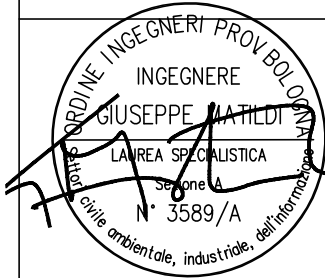


REGIONE TOSCANA

Comune di Sansepolcro

REALIZZAZIONE DEL SECONDO PONTE SUL FIUME TEVERE E RACCORDI STRADALI DI COLLEGAMENTO FRA LA ZONA INDUSTRIALE "ALTO TEVERE" E VIA BARTOLOMEO DELLA GATTA SUL TRACCIATO DELLA VIA COMUNALE DEI "BANCHETTI"



PROGETTO DEFINITIVO

ATI DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MATILDI+PARTNERS

Vicolo Sant'Arcangelo n. 2
40123 Bologna

T +39 051 229107
T +39 051 222249 r.a.

F +39 051 223242

areatecnica@matildi.com
www.matildi.com

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE
PROF. ING. GIUSEPPE MATILDI

MANDANTE

EUTECNE s.r.l.
architettura | ingegneria

Via Romana, 30
06126 Perugia
T +39 075 32 761
F +39 075 34 470

Via Roma, 20/a
57034 Campo nell'Elba (LI)
Isola d'Elba
T/F +39 0565 977 589

office@eutecne.it
www.eutecne.it

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE
ING. FEDERICO FRAPPI

COMMITTENTE:



COMUNE DI SANSEPOLCRO

R.U.P.
Dott. Ing. Remo Veneziani

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Prof. Ing. Giuseppe MATILDI
Dott. Ing. Stefano ISANI
Dott. Ing. Paolo BARRASSO
Dott. Ing. Guido CAMMAROTA

Dott. Ing. Federico FRAPPI
Dott. Ing. Francesco ARDINO
Dott. Arch. Olimpia LORENZINI
Dott. Arch. Vania MARGUTTI
Dott. Geol. Armando GRAZI

Dott. Ing. Noemi BRIGANTI
Dott. Ing. Luca DELL'AVERSANO
Dott. Ing. Fabio PENNAZZI
Dott. Ing. Paola GONFIA
Dott.ssa Paola SFAMENI

TITOLO **RELAZIONE DI CALCOLO
DELLE STRUTTURE PONTE -Spalle - Pile**

CODICE PROGETTISTA

ELAB.

SR2A

CODICE COMMESSA **B93DA_SR2A**

REV. **- A**

SCALA

-

REV.N	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	GEN 2016	PROGETTO DEFINITIVO	P.Barrasso	F.Ardino	F.Frappi



REGIONE TOSCANA
COMUNE DI SANSEPOLCRO

REALIZZAZIONE DEL SECONDO PONTE SUL FIUME TEVERE
E RACCORDI STRADALI DI COLLEGAMENTO FRA LA ZONA INDUSTRIALE
"ALTO TEVERE" E VIA BARTOLOMEO DELLA GATTA
SUL TRACCIATO DELLA VIA COMUNALE DEI "BANCHETTI"

RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE DEL PONTE – SPALLE E PILE

Sommario

1	Premessa	5
2	Descrizione dell'opera	5
3	Normative di riferimento	13
4	Materiali e resistenze di progetto	14
4.1	Materiali.....	14
4.1.1	Acciaio ordinario per armature	14
4.1.2	Conglomerato cementizio	14
4.2	Resistenze caratteristiche e di progetto.....	14
4.2.1	Acciaio ordinario per armature	14
4.2.2	Conglomerato cementizio	15
5	Unità di misura	17
6	Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento	17
7	Codici di calcolo e modelli di calcolo	18
7.1	MIDAS®	18
7.2	Modelli di Calcolo	18
8	Analisi dei carichi di progetto	20
8.1	Elenco delle condizioni Elementari di Carico	20
8.2	Peso proprio delle strutture (G1)	20
8.3	Peso proprio finiture e pavimentazione (G2).....	22
8.4	Effetti di ritiro e viscosità dei calcestruzzi (ϵ_2)	22
8.5	Effetti delle variazioni termiche (ϵ_3)	23
8.6	Effetti dovuti alla viscosità (ϵ_4).....	23
8.7	Effetti dei cedimenti differenziali (ϵ_5).....	25
8.8	Carichi mobili (Q1).....	26
8.8.1	Schema di carico	26
8.8.2	Categoria stradale.....	27
8.8.3	Disposizione delle corsie di carico.....	27
8.8.4	Carico da traffico per verifiche a fatica.....	32
8.8.5	Azione di frenamento (Q3)	33
8.8.6	Azione centrifuga (Q4)	33
8.9	Azione del vento (Q5)	34

8.9.1	Velocità di riferimento	34
8.9.2	Pressione cinetica di riferimento.....	35
8.9.3	Pressione del vento.....	35
8.9.4	Azione tangenziale del vento	35
8.9.5	Coefficiente di esposizione	36
8.9.6	Coefficienti di forma	37
8.9.7	Azione del vento	37
8.10	Azioni sismiche	39
9	Analisi sismica	41
9.1	Modellazione del sistema protetto sismicamente	44
9.2	Principali modi di vibrare	45
9.3	Risultati dell'analisi non lineare	47
10	Reazioni vincolari	51
11	Combinazioni di carico agli SLU	56
12	Condizioni geotecniche.....	64
12.1	Stratigrafia in corrispondenza delle pile.....	64
12.2	Stratigrafia in corrispondenza della spalla A.....	66
12.3	Stratigrafia in corrispondenza della spalla B.....	68
13	Verifica delle pile	71
13.1	Verifica delle elevazioni	71
13.2	Verifica dei pali di fondazione.....	75
13.2.1	Verifica della portanza assiale.....	75
13.2.2	Verifica della portanza trasversale	76
13.2.3	Cedimento verticale in testa ai pali.....	76
13.2.4	Verifica a pressoflessione e taglio del palo	77
14	Verifica della spalla SA	82
14.1	Verifica delle elevazioni	82
14.2	Verifica dei pali di fondazione.....	86
14.2.1	Verifica della portanza assiale.....	86
14.2.2	Verifica della portanza trasversale	87
14.2.3	Cedimento verticale in testa ai pali.....	87
14.2.4	Verifica a pressoflessione e taglio del palo	88

n. doc. B96DA SR2A

15	Verifica della spalla SB	93
15.1	Verifica delle elevazioni	93
15.2	Verifica dei pali di fondazione.....	97
15.2.1	Verifica della portanza assiale.....	97
15.2.2	Verifica della portanza trasversale	98
15.2.3	Cedimento verticale in testa ai pali.....	98
15.2.4	Verifica a pressoflessione e taglio del palo	99

1 Premessa

La presente relazione di calcolo ha per oggetto le sottostrutture del secondo ponte sul fiume Tevere fra la zona industriale “Alto Tevere” e via Bartolomeo della Gatta che si sviluppa sul tracciato della via comunale dei “Banchetti” dalla progr. 269.70 alla progr. 413.70.

2 Descrizione dell’opera

L’opera in oggetto è costituita complessivamente da tre campate con la seguente scansione di luci 43 m + 58 m + 43 m per una lunghezza complessiva di 144 m con schema statico a trave continua.

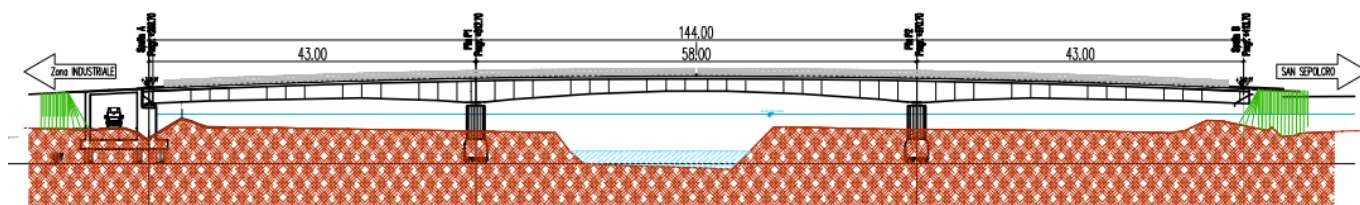


Figura 1: Prospetto longitudinale

In sezione trasversale, l’opera si compone di una sede stradale costituita da due corsie di larghezza pari a 3.55 m (dato lo sviluppo in curva del tracciato stradale), completate da banchine di larghezza pari a 1.00 m e cordoli che ospitano i guard-rail di larghezza pari a 0.80 m; infine è presente una pista ciclo-pedonale per un ingombro di 2.50 m.

Pertanto la sezione trasversale ha una larghezza complessiva pari a 13.20 m ($2.50 + 0.80 + 1.00 + 3.55 + 3.55 + 1.00 + 0.80 = 13.20$ m).

Lo sviluppo planimetrico dell’impalcato è caratterizzato da un raggio di curvatura pari a 160 m.

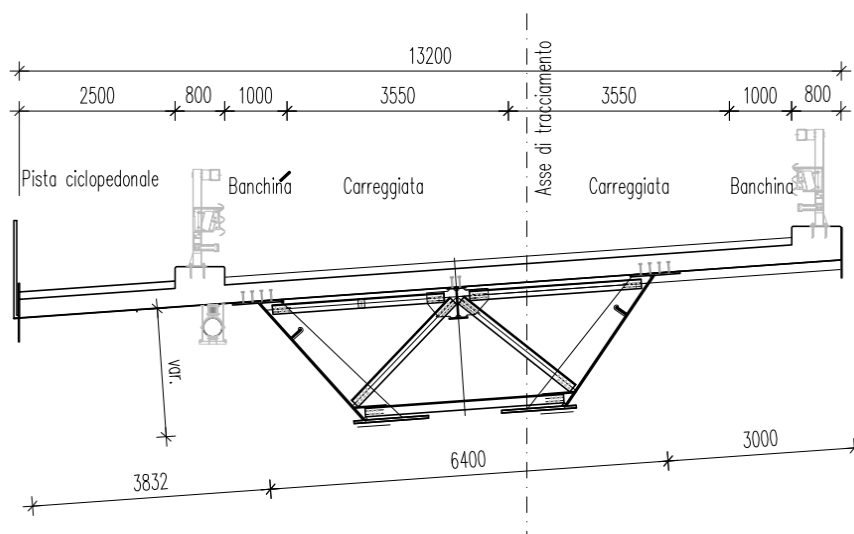


Figura 2: Sezione trasversale tipica dell'impalcato

L'impalcato in struttura mista acciaio-calcestruzzo è realizzato con due travi in acciaio auto-protetto tipo Corten, di sezione a I con anima inclinata sulla verticale di 38° e ali asimmetriche, trasversalmente connesse da diaframmi reticolari di campata (disposti ad interasse tipico di 5m), mentre in corrispondenza delle spalle sono presenti diaframmi ad anima piena con sezione a doppio T.

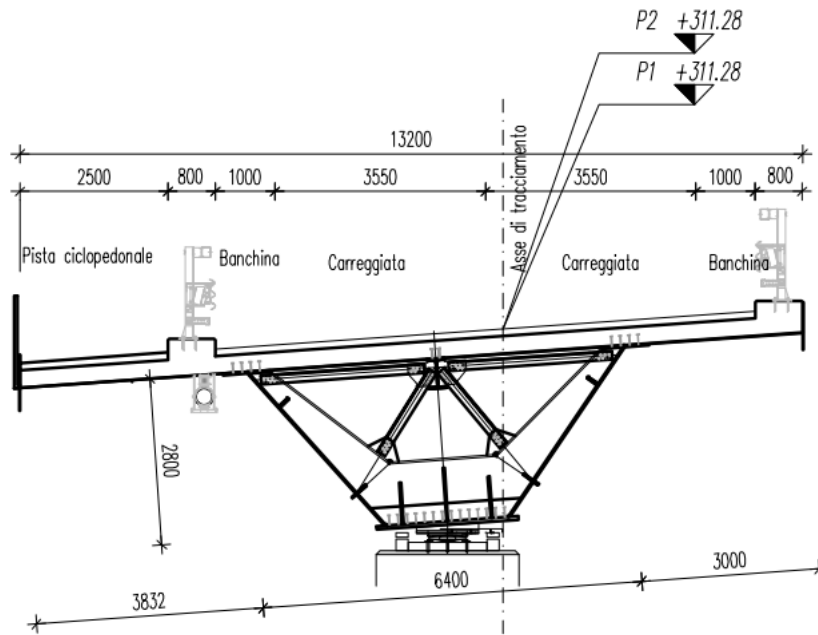


Figura 3: Sezione sulle pile P1 e P2

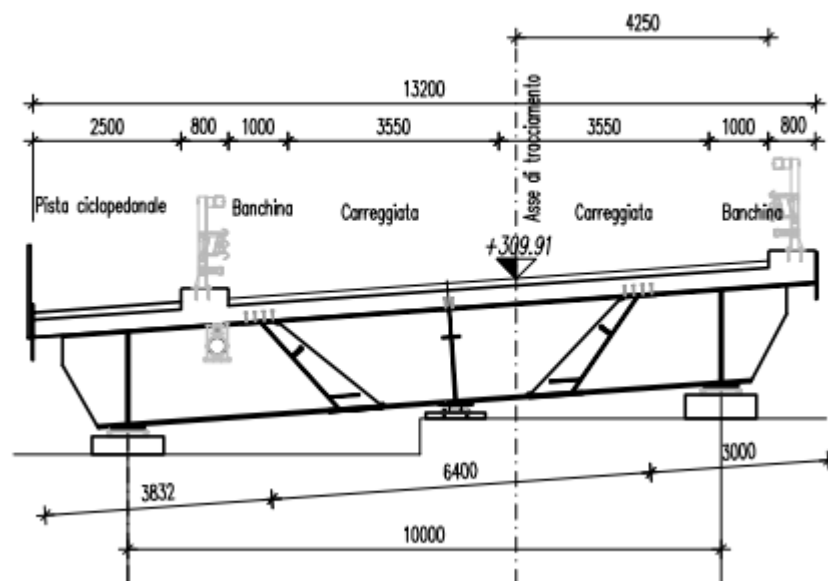


Figura 4: Sezione sulla spalla SA

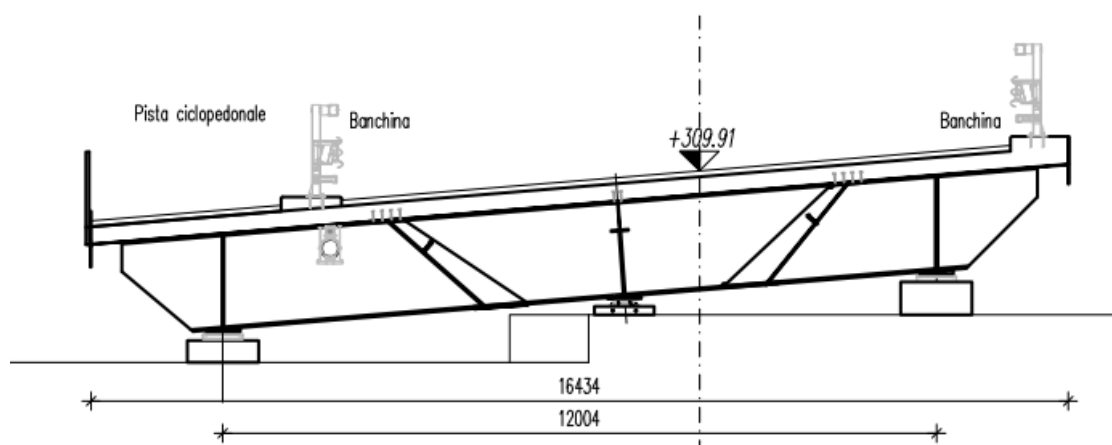


Figura 5: Sezione sulla spalla SB

L'impalcato è completato da una soletta gettata in c.a., costituita da lastre metalliche tralicciate tipo predalles (poggianti sulle ali delle travi in acciaio) di spessore pari a 5 mm e soletta piena gettata in opera e resa collaborante con le travi mediante piolatura di collegamento (pioli Nelson), per uno spessore complessivo di 30 cm. Sulla soletta è posata la guaina di impermeabilizzazione e su questa gli strati di pavimentazione (binder e usura, per uno spessore complessivo di 12 cm).

Le travi in acciaio hanno altezza variabile da 1.60 m (in corrispondenza delle spalle e della mezzeria della campata centrale) a 2.8 m (in corrispondenza delle pile).

n. doc. B96DA SR2A

All'intradosso dei diaframmi è disposta un'orditura reticolare di controventamento in acciaio che consente il corretto comportamento della sezione a torsione.

Lo schema statico è a cassone.

In corrispondenza delle pile sono inoltre presenti due campi nei quali le piattabande inferiori si uniscono formando un fondo chiuso sul quale viene gettata una soletta in calcestruzzo interna al cassone di spessore pari a 30 cm e connessa con il fondo del cassone mediante pioli. Ciascuno dei due campi ha uno sviluppo pari a 15 m, posti simmetricamente a cavallo delle pile.

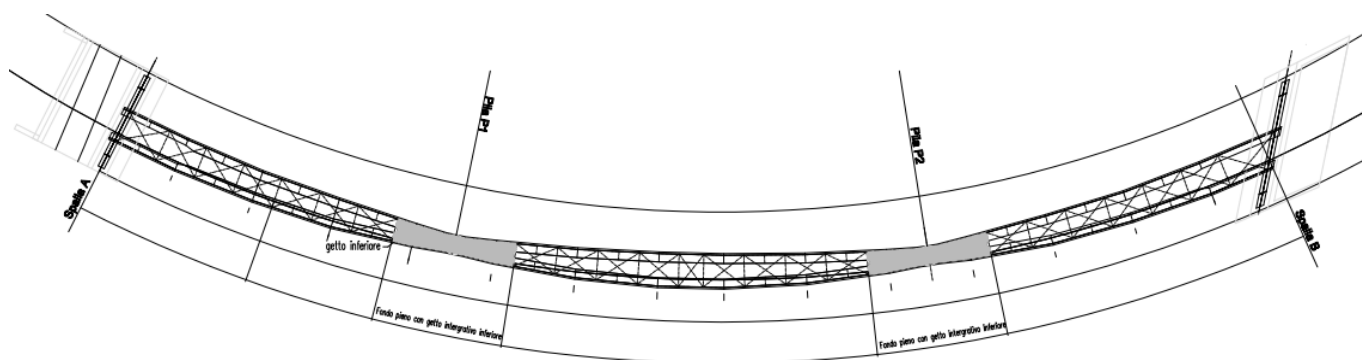


Figura 6: Pianta controventatura inferiore

Il sistema di appoggi è tale da trasmettere alle pile ed alle spalle le azioni verticali, orizzontali longitudinali ed orizzontali trasversali di progetto, ed insieme da consentire gli spostamenti orizzontali longitudinali ed orizzontali trasversali di progetto, nel rispetto degli schemi statici verticale, longitudinale e trasversale assunti in sede di calcolo.

In corrispondenza delle pile sono previsti dispositivi isolatori a scorrimento a superficie curva (pendoli), uno per ciascuna pila posto in posizione centrata rispetto al cassone, mentre sulle spalle sono presenti dispositivi di appoggio multidirezionali, posizionati in modo asimmetrico rispetto al cassone ed in posizione esterna rispetto alle travi in modo da minimizzare la trazione sugli appoggi stessi data dall'eccentricità in particolare dei carichi mobile ed accentuata dalla curvatura dell'impalcato. Sulle spalle sono inoltre presenti delle guide trasversali orientate secondo lo sviluppo delle travi.

Si ha quindi che le azioni trasversali sono ripartite fra spalle e pile, mentre le sollecitazioni longitudinali insistono solo sulle pile.

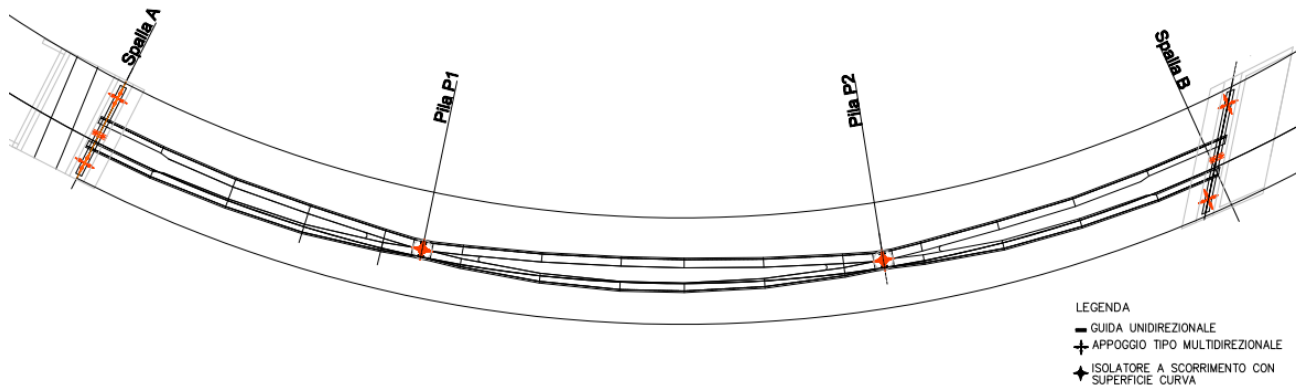


Figura 7: Schema di vincolamento

n. doc. B96DA SR2A

La spalla SA è caratterizzata dalla presenza di un sottopasso scatolare, come rappresentato nelle immagini seguenti. La platea di fondazione di 120 cm di spessore insiste su 12 pali di diametro pari a 1000 mm e lunghezza di 22 m.

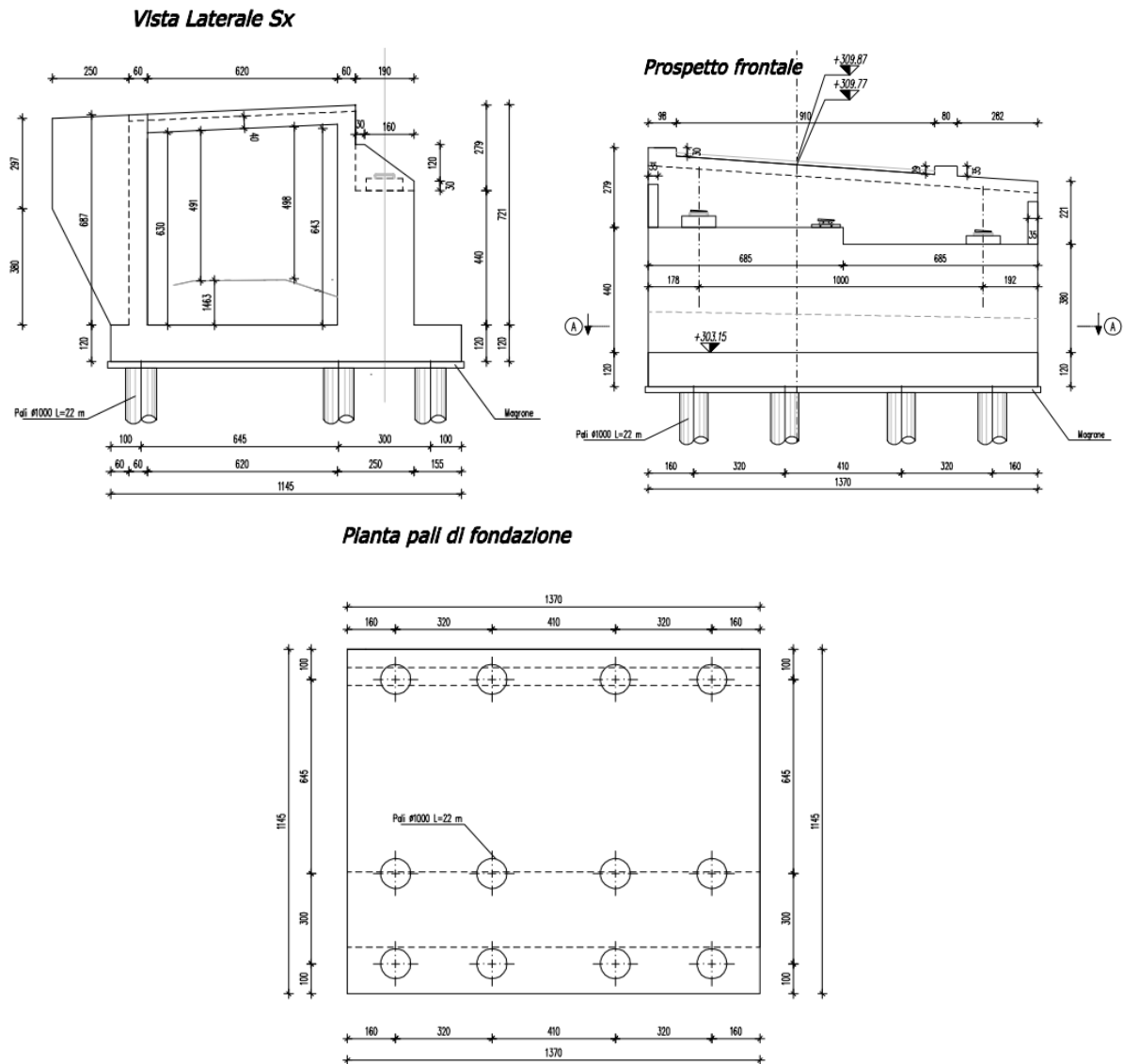


Figura 8: Viste della spalla SA

n. doc. B96DA SR2A

La spalla SB presenta una significativa inclinazione rispetto all'asse dell'impalcato, in quanto si sviluppa parallelamente all'andamento dell'argine. La platea di fondazione di 120 cm di spessore insiste su 15 pali di diametro pari a 1000 mm e lunghezza di 22 m.

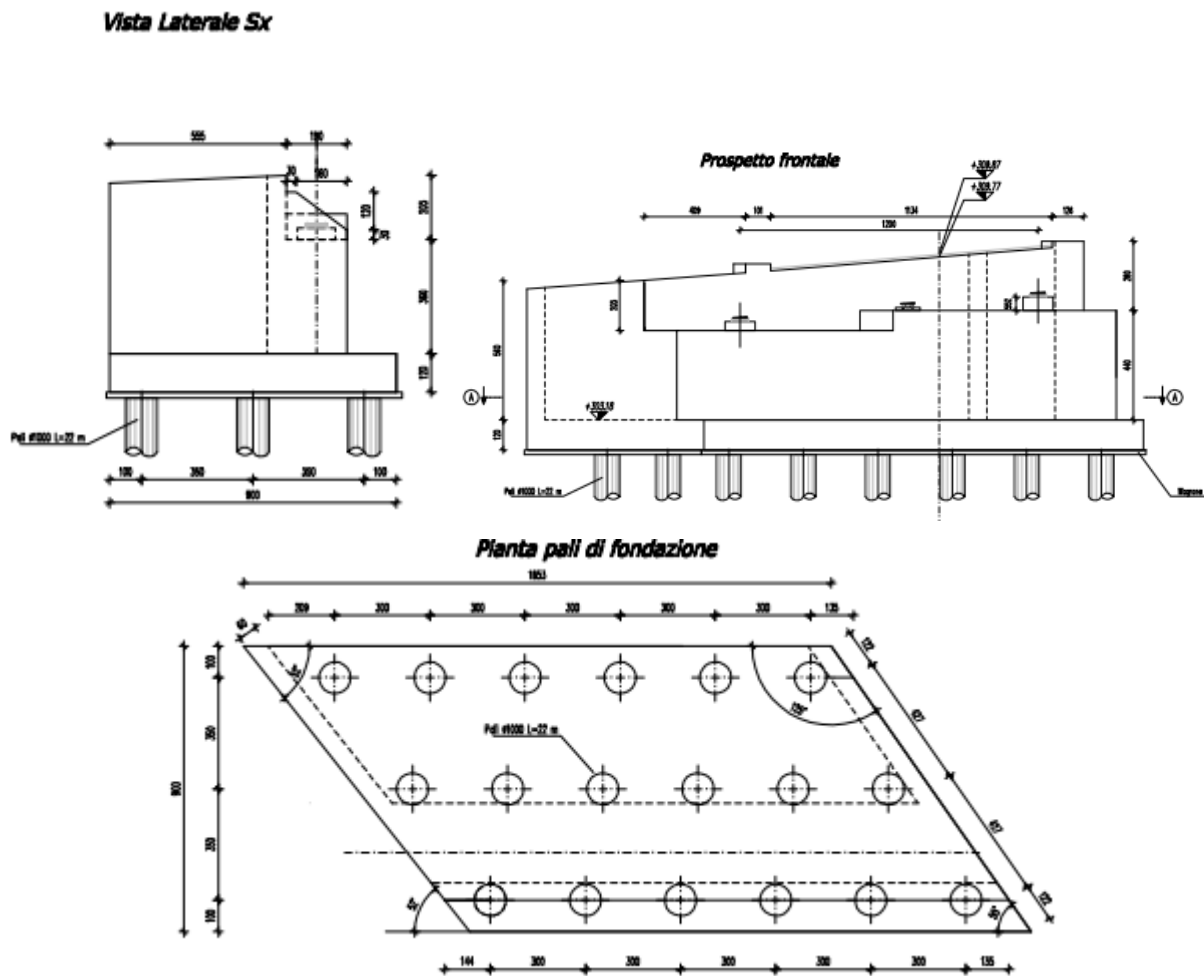


Figura 9: Viste spalla SB

n. doc. B96DA SR2A

Le pile presentano un fusto di sezione circolare di diametro pari a 240 cm e sviluppo in altezza di 450 cm, alla base del quale, tramite un plinto di raccordo di spessore di 260 cm, si innesta una corona costituita da 8 pali secanti di diametro pari a 1000 mm della lunghezza di 20 m.

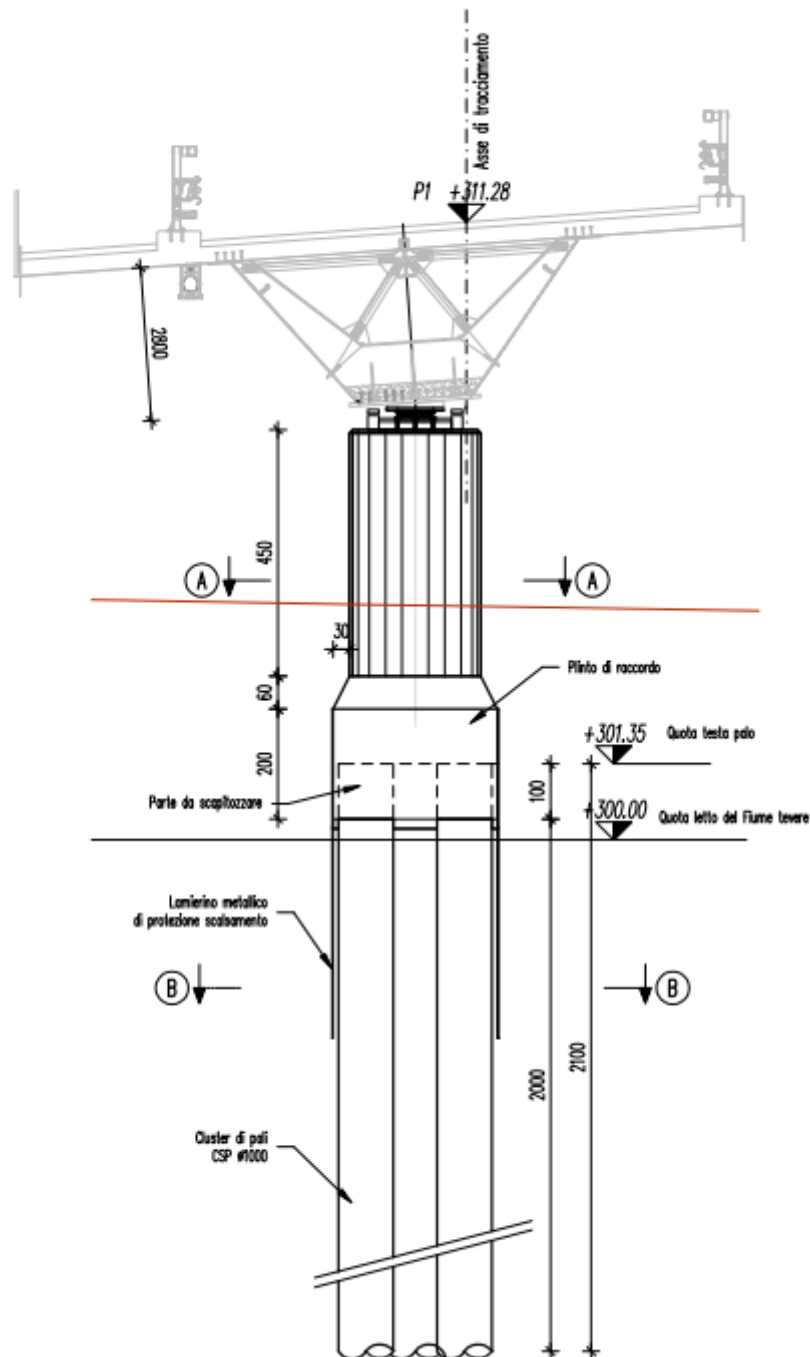


Figura 10: Sezione della pila P1

3 Normative di riferimento

Si riportano le Normative adottate per le verifiche delle singole componenti strutturali:

1. Legge n. 1086 del 5 Novembre 1971. - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica.
2. NTC08, Norme Tecniche per le Costruzioni – Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14.01.2008
3. Circolare 2 febbraio 2008, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni"
4. Norma CNR UNI 10024/84 - “Analisi di strutture mediante elaboratore”.
5. UNI ENV 1993-1-1:2005 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
6. UNI EN 1992-1-1:2005, “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”
7. UNI EN 206-1:2006, “Calcestruzzo - Parte 1: Specificazione, prestazione, produzione e conformità”
8. UNI 11104:2004, “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”
9. “Linee guida sul calcestruzzo strutturale”, Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici-Servizio Tecnico Centrale

4 Materiali e resistenze di progetto

4.1 Materiali

Per quanto concerne la definizione dei materiali impiegati si fa riferimento alla tavola D93DA_S01A : Tavola dei materiali.

4.1.1 Acciaio ordinario per armature

Le barre di armatura della soletta è del tipo B450C e deve rispettare i requisiti indicati alla tabella 11.3.Ib del paragrafo 11.3.2.1 delle NTC.

4.1.2 Conglomerato cementizio

Il conglomerato cementizio da porre in opera sarà composto da:

- Aggregato, conforme a UNI EN 12620 e UNI EN 13055-1;
- Acqua, conforme a UNI EN 1008: 2003;
- Cemento, conforme a UNI EN 197;
- Additivi superfluidificanti e ritardanti, se occorrenti per garantire le prestazioni del calcestruzzo in base al tempo di trasporto, conformi a UNI EN 934-2.

4.2 Resistenze caratteristiche e di progetto

4.2.1 Acciaio ordinario per armature

Per le armature in barra si impiega un acciaio ad aderenza migliorata del tipo: **B450 C** controllato in stabilimento, con le seguenti caratteristiche di resistenza:

$$f_{y,nom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{t,nom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

che soddisfino i seguenti rapporti minimi:

$$f_{yk} \geq f_{y,nom} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{tk} \geq f_{t,nom} = 540 \text{ N/mm}^2$$

$$1.15 < (f_t / f_y)_k < 1.35$$

$$(f_{y,eff} / f_{y,nom}) < 1.25$$

$$(A_{gt})_k \geq 7.5\%$$

con tensioni di progetto pari a:

- tensioni allo stato limite ultimo

$$f_{yd} = 391.30 \text{ N/mm}^2 \quad \text{con } \gamma_s = 1.15$$

- tensioni allo stato limite esercizio

$$\sigma_c = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ N/mm}^2 \text{ (nella c.c. rara)}$$

4.2.2 Conglomerato cementizio

- Calcestruzzo per soletta e elevazioni

Si impiega un calcestruzzo di classe minima (resistenza cubica caratteristica a 28 gg.):

$R_{ck} \geq 40$ MPa (C32/40)

con le seguenti caratteristiche meccaniche e di resistenza:

<i>coefficiente di sicurezza</i>	γ_c	1.5	<i>par. 4.3.3</i>
<i>resistenza a compressione cilindrica caratteristica</i>	f_{ck}	32 MPa	<i>par. 11.2.10.1 (11.2.1)</i>
<i>resistenza a compressione cubica caratteristica</i>	R_{ck}	40 MPa	<i>par. 11.2.10.1</i>
<i>resistenza a compressione cilindrica media</i>	f_{cm}	40.00 MPa	<i>par. 11.2.10.1 (11.2.2)</i>
<i>resistenza a trazione semplice media</i>	f_{ctm}	3.02 MPa	<i>par. 11.2.10.2 (11.2.3a,b)</i>
<i>resistenza a trazione semplice caratteristica</i>	f_{ctk}	2.12 MPa	<i>par. 11.2.10.2</i>
<i>resistenza a trazione per flessione media</i>	f_{cfm}	3.63 MPa	<i>par. 11.2.10.2 (11.2.4)</i>
<i>resistenza a trazione per flessione caratteristica</i>	f_{cfk}	2.54 MPa	<i>par. 11.2.10.2</i>
<i>modulo elastico</i>	E_{cm}	33346 MPa	<i>par. 11.2.10.3 (11.2.5)</i>
<i>coefficiente di Poisson (cls non fessurato)</i>	ν_{NF}	0.2 -	<i>par. 11.2.10.4</i>
<i>coefficiente di Poisson (cls fessurato)</i>	ν_F	0 -	<i>par. 11.2.10.4</i>
<i>coefficiente di dilatazione termica</i>	α	1.00E-05 1/°C	<i>par. 11.2.10.5</i>
<i>densità</i>	ρ	2500 kg/m ³	
<i>resistenza a compressione cilindrica di progetto allo SLU</i>	f_{cd}	21.33 MPa	<i>par. 4.1.2.1.1.1</i>
<i>resistenza a trazione cilindrica di progetto allo SLU</i>	f_{ctd}	1.41 MPa	<i>par. 4.1.2.1.1.2</i>
<i>tensione limite allo SLE nella comb. rara</i>	$\sigma_{c,rara}$	19.20 MPa	<i>par. 4.1.2.2.5.1</i>
<i>tensione limite allo SLE nella comb. quasi perm.</i>	$\sigma_{c,q.per.}$	14.40 MPa	<i>par. 4.1.2.2.5.1</i>

I valori dei copriferri sono stati stabiliti secondo l'EUROCODICE 2-UNI ENV 1992 in funzione delle classe di esposizione ambientali.

Getto soletta

Classe di esposizione: XC4-XF4

Elevazione spalle e pile

Classe di esposizione: XC2-XF1

- Calcestruzzo per plinti di fondazione

Si impiega un calcestruzzo di classe minima (resistenza cubica caratteristica a 28 gg.):

$R_{ck} \geq 35$ MPa (C28/35)

con le seguenti caratteristiche meccaniche e di resistenza:

<i>coefficiente di sicurezza</i>	γ_c	1.5	<i>par. 4.3.3</i>
<i>resistenza a compressione cilindrica caratteristica</i>	f_{ck}	28 MPa	<i>par. 11.2.10.1 (11.2.1)</i>
<i>resistenza a compressione cubica caratteristica</i>	R_{ck}	35 MPa	<i>par. 11.2.10.1</i>
<i>resistenza a compressione cilindrica media</i>	f_{cm}	36.00 MPa	<i>par. 11.2.10.1 (11.2.2)</i>
<i>resistenza a trazione semplice media</i>	f_{ctm}	2.77 MPa	<i>par. 11.2.10.2 (11.2.3a,b)</i>
<i>resistenza a trazione semplice caratteristica</i>	f_{ctk}	1.94 MPa	<i>par. 11.2.10.2</i>
<i>resistenza a trazione per flessione media</i>	f_{cfm}	3.32 MPa	<i>par. 11.2.10.2 (11.2.4)</i>
<i>resistenza a trazione per flessione caratteristica</i>	f_{ctk}	2.32 MPa	<i>par. 11.2.10.2</i>
<i>modulo elastico</i>	E_{cm}	32308 MPa	<i>par. 11.2.10.3 (11.2.5)</i>
<i>coefficiente di Poisson (cls non fessurato)</i>	ν_{NF}	0.2 -	<i>par. 11.2.10.4</i>
<i>coefficiente di Poisson (cls fessurato)</i>	ν_F	0 -	<i>par. 11.2.10.4</i>
<i>coefficiente di dilatazione termica</i>	α	1.00E-05 1/°C	<i>par. 11.2.10.5</i>
<i>densità</i>	ρ	2500 kg/m³	
<i>resistenza a compressione cilindrica di progetto allo SLU</i>	f_{cd}	18.67 MPa	<i>par. 4.1.2.1.1.1</i>
<i>resistenza a trazione cilindrica di progetto allo SLU</i>	f_{ctd}	1.29 MPa	<i>par. 4.1.2.1.1.2</i>
<i>tensione limite allo SLE nella comb. rara</i>	$\sigma_{c,rara}$	16.80 MPa	<i>par. 4.1.2.2.5.1</i>
<i>tensione limite allo SLE nella comb. quasi perm.</i>	$\sigma_{c,q.per.}$	12.60 MPa	<i>par. 4.1.2.2.5.1</i>

I valori dei copriferri sono stati stabiliti secondo l'EUROCODICE 2-UNI ENV 1992 in funzione delle classe di esposizione ambientali.

Plinti di fondazione spalle e pile

Classe di esposizione:

XC2-XF1

- Conglomerato cementizio magro

Classe di resistenza:

C12/15 ($R_{ck} \geq 15 \text{ N/mm}^2$)

- Conglomerato cementizio per pali

Classe di resistenza:

C28/35 ($R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$)

Classe di esposizione:

XC2

Classe di consistenza

S4

5 Unità di misura

Nel seguito della relazione si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per i carichi \Rightarrow **Kg, daN, kN, kN/m, kN/m²**
- per le azioni di calcolo \Rightarrow **kN, kNm**
- per le tensioni \Rightarrow **N/mm², MPa, daN/cm²**

6 Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento

Per quanto riguarda la vita nominale, con riferimento al par. 2.4.1 e alla tabella 2.4.I del D.M. 14/1/2008, qui riportata, si farà riferimento alla cat. 2, assumendo una vita nominale pari a $V_N = 50$ anni.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Per ciò che concerne la classe d'uso (riferimento al cap. 2.4.2), si propone l'adozione della classe III (" [...] Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, [...]"). Pertanto il coefficiente d'uso C_U che definisce il periodo di riferimento per l'azione sismica vale 1.5.

Si ha dunque:

$$V_R = V_N C_U = 50 \times 1.5 = 75 \text{ anni.}$$

7 Codici di calcolo e modelli di calcolo

Tutti i codici di calcolo automatico utilizzati per il calcolo e la verifica delle strutture e la redazione della presente relazione di calcolo sono di sicura ed accertata validità e sono stati impiegati conformemente alle loro caratteristiche. Tale affermazione è suffragata dai seguenti elementi:

- grande diffusione del codice di calcolo sul mercato;
- storia consolidata del codice di calcolo (svariati anni di utilizzo);
- pratica d'uso frequente in studio.

La progettazione generale si avvale inoltre di calcoli basati su fogli elettronici implementati e verificati dallo scrivente e validati, quando opportuno, mediante l'ausilio dei codici di calcolo più complessi cui sopra accennato.

7.1 MIDAS®

E' stato impiegato il software MIDAS/CIVIL 2013 versione 3.1, prodotto da MIDAS Information Technology e distribuito in Italia dalla CSPFea.

Il codice di calcolo (MIDAS CIVIL 2013 ver. 3.1) è stato impiegato per l'analisi della struttura sotto l'effetto dei carichi statici e dei carichi mobili. Il software determina le massime sollecitazioni in ciascuna sezione al variare della posizione del carico mobile considerato.

Il software MIDAS/CIVIL è validato da NAFEMS, Ente internazionale che valida e promuove l'utilizzo dei metodi di simulazione numerica nell'ingegneria.

7.2 Modelli di Calcolo

Al fine di analizzare il comportamento e determinare le sollecitazioni negli elementi strutturali si è fatto ricorso a modellazioni numeriche tridimensionali al fine di considerare correttamente la reale geometria d'insieme della palificata, la deformabilità del plinto e l'interazione mutua tra i pali. In particolare le fondazioni sono state analizzate mediante un modello agli elementi finiti, generato e gestito dal codice numerico Midas. Il modello riproduce nel dettaglio la geometria dell'opera e la storia di costruzione.

I carichi, applicati all'estradosso del plinto di fondazione, sono stati recepiti dalle strutture in elevazione, ed opportunamente selezionati e combinati al fine di massimizzare le sollecitazioni sulle strutture di fondazione.

n. doc. B96DA SR2A

Per schematizzare il comportamento meccanico dei terreni è stato utilizzato un modello costitutivo elasto-plastico incoerente in base ai risultati delle prove geotecniche effettuate in sito.

Si considera un sistema di riferimento cartesiano ortogonale avente il piano XY orizzontale, con l'asse Y orientato in direzione trasversale rispetto all'asse del ponte e l'asse X, parallelo all'asse del ponte; l'asse Z verticale e diretto verso l'alto, chiude la terna.

Le lettere maiuscole X, Y, Z identificano i tre assi del sistema di riferimento globale.

Per l'analisi elastica globale i materiali costituenti la struttura sono considerati elastici omogenei ed isotropi e con comportamento lineare; la fessurazione del calcestruzzo viene gestita in modo semplificato come dettagliato più avanti.

Acciaio

$E = 210000\text{MPa}$ modulo di elasticità

$\nu = 0.30$ coefficiente di Poisson

$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} = 80769\text{MPa}$ modulo di elasticità trasversale

$\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ coefficiente di espansione termica lineare

$\rho = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ densità

Calcestruzzo

E modulo di elasticità (valori dipendenti dalla fase di analisi come spiegato in seguito)

$\nu = 0.20$ coefficiente di Poisson

$\alpha = 10^{-5} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ coefficiente di espansione termica lineare

$\rho = 2500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ densità

8 Analisi dei carichi di progetto

8.1 Elenco delle condizioni Elementari di Carico

Si calcola l'opera sottoposta alle azioni indotte da:

- g1 peso proprio delle strutture: Acciaio-cls. di soletta
- g2 carichi permanenti portati: pavimentazione, veletta, NJ, marciapiedi, parapetti, cordoli
- g3 carichi permanenti portati: Spinta delle terre condizione M1 e M2
- $\varepsilon 1$ distorsioni di progetto
- $\varepsilon 2$ ritiro del calcestruzzo
- $\varepsilon 3$ variazioni termiche differenziali: Acciaio-cls.
- $\varepsilon 4$ effetti viscosi
- $\varepsilon 5$ cedimenti differenziali dei vincoli
- q1 carichi mobili
- q2 effetto dinamico dei carichi mobili
- q3 azioni longitudinali di frenamento
- q4 azione centrifuga
- q5 azioni del vento
- q7 resistenze parassite dei vincoli
- q8 azioni sui parapetti – urto di veicolo in svio
- q9 altre azioni variabili – urto di un veicolo

Tali azioni saranno combinate secondo le prescrizioni delle normative vigenti.

8.2 Peso proprio delle strutture (G1)

Il peso proprio della struttura d'acciaio è valutato in automatico dal programma di calcolo, in considerazione degli elementi non rappresentati nel modello il peso specifico del materiale è incrementato del 15% per tener conto del peso del piastrame, delle controventature, dei piatti di irrigidimento, ecc...e di un ulteriore 5% per la presenza dei giunti bullonati di montaggio.

Il contributo del peso proprio della soletta in C.A. è stato valutato sulla base delle sue caratteristiche geometriche, avendo assunto $\gamma_{cls}=25.0 \text{ kN/m}^3$. La soletta di spessore pari a 30 cm viene realizzata mediante getto in opera su predalles metalliche di spessore pari a 5 mm.

n. doc. B96DA SR2A

8.3 *Peso proprio finiture e pavimentazione (G2)*

Il carico permanente portato applicato all'impalcato è il seguente:

G2			
Pavimentazione	11	2.42	kN/mq
Getto di completamento		0.00	kN/m
Cordolo/Marciapiede sx		14.85	kN/m
Cordolo/Marciapiede dx		0.00	kN/m
Veletta sx		1.25	kN/m
acciaio			
Veletta dx		1.25	kN/m
acciaio			
Guard rail sx		1.50	kN/m
Barriera sx		0.00	kN/m
Guard rail centrale		0.00	kN/m
Guard rail dx		1.50	kN/m
Barriera dx		1.50	kN/m
Tubi/impianti sx		1.50	kN/m
Tubi/impianti dx		1.50	kN/m

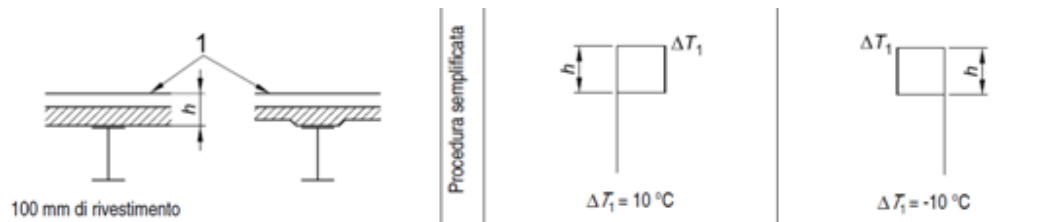
8.4 *Effetti di ritiro e viscosità dei calcestruzzi (ϵ_2)*

La deformazione totale da ritiro si può esprimere, in sede di progettazione, come una contrazione termica derivante da un Δt differenziale.

RITIRO			
Classe di Resistenza	C35/45		R_{ck} 45 Mpa
RH - umidità relativa	75%		
f_{ck}	32	MPa	
f_{cm}	40	MPa	resistenza media cilindrica
f_{ctm}	3.02	MPa	resistenza media a trazione assiale
f_{ctm}	3.63	MPa	resistenza media a trazione per flessione
E_c	33346	MPa	modulo elastico istantaneo
Classe cemento	N	-	cemento standard
ϵ_{cd}	3.11E-04		deformazione di base di ritiro per essiccamento
K_h	0.700		
$\epsilon_{cd,inf}$	2.18E-04		deformazione di ritiro per essiccamento
$\epsilon_{ca,inf}$	5.50E-05		deformazione per ritiro autogeno
α	1.00E-05		coefficiente di dilatazione termica del cls ($^{\circ}C^{-1}$)
ϵ_{cs}	2.73E-04		deformazione totale per ritiro
il ritiro è equivalente ad una contrazione termica derivante da un Δt pari a :			
Δt	27	$^{\circ}C$	

8.5 Effetti delle variazioni termiche (ϵ_3)

Gli effetti delle differenze di temperatura tra la soletta di impalcato e la struttura metallica sottostante sono stati analizzati prevedendo una variazione termica uniforme pari a $\Delta T = \pm 10^\circ$ applicata alla sola soletta in accordo con la EN 1991-5 (figura 6.2b).



La variazione termica differenziale tra la trave d'acciaio e la soletta di ΔT di 5°C .

8.6 Effetti dovuti alla viscosità (ϵ_4)

Dei fenomeni viscosi si tiene conto nella definizione delle sezioni. Ciò porta alla caratterizzazione delle differenti rigidità che la struttura mista assume nelle diverse fasi temporali di lavoro (fase 2 a lungo termine e fase 3 a breve termine). Le NTC, al paragrafo 11.2.10.7, rimandano all'UNI EN 1992-1-1 per valutazioni accurate del coefficiente di viscosità a tempo infinito; i coefficienti di viscosità a tempo infinito vengono dunque valutati secondo il procedimento descritto nell'appendice B.

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0)$$

Coefficiente di viscosità

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0)$$

Coefficiente nominale di viscosità

$$\varphi_{RH} = 1 + \frac{\left[1 - \frac{RH}{100}\right]}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}}$$

per $f_{cm} \leq 35\text{MPa}$

$$\varphi_{RH} = 1 + \left[\frac{\left[1 - \frac{RH}{100}\right]}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2$$

per $f_{cm} > 35\text{MPa}$

Con:

RH umidità relativa in %;

n. doc. B96DA SR2A

$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}}$ coefficiente che tiene conto dell'effetto della resistenza del calcestruzzo sul coefficiente nominale di viscosità

$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})}$ coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'età del calcestruzzo al momento del carico sul coefficiente nominale di viscosità.

$\beta_c(t, t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0.3}$ coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo dopo l'applicazione del carico

t età del calcestruzzo, in giorni, al momento considerato;

t₀ età del calcestruzzo, in giorni, al momento dell'applicazione del carico; t - t₀ la durata non corretta del carico, in giorni;

β_H coefficiente dipendente dall'umidità relativa (RH in %) e dalla dimensione fittizia dell'elemento (h₀ in millimetri):

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \leq 1500 \quad \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa (B.8)}$$

$$\beta_H = 1.5 \cdot [1 + (0.012 \cdot RH)^{18}] \cdot h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3 \quad \text{per } f_{cm} \geq 35 \text{ MPa}$$

L'effetto del tipo di cemento sul coefficiente di viscosità può essere considerato modificando l'età del carico t₀ nell'espressione (B.5) secondo la seguente espressione:

$$t_0 = t_{0,T} \cdot \left(\frac{9}{2 + t_{0,T}^{1.2}} + 1 \right)^\alpha \geq 0,5$$

Con:

t_{0,T} età del calcestruzzo, in giorni, al momento dell'applicazione del carico

α esponente che dipende dal tipo di cemento:

= -1 per cemento di classe S;

= 0 per cemento di classe N;

= 1 per cemento di classe R.

COEFFICIENTE DI OMOGENEIZZAZIONE - CARICHI PERMANENTI			UNI EN 1994-2:2006, UNI EN 1992-1-1:2005					
t	1.00E+15	giorni - età del calcestruzzo al momento considerato						
t ₀	28	giorni - tempo di messa in carico						
tipo di carico	carichi permanenti							
ψ _L	1.1	moltiplicatore del fattore di viscosità						
n	18.19	coefficiente di omogeneizzazione						
E _{cinf}	11543	MPa modulo elastico modificato						
φ(t,t ₀)	1.717		φ ₀	1.717	β _{c(t,t₀)}	1.000	Influenza temperatura	
			φ _{Rh}	1.265	β _H	1014	T(Δti) [°C]	15
			α ₁	0.911	α ₃	0.935	tT	22.05
			α ₂	0.974			α	0.00
			β _{fc,m}	2.656			t _{0,corr}	22.05
			β _{t0}	0.511				

COEFFICIENTE DI OMOGENEIZZAZIONE - RITIRO			UNI EN 1994-2:2006, UNI EN 1992-1-1:2005					
t	1.00E+15	giorni - età del calcestruzzo al momento considerato						
t ₀	1	tempo di messa in carico						
tipo di carico	ritiro							
ψ _L	0.55	moltiplicatore del fattore di viscosità						
n	17.34	coefficiente di omogeneizzazione						
E _{cinf}	12108	MPa modulo elastico modificato						
φ(t,t ₀)	3.189		φ ₀	3.189	β _{c(t,t₀)}	1.000	Influenza temperatura	
			φ _{Rh}	1.265	β _H	1403	T(Δti) [°C]	15
			α ₁	0.911	α ₃	0.935	tT	0.79
			α ₂	0.974			α	0.00
			β _{fc,m}	2.656			t _{0,corr}	0.79
			β _{t0}	0.949				

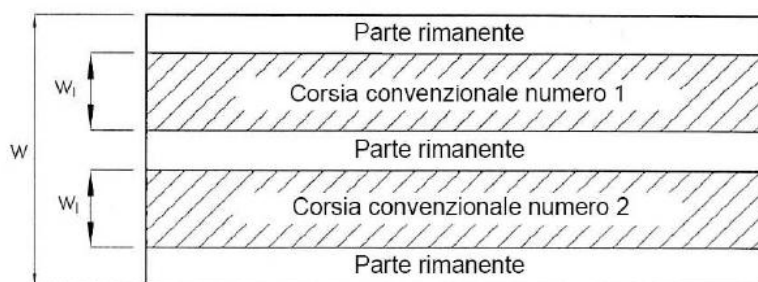
8.7 Effetti dei cedimenti differenziali (ε₅)

In relazione alla presenza di un substrato roccioso prossimo al piano di campagna sul quale poggiano le strutture di fondazione profonda, è stato assunto un valore cautelativo pari a 2 cm.

8.8 Carichi mobili (Q1)

I carichi variabili da traffico sono definiti dagli Schemi di Carico descritti nel § 5.1.3.3.3 NTC08, disposti su corsie convenzionali.

Le larghezze w_i delle corsie convenzionali su una carreggiata ed il massimo numero (intero) possibile di tali corsie su di essa sono indicati nel prospetto di Fig. 5.1.1 e Tab. 5.1.I NTC08.



Larghezza di carreggiata "w"	Numero corsie convenzionali	Larghezza corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5.40 \text{ m}$	$n_i = 1$	3.00	$(w - 3.00)$
$5.4 \leq w < 6.0$	$n_i = 2$	$w/2$	0
$6.0 \text{ m} \leq w$	$n_i = \text{Int}(w/3)$	3.00	$w - (3.00 \times n_i)$

La disposizione e la numerazione delle corsie va determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto. Per ogni singola verifica il numero di corsie da considerare caricate, la loro disposizione sulla carreggiata e la loro numerazione vanno scelte in modo che gli effetti della disposizione dei carichi risultino i più sfavorevoli.

La corsia che, caricata, dà l'effetto più sfavorevole è numerata come corsia Numero 1; la corsia che dà il successivo effetto più sfavorevole è numerata come corsia Numero 2, ecc.

8.8.1 Schema di carico

Le azioni variabili del traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti Schemi di Carico:

Schema di Carico 1: è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente distribuiti. Questo schema è da assumere a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

n. doc. B96DA SR2A

Schema di Carico 2: è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.

Schema di Carico 3: è costituito da un carico isolato da 150kN con impronta quadrata di lato 0,40m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi non protetti da sicurvia.

Schema di Carico 4: è costituito da un carico isolato da 10 kN con impronta quadrata di lato 0,10m. Si utilizza per verifiche locali su marciapiedi protetti da sicurvia e sulle passerelle pedonali.

Schema di Carico 5: costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di $5,0 \text{ kN/m}^2$. Il valore di combinazione è invece di $2,5 \text{ kN/m}^2$. Il carico folla deve essere applicato su tutte le zone significative della superficie di influenza, inclusa l'area dello spartitraffico centrale, ove rilevante.

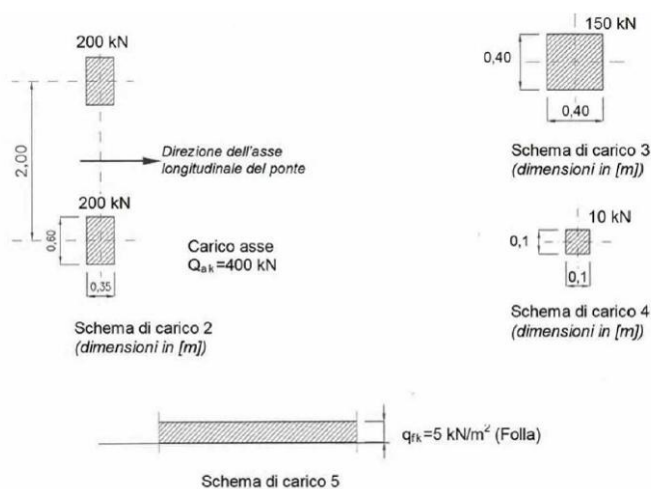
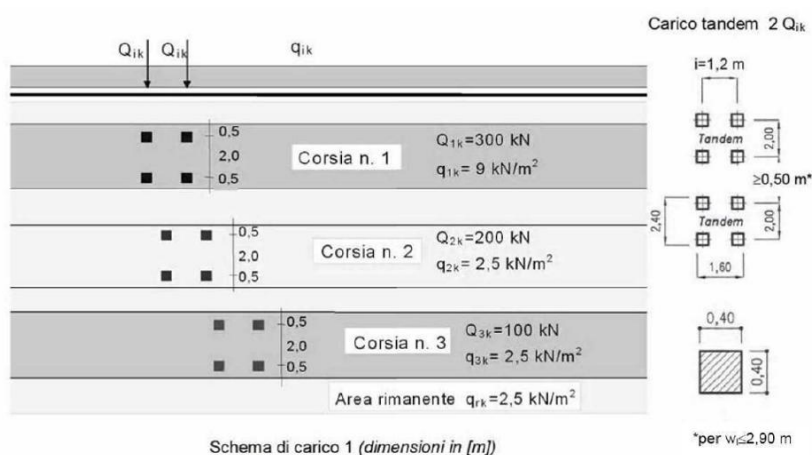
Schemi di Carico 6.a, b, c: in assenza di studi specifici ed in alternativa al modello di carico principale, generalmente cautelativo, per opere di luce maggiore di 300 m, ai fini della statica complessiva del ponte, si può far riferimento ai carichi $q_{L,a}$, $q_{L,b}$ e $q_{L,c}$ previsti dal D.M. 14/01/08.

8.8.2 Categoria stradale

Il ponte in oggetto è definito di Categoria 1°.

8.8.3 Disposizione delle corsie di carico

Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti di 1a e 2a Categoria è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3,00 m.



In ogni caso il numero delle colonne non deve essere inferiore a 2, a meno che la larghezza della sede stradale sia inferiore a 5,40 m.

La disposizione e la numerazione delle corsie viene determinata in modo da indurre le più sfavorevoli condizioni di progetto. Per ogni singola verifica il numero di corsie da considerare caricate, la loro disposizione sulla carreggiata e la loro numerazione vengono scelte in modo che gli effetti della disposizione dei carichi risultino i più sfavorevoli. La corsia che, caricata, dà l'effetto più sfavorevole è numerata come Corsia 1; la corsia che dà il successivo effetto più sfavorevole è numerata come Corsia 2, ecc.

Per i ponti di 1° Categoria si devono considerare, compatibilmente con le larghezze precedentemente definite, le seguenti intensità dei carichi (NTC08):

n. doc. B96DA SR2A

Posizione carico asse	Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia numero 1	300	9.00
Corsia numero 2	200	2.50
Corsia numero 3	100	2.50
Altre corsie	0	2.50

L'analisi della disposizione in senso longitudinale dei carichi mobili che massimizzano le sollecitazioni su ogni singolo elemento strutturale principale è automaticamente svolta dal programma di calcolo una volta assegnate le caratteristiche in termini di geometria, posizione e pesi di ciascuna colonna di carico.

n. doc. B96DA SR2A

Per quanto riguarda la disposizione trasversale dei carichi, le condizioni peggiori sono rappresentate nelle immagini seguenti:

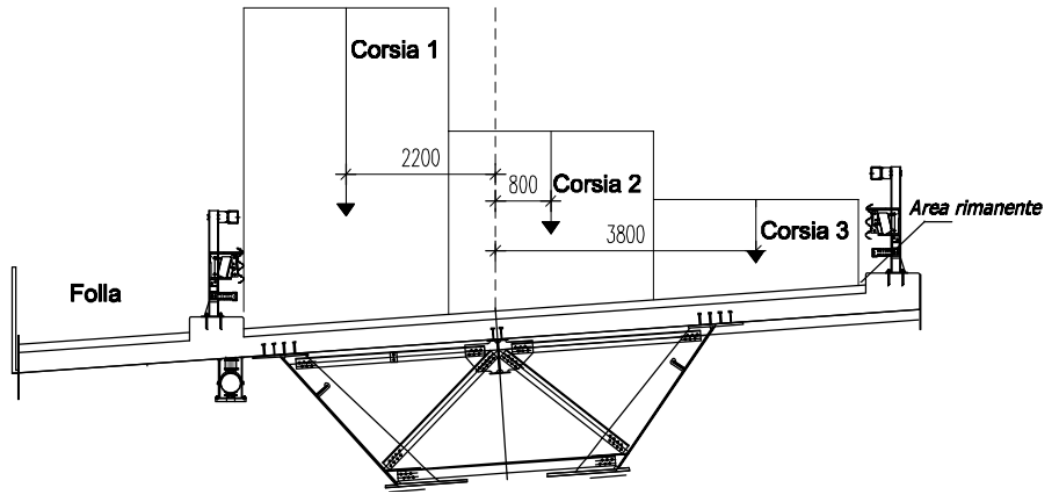


Figura 11: Condizione 1- max carico sx

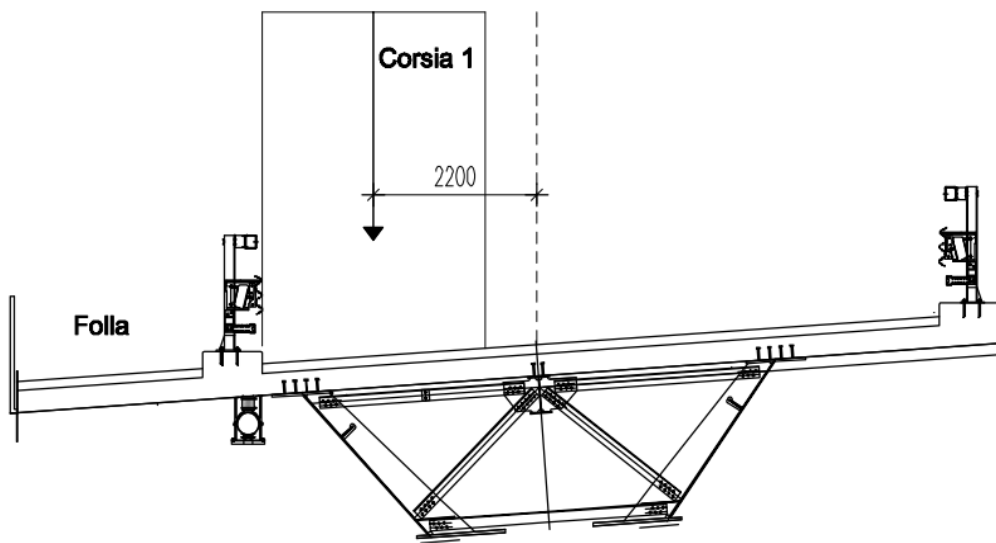


Figura 12: Condizione 2- max eccentricità sx

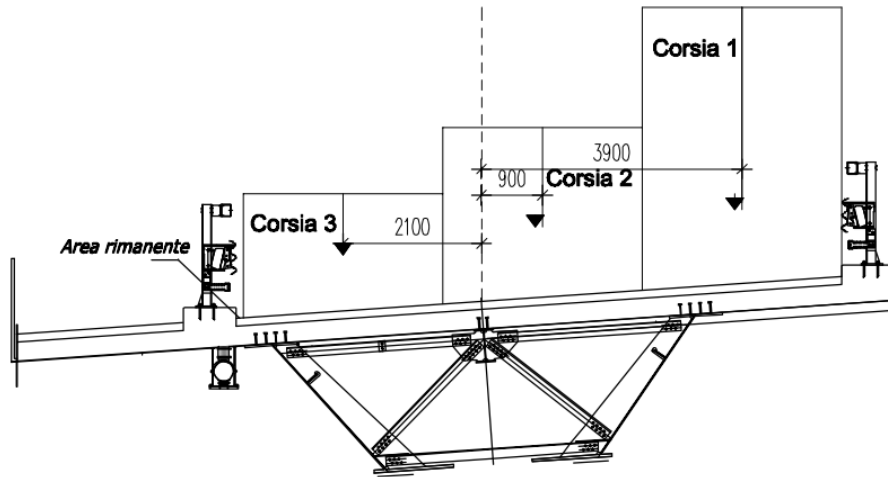


Figura 13: Condizione 3 – max carico dx

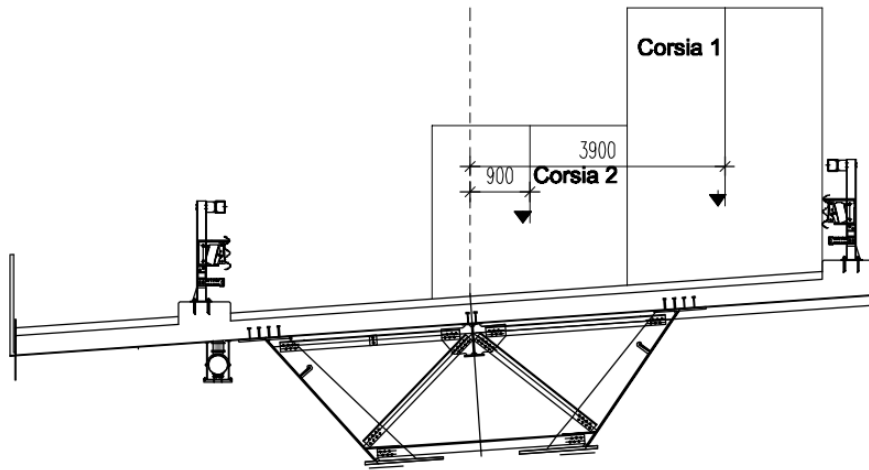


Figura 14: Condizione 4 – max eccentricità dx

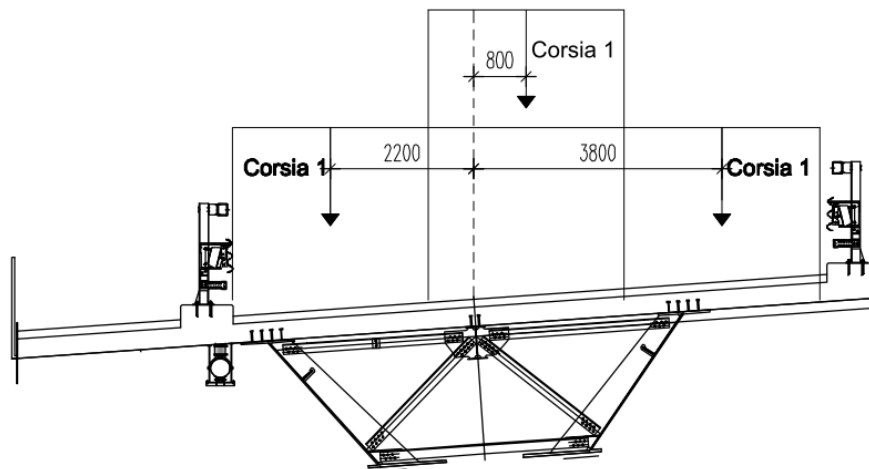







Figura 15: Condizione 5 - max carico spina

8.8.4 Carico da traffico per verifiche a fatica

Con riferimento a quanto prescritto dalle NTC 2008, in funzione del limitato carico di traffico previsto per il ponte, si fa riferimento al modello di carico a fatica 2 previsto al punto 5.1.4.3 del DM 14/1/2008. Si adotta pertanto il più gravoso dei mezzi riportati in tabella 5.1.VII, considerato viaggiante da solo sulla corsia lenta (massima eccentricità trasversale):

SAGOMA del VEICOLO		Distanza tra gli assi (m)	Carico frequente per asse (kN)	Tipo di ruota (Tab. 5.1.IX)
		4,5	90 190	A B
		4,20 1,30	80 140 140	A B B
		3,20	90	A
		5,20	180	B
		1,30	120	C
		1,30	120 120	C C
		3,40	90	A
		6,00	190	B
		1,80	140 140	B B
		4,80	90	A
		3,60	180	B
		4,40	120	C
		1,30	110 110	C C

8.8.5 Azione di frenamento (Q3)

Secondo quanto riportato nel DM 14 gennaio 2008, la forza orizzontale dovuta al frenamento dei veicoli viene identificata come:

$$180 \text{ kN} \leq q_3 = 0,6(2Q_{ik}) + 0,10q_{ik} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

che per l'impalcato in questione diviene:

Frenamento e accelerazione		
Q1k	300	kN
q1k	9	kN/m ²
w1	3	m
L	144	m
q ₃	748.8	kN

8.8.6 Azione centrifuga (Q4)

L'impalcato si sviluppa secondo una curvatura di raggio pari a 160 m, pertanto l'azione centrifuga è valutata come:

Tabella 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe

Raggio di curvatura [m]	Q ₄ [kN]
R < 200	0,2·Q _v
200 ≤ R ≤ 1500	40·Q _v /R
1500 ≤ R	0

Con $Q_v = \Sigma 2Q_{ik} = 1200 \text{ kN}$

$Q_4 = 0.2 * 1200 = 240 \text{ kN}$

8.9 Azione del vento (Q5)

L'azione del vento sulla struttura può essere assimilata ad una pressione statica del vento calcolata come indicato nel paragrafo 3.3 del NTC 14.01.2008.

Al § 5.1.3.7 del D.M. 14/01/08 "Azioni di Neve, Vento: q₅" per strutture da ponte, si precisa che per le azioni da neve e vento vale quanto specificato al Cap. 3 delle stesse norme.

L'azione del vento può essere convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente all'asse del ponte e/o diretto nelle direzioni più sfavorevoli per alcuni dei suoi elementi (ad es. le spalle). Tale azione si considera agente sulla proiezione nel piano verticale delle superfici direttamente investite.

La superficie dei carichi transitanti sul ponte esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

8.9.1 Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_b assunta nei calcoli è il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II D.M. 14/01/08), mediata su 10 minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni.

In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche v_b è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \text{ per } a_s \leq a_0$$

$$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0) \text{ per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

dove:

$v_{b,0}$, a_0 , k_a sono parametri forniti nella norma e legati alla regione in cui sorge la costruzione in esame;

a_s è l'altitudine sul livello del mare (in m) del sito ove sorge la costruzione.

Per tener conto di un tempo di ritorno di 500 anni si ricorre all'amplificazione della velocità di riferimento prevista al § 3.3.2 C.M. 02/02/09:

$$v_{b,(Tr)} = v_{b,0} \alpha_r$$

con:

$$\alpha_R = 0.75 \cdot \sqrt{1 - 0.2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} = 1.039$$

8.9.2 Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_b (in N/m^2) è data dall'espressione:

$$q_b = 0.5 \cdot \rho \cdot v_b^2$$

dove:

v_b è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a $1,25 \text{ kg/m}^3$.

8.9.3 Pressione del vento

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

q_b è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6 D.M. 14/01/08;

c_e è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7 D.M. 14/01/08;

c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento;

c_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Indicazioni per la sua valutazione sono riportate al § 3.3.8 D.M. 14/01/08.

8.9.4 Azione tangenziale del vento

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_f = q_b \cdot c_e \cdot c_f$$

dove:

q_b , che sono definiti ai § 3.3.6 e 3.3.7 D.M. 14/01/08;

c_f è il coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

8.9.5 Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

In assenza di analisi specifiche che tengano in conto la direzione di provenienza del vento e l'effettiva scabrezza e topografia del terreno che circonda la costruzione, per altezze sul suolo non maggiori di $z = 200$ m, esso è dato dalla relazione:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \text{ per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \text{ per } z < z_{\min}$$

dove:

k_r, z_0, z_{\min} sono assegnati in Tab. 3.3.II D.M. 14/01/08 in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

c_t è il coefficiente di topografia.

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

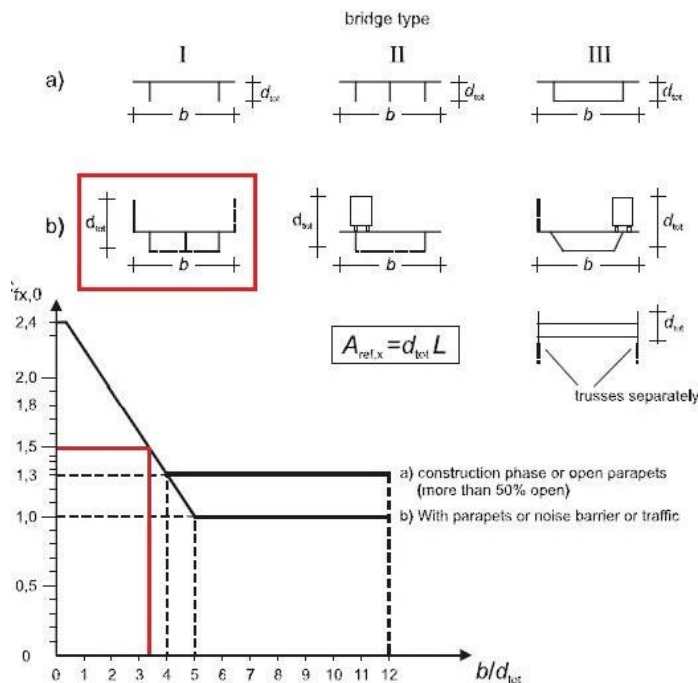
In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 3.3.2 D.M. 14/01/08 in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III D.M. 14/01/08.

Il coefficiente di topografia c_t è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,.....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,.....)
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.	

8.9.6 Coefficienti di forma

Il coefficiente di forma è determinato sulla base dal diagramma fornito dalla UNI-EN 1991-1-4:2005.



8.9.7 Azione del vento

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = Q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

dove:

$Q_{ref} = 492.08 \text{ N/mq}$ è la pressione cinetica di riferimento

$C_e = 2.14$ è il coefficiente di esposizione

C_p è il coefficiente di forma (o coefficiente areodinamico)

$C_d = 1.00$ è il coefficiente dinamico

Nel caso in esame la zona selezionata è la 3; il ponte si trova sulla terraferma ad una distanza di oltre 30 Km dalla costa e con un'altezza inferiore a 500 m sul livello del mare.

Il tipo di costruzione è : *Travi isolate piene*

La superficie della costruzione è: *liscia*

La classe di rugosità è la *C* - Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni, ...)

n. doc. B96DA SR2A

Il coefficiente di esposizione C_e è funzione dell'altezza della costruzione $z = 10$ mt sul suolo, dalla rugosità e dalla topografia del terreno, dall'esposizione del sito ove sorge la costruzione. E' dato dalla formula :

$$C_e(z) = K_r^2 \cdot C_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + C_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{essendo } z > z_{\min}.$$

dove $K_r = 0.2$; $z_0 = 0.1$; $z_{\min} = 5$; sono assegnati in funzione della categoria di esposizione del sito in cui sorge la costruzione. $C_t = 1$ è il coefficiente di topografia di default.

Il coefficiente di forma ricavato, per una costruzione di tipo *travi isolate piene*, è $c_p = 1.5$.

Risulta:

$$p = 492.08 \times 2.14 \times 1.50 \times 1.0 = 158.1 \text{ daN/m}^2$$

8.10 Azioni sismiche

Si definiscono i seguenti parametri riguardanti vita nominale, classi d'uso e periodi di riferimento:

Vita nominale $V_N = 50$ anni

Classe d'uso: III

Coefficiente d'uso $C_U = 1.5$ (valido per classe d'uso III)

Periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \times C_U = 75$ anni

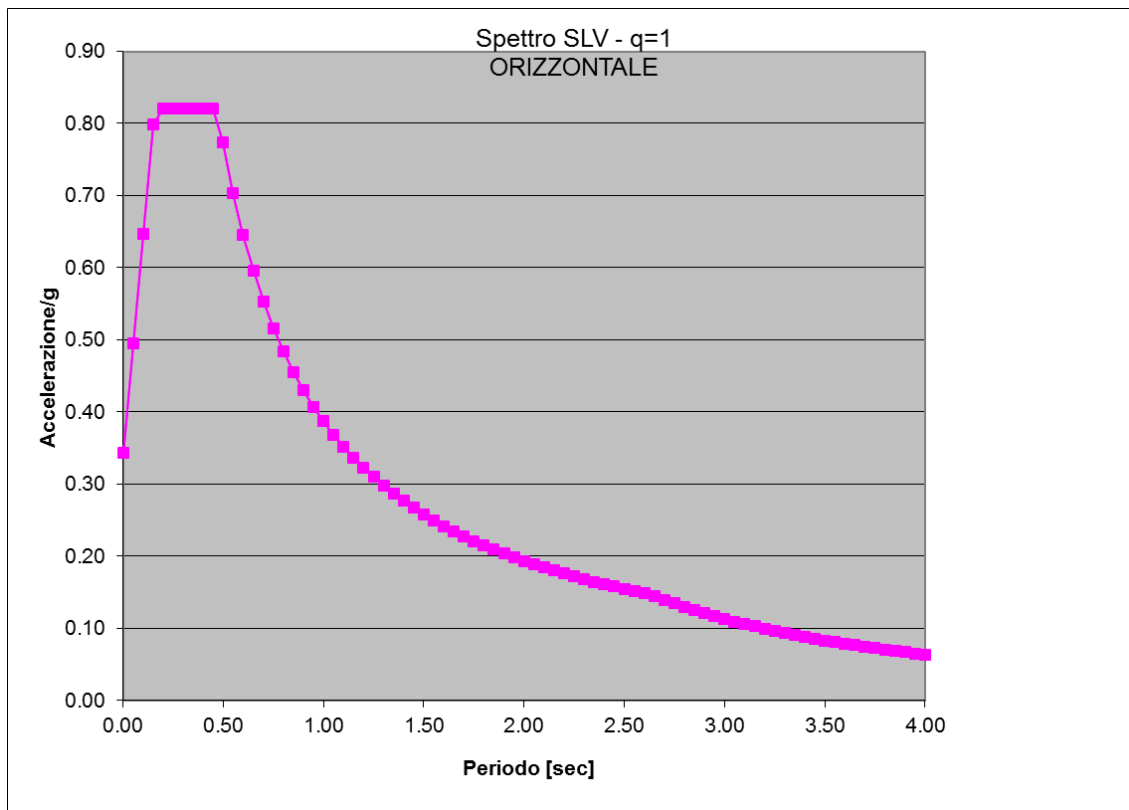
Il valore dell'accelerazione al suolo e l'identificazione dello spettro allo SLV è dato di seguito.

$a_g = 0.258$ g $F_0 = 2.391$ $T^*c = 0.472$

Categoria del suolo: tipo C.

Coefficiente topografico: categoria T1.

$S_s = 1.33$ $C_c = 1.557$ $S_T = 1$



n. doc. B96DA SR2A

9 Analisi sismica

Il sistema di appoggi è tale da trasmettere alle pile ed alle spalle le azioni verticali, orizzontali longitudinali ed orizzontali trasversali di progetto, ed insieme da consentire gli spostamenti orizzontali longitudinali ed orizzontali trasversali di progetto, nel rispetto degli schemi statici verticale, longitudinale e trasversale assunti in sede di calcolo.

In corrispondenza delle pile sono previsti dispositivi isolatori a scorrimento a superficie curva (pendoli), uno per ciascuna pila posto in posizione centrata rispetto al cassone, mentre sulle spalle sono presenti dispositivi di appoggio multidirezionali, posizionati in modo asimmetrico rispetto al cassone ed in posizione esterna rispetto alle travi in modo da minimizzare la trazione sugli appoggi stessi data dall'eccentricità in particolare dei carichi mobile ed accentuata dalla curvatura dell'impalcato. Sulle spalle sono inoltre presenti delle guide trasversali orientate secondo lo sviluppo delle travi.

Si ha quindi che le azioni trasversali sono ripartite fra spalle e pile, mentre le sollecitazioni longitudinali insistono solo sulle pile.

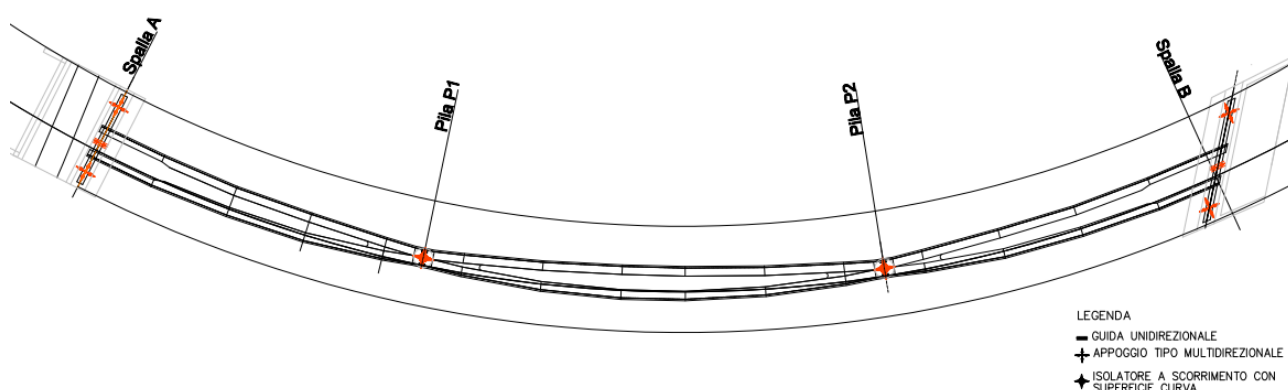
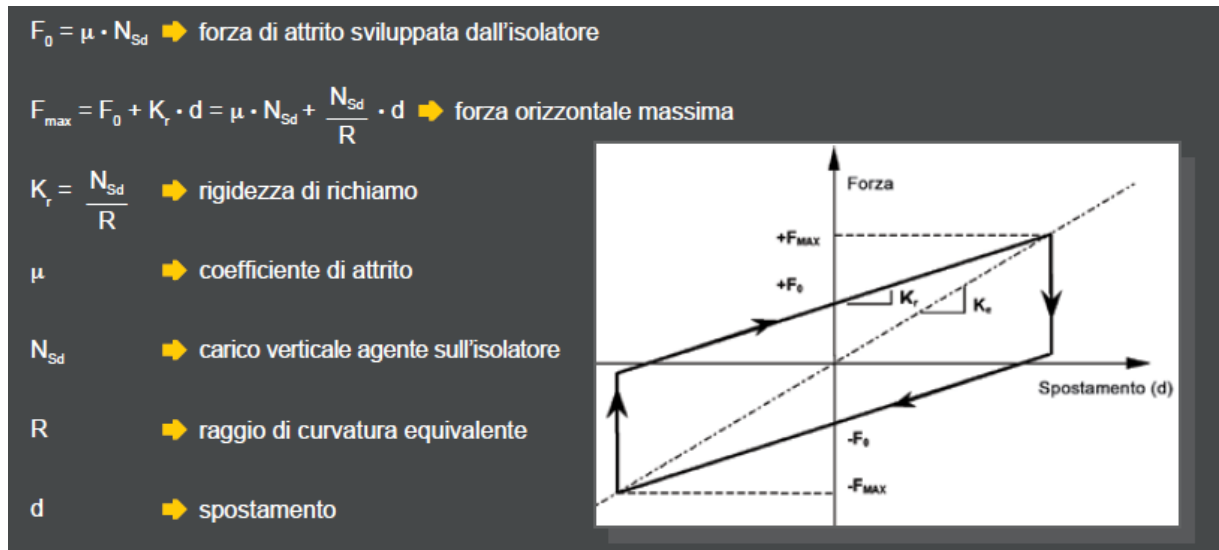


Figura 16: Schema di vincolamento

Il funzionamento degli isolatori a scorrimento a superficie curva e isolatori a pendolo scorrevole è riconducibile a quello del pendolo semplice, in cui il periodo di oscillazione non dipende dalla massa, ma unicamente dalla lunghezza del pendolo stesso. Il periodo proprio di una struttura vincolata con tali dispositivi, pertanto, dipende principalmente dal raggio di curvatura della superficie di scorrimento ed è quasi indipendente dalla massa della struttura. La dissipazione dell'energia è fornita dall'attrito che si sviluppa durante lo scorrimento e la capacità di ricentraggio è garantita dalla forma stessa della superficie di scorrimento.

n. doc. B96DA SR2A

Il comportamento dei dispositivi a pendolo è compiutamente descritto tramite una formulazione non lineare, tuttavia per effettuare un efficace pre-dimensionamento di questi apparecchi e per avere un confronto con i risultati delle analisi non lineari si procede inizialmente ad una schematizzazione lineare dei dispositivi.



Il valore della rigidità equivalente può essere facilmente calcolato come:

$$k_{eq} = N_{Sd} (1/R + \mu/d)$$

mentre lo smorzamento equivalente può essere valutato tramite la seguente equazione:

$$\zeta_{eq} = 2/\pi * 1/(d/\mu R + 1)$$

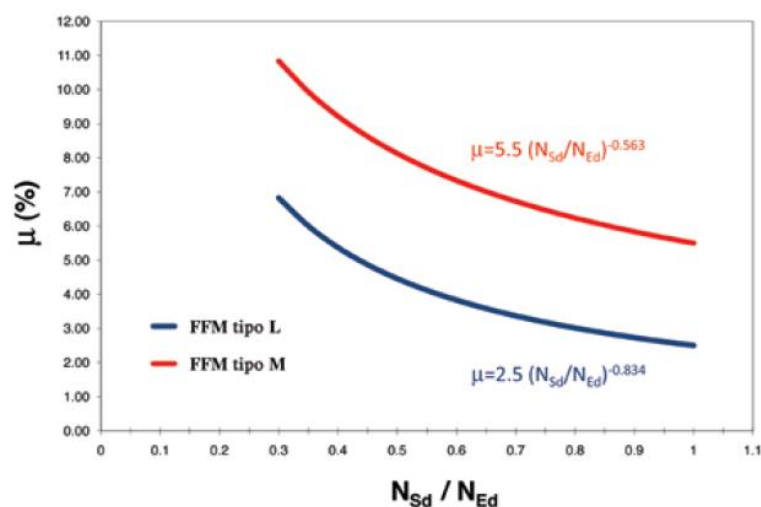
ed il periodo fondamentale di vibrazione è dato da:

$$T = 2\pi (1/(g(1/R + \mu/d)))^{0.5}$$

Come si può semplicemente evincere dalla formula del periodo di vibrazione, tale grandezza non dipende dalla massa agente sull'appoggio, ma unicamente dalle caratteristiche geometriche dell'appoggio stesso in termini di raggio di curvatura e coefficiente di attrito.

È tuttavia necessario precisare che il coefficiente di attrito nominale dell'apparecchio è dato per il carico verticale massimo sopportabile dal dispositivo stesso e varia in funzione del rapporto fra il carico verticale agente sul dispositivo in condizioni sismiche (ovvero dato dalla somma dei pesi propri e dei carichi permanentemente portati) ed il carico verticale massimo di progetto del dispositivo. Pertanto i differenti dispositivi dovranno essere modellati e calcolati considerando piccole variazioni di attrito a seconda della posizione considerata.

n. doc. B96DA SR2A



La procedura di calcolo semplificata è iterativa, in quanto per determinare il periodo di oscillazione (e, quindi, l'accelerazione di progetto) è necessario ipotizzare uno spostamento di progetto che deve poi essere confrontato con quello ottenuto al termine del procedimento di calcolo come rapporto fra il taglio sismico e la rigidezza equivalente. Si considera soddisfacente il risultato ottenuto quando differisce dalla grandezza ipotizzata di non più del 10%.

Posizione	raggio	carico verticale QUASI PERMANENTE	carico verticale IN PRESENZA DEL SISMA	carico verticale ultimo DEL DISPOSITIVO	N/V	coeff. attrito	coeff. attrito
		SLE	SLC	V		μ FAST	μ SLOW
	R [mm]	N [kN]	V' [kN]	V [kN]		5.50%	3.50%
Spalla 1	3100	1411	2262	5000	0.282	0.112	0.071
P1	3100	10972	17599	21000	0.522	0.079	0.050
P2	3100	11038	17705	21000	0.526	0.079	0.050
Spalla 2	3100	1363	2185	5000	0.273	0.114	0.073

SLV	spostamento di progetto SLV	periodo di oscillazione	rigidezza equivalente per appoggio	rigidezza equivalente totale	smorzamento equivalente	Forza d'attrito	Rigidezza iniziale
Longitudinale	X [mm]	T [sec]	Ke [kN/mm]	Ke [kN/mm]	ξe [%]	Fo [kN]	K [kN/mm]
Spalla 1	170	2.02	0.00	0.00	15.00	158.2	158.18
P1	170	2.26	8.66	8.66	15.00	869.7	869.72
P2	170	2.26	8.69	8.69	15.00	872.0	872.00
Spalla 2	170	2.01	0.00	0.00	15.00	155.8	155.81

SISTEMA COMPLESSIVO	TAGLIO SLV PER SINGOLO APPOGGIO [kN]				TAGLIO SLV PER SOTTOSTRUTTURA [kN]				
		prop.N	prop.sp		prop.N	prop.sp		prop.N	prop.sp
ke,tot	17.35 kN/mm	Spalla 1	154.4	0.2	Spalla 1	308.8	0.3		
Te	2.53 sec	P1	1201.2	1505.0	P1	1201.2	1505.0		
ag/g	0.109	P2	1208.4	1511.1	P2	1208.4	1511.1		
Tsistema	3016.8 kN	Spalla 2	149.2	0.2	Spalla 2	298.3	0.3		
sp.	173.9 mm								

SLV	spostamento di progetto SLV	periodo di oscillazione	rigidezza equivalente per appoggio	rigidezza equivalente totale	smorzamento equivalente	Forza d'attrito	Rigidezza iniziale
Trasversale	X [mm]	T [sec]	Ke [kN/mm]	Ke [kN/mm]	ξ_e [%]	Fo [kN]	K [kN/mm]
Spalla 1	0.1	0.06	10000.00	20000.00	15.00	158.2	158.18
P1	150	2.18	9.34	9.34	15.00	869.7	869.72
P2	150	2.18	9.37	9.37	15.00	872.0	872.00
Spalla 2	0.1	0.06	10000.00	20000.00	15.00	155.8	155.81

SLV	TAGLIO APPOGGIO	TAGLIO TOT	
ag/g SLV	T SLV [kN]	T SLV [kN]	sp. (T/k) [mm]
0.495	698	1396	0
0.130	1430	1430	153
0.130	1439	1439	153
0.495	674	1349	0

9.1 Modellazione del sistema protetto sismicamente

Per il calcolo è stato adottato il programma agli elementi finiti MIDAS Civil.

Si è proceduto ad una modellazione completa di impalcato e sistema di vincolamento, nella quale particolare attenzione è stata riservata proprio alla definizione delle caratteristiche lineari equivalenti e non lineari degli apparecchi di appoggio. Come da prescrizioni normative si è assunto che sovrastruttura e sottostrutture conservino un comportamento elastico anche sotto l'azione sismica, concentrando gli effetti delle sollecitazioni sugli isolatori.

L'impalcato è stato sollecitato da un set di 7 terne di accelerogrammi spettro-compatibili (2 in direzione orizzontale fra loro perpendicolari ed uno in direzione verticale).

9.2 Principali modi di vibrare

Nelle immagini seguenti sono rappresentati i primi modi di vibrare, che mobilitano pressochè tutta la massa dell'impalcato. Il primo modo, caratterizzato da un periodo di circa 1.73 sec, consiste nello spostamento uniforme dell'impalcato in direzione longitudinale; il secondo modo (1.58 sec) mobilita la massa dell'impalcato in direzione trasversale.

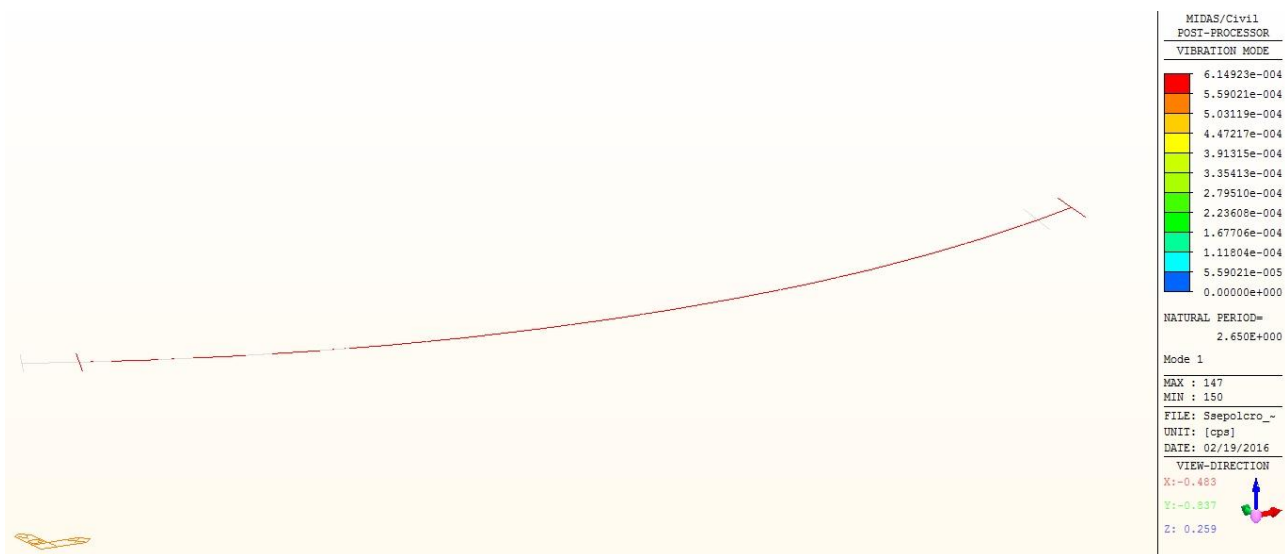


Figura 17: Primo modo di vibrare - Longitudinale



Figura 18: Secondo modo di vibrare - Trasversale

n. doc. B96DA SR2A

Mode No	Period (sec)	TRAN-X		TRAN-Y		TRAN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	2.650382	94.15	94.15	0.05	0.05	0	0
2	1.20021	0.05	94.19	84.42	84.47	0	0
3	0.879793	0	94.19	0	84.47	2.4	2.4
4	0.521357	0	94.19	0	84.47	0.43	2.83
5	0.440379	0	94.19	0	84.47	73.99	76.82
6	0.314686	3.63	97.82	0	84.47	0	76.82
7	0.245365	0	97.82	0	84.47	0	76.82
8	0.158811	0	97.82	0	84.47	1.39	78.21
9	0.156744	0	97.82	0	84.47	0.67	78.88
10	0.138452	0	97.83	7.51	91.98	0	78.88
11	0.132475	0	97.83	0	91.98	11.99	90.87
12	0.115952	0	97.83	0	91.99	0	90.87
13	0.090904	0	97.83	0	91.99	0	90.88
14	0.08053	0	97.83	0	91.99	6.11	96.99
15	0.077705	0.85	98.67	0	91.99	0	96.99
16	0.072757	0	98.67	0	91.99	0.01	97
17	0.062808	0	98.67	0	91.99	0	97
18	0.056916	0	98.67	0	91.99	0.02	97.01
19	0.049509	0	98.67	2.59	94.58	0	97.01
20	0.047621	0	98.67	0	94.58	0	97.01

Mode No	Period (sec)	ROTN-X		ROTN-Y		ROTN-Z	
		MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)	MASS(%)	SUM(%)
1	2.650382	0	0	0	0	5.8	5.8
2	1.20021	0	0	0	0	0	5.8
3	0.879793	47.23	47.23	0.05	0.05	0	5.8
4	0.521357	2.11	49.34	61.39	61.44	0	5.8
5	0.440379	2.04	51.38	0.3	61.73	0	5.8
6	0.314686	0	51.38	0	61.73	58.75	64.55
7	0.245365	0.71	52.1	18.35	80.08	0	64.55
8	0.158811	16.76	68.85	0	80.08	0	64.55
9	0.156744	8.26	77.12	0.01	80.09	0	64.55
10	0.138452	0	77.12	0	80.09	0	64.55
11	0.132475	2.25	79.36	0	80.09	0	64.55
12	0.115952	0	79.36	0	80.09	0	64.55
13	0.090904	0.32	79.68	8.47	88.56	0	64.55
14	0.08053	2.22	81.9	0	88.56	0	64.55
15	0.077705	0	81.9	0	88.56	13.8	78.35
16	0.072757	0.06	81.96	2.64	91.2	0	78.35
17	0.062808	0	81.96	0	91.2	0	78.35
18	0.056916	3.37	85.33	0	91.2	0	78.35
19	0.049509	0	85.33	0	91.2	0	78.35
20	0.047621	0.03	85.36	0.82	92.03	0	78.35

9.3 Risultati dell'analisi non lineare

Nelle tabelle seguenti sono riassunti i risultati delle analisi non lineari descritte in precedenza in termini di tagli in corrispondenza degli apparecchi di appoggio.

Spalla - SA							
nodo	App sx		App dx				Comb.
	1	1	148	148	1	1	
	FX (kN)	FY (kN)	FX (kN)	FY (kN)	DX (mm)	DY (mm)	
SLC_1(max)	1048.5	2181.4	0.0	0.0	57.7	37.2	68.6
SLC_2(max)	819.2	1704.4	0.0	0.0	80.0	39.7	89.3
SLC_3(max)	770.7	1603.4	0.0	0.0	129.0	25.4	131.5
SLC_4(max)	915.2	1904.0	0.0	0.0	94.3	41.4	103.0
SLC_5(max)	987.2	2053.8	0.0	0.0	80.6	40.3	90.1
SLC_6(max)	837.2	1741.8	0.0	0.0	82.8	24.3	86.3
SLC_7(max)	827.5	1721.5	0.0	0.0	85.8	39.3	94.3
media	886.5	1844.3	0.0	0.0	87.2	35.4	94.7
	FX (kN)	FY (kN)	FX (kN)	FY (kN)	DX (mm)	DY (mm)	Comb.
SLC_1(min)	-838.3	-1744.0	0.0	0.0	-77.3	-27.7	82.1
SLC_2(min)	-884.6	-1840.4	0.0	0.0	-82.6	-38.5	91.1
SLC_3(min)	-1014.0	-2109.6	0.0	0.0	-52.9	-62.0	81.5
SLC_4(min)	-790.5	-1644.6	0.0	0.0	-86.2	-45.3	97.3
SLC_5(min)	-1002.0	-2084.7	0.0	0.0	-83.8	-38.7	92.3
SLC_6(min)	-1137.8	-2367.3	0.0	0.0	-50.6	-39.8	64.4
SLC_7(min)	-916.5	-1906.8	0.0	0.0	-81.8	-41.2	91.6
media	-940.5	-1956.8	0.0	0.0	-73.6	-41.9	85.8

Pila - P1				
<i>nodo</i>	App sx			
	150	150	44	44
	FX (kN)	FY (kN)	DX (mm)	DY (mm)
SLC_1(max)	1279.9	925.8	70.0	61.9
SLC_2(max)	1603.5	998.3	93.2	56.4
SLC_3(max)	1184.6	1104.0	131.6	70.5
SLC_4(max)	1239.7	918.9	114.1	46.2
SLC_5(max)	1129.8	1078.1	95.9	53.3
SLC_6(max)	1296.2	1074.8	96.8	69.1
SLC_7(max)	1218.3	1026.9	100.5	51.2
media	1278.8	1018.1	100.3	58.4
	FX (kN)	FY (kN)	DX (mm)	DY (mm)
SLC_1(min)	-1086.1	-967.9	-100.3	-42.7
SLC_2(min)	-1279.1	-970.0	-102.6	-57.3
SLC_3(min)	-1109.4	-1090.6	-70.7	-57.1
SLC_4(min)	-1274.9	-975.7	-105.6	-50.1
SLC_5(min)	-1466.7	-1041.7	-87.8	-61.5
SLC_6(min)	-1239.5	-1073.3	-64.0	-62.0
SLC_7(min)	-1170.2	-1000.3	-92.0	-50.9
media	-1232.3	-1017.1	-89.0	-54.5

Pila - P2				
<i>nodo</i>	App sx			
	151	151	102	102
	FX (kN)	FY (kN)	DX (mm)	DY (mm)
SLC_1(max)	1276.1	1087.2	71.8	69.0
SLC_2(max)	1692.4	1031.4	95.2	62.3
SLC_3(max)	1208.6	981.9	132.7	104.5
SLC_4(max)	1417.4	916.7	116.7	70.5
SLC_5(max)	1147.8	985.2	100.0	80.5
SLC_6(max)	1272.5	1057.1	100.0	95.6
SLC_7(max)	1211.5	1031.6	102.6	70.6
media	1318.0	1013.0	102.7	79.0
	FX (kN)	FY (kN)	DX (mm)	DY (mm)
SLC_1(min)	-1103.4	-1096.0	-104.2	-75.9
SLC_2(min)	-1414.4	-975.2	-105.8	-68.9
SLC_3(min)	-1193.2	-1051.3	-74.3	-66.2
SLC_4(min)	-1296.3	-1111.7	-108.5	-63.4
SLC_5(min)	-1476.5	-1016.4	-87.8	-80.7
SLC_6(min)	-1198.7	-980.2	-66.0	-54.2
SLC_7(min)	-1077.4	-968.5	-94.4	-73.0
media	-1251.4	-1028.4	-91.6	-68.9

Spalla - SB							
<i>nodo</i>	App sx		App dx		145	145	Comb.
	145	145	147	147			
	FX (kN)	FY (kN)	FX (kN)	FY (kN)	DX (mm)	DY (mm)	
SLC_1(max)	885.5	1842.4	0.0	0.0	73.0	31.0	79.3
SLC_2(max)	943.3	1557.6	0.0	0.0	99.7	42.4	108.4
SLC_3(max)	1048.3	1401.4	0.0	0.0	137.3	58.4	149.2
SLC_4(max)	688.2	1802.9	0.0	0.0	118.8	50.5	129.1
SLC_5(max)	777.9	2180.7	0.0	0.0	109.1	46.3	118.5
SLC_6(max)	930.5	1980.9	0.0	0.0	104.4	44.3	113.4
SLC_7(max)	698.0	1830.9	0.0	0.0	105.0	44.6	114.0
media	853.1	1799.5	0.0	0.0	106.8	45.4	116.0
	FX (kN)	FY (kN)	FX (kN)	FY (kN)	DX (mm)	DY (mm)	Comb.
SLC_1(min)	-782.8	-2084.0	0.0	0.0	-112.1	-47.6	121.8
SLC_2(min)	-661.8	-2220.1	0.0	0.0	-111.3	-47.3	120.9
SLC_3(min)	-595.4	-2467.1	0.0	0.0	-83.6	-35.5	90.8
SLC_4(min)	-766.0	-1619.7	0.0	0.0	-111.2	-47.3	120.8
SLC_5(min)	-926.5	-1830.9	0.0	0.0	-89.9	-38.2	97.7
SLC_6(min)	-841.7	-2189.9	0.0	0.0	-69.4	-29.5	75.4
SLC_7(min)	-778.0	-1642.7	0.0	0.0	-96.4	-41.0	104.7
media	-764.6	-2007.8	0.0	0.0	-96.3	-40.9	104.6

n. doc. B96DA SR2A

10 Reazioni vincolari

Si riportano di seguito in forma tabellare le reazioni agli appoggi.

Vengono premesse le seguenti osservazioni:

- le reazioni tabellate devono intendersi come valori nominali (non moltiplicati per i coefficienti di combinazione);
- gli effetti dei carichi mobili sono forniti tramite l'involuppo dei minimi e dei massimi per tutte le distribuzioni di carico assunte:

Di seguito si riportano le reazioni dovute ai carichi di esercizio:

APPOGGI	Trave sx			Trave dx			Mtrasv [kNm]
	N (z) [kN]	T (x) [kN]	T (y) [kN]	N (z) [kN]	T (x) [kN]	T (y) [kN]	
SPALLA SA							
Fase 1 - g	1363	0	0	950	0	0	1653
Fase 2 - p	346	0	0	185	0	0	642
Cedimenti_c1	2.0	0	0	-54	0	0	222
Cedimenti_c2	-8	0	0	20	0	0	-111
T uniforme	-87	0	0	183	0	208	-1080
Ritiro	177	0	0	-376	0	350	2214
Max Permanenti	1802	0	0	1348	0	-559	1817
Min Permanenti	1610	0	0	889	0	559	2885
<i>Fase 3 - mobili</i>							
Massimo carico - trave sx	1411	0	0	578	0	0	3331
Massima eccentricità - trave sx	-728	0	0	703	0	0	-5722
Minimo carico - trave sx	-728	0	0	703	0	0	-5722
Massimo carico - trave dx	-73	0	0	1819	0	0	-7569
Massima eccentricità - trave dx	-73	0	0	1819	0	0	-7569
Minimo carico - trave dx	466	0	0	-516	0	0	3927
Vento Ponte Scarico	32	0	57	32	0	57	258
Vento Ponte Carico	88	0	106	88	0	106	702
Sisma Longitudinale SLV (+/-)	451	0	2060	451	0	0	3605
Sisma Trasversale SLV (+/-)	451	0	2060	451	0	0	3605
Sisma Verticale SLV (+/-)							
Sisma Longitudinale SLC (+/-)	475	0	2171	475	0	0	3799
Sisma Trasversale SLC (+/-)	475	0	2171	475	0	0	3799
Sisma Verticale SLC (+/-)							
Frenatura (+/-)	0	0	0	0	0	0	
Attrito vincoli	0	90	0	0	67	0	

APPOGGI	Trave sx			Trave dx			Mtrasv [kNm]
	N (z) [kN]	T (x) [kN]	T (y) [kN]	N (z) [kN]	T (x) [kN]	T (y) [kN]	
PILA P1							
Fase 1 - g	9057	0	0				
Fase 2 - p	1899	0	0				
Cedimenti_c1	132	0	0				
Cedimenti_c2	-8	0	0				
T uniforme	-53	0	0				
Ritiro	109	0	0				
Max Permanenti	11144	0	0				
Min Permanenti	10892	0	0				
<i>Fase 3 - mobili</i>							
Massimo carico - trave sx - TANDEM	1287	0	0				
Massimo carico - trave sx - DISTRIBUITO	3021	0	0				
Minimo carico - trave sx - TANDEM	-150	0	0				
Minimo carico - trave sx - DISTRIBUITO	-162	0	0				
Massimo carico - trave dx - TANDEM	1220	0	0				
Massimo carico - trave dx - DISTRIBUITO	2817	0	0				
Minimo carico - trave dx - TANDEM	-146	0	0				
Minimo carico - trave dx - DISTRIBUITO	-160	0	0				
Vento Ponte Scarico	0	0	270				
Vento Ponte Carico	0	0	500				
Vento Ponte Scarico - con spinta idraulica	0	0	270				
Vento Ponte Carico - con spinta idraulica	0	0	500				
Sisma Longitudinale SLV (+/-)	0	1214	966				2850
Sisma Trasversale SLV (+/-)	0	1214	966				2850
Sisma Verticale SLV (+/-)	5461						
Sisma Longitudinale SLC (+/-)	0	1279	1018				3003
Sisma Trasversale SLC (+/-)	0	1279	1018				3003
Sisma Verticale SLC (+/-)							
Frenatura (+/-)	0	254	0				
Attrito vincoli	0	557	0				

APPOGGI	Trave sx			Trave dx			Mtrasv [kNm]
	N (z) [kN]	T (x) [kN]	T (y) [kN]	N (z) [kN]	T (x) [kN]	T (y) [kN]	
PILA P2							
Fase 1 - g	9081	0	0				
Fase 2 - p	1909	0	0				
Cedimenti_c1	-142	0	0				
Cedimenti_c2	-21	0	0				
T uniforme	-47	0	0				
Ritiro	97	0	0				
Max Permanenti	11040	0	0				
Min Permanenti	10777	0	0				
<i>Fase 3 - mobili</i>							
Massimo carico - trave sx - TANDEM	1261	0	0				
Massimo carico - trave sx - DISTRIBUITO	2934	0	0				
Minimo carico - trave sx - TANDEM	-182	0	0				
Minimo carico - trave sx - DISTRIBUITO	-204	0	0				
Massimo carico - trave dx - TANDEM	1228	0	0				
Massimo carico - trave dx - DISTRIBUITO	2893	0	0				
Minimo carico - trave dx - TANDEM	-160	0	0				
Minimo carico - trave dx - DISTRIBUITO	-165	0	0				
Vento Ponte Scarico	0	0	270				
Vento Ponte Carico	0	0	500				
Vento Ponte Scarico - con spinta idraulica	0	0	270				
Vento Ponte Carico - con spinta idraulica	0	0	500				
Sisma Longitudinale SLV (+/-)	0	1251	976				2879
Sisma Trasversale SLV (+/-)	0	1251	976				2879
Sisma Verticale SLV (+/-)	5410						
Sisma Longitudinale SLC (+/-)	0	1318	1028				3034
Sisma Trasversale SLC (+/-)	0	1318	1028				3034
Sisma Verticale SLC (+/-)							
Frenatura (+/-)	0	254	0				
Attrito vincoli	0	552	0				

APPOGGI	Trave sx			Trave dx			Mtrasv [kNm]
	N (z) [kN]	T (x) [kN]	T (y) [kN]	N (z) [kN]	T (x) [kN]	T (y) [kN]	
SPALLA SB							
Fase 1 - g	1290	0	0	958	0	0	1665
Fase 2 - p	320	0	0	196	0	0	621
Cedimenti_c1	-2.3	0	0	64	0	0	-330
Cedimenti_c2	-15	0	0	33	0	0	-242
T uniforme	-80	0	208	184	0	0	-1316
Ritiro	164	0	350	-377	0	0	2703
Max Permanenti	1695	0	-559	1444	0	0	1252
Min Permanenti	1510	0	559	961	0	0	2745
<i>Fase 3 - mobili</i>							
Massimo carico - trave sx	1328	0	0	577	0	0	3754
Massima eccentricità - trave sx	-626	0	0	685	0	0	-6555
Minimo carico - trave sx	-626	0	0	685	0	0	-6555
Massimo carico - trave dx	67	0	0	1899	0	0	-9158
Massima eccentricità - trave dx	67	0	0	1899	0	0	-9158
Minimo carico - trave dx	346	0	0	-568	0	0	4574
Vento Ponte Scarico	26	0	57	26	0	57	258
Vento Ponte Carico	70	0	106	70	0	106	702
Sisma Longitudinale SLV (+/-)	362	0	0	362	0	2070	3623
Sisma Trasversale SLV (+/-)	362	0	0	362	0	2070	3623
Sisma Verticale SLV (+/-)							
Sisma Longitudinale SLC (+/-)	382	0	0	382	0	2181	3817
Sisma Trasversale SLC (+/-)	382	0	0	382	0	2181	3817
Sisma Verticale SLC (+/-)							
Frenatura (+/-)	0	0	0	0	0	0	
Attrito vincoli	0	85	0	0	72	0	

11 Combinazioni di carico agli SLU

Le combinazioni di carico adottate sono quelle prescritte da normativa, secondo quanto riportato nelle tabelle 5.1.V e 5.1.VI delle NTC 2008:

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		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	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	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 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

<i>Azioni</i>	<i>Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)</i>	<i>Coefficiente ψ_0 di combinazione</i>	<i>Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)</i>	<i>Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)</i>
<i>Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)</i>	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
<i>Vento q_s</i>	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
<i>Neve q_s</i>	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
<i>Temperatura</i>	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
	T_k	0,6	0,6	0,5

Combinazioni “STR”

	Fase 1 - g	Fase 2 - p	Cedimenti_c1	Cedimenti_c2	T uniforme	T differenziale	Massimo carico - trave est - totale	Massimo carico - trave est - appoggio	Massimo momento - trave est	Minimo carico - trave est - appoggio	Massimo carico - trave int - totale	Massimo carico - trave int - appoggio	Massimo momento - trave int	Minimo carico - trave int - appoggio	Vento Ponte Scarico	Vento Ponte Carico	Vento Ponte Scarico - con spinta idraulica	Vento Ponte Carico - con spinta idraulica	Sisma Longitudinale SLV (+/-)	Sisma Trasversale SLV (+/-)	Sisma Verticale SLV (+/-)	spinta idraulica (g3)	Frenatura (+/-)	Attrito vincoli
STR_1	1.35	1.35	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_2	1.35	1.35	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_3	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_4	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	1.35	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_5	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_6	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	-0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_7	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_8	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	-0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_9	1	1	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STR_10	1	1	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STR_11	1	1	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STR_12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STR_13	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STR_14	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	-0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STR_15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0
STR_16	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
STR_17	1.35	1.35	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_18	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_19	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_20	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_21	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_22	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_23	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_24	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_25	1	1	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_26	1	1	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_27	1	1	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_28	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_29	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_30	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_31	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_32	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35
STR_33	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_34	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5
STR_35	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0
STR_36	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	Fase 1 - g	Fase 2 - p	Cediment_c1	Cediment_c2	T uniforme	T differenziale	Massimo carico - trave est - totale	Massimo carico - trave est - appoggio	Massimo momento - trave est	Minimo carico - trave est - appoggio	Massimo carico - trave int - totale	Massimo carico - trave int - appoggio	Massimo momento - trave int	Minimo carico - trave int - appoggio	Vento Ponte Scarico	Vento Ponte Carico	Vento Ponte Scarico - con spinta idraulica	Vento Ponte Carico - con spinta idraulica	Sisma Longitudinale SLV (+/-)	Sisma Trasversale SLV (+/-)	Sisma Verticale SLV (+/-)	spinta idraulica (g3)	Frenatura (+/-)	Attrito vincoli
STR_37	1.35	1.35	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_38	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_39	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_40	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.35	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_41	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_42	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_43	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0.9	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_44	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	-0.9	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_45	1	1	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	1.5	0	0
STR_46	1	1	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	1.5	0	0
STR_47	1	1	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	1.5	0	0
STR_48	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	1.5	0	0
STR_49	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	1.5	0	0
STR_50	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	1.5	0	0
STR_51	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0.9	0	0	0	1.5	0	0
STR_52	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	-0.9	0	0	0	1.5	0	0
STR_53	1.35	1.35	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5	1.35	1.5
STR_54	1.35	1.35	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	1.5	1.35	1.5
STR_55	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5	1.35	1.5
STR_56	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	1.5	1.35	1.5
STR_57	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5	1.35	1.5
STR_58	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	1.5	1.35	1.5
STR_59	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5	1.35	1.5
STR_60	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	-1.5	0	0	0	1.5	1.35	1.5
STR_61	1	1	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5	1.35	0
STR_62	1	1	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	1.5	1.35	0
STR_63	1	1	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5	1.35	0
STR_64	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	1.5	1.35	0
STR_65	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5	1.35	0
STR_66	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	1.5	1.35	0
STR_67	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	0	1.5	0	0	0	1.5	1.35	0
STR_68	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0125	0	0	0	-1.5	0	0	0	1.5	1.35	0
STR_69	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_70	1.35	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	1.5
STR_71	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0
STR_72	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	1.5	0	0

n. doc. B96DA SR2A

Combinazioni “EQU” e “GEO”

	Phase 1 - g	Phase 2 - p	Cediment_c1	Cediment_c2	T uniforme	T differenziale	Massimo carico - trave est - totale	Massimo carico - trave est - appoggio	Massimo momento - trave est	Minimo carico - trave est	Massimo carico - trave int - totale	Massimo carico - trave int - appoggio	Massimo momento - trave int	Minimo carico - trave int - appoggio	Vento Ponte Scarico	Vento Ponte Carico	Vento Ponte Scarico - con spinta idraulica	Vento Ponte Carico - con spinta idraulica	Sisma Longitudinale SLV (+/-)	Sisma Trasversale SLV (+/-)	Sisma Verticale SLV (+/-)	spinta idraulica (g3)	Frenatura (+/-)	Attito vincoli	
EQU_1	0.9	0.9	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0.9	1	1	
EQU_2	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	-0.9	1	1	
EQU_3	0.9	0.9	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0.9	1	1	
EQU_4	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	-0.9	1	1	
EQU_5	0.9	0.9	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0.9	1	1	
EQU_6	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	-0.9	1	1	
EQU_7	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0.9	1	1	
EQU_8	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	-0.9	0	0	0	-0.9	1	1	
EQU_9	0.9	0.9	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0.9	1	1	
EQU_10	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	-0.9	1	1	
EQU_11	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0	0	0	0.9	1	1	
EQU_12	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.9	0	0	0	-0.9	1	1	
EQU_13	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	1	1
EQU_14	0.9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.5	0	0	0	0	0	0.9	1	1
GEO_1	1	1.3	0	0	0	1.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.5	0	0	0	0	0	-0.9	1	1
GEO_2	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	1.15	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0	0	0.78	1	1	
GEO_3	1	1.3	0	0	0	0	1.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0	0	0.78	1	1	
GEO_4	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.15	0	0	0	0	0	-0.78	0	0	0	-0.78	1	1	
GEO_5	1	1.3	0	0	0	0	0	1.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0	0	0.78	1	1	
GEO_6	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.15	0	0	0	0	-0.78	0	0	0	-0.78	1	1	
GEO_7	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	1.15	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0	0	0.78	1	1	
GEO_8	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.78	0	0	0	-0.78	1	1	
GEO_9	1	1.3	0	0	0	0	0	1.15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0	0	0.78	1	1	
GEO_10	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.15	0	0	0	0	-0.78	0	0	0	-0.78	1	1	
GEO_11	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	1.15	0	0	0	0	0	0	0	0.78	0	0	0	0.78	1	1	
GEO_12	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.78	0	0	0	-0.78	1	1	
GEO_13	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0	0	0	0	0.78	1	1	
GEO_14	1	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1.3	0	0	0	0	-0.78	1	1	

n. doc. B96DA SR2A

Combinazioni “SLV”

12 Condizioni geotecniche

Nel seguito si riporta la schematizzazione geotecnica adottata per l'analisi delle fondazioni delle pile e delle spalle

12.1 Stratigrafia in corrispondenza delle pile

n°	Z1	Z2	Z3	Terreno	Kw	Ks	α
	[m]	[m]	[m]		[kg/cmq/cm]		
1	-0.5	-0.5	-0.5	U.G.3 arg. limose	1.00	1.00	1.00
2	-4.0	-4.0	-4.0	U.G.1 sabbia ghiaie	2.00	1.00	1.00
3	-7.5	-7.5	-7.5	U.G.2 limi sabbiosi	2.00	1.00	1.00
4	-18.5	-18.5	-18.5	U.G.3 arg. limose	5.00	0.00	1.00
5	-25.0	-25.0	-18.5	U.G.1 sabbia ghiaie	0.00	0.00	1.00

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]

Kw Costante di Winkler espressa in Kg/cm²/cm

Ks Coefficiente di spinta

α Coefficiente di espansione laterale

Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	<i>c</i>	<i>ca</i>
	[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]
U.G.3 arg. limose	20.400	20.400	0.00	0.00	50.0	0.0
U.G.2 limi sabbiosi	17.500	20.500	28.00	18.00	0.0	0.0
U.G.1 sabbia ghiaie	19.000	22.000	42.00	28.00	0.0	0.0

γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

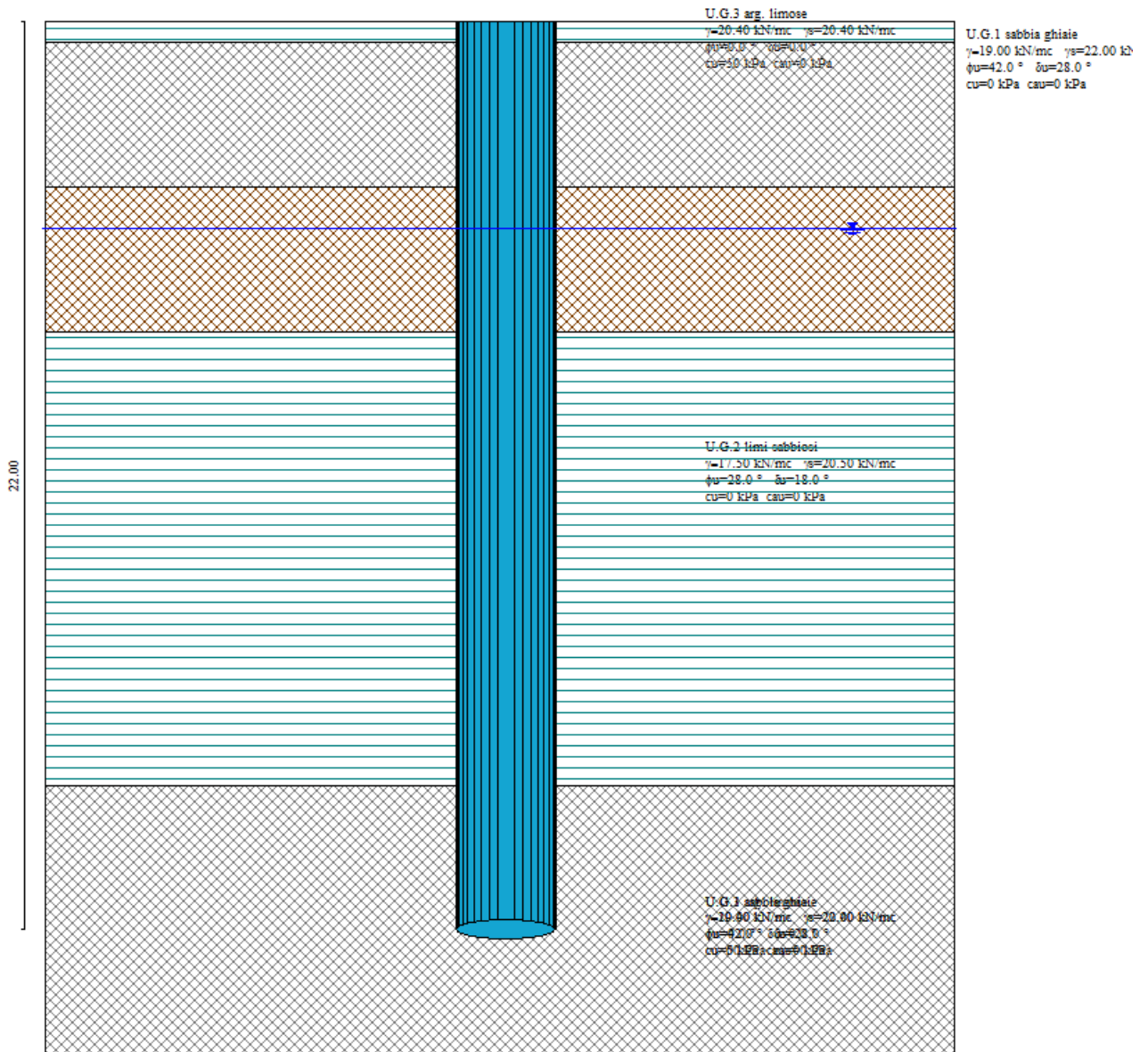
γ_{sat} Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]

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 [kPa]

ca Adesione del terreno espressa in [kPa]



12.2 Stratigrafia in corrispondenza della spalla A

n°	Z1	Z2	Z3	Terreno	Kw	Ks	α
	[m]	[m]	[m]		[kg/cmq/cm]		
1	-6.0	-6.0	-6.0	U.G.2 limi sabbiosi	1.00	1.00	1.00
2	-17.5	-17.5	-17.5	U.G.3 arg. limose	2.00	1.00	1.00
3	-25.0	-25.0	-25.0	U.G.1 sabbia ghiaie	5.00	0.00	1.00

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]

Kw Costante di Winkler espressa in Kg/cm²/cm

Ks Coefficiente di spinta

α Coefficiente di espansione laterale

Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	<i>c</i>	<i>ca</i>
	[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]
U.G.3 arg. limose	20.400	20.400	0.00	0.00	50.0	0.0
U.G.2 limi sabbiosi	17.500	20.500	28.00	18.00	0.0	0.0
U.G.1 sabbia ghiaie	19.000	22.000	42.00	28.00	0.0	0.0

γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

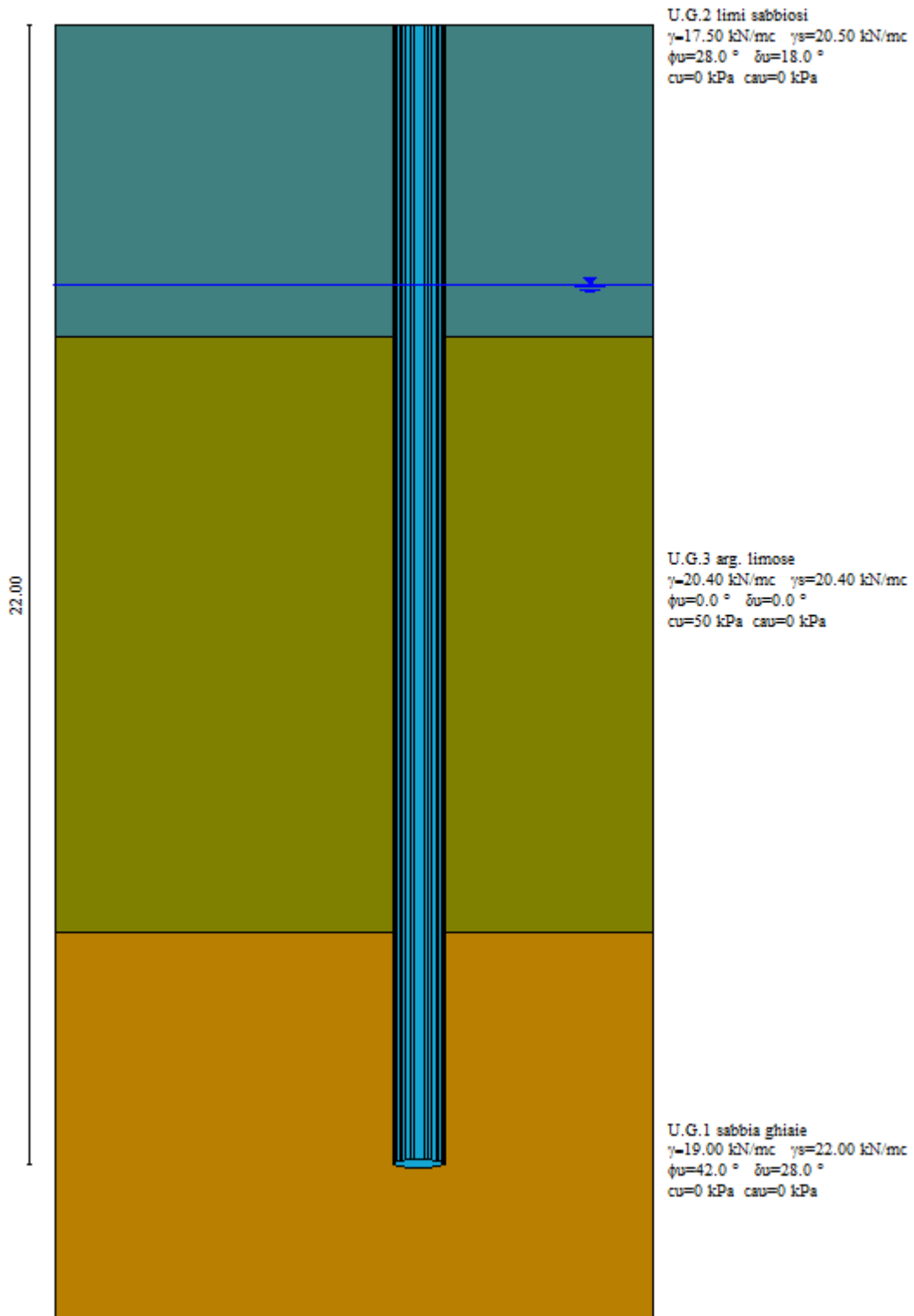
γ_{sat} Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]

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 [kPa]

ca Adesione del terreno espressa in [kPa]



12.3 Stratigrafia in corrispondenza della spalla B

n°	Z1	Z2	Z3	Terreno	Kw	Ks	α
	[m]	[m]	[m]		[kg/cmq/cm]		
1	-0.5	-0.5	-0.5	U.G.3 arg. limose	1.00	1.00	1.00
2	-7.5	-7.5	-7.5	U.G.1 sabbia ghiaie	2.00	1.00	1.00
3	-18.5	-18.5	-18.5	U.G.3 arg. limose	5.00	0.00	1.00
4	-25.0	-25.0	-18.5	U.G.1 sabbia ghiaie	0.00	0.00	1.00

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]

Kw Costante di Winkler espressa in Kg/cm²/cm

Ks Coefficiente di spinta

α Coefficiente di espansione laterale

Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c	ca
	[kN/mc]	[kN/mc]	[°]	[°]	[kPa]	[kPa]
U.G.3 arg. limose	20.400	20.400	0.00	0.00	50.0	0.0
U.G.2 limi sabbiosi	17.500	20.500	28.00	18.00	0.0	0.0
U.G.1 sabbia ghiaie	19.000	22.000	42.00	28.00	0.0	0.0

γ Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]

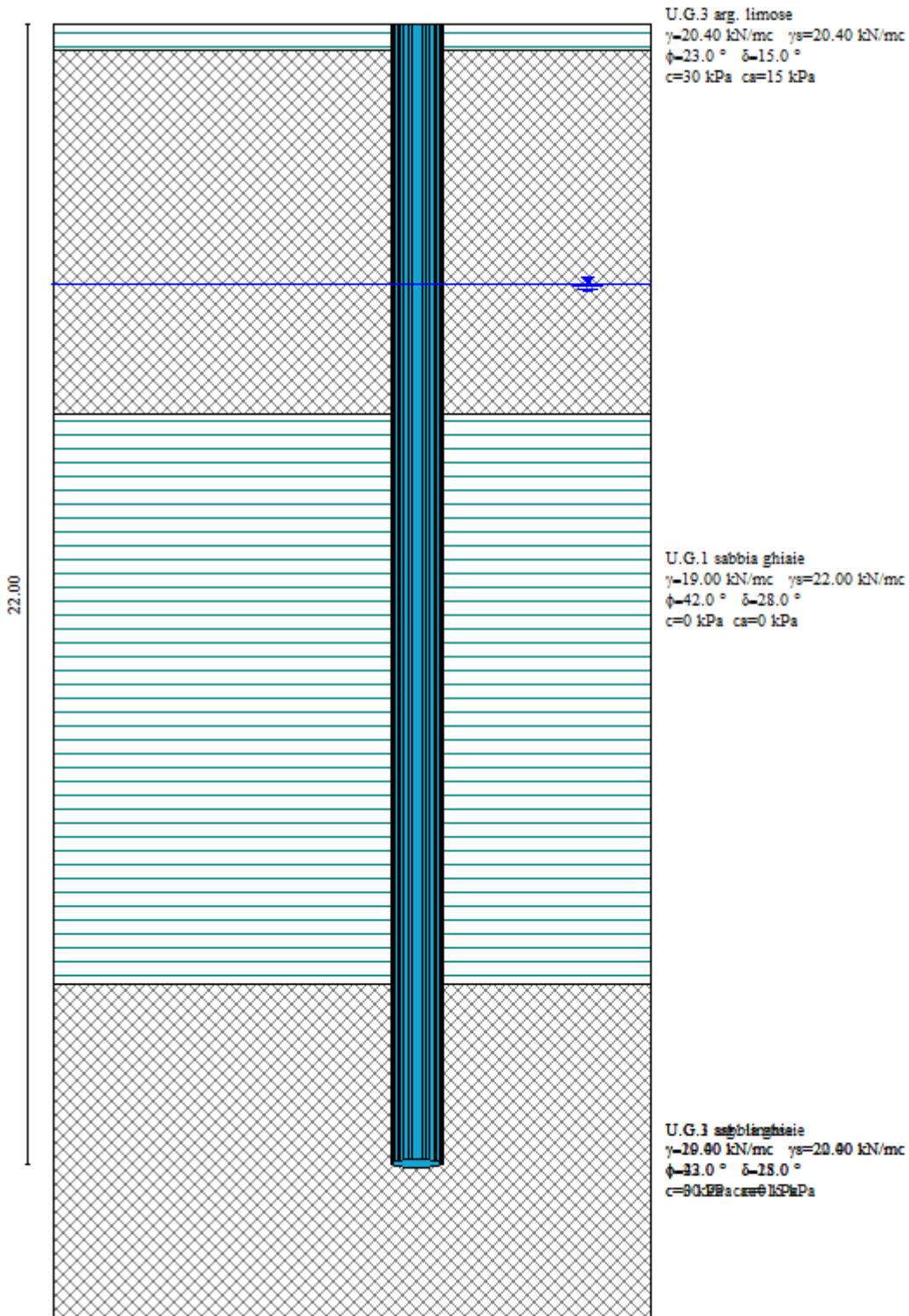
γ_{sat} Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]

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 [kPa]

ca Adesione del terreno espressa in [kPa]



n. doc. B96DA SR2A

Procedendo ad una valutazione secondo l'Approccio 1, i coefficienti parziali considerati per i parametri geotecnici del terreno sono i seguenti:

Parametri		Statici		Sismici	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1.00	1.25	1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1.00	1.40	1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1.00	1.60	1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{ϕ}	1.00	1.00	1.00	1.00

Mentre i coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei pali trivellati sono per i carichi verticali e trasversali:

Carichi verticali		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_t	1.00	1.60	1.30
Laterale trazione	γ_{st}	1.00	1.60	1.25

Carichi trasversali		R1	R2	R3
	γ_T	1.00	1.60	1.30

Coefficienti di riduzione γ per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali

Numero di verticali indagate 1 $\gamma_3=1.70$ $\gamma_4=1.70$

13 Verifica delle pile

13.1 Verifica delle elevazioni

Si riportano di seguito le verifiche di resistenza e di capacità portante delle pile.

Le caratteristiche geometriche di elevazioni e fondazioni delle pile in oggetto sono tutte uniformi, pertanto nel modello numerico utilizzato per i dimensionamenti e le verifiche si è fatto riferimento alla pila P1, soggetta alle sollecitazioni più punitive.

Le verifiche si considerano quindi estese anche a P2.

Si riportano di seguito, in forma tabellare, rispettivamente le sollecitazioni in testa alle pile a alla loro base ottenute combinando le azioni come descritto nel precedente paragrafo.

In particolare si indicano le combinazioni che danno luogo alle sollecitazioni più significative in termini di sforzo assiale, taglio e momento flettente, secondo la seguente convenzione:

Z = asse verticale

N(z) = sforzo assiale

X = asse longitudinale impalcato

T(x) = taglio parallelo all'asse dell'impalcato

Y = asse perpendicolare all'impalcato

T(y) = taglio perpendicolare all'asse dell'impalcato

M_{trav} = momento attorno all'asse longitudinale dell'impalcato (ad esempio quello derivante da una condizione dei mobili eccentrica o dal vento che soffia perpendicolarmente l'impalcato)

M_{long} = momento attorno all'asse trasversale dell'impalcato (ad esempio il momento dato dal sisma agente in direzione X, cioè parallelamente all'asse longitudinale dell'impalcato)

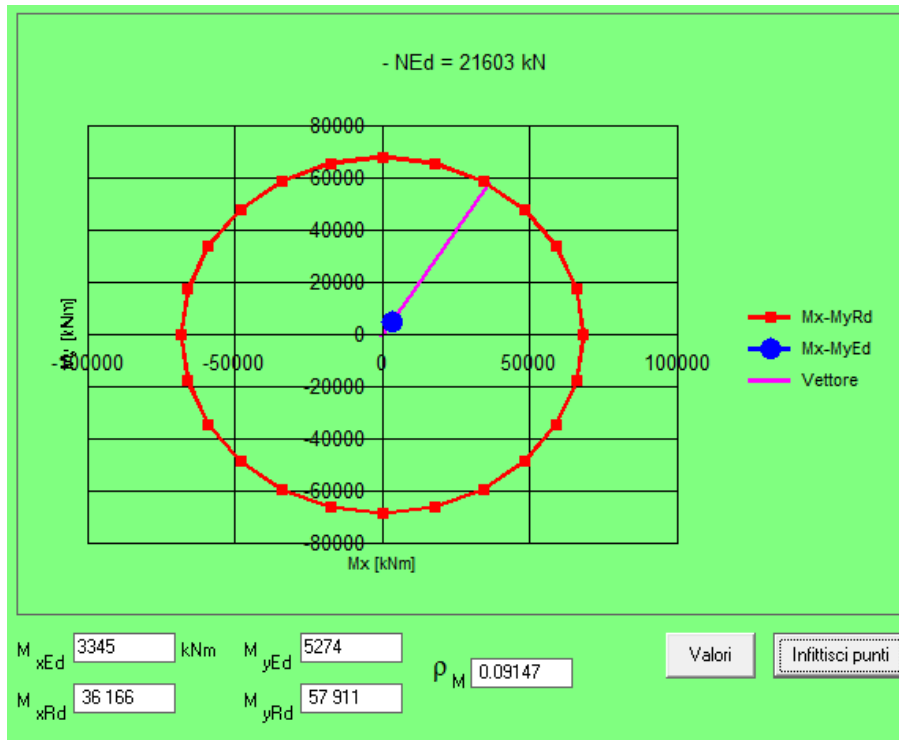
n. doc. B96DA SR2A

P1	Appoggio singolo			[kN]
	N (z)	T (x)	T (y)	
N_max	20775.1	835.8	450.0	STR
N_min	10704.6	0.0	450.0	
M_max	20775.1	835.8	450.0	
M_min	20775.1	835.8	450.0	
Tx_max	17893.8	1179.2	749.9	
Ty_max	17893.8	1179.2	749.9	
N_max	17911.1	811.6	450.0	EQU
N_min	9595.2	811.6	450.0	
M_max	13413.1	811.6	450.0	
M_min	13413.1	811.6	450.0	
Tx_max	13413.1	811.6	450.0	
Ty_max	13413.1	811.6	450.0	
N_max	18380.6	811.6	390.0	GEO
N_min	11296.7	811.6	390.0	
M_max	14548.9	811.6	390.0	
M_min	14548.9	811.6	390.0	
Tx_max	14548.9	811.6	390.0	
Ty_max	14548.9	811.6	390.0	
N_max	16416.7	2427.1	1932.3	SLV
N_min	5495.4	2427.1	1932.3	
Tx_max	16416.7	2427.1	1932.3	
Ty_max	16416.7	2427.1	1932.3	

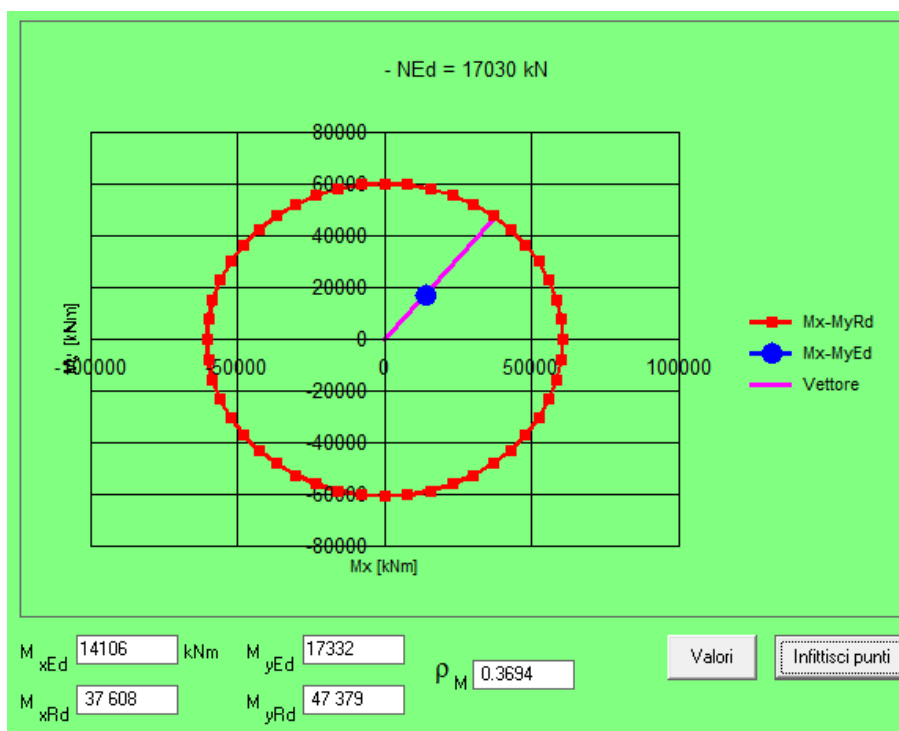
P1	SOLLECITAZIONI BASE PILA					
	N (z)	T (x)	T (y)	M trasv	M long	[kN;m]
N_max	21 603	842	456	3 345	5 274	STR
N_min	11 318	6	456	2 831	581	
My_max	18 722	1 189	760	4 711	6 858	
My_min	11 500	333	-760	-3 200	2 266	
Mx_max	18 722	1 189	760	4 711	6 858	
Mx_min	11 318	-6	-456	-1 699	550	
N_max	18 463	818	456	3 188	4 996	EQU
N_min	10 147	818	456	2 773	4 581	
My_max	18 463	818	456	3 188	4 996	
My_min	10 147	805	-456	-1 758	4 550	
Mx_max	18 463	818	456	3 188	4 996	
Mx_min	10 147	805	-456	-1 758	4 550	
N_max	18 994	817	395	2 913	5 021	GEO
N_min	11 910	817	395	2 559	4 667	
My_max	18 994	817	395	2 913	5 021	
My_min	11 910	806	-395	-1 368	4 640	
Mx_max	18 994	817	395	2 913	5 021	
Mx_min	11 910	806	-395	-1 368	4 640	
N_max	17 030	2 763	2 268	17 332	14 106	SLV
N_min	6 109	2 763	2 268	16 786	13 560	
My_max	17 030	2 763	2 268	17 332	14 106	
My_min	6 109	-2 763	-2 268	-16 175	-12 949	
Mx_max	17 030	2 763	2 268	17 332	14 106	
Mx_min	6 109	-2 763	-2 268	-16 175	-12 949	

Si riportano quindi le verifiche a pressoflessione dei fusti circolari delle pile, considerando un'armatura costituita da ferri $\phi 24$ disposti con un passo di 10 cm (per un totale di 72 ferri):

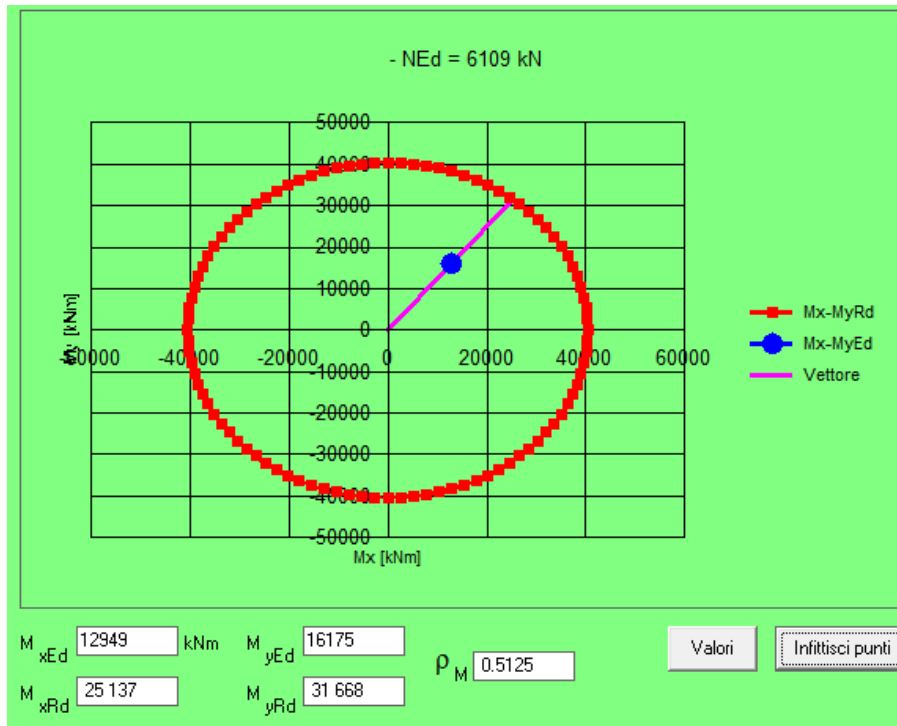
- Condizione massimo forza normale



- Condizione massimo momento - 1



- Condizione massimo momento - 2



13.2 Verifica dei pali di fondazione

13.2.1 Verifica della portanza assiale

Il metodo utilizzato per il calcolo della portanza verticale è: Berezantzev.

L'andamento della pressione verticale σ_V con la profondità, per il calcolo della portanza di punta, è stata definita come: Pressione geostatica.

Si riportano i risultati per le combinazioni significative:

cmb	Nc	Nq
1	198.66	161.88
2	198.66	161.88
3	198.66	161.88
4	198.66	161.88
5	198.66	161.88
6	198.66	161.88

cmb	Pl _{med} [kN]	Pp _{med} [kN]	Pl _{min} [kN]	Pp _{min} [kN]	Wp [kN]	Pd [kN]	N [kN]	η
1	1552.89	327230.60	1552.89	327230.60	2440.07	190229.96	15527.20	12.251
2	1552.89	327230.60	1552.89	327230.60	2440.07	111418.48	11944.00	9.328
3	1552.89	327230.60	1552.89	327230.60	2440.07	190229.96	19928.20	9.546
4	1552.89	327230.60	1552.89	327230.60	2440.07	111418.48	15758.20	7.071
5	1552.89	327230.60	1552.89	327230.60	2440.07	190961.98	11944.00	15.988
6	1552.89	327230.60	1552.89	327230.60	2440.07	111418.48	11944.00	9.328

cmb Identificativo della combinazione

Nc, Nq Fattori di capacità portante

Pl_{min}, Pl_{med} Portanza laterale minima e media espressa in [kN]

Pp_{min}, Pp_{med} Portanza di punta minima e media espressa in [kN]

Pd Portanza di progetto espressa in [kN]

N Scarico verticale in testa al palo espresso in [kN]

η Coeff. di sicurezza per carichi verticali

13.2.2 Verifica della portanza trasversale

cmb	Tu	T	η
	[kN]	[kN]	
1	1902.57	351.00	5.420
2	1902.57	270.00	7.047
3	1902.57	351.00	5.420
4	1902.57	270.00	7.047
5	1902.57	270.00	7.047
6	1902.57	270.00	7.047

cmb Identificativo della combinazione

Tu Taglio resistente ultimo in testa al palo, espresso in [kN]

Tx Taglio agente in testa al palo, espresso in [kN]

$\eta = Tu/Tx$ Coeff. di sicurezza per carichi orizzontali

13.2.3 Cedimento verticale in testa ai pali

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

cmb	w	u
	[cm]	[cm]
1	0.2579	0.3759
2	0.1936	0.2866
3	0.3368	0.3759
4	0.2620	0.2866
5	0.1936	0.2866
6	0.1936	0.2866
7	0.2462	0.2866
8	0.2147	0.2866
9	0.1936	0.2866

cmb Identificativo della combinazione

w Cedimento in testa al palo, espresso in [cm]

u Spostamento orizzontale in testa al palo, espresso in [cm]

13.2.4 Verifica a pressoflessione e taglio del palo

Il progetto e la verifica delle armature sono stati effettuati con il metodo degli stati limite ultimi. L'armatura longitudinale è costituita da ferri $\phi 20$ mentre l'armatura trasversale è costituita da staffe $\phi 10 / 25$ [cm].

Si riporta in forma tabellare la verifica condotta in forma puntuale per ogni barra di armatura per la combinazione di carico più sfavorevole per tali elementi:

Y	A _f	M	N	M _u	N _u	CS
[m]	[cm ²]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
0.00	452.39	-2457.00	19928.20	9480.80	76896.78	3.86
0.22	452.39	-2534.22	19952.60	9766.81	76896.78	3.85
0.44	452.39	-2609.88	19977.00	10046.10	76896.78	3.85
0.66	452.39	-2682.40	20000.89	10312.95	76896.78	3.84
0.88	452.39	-2747.30	20024.37	10550.07	76896.78	3.84
1.10	452.39	-2804.87	20047.60	10758.65	76896.78	3.84
1.32	452.39	-2855.39	20070.58	10939.92	76896.78	3.83
1.54	452.39	-2899.17	20093.31	11095.10	76896.78	3.83
1.76	452.39	-2936.49	20115.79	11225.34	76896.78	3.82
1.98	452.39	-2967.61	20138.01	11331.80	76896.78	3.82
2.20	452.39	-2992.82	20159.99	11415.59	76896.78	3.81
2.42	452.39	-3012.37	20181.71	11477.80	76896.78	3.81
2.64	452.39	-3026.53	20203.19	11519.47	76896.78	3.81
2.86	452.39	-3035.54	20224.41	11541.64	76896.78	3.80
3.08	452.39	-3039.65	20245.39	11545.30	76896.78	3.80
3.30	452.39	-3039.10	20266.11	11531.41	76896.78	3.79
3.52	452.39	-3034.12	20286.58	11500.92	76896.78	3.79
3.74	452.39	-3024.95	20306.80	11454.72	76896.78	3.79
3.96	452.39	-3011.79	20326.77	11393.69	76896.78	3.78
4.18	452.39	-2994.87	20347.99	11317.86	76896.78	3.78
4.40	452.39	-2974.39	20369.39	11228.65	76896.78	3.78
4.62	452.39	-2950.55	20390.65	11127.05	76896.78	3.77
4.84	452.39	-2923.55	20411.77	11013.82	76896.78	3.77
5.06	452.39	-2893.58	20432.75	10889.72	76896.78	3.76
5.28	452.39	-2860.82	20453.57	10755.47	76896.78	3.76
5.50	452.39	-2825.45	20474.22	10611.77	76896.78	3.76
5.72	452.39	-2787.63	20494.71	10459.29	76896.78	3.75
5.94	452.39	-2747.55	20515.03	10298.66	76896.78	3.75
6.16	452.39	-2705.34	20535.19	10130.52	76896.78	3.74
6.38	452.39	-2661.18	20555.18	9955.44	76896.78	3.74
6.60	452.39	-2615.20	20575.01	9774.00	76896.78	3.74
6.82	452.39	-2567.55	20594.67	9586.75	76896.78	3.73
7.04	452.39	-2518.36	20614.16	9394.21	76896.78	3.73
7.26	452.39	-2467.77	20633.50	9196.88	76896.78	3.73
7.48	452.39	-2415.91	20652.66	8995.25	76896.78	3.72
7.70	452.39	-2362.90	20676.58	8787.68	76896.78	3.72

Y	A_f	M	N	M_u	N_u	CS
[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
7.92	452.39	-2307.29	20700.98	8570.76	76896.78	3.71
8.14	452.39	-2249.37	20725.38	8345.76	76896.78	3.71
8.36	452.39	-2189.40	20749.78	8113.71	76896.78	3.71
8.58	452.39	-2127.64	20774.18	7875.57	76896.78	3.70
8.80	452.39	-2064.33	20798.58	7632.27	76896.78	3.70
9.02	452.39	-1999.71	20822.98	7384.68	76896.78	3.69
9.24	452.39	-1933.99	20847.38	7133.65	76896.78	3.69
9.46	452.39	-1867.40	20871.78	6879.97	76896.78	3.68
9.68	452.39	-1800.13	20896.18	6624.37	76896.78	3.68
9.90	452.39	-1732.37	20920.58	6367.59	76896.78	3.68
10.12	452.39	-1664.31	20944.98	6110.30	76896.78	3.67
10.34	452.39	-1596.12	20969.39	5853.12	76896.78	3.67
10.56	452.39	-1527.96	20993.79	5596.68	76896.78	3.66
10.78	452.39	-1460.00	21018.19	5341.54	76896.78	3.66
11.00	452.39	-1392.38	21042.59	5088.23	76896.78	3.65
11.22	452.39	-1325.24	21066.99	4837.27	76896.78	3.65
11.44	452.39	-1258.72	21091.39	4589.15	76896.78	3.65
11.66	452.39	-1192.94	21115.79	4344.30	76896.78	3.64
11.88	452.39	-1128.03	21140.19	4103.17	76896.78	3.64
12.10	452.39	-1064.09	21164.59	3866.15	76896.78	3.63
12.32	452.39	-1001.25	21188.99	3633.62	76896.78	3.63
12.54	452.39	-939.59	21213.39	3405.95	76896.78	3.62
12.76	452.39	-879.23	21237.79	3183.46	76896.78	3.62
12.98	452.39	-820.24	21262.19	2966.49	76896.78	3.62
13.20	452.39	-762.73	21286.60	2755.32	76896.78	3.61
13.42	452.39	-706.77	21311.00	2550.24	76896.78	3.61
13.64	452.39	-652.44	21335.40	2351.53	76896.78	3.60
13.86	452.39	-599.83	21359.80	2159.43	76896.78	3.60
14.08	452.39	-549.00	21384.20	1974.18	76896.78	3.60
14.30	452.39	-500.02	21408.60	1796.02	76896.78	3.59
14.52	452.39	-452.97	21433.00	1625.16	76896.78	3.59
14.74	452.39	-407.90	21457.40	1461.80	76896.78	3.58
14.96	452.39	-364.88	21481.80	1306.15	76896.78	3.58
15.18	452.39	-323.97	21506.20	1158.39	76896.78	3.58
15.40	452.39	-285.23	21530.60	1018.70	76896.78	3.57
15.62	452.39	-248.71	21555.00	887.26	76896.78	3.57
15.84	452.39	-214.47	21579.40	764.23	76896.78	3.56
16.06	452.39	-182.56	21603.80	649.79	76896.78	3.56
16.28	452.39	-153.03	21628.21	544.08	76896.78	3.56
16.50	452.39	-125.94	21652.61	447.26	76896.78	3.55
16.72	452.39	-101.34	21677.01	359.48	76896.78	3.55
16.94	452.39	-79.27	21701.41	280.89	76896.78	3.54
17.16	452.39	-59.79	21725.81	211.64	76896.78	3.54
17.38	452.39	-42.95	21750.21	151.86	76896.78	3.54
17.60	452.39	-28.80	21774.61	101.70	76896.78	3.53
17.82	452.39	-17.38	21799.01	61.29	76896.78	3.53
18.04	452.39	-8.74	21823.41	30.78	76896.78	3.52

n. doc. B96DA SR2A

Y	A _f	M	N	M _u	N _u	CS
[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
18.26	452.39	-2.93	21847.81	10.31	76896.78	3.52
18.48	452.39	0.00	21872.21	0.00	76896.78	3.52
18.70	452.39	0.00	21896.61	0.00	76896.78	3.51
18.92	452.39	0.00	21921.01	0.00	76896.78	3.51
19.14	452.39	0.00	21945.41	0.00	76896.78	3.50
19.36	452.39	0.00	21969.82	0.00	76896.78	3.50
19.58	452.39	0.00	21994.22	0.00	76896.78	3.50
19.80	452.39	0.00	22018.62	0.00	76896.78	3.49
20.02	452.39	0.00	22043.02	0.00	76896.78	3.49
20.24	452.39	0.00	22067.42	0.00	76896.78	3.48
20.46	452.39	0.00	22091.82	0.00	76896.78	3.48
20.68	452.39	0.00	22116.22	0.00	76896.78	3.48
20.90	452.39	0.00	22140.62	0.00	76896.78	3.47
21.12	452.39	0.00	22165.02	0.00	76896.78	3.47
21.34	452.39	0.00	22189.42	0.00	76896.78	3.47
21.56	452.39	0.00	22213.82	0.00	76896.78	3.46
21.78	452.39	0.00	22238.22	0.00	76896.78	3.46
22.00	452.39	0.00	22262.62	0.00	76896.78	3.45

Y	cotθ	T	V _{Rcd}	V _{Rsd}	V _{Rd}	CS
[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
0.00	2.50	351.00	8930.92	911.13	911.13	2.60
0.22	2.50	343.89	8930.92	911.13	911.13	2.65
0.44	2.50	329.67	8930.92	911.13	911.13	2.76
0.66	2.50	294.99	8930.92	911.13	911.13	3.09
0.88	2.50	261.66	8930.92	911.13	911.13	3.48
1.10	2.50	229.67	8930.92	911.13	911.13	3.97
1.32	2.50	199.00	8930.92	911.13	911.13	4.58
1.54	2.50	169.61	8930.92	911.13	911.13	5.37
1.76	2.50	141.48	8930.92	911.13	911.13	6.44
1.98	2.50	114.57	8930.92	911.13	911.13	7.95
2.20	2.50	88.87	8930.92	911.13	911.13	10.25
2.42	2.50	64.34	8930.92	911.13	911.13	14.16
2.64	2.50	40.96	8930.92	911.13	911.13	22.25
2.86	2.50	18.69	8930.92	911.13	911.13	48.76
3.08	2.50	-2.49	8930.92	911.13	911.13	365.23
3.30	2.50	-22.62	8930.92	911.13	911.13	40.28
3.52	2.50	-41.71	8930.92	911.13	911.13	21.84
3.74	2.50	-59.80	8930.92	911.13	911.13	15.24
3.96	2.50	-76.92	8930.92	911.13	911.13	11.85
4.18	2.50	-93.09	8930.92	911.13	911.13	9.79
4.40	2.50	-108.35	8930.92	911.13	911.13	8.41
4.62	2.50	-122.72	8930.92	911.13	911.13	7.42
4.84	2.50	-136.23	8930.92	911.13	911.13	6.69
5.06	2.50	-148.91	8930.92	911.13	911.13	6.12
5.28	2.50	-160.78	8930.92	911.13	911.13	5.67

n. doc. B96DA SR2A

Y	cotθ	T	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	CS
[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
5.50	2.50	-171.88	8930.92	911.13	911.13	5.30
5.72	2.50	-182.22	8930.92	911.13	911.13	5.00
5.94	2.50	-191.84	8930.92	911.13	911.13	4.75
6.16	2.50	-200.75	8930.92	911.13	911.13	4.54
6.38	2.50	-209.00	8930.92	911.13	911.13	4.36
6.60	2.50	-216.59	8930.92	911.13	911.13	4.21
6.82	2.50	-223.57	8930.92	911.13	911.13	4.08
7.04	2.50	-229.94	8930.92	911.13	911.13	3.96
7.26	2.50	-235.74	8930.92	911.13	911.13	3.87
7.48	2.50	-240.98	8930.92	911.13	911.13	3.78
7.70	2.50	-252.77	8930.92	911.13	911.13	3.60
7.92	2.50	-263.28	8930.92	911.13	911.13	3.46
8.14	2.50	-272.59	8930.92	911.13	911.13	3.34
8.36	2.50	-280.73	8930.92	911.13	911.13	3.25
8.58	2.50	-287.76	8930.92	911.13	911.13	3.17
8.80	2.50	-293.73	8930.92	911.13	911.13	3.10
9.02	2.50	-298.70	8930.92	911.13	911.13	3.05
9.24	2.50	-302.70	8930.92	911.13	911.13	3.01
9.46	2.50	-305.78	8930.92	911.13	911.13	2.98
9.68	2.50	-307.99	8930.92	911.13	911.13	2.96
9.90	2.50	-309.37	8930.92	911.13	911.13	2.95
10.12	2.50	-309.96	8930.92	911.13	911.13	2.94
10.34	2.50	-309.80	8930.92	911.13	911.13	2.94
10.56	2.50	-308.92	8930.92	911.13	911.13	2.95
10.78	2.50	-307.37	8930.92	911.13	911.13	2.96
11.00	2.50	-305.18	8930.92	911.13	911.13	2.99
11.22	2.50	-302.37	8930.92	911.13	911.13	3.01
11.44	2.50	-298.99	8930.92	911.13	911.13	3.05
11.66	2.50	-295.06	8930.92	911.13	911.13	3.09
11.88	2.50	-290.61	8930.92	911.13	911.13	3.14
12.10	2.50	-285.66	8930.92	911.13	911.13	3.19
12.32	2.50	-280.25	8930.92	911.13	911.13	3.25
12.54	2.50	-274.39	8930.92	911.13	911.13	3.32
12.76	2.50	-268.11	8930.92	911.13	911.13	3.40
12.98	2.50	-261.43	8930.92	911.13	911.13	3.49
13.20	2.50	-254.36	8930.92	911.13	911.13	3.58
13.42	2.50	-246.93	8930.92	911.13	911.13	3.69
13.64	2.50	-239.15	8930.92	911.13	911.13	3.81
13.86	2.50	-231.04	8930.92	911.13	911.13	3.94
14.08	2.50	-222.61	8930.92	911.13	911.13	4.09
14.30	2.50	-213.88	8930.92	911.13	911.13	4.26
14.52	2.50	-204.85	8930.92	911.13	911.13	4.45
14.74	2.50	-195.54	8930.92	911.13	911.13	4.66
14.96	2.50	-185.96	8930.92	911.13	911.13	4.90
15.18	2.50	-176.11	8930.92	911.13	911.13	5.17
15.40	2.50	-166.00	8930.92	911.13	911.13	5.49

n. doc. B96DA SR2A

Y	cotθ	T	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	CS
[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
15.62	2.50	-155.65	8930.92	911.13	911.13	5.85
15.84	2.50	-145.05	8930.92	911.13	911.13	6.28
16.06	2.50	-134.21	8930.92	911.13	911.13	6.79
16.28	2.50	-123.13	8930.92	911.13	911.13	7.40
16.50	2.50	-111.83	8930.92	911.13	911.13	8.15
16.72	2.50	-100.30	8930.92	911.13	911.13	9.08
16.94	2.50	-88.54	8930.92	911.13	911.13	10.29
17.16	2.50	-76.55	8930.92	911.13	911.13	11.90
17.38	2.50	-64.35	8930.92	911.13	911.13	14.16
17.60	2.50	-51.92	8930.92	911.13	911.13	17.55
17.82	2.50	-39.27	8930.92	911.13	911.13	23.20
18.04	2.50	-26.40	8930.92	911.13	911.13	34.51
18.26	2.50	-13.31	8930.92	911.13	911.13	68.46
18.48	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
18.70	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
18.92	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
19.14	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
19.36	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
19.58	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
19.80	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
20.02	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
20.24	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
20.46	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
20.68	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
20.90	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
21.12	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
21.34	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
21.56	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
21.78	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00
22.00	2.50	0.00	8930.92	911.13	911.13	100.00

14 Verifica della spalla SA

14.1 Verifica delle elevazioni

Per la progettazione della struttura di elevazione della spalla SA si è proceduto alla modellazione agli elementi finiti di tale elemento, in modo da valutare in modo accurato lo stato tensionale dello stesso sottoposto alle azioni corrispondenti agli scarichi delle travi nelle diverse configurazioni di carico, nonché alle sollecitazioni proprie della spalla (permanenti, spinta del terreno, azioni sismiche,...).

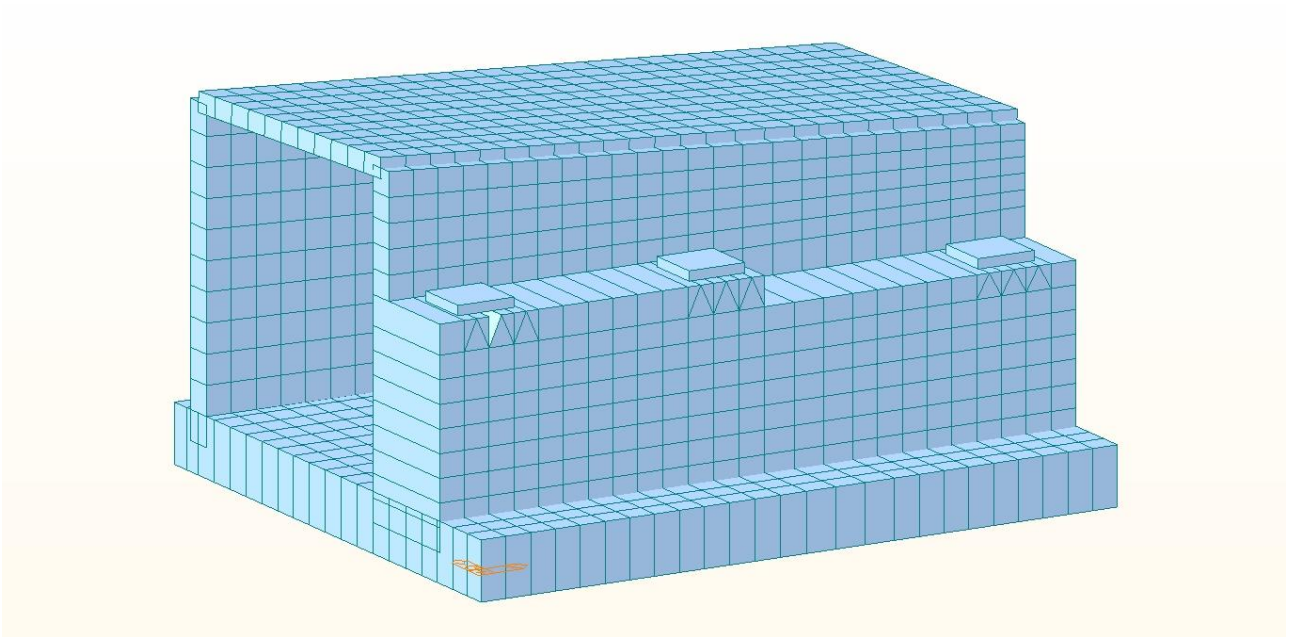


Figura 19: Modello FEM Spalla SA

n. doc. B96DA SR2A

Caso di carico	Descrizione
1 G1	Peso proprio spalla
2 G2.1	Portati spalla
3 G2.2	Portati sottopaso interno
4 G2.3	Reazioni Impalcato G1i+G2i
5 G3 M1	Spinta terreno M1
6 G3 M2	Spinta terreno M2
7 Ms1Sx p	Mobile sottopasso paraghiaia dx
8 Ms2Sx c	Mobile sottopasso centrato dx
9 Ms3Sx m	Mobile sottopasso muro posteriore dx
10 Ms d1 Sx 9	Mobile sottopasso paraghiaia dx
11 Ms d2 Sx 2.5	Mobile sottopasso paraghiaia dx
12 Ms1Dx p	Mobile sottopasso paraghiaia sx
13 Ms2Dx c	Mobile sottopasso centrato sx
14 Ms3Dx m	Mobile sottopasso muro posteriore sx
15 Ms d1 Dx 9	Mobile sottopasso paraghiaia dx
16 Ms d2 Dx 2.5	Mobile sottopasso paraghiaia dx
17 Folla	Folla sottopasso
18 Imp.MaxCsx	Carico impalcato Massico scarico Tr SX
19 Imp.MaxEsx	Carico impalcato Massico scarico Tr SX
20 Imp.MaxCdx	Carico impalcato Massico scarico Tr DX
21 Imp.MaxEdx	Carico impalcato Massico scarico Tr DX
22 Imp.Vento Scarico	Vento ponte scarico
23 Imp.Vento Carico	Vento ponte carico
24 frenatura	Frenatura su Paraghiaia
25 Wood M1	Sovraspinta sismica terreno Wood M1
26 Sisma Impalcato SLV	Sisma Impalcato SLV Trasv
27 Sisma Spalla	Sisma Spalla

	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	STR6	STR7	STR8	STR9	STR10	STR11
	Active	Active	Active	Active	Active	Active	Active	Active	Active	Active	Active
	Add	Add	Add	Add	Add	Add	Add	Add	Add	Add	Add
G1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G2.1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G2.2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G2.3	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G3 M1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G3 M2											
Ms1Sxp			1.35								
Ms1Sxc				1.35							
Ms1Sxm					1.35						
Msd1Sx			1.35	1.35	1.35						
Msd2Sx			1.35	1.35	1.35						
MD1Dxp						1.35					
MD1Dxc							1.35				
MD1Dxm								1.35			
Msd1Dx						1.35	1.35	1.35			
Msd2Dx						1.35	1.35	1.35			
Folla			0.675	0.675	0.675	0.675	0.675	0.675			
Imp.MaxCsx									1.35		
Imp.MaxEsx										1.35	
Imp.MaxCDx											1.35
Imp.MaxEDx											
Imp.Vento S		1.5									
Imp.Vento C			0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Frenatura			1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35			

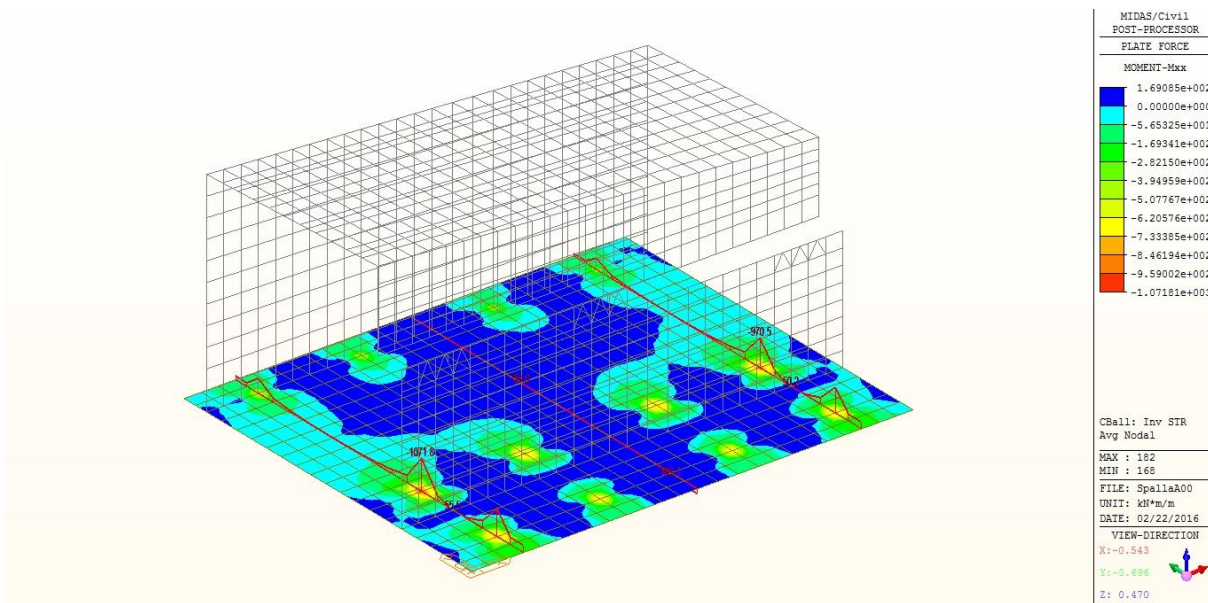


Figura 20: Platea - Mxx Inviluppo STR

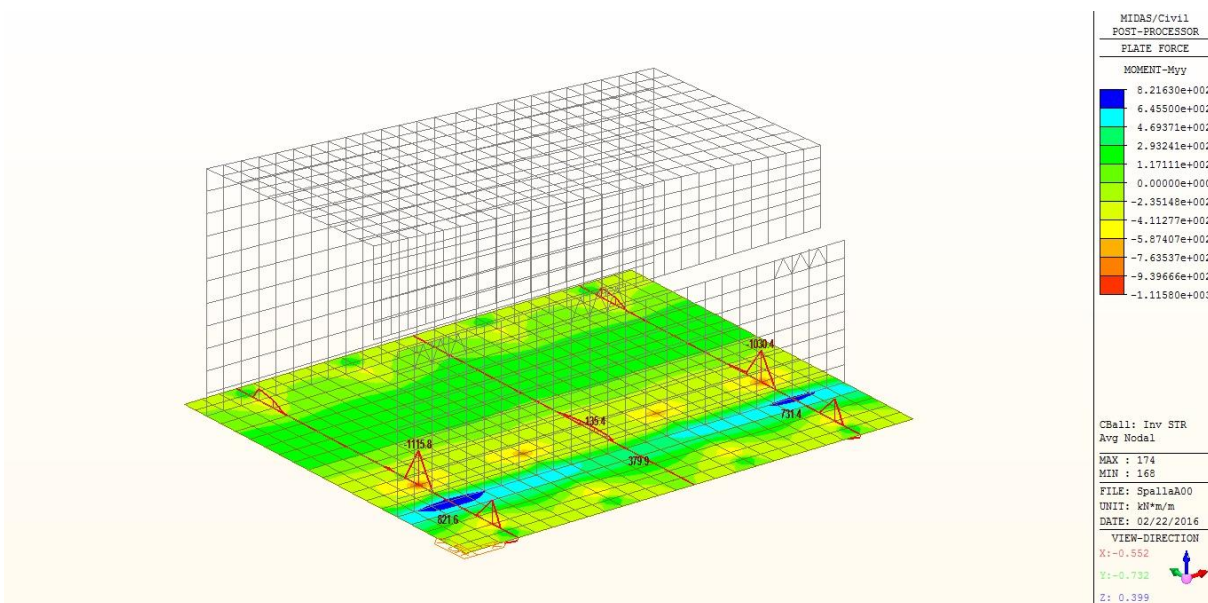


Figura 21: Platea - Myy Inviluppo STR

Considerando una sezione di spessore 120 cm con armatura inferiore costituita da una rete a maglie quadrate costituita da ferri $\phi 26$ passo 20 cm ed armatura superiore costituita da una rete a maglie quadrate costituita da ferri $\phi 20$ passo 20 cm, si ha un momento resistente pari a:

$$MRd = 1160 \text{ kNm}$$

Pertanto:

$$MEd = 1115 \text{ kNm} < MRd \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

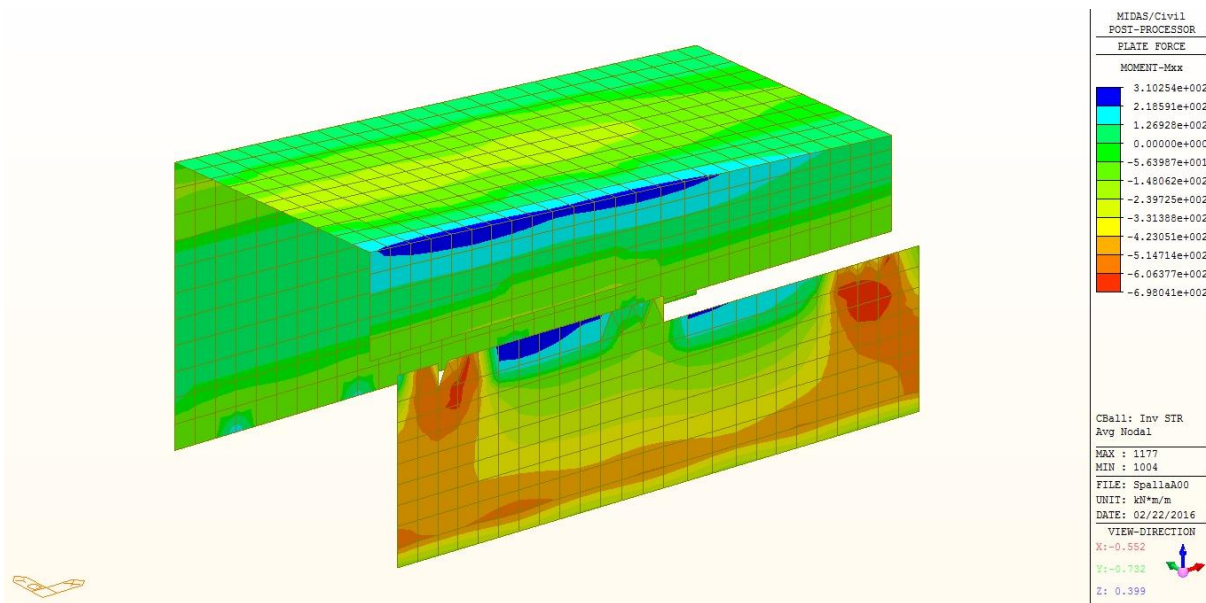


Figura 22: Elevazione - Mxx Inviluppo STR

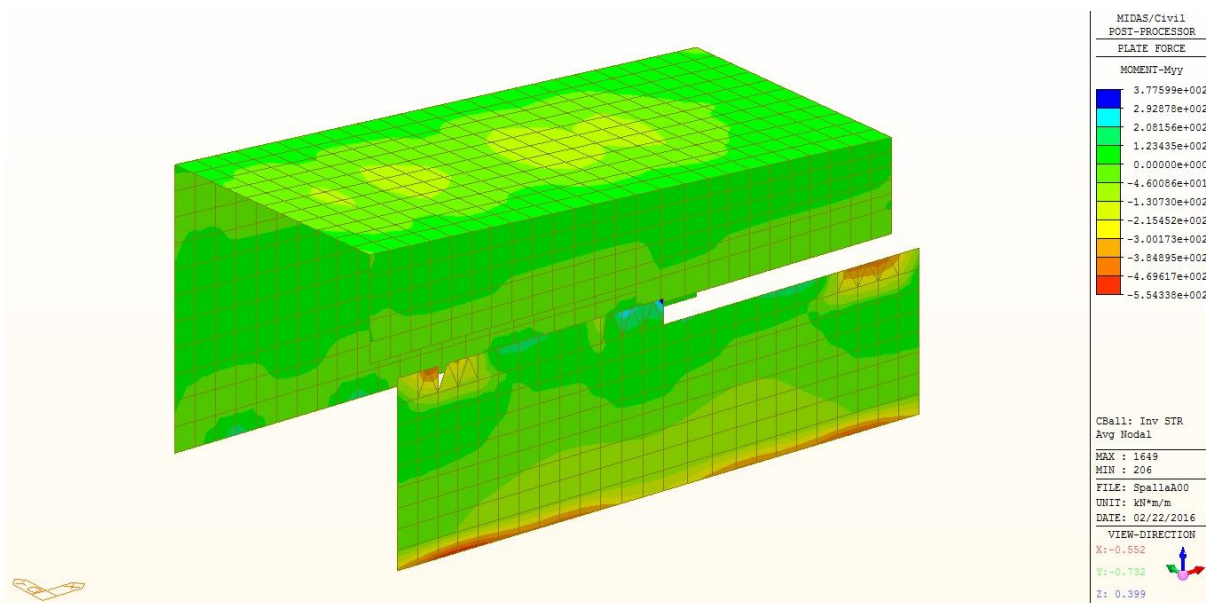


Figura 23: Elevazione - Myy Inviluppo STR

Per il muro frontale, considerando una sezione di spessore 250 cm con una doppia armatura alle due facce costituita da una rete a maglie quadrate costituita da ferri $\phi 20$ passo 20 cm, si ha un momento resistente pari a:

$$MRd = 1489 \text{ kNm}$$

Pertanto:

$$MEd = 690 \text{ kNm} < MRd \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

n. doc. B96DA SR2A

Per la soletta dello scatolare, considerando una sezione di spessore 40 cm con una doppia armatura alle due facce costituita da una rete a maglie quadrate costituita da ferri $\phi 24$ passo 20 cm, si ha un momento resistente pari a:

$$MRd = 282.7 \text{ kNm}$$

Pertanto:

$$MEd = 195 \text{ kNm} < MRd \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

Per le pareti dello scatolare, considerando una sezione di spessore 60 cm con una doppia armatura alle due facce costituita da una rete a maglie quadrate costituita da ferri $\phi 20$ passo 20 cm, si ha un momento resistente pari a:

$$MRd = 324.2 \text{ kNm}$$

Pertanto:

$$MEd = 281 \text{ kNm} < MRd \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

14.2 Verifica dei pali di fondazione

14.2.1 Verifica della portanza assiale

Il metodo utilizzato per il calcolo della portanza verticale è: Berezantzev.

L'andamento della pressione verticale σ_v con la profondità, per il calcolo della portanza di punta, è stata definita come: Pressione geostatica.

Si riportano i risultati per le combinazioni significative:

cmb	Nc	Nq
1	198.66	161.88
2	198.66	161.88
3	198.66	161.88
4	198.66	161.88

cmb	Pl _{med} [kN]	Pp _{med} [kN]	Pl _{min} [kN]	Pp _{min} [kN]	Wp [kN]	Pd [kN]	N [kN]	η
1	323.07	56143.40	323.07	56143.40	423.62	32664.86	7011.87	4.659
2	323.07	56143.40	323.07	56143.40	423.62	19134.22	5393.74	3.547
3	323.07	56143.40	323.07	56143.40	423.62	32791.95	5393.74	6.080
4	323.07	56143.40	323.07	56143.40	423.62	19134.22	5393.74	3.547

n. doc. B96DA SR2A

cmb Identificativo della combinazione

Nc, Nq Fattori di capacità portante

Pl_{min}, Pl_{med} Portanza laterale minima e media espressa in [kN]

Pp_{min}, Pp_{med} Portanza di punta minima e media espressa in [kN]

Pd Portanza di progetto espressa in [kN]

N Scarico verticale in testa al palo espresso in [kN]

η Coeff. di sicurezza per carichi verticali

14.2.2 Verifica della portanza trasversale

cmb	Tu	T	η
	[kN]	[kN]	
1	520.55	15.30	34.026
2	520.54	11.77	44.233
3	520.54	11.77	44.233
4	520.54	11.77	44.233

cmb Identificativo della combinazione

Tu Taglio resistente ultimo in testa al palo, espresso in [kN]

Tx Taglio agente in testa al palo, espresso in [kN]

η=Tu/Tx Coeff. di sicurezza per carichi orizzontali

14.2.3 Cedimento verticale in testa ai pali

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

cmb	w	u
	[cm]	[cm]
1	0.6998	0.0639
2	0.5323	0.0491
3	0.5323	0.0491
4	0.5323	0.0491
5	0.5323	0.0491
6	0.5323	0.0491
7	0.5323	0.0491

cmb Identificativo della combinazione

n. doc. B96DA SR2A

w Cedimento in testa al palo, espresso in [cm]

u Spostamento orizzontale in testa al palo, espresso in [cm]

14.2.4 Verifica a pressoflessione e taglio del palo

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 ferri $\phi 20$ mentre l'armatura trasversale è costituita da staffe $\phi 10 / 25$ [cm].

A partire dalla quota di 10.00 [m] l'armatura longitudinale è costituita da ferri $\phi 20$ mentre l'armatura trasversale è costituita da staffe $\phi 10 / 25$ [cm].

Si riporta in forma tabellare la verifica condotta in forma puntuale per ogni barra di armatura per la combinazione di carico più sfavorevole per tali elementi:

Y [m]	A _r [cmq]	M [kNm]	N [kN]	M _u [kNm]	N _u [kN]	CS
0.00	81.68	0.00	7011.87	0.00	13473.07	1.92
0.22	81.68	-3.37	7016.05	6.46	13473.07	1.92
0.44	81.68	-6.44	7020.11	12.36	13473.07	1.92
0.66	81.68	-9.24	7024.06	17.72	13473.07	1.92
0.88	81.68	-11.78	7027.90	22.57	13473.07	1.92
1.10	81.68	-14.06	7031.62	26.94	13473.07	1.92
1.32	81.68	-16.11	7035.23	30.85	13473.07	1.92
1.54	81.68	-17.93	7038.73	34.32	13473.07	1.91
1.76	81.68	-19.54	7042.11	37.38	13473.07	1.91
1.98	81.68	-20.94	7045.38	40.05	13473.07	1.91
2.20	81.68	-22.16	7048.54	42.36	13473.07	1.91
2.42	81.68	-23.20	7051.58	44.33	13473.07	1.91
2.64	81.68	-24.08	7054.50	45.98	13473.07	1.91
2.86	81.68	-24.80	7057.32	47.34	13473.07	1.91
3.08	81.68	-25.37	7060.02	48.41	13473.07	1.91
3.30	81.68	-25.81	7062.60	49.23	13473.07	1.91
3.52	81.68	-26.12	7065.07	49.82	13473.07	1.91
3.74	81.68	-26.32	7067.43	50.18	13473.07	1.91
3.96	81.68	-26.41	7069.67	50.34	13473.07	1.91
4.18	81.68	-26.41	7071.81	50.31	13473.07	1.91
4.40	81.68	-26.31	7073.82	50.11	13473.07	1.90
4.62	81.68	-26.13	7075.72	49.76	13473.07	1.90
4.84	81.68	-25.88	7077.51	49.27	13473.07	1.90
5.06	81.68	-25.56	7079.19	48.65	13473.07	1.90
5.28	81.68	-25.19	7080.73	47.92	13473.07	1.90
5.50	81.68	-24.75	7082.14	47.09	13473.07	1.90
5.72	81.68	-24.27	7083.42	46.17	13473.07	1.90
5.94	81.68	-23.75	7084.57	45.17	13473.07	1.90
6.16	81.68	-23.19	7087.94	44.09	13473.07	1.90
6.38	81.68	-22.57	7092.18	42.88	13473.07	1.90

n. doc. B96DA SR2A

Y	A_f	M	N	M_u	N_u	CS
[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
6.60	81.68	-21.90	7096.41	41.58	13473.07	1.90
6.82	81.68	-21.18	7100.65	40.19	13473.07	1.90
7.04	81.68	-20.42	7104.88	38.73	13473.07	1.90
7.26	81.68	-19.64	7109.12	37.21	13473.07	1.90
7.48	81.68	-18.83	7113.36	35.66	13473.07	1.89
7.70	81.68	-18.00	7117.59	34.08	13473.07	1.89
7.92	81.68	-17.17	7121.83	32.48	13473.07	1.89
8.14	81.68	-16.33	7126.06	30.87	13473.07	1.89
8.36	81.68	-15.49	7130.30	29.27	13473.07	1.89
8.58	81.68	-14.65	7134.54	27.67	13473.07	1.89
8.80	81.68	-13.82	7138.77	26.09	13473.07	1.89
9.02	81.68	-13.01	7143.01	24.54	13473.07	1.89
9.24	81.68	-12.21	7147.25	23.01	13473.07	1.89
9.46	81.68	-11.42	7151.48	21.52	13473.07	1.88
9.68	81.68	-10.66	7155.72	20.06	13473.07	1.88
9.90	81.68	-9.91	7159.95	18.65	13473.07	1.88
10.12	25.13	-9.19	7164.19	14.45	11260.29	1.57
10.34	25.13	-8.50	7168.43	13.35	11260.29	1.57
10.56	25.13	-7.83	7172.66	12.29	11260.29	1.57
10.78	25.13	-7.18	7176.90	11.27	11260.29	1.57
11.00	25.13	-6.57	7181.14	10.30	11260.29	1.57
11.22	25.13	-5.98	7185.37	9.37	11260.29	1.57
11.44	25.13	-5.42	7189.61	8.49	11260.29	1.57
11.66	25.13	-4.89	7193.84	7.65	11260.29	1.57
11.88	25.13	-4.39	7198.08	6.86	11260.29	1.56
12.10	25.13	-3.91	7202.32	6.11	11260.29	1.56
12.32	25.13	-3.46	7206.55	5.41	11260.29	1.56
12.54	25.13	-3.04	7210.79	4.75	11260.29	1.56
12.76	25.13	-2.65	7215.03	4.14	11260.29	1.56
12.98	25.13	-2.28	7219.26	3.56	11260.29	1.56
13.20	25.13	-1.94	7223.50	3.03	11260.29	1.56
13.42	25.13	-1.63	7227.73	2.53	11260.29	1.56
13.64	25.13	-1.33	7231.97	2.08	11260.29	1.56
13.86	25.13	-1.06	7236.21	1.65	11260.29	1.56
14.08	25.13	-0.82	7240.44	1.27	11260.29	1.56
14.30	25.13	-0.59	7244.68	0.92	11260.29	1.55
14.52	25.13	-0.39	7248.92	0.60	11260.29	1.55
14.74	25.13	-0.20	7253.15	0.31	11260.29	1.55
14.96	25.13	-0.03	7257.39	0.05	11260.29	1.55
15.18	25.13	0.12	7261.62	0.18	11260.29	1.55
15.40	25.13	0.25	7265.86	0.39	11260.29	1.55
15.62	25.13	0.37	7270.10	0.57	11260.29	1.55
15.84	25.13	0.47	7274.33	0.73	11260.29	1.55
16.06	25.13	0.56	7278.57	0.87	11260.29	1.55
16.28	25.13	0.64	7282.81	0.98	11260.29	1.55
16.50	25.13	0.70	7287.04	1.08	11260.29	1.55
16.72	25.13	0.76	7291.28	1.17	11260.29	1.54

n. doc. B96DA SR2A

Y	A_f	M	N	M_u	N_u	CS
[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
16.94	25.13	0.80	7295.51	1.23	11260.29	1.54
17.16	25.13	0.83	7299.75	1.29	11260.29	1.54
17.38	25.13	0.86	7303.99	1.33	11260.29	1.54
17.60	25.13	0.88	7308.22	1.36	11260.29	1.54
17.82	25.13	0.88	7312.46	1.36	11260.29	1.54
18.04	25.13	0.87	7316.70	1.34	11260.29	1.54
18.26	25.13	0.85	7320.93	1.30	11260.29	1.54
18.48	25.13	0.81	7325.17	1.24	11260.29	1.54
18.70	25.13	0.76	7329.40	1.17	11260.29	1.54
18.92	25.13	0.71	7333.64	1.09	11260.29	1.54
19.14	25.13	0.65	7337.88	1.00	11260.29	1.53
19.36	25.13	0.59	7342.11	0.90	11260.29	1.53
19.58	25.13	0.52	7346.35	0.80	11260.29	1.53
19.80	25.13	0.45	7350.59	0.69	11260.29	1.53
20.02	25.13	0.39	7354.82	0.59	11260.29	1.53
20.24	25.13	0.32	7359.06	0.49	11260.29	1.53
20.46	25.13	0.26	7363.29	0.39	11260.29	1.53
20.68	25.13	0.20	7367.53	0.30	11260.29	1.53
20.90	25.13	0.14	7371.77	0.22	11260.29	1.53
21.12	25.13	0.09	7376.00	0.14	11260.29	1.53
21.34	25.13	0.06	7380.24	0.08	11260.29	1.53
21.56	25.13	0.03	7384.48	0.04	11260.29	1.52
21.78	25.13	0.01	7388.71	0.01	11260.29	1.52
22.00	25.13	0.00	7392.95	0.00	11260.29	1.52

Y	cotθ	T	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	CS
[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
0.00	2.50	15.30	441.44	363.50	363.50	23.76
0.22	2.50	13.98	439.93	363.50	363.50	26.00
0.44	2.50	12.72	438.47	363.50	363.50	28.57
0.66	2.50	11.52	437.04	363.50	363.50	31.54
0.88	2.50	10.38	435.66	363.50	363.50	35.01
1.10	2.50	9.30	434.32	363.50	363.50	39.08
1.32	2.50	8.28	433.02	363.50	363.50	43.91
1.54	2.50	7.31	431.76	363.50	363.50	49.73
1.76	2.50	6.40	430.54	363.50	363.50	56.82
1.98	2.50	5.54	429.36	363.50	363.50	65.65
2.20	2.50	4.73	428.22	363.50	363.50	76.85
2.42	2.50	3.97	427.13	363.50	363.50	91.47
2.64	2.50	3.27	426.07	363.50	363.50	111.26
2.86	2.50	2.61	425.06	363.50	363.50	139.37
3.08	2.50	2.00	424.08	363.50	363.50	182.18
3.30	2.50	1.43	423.15	363.50	363.50	254.72
3.52	2.50	0.90	422.26	363.50	363.50	403.15
3.74	2.50	0.42	421.41	363.50	363.50	870.80
3.96	2.50	-0.03	420.60	363.50	363.50	13294.39

Y	cotθ	T	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	CS
[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
4.18	2.50	-0.43	419.83	363.50	363.50	836.80
4.40	2.50	-0.81	419.11	363.50	363.50	451.31
4.62	2.50	-1.14	418.42	363.50	363.50	318.24
4.84	2.50	-1.45	417.78	363.50	363.50	251.32
5.06	2.50	-1.72	417.17	363.50	363.50	211.38
5.28	2.50	-1.96	416.62	363.50	363.50	185.11
5.50	2.50	-2.18	416.11	363.50	363.50	166.73
5.72	2.50	-2.37	415.65	363.50	363.50	153.33
5.94	2.50	-2.54	415.23	363.50	363.50	143.29
6.16	2.50	-2.82	414.02	363.50	363.50	128.74
6.38	2.50	-3.07	412.49	363.50	363.50	118.50
6.60	2.50	-3.27	410.96	363.50	363.50	111.10
6.82	2.50	-3.44	409.44	363.50	363.50	105.69
7.04	2.50	-3.57	407.91	363.50	363.50	101.74
7.26	2.50	-3.67	406.38	363.50	363.50	98.92
7.48	2.50	-3.75	404.85	363.50	363.50	96.99
7.70	2.50	-3.79	403.33	363.50	363.50	95.79
7.92	2.50	-3.82	401.80	363.50	363.50	95.22
8.14	2.50	-3.82	400.27	363.50	363.50	95.20
8.36	2.50	-3.80	398.75	363.50	363.50	95.67
8.58	2.50	-3.76	397.22	363.50	363.50	96.59
8.80	2.50	-3.71	395.69	363.50	363.50	97.95
9.02	2.50	-3.65	394.16	363.50	363.50	99.72
9.24	2.50	-3.57	392.64	363.50	363.50	101.90
9.46	2.50	-3.48	391.11	363.50	363.50	104.51
9.68	2.50	-3.38	389.58	363.50	363.50	107.53
9.90	2.50	-3.27	388.06	363.50	363.50	111.00
10.12	2.50	-3.16	386.53	363.50	363.50	114.94
10.34	2.50	-3.05	385.00	363.50	363.50	119.37
10.56	2.50	-2.92	383.47	363.50	363.50	124.33
10.78	2.50	-2.80	381.95	363.50	363.50	129.87
11.00	2.50	-2.67	380.42	363.50	363.50	136.03
11.22	2.50	-2.54	378.89	363.50	363.50	142.88
11.44	2.50	-2.42	377.37	363.50	363.50	150.49
11.66	2.50	-2.29	375.84	363.50	363.50	158.94
11.88	2.50	-2.16	374.31	363.50	363.50	168.34
12.10	2.50	-2.03	372.78	363.50	363.50	178.79
12.32	2.50	-1.91	371.26	363.50	363.50	190.45
12.54	2.50	-1.79	369.73	363.50	363.50	203.46
12.76	2.50	-1.67	368.20	363.50	363.50	218.01
12.98	2.50	-1.55	366.68	363.50	363.50	234.34
13.20	2.50	-1.44	365.15	363.50	363.50	252.72
13.42	2.50	-1.33	363.68	363.43	363.43	273.42
13.64	2.49	-1.22	362.79	362.54	362.54	296.22
13.86	2.49	-1.12	361.90	361.65	361.65	322.15
14.08	2.48	-1.03	361.01	360.76	360.76	351.79
14.30	2.47	-0.93	360.12	359.87	359.87	385.84

n. doc. B96DA SR2A

Y	cotθ	T	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	CS
[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
14.52	2.47	-0.84	359.22	358.97	358.97	425.22
14.74	2.46	-0.76	358.32	358.07	358.07	471.06
14.96	2.46	-0.68	357.42	357.17	357.17	524.86
15.18	2.45	-0.61	356.52	356.27	356.27	588.56
15.40	2.44	-0.53	355.61	355.37	355.37	664.79
15.62	2.44	-0.47	354.71	354.46	354.46	757.10
15.84	2.43	-0.41	353.80	353.55	353.55	870.49
16.06	2.43	-0.35	352.89	352.64	352.64	1012.16
16.28	2.42	-0.29	351.97	351.73	351.73	1192.85
16.50	2.41	-0.25	351.06	350.81	350.81	1429.26
16.72	2.41	-0.20	350.14	349.89	349.89	1748.85
16.94	2.40	-0.16	349.21	348.97	348.97	2199.93
17.16	2.39	-0.12	348.29	348.05	348.05	2875.98
17.38	2.39	-0.09	347.36	347.12	347.12	3983.80
17.60	2.38	-0.01	346.44	346.20	346.20	30240.86
17.82	2.37	0.06	345.50	345.26	345.26	6221.49
18.04	2.37	0.11	344.57	344.33	344.33	3020.88
18.26	2.36	0.16	343.63	343.40	343.40	2090.04
18.48	2.36	0.21	342.70	342.46	342.46	1656.61
18.70	2.35	0.24	341.75	341.52	341.52	1414.09
18.92	2.34	0.27	340.81	340.57	340.57	1266.47
19.14	2.34	0.29	339.86	339.63	339.63	1174.50
19.36	2.33	0.30	338.91	338.68	338.68	1119.67
19.58	2.32	0.31	337.96	337.73	337.73	1092.80
19.80	2.32	0.31	337.01	336.77	336.77	1089.76
20.02	2.31	0.30	336.05	335.82	335.82	1109.80
20.24	2.30	0.29	335.09	334.86	334.86	1155.29
20.46	2.30	0.27	334.13	333.89	333.89	1232.53
20.68	2.29	0.25	333.16	332.93	332.93	1354.25
20.90	2.28	0.21	332.19	331.96	331.96	1545.98
21.12	2.28	0.18	331.22	330.99	330.99	1863.61
21.34	2.27	0.13	330.25	330.02	330.02	2453.40
21.56	2.26	0.09	329.27	329.04	329.04	3849.98
21.78	2.26	0.03	328.29	328.06	328.06	10766.77
22.00	2.25	0.03	327.31	327.08	327.08	10734.53

15 Verifica della spalla SB

15.1 Verifica delle elevazioni

Per la progettazione della struttura di elevazione della spalla SB si è proceduto alla modellazione agli elementi finiti di tale elemento, in modo da valutare in modo accurato lo stato tensionale dello stesso sottoposto alle azioni corrispondenti agli scarichi delle travi nelle diverse configurazioni di carico, nonché alle sollecitazioni proprie della spalla (permanenti, spinta del terreno, azioni sismiche,...).

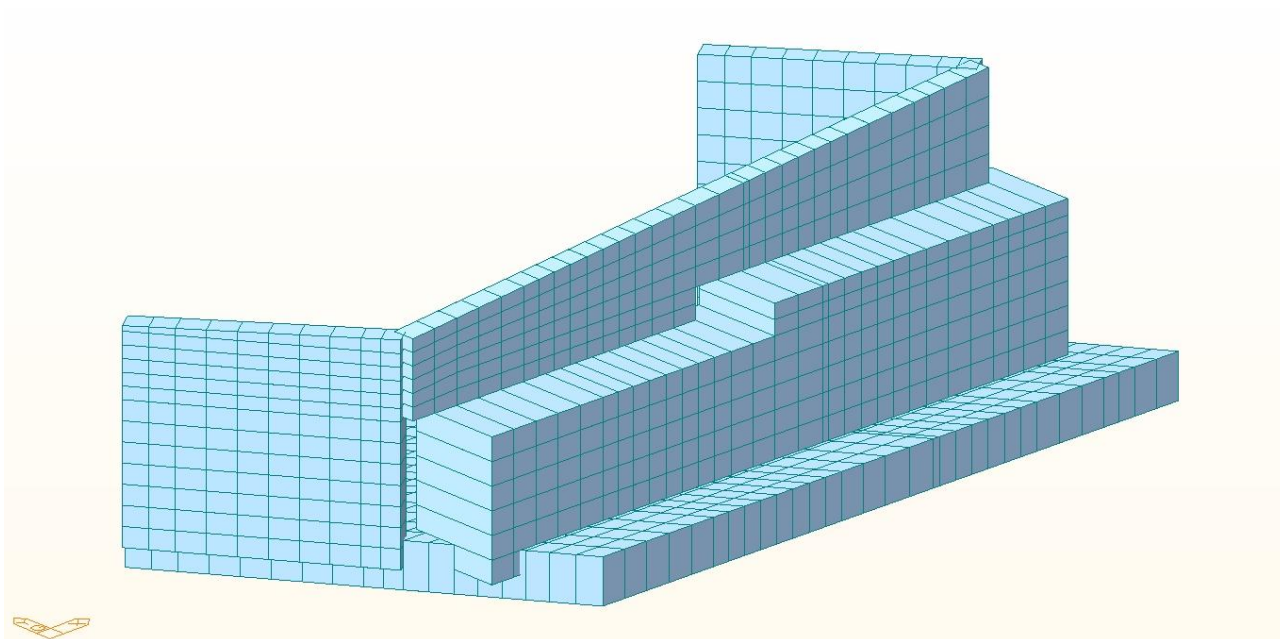


Figura 24: Modello FEM Spalla SB

Caso di carico	Descrizione
1 G1	Peso proprio Spalla
2 G2.1	Portati spalla
3 G2.2	Portati spalla terra imbarcata
4 G2.3	Reazioni impacato G1+G2
5 G3 M1	Spinta Terra M1
6 G3 M2	Spinta Terra M2
7 G3.1 sovraccarico st	Spinta Terra sovraccarico stradale
8 Imp. MaxCsx M2	Carico Impalcato Max Carico TRsx
9 Imp. MaxEsx	Carico Impalcato Max Ecc TRsx
10 Imp. MaxCdx	Carico Impalcato Max Carico TRdx
11 Imp. MaxEdx	Carico Impalcato Max Ecc TRdx
12 Imp. Vento scarico	vento ponte scarico
13 Imp. Vento carico	vento ponte carico
14 frenatura	Frenatura
15 Wood M1	Sovraspinata sismica Terreno Wood M1
16 Sisma Impalcato SLV	Sisma Impalcato SLV
17 Sisma Spalla	Sisma Spalla

n. doc. B96DA SR2A

	STR1	STR2	STR3	STR4	STR5	STR6	STR7
	Active Add	Active Add	Active Add	Active Add	Active Add	Active Add	Active Add
G1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G2.1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G2.2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G2.3		1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G3 M1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G3 M2							
G3.1	1.35	1.35					
Imp.MaxCsx			1.35				
Imp.MaxEsx				1.35			
Imp.MaxCDx					1.35		
Imp.MaxEDx						1.35	
Imp.Vento S		1.5					
Imp.Vento C			0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Frenatura			1.35	1.35	1.35	1.35	1.35

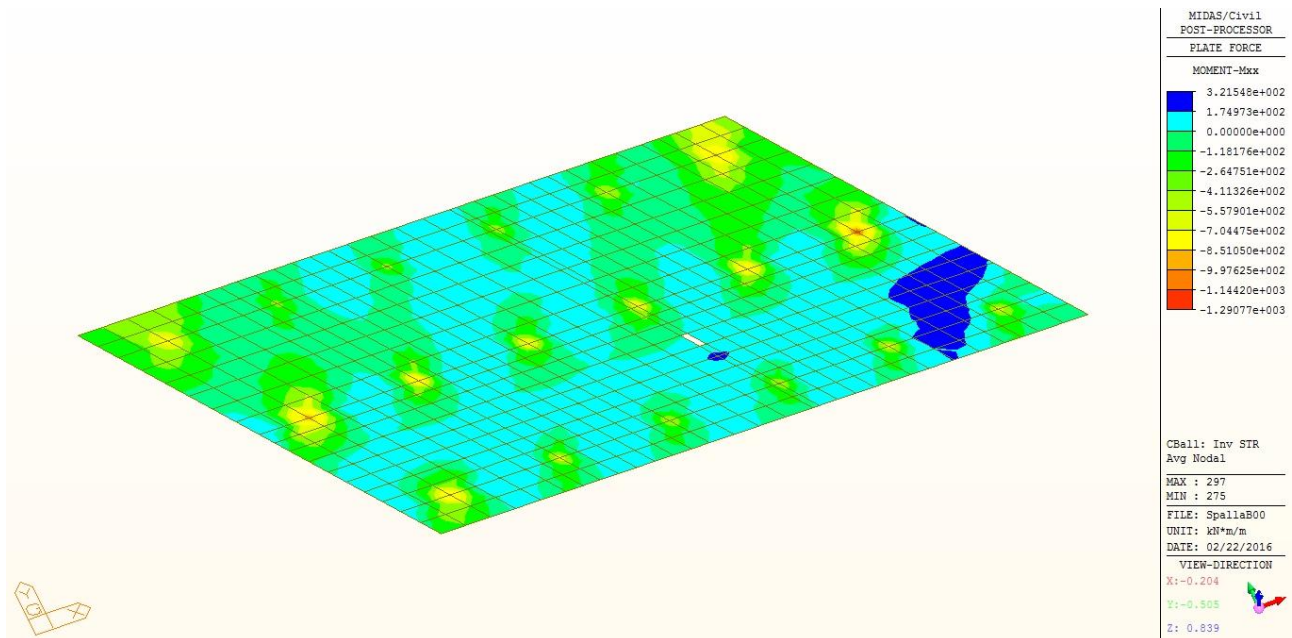


Figura 25: Platea - Mxx Inviluppo STR

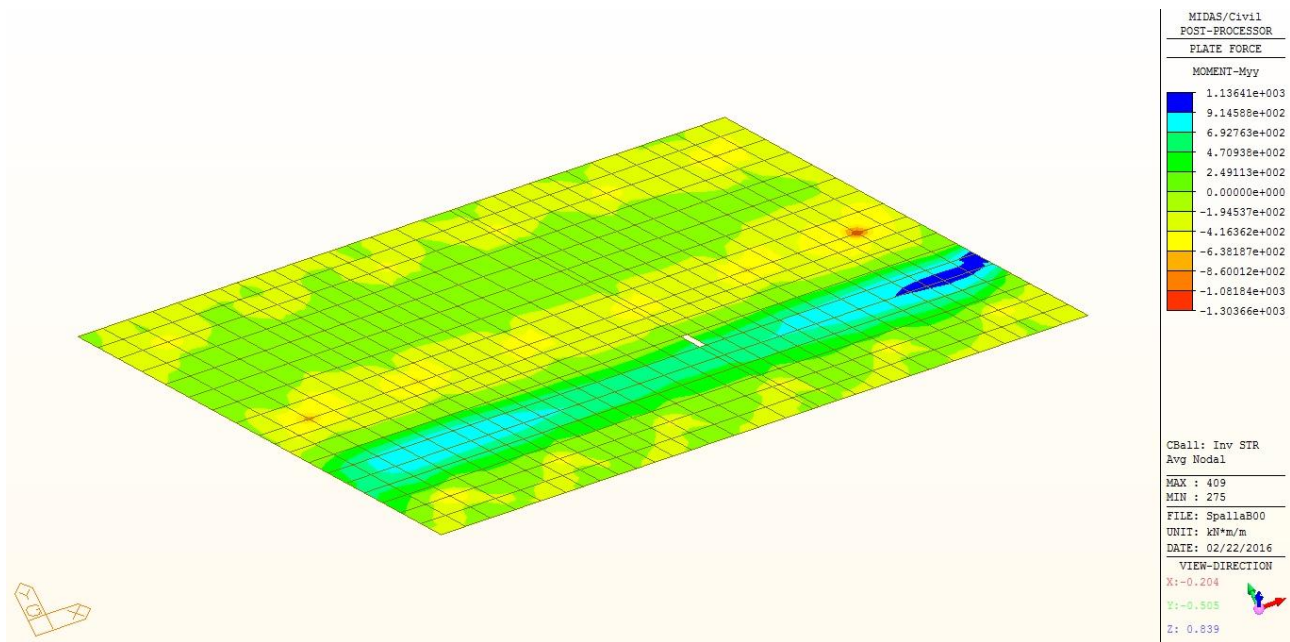


Figura 26: Platea - Myy Inviluppo STR

Considerando una sezione di spessore 120 cm con armatura inferiore costituita da una rete a maglie quadrate costituita da ferri $\phi 26$ passo 20 cm ed armatura superiore costituita da una rete a maglie quadrate costituita da ferri $\phi 20$ passo 20 cm, si ha un momento resistente pari a:

$$MRd = 1160 \text{ kNm}$$

Pertanto:

$$MEd = 1075 \text{ kNm} < MRd \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

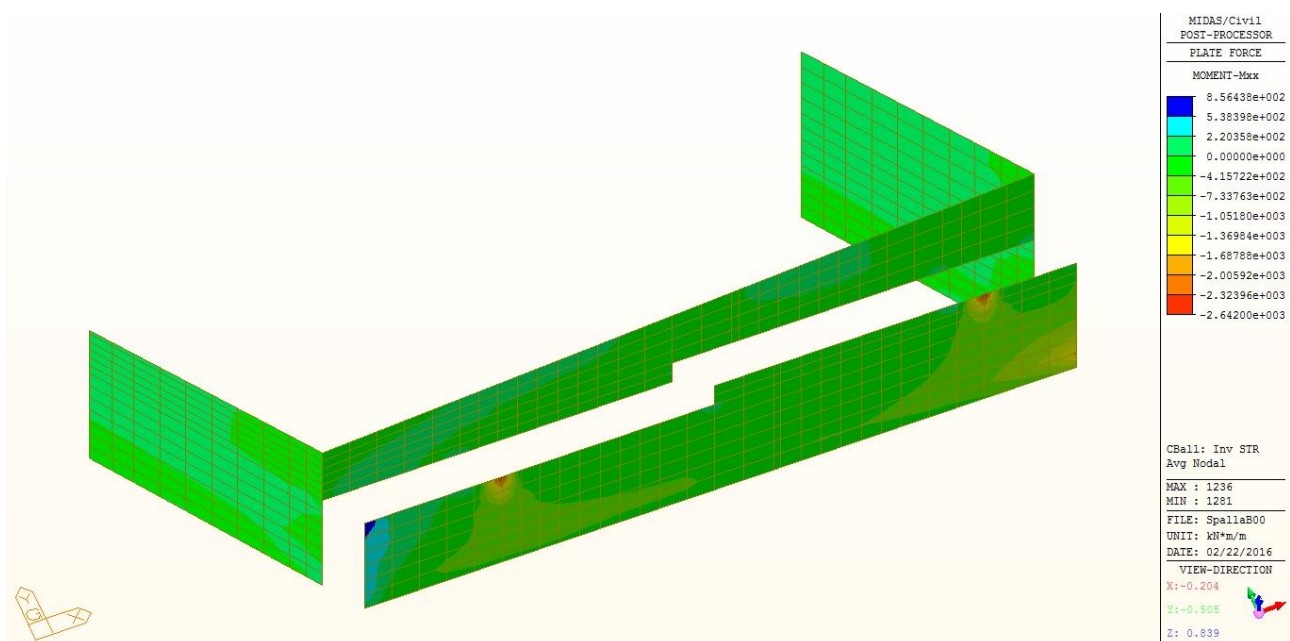


Figura 27: Elevazione - Mxx Inviluppo STR

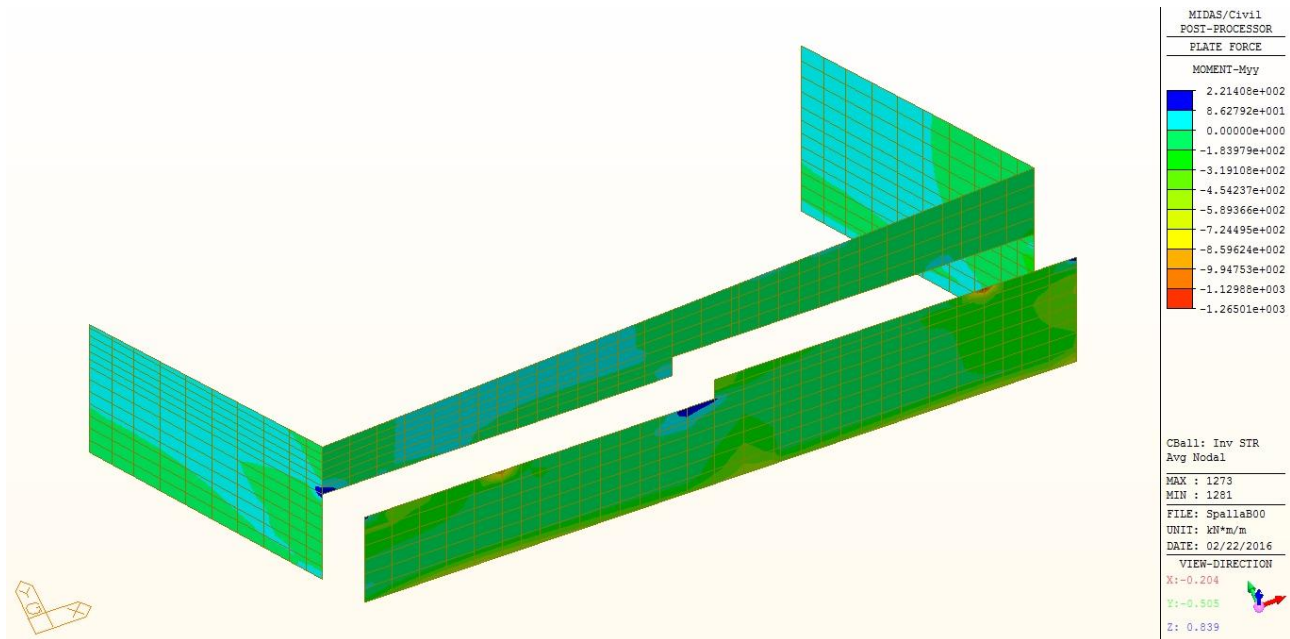


Figura 28: Elevazione - Myy Inviluppo STR

Per il muro frontale, considerando una sezione di spessore 250 cm con una doppia armatura alle due facce costituita da una rete a maglie quadrate costituita da ferri $\phi 20$ passo 20 cm, si ha un momento resistente pari a:

$$MRd = 1489 \text{ kNm}$$

Pertanto:

$$MEd = 1369 \text{ kNm} < MRd \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

Per i muri andatori ed il paraghiaia, considerando una sezione di spessore 60 cm con una doppia armatura alle due facce costituita da una rete a maglie quadrate costituita da ferri $\phi 20$ passo 20 cm, si ha un momento resistente pari a:

$$MRd = 324.2 \text{ kNm}$$

Pertanto:

$$MEd = 240 \text{ kNm} < MRd \quad \text{Verifica soddisfatta}$$

15.2 Verifica dei pali di fondazione

15.2.1 Verifica della portanza assiale

Il metodo utilizzato per il calcolo della portanza verticale è: Berezantzev.

L'andamento della pressione verticale σ_V con la profondità, per il calcolo della portanza di punta, è stata definita come: Pressione geostatica.

Si riportano i risultati per le combinazioni significative:

cmb	Nc	Nq
1	198.66	161.88
2	198.66	161.88
3	198.66	161.88
4	198.66	161.88

cmb	Pl _{med} [kN]	Pp _{med} [kN]	Pl _{min} [kN]	Pp _{min} [kN]	Wp [kN]	Pd [kN]	N [kN]	η
1	1405.38	36282.71	1405.38	36282.71	423.62	21618.76	7011.87	3.083
2	1405.38	36282.71	1405.38	36282.71	423.62	12701.08	5393.74	2.355
3	1405.38	36282.71	1405.38	36282.71	423.62	21745.85	5393.74	4.032
4	1405.38	36282.71	1405.38	36282.71	423.62	12701.08	5393.74	2.355

cmb Identificativo della combinazione

Nc, Nq Fattori di capacità portante

Pl_{min}, Pl_{med} Portanza laterale minima e media espressa in [kN]

Pp_{min}, Pp_{med} Portanza di punta minima e media espressa in [kN]

Pd Portanza di progetto espressa in [kN]

N Scarico verticale in testa al palo espresso in [kN]

η Coeff. di sicurezza per carichi verticali

15.2.2 Verifica della portanza trasversale

cmb	Tu	T	η
	[kN]	[kN]	
1	672.21	15.30	43.939
2	672.21	11.77	57.121
3	672.21	11.77	57.121
4	672.21	11.77	57.121

cmb Identificativo della combinazione

Tu Taglio resistente ultimo in testa al palo, espresso in [kN]

Tx Taglio agente in testa al palo, espresso in [kN]

$\eta = Tu/Tx$ Coeff. di sicurezza per carichi orizzontali

15.2.3 Cedimento verticale in testa ai pali

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

cmb	w	u
	[cm]	[cm]
1	0.7004	0.0423
2	0.5322	0.0325
3	0.5322	0.0325
4	0.5322	0.0325
5	0.5322	0.0325
6	0.5322	0.0325
7	0.5322	0.0325

cmb Identificativo della combinazione

w Cedimento in testa al palo, espresso in [cm]

u Spostamento orizzontale in testa al palo, espresso in [cm]

15.2.4 Verifica a pressoflessione e taglio del palo

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 ferri $\phi 20$ mentre l'armatura trasversale è costituita da staffe $\phi 10 / 25$ [cm].

A partire dalla quota di 10.00 [m] l'armatura longitudinale è costituita da ferri $\phi 20$ mentre l'armatura trasversale è costituita da staffe $\phi 10 / 25$ [cm].

Si riporta in forma tabellare la verifica condotta per la combinazione di carico più sfavorevole per tali elementi:

- Y ordinata della sezione a partire dalla testa positiva verso il basso espressa in [m]
 A_f area di armatura espressa in [cmq]
 σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kPa]
 σ_f tensione nell'acciaio espressa in [kPa]
 τ_c tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [kPa]
 σ_{st} tensione nelle staffe espressa in [kPa]

Y	A_f	M	N	M_u	N_u	CS
[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
0.00	81.68	0.00	7011.87	0.00	13473.07	1.92
0.22	81.68	-3.37	7016.05	6.46	13473.07	1.92
0.44	81.68	-6.44	7020.11	12.36	13473.07	1.92
0.66	81.68	-9.24	7024.06	17.72	13473.07	1.92
0.88	81.68	-11.78	7027.90	22.57	13473.07	1.92
1.10	81.68	-14.06	7031.62	26.94	13473.07	1.92
1.32	81.68	-16.11	7035.23	30.85	13473.07	1.92
1.54	81.68	-17.93	7038.73	34.32	13473.07	1.91
1.76	81.68	-19.54	7042.11	37.38	13473.07	1.91
1.98	81.68	-20.94	7045.38	40.05	13473.07	1.91
2.20	81.68	-22.16	7048.54	42.36	13473.07	1.91
2.42	81.68	-23.20	7051.58	44.33	13473.07	1.91
2.64	81.68	-24.08	7054.50	45.98	13473.07	1.91
2.86	81.68	-24.80	7057.32	47.34	13473.07	1.91
3.08	81.68	-25.37	7060.02	48.41	13473.07	1.91
3.30	81.68	-25.81	7062.60	49.23	13473.07	1.91
3.52	81.68	-26.12	7065.07	49.82	13473.07	1.91
3.74	81.68	-26.32	7067.43	50.18	13473.07	1.91
3.96	81.68	-26.41	7069.67	50.34	13473.07	1.91
4.18	81.68	-26.41	7071.81	50.31	13473.07	1.91
4.40	81.68	-26.31	7073.82	50.11	13473.07	1.90

n. doc. B96DA SR2A

Y	A_f	M	N	M_u	N_u	CS
[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
4.62	81.68	-26.13	7075.72	49.76	13473.07	1.90
4.84	81.68	-25.88	7077.51	49.27	13473.07	1.90
5.06	81.68	-25.56	7079.19	48.65	13473.07	1.90
5.28	81.68	-25.19	7080.73	47.92	13473.07	1.90
5.50	81.68	-24.75	7082.14	47.09	13473.07	1.90
5.72	81.68	-24.27	7083.42	46.17	13473.07	1.90
5.94	81.68	-23.75	7084.57	45.17	13473.07	1.90
6.16	81.68	-23.19	7087.94	44.09	13473.07	1.90
6.38	81.68	-22.57	7092.18	42.88	13473.07	1.90
6.60	81.68	-21.90	7096.41	41.58	13473.07	1.90
6.82	81.68	-21.18	7100.65	40.19	13473.07	1.90
7.04	81.68	-20.42	7104.88	38.73	13473.07	1.90
7.26	81.68	-19.64	7109.12	37.21	13473.07	1.90
7.48	81.68	-18.83	7113.36	35.66	13473.07	1.89
7.70	81.68	-18.00	7117.59	34.08	13473.07	1.89
7.92	81.68	-17.17	7121.83	32.48	13473.07	1.89
8.14	81.68	-16.33	7126.06	30.87	13473.07	1.89
8.36	81.68	-15.49	7130.30	29.27	13473.07	1.89
8.58	81.68	-14.65	7134.54	27.67	13473.07	1.89
8.80	81.68	-13.82	7138.77	26.09	13473.07	1.89
9.02	81.68	-13.01	7143.01	24.54	13473.07	1.89
9.24	81.68	-12.21	7147.25	23.01	13473.07	1.89
9.46	81.68	-11.42	7151.48	21.52	13473.07	1.88
9.68	81.68	-10.66	7155.72	20.06	13473.07	1.88
9.90	81.68	-9.91	7159.95	18.65	13473.07	1.88
10.12	25.13	-9.19	7164.19	14.45	11260.29	1.57
10.34	25.13	-8.50	7168.43	13.35	11260.29	1.57
10.56	25.13	-7.83	7172.66	12.29	11260.29	1.57
10.78	25.13	-7.18	7176.90	11.27	11260.29	1.57
11.00	25.13	-6.57	7181.14	10.30	11260.29	1.57
11.22	25.13	-5.98	7185.37	9.37	11260.29	1.57
11.44	25.13	-5.42	7189.61	8.49	11260.29	1.57
11.66	25.13	-4.89	7193.84	7.65	11260.29	1.57
11.88	25.13	-4.39	7198.08	6.86	11260.29	1.56
12.10	25.13	-3.91	7202.32	6.11	11260.29	1.56
12.32	25.13	-3.46	7206.55	5.41	11260.29	1.56
12.54	25.13	-3.04	7210.79	4.75	11260.29	1.56
12.76	25.13	-2.65	7215.03	4.14	11260.29	1.56
12.98	25.13	-2.28	7219.26	3.56	11260.29	1.56
13.20	25.13	-1.94	7223.50	3.03	11260.29	1.56
13.42	25.13	-1.63	7227.73	2.53	11260.29	1.56
13.64	25.13	-1.33	7231.97	2.08	11260.29	1.56
13.86	25.13	-1.06	7236.21	1.65	11260.29	1.56
14.08	25.13	-0.82	7240.44	1.27	11260.29	1.56
14.30	25.13	-0.59	7244.68	0.92	11260.29	1.55
14.52	25.13	-0.39	7248.92	0.60	11260.29	1.55
14.74	25.13	-0.20	7253.15	0.31	11260.29	1.55

n. doc. B96DA SR2A

Y	A_f	M	N	M_u	N_u	CS
[m]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kN]	
14.96	25.13	-0.03	7257.39	0.05	11260.29	1.55
15.18	25.13	0.12	7261.62	0.18	11260.29	1.55
15.40	25.13	0.25	7265.86	0.39	11260.29	1.55
15.62	25.13	0.37	7270.10	0.57	11260.29	1.55
15.84	25.13	0.47	7274.33	0.73	11260.29	1.55
16.06	25.13	0.56	7278.57	0.87	11260.29	1.55
16.28	25.13	0.64	7282.81	0.98	11260.29	1.55
16.50	25.13	0.70	7287.04	1.08	11260.29	1.55
16.72	25.13	0.76	7291.28	1.17	11260.29	1.54
16.94	25.13	0.80	7295.51	1.23	11260.29	1.54
17.16	25.13	0.83	7299.75	1.29	11260.29	1.54
17.38	25.13	0.86	7303.99	1.33	11260.29	1.54
17.60	25.13	0.88	7308.22	1.36	11260.29	1.54
17.82	25.13	0.88	7312.46	1.36	11260.29	1.54
18.04	25.13	0.87	7316.70	1.34	11260.29	1.54
18.26	25.13	0.85	7320.93	1.30	11260.29	1.54
18.48	25.13	0.81	7325.17	1.24	11260.29	1.54
18.70	25.13	0.76	7329.40	1.17	11260.29	1.54
18.92	25.13	0.71	7333.64	1.09	11260.29	1.54
19.14	25.13	0.65	7337.88	1.00	11260.29	1.53
19.36	25.13	0.59	7342.11	0.90	11260.29	1.53
19.58	25.13	0.52	7346.35	0.80	11260.29	1.53
19.80	25.13	0.45	7350.59	0.69	11260.29	1.53
20.02	25.13	0.39	7354.82	0.59	11260.29	1.53
20.24	25.13	0.32	7359.06	0.49	11260.29	1.53
20.46	25.13	0.26	7363.29	0.39	11260.29	1.53
20.68	25.13	0.20	7367.53	0.30	11260.29	1.53
20.90	25.13	0.14	7371.77	0.22	11260.29	1.53
21.12	25.13	0.09	7376.00	0.14	11260.29	1.53
21.34	25.13	0.06	7380.24	0.08	11260.29	1.53
21.56	25.13	0.03	7384.48	0.04	11260.29	1.52
21.78	25.13	0.01	7388.71	0.01	11260.29	1.52
22.00	25.13	0.00	7392.95	0.00	11260.29	1.52

Y	cotθ	T	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	CS
[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
0.00	2.50	15.30	441.44	363.50	363.50	23.76
0.22	2.50	14.43	440.68	363.50	363.50	25.19
0.44	2.50	13.61	439.98	363.50	363.50	26.70
0.66	2.50	12.07	438.91	363.50	363.50	30.12
0.88	2.50	10.61	437.78	363.50	363.50	34.26
1.10	2.50	9.24	436.77	363.50	363.50	39.33
1.32	2.50	7.96	435.86	363.50	363.50	45.65
1.54	2.50	6.77	435.06	363.50	363.50	53.72
1.76	2.50	5.65	434.37	363.50	363.50	64.29
1.98	2.50	4.62	433.79	363.50	363.50	78.67

n. doc. B96DA SR2A

Y	cotθ	T	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	CS
[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
2.20	2.50	3.66	433.32	363.50	363.50	99.20
2.42	2.50	2.78	432.96	363.50	363.50	130.65
2.64	2.50	1.97	432.71	363.50	363.50	184.39
2.86	2.50	1.23	432.56	363.50	363.50	295.82
3.08	2.50	0.55	432.53	363.50	363.50	659.40
3.30	2.50	-0.06	432.60	363.50	363.50	5648.96
3.52	2.50	-0.62	432.79	363.50	363.50	585.15
3.74	2.50	-1.12	433.08	363.50	363.50	323.83
3.96	2.50	-1.57	433.49	363.50	363.50	231.33
4.18	2.50	-1.97	434.00	363.50	363.50	184.44
4.40	2.50	-2.32	434.62	363.50	363.50	156.40
4.62	2.50	-2.63	435.35	363.50	363.50	137.99
4.84	2.50	-2.90	436.19	363.50	363.50	125.17
5.06	2.50	-3.14	437.14	363.50	363.50	115.89
5.28	2.50	-3.33	438.17	363.50	363.50	109.02
5.50	2.50	-3.50	439.26	363.50	363.50	103.85
5.72	2.50	-3.64	440.43	363.50	363.50	99.95
5.94	2.50	-3.75	441.67	363.50	363.50	97.02
6.16	2.50	-3.83	442.98	363.50	363.50	94.85
6.38	2.50	-3.90	444.36	363.50	363.50	93.31
6.60	2.50	-3.94	445.81	363.50	363.50	92.28
6.82	2.50	-3.96	447.33	363.50	363.50	91.68
7.04	2.50	-3.97	448.92	363.50	363.50	91.46
7.26	2.50	-3.97	450.58	363.50	363.50	91.56
7.48	2.50	-3.95	452.31	363.50	363.50	91.94
7.70	2.50	-3.89	451.75	363.50	363.50	93.55
7.92	2.50	-3.79	450.96	363.50	363.50	95.79
8.14	2.50	-3.68	450.17	363.50	363.50	98.67
8.36	2.50	-3.56	449.38	363.50	363.50	102.18
8.58	2.50	-3.42	448.59	363.50	363.50	106.36
8.80	2.50	-3.27	447.80	363.50	363.50	111.26
9.02	2.50	-3.11	447.01	363.50	363.50	116.94
9.24	2.50	-2.94	446.22	363.50	363.50	123.49
9.46	2.50	-2.78	445.43	363.50	363.50	130.99
9.68	2.50	-2.60	444.64	363.50	363.50	139.58
9.90	2.50	-2.43	443.85	363.50	363.50	149.41
10.12	2.50	-2.26	443.06	363.50	363.50	160.67
10.34	2.50	-2.09	442.27	363.50	363.50	173.61
10.56	2.50	-1.93	441.48	363.50	363.50	188.51
10.78	2.50	-1.77	440.69	363.50	363.50	205.75
11.00	2.50	-1.61	439.90	363.50	363.50	225.79
11.22	2.50	-1.46	439.11	363.50	363.50	249.24
11.44	2.50	-1.31	438.32	363.50	363.50	276.88
11.66	2.50	-1.17	437.53	363.50	363.50	309.74
11.88	2.50	-1.04	436.74	363.50	363.50	349.21
12.10	2.50	-0.92	435.95	363.50	363.50	397.21
12.32	2.50	-0.80	435.16	363.50	363.50	456.45

n. doc. B96DA SR2A

Y	cotθ	T	V_{Rcd}	V_{Rsd}	V_{Rd}	CS
[m]		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
12.54	2.50	-0.68	434.37	363.50	363.50	530.87
12.76	2.50	-0.58	433.58	363.50	363.50	626.45
12.98	2.50	-0.48	432.79	363.50	363.50	752.69
13.20	2.50	-0.39	432.00	363.50	363.50	925.59
13.42	2.50	-0.31	431.21	363.50	363.50	1174.38
13.64	2.50	-0.23	430.42	363.50	363.50	1558.52
13.86	2.50	-0.16	429.63	363.50	363.50	2220.35
14.08	2.50	-0.10	428.84	363.50	363.50	3605.90
14.30	2.50	-0.04	428.05	363.50	363.50	8195.75
14.52	2.50	0.01	427.26	363.50	363.50	62422.46
14.74	2.50	0.05	426.47	363.50	363.50	7285.31
14.96	2.50	0.09	425.68	363.50	363.50	4128.90
15.18	2.50	0.12	424.90	363.50	363.50	3018.51
15.40	2.50	0.15	424.11	363.50	363.50	2469.14
15.62	2.50	0.17	423.32	363.50	363.50	2156.31
15.84	2.50	0.18	422.53	363.50	363.50	1968.65
16.06	2.50	0.20	421.74	363.50	363.50	1858.79
16.28	2.50	0.20	420.95	363.50	363.50	1804.53
16.50	2.50	0.20	420.16	363.50	363.50	1796.04
16.72	2.50	0.20	419.37	363.50	363.50	1831.17
16.94	2.50	0.19	418.58	363.50	363.50	1914.50
17.16	2.50	0.18	417.79	363.50	363.50	2059.09
17.38	2.50	0.16	417.00	363.50	363.50	2292.52
17.60	2.50	0.14	416.21	363.50	363.50	2673.21
17.82	2.50	0.11	415.42	363.50	363.50	3340.38
18.04	2.50	0.08	414.63	363.50	363.50	4714.74
18.26	2.50	0.04	413.84	363.50	363.50	8904.01
18.48	2.50	0.00	413.05	363.50	363.50	100.00
18.70	2.50	0.00	411.59	363.50	363.50	100.00
18.92	2.50	0.00	410.06	363.50	363.50	100.00
19.14	2.50	0.00	408.53	363.50	363.50	100.00
19.36	2.50	0.00	407.01	363.50	363.50	100.00
19.58	2.50	0.00	405.48	363.50	363.50	100.00
19.80	2.50	0.00	403.95	363.50	363.50	100.00
20.02	2.50	0.00	402.42	363.50	363.50	100.00
20.24	2.50	0.00	400.90	363.50	363.50	100.00
20.46	2.50	0.00	399.37	363.50	363.50	100.00
20.68	2.50	0.00	397.84	363.50	363.50	100.00
20.90	2.50	0.00	396.32	363.50	363.50	100.00
21.12	2.50	0.00	394.79	363.50	363.50	100.00
21.34	2.50	0.00	393.26	363.50	363.50	100.00
21.56	2.50	0.00	391.73	363.50	363.50	100.00
21.78	2.50	0.00	390.21	363.50	363.50	100.00
22.00	2.50	0.00	388.68	363.50	363.50	100.00