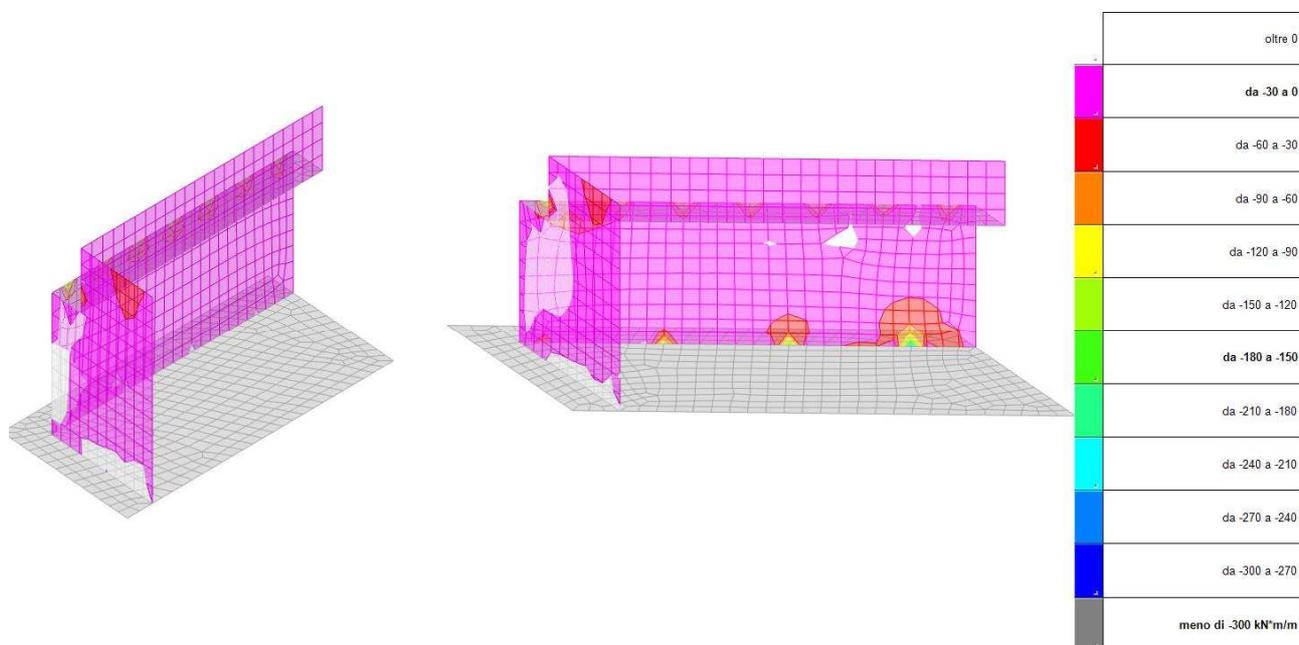


Figura 40: Sollecitazioni elementi verticali $M_{oo,min}$

10.2 Verifiche di sicurezza

Di seguito si riportano le verifiche di sicurezza esportate dal programma di calcolo relative ai nodi maggiormente sollecitati.

Legenda simboli

nod.: nodo del modello FEM

sez.: tipo di sezione (o = orizzontale, v = verticale)

B: base della sezione

H: altezza della sezione

Af+: area di acciaio dal lato B (inferiore per le piastre)

Af-: area di acciaio dal lato A (superiore per le piastre)

c+: copriferro dal lato B (inferiore per le piastre)

c-: copriferro dal lato A (superiore per le piastre)

sc: tensione sul calcestruzzo in esercizio

comb ; c: combinazione di carico

c.s.: coefficiente di sicurezza

N: sforzo normale di calcolo

M: momento flettente di calcolo

Mu: momento flettente ultimo

Nu: sforzo normale ultimo

sf: tensione sull'acciaio in esercizio

Wk: apertura caratteristica delle fessure

Sm: distanza media fra le fessure

st: sigma a trazione nel calcestruzzo in condizioni non fessurate

fck: resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo

fcd: resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo

fctd: resistenza a trazione di calcolo del calcestruzzo

Hcr: altezza critica

q.Hcr: *quota della sezione alla altezza critica

hw: altezza della parete

lw: lunghezza della parete

n.p.: numero di piani

hs: altezza dell'interpiano

Mxd: momento di progetto attorno all'asse x (fuori piano)

Myd: momento di progetto attorno all'asse y (nel piano)

NEd: sforzo normale di progetto

MEd: Momento flettente di progetto di progetto

VEd: sforzo di taglio di progetto

Ngrav.: sforzo normale dovuto ai carichi gravitazionali

NReale.: sforzo normale derivante dall'analisi

VRcd: resistenza a taglio dovuta alle bielle di calcestruzzo

epsilon: coefficiente di maggiorazione del taglio derivante dall'analisi

alfaS: $MEd/(VEd \cdot lw)$ formula 7.4.15

At: area tesa di acciaio

roh: rapporto tra area della sezione orizzontale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

rov: rapporto tra area della sezione verticale dell'armatura di anima e l'area della sezione di calcestruzzo

VRsd: resistenza a taglio della sezione con armature

Somma(A_{sj}) - A_i: somma delle aree delle barre verticali che attraversano la superficie di scorrimento

csi: altezza della parte compressa normalizzata all'altezza della sezione

Vdd: contributo dell'effetto spinotto delle armature verticali

Vfd: contributo della resistenza per attrito

Vid: contributo delle armature inclinate presenti alla base

VRd,s: valore di progetto della resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento

M01: momento flettente inferiore per verifica instabilità

M02: momento flettente superiore per verifica instabilità

etot: eccentricità complessiva EC2 12.6.5.2 (12.12)

Fi: coefficiente riduttivo EC2 12.6.5.2 (12.11)

l0: lunghezza libera di inflessione

beta: coefficiente EC2 12.6.5.1 (12.9)

Nrd: resistenza di progetto EC2 12.6.5.2 (12.10)

l,lim: snellezza limite EC2 12.6.5.1 (4)

At: area di calcestruzzo del traverso in parete con blocco cassero in legno

Vr,cls: resistenza a taglio in assenza di armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno

Mu: momento resistente ultimo del singolo traverso in parete con blocco cassero in legno

Hp: resistenza a trazione dell'elemento teso in parete con blocco cassero in legno

R: fattore di efficienza in parete con blocco cassero in legno

Vr,s: contributo alla resistenza a taglio della armatura orizzontale in parete con blocco cassero in legno

Vrd: resistenza a taglio per trazione del diagonale in parete con blocco cassero in legno

l: luce netta della trave di collegamento

h: altezza della trave di collegamento

b: spessore della trave di collegamento

d: altezza utile della trave di collegamento

Asi: area complessiva della armatura a X

M,plast: momenti resistenti della trave a filo appoggio

T,plast: sforzi di taglio nella trave derivanti da gerarchia delle resistenze

Fondazione Spalla (1)

Valori in daN, cm
C25/30: rck 300
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
833	v	50	100	4.0	6.3	6.8	7.0	116.604	SLU-79	-40	14447	-4638	1684555
	o	100	100	10.1	15.7	8.4	9.0	2.185	SLU-76	-285	-2521708	-624	-5510349
	v	100	100	10.1	15.7	6.8	7.0	1.001	SLU-79	-4181	-5768463	-4187	-5776522
948	o	100	100	10.1	15.7	8.4	9.0	1.853	SLU-81	-8610	-3339667	-15953	-6187735
	v	100	100	10.1	25.8	6.8	7.1	1.313	SLU-79	-8129	-7208348	-10675	-9465808
1014	o	50	100	6.0	9.4	8.4	9.0	9.364	SLU-79	2541	-234596	23797	-2196785
	v	50	100	4.2	10.8	6.8	7.1	1.090	SLU-55	14468	-2827122	15764	-3080325

Combinazione rara

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
833	v	50	100	4.0	6.3	6.8	7.0	-0.3	7 ra	-2.94E01	1.07E04	26.4	7 ra	-2.94E01	1.07E04	0.00999.00	0.1	0.0	1 ra	
	o	100	100	10.1	15.7	8.4	9.0	-23.2	9 ra	-1.70E03	-1.90E06	1391.6	4 ra	-2.04E02	-1.86E06	0.00999.00	10.9	0.0	1 ra	
	v	100	100	10.1	15.7	6.8	7.0	-49.8	7 ra	-3.09E03	-4.26E06	3026.5	7 ra	-3.09E03	-4.26E06	0.00999.00	24.3	0.0	1 ra	
948	o	100	100	10.1	15.7	8.4	9.0	-30.3	9 ra	-6.37E03	-2.46E06	1651.2	9 ra	-6.37E03	-2.46E06	0.00999.00	13.7	0.0	1 ra	
	v	100	100	10.1	25.8	6.8	7.1	-51.5	7 ra	-6.03E03	-5.32E06	2311.4	7 ra	-6.03E03	-5.32E06	0.25999.00	0.0	348.9	7 ra	
1014	o	50	100	6.0	9.4	8.4	9.0	-3.3	7 ra	1.88E03	-1.74E05	317.7	7 ra	1.88E03	-1.74E05	0.00999.00	2.4	0.0	1 ra	
	v	50	100	4.2	10.8	6.8	7.1	-40.6	7 ra	1.07E04	-2.09E06	2733.4	7 ra	1.07E04	-2.09E06	0.36999.00	0.0	421.5	7 ra	

Combinazione frequente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c
833	v	50	100	4.0	6.3	6.8	7.0	-0.1	2 fr	-5.98E00	4.13E03	10.9	2 fr	-5.98E00	4.13E03	0.00	0.40	0.0	0.0	1 fr
	o	100	100	10.1	15.7	8.4	9.0	-16.5	2 fr	-8.04E02	-1.35E06	990.9	1 fr	-7.11E02	-1.35E06	0.00	0.40	7.8	0.0	1 fr
	v	100	100	10.1	15.7	6.8	7.0	-25.9	2 fr	-1.88E03	-2.21E06	1563.7	2 fr	-1.88E03	-2.21E06	0.00	0.40	12.6	0.0	1 fr
948	o	100	100	10.1	15.7	8.4	9.0	-21.5	2 fr	-5.04E03	-1.75E06	1155.2	2 fr	-5.04E03	-1.75E06	0.00	0.40	9.6	0.0	1 fr
	v	100	100	10.1	25.8	6.8	7.1	-23.3	2 fr	-1.78E03	-2.42E06	1068.0	2 fr	-1.78E03	-2.42E06	0.00	0.40	13.6	0.0	1 fr
1014	o	50	100	6.0	9.4	8.4	9.0	-1.3	1 fr	4.96E02	-6.41E04	106.7	1 fr	4.96E02	-6.41E04	0.00	0.40	0.8	0.0	1 fr
	v	50	100	4.2	10.8	6.8	7.1	-9.8	2 fr	3.27E03	-5.15E05	703.1	2 fr	3.27E03	-5.15E05	0.00	0.40	6.6	0.0	1 fr

Combinazione quasi permanente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c
833	v	50	100	4.0	6.3	6.8	7.0	-0.1	1 q.	-5.76E00	4.08E03	10.8	1 q.	-5.76E00	4.08E03	0.00	0.30	0.0	0.0	1 q.
	o	100	100	10.1	15.7	8.4	9.0	-16.5	1 q.	-7.11E02	-1.35E06	990.9	1 q.	-7.11E02	-1.35E06	0.00	0.30	7.8	0.0	1 q.
	v	100	100	10.1	15.7	6.8	7.0	-25.6	1 q.	-1.85E03	-2.19E06	1548.6	1 q.	-1.85E03	-2.19E06	0.00	0.30	12.5	0.0	1 q.
948	o	100	100	10.1	15.7	8.4	9.0	-21.3	1 q.	-5.06E03	-1.73E06	1142.6	1 q.	-5.06E03	-1.73E06	0.00	0.30	9.5	0.0	1 q.
	v	100	100	10.1	25.8	6.8	7.1	-23.0	1 q.	-1.79E03	-2.39E06	1054.0	1 q.	-1.79E03	-2.39E06	0.00	0.30	13.5	0.0	1 q.
1014	o	50	100	6.0	9.4	8.4	9.0	-1.3	1 q.	4.96E02	-6.41E04	106.7	1 q.	4.96E02	-6.41E04	0.00	0.30	0.8	0.0	1 q.
	v	50	100	4.2	10.8	6.8	7.1	-9.6	1 q.	3.27E03	-5.07E05	694.0	1 q.	3.27E03	-5.07E05	0.00	0.30	6.5	0.0	1 q.

Fusto Spalla (1)

Parete fra le coordinate in pianta (0;0) (-471;820)
da quota -100 a quota 320
Valori in daN, cm
C35/45: rck 450
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
364	o	100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	1.014	SLU-51	3993	-4136392	4050	-4195541
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	9.463	SLU-51	-224	-4475966	-2115	-4504155
430	o	100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	1.228	SLU-51	-26813	-4477859	-32933	-5499864
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	2.332	SLU-51	7095	-1640118	16543	-3824232
485	o	86	80	8.0	12.6	8.4	9.0	1.033	SLU-51	256	-3361286	264	-3473700
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	13.916	SLU-51	-492	-335991	-6847	-4675578

Combinazione rara

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
364	o	100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-55.3	3 ra	2.08E03	-3.07E06	3043.4	3 ra	2.08E03	-3.07E06	0.00999.00	28.0	0.0	1 ra	
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-6.3	3 ra	-7.19E02	-3.66E05	324.5	3 ra	-2.59E02	-3.53E05	0.00999.00	3.2	0.0	1 ra	
430	o	100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-60.7	3 ra	-2.17E04	-3.32E06	2551.2	3 ra	-2.17E04	-3.32E06	0.00999.00	27.4	0.0	1 ra	
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-20.1	3 ra	5.15E03	-1.22E06	1303.7	3 ra	5.15E03	-1.22E06	0.00999.00	11.6	0.0	1 ra	
485	o	86	80	8.0	12.6	8.4	9.0	-54.1	3 ra	-4.21E02	-2.49E06	2997.1	3 ra	-4.21E02	-2.49E06	0.00999.00	26.2	0.0	1 ra	
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-4.3	3 ra	-3.91E02	-2.48E05	221.9	3 ra	-3.91E02	-2.48E05	0.00999.00	2.2	0.0	1 ra	

Combinazione frequente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c
364	o	100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-17.0	1 fr	-5.52E03	-9.31E05	733.4	1 fr	-5.52E03	-9.31E05	0.00	0.20	7.8	0.0	1 fr
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-0.8	1 fr	-1.13E03	-5.08E04	17.1	1 fr	-1.13E03	-5.08E04	0.00	0.20	0.3	0.0	1 fr
430	o	100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-18.6	1 fr	-2.80E04	-1.12E06	318.9	1 fr	-2.80E04	-1.12E06	0.00	0.20	6.7	0.0	1 fr
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-8.7	1 fr	8.82E02	-5.17E05	514.0	1 fr	8.82E02	-5.17E05	0.00	0.20	4.8	0.0	1 fr
485	o	86	80	8.0	12.6	8.4	9.0	-16.9	1 fr	-1.07E03	-7.74E05	895.0	1 fr	-1.07E03	-7.74E05	0.00	0.20	8.0	0.0	1 fr
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-0.9	1 fr	-2.80E02	-5.39E04	42.3	1 fr	-2.80E02	-5.39E04	0.00	0.20	0.5	0.0	1 fr

Combinazione quasi permanente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c
364	o	100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-17.0	1 q.	-5.52E03	-9.31E05	733.4	1 q.	-5.52E03	-9.31E05	0.00	0.20	7.8	0.0	1 q.
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-0.8	1 q.	-1.13E03	-5.08E04	17.1	1 q.	-1.13E03	-5.08E04	0.00	0.20	0.3	0.0	1 q.
430	o	100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-18.6	1 q.	-2.80E04	-1.12E06	318.9	1 q.	-2.80E04	-1.12E06	0.00	0.20	6.7	0.0	1 q.
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-8.7	1 q.	8.82E02	-5.17E05	514.0	1 q.	8.82E02	-5.17E05	0.00	0.20	4.8	0.0	1 q.
485	o	86	80	8.0	12.6	8.4	9.0	-16.9	1 q.	-1.07E03	-7.74E05	895.0	1 q.	-1.07E03	-7.74E05	0.00	0.20	8.0	0.0	1 q.
	v	100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-0.9	1 q.	-2.80E02	-5.39E04	42.3	1 q.	-2.80E02	-5.39E04	0.00	0.20	0.5	0.0	1 q.



Paraghiaia Spalla (1)

Parete fra le coordinate in pianta (128;0) (-343;820)
da quota 220 a quota 465
Valori in daN, cm
C35/45; rck 450
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
1848	o	88	40	4.5	8.0	7.8	8.0	1.301	SLU-79	681	-809556	886	-1053509
	v	100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	22.669	15 SLV	1781	3410	40375	77306
1858	o	50	40	2.3	4.0	7.8	8.0	1.124	SLU-79	1273	-458762	1430	-515557
	v	100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	34.361	15 SLV	1150	2734	39517	93941

Combinazione rara

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
1848	o	88	40	4.5	8.0	7.8	8.0	-57.2	3 ra	4.33E02	-6.00E05	2579.8	7 ra	4.96E02	-6.00E05	0.00999.00	25.0	0.0	1 ra	ra
	v	100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	-3.2	7 ra	-1.20E03	-3.69E04	102.9	7 ra	-1.20E03	-3.69E04	0.00999.00	1.1	0.0	1 ra	ra
1858	o	50	40	2.3	4.0	7.8	8.0	-60.4	3 ra	8.77E02	-3.40E05	2995.9	7 ra	9.35E02	-3.40E05	0.00999.00	25.4	0.0	1 ra	ra
	v	100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	-0.9	3 ra	-1.41E03	-1.47E04	33.1	13 ra	2.76E00	5.78E03	0.00999.00	0.2	0.0	1 ra	ra

Combinazione frequente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c	
1848	o	88	40	4.5	8.0	7.8	8.0	-3.1	1 fr	-9.13E02	-3.38E04	85.7	2 fr	-8.92E02	-3.37E04	0.00	0.20	1.2	0.0	1 fr	fr
	v	100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	-0.2	2 fr	-1.89E02	-2.86E03	5.6	2 fr	-2.81E01	1.44E03	0.00	0.20	0.1	0.0	1 fr	fr
1858	o	50	40	2.3	4.0	7.8	8.0	-3.2	2 fr	-4.80E02	-1.88E04	96.5	2 fr	-4.80E02	-1.88E04	0.00	0.20	1.1	0.0	1 fr	fr
	v	100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	-0.1	2 fr	-1.07E02	-1.74E03	2.3	2 fr	1.05E01	-2.24E02	0.00	0.20	0.0	0.0	1 fr	fr

Combinazione quasi permanente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c	
1848	o	88	40	4.5	8.0	7.8	8.0	-3.1	1 q.	-9.13E02	-3.38E04	84.7	1 q.	-9.13E02	-3.38E04	0.00	0.20	1.1	0.0	1 q.	q.
	v	100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	-0.2	1 q.	-2.11E02	-2.93E03	4.8	1 q.	-3.45E01	1.39E03	0.00	0.20	0.1	0.0	1 q.	q.
1858	o	50	40	2.3	4.0	7.8	8.0	-3.2	1 q.	-4.99E02	-1.89E04	94.5	1 q.	-4.99E02	-1.89E04	0.00	0.20	1.1	0.0	1 q.	q.
	v	100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	-0.1	1 q.	-1.20E02	-1.77E03	2.1	1 q.	8.49E00	-2.20E02	0.00	0.20	0.0	0.0	1 q.	q.

Ala Spalla (1)

Parete fra le coordinate in pianta (440;0) (0;0)
da quota -100 a quota 465
Valori in daN, cm
C35/45: rck 450
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
1625	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	2.110	SLU-51	8136	-800935	17167	-1689971
	v 98	40	9.0	32.2	6.8	9.4	1.241	SLU-75	6039	-2717590	7493	-3371583
1708	o 89	40	8.0	12.6	8.4	9.0	1.031	SLU-51	-98	-1534437	-101	-1581695
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	1.797	SLU-75	31310	-1815062	56250	-3260876
2089	o 50	40	4.0	6.3	8.4	9.0	1.923	SLU-51	-6415	-513417	-12337	-987384
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	1.161	SLU-75	25581	1171564	29689	1359691
2091	o 89	40	8.0	12.6	8.4	9.0	2.450	SLU-51	-9530	-783812	-23348	-1920359
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	2.076	SLU-31	20401	580019	42344	1203882

Combinazione rara

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
1625	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-44.7	3 ra	2.94E03	-6.29E05	1581.4	3 ra	5.99E03	-5.93E05	0.00999	0.00	23.5	0.0	1 ra
	v 98	40	9.0	32.2	6.8	9.4	-111.1	3 ra	4.47E03	-2.01E06	2755.1	3 ra	4.47E03	-2.01E06	0.16999	0.00	156.5	3 ra	
1708	o 89	40	8.0	12.6	8.4	9.0	-95.0	3 ra	-9.46E01	-1.14E06	3260.6	3 ra	-9.46E01	-1.14E06	0.49999	0.00	433.8	3 ra	
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	-65.7	7 ra	2.27E04	-1.34E06	1892.0	3 ra	2.32E04	-1.34E06	0.19999	0.00	291.7	3 ra	
2089	o 50	40	4.0	6.3	8.4	9.0	-58.7	7 ra	-4.77E03	-3.80E05	1760.2	3 ra	-4.76E03	-3.80E05	0.00999	0.00	25.4	0.0	1 ra
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	-71.3	3 ra	1.89E04	8.68E05	3588.8	3 ra	1.89E04	8.68E05	0.21999	0.00	149.5	3 ra	
2091	o 89	40	8.0	12.6	8.4	9.0	-48.2	7 ra	-7.10E03	-5.81E05	1365.1	3 ra	-7.08E03	-5.81E05	0.00999	0.00	21.8	0.0	1 ra
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	-43.8	3 ra	1.27E04	-8.87E05	1659.7	7 ra	1.14E04	3.63E05	0.06999	0.00	171.8	3 ra	

Combinazione frequente

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
1625	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-6.5	1 fr	-2.24E03	-9.33E04	151.3	1 fr	-1.59E03	-8.85E04	0.00	0.20	2.8	0.0	1 fr
	v 98	40	9.0	32.2	6.8	9.4	-24.8	1 fr	1.94E03	-4.53E05	636.4	1 fr	1.94E03	-4.53E05	0.00	0.20	16.9	0.0	1 fr
1708	o 89	40	8.0	12.6	8.4	9.0	-18.6	1 fr	-2.41E03	-2.24E05	540.9	1 fr	-2.41E03	-2.24E05	0.00	0.20	8.5	0.0	1 fr
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	-12.1	2 fr	5.94E03	-2.54E05	384.8	1 fr	6.09E03	-2.55E05	0.00	0.20	10.4	0.0	1 fr
2089	o 50	40	4.0	6.3	8.4	9.0	-8.2	2 fr	-1.30E03	-5.45E04	211.9	2 fr	-8.99E02	-5.06E04	0.00	0.20	3.3	0.0	1 fr
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	-13.1	1 fr	4.37E03	1.57E05	692.2	1 fr	4.37E03	1.57E05	0.00	0.20	6.5	0.0	1 fr
2091	o 89	40	8.0	12.6	8.4	9.0	-6.7	2 fr	-2.07E03	-8.23E04	161.6	2 fr	-1.41E03	-7.70E04	0.00	0.20	2.8	0.0	1 fr
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	-7.8	1 fr	2.34E03	-1.58E05	216.8	1 fr	2.34E03	-1.58E05	0.00	0.20	6.1	0.0	1 fr

Combinazione quasi permanente

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
1625	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-6.5	1 q.	-2.24E03	-9.33E04	151.3	1 q.	-1.59E03	-8.85E04	0.00	0.20	2.8	0.0	1 q.
	v 98	40	9.0	32.2	6.8	9.4	-24.8	1 q.	1.94E03	-4.53E05	636.4	1 q.	1.94E03	-4.53E05	0.00	0.20	16.9	0.0	1 q.
1708	o 89	40	8.0	12.6	8.4	9.0	-18.6	1 q.	-2.41E03	-2.24E05	540.9	1 q.	-2.41E03	-2.24E05	0.00	0.20	8.5	0.0	1 q.
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	-12.1	1 q.	6.09E03	-2.55E05	384.8	1 q.	6.09E03	-2.55E05	0.00	0.20	10.4	0.0	1 q.
2089	o 50	40	4.0	6.3	8.4	9.0	-8.2	1 q.	-1.30E03	-5.45E04	211.9	1 q.	-8.96E02	-5.05E04	0.00	0.20	3.3	0.0	1 q.
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	-13.1	1 q.	4.37E03	1.57E05	692.2	1 q.	4.37E03	1.57E05	0.00	0.20	6.5	0.0	1 q.
2091	o 89	40	8.0	12.6	8.4	9.0	-6.7	1 q.	-2.06E03	-8.22E04	161.5	1 q.	-1.40E03	-7.68E04	0.00	0.20	2.8	0.0	1 q.
	v 100	40	10.1	38.3	6.8	9.5	-7.8	1 q.	2.34E03	-1.58E05	216.8	1 q.	2.34E03	-1.58E05	0.00	0.20	6.1	0.0	1 q.

Fondazione Spalla (2)

Valori in daN, cm
C25/30: rck 300
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
18	o 50	100	6.3	6.3	9.0	9.0	6.749	SLU-75	-1328	-388283	-8960	-2620501
430	o 100	100	15.7	15.7	9.0	9.0	2.043	SLU-80	-7360	-3015652	-15034	-6159610
	v 100	100	15.7	15.7	7.0	7.0	1.009	SLU-75	-14012	-6166102	-14139	-6222334

Combinazione rara

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
18	o 50	100	6.3	6.3	9.0	9.0	-7.7	3 ra	-9.83E02	-2.87E05	459.6	3 ra	-9.83E02	-2.87E05	0.00999	0.00	3.1	0.0	1 ra
430	o 100	100	15.7	15.7	9.0	9.0	-26.8	8 ra	-5.43E03	-2.23E06	1504.1	8 ra	-5.43E03	-2.23E06	0.00999	0.00	12.3	0.0	1 ra
	v 100	100	15.7	15.7	7.0	7.0	-52.3	3 ra	-1.04E04	-4.56E06	3024.5	3 ra	-1.04E04	-4.56E06	0.00999	0.00	25.2	0.0	1 ra

Combinazione frequente

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
18	o 50	100	6.3	6.3	9.0	9.0	-4.1	1 fr	-4.43E02	-1.52E05	249.4	1 fr	-4.43E02	-1.52E05	0.00	0.40	1.7	0.0	1 fr
430	o 100	100	15.7	15.7	9.0	9.0	-16.8	2 fr	-4.73E03	-1.39E06	931.9	2 fr	-3.41E03	-1.38E06	0.00	0.40	7.6	0.0	1 fr
	v 100	100	15.7	15.7	7.0	7.0	-27.7	1 fr	-4.63E03	-2.42E06	1631.9	1 fr	-4.63E03	-2.42E06	0.00	0.40	13.4	0.0	1 fr

Combinazione quasi permanente

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
18	o 50	100	6.3	6.3	9.0	9.0	-4.1	1 q.	-4.43E02	-1.52E05	249.4	1 q.	-4.43E02	-1.52E05	0.00	0.30	1.7	0.0	1 q.
430	o 100	100	15.7	15.7	9.0	9.0	-16.7	1 q.	-4.77E03	-1.39E06	929.4	1 q.	-3.38E03	-1.38E06	0.00	0.30	7.6	0.0	1 q.
	v 100	100	15.7	15.7	7.0	7.0	-27.7	1 q.	-4.63E03	-2.42E06	1631.9	1 q.	-4.63E03	-2.42E06	0.00	0.30	13.4	0.0	1 q.

Fusto Spalla (2)

Parete fra le coordinate in pianta (0;2000) (472;2820)
da quota -100 a quota 320
Valori in daN, cm
C35/45: rck 450
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
964	o 100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	1.057	SLU-55	-37575	-5425487	-39712	-5734027
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	10.905	EQU-7	-3093	-516197	-33728	-5628914
1070	o 100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	1.024	SLU-55	-16029	-4807606	-16415	-4923420
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	7.615	SLU-55	591	-560060	4501	-4264636
1158	o 50	80	5.1	7.9	8.4	9.0	1.018	SLU-55	2474	-2053304	2519	-2090122
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	25.493	SLU-75	454	98123	11579	2501487

Combinazione rara

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
964	o 100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-73.4	7 ra	-2.93E04	-4.01E06	2994.5	7 ra	-2.93E04	-4.01E06	0.00999.00	32.8	0.0	1 ra	0.0
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-7.0	7 ra	-3.29E03	-3.98E05	277.2	7 ra	-3.29E03	-3.98E05	0.00999.00	3.2	0.0	1 ra	0.0
1070	o 100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-64.9	7 ra	-1.30E04	-3.56E06	3047.3	7 ra	-1.30E04	-3.56E06	0.00999.00	30.6	0.0	1 ra	0.0
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-7.1	7 ra	1.16E02	-4.14E05	402.8	7 ra	4.09E02	-4.15E05	0.00999.00	3.8	0.0	1 ra	0.0
1158	o 50	80	5.1	7.9	8.4	9.0	-54.7	7 ra	8.16E02	-1.52E06	3026.5	7 ra	1.44E03	-1.52E06	0.00999.00	27.9	0.0	1 ra	0.0
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-1.4	3 ra	3.36E02	7.27E04	122.0	3 ra	3.36E02	7.27E04	0.00999.00	0.7	0.0	1 ra	0.0

Combinazione frequente

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c
964	o 100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-17.4	2 fr	-2.91E04	-1.06E06	255.3	2 fr	-2.91E04	-1.06E06	0.00	0.20	6.0	0.0	1 fr
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-2.1	2 fr	-1.07E04	1.02E05	60.2	2 fr	-1.42E03	-1.08E05	0.00	0.20	0.8	0.0	1 fr
1070	o 100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-13.9	2 fr	-1.50E04	-7.93E05	336.1	2 fr	-1.50E04	-7.93E05	0.00	0.20	5.3	0.0	1 fr
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-0.8	2 fr	4.30E02	-5.10E04	61.5	2 fr	4.30E02	-5.10E04	0.00	0.20	0.5	0.0	1 fr
1158	o 50	80	5.1	7.9	8.4	9.0	-9.1	2 fr	-6.13E02	-2.50E05	482.0	2 fr	-3.87E01	-2.51E05	0.00	0.20	4.5	0.0	1 fr
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-0.3	1 fr	4.04E02	1.75E04	103.3	1 fr	2.12E03	-1.28E03	0.00	0.20	0.3	0.0	1 fr

Combinazione quasi permanente

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c
964	o 100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-17.0	1 q.	-2.88E04	-1.04E06	247.9	1 q.	-2.88E04	-1.04E06	0.00	0.20	5.9	0.0	1 q.
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-2.1	1 q.	-1.07E04	1.01E05	57.9	1 q.	-1.43E03	-1.05E05	0.00	0.20	0.8	0.0	1 q.
1070	o 100	80	10.1	15.7	8.4	9.0	-13.6	1 q.	-1.48E04	-7.77E05	327.7	1 q.	-1.48E04	-7.77E05	0.00	0.20	5.2	0.0	1 q.
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-0.8	1 q.	4.31E02	-4.99E04	60.5	1 q.	4.31E02	-4.99E04	0.00	0.20	0.5	0.0	1 q.
1158	o 50	80	5.1	7.9	8.4	9.0	-8.8	1 q.	-5.11E02	-2.44E05	475.1	1 q.	6.45E01	-2.44E05	0.00	0.20	4.4	0.0	1 q.
	v 100	80	10.1	15.7	6.8	7.0	-0.3	1 q.	4.04E02	1.75E04	103.3	1 q.	2.12E03	-1.28E03	0.00	0.20	0.3	0.0	1 q.

Paragliaia Spalla (2)

Parete fra le coordinate in pianta (128;2000) (600;2820)
da quota 220 a quota 465
Valori in daN, cm
C35/45: rck 450
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
1864	o 50	40	2.8	5.1	7.8	8.0	1.831	SLU-79	-8811	386506	-16129	707538
	v 100	40	14.3	14.3	8.2	8.4	1.006	SLU-79	100705	214719	101280	215946
1879	o 92	40	5.7	10.1	7.8	8.0	1.906	EQU-79	-15448	707345	-29448	1348410
	v 100	40	14.3	14.3	8.2	8.4	1.022	SLU-79	70484	-723683	72056	-739819
2020	o 50	40	2.3	4.0	7.8	8.0	1.152	SLU-51	2184	-431395	2516	-496980
	v 100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	21.464	SLU-55	1115	-17975	23932	-385827

Combinazione rara

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c
1864	o 50	40	2.8	5.1	7.8	8.0	-54.3	7 ra	-6.51E03	2.85E05	2122.2	7 ra	-6.51E03	2.85E05	0.00999.00	17.7	0.0	1 ra	0.0
	v 100	40	14.3	14.3	8.2	8.4	-13.8	7 ra	1.29E04	-2.21E05	3116.0	7 ra	7.45E04	1.59E05	0.00999.00	23.6	0.0	1 ra	0.0
1879	o 92	40	5.7	10.1	7.8	8.0	-52.7	7 ra	-1.20E04	5.27E05	1990.2	7 ra	-1.20E04	5.27E05	0.00999.00	17.7	0.0	1 ra	0.0
	v 100	40	14.3	14.3	8.2	8.4	-25.3	3 ra	5.17E04	-5.36E05	3563.1	7 ra	5.22E04	-5.36E05	0.00999.00	31.8	0.0	1 ra	0.0
2020	o 50	40	2.3	4.0	7.8	8.0	-56.8	3 ra	1.61E03	-3.20E05	2917.2	3 ra	1.61E03	-3.20E05	0.00999.00	24.3	0.0	1 ra	0.0
	v 100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	-1.0	7 ra	8.25E02	-1.33E04	155.0	7 ra	8.25E02	-1.33E04	0.00999.00	0.7	0.0	1 ra	0.0

Combinazione frequente

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c
1864	o 50	40	2.8	5.1	7.8	8.0	-5.0	1 fr	-1.42E03	-3.39E04	91.4	1 fr	-1.42E03	-3.39E04	0.00	0.20	1.8	0.0	1 fr
	v 100	40	14.3	14.3	8.2	8.4	0.0	1 fr	1.91E04	1.69E04	727.2	2 fr	1.93E04	1.77E04	0.00	0.20	5.3	0.0	1 fr
1879	o 92	40	5.7	10.1	7.8	8.0	-4.5	1 fr	-1.61E03	-5.51E04	107.2	1 fr	-1.61E03	-5.51E04	0.00	0.20	1.8	0.0	1 fr
	v 100	40	14.3	14.3	8.2	8.4	-7.2	1 fr	1.37E04	-1.47E05	954.6	2 fr	1.37E04	-1.47E05	0.00	0.20	8.6	0.0	1 fr
2020	o 50	40	2.3	4.0	7.8	8.0	-3.6	1 fr	-1.83E02	-2.02E04	146.0	1 fr	-1.83E02	-2.02E04	0.00	0.20	1.4	0.0	1 fr
	v 100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	0.0	1 fr	5.88E01	1.53E02	9.9	2 fr	7.65E01	-4.71E02	0.00	0.20	0.0	0.0	1 fr

Combinazione quasi permanente

nod sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wklim	st	Sm(mm)	c
1864	o 50	40	2.8	5.1	7.8	8.0	-5.0	1 q.	-1.42E03	-3.39E04	91.4	1 q.	-1.42E03	-3.39E04	0.00	0.20	1.8	0.0	1 q.
	v 100	40	14.3	14.3	8.2	8.4	0.0	1 q.	1.91E04	1.69E04	718.6	1 q.	1.91E04	1.69E04	0.00	0.20	5.2	0.0	1 q.
1879	o 92	40	5.7	10.1	7.8	8.0	-4.5	1 q.	-1.61E03	-5.51E04	107.2	1 q.	-1.61E03	-5.51E04	0.00	0.20	1.8	0.0	1 q.
	v 100	40	14.3	14.3	8.2	8.4	-7.2	1 q.	1.37E04	-1.47E05	952.1	1 q.	1.37E04	-1.47E05	0.00	0.20	8.6	0.0	1 q.
2020	o 50	40	2.3	4.0	7.8	8.0	-3.6	1 q.	-1.83E02	-2.02E04	146.0	1 q.	-1.83E02	-2.02E04	0.00	0.20	1.4	0.0	1 q.
	v 100	40	5.7	5.7	6.6	6.6	0.0	1 q.	5.88E01	1.53E02	9.9	1 q.	7.66E01	-4.70E02	0.00	0.20	0.0	0.0	1 q.



Ala Spalla (2)

Parete fra le coordinate in pianta (440;2000) (0;2000)
da quota -100 a quota 465
Valori in daN, cm
C35/45: rck 450
fyk 4500

Verifica di stato limite ultimo

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	c.s.	comb	N	M	Nu	Mu
1638	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	1.510	SLU-55		10487	-1132864	15831	-1710209
	v 100	40	10.1	33.8	6.8	9.2	1.155	SLU-79		11730	-2997947	13547	-3462264
1863	o 98	40	10.1	15.7	8.4	9.0	1.155	SLU-55		17522	-1420049	20230	-1639533
	v 50	40	4.0	11.7	6.8	8.9	1.882	SLU-79		285	365784	536	688325
1867	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	1.432	SLU-55		-1123	-1374626	-1608	-1967875
	v 100	40	10.1	40.7	6.8	9.6	3.313	SLU-79		13054	-1103012	43243	-3653834
2123	o 50	40	4.0	6.3	8.4	9.0	2.584	SLU-51		-5382	-390959	-13907	-1010164
	v 100	40	10.1	42.3	6.8	9.7	1.352	SLU-79		11613	1165231	15704	1575655

Combinazione rara

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c		
1638	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-59.4	7	ra	7.66E03	-8.39E05	2434.1	7	ra	3.04E04	2.36E05	0.00999	0.0	32.2	0.0	1	ra
	v 100	40	10.1	33.8	6.8	9.2	-116.7	7	ra	8.67E03	-2.22E06	2937.3	7	ra	8.67E03	-2.22E06	0.22999	0.0	199.5	7	ra	
1863	o 98	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-75.0	7	ra	1.28E04	-1.05E06	2880.0	7	ra	1.28E04	-1.05E06	0.42999	0.0	418.4	7	ra	
	v 50	40	4.0	11.7	6.8	8.9	-46.2	7	ra	1.97E02	2.71E05	2155.1	7	ra	1.97E02	2.71E05	0.00999	0.0	20.8	0.0	1	ra
1867	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-72.4	7	ra	-8.85E02	-1.02E06	2323.8	7	ra	-8.85E02	-1.02E06	0.20999	0.0	269.4	7	ra	
	v 100	40	10.1	40.7	6.8	9.6	-40.3	3	ra	9.41E03	-8.17E05	1035.0	7	ra	9.64E03	-8.17E05	0.00999	0.0	30.9	0.0	1	ra
2123	o 50	40	4.0	6.3	8.4	9.0	-45.4	3	ra	-5.70E03	-2.97E05	1309.6	3	ra	-3.99E03	-2.90E05	0.00999	0.0	19.2	0.0	1	ra
	v 100	40	10.1	42.3	6.8	9.7	-69.5	7	ra	8.55E03	8.63E05	3077.4	7	ra	8.55E03	8.63E05	0.00999	0.0	32.2	0.0	1	ra

Combinazione frequente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c		
1638	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-11.5	2	fr	-1.77E03	-1.62E05	313.7	2	fr	-1.77E03	-1.62E05	0.00	0.20	5.4	0.0	1	fr
	v 100	40	10.1	33.8	6.8	9.2	-25.8	2	fr	2.71E03	-4.93E05	665.9	2	fr	2.71E03	-4.93E05	0.00	0.20	18.0	0.0	1	fr
1863	o 98	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-23.1	2	fr	-4.13E02	-3.21E05	729.5	2	fr	-4.13E02	-3.21E05	0.00	0.20	11.7	0.0	1	fr
	v 50	40	4.0	11.7	6.8	8.9	-10.0	2	fr	-6.57E02	6.06E04	401.2	2	fr	-6.57E02	6.06E04	0.00	0.20	5.8	0.0	1	fr
1867	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-12.0	2	fr	-1.77E03	-1.69E05	330.5	2	fr	-1.77E03	-1.69E05	0.00	0.20	5.7	0.0	1	fr
	v 100	40	10.1	40.7	6.8	9.6	-6.7	1	fr	1.42E03	-1.36E05	170.8	2	fr	1.50E03	-1.36E05	0.00	0.20	5.1	0.0	1	fr
2123	o 50	40	4.0	6.3	8.4	9.0	-5.4	1	fr	-1.45E03	-3.77E04	96.8	1	fr	-1.45E03	-3.77E04	0.00	0.20	2.0	0.0	1	fr
	v 100	40	10.1	42.3	6.8	9.7	-12.1	2	fr	-6.34E02	1.58E05	466.8	2	fr	-6.34E02	1.58E05	0.00	0.20	5.4	0.0	1	fr

Combinazione quasi permanente

nod	sez	B	H	Af+	Af-	c+	c-	sc	c	N	M	sf	c	N	M	Wk(mm)	Wlim	st	Sm(mm)	c		
1638	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-11.4	1	q.	-1.88E03	-1.60E05	306.5	1	q.	-1.88E03	-1.60E05	0.00	0.20	5.3	0.0	1	q.
	v 100	40	10.1	33.8	6.8	9.2	-25.7	1	q.	2.67E03	-4.90E05	661.7	1	q.	2.67E03	-4.90E05	0.00	0.20	17.9	0.0	1	q.
1863	o 98	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-22.9	1	q.	-5.36E02	-3.18E05	717.6	1	q.	-5.36E02	-3.18E05	0.00	0.20	11.6	0.0	1	q.
	v 50	40	4.0	11.7	6.8	8.9	-10.0	1	q.	-6.98E02	6.06E04	395.9	1	q.	-6.98E02	6.06E04	0.00	0.20	5.7	0.0	1	q.
1867	o 100	40	10.1	15.7	8.4	9.0	-11.9	1	q.	-1.81E03	-1.67E05	325.7	1	q.	-1.81E03	-1.67E05	0.00	0.20	5.6	0.0	1	q.
	v 100	40	10.1	40.7	6.8	9.6	-6.7	1	q.	1.42E03	-1.36E05	169.5	1	q.	1.42E03	-1.36E05	0.00	0.20	5.1	0.0	1	q.
2123	o 50	40	4.0	6.3	8.4	9.0	-5.4	1	q.	-1.45E03	-3.77E04	96.8	1	q.	-1.45E03	-3.77E04	0.00	0.20	2.0	0.0	1	q.
	v 100	40	10.1	42.3	6.8	9.7	-12.1	1	q.	-7.63E02	1.58E05	462.5	1	q.	-7.63E02	1.58E05	0.00	0.20	5.4	0.0	1	q.

11 DESCRIZIONE DELLE OPERE SPECIALI

Per gli elevati carichi trasmessi dai plinti di fondazione sono necessarie fondazioni profonde costituite da pali di grande diametro della lunghezza variabile per trasferire i carichi allo strato inferiore di buone caratteristiche geotecniche.

I pali trivellati vengono realizzati con asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato mediante attrezzatura adeguata a qualsiasi tipo di terreno da attraversare con l'ausilio del rivestimento provvisorio (incamicatura) totale del foro.

Il diametro medio reso dei pali è di circa 800 mm e la lunghezza di perforazione è variabile.

L'armatura dei pali è costituita da una gabbia di armatura formata da correnti $\phi 24$ mm e da staffe spirroidali $\phi 10$ mm in acciaio B450C e giuntate a 10 m.

L'iniezione dei pali viene eseguita con calcestruzzo SCC tipo min C25/30 fino al completo getto del palo.

Per i particolari esecutivi si rimanda alle tavole grafiche dettagliate.

Nella tabella seguente si riportano le dimensioni e le armature impiegate per i diversi pali di fondazione. La porzione superiore di ciascun palo, di lunghezza pari a 10 metri, è armata in maniera differente rispetto alla porzione inferiore, oltre 10 metri.

posizione		ϕ pali [m]	L pali [m]	armatura porzione superiore			armatura porzione inferiore		
				Lsup [m]	correnti	staffe spiroidali	Linf [m]	correnti	staffe spiroidali
spalla	SP1	0.8	18	10	24 ϕ 24	ϕ 12/10	8	24 ϕ 24	ϕ 10/20
pila	P1	0.8	18	10	24 ϕ 24	ϕ 10/10	8	24 ϕ 24	ϕ 10/20
pila	P2	0.8	18	10	24 ϕ 24	ϕ 10/10	8	24 ϕ 24	ϕ 10/20
spalla	SP2	0.8	18	10	24 ϕ 24	ϕ 12/10	8	24 ϕ 24	ϕ 10/20

12 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riportano i carichi prevalenti per i pali.

La distribuzione dei carichi sui pali, è stata determinata facendo riferimento alla seguente espressione:

$$N_{(i)} = \frac{N}{n} \pm \frac{M_y}{\sum_{i=1}^n x_i^2} * x_i \pm \frac{M_x}{\sum_{i=1}^n y_i^2} * y_i$$

dove "N_i" è il carico che agisce sul palo i-esimo mentre le grandezze "x_i", "y_i" rappresentano le coordinate del palo rispetto al baricentro della fondazione.

SPALLE E PILE

Condizione	Carico normale Kg	Taglio T kg
SLU-STR	280000	47000
SLE-RARA	210000	35000
SLV	140000	30000

13 CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE

13.1 METODO DI CALCOLO

Le verifiche della capacità portante dei pali di fondazione sono state eseguite con il metodo degli stati limite secondo l'approccio 2 che prevede la sola combinazione A1+M1+R3 per le verifiche sia di tipo strutturale che di tipo geotecnico (cap. 6.4.3.1 delle NTC 2008) con i coefficienti riportati nelle tabelle seguenti.

Carichi	Effetto	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Coefficienti parziali per le azioni (Tab. 6.2.I NTC 2008)

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso unità volume	γ	γ_{γ}	1.0	1.0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno (Tab. 6.2.II NTC 2008)

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1.0	1.45	1.15	1.0	1.7	1.35	1.0	1.6	1.3
Laterale compr.	γ_s	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15	1.0	1.45	1.15
Totale	γ_t	1.0	1.45	1.15	1.0	1.6	1.30	1.0	1.55	1.25
Laterale traz.	γ_{st}	1.0	1.6	1.25	1.0	1.6	1.25	1.0	1.6	1.25

Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche (Tab. 6.4.II NTC 2008)

N° verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Fattori di correlazione in funzione del numero di verticali indagate

13.2 CAPACITA' PORTANTE PALI

Il carico limite di un palo Q_{lim} viene convenzionalmente diviso in due parti, la resistenza alla punta P e la resistenza laterale S :

$$Q_{lim} = P + S = \frac{\pi d^2}{4} p + \pi d \int_0^L s \cdot dz$$

dove con p si indica la resistenza unitaria alla punta, con s la resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia laterale palo-terreno, con d il diametro e con L la lunghezza del palo.

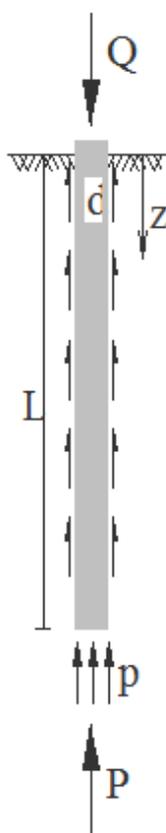


Figura 41 – Carico limite palo $Q_{lim} = P + S$

La suddivisione è convenzionale perché gli sforzi laterali e quelli di punta vengono mobilitati con cedimenti diversi; pertanto non è detto che siano contemporaneamente agenti le resistenze massime P e S quando il palo va a rottura.

Nel nostro caso il calcolo è stato eseguito anche secondo quanto previsto dalle Raccomandazioni AGI sui pali di fondazione.

Le varie teorie esistenti conducono a relazioni fra N_q e ϕ' notevolmente diverse.

Sistematiche ricerche condotte da Kerisel ('61) e Vesic ('67) mostrano che la resistenza alla punta non cresce linearmente con la profondità, ma, al contrario, si mantiene costante al di sotto di una profondità critica; sia il valore di P_{pu} che la profondità critica aumentano con l'aumentare di ϕ' .

Una spiegazione di questo andamento è stata proposta da Vesic ('77), secondo il quale la rottura alla punta avviene secondo il meccanismo presentato nella figura seguente.

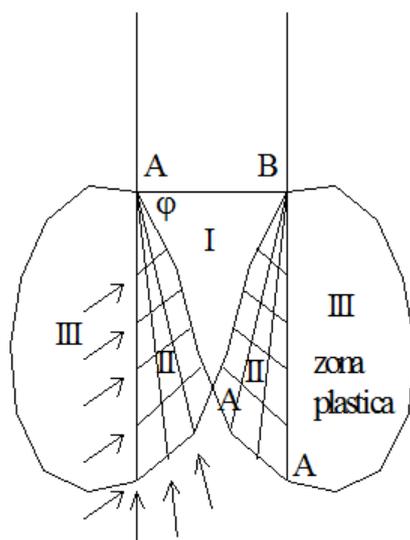


Figura 42 – Meccanismo di rottura alla punta secondo Vesic

La pressione di confinamento esercitata dalla zona III sulla zona II viene posta pari a quella necessaria ad espandere una cavità sferica in un mezzo elasto-plastico; ed è per questo che egli assume il coefficiente η .

Berezantzev et al. ('61) postulano l'esistenza di una sorta d'effetto silo, come illustrato nella figura seguente, per il quale la tensione verticale σ_v sarebbe minore della tensione litostatica; il coefficiente N_q risulta funzione decrescente del rapporto L/d , oltre che funzione crescente dell'angolo d'attrito.

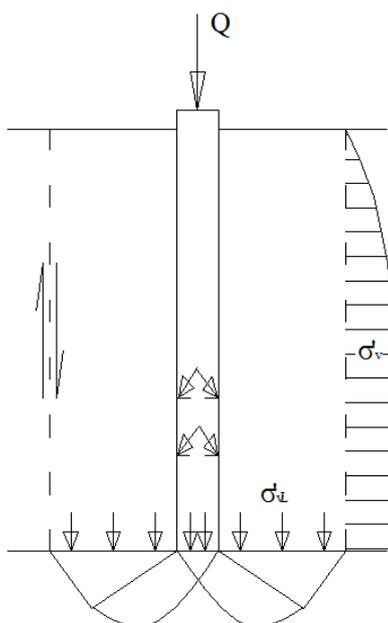


Figura 43 – Effetto silo

Per quanto riguarda il valore di ϕ' da assumere nel calcolo della resistenza alla punta, esso dovrà considerare la densità relativa e il livello di tensione. Se invece ci si basa sullo stato limite di servizio, Berezantzev ('65) propone di utilizzare nel progetto il valore dello sforzo alla punta in corrispondenza del quale si verificano le prime deformazioni plastiche.

Tale sforzo, che provocherebbe cedimenti compresi fra $0.06d$ e $0.1d$, può essere valutato con l'espressione relativa alla completa plasticizzazione, nella quale, però, i valori di N_q sono sostituiti dai valori di N_q^* significativamente minori dei primi:

$$P_{pu} = A_p N_q^* \sigma_v'$$

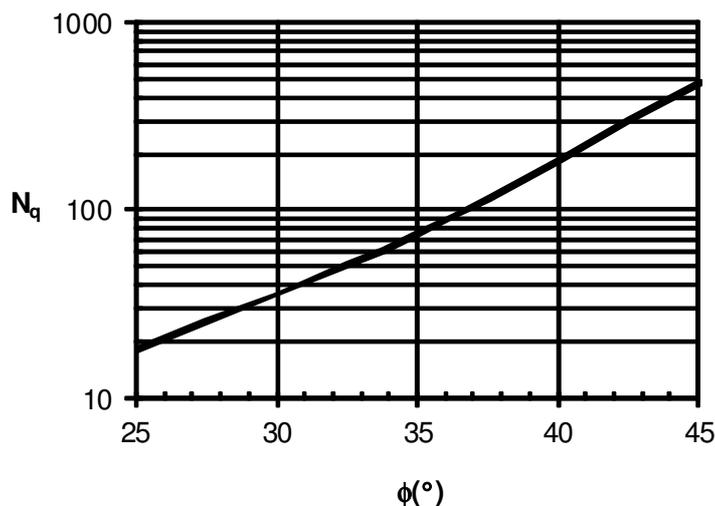


Figura 44 – Valori generali di N_q (Berezantzev)

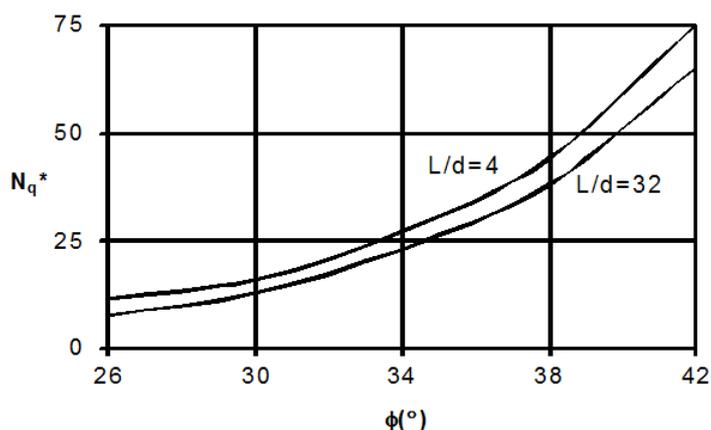


Figura 45 – Valori di N_q^* (Berezantzev ridotto)

Si riporta di seguito il calcolo della capacità portante a compressione dei pali trivellati (metodi di Tomlinson, Burland e Berezantzev) per le spalle.

Parametri geotecnici

strati	profondità		valori medi						
	inizio m	fine m	γ_{sat} kg/m ³	γ' kg/m ³	ϕ' medio (°)	C_u medio kg/cm ²	$\sigma'_{v\text{inizio}}$ kg/m ²	$\sigma'_{v\text{fine}}$ kg/m ²	$\sigma'_{v\text{punta}}$ kg/m ²
1	3,00	10,00	1900	1000	30	0,00	5700	19000	0
2	10,00	15,00	2000	1000	30	0,00	19000	29000	0
3	15,00	17,00	2000	1000	37	0,00	29000	33000	0
4	17,00	20,50	2100	1000	40	0,00	33000	40350	40350
5									
6									

Capacità portante laterale di calcolo

strati	spessore m	$\sigma'_{v\text{medio}}$ kg/m ²	A_{clat} cm ²	$\mu = tg \phi$	k	α	capacità portante Q_{clat}	
							incoerenti kg	coerenti kg
1	7	12350	175840	0,58	0,00	1,00	0	0
2	5	24000	125600	0,58	0,40	1,00	69572	0
3	2	31000	50240	0,75	0,40	1,00	46913	0
4	3,5	36675	87920	0,84	0,40	1,00	108148	0
5								
6								

Sondaggi	Spalle	Lunghezza	Diametro	Peso Palo	$\sigma'_{v\text{ (punta)}}$	φ (punta)	N* q	$Q_{cpunta, calc}$	$Q_{clat, calc}$	ξ_3	ξ_4	
[n°]	[ID]	[m]	[m]	[kg]	[kg/m ²]	[°]		[kg]	[kg]			
PO1	1	SP1-SP2	18	0,8	22619	40350	40	37	750439	224633	1,7	-

STATI LIMITE ULTIMI - COMBINAZIONE A1+M1+R3

Capacità portante laterale caratteristica	$Q_{clat, k} = Q_{clat, calc} / \xi_3$	132137 [kg]
Capacità portante punta caratteristica	$Q_{cpunta, k} = Q_{cpunta, calc} / \xi_3$	441434
Capacità portante laterale di progetto	$Q_{clat, d} = Q_{clat, k} / \gamma_s$	114902
Capacità portante di punta di progetto	$Q_{cpunta, d} = Q_{cpunta, k} / \gamma_b$	326988
Capacità portante di progetto	$Q_{c, d} = Q_{clat, d} + Q_{cpunta, d} - 1,3 \times P_p$	412485
Capacità portante di progetto assunta		$Q_{c, d} = 412485$

Si ottengono le capacità di seguito ricapitolate:

spalla SP1 e SP2

Pali $\phi 800$ mm L=18 m

Capacità portante limite (SLU: A1+M1+R3): **$Q_{lim, compr} = 412.485$ kg**

pila P1 e P2

Pali $\phi 800$ mm L=18 m

Capacità portante limite (SLU: A1+M1+R3): **$Q_{lim, compr} = 412.485$ kg**

I pali devono essere posti ad una distanza uno dall'altro di almeno $3 \div 3.5$ diametri. Tuttavia, si può affermare che l'efficienza della palificata, in terreni incoerenti, risulta non minore dell'unità (da esperienze condotte - Vesic, 1968).

Nel progetto, si potrà assumere $E = 1$ e la capacità portante totale diviene:

$$Q_{tot} = n^{\circ} \text{pali} \times E \times Q_{amm}$$

14 VERIFICHE PALI

14.1 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE – SPALLE

Sul palo più sollecitato graverà un carico verticale massimo di:

$$E_d = 350.000 \text{ kg} < Q_{lim} = 412.485 \text{ kg} \quad (\text{SLU})$$

$$E_d = 200.000 \text{ kg} < Q_{lim} = 412.485 \text{ kg} \quad (\text{SLV})$$

14.2 VERIFICA CAPACITA' PORTANTE VERTICALE – PILE

Sul palo più sollecitato graverà un carico verticale massimo di:

$$E_d = 350.000 \text{ kg} < Q_{lim} = 412.485 \text{ kg} \quad (\text{SLU})$$

$$E_d = 200.000 \text{ kg} < Q_{lim} = 412.485 \text{ kg} \quad (\text{SLV})$$

14.3 VERIFICA DELL'INSTABILITA' ELASTICA DEI PALI

I pali di fondazione hanno un rapporto massimo L/d pari a 20-22.5. La snellezza di questi pali trivellati è molto limitata per cui si omette la verifica dell'instabilità dell'equilibrio elastico in quanto non significativa ed ampiamente soddisfatta.

14.4 VERIFICA STRUTTURALE E DEI CEDIMENTI DEI PALI

Per la verifica strutturale della sezione dei pali trivellati e per la verifica dei cedimenti verticali e degli spostamenti laterali dei pali di fondazione sono state considerate tre combinazioni di carico per ciascun diametro del palo: una allo SLV e una allo SLU per le verifiche strutturali ed una allo SLE per gli spostamenti.

Di seguito si riportano i risultati maggiormente significativi per le principali situazioni.

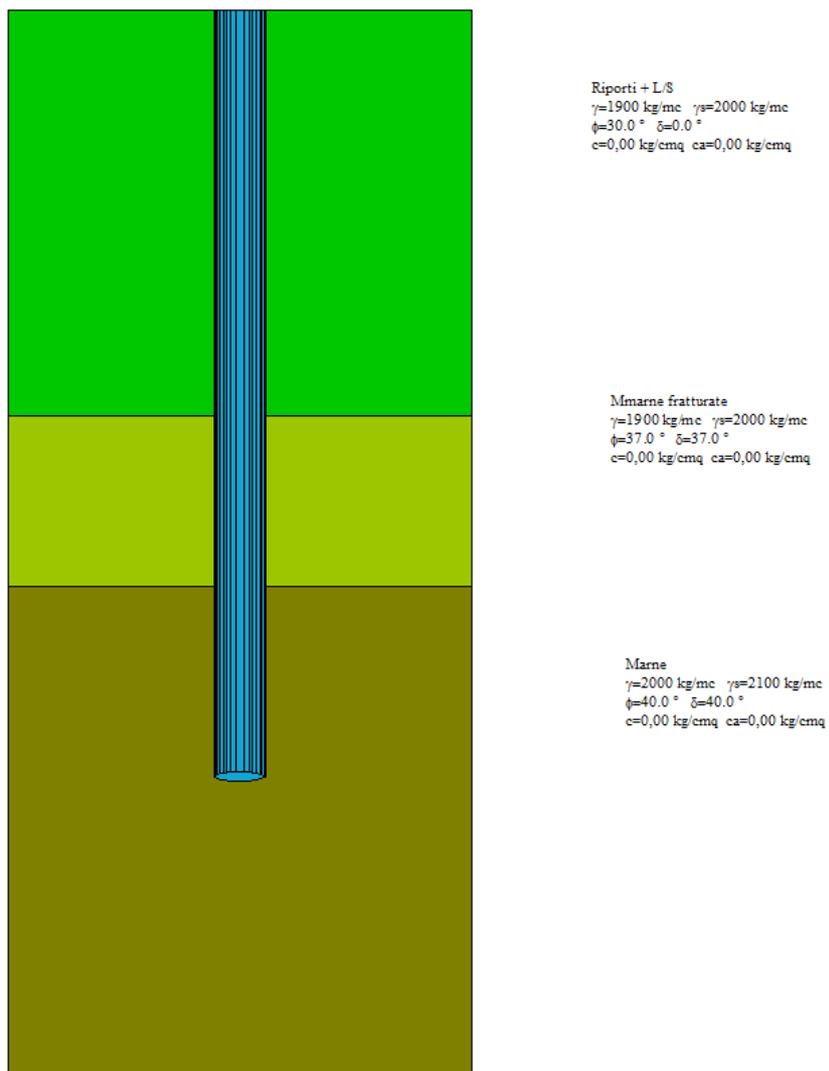


Figura 46 – Schema generale di calcolo

Palo diametro 800 mm per SPALLA SP1 e SP2 e PILE P1 e P2

combinazione SLU (per verifica strutturale) **$V_{max} = 350.000 \text{ kg}$**

$H_{max} = 22.000 \text{ kg}$

combinazione SLE (per verifica spostamento) **$V_{max} = 260.000 \text{ kg}$**

$H_{max} = 17.000 \text{ kg}$

combinazione SLV (per verifica strutturale) **$V_{max} = 200.000 \text{ kg}$**

$H_{max} = 42.000 \text{ kg}$

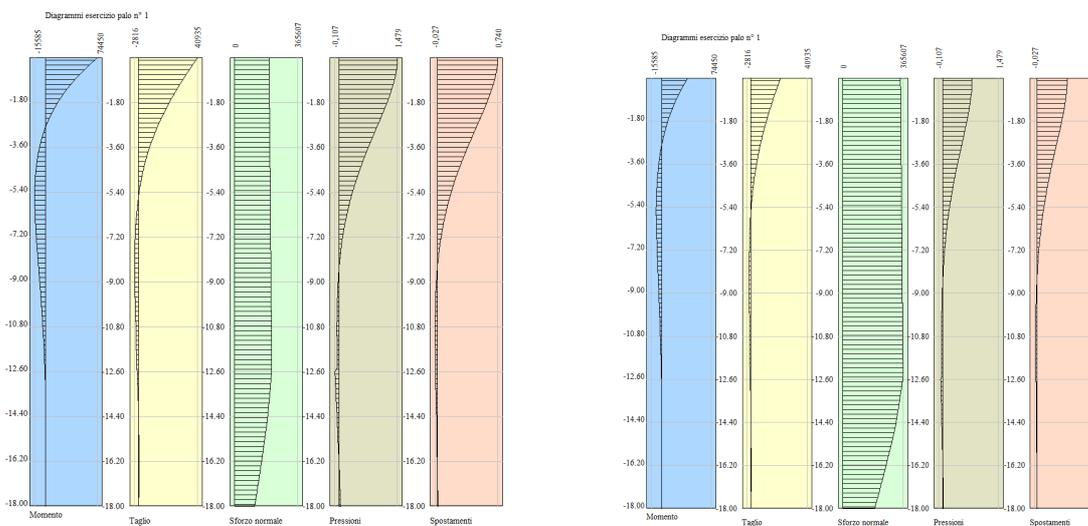


Figura 47 – Diagrammi delle sollecitazioni, combinazione SLV e SLU

Il diagramma seguente riporta le sollecitazioni agenti sulla sezione del palo che risulta essere verificata.

L'armatura è formata da correnti 24 ϕ 24 mm e staffe ϕ 12/10 per i primi 10 m e da 24 ϕ 24 mm e staffe ϕ 10/20 per la parte inferiore.

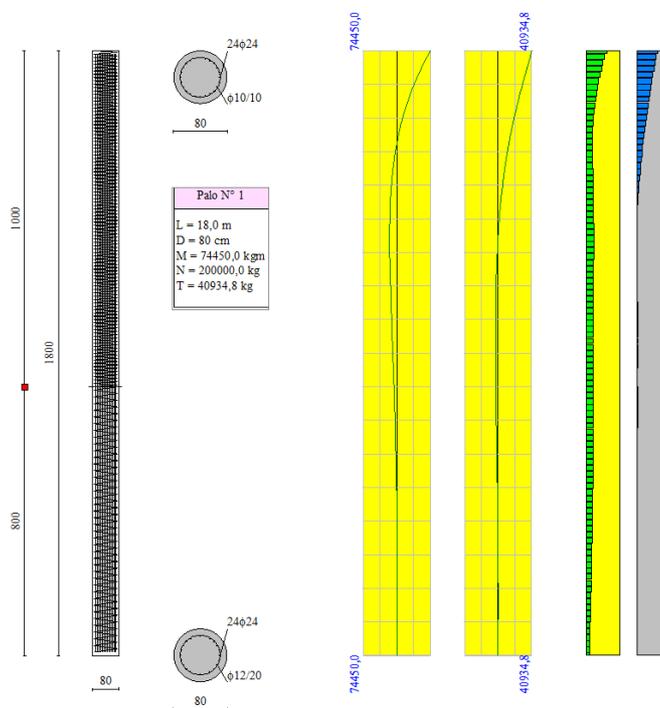


Figura 48 – Diagrammi sollecitazioni massime sull'armatura

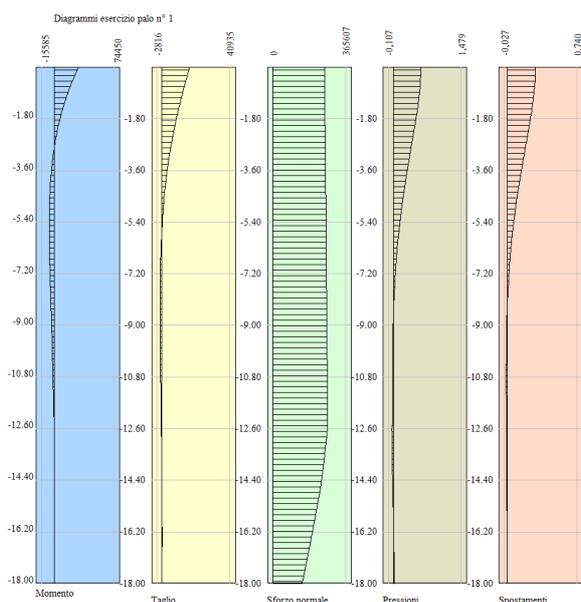


Figura 49 – Diagrammi delle sollecitazioni, combinazione SLE

Il cedimento massimo del palo di diametro 800 mm è di circa 0.77 cm mentre lo spostamento laterale massimo in testa è di 0.30 cm. Le deformazioni laterali proseguono fino a circa 1200 cm dal plinto di fondazione e il valore dello spostamento massimo è inferiore allo 0.1% di questa lunghezza.

14.5 REPORT ELABORAZIONE DATI E RISULTATI

Richiami teorici

Analisi del palo soggetto a forze orizzontali (Portanza trasversale)

La resistenza limite laterale di un palo è determinata dal minimo valore fra il carico orizzontale necessario per produrre il collasso del terreno lungo il fusto del palo ed il carico orizzontale necessario per produrre la plasticizzazione del palo. Il primo meccanismo (plasticizzazione del terreno) si verifica nel caso di pali molto rigidi in terreni poco resistenti (meccanismo di palo corto) mentre il secondo meccanismo si verifica nel caso di pali aventi rigidezze non eccessive rispetto al terreno di infissione (meccanismo di palo lungo o intermedio). Nel modello di terreno alla Winkler il terreno viene schematizzato come una serie di molle elastiche indipendenti fra di loro. Le molle che schematizzano il terreno vengono caratterizzate tramite una costante di rigidezza elastica, K_h , espressa in $\text{Kg/cm}^2/\text{cm}$ che rappresenta la pressione (in Kg/cm^2) che bisogna applicare per ottenere lo spostamento di 1 cm. La determinazione di questa costante può essere fatta o tramite prove di carico su piastra o mediante metodi analitici (convenzionali). La variazione della costante di Winkler con la profondità dipende dal tipo di terreno in cui il palo è immerso. Ad esempio nel caso di terreni coesivi in condizioni non drenate K_h assume un valore costante con la profondità mentre nel caso di terreni incoerenti la variazione di K_h è di tipo lineare (crescente con la profondità). In generale l'espressione di K_h assume una forma binomia del tipo:

$$K_h(z) = A + B z^n$$

Per l'analisi di pali caricati trasversalmente si utilizza il modello di Winkler. Il palo viene suddiviso in un determinato numero (100) di elementi tipo trave aventi area ed inerzia pari a quella della sezione trasversale del palo. In corrispondenza di ogni nodo di separazione fra i vari elementi viene inserita una molla orizzontale di opportuna rigidezza che schematizza il terreno. Il comportamento delle molle che schematizzano il terreno non è infinitamente elastico ma è di tipo elastoplastico. La singola molla reagisce fino ad un valore limite di spostamento o di reazione; una volta che è stato superato tale limite la molle non offre ulteriori incrementi di resistenza (diagramma tipo elastoplastico perfetto). Indicando con dy_e la lunghezza del tratto di influenza della molla, con D il diametro del palo la molla avrà una rigidezza pari a:

$$K_m = dy_e D K_k$$

La resistenza limite del terreno rappresenta il valore limite di resistenza che il terreno può esplicare quando il palo è soggetto ad un carico orizzontale. La resistenza limite $p_u = p_u(z)$ dipende dalle caratteristiche del terreno e dalla geometria del palo. In terreni puramente coesivi ($c=c_u, \phi=0$) la resistenza cresce dal valore 0 in sommità fino ad un valore limite in corrispondenza di una profondità pari a circa 3 diametri. Il valore limite in tal caso è variabile fra 8 e 12 c_u . Nel caso di terreni dotati di attrito e coesione la resistenza limite ad una generica profondità z è rappresentata dalla relazione (Brinch Hansen):

$$P_u = q K_{pq} + c K_{pc}$$

dove:

D diametro del palo

Q pressione geostatica alla profondità z

C coesione alla profondità z

K_{pq}, K_{pc} coefficienti funzione dell'angolo di attrito del terreno ϕ e del rapporto z/D .

Broms ha eseguito l'analisi considerando il caso sia di palo vincolato in testa che di palo libero immerso in un mezzo omogeneo. Nel caso di terreni coesivi Broms assume in questo caso un diagramma di resistenza nullo fino ad una profondità pari a $1,5D$ e poi valore costante pari a $9c_u D$.

Nel caso di terreni incoerenti Broms assume che la resistenza laterale sia variabile con la profondità dal valore 0 (in testa) fino al valore $3 \sigma_v K_p D$ (alla base) essendo K_p il coefficiente di resistenza passiva espresso da $K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2)$.

Calcolo dei cedimenti verticali dei pali

Il calcolo dei cedimenti viene condotto con il metodo degli elementi finiti.

Determinata la portanza laterale e di punta del palo lo stesso viene discretizzato in n elementi tipo trave aventi area ed inerzia corrispondenti alla sezione trasversale del palo e lunghezza pari ad l_e . Vengono disposte, inoltre, lungo il fusto del palo una serie di molle (una per ogni elemento), coassiali al palo stesso, aventi rigidezza opportuna. Una ulteriore molla viene disposta alla base del palo. Le suddette molle hanno un comportamento elastoplastico. In particolare le molle lungo il fusto saranno in grado di reagire linearmente fino a quando la pressione in corrispondenza di esse non raggiunge il

valore limite dell'aderenza palo terreno. Una volta raggiunto tale valore le molle non saranno più in grado di fornire ulteriore resistenza. La molla posta alla base del palo avrà invece una resistenza limite pari alla portanza di punta del palo stesso. Per la determinazione delle rigidità delle molle si assume uno spostamento di riferimento pari a $\Delta Y=0.500$.

La rigidità della generica molla, posta a profondità z rispetto al piano campagna sarà data da

$$R_l = \frac{(c_a + \sigma_h K_s \operatorname{tg} \delta) \pi D l_e}{\Delta Y}$$

In questa espressione c_a è l'aderenza palo terreno, σ_h è la pressione orizzontale alla profondità z , δ è l'angolo d'attrito palo terreno, K_s è il coefficiente di spinta e D è il diametro del palo.

Indicando con Q_p la portanza alla punta del palo, la rigidità della molla posta alla base dello stesso è data da:

$$R_p = \frac{Q_p}{\Delta Y}$$

Il processo di soluzione è, naturalmente, di tipo iterativo: a partire da un carico iniziale N_0 si determinano gli spostamenti assiali e quindi le reazioni delle molle. La reazione della molla dovrà essere corretta per tener conto di eventuali plasticizzazioni rispettando le equazioni di equilibrio per ogni passo di carico. Il carico iniziale verrà allora incrementato di un passo opportuno ΔN e si ripeterà il procedimento. Il processo iterativo termina quando tutte le molle risultano plasticizzate.

14.5.1 Pali per spalle e per pile

Dati

Geometria della fondazione

Simbologia adottata

Descr	Descrizione del palo
Frm	Forma del palo ((C)=Costante, (R)=Rastremato)
X	Ascissa del baricentro del palo espressa in [m]
Y	Ordinata del baricentro del palo espressa in [m]
D	Diametro del palo espresso in [cm]
L	Lunghezza del palo espressa in [m]

Descr	Frm	X	Y	D	L
		[m]	[m]	[cm]	[m]
Palo 1200	(C)	0,00	0,00	80,00	18,00

Materiali palo

Calcestruzzo

Tipo

C25/30

Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	305,91	[kg/cmq]
Peso specifico	2500,00	[kg/mc]
Coeff. di omogeneizzazione	15,00	
Acciaio		
Tipo	B450C	
Tensione caratteristica di snervamento	4588,65	[kg/cmq]

Caratteristiche pali

- Pali in c.a.
- Armatura con ferri longitudinali e spirale
- Vincolo in testa di tipo INCASTRO
- Tipo di palo TRIVELLATO
- Contributo sia della portanza laterale sia della portanza di punta

Descrizione terreni e falda

Simbologia adottata

Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat}	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo di attrito interno del terreno espresso in gradi
δ	Angolo di attrito palo-terreno espresso in gradi
c	Coesione del terreno espressa in [kg/cmq]
ca	Adesione del terreno espressa in [kg/cmq]
$\phi_{min, med}$	Angolo di attrito interno del terreno minimo e medio espresso in gradi
$\delta_{min, \delta_{med}}$	Angolo di attrito palo-terreno minimo e medio espresso in gradi
$c_{min, c_{med}}$	Coesione del terreno minima e media espressa in [kg/cmq]
$ca_{min, ca_{med}}$	Adesione del terreno minima e media espressa in [kg/cmq]

Parametri caratteristici

Descrizione	γ [kg/mc]	γ_{sat} [kg/mc]	ϕ [°]	δ [°]	c [kg/cmq]	ca [kg/cmq]
Riporti + L/S	1900,0	2000,0	30,00	0,00	0,000	0,000
Mmarne fratturate	1900,0	2000,0	37,00	37,00	0,000	0,000
Marne	2000,0	2100,0	40,00	40,00	0,000	0,000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

- N Identificativo strato
- Z1 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°1 espressa in [m]
- Z2 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°2 espressa in [m]

Z3 Quota dello strato in corrispondenza del punto di sondaggio n°3 espressa in [m]

Terreno Terreno dello strato

Kw Costante di Winkler espressa in Kg/cm²/cm

Ks Coefficiente di spinta

α Coefficiente di espansione laterale

n°	Z1 [m]	Z2 [m]	Z3 [m]	Terreno	Kw [kg/cm ² /cm]	Ks	α
1	-12,5	-12,5	-9,5	Riporti + L/S	2.00	0.10	1.00
2	-14,5	-14,5	-13,5	Mmarne fratturate	5.00	0.40	1.00
3	-25,0	-25,0	-25,0	Marne	5.00	0.50	1.00

Normativa

N.T.C. 2008 - Approccio 2

PALI DI FONDAZIONE

CARICHI VERTICALI. Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei pali

Pali trivellati

		R1	R2	R3
Punta	γ_b	1.00	1.70	1.35
Laterale compressione	γ_s	1.00	1.45	1.15
Totale compressione	γ_c	1.00	1.60	1.30
Laterale trazione	γ_{st}	1.00	1.60	1.25

CARICHI TRASVERSALI. Coefficienti parziali γ_T per le verifiche dei pali.

		R1	R2	R3
	γ_T	1.00	1.60	1.30

Coefficienti di riduzione per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 10 $\xi_3=1.40$ $\xi_4=1.21$

Condizioni di carico

Le condizioni di carico definite rappresentano le combinazioni di calcolo

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

fnd Indice della fondazione

N_{TOT} Sforzo normale totale espressa in [kg]

M_{YTOT} Momento in direzione Y espresso in [kgm]

T_{TOT} Forza di taglio espressa in [kg]

Condizione n° 1 - Condizione SLV - STR - A1-M1-R3

Fondazione	N _{tot} [kg]	M _{tot} [kgm]	T _{tot} [kg]
Palo 800	200000,0	0,0	42000,0

Condizione n° 2 - Condizione SLU - STR - A1-M1-R3

Fondazione	N _{tot} [kg]	M _{tot} [kgm]	T _{tot} [kg]
Palo 800	350000,0	0,0	22000,0

Condizione n° 3 - Condizione SLE

Fondazione	N _{tot} [kg]	M _{tot} [kgm]	T _{tot} [kg]
Palo 800	260000,0	0,0	17000,0

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

- γ Coefficiente di partecipazione della condizione
- Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - STR - A1-M1-R3

Cond	γ	Ψ
Condizione SLV	1.00	1.00

Combinazione n° 2 - STR - A1-M1-R3

Cond	γ	Ψ
Condizione SLU	1.00	1.00

Combinazione n° 3 - SLE

Cond	γ	Ψ
Condizione SLE	1.00	1.00

Opzioni di calcolo

E' stato richiesto di correggere l'angolo di attrito in funzione del tipo di palo (Trivellato/Infisso).

E' stata impostata una pressione a piano campagna pari a 0,47 [kg/cmq]

Verifica della portanza trasversale

Costante di Winkler orizzontale definita da STRATO

Criterio di rottura palo-terreno: Pressione limite

Cedimento verticale in testa ai pali

Per il calcolo dei cedimenti è stato utilizzato il metodo degli Elementi Finiti.

Spostamento limite attrito laterale: 0,50 [cm]

Spostamento limite punta: 1,00 [cm]

RISULTATI

Verifica della portanza trasversale

Simbologia adottata

- cmb Identificativo della combinazione
 Tu Taglio resistente ultimo in testa al palo, espresso in [kg]
 Tx Taglio agente in testa al palo, espresso in [kg]
 $\eta = Tu/Tx$ Coeff. di sicurezza per carichi orizzontali

cmb	Tu [kg]	T [kg]	η
1	57566	42000	1,371
2	57619	22000	2,619

Cedimento verticale in testa ai pali

Simbologia adottata

- cmb Identificativo della combinazione
 w Cedimento in testa al palo, espresso in [cm]
 u Spostamento orizzontale in testa al palo, espresso in [cm]

cmb	w [cm]	u [cm]
1	0,5714	0,7397
2	1,2533	0,3875
3	0,7667	0,2994

Spostamenti e pressioni in esercizio

Simbologia adottata

- Nr. Identificativo sezione palo
 Y ordinata palo espressa in [cm]
 Ue spostamento in esercizio espresso in [cm]
 Pe pressione in esercizio espressa in [kg/cm²]

Combinazione n° 3

n°	Y [m]	Ue [cm]	Pe [kg/cm ²]	n°	Y [m]	Ue [cm]	Pe [kg/cm ²]	n°	Y [m]	Ue [cm]	Pe [kg/cm ²]
1	0,00	0,2994	0,599	2	0,18	0,2987	0,597	3	0,36	0,2965	0,593
4	0,54	0,2931	0,586	5	0,72	0,2886	0,577	6	0,90	0,2832	0,566
7	1,08	0,2768	0,554	8	1,26	0,2698	0,540	9	1,44	0,2620	0,524
10	1,62	0,2538	0,508	11	1,80	0,2451	0,490	12	1,98	0,2360	0,472
13	2,16	0,2267	0,453	14	2,34	0,2171	0,434	15	2,52	0,2074	0,415
16	2,70	0,1977	0,395	17	2,88	0,1879	0,376	18	3,06	0,1781	0,356
19	3,24	0,1684	0,337	20	3,42	0,1588	0,318	21	3,60	0,1494	0,299
22	3,78	0,1401	0,280	23	3,96	0,1311	0,262	24	4,14	0,1222	0,244
25	4,32	0,1137	0,227	26	4,50	0,1054	0,211	27	4,68	0,0974	0,195
28	4,86	0,0897	0,179	29	5,04	0,0823	0,165	30	5,22	0,0752	0,150
31	5,40	0,0684	0,137	32	5,58	0,0620	0,124	33	5,76	0,0559	0,112
34	5,94	0,0501	0,100	35	6,12	0,0446	0,089	36	6,30	0,0394	0,079
37	6,48	0,0346	0,069	38	6,66	0,0300	0,060	39	6,84	0,0258	0,052
40	7,02	0,0218	0,044	41	7,20	0,0181	0,036	42	7,38	0,0147	0,029
43	7,56	0,0116	0,023	44	7,74	0,0087	0,017	45	7,92	0,0061	0,012
46	8,10	0,0037	0,007	47	8,28	0,0015	0,003	48	8,46	-0,0005	-0,001
49	8,64	-0,0022	-0,004	50	8,82	-0,0038	-0,008	51	9,00	-0,0052	-0,010
52	9,18	-0,0064	-0,013	53	9,36	-0,0074	-0,015	54	9,54	-0,0083	-0,017

n°	Y	Ue	Pe	n°	Y	Ue	Pe	n°	Y	Ue	Pe
	[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]		[m]	[cm]	[kg/cmq]
55	9,72	-0,0091	-0,018	56	9,90	-0,0097	-0,019	57	10,08	-0,0102	-0,020
58	10,26	-0,0105	-0,021	59	10,44	-0,0108	-0,022	60	10,62	-0,0110	-0,022
61	10,80	-0,0111	-0,022	62	10,98	-0,0111	-0,022	63	11,16	-0,0110	-0,022
64	11,34	-0,0109	-0,022	65	11,52	-0,0107	-0,021	66	11,70	-0,0104	-0,021
67	11,88	-0,0102	-0,020	68	12,06	-0,0098	-0,020	69	12,24	-0,0095	-0,019
70	12,42	-0,0091	-0,018	71	12,60	-0,0087	-0,043	72	12,78	-0,0082	-0,041
73	12,96	-0,0078	-0,039	74	13,14	-0,0073	-0,037	75	13,32	-0,0069	-0,034
76	13,50	-0,0064	-0,032	77	13,68	-0,0060	-0,030	78	13,86	-0,0055	-0,028
79	14,04	-0,0051	-0,025	80	14,22	-0,0046	-0,023	81	14,40	-0,0042	-0,021
82	14,58	-0,0038	-0,019	83	14,76	-0,0034	-0,017	84	14,94	-0,0030	-0,015
85	15,12	-0,0026	-0,013	86	15,30	-0,0022	-0,011	87	15,48	-0,0018	-0,009
88	15,66	-0,0015	-0,007	89	15,84	-0,0011	-0,006	90	16,02	-0,0008	-0,004
91	16,20	-0,0004	-0,002	92	16,38	-0,0001	0,000	93	16,56	0,0003	0,001
94	16,74	0,0006	0,003	95	16,92	0,0009	0,005	96	17,10	0,0012	0,006
97	17,28	0,0016	0,008	98	17,46	0,0019	0,009	99	17,64	0,0022	0,011
100	17,82	0,0025	0,013	101	18,00	0,0028	0,014	102			

Sollecitazioni

Simbologia adottata

- Nr. Identificativo sezione
- Y ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso (in [m])
- N sforzo normale espresso in [kg]
- T taglio espresso in [kg]
- M momento espresso in [kgm]

Combinazione n° 1

n°	Y	M	T	N	n°	Y	M	T	N
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
1	0,00	74450,03	40934,83	200000,00	2	0,00	67081,76	38809,81	200226,19
3	0,36	60095,99	36699,99	200452,39	4	0,36	53490,00	34614,24	200678,58
5	0,72	47259,43	32560,46	200904,78	6	0,72	41398,55	30545,63	201130,97
7	1,08	35900,34	28575,85	201357,17	8	1,08	30756,68	26656,42	201583,36
9	1,44	25958,53	24791,89	201809,56	10	1,44	21495,99	22986,10	202035,75
11	1,80	17358,49	21242,21	202261,95	12	1,80	13534,89	19562,80	202488,14
13	2,16	10013,59	17949,87	202714,34	14	2,16	6782,61	16404,91	202940,53
15	2,52	3829,73	14928,91	203166,73	16	2,52	1142,52	13522,45	203392,92
17	2,88	-1291,52	12185,71	203619,11	18	2,88	-3484,95	10918,49	203845,31
19	3,24	-5450,27	9720,30	204071,50	20	3,24	-7199,93	8590,33	204297,70
21	3,60	-8746,19	7527,53	204523,89	22	3,60	-10101,14	6530,62	204750,09
23	3,96	-11276,66	5598,10	204976,28	24	3,96	-12284,31	4728,32	205202,48
25	4,32	-13135,41	3919,48	205428,67	26	4,32	-13840,92	3169,63	205654,87
27	4,68	-14411,45	2476,75	205881,06	28	4,68	-14857,27	1838,71	206107,26
29	5,04	-15188,24	1253,33	206333,45	30	5,04	-15413,83	718,36	206559,65
31	5,40	-15543,14	231,54	206785,84	32	5,40	-15584,82	-209,42	207012,03
33	5,76	-15547,12	-606,81	207238,23	34	5,76	-15437,90	-962,93	207464,42
35	6,12	-15264,57	-1280,05	207690,62	36	6,12	-15034,16	-1560,43	207916,81
37	6,48	-14753,28	-1806,26	208143,01	38	6,48	-14428,15	-2019,73	208369,20
39	6,84	-14064,60	-2202,97	208595,40	40	6,84	-13668,07	-2358,05	208821,59
41	7,20	-13243,62	-2486,97	209047,79	42	7,20	-12795,96	-2591,70	209273,98
43	7,56	-12329,46	-2674,11	209500,18	44	7,56	-11848,12	-2736,03	209726,37
45	7,92	-11355,63	-2779,21	209952,57	46	7,92	-10855,37	-2805,31	210178,76
47	8,28	-10350,42	-2815,93	210404,95	48	8,28	-9843,55	-2812,60	210631,15
49	8,64	-9337,28	-2796,78	210857,34	50	8,64	-8833,86	-2769,84	211083,54
51	9,00	-8335,29	-2733,08	211309,73	52	9,00	-7843,34	-2687,73	211535,93
53	9,36	-7359,55	-2634,94	211762,12	54	9,36	-6885,26	-2575,81	211988,32
55	9,72	-6421,61	-2511,34	212214,51	56	9,72	-5969,57	-2442,49	212440,71
57	10,08	-5529,92	-2370,13	212666,90	58	10,08	-5103,30	-2295,08	212893,10
59	10,44	-4690,19	-2218,10	213119,29	60	10,44	-4290,93	-2139,87	213345,49

n°	Y	M	T	N	n°	Y	M	T	N
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
61	10,80	-3905,75	-2061,02	213571,68	62	10,80	-3534,77	-1982,14	213797,87
63	11,16	-3177,98	-1903,74	214024,07	64	11,16	-2835,31	-1826,30	214250,26
65	11,52	-2506,58	-1750,23	214476,46	66	11,52	-2191,54	-1675,90	214702,65
67	11,88	-1889,87	-1603,63	214928,85	68	11,88	-1601,22	-1533,71	215155,04
69	12,24	-1325,15	-1466,37	215381,24	70	12,24	-1061,21	-1401,80	215607,43
71	12,60	-808,88	-1247,72	214529,86	72	12,60	-584,29	-1101,27	212387,44
73	12,96	-386,06	-962,67	210216,96	74	12,96	-212,78	-832,06	208018,40
75	13,32	-63,01	-709,52	205791,78	76	13,32	64,70	-595,07	203537,09
77	13,68	171,81	-488,70	201254,34	78	13,68	259,78	-390,35	198943,51
79	14,04	330,04	-299,91	196604,62	80	14,04	384,03	-217,26	194237,66
81	14,40	423,13	-142,27	191842,63	82	14,40	448,74	-74,79	188956,52
83	14,76	462,20	-14,64	185454,15	84	14,76	464,84	38,35	181910,66
85	15,12	457,94	84,34	178326,04	86	15,12	442,75	123,50	174700,29
87	15,48	420,52	156,00	171033,43	88	15,48	392,44	181,99	167325,44
89	15,84	359,69	201,61	163576,32	90	15,84	323,40	215,00	159786,08
91	16,20	284,70	222,27	155954,72	92	16,20	244,69	223,53	152082,23
93	16,56	204,45	218,88	148168,62	94	16,56	165,06	208,38	144213,89
95	16,92	127,55	192,10	140218,03	96	16,92	92,97	170,08	136181,05
97	17,28	62,36	142,36	132102,94	98	17,28	36,73	108,97	127983,71
99	17,64	17,12	69,90	123823,36	100	17,64	4,53	25,19	119621,88
101	18,00	0,00	25,19	115379,28	102				

Combinazione n° 2

n°	Y	M	T	N	n°	Y	M	T	N
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
1	0,00	38997,63	21442,06	350000,00	2	0,00	35138,06	20328,95	350226,19
3	0,36	31478,85	19223,80	350452,39	4	0,36	28018,57	18131,27	350678,58
5	0,72	24754,94	17055,48	350904,78	6	0,72	21684,95	16000,09	351130,97
7	1,08	18804,94	14968,30	351357,17	8	1,08	16110,64	13962,89	351583,36
9	1,44	13597,32	12986,23	351809,56	10	1,44	11259,80	12040,34	352035,75
11	1,80	9092,54	11126,87	352261,95	12	1,80	7089,70	10247,18	352488,14
13	2,16	5245,21	9402,31	352714,34	14	2,16	3552,80	8593,05	352940,53
15	2,52	2006,05	7819,90	353166,73	16	2,52	598,46	7083,19	353392,92
17	2,88	-676,51	6382,99	353619,11	18	2,88	-1825,45	5719,21	353845,31
19	3,24	-2854,91	5091,59	354071,50	20	3,24	-3771,39	4499,70	354297,70
21	3,60	-4581,34	3942,99	354523,89	22	3,60	-5291,08	3420,80	354750,09
23	3,96	-5906,82	2932,34	354976,28	24	3,96	-6434,64	2476,74	355202,48
25	4,32	-6880,45	2053,06	355428,67	26	4,32	-7250,00	1660,28	355654,87
27	4,68	-7548,86	1297,35	355881,06	28	4,68	-7782,38	963,13	356107,26
29	5,04	-7955,74	656,50	356333,45	30	5,04	-8073,91	376,28	356559,65
31	5,40	-8141,64	121,28	356785,84	32	5,40	-8163,48	-109,69	357012,03
33	5,76	-8143,73	-317,85	357238,23	34	5,76	-8086,52	-504,39	357464,42
35	6,12	-7995,73	-670,50	357690,62	36	6,12	-7875,04	-817,37	357916,81
37	6,48	-7727,91	-946,14	358143,01	38	6,48	-7557,60	-1057,96	358369,20
39	6,84	-7367,17	-1153,94	358595,40	40	6,84	-7159,46	-1235,17	358821,59
41	7,20	-6937,13	-1302,70	359047,79	42	7,20	-6702,65	-1357,56	359273,98
43	7,56	-6458,29	-1400,73	359500,18	44	7,56	-6206,16	-1433,16	359726,37
45	7,92	-5948,19	-1455,78	359952,57	46	7,92	-5686,15	-1469,45	360178,76
47	8,28	-5421,65	-1475,01	360404,95	48	8,28	-5156,15	-1473,27	360631,15
49	8,64	-4890,96	-1464,98	360857,34	50	8,64	-4627,26	-1450,87	361083,54
51	9,00	-4366,11	-1431,61	361309,73	52	9,00	-4108,42	-1407,86	361535,93
53	9,36	-3855,00	-1380,21	361762,12	54	9,36	-3606,56	-1349,23	361988,32
55	9,72	-3363,70	-1315,46	362214,51	56	9,72	-3126,92	-1279,40	362440,71
57	10,08	-2896,63	-1241,50	362666,90	58	10,08	-2673,16	-1202,19	362893,10
59	10,44	-2456,76	-1161,86	363119,29	60	10,44	-2247,63	-1120,88	363345,49
61	10,80	-2045,87	-1079,58	363571,68	62	10,80	-1851,55	-1038,26	363797,87
63	11,16	-1664,66	-997,20	364024,07	64	11,16	-1485,16	-956,63	364250,26
65	11,52	-1312,97	-916,79	364476,46	66	11,52	-1147,95	-877,85	364702,65
67	11,88	-989,93	-840,00	364928,85	68	11,88	-838,73	-803,37	365155,04
69	12,24	-694,13	-768,10	365381,24	70	12,24	-555,87	-734,28	365607,43
71	12,60	-423,70	-653,57	363651,39	72	12,60	-306,06	-576,86	359913,01
73	12,96	-202,22	-504,25	356127,65	74	12,96	-111,46	-435,84	352295,31
75	13,32	-33,01	-371,65	348416,00	76	13,32	33,89	-311,71	344489,70
77	13,68	90,00	-255,99	340516,42	78	13,68	136,07	-204,47	336496,17
79	14,04	172,88	-157,09	332428,93	80	14,04	201,16	-113,80	328314,71
81	14,40	221,64	-74,52	324153,52	82	14,40	235,06	-39,17	319170,35
83	14,76	242,11	-7,67	313155,69	84	14,76	243,49	20,09	307072,19
85	15,12	239,87	44,18	300919,87	86	15,12	231,92	64,69	294698,70
87	15,48	220,27	81,71	288408,71	88	15,48	205,57	95,33	282049,88
89	15,84	188,41	105,60	275622,22	90	15,84	169,40	112,62	269125,73

n°	Y	M	T	N	n°	Y	M	T	N
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
91	16,20	149,13	116,43	262560,40	92	16,20	128,17	117,09	255926,24
93	16,56	107,10	114,65	249223,25	94	16,56	86,46	109,15	242451,42
95	16,92	66,81	100,62	235610,76	96	16,92	48,70	89,09	228701,27
97	17,28	32,66	74,57	221722,95	98	17,28	19,24	57,08	214675,79
99	17,64	8,97	36,62	207559,80	100	17,64	2,37	13,19	200374,97
101	18,00	0,00	13,19	193121,32	102				

Combinazione n° 3

n°	Y	M	T	N	n°	Y	M	T	N
	[m]	[kgm]	[kg]	[kg]		[m]	[kgm]	[kg]	[kg]
1	0,00	30134,54	16568,86	260000,00	2	0,00	27152,14	15708,73	260226,19
3	0,36	24324,57	14854,76	260452,39	4	0,36	21650,71	14010,53	260678,58
5	0,72	19128,82	13179,24	260904,78	6	0,72	16756,56	12363,71	261130,97
7	1,08	14531,09	11566,41	261357,17	8	1,08	12449,13	10789,50	261583,36
9	1,44	10507,02	10034,81	261809,56	10	1,44	8700,76	9303,90	262035,75
11	1,80	7026,06	8598,04	262261,95	12	1,80	5478,41	7918,28	262488,14
13	2,16	4053,12	7265,43	262714,34	14	2,16	2745,34	6640,08	262940,53
15	2,52	1550,13	6042,65	263166,73	16	2,52	462,45	5473,37	263392,92
17	2,88	-522,76	4932,31	263619,11	18	2,88	-1410,57	4419,39	263845,31
19	3,24	-2206,06	3934,41	264071,50	20	3,24	-2914,26	3477,04	264297,70
21	3,60	-3540,12	3046,86	264523,89	22	3,60	-4088,56	2643,35	264750,09
23	3,96	-4564,36	2265,90	264976,28	24	3,96	-4972,22	1913,84	265202,48
25	4,32	-5316,71	1586,46	265428,67	26	4,32	-5602,28	1282,95	265654,87
27	4,68	-5833,21	1002,49	265881,06	28	4,68	-6013,66	744,24	266107,26
29	5,04	-6147,62	507,30	266333,45	30	5,04	-6238,93	290,77	266559,65
31	5,40	-6291,27	93,72	266785,84	32	5,40	-6308,14	-84,76	267012,03
33	5,76	-6292,88	-245,61	267238,23	34	5,76	-6248,67	-389,76	267464,42
35	6,12	-6178,52	-518,12	267690,62	36	6,12	-6085,25	-631,60	267916,81
37	6,48	-5971,57	-731,11	268143,01	38	6,48	-5839,97	-817,51	268369,20
39	6,84	-5692,82	-891,68	268595,40	40	6,84	-5532,31	-954,45	268821,59
41	7,20	-5360,51	-1006,63	269047,79	42	7,20	-5179,32	-1049,02	269273,98
43	7,56	-4990,50	-1082,38	269500,18	44	7,56	-4795,67	-1107,44	269726,37
45	7,92	-4596,33	-1124,92	269952,57	46	7,92	-4393,84	-1135,48	270178,76
47	8,28	-4189,46	-1139,78	270404,95	48	8,28	-3984,30	-1138,44	270631,15
49	8,64	-3779,38	-1132,03	270857,34	50	8,64	-3575,61	-1121,13	271083,54
51	9,00	-3373,81	-1106,25	271309,73	52	9,00	-3174,68	-1087,89	271535,93
53	9,36	-2978,86	-1066,52	271762,12	54	9,36	-2786,89	-1042,59	271988,32
55	9,72	-2599,22	-1016,50	272214,51	56	9,72	-2416,26	-988,63	272440,71
57	10,08	-2238,30	-959,34	272666,90	58	10,08	-2065,62	-928,96	272893,10
59	10,44	-1898,41	-897,80	273119,29	60	10,44	-1736,80	-866,14	273345,49
61	10,80	-1580,90	-834,22	273571,68	62	10,80	-1430,74	-802,29	273797,87
63	11,16	-1286,33	-770,56	274024,07	64	11,16	-1147,63	-739,22	274250,26
65	11,52	-1014,57	-708,43	274476,46	66	11,52	-887,05	-678,34	274702,65
67	11,88	-764,95	-649,09	274928,85	68	11,88	-648,11	-620,79	275155,04
69	12,24	-536,37	-593,53	275381,24	70	12,24	-429,54	-567,40	275607,43
71	12,60	-327,40	-505,03	274178,47	72	12,60	-236,50	-445,75	271397,67
73	12,96	-156,26	-389,65	268581,23	74	12,96	-86,13	-336,78	265729,17
75	13,32	-25,51	-287,19	262841,47	76	13,32	26,19	-240,86	259918,14
77	13,68	69,54	-197,81	256959,17	78	13,68	105,15	-158,00	253964,57
79	14,04	133,59	-121,39	250934,34	80	14,04	155,44	-87,94	247868,48
81	14,40	171,27	-57,59	244766,99	82	14,40	181,63	-30,27	241042,06
83	14,76	187,08	-5,92	236534,77	84	14,76	188,15	15,52	231975,27
85	15,12	185,35	34,14	227363,57	86	15,12	179,21	49,99	222699,66
87	15,48	170,21	63,14	217983,54	88	15,48	158,85	73,66	213215,21
89	15,84	145,59	81,60	208394,68	90	15,84	130,90	87,02	203521,94
91	16,20	115,24	89,97	198596,99	92	16,20	99,04	90,48	193619,83
93	16,56	82,76	88,59	188590,47	94	16,56	66,81	84,34	183508,90
95	16,92	51,63	77,75	178375,12	96	16,92	37,63	68,84	173189,14
97	17,28	25,24	57,62	167950,94	98	17,28	14,87	44,11	162660,54
99	17,64	6,93	28,29	157317,93	100	17,64	1,84	10,19	151923,12
101	18,00	0,00	10,19	146476,09	102				

Sollecitazioni limiti

Simbologia adottata

Nr. Identificativo sezione

Y ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso (in [m])
 Nr sforzo normale espresso in [kg]
 Tr taglio espresso in [kg]
 Mr momento espresso in [kgm]

n°	Y [m]	Mr [kgm]	Tr [kg]	Nr [kg]	n°	Y [m]	Mr [kgm]	Tr [kg]	Nr [kg]
1	0,00	102030,82	57566,45	369773,96	2	0,00	102030,82	57566,45	369773,96
3	0,36	82362,25	50301,65	369773,96	4	0,36	82362,25	50301,65	369773,96
5	0,72	64768,27	44627,61	369773,96	6	0,72	64768,27	44627,61	369773,96
7	1,08	49199,43	39165,96	369773,96	8	1,08	49199,43	39165,96	369773,96
9	1,44	35573,25	33979,41	369773,96	10	1,44	35573,25	33979,41	369773,96
11	1,80	23786,19	29114,00	369773,96	12	1,80	23786,19	29114,00	369773,96
13	2,16	13719,49	24601,36	369773,96	14	2,16	13719,49	24601,36	369773,96
15	2,52	5244,16	20460,71	369773,96	16	2,52	5244,16	20460,71	369773,96
17	2,88	-1774,70	16700,79	369773,96	18	2,88	-1774,70	16700,79	369773,96
19	3,24	-7474,35	13321,66	369773,96	20	3,24	-7474,35	13321,66	369773,96
21	3,60	-11991,37	10316,23	369773,96	22	3,60	-11991,37	10316,23	369773,96
23	3,96	-15459,26	7671,75	369773,96	24	3,96	-15459,26	7671,75	369773,96
25	4,32	-18006,51	5371,05	369773,96	26	4,32	-18006,51	5371,05	369773,96
27	4,68	-19755,10	3393,68	369773,96	28	4,68	-19755,10	3393,68	369773,96
29	5,04	-20819,42	1716,90	369773,96	30	5,04	-20819,42	1716,90	369773,96
31	5,40	-21305,53	316,50	369773,96	32	5,40	-21305,53	316,50	369773,96
33	5,76	-21310,69	-832,49	369773,96	34	5,76	-21310,69	-832,49	369773,96
35	6,12	-20923,14	-1755,17	369773,96	36	6,12	-20923,14	-1755,17	369773,96
37	6,48	-20222,11	-2476,33	369773,96	38	6,48	-20222,11	-2476,33	369773,96
39	6,84	-19277,98	-3019,99	369773,96	40	6,84	-19277,98	-3019,99	369773,96
41	7,20	-18152,53	-3409,18	369773,96	42	7,20	-18152,53	-3409,18	369773,96
43	7,56	-16899,39	-3665,61	369773,96	44	7,56	-16899,39	-3665,61	369773,96
45	7,92	-15564,50	-3809,59	369773,96	46	7,92	-15564,50	-3809,59	369773,96
47	8,28	-14186,61	-3859,87	369773,96	48	8,28	-14186,61	-3859,87	369773,96
49	8,64	-12797,89	-3833,57	369773,96	50	8,64	-12797,89	-3833,57	369773,96
51	9,00	-11424,45	-3746,21	369773,96	52	9,00	-11424,45	-3746,21	369773,96
53	9,36	-10087,01	-3611,66	369773,96	54	9,36	-10087,01	-3611,66	369773,96
55	9,72	-8801,41	-3442,21	369773,96	56	9,72	-8801,41	-3442,21	369773,96
57	10,08	-7579,20	-3248,64	369773,96	58	10,08	-7579,20	-3248,64	369773,96
59	10,44	-6428,21	-3040,23	369773,96	60	10,44	-6428,21	-3040,23	369773,96
61	10,80	-5353,03	-2824,91	369773,96	62	10,80	-5353,03	-2824,91	369773,96
63	11,16	-4355,52	-2609,32	369773,96	64	11,16	-4355,52	-2609,32	369773,96
65	11,52	-3435,27	-2398,89	369773,96	66	11,52	-3435,27	-2398,89	369773,96
67	11,88	-2590,01	-2197,95	369773,96	68	11,88	-2590,01	-2197,95	369773,96
69	12,24	-1816,00	-2009,81	369773,96	70	12,24	-1816,00	-2009,81	369773,96
71	12,60	-1108,40	-1710,11	365861,80	72	12,60	-1108,40	-1710,11	365861,80
73	12,96	-528,89	-1319,40	357897,56	74	12,96	-528,89	-1319,40	357897,56
75	13,32	-86,13	-972,41	349746,78	76	13,32	-86,13	-972,41	349746,78
77	13,68	235,70	-669,76	341409,46	78	13,68	235,70	-669,76	341409,46
79	14,04	452,55	-410,99	332885,60	80	14,04	452,55	-410,99	332885,60
81	14,40	580,11	-194,93	324175,20	82	14,40	580,11	-194,93	324175,20
83	14,76	633,64	-19,99	311785,06	84	14,76	633,64	-19,99	311785,06
85	15,12	627,77	115,66	299121,61	86	15,12	627,77	115,66	299121,61
87	15,48	576,47	213,87	286184,85	88	15,48	576,47	213,87	286184,85
89	15,84	493,06	276,38	272974,78	90	15,84	493,06	276,38	272974,78
91	16,20	390,26	304,69	259491,40	92	16,20	390,26	304,69	259491,40
93	16,56	280,26	300,04	245734,70	94	16,56	280,26	300,04	245734,70
95	16,92	174,84	263,32	231704,70	96	16,92	174,84	263,32	231704,70
97	17,28	85,47	195,14	217401,38	98	17,28	85,47	195,14	217401,38
99	17,64	23,46	95,82	202824,74	100	17,64	23,46	95,82	202824,74
101	18,00	0,00	34,52	0,00	102				

Descrizione armature

Il progetto e la verifica delle armature sono stati effettuati con il metodo degli stati limite ultimi.

Nei primi 10,00 [m] l'armatura longitudinale è costituita da 24 $\varnothing 24$ mentre l'armatura trasversale è costituita da staffe $\varnothing 10$ / 10 [cm].

A partire dalla quota di 10,00 [m] l'armatura longitudinale è costituita da 24 $\varnothing 24$ mentre l'armatura trasversale è costituita da staffe $\varnothing 10 / 20$ [cm].

Verifica armature pali

Simbologia adottata

Y	ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso espressa in [m]
CS	coefficiente di sicurezza
M	momento agente, espresso in [kgm]
N	sforzo normale agente, espresso in [kg]
M _u	momento ultimo, espresso in [kgm]
N _u	sforzo normale ultimo, espresso in [kg]
T	taglio agente, espresso in [kg]
V _{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]

Verifiche a presso-flessione

Combinazione n° 1

Y	A _r	M	N	M _u	N _u	CS
[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
0,00	108,57	74450	200000	118897	319401	1.60
0,18	108,57	67082	200226	118214	352845	1.76
0,36	108,57	60096	200452	116247	387748	1.93
0,54	108,57	53490	200679	113550	426008	2.12
0,72	108,57	47259	200905	110475	469640	2.34
0,90	108,57	41399	201131	106532	517576	2.57
1,08	108,57	35900	201357	101883	571437	2.84
1,26	108,57	30757	201583	96027	629374	3.12
1,44	108,57	25959	201810	89022	692084	3.43
1,62	108,57	21496	202036	80499	756587	3.74
1,80	108,57	17358	202262	70509	821569	4.06
1,98	108,57	13535	202488	59175	885286	4.37
2,16	108,57	10014	202714	46787	947149	4.67
2,34	108,57	6783	202941	33344	997686	4.92
2,52	108,57	3830	203167	18769	995720	4.90
2,70	108,57	1143	203393	5583	993941	4.89
2,88	108,57	-1292	203619	6305	994038	4.88
3,06	108,57	-3485	203845	17019	995484	4.88
3,24	108,57	-5450	204072	26622	996779	4.88
3,42	108,57	-7200	204298	35169	997933	4.88
3,60	108,57	-8746	204524	41574	972174	4.75
3,78	108,57	-10101	204750	46738	947386	4.63
3,96	108,57	-11277	204976	50981	926679	4.52
4,14	108,57	-12284	205202	54459	909702	4.43
4,32	108,57	-13135	205429	57270	895666	4.36
4,50	108,57	-13841	205655	59472	883666	4.30
4,68	108,57	-14411	205881	61197	874263	4.25
4,86	108,57	-14857	206107	62507	867127	4.21
5,04	108,57	-15188	206333	63451	861983	4.18



Y	Ar	M	N	Mu	Nu	CS
[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
5,22	108,57	-15414	206560	64071	858605	4.16
5,40	108,57	-15543	206786	64402	856801	4.14
5,58	108,57	-15585	207012	64474	856406	4.14
5,76	108,57	-15547	207238	64314	857281	4.14
5,94	108,57	-15438	207464	63943	859303	4.14
6,12	108,57	-15265	207691	63381	862364	4.15
6,30	108,57	-15034	207917	62646	866370	4.17
6,48	108,57	-14753	208143	61753	871233	4.19
6,66	108,57	-14428	208369	60718	876878	4.21
6,84	108,57	-14065	208595	59552	883231	4.23
7,02	108,57	-13668	208822	58268	890227	4.26
7,20	108,57	-13244	209048	56878	897805	4.29
7,38	108,57	-12796	209274	55356	905324	4.33
7,56	108,57	-12329	209500	53743	913195	4.36
7,74	108,57	-11848	209726	52055	921436	4.39
7,92	108,57	-11356	209953	50301	929999	4.43
8,10	108,57	-10855	210179	48489	938839	4.47
8,28	108,57	-10350	210405	46631	947912	4.51
8,46	108,57	-9844	210631	44729	957115	4.54
8,64	108,57	-9337	210857	42793	966357	4.58
8,82	108,57	-8834	211084	40833	975707	4.62
9,00	108,57	-8335	211310	38859	985128	4.66
9,18	108,57	-7843	211536	36877	994586	4.70
9,36	108,57	-7360	211762	34680	997867	4.71
9,54	108,57	-6885	211988	32400	997559	4.71
9,72	108,57	-6422	212215	30177	997259	4.70
9,90	108,57	-5970	212441	28015	996967	4.69
10,08	108,57	-5530	212667	25917	996684	4.69
10,26	108,57	-5103	212893	23885	996410	4.68
10,44	108,57	-4690	213119	21922	996145	4.67
10,62	108,57	-4291	213345	20030	995890	4.67
10,80	108,57	-3906	213572	18208	995644	4.66
10,98	108,57	-3535	213798	16457	995408	4.66
11,16	108,57	-3178	214024	14777	995181	4.65
11,34	108,57	-2835	214250	13167	994964	4.64
11,52	108,57	-2507	214476	11626	994756	4.64
11,70	108,57	-2192	214703	10152	994557	4.63
11,88	108,57	-1890	214929	8743	994367	4.63
12,06	108,57	-1601	215155	7399	994186	4.62
12,24	108,57	-1325	215381	6116	994013	4.62
12,42	108,57	-1061	215607	4892	993848	4.61
12,60	108,57	-809	214530	3747	993693	4.63
12,78	108,57	-584	212387	2733	993556	4.68
12,96	108,57	-386	210217	1824	993434	4.73
13,14	108,57	-213	208018	1016	993325	4.78
13,32	108,57	-63	205792	304	993229	4.83
13,50	108,57	65	203537	316	993230	4.88
13,68	108,57	172	201254	848	993302	4.94
13,86	108,57	260	198944	1297	993363	4.99
14,04	108,57	330	196605	1668	993413	5.05
14,22	108,57	384	194238	1964	993453	5.11
14,40	108,57	423	191843	2191	993483	5.18
14,58	108,57	449	188957	2359	993506	5.26
14,76	108,57	462	185454	2476	993522	5.36
14,94	108,57	465	181911	2539	993530	5.46
15,12	108,57	458	178326	2551	993532	5.57
15,30	108,57	443	174700	2518	993527	5.69
15,48	108,57	421	171033	2443	993517	5.81
15,66	108,57	392	167325	2330	993502	5.94
15,84	108,57	360	163576	2185	993482	6.07
16,02	108,57	323	159786	2011	993459	6.22
16,20	108,57	285	155955	1814	993432	6.37
16,38	108,57	245	152082	1598	993403	6.53
16,56	108,57	204	148169	1371	993373	6.70
16,74	108,57	165	144214	1137	993341	6.89
16,92	108,57	128	140218	904	993310	7.08
17,10	108,57	93	136181	678	993279	7.29
17,28	108,57	62	132103	469	993251	7.52
17,46	108,57	37	127984	285	993226	7.76
17,64	108,57	17	123823	137	993206	8.02
17,82	108,57	5	119622	38	993193	8.30

Y	Ar	M	N	M_u	N_u	CS
[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
18,00	108,57	0	115379	0	993188	8.61

Combinazione n° 2

Y	Ar	M	N	M_u	N_u	CS
[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
0,00	108,57	38998	350000	82561	740978	2.12
0,18	108,57	35138	350226	77745	774894	2.21
0,36	108,57	31479	350452	72590	808142	2.31
0,54	108,57	28019	350679	67227	841405	2.40
0,72	108,57	24755	350905	61543	872380	2.49
0,90	108,57	21685	351131	55782	903243	2.57
1,08	108,57	18805	351357	49883	932035	2.65
1,26	108,57	16111	351583	44014	960527	2.73
1,44	108,57	13597	351810	38197	988288	2.81
1,62	108,57	11260	352036	31905	997492	2.83
1,80	108,57	9093	352262	25726	996659	2.83
1,98	108,57	7090	352488	20031	995890	2.83
2,16	108,57	5245	352714	14799	995184	2.82
2,34	108,57	3553	352941	10011	994538	2.82
2,52	108,57	2006	353167	5646	993949	2.81
2,70	108,57	598	353393	1682	993415	2.81
2,88	108,57	-677	353619	1901	993444	2.81
3,06	108,57	-1825	353845	5127	993879	2.81
3,24	108,57	-2855	354072	8017	994269	2.81
3,42	108,57	-3771	354298	10587	994616	2.81
3,60	108,57	-4581	354524	12857	994922	2.81
3,78	108,57	-5291	354750	14843	995190	2.81
3,96	108,57	-5907	354976	16564	995422	2.80
4,14	108,57	-6435	355202	18036	995621	2.80
4,32	108,57	-6880	355429	19277	995788	2.80
4,50	108,57	-7250	355655	20302	995927	2.80
4,68	108,57	-7549	355881	21128	996038	2.80
4,86	108,57	-7782	356107	21769	996125	2.80
5,04	108,57	-7956	356333	22242	996188	2.80
5,22	108,57	-8074	356560	22559	996231	2.79
5,40	108,57	-8142	356786	22734	996255	2.79
5,58	108,57	-8163	357012	22781	996261	2.79
5,76	108,57	-8144	357238	22711	996252	2.79
5,94	108,57	-8087	357464	22537	996228	2.79
6,12	108,57	-7996	357691	22269	996192	2.79
6,30	108,57	-7875	357917	21918	996145	2.78
6,48	108,57	-7728	358143	21493	996088	2.78
6,66	108,57	-7558	358369	21005	996022	2.78
6,84	108,57	-7367	358595	20461	995948	2.78
7,02	108,57	-7159	358822	19870	995869	2.78
7,20	108,57	-6937	359048	19239	995783	2.77
7,38	108,57	-6703	359274	18576	995694	2.77
7,56	108,57	-6458	359500	17886	995601	2.77
7,74	108,57	-6206	359726	17175	995505	2.77
7,92	108,57	-5948	359953	16449	995407	2.77
8,10	108,57	-5686	360179	15713	995308	2.76
8,28	108,57	-5422	360405	14971	995208	2.76
8,46	108,57	-5156	360631	14228	995107	2.76
8,64	108,57	-4891	360857	13486	995007	2.76
8,82	108,57	-4627	361084	12750	994908	2.76
9,00	108,57	-4366	361310	12021	994810	2.75
9,18	108,57	-4108	361536	11304	994713	2.75
9,36	108,57	-3855	361762	10599	994618	2.75
9,54	108,57	-3607	361988	9909	994524	2.75
9,72	108,57	-3364	362215	9235	994434	2.75
9,90	108,57	-3127	362441	8579	994345	2.74
10,08	108,57	-2897	362667	7941	994259	2.74
10,26	108,57	-2673	362893	7323	994176	2.74
10,44	108,57	-2457	363119	6726	994095	2.74
10,62	108,57	-2248	363345	6149	994017	2.74
10,80	108,57	-2046	363572	5593	993942	2.73
10,98	108,57	-1852	363798	5058	993870	2.73
11,16	108,57	-1665	364024	4545	993801	2.73
11,34	108,57	-1485	364250	4052	993734	2.73

Y	Ar	M	N	M_u	N_u	CS
[m]	[cmq]	[kgm]	[kg]	[kgm]	[kg]	
11,52	108,57	-1313	364476	3580	993671	2.73
11,70	108,57	-1148	364703	3128	993610	2.72
11,88	108,57	-990	364929	2695	993551	2.72
12,06	108,57	-839	365155	2282	993496	2.72
12,24	108,57	-694	365381	1887	993442	2.72
12,42	108,57	-556	365607	1510	993391	2.72
12,60	108,57	-424	363651	1157	993344	2.73
12,78	108,57	-306	359913	845	993302	2.76
12,96	108,57	-202	356128	564	993264	2.79
13,14	108,57	-111	352295	314	993230	2.82
13,32	108,57	-33	348416	94	993200	2.85
13,50	108,57	34	344490	98	993201	2.88
13,68	108,57	90	340516	263	993223	2.92
13,86	108,57	136	336496	402	993242	2.95
14,04	108,57	173	332429	517	993257	2.99
14,22	108,57	201	328315	609	993270	3.03
14,40	108,57	222	324154	679	993279	3.06
14,58	108,57	235	319170	732	993286	3.11
14,76	108,57	242	313156	768	993291	3.17
14,94	108,57	243	307072	788	993294	3.23
15,12	108,57	240	300920	792	993294	3.30
15,30	108,57	232	294699	782	993293	3.37
15,48	108,57	220	288409	759	993290	3.44
15,66	108,57	206	282050	724	993285	3.52
15,84	108,57	188	275622	679	993279	3.60
16,02	108,57	169	269126	625	993272	3.69
16,20	108,57	149	262560	564	993264	3.78
16,38	108,57	128	255926	497	993255	3.88
16,56	108,57	107	249223	427	993245	3.99
16,74	108,57	86	242451	354	993235	4.10
16,92	108,57	67	235611	282	993226	4.22
17,10	108,57	49	228701	211	993216	4.34
17,28	108,57	33	221723	146	993207	4.48
17,46	108,57	19	214676	89	993200	4.63
17,64	108,57	9	207560	43	993193	4.79
17,82	108,57	2	200375	12	993189	4.96
18,00	108,57	0	193121	0	993188	5.14

Verifiche a taglio

Combinazione n° 1

Y	cotθ	T	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	CS
[m]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
0,00	2.50	40935	73567	65672	65672	1.60
0,18	2.50	38810	73567	65672	65672	1.69
0,36	2.50	36700	73567	65672	65672	1.79
0,54	2.50	34614	73567	65672	65672	1.90
0,72	2.50	32560	73567	65672	65672	2.02
0,90	2.50	30546	73567	65672	65672	2.15
1,08	2.50	28576	73567	65672	65672	2.30
1,26	2.50	26656	73567	65672	65672	2.46
1,44	2.50	24792	73567	65672	65672	2.65
1,62	2.50	22986	73567	65672	65672	2.86
1,80	2.50	21242	73567	65672	65672	3.09
1,98	2.50	19563	73567	65672	65672	3.36
2,16	2.50	17950	73567	65672	65672	3.66
2,34	2.50	16405	73567	65672	65672	4.00
2,52	2.50	14929	73567	65672	65672	4.40
2,70	2.50	13522	73567	65672	65672	4.86
2,88	2.50	12186	73567	65672	65672	5.39
3,06	2.50	10918	73567	65672	65672	6.01
3,24	2.50	9720	73567	65672	65672	6.76
3,42	2.50	8590	73567	65672	65672	7.64
3,60	2.50	7528	73567	65672	65672	8.72
3,78	2.50	6531	73567	65672	65672	10.06



Y	cotθ	T	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	CS
[m]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
3,96	2.50	5598	73567	65672	65672	11.73
4,14	2.50	4728	73567	65672	65672	13.89
4,32	2.50	3919	73567	65672	65672	16.76
4,50	2.50	3170	73567	65672	65672	20.72
4,68	2.50	2477	73567	65672	65672	26.52
4,86	2.50	1839	73567	65672	65672	35.72
5,04	2.50	1253	73567	65672	65672	52.40
5,22	2.50	718	73567	65672	65672	91.42
5,40	2.50	232	73567	65672	65672	283.63
5,58	2.50	-209	73567	65672	65672	313.59
5,76	2.50	-607	73567	65672	65672	108.22
5,94	2.50	-963	73567	65672	65672	68.20
6,12	2.50	-1280	73567	65672	65672	51.30
6,30	2.50	-1560	73567	65672	65672	42.09
6,48	2.50	-1806	73567	65672	65672	36.36
6,66	2.50	-2020	73567	65672	65672	32.51
6,84	2.50	-2203	73567	65672	65672	29.81
7,02	2.50	-2358	73567	65672	65672	27.85
7,20	2.50	-2487	73567	65672	65672	26.41
7,38	2.50	-2592	73567	65672	65672	25.34
7,56	2.50	-2674	73567	65672	65672	24.56
7,74	2.50	-2736	73567	65672	65672	24.00
7,92	2.50	-2779	73567	65672	65672	23.63
8,10	2.50	-2805	73567	65672	65672	23.41
8,28	2.50	-2816	73567	65672	65672	23.32
8,46	2.50	-2813	73567	65672	65672	23.35
8,64	2.50	-2797	73567	65672	65672	23.48
8,82	2.50	-2770	73567	65672	65672	23.71
9,00	2.50	-2733	73567	65672	65672	24.03
9,18	2.50	-2688	73567	65672	65672	24.43
9,36	2.50	-2635	73567	65672	65672	24.92
9,54	2.50	-2576	73567	65672	65672	25.50
9,72	2.50	-2511	73567	65672	65672	26.15
9,90	2.50	-2442	73567	65672	65672	26.89
10,08	2.50	-2370	73567	32836	32836	13.85
10,26	2.50	-2295	73567	32836	32836	14.31
10,44	2.50	-2218	73567	32836	32836	14.80
10,62	2.50	-2140	73567	32836	32836	15.34
10,80	2.50	-2061	73567	32836	32836	15.93
10,98	2.50	-1982	73567	32836	32836	16.57
11,16	2.50	-1904	73567	32836	32836	17.25
11,34	2.50	-1826	73567	32836	32836	17.98
11,52	2.50	-1750	73567	32836	32836	18.76
11,70	2.50	-1676	73567	32836	32836	19.59
11,88	2.50	-1604	73567	32836	32836	20.48
12,06	2.50	-1534	73567	32836	32836	21.41
12,24	2.50	-1466	73567	32836	32836	22.39
12,42	2.50	-1402	73567	32836	32836	23.42
12,60	2.50	-1248	73567	32836	32836	26.32
12,78	2.50	-1101	73567	32836	32836	29.82
12,96	2.50	-963	73567	32836	32836	34.11
13,14	2.50	-832	73567	32836	32836	39.46
13,32	2.50	-710	73567	32836	32836	46.28
13,50	2.50	-595	73567	32836	32836	55.18
13,68	2.50	-489	73567	32836	32836	67.19
13,86	2.50	-390	73567	32836	32836	84.12
14,04	2.50	-300	73567	32836	32836	109.49
14,22	2.50	-217	73567	32836	32836	151.13
14,40	2.50	-142	73567	32836	32836	230.79
14,58	2.50	-75	73567	32836	32836	439.06
14,76	2.50	-15	73567	32836	32836	2243.51
14,94	2.50	38	73567	32836	32836	856.23
15,12	2.50	84	73567	32836	32836	389.33
15,30	2.50	124	73567	32836	32836	265.88
15,48	2.50	156	73567	32836	32836	210.49
15,66	2.50	182	73567	32836	32836	180.43
15,84	2.50	202	73567	32836	32836	162.87
16,02	2.50	215	73567	32836	32836	152.73
16,20	2.50	222	73567	32836	32836	147.73
16,38	2.50	224	73567	32836	32836	146.89
16,56	2.50	219	73567	32836	32836	150.02



Y	cotθ	T	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	CS
[m]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
16,74	2.50	208	73567	32836	32836	157.58
16,92	2.50	192	73567	32836	32836	170.93
17,10	2.50	170	73567	32836	32836	193.06
17,28	2.50	142	73567	32836	32836	230.65
17,46	2.50	109	73567	32836	32836	301.34
17,64	2.50	70	73567	32836	32836	469.72
17,82	2.50	25	73567	32836	32836	1303.70
18,00	2.50	25	73567	32836	32836	1303.70

Combinazione n° 2

Y	cotθ	T	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	CS
[m]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
0,00	1.70	21442	44773	44742	44742	2.09
0,18	1.70	20329	44711	44680	44680	2.20
0,36	1.70	19224	44650	44619	44619	2.32
0,54	1.70	18131	44588	44557	44557	2.46
0,72	1.69	17055	44526	44495	44495	2.61
0,90	1.69	16000	44464	44433	44433	2.78
1,08	1.69	14968	44402	44372	44372	2.96
1,26	1.69	13963	44340	44310	44310	3.17
1,44	1.68	12986	44278	44247	44247	3.41
1,62	1.68	12040	44216	44185	44185	3.67
1,80	1.68	11127	44154	44123	44123	3.97
1,98	1.68	10247	44091	44061	44061	4.30
2,16	1.67	9402	44029	43998	43998	4.68
2,34	1.67	8593	43966	43936	43936	5.11
2,52	1.67	7820	43903	43873	43873	5.61
2,70	1.67	7083	43841	43810	43810	6.19
2,88	1.67	6383	43778	43748	43748	6.85
3,06	1.66	5719	43715	43685	43685	7.64
3,24	1.66	5092	43652	43622	43622	8.57
3,42	1.66	4500	43589	43559	43559	9.68
3,60	1.66	3943	43526	43495	43495	11.03
3,78	1.65	3421	43462	43432	43432	12.70
3,96	1.65	2932	43399	43369	43369	14.79
4,14	1.65	2477	43335	43305	43305	17.48
4,32	1.65	2053	43272	43242	43242	21.06
4,50	1.64	1660	43208	43178	43178	26.01
4,68	1.64	1297	43144	43114	43114	33.23
4,86	1.64	963	43081	43051	43051	44.70
5,04	1.64	657	43017	42987	42987	65.48
5,22	1.63	376	42952	42923	42923	114.07
5,40	1.63	121	42888	42859	42859	353.37
5,58	1.63	-110	42824	42794	42794	390.12
5,76	1.63	-318	42760	42730	42730	134.43
5,94	1.62	-504	42695	42666	42666	84.59
6,12	1.62	-671	42631	42601	42601	63.54
6,30	1.62	-817	42566	42537	42537	52.04
6,48	1.62	-946	42501	42472	42472	44.89
6,66	1.61	-1058	42437	42407	42407	40.08
6,84	1.61	-1154	42372	42342	42342	36.69
7,02	1.61	-1235	42307	42277	42277	34.23
7,20	1.61	-1303	42241	42212	42212	32.40
7,38	1.60	-1358	42176	42147	42147	31.05
7,56	1.60	-1401	42111	42082	42082	30.04
7,74	1.60	-1433	42045	42016	42016	29.32
7,92	1.60	-1456	41980	41951	41951	28.82
8,10	1.59	-1469	41914	41885	41885	28.50
8,28	1.59	-1475	41849	41820	41820	28.35
8,46	1.59	-1473	41783	41754	41754	28.34
8,64	1.59	-1465	41717	41688	41688	28.46
8,82	1.58	-1451	41651	41622	41622	28.69
9,00	1.58	-1432	41585	41556	41556	29.03
9,18	1.58	-1408	41518	41489	41489	29.47
9,36	1.58	-1380	41452	41423	41423	30.01
9,54	1.57	-1349	41385	41357	41357	30.65
9,72	1.57	-1315	41319	41290	41290	31.39
9,90	1.57	-1279	41252	41224	41224	32.22
10,08	2.43	-1241	31951	31929	31929	25.72



Y	cotθ	T	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	CS
[m]		[kg]	[kg]	[kg]	[kg]	
10,26	2.43	-1202	31908	31886	31886	26.52
10,44	2.42	-1162	31865	31843	31843	27.41
10,62	2.42	-1121	31821	31799	31799	28.37
10,80	2.42	-1080	31778	31756	31756	29.42
10,98	2.41	-1038	31735	31713	31713	30.54
11,16	2.41	-997	31691	31669	31669	31.76
11,34	2.41	-957	31648	31626	31626	33.06
11,52	2.40	-917	31604	31583	31583	34.45
11,70	2.40	-878	31561	31539	31539	35.93
11,88	2.40	-840	31517	31495	31495	37.49
12,06	2.39	-803	31473	31452	31452	39.15
12,24	2.39	-768	31430	31408	31408	40.89
12,42	2.39	-734	31386	31364	31364	42.71
12,60	2.42	-654	31763	31741	31741	48.57
12,78	2.47	-577	32471	32449	32449	56.25
12,96	2.50	-504	33404	32836	32836	65.12
13,14	2.50	-436	34628	32836	32836	75.34
13,32	2.50	-372	35867	32836	32836	88.35
13,50	2.50	-312	37120	32836	32836	105.34
13,68	2.50	-256	38389	32836	32836	128.27
13,86	2.50	-204	39673	32836	32836	160.59
14,04	2.50	-157	40972	32836	32836	209.02
14,22	2.50	-114	42286	32836	32836	288.53
14,40	2.50	-75	43615	32836	32836	440.60
14,58	2.50	-39	45206	32836	32836	838.20
14,76	2.50	-8	47127	32836	32836	4283.06
14,94	2.50	20	49070	32836	32836	1634.62
15,12	2.50	44	51035	32836	32836	743.27
15,30	2.50	65	53021	32836	32836	507.58
15,48	2.50	82	55030	32836	32836	401.84
15,66	2.50	95	57061	32836	32836	344.46
15,84	2.50	106	59113	32836	32836	310.93
16,02	2.50	113	61188	32836	32836	291.57
16,20	2.50	116	63285	32836	32836	282.03
16,38	2.50	117	65403	32836	32836	280.43
16,56	2.50	115	67544	32836	32836	286.40
16,74	2.50	109	69707	32836	32836	300.83
16,92	2.50	101	71891	32836	32836	326.32
17,10	2.50	89	73567	32836	32836	368.57
17,28	2.50	75	73567	32836	32836	440.33
17,46	2.50	57	73567	32836	32836	575.29
17,64	2.50	37	73567	32836	32836	896.74
17,82	2.50	13	73567	32836	32836	2488.88
18,00	2.50	13	73567	32836	32836	2488.88