

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA
TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – PONTI E CAVALCAFERROVIA

Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I V 0 I	0 0	D	0 9	C L	I V X 8 0 5	0 0 1	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	K. Petrucci	Feb.2022	D. Guerci	Feb.2022	D. Fadda	Feb.2022	A. Vittozzi 22/02/2022

ITALFERROL s.p.a.
U.O. Opere Civili e Gestione
Della Rete Ferroviaria Italiana
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n° 4287/33

File IV0100D09CLIVX805001A n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
2.1	NORMATIVA E ISTRUZIONI.....	5
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	6
3.1	CALCESTRUZZO.....	6
3.1.1	Classe C32/40 (Elevazione pila compresi pulvini baggioli e ritegni)	6
3.1.2	Classe C32/40 (Fondazioni pile).....	6
3.1.3	Classe C25/30 (Pali di fondazione).....	6
3.2	ACCIAIO	7
3.2.1	Acciaio per cemento armato.....	7
4	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
5	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	9
5.1	PILA.....	9
5.2	IMPALCATO	9
6	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO	10
6.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI (G1) E NON STRUTTURALI (G2)	10
6.2	AZIONE SISMICA.....	10
6.2.1	Vita nominale	10
6.2.2	Classe d'uso	11
6.2.3	Periodo di riferimento	11

6.2.4	Valutazione dei parametri di pericolosità sismica	12
6.2.5	Caratterizzazione sismica del terreno	13
6.2.6	Parametri sismici di calcolo.....	15
6.3	AZIONE DI SCALZAMENTO	19
6.3.1	Pressione dell'acqua $Tr=200$ anni e $V=4.5m/s$	21
6.3.2	Pressione dell'acqua $Tr=1$ anno e $V=4.5m/s$	22
6.3.3	Pressione dell'acqua $Tr=200$ anni e $V=2.5m/s$	23
6.3.4	Pressione dell'acqua $Tr=1$ anno e $V=2.5m/s$	24
7	MODELLO DI CALCOLO	25
8	COMBINAZIONI DI CARICO	28
8.1	COMBINAZIONI SLU.....	30
8.1.1	Combinazioni SLU STR.....	30
8.2	COMBINAZIONI SLE	30
8.2.1	Combinazioni SLE RARA	30
8.2.2	Combinazioni SLE FREQUENTE	31
8.2.3	Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE	32
8.3	COMBINAZIONI SISMICHE.....	33
8.3.1	Combinazioni SLU STR.....	34
8.4	CALCOLO SOLLECITAZIONI COMBinate ALLA BASE DEL FUSTO DELLA PILA	35
9	CRITERI DI VERIFICA	38
9.1	VERIFICHE ELEMENTI IN C.A.	38

9.2	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE - PRESSOFLESSIONE	38
9.3	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO	38
9.4	VERIFICHE A FESSURAZIONE.....	38
9.4.1	<i>Stato limite di formazione delle fessure.....</i>	39
9.5	VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO	40
10	VERIFICA DEL FUSTO DELLA PILA.....	41
10.1	VERIFICHE SLU.....	41
10.1.1	<i>Verifiche a pressoflessione.....</i>	41
10.1.2	<i>Verifica a taglio.....</i>	43
10.2	VERIFICHE SLE	47
10.2.1	<i>Stato limite di fessurazione.....</i>	47
10.2.2	<i>Stato limite di esercizio</i>	48
11	VERIFICA DEL PULVINO DELLA PILA	49
11.1	SOLLECITAZIONI DI VERIFICA	49
11.2	VERIFICHE SLU.....	49
11.3	VERIFICHE SLV	51
11.4	ARMATURA PULVINO.....	52
12	VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE.....	53
12.1	VERIFICHE SLU E SLV.....	56
12.1.1	<i>Verifiche a pressoflessione.....</i>	56
12.1.2	<i>Verifica a taglio.....</i>	58

12.2	VERIFICHE SLE	60
12.2.1	<i>Stato limite di fessurazione</i>	60
12.2.2	<i>Stato limite di esercizio</i>	61
12.3	VERIFICHE A SCALZAMENTO	61
12.3.1	<i>Verifiche a pressoflessione</i>	61
12.3.2	<i>Verifica a taglio</i>	63
13	VERIFICHE STRUTTURALI DEL PLINTO DI FONDAZIONE SU PALI	65
13.1	ARMATURA PLINTO INFERIORE.....	66
13.1.1	<i>Verifiche mensola tozza palo interno</i>	66
13.1.2	<i>Verifica comportamento a trave</i>	69
13.2	ARMATURA PLINTO SUPERIORE	75
13.2.1	<i>Verifiche mensola tozza palo esterno</i>	75
13.3	ARMATURA PLINTO	77
14	ALLEGATO 1: Risultati dell'analisi modale	78
15	ALLEGATO 2: Output Sap 2000.....	79

1 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al dimensionamento delle pile del ponte stradale IVX8 sul Torrente Arroscia previsto nell'ambito del raddoppio della linea Genova-Ventimiglia, tratta Finale Ligure - Andora.

Per tutti i dettagli sull'opera si rimanda alla visione degli elaborati grafici e della relazione descrittiva Doc. IV0I00D09ROIVX800001.

Il viadotto è costituito da 5 impalcati misti travi in acciaio e soletta in cls, sostenuto da n.2 spalle e n.4 pile, di lunghezza complessiva di 217.50m (asse giunto – asse giunto).

Lo schema strutturale adottato è quello di trave continua su più appoggi.

La luce di ciascuna campata in asse pila è pari a 43.50m. La pila ha uno spessore di 1.6m e larghezza variabile per i primi 2.50m e successivamente costante pari 7.70m.

Il plinto di fondazione ha un'altezza di 1.80m, la dimensione in pianta è pari a 16m x 7m.

La palificata della pila è costituita da n.8 pali di diametro 1.50m per una lunghezza di 40m.

2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa e istruzioni

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

La progettazione è conforme alle normative vigenti e alle linee guida emanate dalle Ferrovie dello Stato riguardanti sia i sovraccarichi che le prescrizioni relative ai cavalcaferrovia.

Ai fini della presente relazione sono state prese a riferimento i seguenti documenti normativi:

- *DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC18);*
- *Circolare Applicativa delle NTC18, 21/01/2019 (Circ n.7)*
- *Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – parte 5 – Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;*
- *RFICTCSIMAIIFS001_E: Manuale di progettazione delle opere civili, 31/12/2020*
- *Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;*
- *Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l’accessibilità del sistema ferroviario dell’Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;*
- *Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “energia” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la “sicurezza nelle gallerie ferroviarie” del sistema ferroviario dell’Unione europea;*
- *Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi “controllo-comando e segnalamento” del sistema ferroviario nell’Unione europea.*

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

3.1 Calcestruzzo

3.1.1 Classe C32/40 (Elevazione pila compresi pulvini baggioli e ritegni)

- $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 32 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,13 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,02 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico: $E = 22000 [\text{fcm}/10]^{0,3} = 33345,76 \text{ Mpa}$
- Copriferro netto minimo: $c = 50 \text{ mm}$

3.1.2 Classe C32/40 (Fondazioni pile)

- $R_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 32 \cdot 0,85 / 1,5 = 18,13 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 3,02 \text{ N/mm}^2$
- Modulo elastico: $E = 22000 [\text{fcm}/10]^{0,3} = 33345,76 \text{ Mpa}$
- Copriferro netto minimo: $c = 40 \text{ mm}$

3.1.3 Classe C25/30 (Pali di fondazione)

- $R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
- $f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 24,9 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = f_{ck} \cdot \alpha_{cc} / \gamma_c = 24,9 \cdot 0,85 / 1,5 = 14,11 \text{ N/mm}^2$
- Resistenza di calcolo a trazione: $f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)} = 2,56 \text{ N/mm}^2$
- Copriferro netto minimo: $c = 60 \text{ mm}$

3.2 Acciaio

3.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

Acciaio B450C

- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$;
- tensione caratteristica di rottura $f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$;
- resistenza di calcolo a trazione $f_{yd} = 391.30 \text{ N/mm}^2$;
- modulo elastico $E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$.

4 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Per i dettagli della stratigrafia e dei parametri geotecnici, si rimanda al seguente elaborato:

- Relazione geotecnica e di calcolo fondazioni - IV0I00D09GEIVX803001A.

5 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

5.1 Pila

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche assunte in fase di calcolo per i principali elementi che costituiscono la pila. Ai fini del calcolo per il corpo della pila si considera una sezione intermedia per la variabilità della sezione lungo l'altezza.

PILA	b [x]	L [y]	H [z]
	[m]	[m]	[m]
Pulvino	1.6	10.5	2
Baggioli	1.2	1.2	0.26
Corpo Pila	1.60	7.9	8.9
Plinto	7	16	1.8
Rinterro	7	16	1.5

5.2 Impalcato

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche assunte in fase di calcolo per i principali elementi che costituiscono la campata.

Luce asse pila asse pila	43.5	m
Appoggio	FISSO	-
H pila	10.8	m
n travi	5	-
n Traversi	10	-
z livelletta	12.017	m
carico transitante	3	m
Trave + soletta + appoggi	2.65	m
Rete protettiva	1.6	m

6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

6.1 Carichi permanenti strutturali (g1) e non strutturali (g2)

Questa categoria di carichi comprende il peso proprio degli elementi strutturali, sia della pila (calcolato considerando un peso specifico del calcestruzzo di 25kN/mc) che i carichi trasmessi dall'impalcato e dal pulvino. Per i carichi non strutturali si considerano: pavimentazione, sicurvia, veletta e rete di protezione.

Per i carichi trasmessi dall'impalcato si rimanda all'elaborato:

Relazione di calcolo impalcato, appoggi e giunti - IV0I00D09CLIVX80A001A.

6.2 Azione Sismica

Con riferimento alla normativa vigente (*NTC18*), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita nel *NTC18*), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento V_R .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell'azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di a_g , F_o e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

6.2.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Per l'opera in esame viene assunta una vita nominale $V_N = 75$.

6.2.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Nel presente progetto si considera una **classe d'uso tipo III** con coefficiente d'uso $C_U=1,5$.

6.2.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

6.2.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

	STATO LIMITE	P_{VR}: probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} = -\frac{C_u \cdot V_N}{\ln(1 - P_{VR})}$$

da cui si ottiene la seguente tabella:

Stati limite		Valori in anni del periodo di ritorno T_R al variare del periodo di riferimento V_R (anni)
SLE	SLO	68
	SLD	113
SLU	SLV	1068
	SLC	2193

6.2.5 Caratterizzazione sismica del terreno

6.2.5.1 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la *definizione* dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto riportato nelle *NTC18*.

I terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria E**.

6.2.5.2 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 6-1 - Classificazione topografie superfici

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

6.2.5.3 Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle *NTC18* per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_S \cdot S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che sono riportate di seguito:

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Figura 6-2 - Tabella delle espressioni per S_S e C_C

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Figura 6-3 - Tabella valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a $S_T = 1$

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a $S_S = 1,494$ e $C_C = 1,861$

6.2.6 Parametri sismici di calcolo

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATTITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta



Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 6-4 - Individuazione della pericolosità del sito (Fase 1)

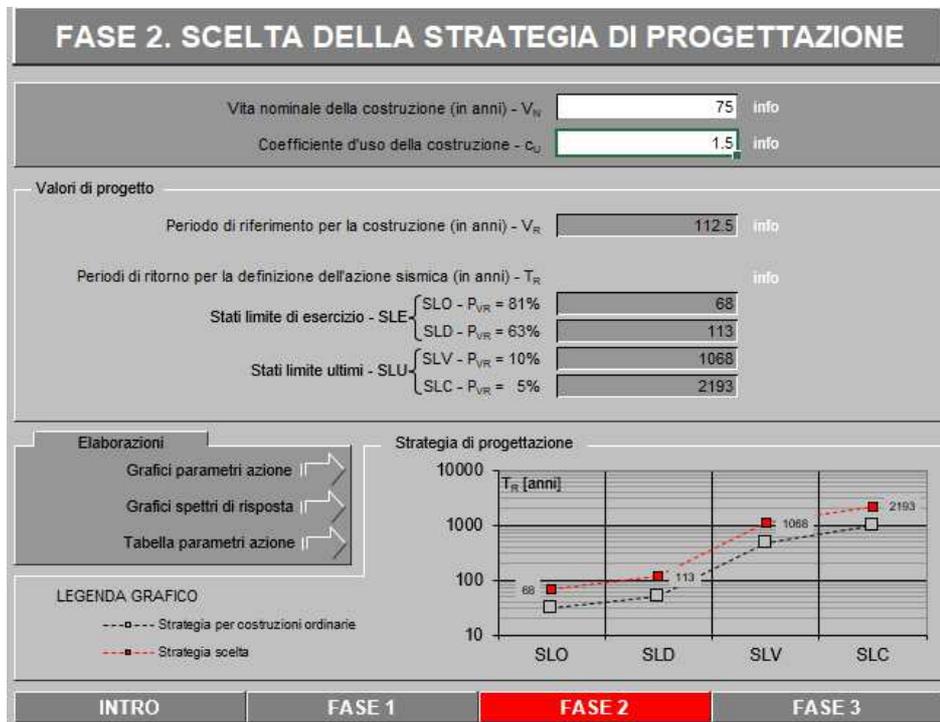


Figura 6-5 - Scelta della strategia di progettazione (Fase 2)

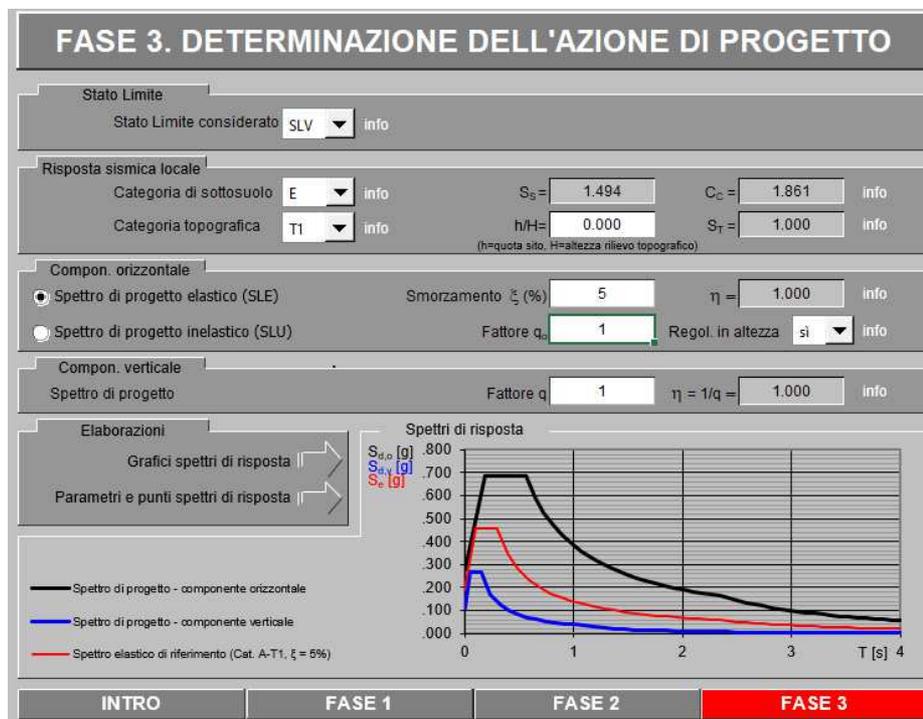


Figura 6-6 - Determinazione dell'azione di progetto (Fase 3)

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV

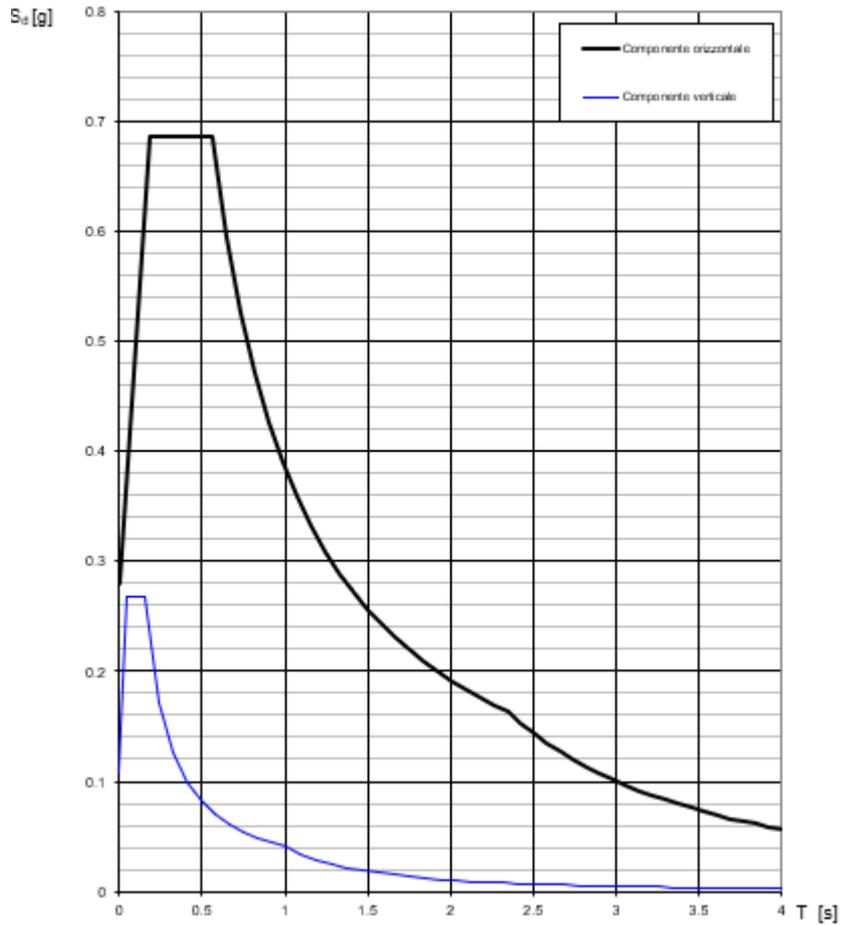


Figura 6-7 - Spettro di progetto: grafico

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.187 g
F_0	2.462
T_C	0.300 s
S_s	1.494
C_C	1.861
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.494
η	1.000
T_B	0.186 s
T_C	0.559 s
T_D	2.348 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.279
T_B	0.186	0.687
T_C	0.559	0.687
	0.644	0.596
	0.729	0.527
	0.814	0.472
	0.899	0.427
	0.985	0.390
	1.070	0.359
	1.155	0.332
	1.240	0.310
	1.325	0.290
	1.411	0.272
	1.496	0.257
	1.581	0.243
	1.666	0.230
	1.751	0.219
	1.836	0.209
	1.922	0.200
	2.007	0.191
	2.092	0.184
	2.177	0.176
	2.262	0.170
T_D	2.348	0.164
	2.426	0.153
	2.505	0.144
	2.584	0.135
	2.662	0.127
	2.741	0.120
	2.820	0.113
	2.898	0.107
	2.977	0.102
	3.056	0.097
	3.134	0.092
	3.213	0.087
	3.292	0.083
	3.371	0.079
	3.449	0.076
	3.528	0.072
	3.607	0.069
	3.685	0.066
	3.764	0.064
	3.843	0.061
	3.921	0.059
	4.000	0.056

Figura 6-8 - Spettro orizzontale di progetto: valori

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite LV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	
a_{xx}	0.109 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_p	0.050 s
T_c	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.437
S	1.000
η	1.000

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.109
T_p ←	0.050	0.269
T_c ←	0.150	0.269
	0.235	0.171
	0.320	0.126
	0.405	0.099
	0.490	0.082
	0.575	0.070
	0.660	0.061
	0.745	0.054
	0.830	0.049
	0.915	0.044
T_D ←	1.000	0.040
	1.094	0.034
	1.188	0.029
	1.281	0.025
	1.375	0.021
	1.469	0.019
	1.563	0.016
	1.656	0.015
	1.750	0.013
	1.844	0.012
	1.938	0.011
	2.031	0.010
	2.125	0.009
	2.219	0.008
	2.313	0.008
	2.406	0.007
	2.500	0.006
	2.594	0.006
	2.688	0.006
	2.781	0.005
	2.875	0.005
	2.969	0.005
	3.063	0.004
	3.156	0.004
	3.250	0.004
	3.344	0.004
	3.438	0.003
	3.531	0.003
	3.625	0.003
	3.719	0.003
	3.813	0.003
	3.906	0.003
	4.000	0.003

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{xx}}{10g} \right)^{0.5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_v(T) = a_{xx} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_v(T) = a_{xx} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_v(T) = a_{xx} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_v(T) = a_{xx} \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T} \right)$$

Figura 6-9 - Spettro verticale di progetto: valori

6.3 Azione di scalzamento

Nel caso del ponte in esame è necessario tenere conto anche dell'azione di scalzamento che il Torrente Arroscia esercita sulle pile in alveo. Le opere provvisionali in alveo sono necessarie alla realizzazione degli

scavi per le fondazioni delle pile del ponte stradale. Sono costituite da paratie di pali di diametro 1500 mm posti ad interasse di 1.10 m (pali secanti) e di lunghezza pari a 20 m, per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato:

- Relazione di calcolo opere provvisionali in alveo- IV0100D09CLIVX80X001A.

Lo scalzamento è causato dallo scavo e dall'erosione di materiale dal letto e dalle sponde dell'alveo, come conseguenza dell'azione erosiva della corrente. Lo scalzamento può mettere in crisi la stabilità del ponte, fino ad esporne totalmente le fondazioni. Le azioni provocate dall'acqua, inclusi gli effetti dinamici ove rilevanti, esercitate dalle correnti sulle strutture immerse va applicato perpendicolarmente alle superfici di contatto. Le pile in esame risultano allineate con la corrente. L'entità dello scalzamento risulta dipendente dall'altezza liquida, dalla velocità dell'acqua e dalla forma della struttura.

L'entità della forza orizzontale totale esercitata sulla superficie verticale viene determinata in funzione di quanto riportato all'interno del EN 1991-1-6:2005:

$$F_{wa} = \frac{1}{2} k \rho_{wa} h b v_{wa}^2$$

In cui:

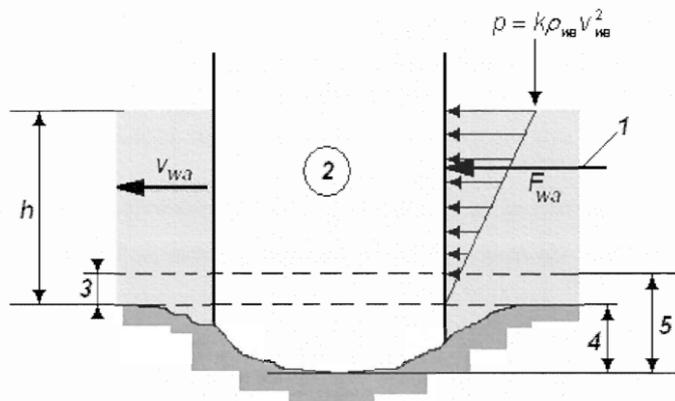
v_{wa} è la velocità media dell'acqua mediata sulla profondità, in m/s;

ρ_{wa} è la densità dell'acqua in kg/m³;

h è la profondità dell'acqua;

b è la larghezza dell'oggetto in m;

k è il fattore di forma in questo caso assunto pari a 1.44 per oggetti con sezione orizzontale quadrata o rettangolare.



Il calcolo di F_{wa} viene realizzato per un $Tr=200$ anni e pari a $Tr=1$ anno per cui si ha un livello idrico rispettivamente pari a:

Viadotto	Livello idrico $Tr200$ (m slm)	Livello idrico $Tr1$ (m slm)
IVX8	16.7	14.3

La velocità media dell'acqua per la valutazione dello scalzamento viene assunta pari a 4.5m/s, viene invece assunta pari a 2.5m/s per tutte le altre combinazioni.

Nota il livello idrico e la quota del piano campagna è stato possibile definire la pressione dell'acqua con la formula sopra riportata.

6.3.1 Pressione dell'acqua $Tr=200$ anni e $V=4.5m/s$

H_pila	10.8	m
H_plinto	1.8	m
H_scalzamento da intradosso plinto	5.3	m
H_tot	12.9	m
Hd	4.3	m
Hs	8.6	m
Hidr	5.8	m

Calcolo pressione

ro	1	kNsec ² /m ⁴
k	1.44	-
Vwa	5	m/sec
p_max	36	kN/m ²

P_idr_pila	206.4	kN
HP_idr_pila	10.75	m
gamma_idr	1.5	-
n. pali	8	-
D palo	1.5	m

P_idr_plinto	1032	kN
HP_idr_plinto	6.2	m

Pila		
z_sup	0.00	m
z_inf	4.30	m
p_sup.	36.00	kN/m ²

Opera Provvisoriale		
z_sup	4.30	m
z_inf	12.9	m
p_sup.	24	kN/m ²

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	22 di 84

P_inf.	24.00	kN/m ²
B	1.60	m
Pris.	206.40	kN
braccio	10.75	m

P_inf.	0	kN/m ²
B	10	m
Pris.	1032	kN
braccio	6.2	m

6.3.2 Pressione dell'acqua Tr=1 anno e V=4.5m/s

H_pila	10.8	m
H_plinto	1.8	m
H_scalzamento da intradosso plinto	2.3	m
H_tot	9.6	m
Hd	4	m
Hs	5.6	m
Hidr	5.5	m

Calcolo pressione

ro	1	kNsec ² /m ⁴
k	1.44	-
Vwa	5	m/sec
p_max	36	kN/m ²

P_idr_pila	182.4	kN
HP_idr_pila	7.6	m
gamma_idr	1.5	-
n. pali	8	-
D palo	1.5	m

P_idr_plinto	588	kN
HP_idr_plinto	3.2	m

Pila		
z_sup	0.00	m
z_inf	4	m
p_sup.	36	kN/m ²
P_inf.	21	kN/m ²
B	1.60	m
Pris.	182.4	kN
braccio	7.6	m

Opera Provvisionale		
z_sup	4	m
z_inf	9.6	m
p_sup.	21	kN/m ²
P_inf.	0	kN/m ²
B	10	m
Pris.	588	kN
braccio	3.2	m

6.3.3 Pressione dell'acqua $Tr=200$ anni e $V=2.5m/s$

H_pila	10.8	m
H_plinto	1.8	m
H_scalzamento da intradosso plinto	5.3	m
H_tot	12.9	m
Hd	4.3	m
Hs	8.6	m
Hidr	5.8	m

Calcolo pressione

ro	1	kNsec ² /m ⁴
k	1.44	-
Vwa	2.5	m/sec
p_max	9	kN/m ²

P_idr_pila	67.75	kN
HP_idr_pila	11.5	m
gamma_idr	1.5	-
n. pali	8	-
D palo	1.5	m

P_idr_plinto	168	kN
HP_idr_plinto	6.2	m

Pila		
z_sup	0.00	m
z_inf	5.8	m
p_sup.	9	kN/m ²
P_inf.	4.95	kN/m ²
B	1.60	m
Pris.	64.75	kN
braccio	11.5	m

Opera Provvisoriale		
z_sup	5.8	m
z_inf	14.4	m
p_sup.	4.95	kN/m ²
P_inf.	-1.05	kN/m ²
B	10	m
Pris.	168	kN
braccio	6.2	m

6.3.4 Pressione dell'acqua $Tr=1$ anno e $V=2.5m/s$

H_pila	10.8	m
H_plinto	1.8	m
H_scalzamento da intradosso plinto	2.3	m
H_tot	9.6	m
Hd	4	m
Hs	5.6	m
Hidr	5.5	m

Calcolo pressione

ro	1	kNsec ² /m ⁴
k	1.44	-
Vwa	2.5	m/sec
p_max	9	kN/m ²

P_idr_pila	56.51	kN
HP_idr_pila	8.35	m
gamma_idr	1.5	-
n. pali	8	-
D palo	1.5	m

P_idr_plinto	68.25	kN
HP_idr_plinto	3.2	m

Pila		
z_sup	0.00	m
z_inf	5.5	m
p_sup.	9	kN/m ²
P_inf.	3.84	kN/m ²
B	1.60	m
Pris.	56.5	kN
braccio	8.35	m

Opera Provvisoriale		
z_sup	5.5	m
z_inf	11.1	m
p_sup.	3.84	kN/m ²
P_inf.	-1.4	kN/m ²
B	10	m
Pris.	68.25	kN
braccio	3.2	m

7 MODELLO DI CALCOLO

Per il dimensionamento della pila è stato utilizzato un modello realizzato con il software di calcolo SAP 2000. Il fusto della pila è stato modellato come un elemento frame, mentre lo scarico derivante dall'impalcato è stato assegnato ad un singolo braccio rigido che rappresenta il collegamento pila-impalcato tenendo conto dello schema strutturale a trave continua. Per poter considerare il corretto orientamento della pila rispetto all'impalcato sono stati ruotati gli assi locali dei singoli frame che costituiscono il modello e dei nodi ad eccezione di quello in sommità di un angolo pari a 15° come riportato nella figura 7-2.

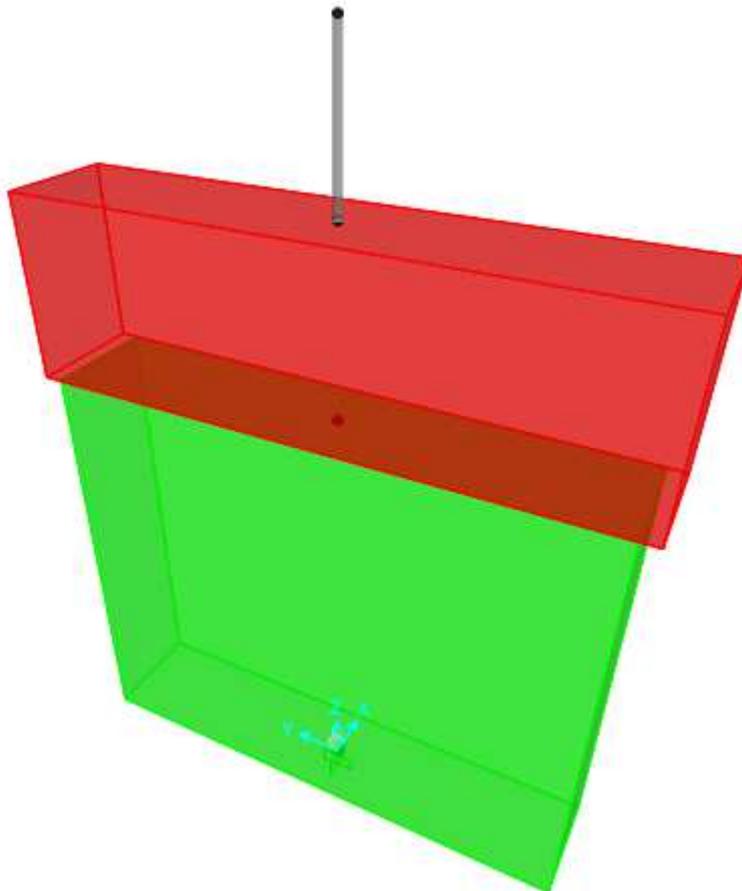


Figura 7-1 Modello SAP2000 Pila

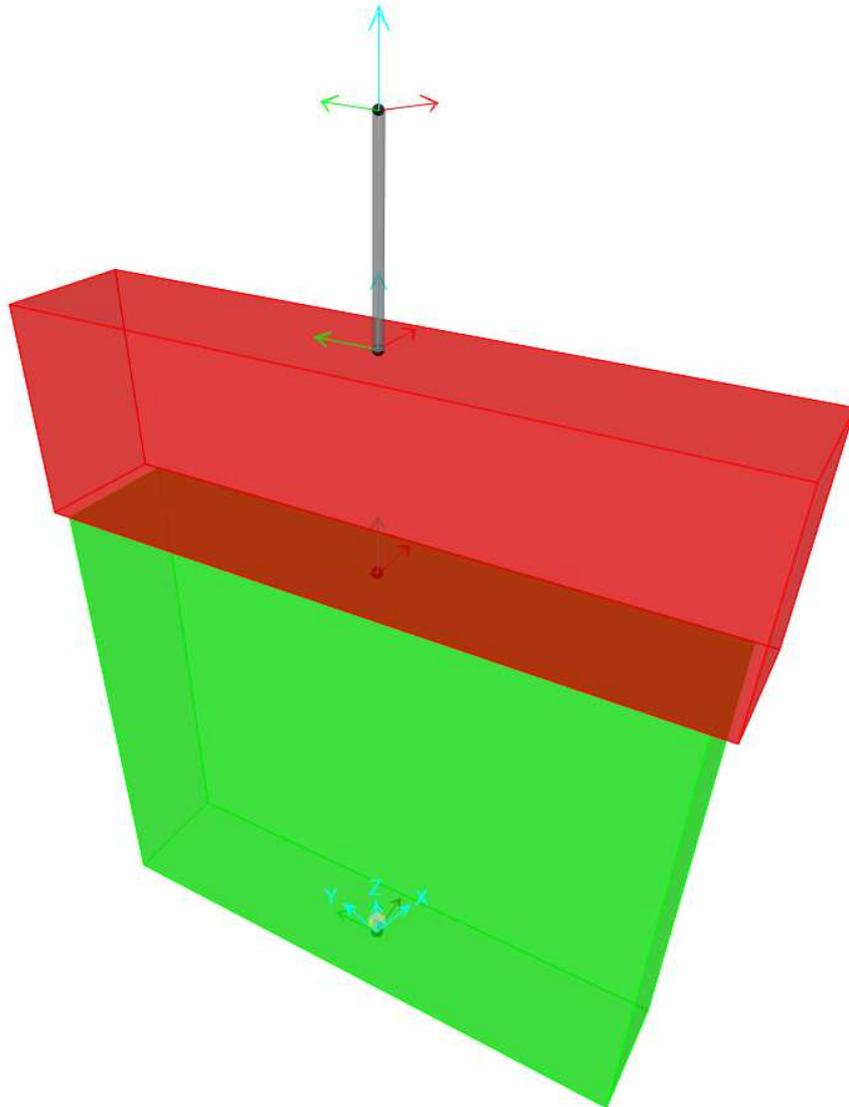


Figura 7-2 Modello Sap con assi locali

Di seguito si riportano gli scarichi elementari considerando rispettivamente i valori massimi e i valori minimi derivanti dall'analisi effettuata sull'impalcato :

CAMPATA MAX	caso	Vx	Vy	N	Mx	My	Mz
G1				6886.3			
G2				2795.4			
V_scarico			388.4		-956.2		
V_carico		0	392.7	0.0	-918.3	-229.5	25.8
N	qk	0	0.0	2946.2	-762.2	-203.5	-762.2
N	Tk						
N	qfk	0	0.0	369.0	0.0	0.0	0.4
M trasv	qk	0	0.0	2050.9	-5298.9	-1414.7	1.5
M trasv	Tk						
M trasv	qfk	0	0.0	159.4	-1095.0	-292.4	0.2
M long	qk	0	0.0	2051.3	-5298.9	-1414.7	1.5
M long	Tk						
M long	qfk	0	0.0	159.4	-1095.0	-292.4	0.2

CAMPATA MIN	caso	Vx	Vy	N	Mx	My	Mz
G1				6886.3			
G2				2795.4			
V_scarico			388.4		-956.2		
V_carico		0.00	392.7	0.0	-918.3	-229.5	25.8
N	qk	0.00	0.0	-393.4	103.5	27.6	-0.3
N	Tk						
N	qfk	0	0.0	-50.3	0.0	0.0	0.0
M trasv	qk	0	0.0	1013.9	2126.8	567.8	0.7
M trasv	Tk						
M trasv	qfk	0	0.0	159.4	1095.0	292.3	0.2
M long	qk	0	0.0	159.4	1095.0	292.3	0.2
M long	Tk						
M long	qfk	0	0.0	159.4	1095.0	292.3	0.2

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Sulla base delle condizioni di carico elementare illustrate al §6 sono state definite le combinazioni di carico.

Le combinazioni di carico prese in considerazione nelle verifiche sono state definite in base a quanto prescritto dalle *NTC18* al par.2.5.3:

Combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche delle tensioni d'esercizio:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione caratteristica frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili, da utilizzarsi nelle verifiche a fessurazione:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots;$$

Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} \dots$$

Combinazione sismica: $E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} \dots$

Per le verifiche SLU si adottano i valori dei coefficienti parziali e dei coefficienti di combinazione riportati nelle seguenti figure.

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

8.1 Combinazioni SLU

In riferimento allo SLU le azioni da traffico sono state combinate con i carichi permanenti, i carichi permanenti non strutturali e le altre azioni variabili.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) è stato adottato l'approccio 1.

8.1.1 Combinazioni SLU STR

Per ciascuna delle disposizioni di carico definite in precedenza sono state definite le rispettive combinazioni allo SLU:

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	G1	G2 impalcato	Schemi di carico 1 e 5	Vento
SLU STR	Favorevole: 1.35 Sfavorevole: 1	Favorevole: 1.5 Sfavorevole: 1	Dominante: 1.35 Non Dominante: 0.75/0.4	Dominante: 1.5 Non Dominante: 0.9

Descrizione	G1				G2				Schemi di carico 1 e 5				Vento			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Cost	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	1.5	1.5	1.5	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	1.5	1.5	1.5
Q2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q19	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q23	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q26	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q30	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q31	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q33	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q34	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q35	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q37	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q38	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q41	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q42	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q43	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q46	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q47	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q48	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q49	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q51	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q52	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q53	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q54	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q55	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q56	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q57	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q58	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q59	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q60	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q62	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q63	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q64	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q65	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q66	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q67	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q68	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q69	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q71	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q72	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q73	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q74	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q76	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q77	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q78	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q79	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q80	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q81	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q82	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q83	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q84	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q85	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q86	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q87	1	1	1	1	1</											

LoadPat	SLE_rara						
	Text	GR00_SLER_S_0_01	GR00_SLER_S_V_02	GR01_SLER_C_V_01	GR01_SLER_C_V_04	GR01_SLER_C_T_01	GR01_SLER_C_T_04
Dead	1	1	1	1	1	1	1
G2	1	1	1	1	1	1	1
G1	1	1	1	1	1	1	1
V_scarico		1					
V_carico			1	1	0.6	0.6	
GR01_N_qk			0.4		1		
GR01_N_Tk			0.75		1		
GR01_N_qfk			0.4		1		
GR01_M trasv_qk				0.4			1
GR01_M trasv_Tk				0.75			1
GR01_M trasv_qfk				0.4			1

8.2.2 Combinazioni SLE FREQUENTE

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati per ogni combinazione di carico:

	G1	G2 impalcato	Schemi di carico 1 e 5	Vento
SLE FRREQUENTE	1	1	Dominante: 0.4/0.75 Non Dominante 0	Dominante: 0.2 Non Dominante: 0

LoadPat	SLE_frequente				
	Text	GR00_SLEF_S_0_01	GR00_SLEF_S_V_02	GR01_SLEF_C_T_01	GR01_SLEF_C_T_04
Dead	1	1	1	1	1
G2	1	1	1	1	1
G1	1	1	1	1	1
V_scarico		0.2			
V_carico					
GR01_N_qk			0.4		
GR01_N_Tk			0.75		
GR01_N_qfk			0.4		
GR01_M trasv_qk					0.4
GR01_M trasv_Tk					0.75
GR01_M trasv_qfk					0.4

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	32 di 84

8.2.3 *Combinazioni SLE QUASI PERMANENTE*

Di seguito si riportano i coefficienti utilizzati:

	G1	G2 impalcato	Schemi di carico 1 e 5	Vento
SLE QUASI PERMANENTE	1	1	0	0

8.3 Combinazioni SISMICHE

Sono state definite le combinazioni sismiche sia per gli stati limite ultimi strutturali (SLV STR) che geotecnici (SLV GEO).

In funzione dell'analisi effettuata sono stati utilizzati differenti valori del fattore di struttura:

- Verifica stato limite ultimo strutturale fusto Pila:
 - Verifiche a pressoflessione, $q= 1.5$;
 - Verifiche a taglio, $q=1$;
- Verifica stato limite ultimo geotecnico pali:
 - Portanza verticale $q= 1.36$;
 - Portanza orizzontale $q= 1.36$;
- Verifica stato limite ultimo strutturale pali:
 - Verifiche a pressoflessione, $q=1.36$;
 - Verifiche a taglio, $q=1$;
- Verifica stato limite ultimo strutturale plinto:
 - Verifiche a pressoflessione, $q=1.36$;
 - Verifiche a taglio, $q= 1.36$.

8.4 Calcolo sollecitazioni combinate alla base del fusto della pila

Si riportano le sollecitazioni per tutte le combinazioni di carico ad estradosso plinto al baricentro della palificata.

OutputCase	Case Type	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3	M2+ΔM	M3+ΔM
Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m	KN-m	KN-m
SLU	max	GR02_W_Gmax_Mlmax	-247	784	472	39	4256	8487	4264	8494
	max	GR02_W_Gmax_Mtmax	-1113	784	472	39	3175	8486	3207	8518
	max	GR02_W_Nmax	-15252	152	641	38	7734	1671	8175	2111
	max	GR01_W_Gmax_Mlmax	-2163	573	528	40	12790	6221	12852	6284
	max	GR01_W_Gmax_Mtmax	-2163	573	528	40	12790	6221	12852	6284
	max	GR02_W_Gmax_Mmax	-15252	784	472	38	5908	8488	6348	8929
	min	GR01_T_Nmax_Mmax	-20153	512	301	-1005	4664	5548	5246	6131
	min	GR01_T_Nmax	-20153	0	72	-1028	1343	1	1925	583
	min	D+G1+G2	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	min	GR01_T_Nmax	-20153	0	72	-1028	1343	1	1925	583
	min	GR02_T_Nmax_Mtmax	-1584	723	244	24	-1512	7816	-1558	7862
min	GR02_T_Nmax	-15078	0	72	0	133	0	569	-436	
SISMICA q=1	max	GR00_S1_Ez	-11157	1098	2375	0	24822	10035	25144	10357
	max	GR00_S1_Ey	-11338	3022	7035	0	74631	28132	74958	28460
	max	GR00_S1_Ey	-11338	3022	7035	0	74631	28132	74958	28460
	max	GR01_S1_Ex_Ml	-11780	1735	3088	0	33607	15354	33947	15695
	max	GR01_S1_Ey_M	-11780	3022	7035	0	75954	28134	76295	28474
	max	GR01_S1_Ey_M	-11780	3022	7035	0	75954	28134	76295	28474
	min	GR01_S1_Ez_N	-12338	-929	-2276	-152	-24596	-8217	-24952	-8574
	min	GR00_S1_Ey	-11494	-2854	-6936	0	-74562	-26314	-74895	-26647
	min	GR01_S1_Ey_M	-11936	3022	-6936	0	-73239	-26313	-73584	-26658
	min	GR01_S1_Ex_N	-12001	1735	3088	-152	32441	15353	32788	15700
	min	GR00_S1_Ey	-11494	-2854	-6936	0	-74562	-26314	-74895	-26647
min	GR00_S1_Ey	-11494	-2854	-6936	0	-74562	-26314	-74895	-26647	

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IVX805001	REV. A	FOGLIO 36 di 84
------------------	-------------	---------------------	------------------------	-----------	--------------------

SISMICA q=1.5	max	GR00_S1.5_Ez	-11157	1098	2375	0	24822	10035	25144	10357
	max	GR00_S1.5_Ey	-11338	2067	4734	0	50008	19169	50335	19497
	max	GR00_S1.5_Ey	-11338	2067	4734	0	50008	19169	50335	19497
	max	GR01_S1.5_Ex_MI	-11780	1735	3088	0	33607	15354	33947	15695
	max	GR01_S1.5_Ey_M	-11780	2067	4734	0	51331	19170	51672	19511
	max	GR01_S1.5_Ey_M	-11780	2067	4734	0	51331	19170	51672	19511
	min	GR01_S1.5_Ez_N	-12338	-929	-2276	-152	-24596	-8217	-24952	-8574
	min	GR00_S1.5_Ey	-11494	-1899	-4635	0	-49939	-17351	-50272	-17683
	min	GR01_S1.5_Ey_M	-11936	2067	-4635	0	-48616	-17350	-48961	-17695
	min	GR01_S1.5_Ex_N	-12001	1735	3088	-152	32441	15353	32788	15700
	min	GR00_S1.5_Ey	-11494	-1899	-4635	0	-49939	-17351	-50272	-17683
min	GR00_S1.5_Ey	-11494	-1899	-4635	0	-49939	-17351	-50272	-17683	
SISMICA q=1.36	max	GR00_S1.3_Ez	-11157	1098	2375	0	24822	10035	25144	10357
	max	GR00_S1.3_Ey	-11338	2263	5207	0	55074	21013	55402	21341
	max	GR00_S1.3_Ey	-11338	2263	5207	0	55074	21013	55402	21341
	max	GR01_S1.3_Ex_MI	-11780	1735	3088	0	33607	15354	33947	15695
	max	GR01_S1.3_Ey_M	-11780	2263	5207	0	56397	21014	56738	21355
	max	GR01_S1.3_Ey_M	-11780	2263	5207	0	56397	21014	56738	21355
	min	GR01_S1.3_Ez_N	-12338	-929	-2276	-152	-24596	-8217	-24952	-8574
	min	GR00_S1.3_Ey	-11494	-2095	-5109	0	-55005	-19195	-55338	-19527
	min	GR01_S1.3_Ey_M	-11936	-2095	-5109	0	-53682	-19194	-54027	-19539
	min	GR01_S1.3_Ey_N	-12001	1735	3088	-152	32441	15353	32788	15700
	min	GR00_S1.3_Ey	-11494	-2095	-5109	0	-55005	-19195	-55338	-19527
min	GR00_S1.3_Ey	-11494	-2095	-5109	0	-55005	-19195	-55338	-19527	
SLE frequente	max	GR00_SLEF_S_0_01	-11416	572	0	0	6523	0	6852	0
	max	GR00_SLEF_S_V_02	-11416	20	75	-571	995	267	1325	597
	max	GR00_SLEF_S_V_02	-11416	20	75	0	995	267	1325	597
	max	GR01_SLEF_C_T_02	-13018	0	0	1	4567	4	4943	380
	max	GR01_SLEF_C_T_04	-13018	0	0	1	4567	4	4943	380
	max	GR00_SLEF_S_V_02	-11416	20	75	0	995	267	1325	597
	min	GR01_SLEF_C_T_01	-13773	20	0	-571	995	1	1393	399
	min	GR01_SLEF_C_T_04	-13018	0	0	0	4567	4	4943	380
	min	GR01_SLEF_C_T_04	-13018	0	0	1	4567	4	4943	380
	min	GR01_SLEF_C_T_01	-13773	0	0	-571	592	1	990	399
	min	GR00_SLEF_S_0_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
min	GR00_SLEF_S_0_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0	

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IVX805001	REV. A	FOGLIO 37 di 84
------------------	-------------	---------------------	------------------------	-----------	--------------------

SLE q permanente	max	GR00_SLEQP_01	-11416	572	0	0	6523	0	6852	0
	max	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	-1028	0	0	0	0
	max	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	max	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	max	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	max	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	min	GR00_SLEQP_01	-11416	572	0	0	6523	0	6852	0
	min	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	-1028	0	0	0	0
	min	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	min	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	min	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	min	GR00_SLEQP_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
SLE rara	max	GR00_SLER_S_0_01	-11416	572	0	0	6523	0	6852	0
	max	GR01_SLER_C_V_01	-26791	203	759	27	15245	2232	16019	3006
	max	GR01_SLER_C_V_01	-26791	203	759	-519	15245	2232	16019	3006
	max	GR01_SLER_C_V_04	-13018	102	379	27	9610	1118	9986	1494
	max	GR01_SLER_C_V_01	-26791	203	759	-519	15245	2232	16019	3006
	max	GR01_SLER_C_V_01	-26791	203	759	-519	15245	2232	16019	3006
	min	GR01_SLER_C_V_01	-26791	101	759	-519	4975	2232	5749	3006
	min	GR00_SLER_S_0_01	-11416	0	0	-1028	0	0	0	0
	min	GR00_SLER_S_0_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	min	GR01_SLER_C_T_01	-14731	61	228	-746	3815	669	4241	1095
	min	GR00_SLER_S_0_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	min	GR00_SLER_S_0_01	-11416	0	0	0	0	0	0	0
SCALZAMENTO	max	W_Sc_Gmin_TR200	-11416	0	0	0	0	0	0	0
	max	GR01_Sc_Gmin_N_TR200	-17468	421	197	-411	383	4545	887	5050
	max	W_Sc_Gmax_TR200	-15678	20	385	0	2169	267	2623	720
	max	GR01_Sc_Gmin_ML_TR200	-17840	421	197	2	6122	4551	6637	5066
	max	SLU_SCALZ_Tr_200_Gmax	-17840	421	197	2	6122	4551	6637	5066
	max	SLU_SCALZ_Tr_200_Gmax	-17840	421	197	2	6122	4551	6637	5066
	min	GR01_Sc_Gmin_ML_TR200	-17840	421	197	2	6122	4551	6637	5066
	min	W_Sc_Gmax_TR200	-11416	20	75	0	995	267	1325	597
	min	GR01_Sc_Gmin_ML_TR1	-17840	421	161	2	5953	4551	6468	5066
	min	GR01_Sc_Gmin_N_TR200	-17468	421	197	-411	383	4545	887	5050
	min	GR01_Sc_Gmin_N_TR1	-17468	421	161	-411	214	4545	719	5050
	min	W_Sc_Gmax_TR200	-11416	20	75	0	995	267	1325	597

9 CRITERI DI VERIFICA

9.1 Verifiche elementi in c.a.

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nel paragrafo 4.1.2 delle NTC18.

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite.

I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali condotte nel progetto. Ulteriori dettagli specifici, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

9.2 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione - pressoflessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

9.3 Verifiche per gli stati limite ultimi a taglio

La verifica di resistenza nei confronti delle sollecitazioni taglienti si esegue nel rispetto delle prescrizioni riportate al paragrafo 4.1.2.3 delle NTC18.

9.4 Verifiche a fessurazione

Al fine di assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture in c.a. è necessario non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni agenti ed alla sensibilità delle armature alla corrosione.

Si distinguono i seguenti stati limite:

- a) Stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2$$

con:

$$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{(2/3)}$$

- b) Stato limite di apertura delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta il valore limite di apertura della fessura è pari ad uno dei seguenti valori:

$$W_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$W_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$W_3 = 0.4 \text{ mm}$$

9.4.1 Stato limite di formazione delle fessure

Il valore di calcolo di apertura delle fessure W_K è dato da:

$$W_K = 1.7 W_m$$

dove W_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la media fra le fessure Δ_m .

Per il calcolo delle grandezze descritte vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

Secondo la simbologia dell'EC2 l'ampiezza W_K vale:

$$W_K = \beta S_{rm} \epsilon_{sm}$$

in cui:

S_{rm} : interasse medio finale delle lesioni (fessurazione stabilizzata);

ϵ_{sm} : deformazione media delle barre di acciaio;

β : coefficiente che trasforma l'ampiezza media delle lesioni nel valore di calcolo pari ad un valore compreso fra 1.30 ed 1.70 relativamente a spessori variabili fra 300 mm e 800 mm;

ϵ_{sm} : si calcola con la relazione:

$$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s (1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{ST} / \sigma_s)^2)$$

con:

σ_s : tensione nell'armatura tesa calcolata considerando la sezione fessurata (II stadio);

σ_{ST} : tensione nell'armatura tesa calcolata considerando la sezione fessurata (II stadio) considerando la condizione di carico che causa la prima fessurazione;

$\beta_1 = 1$ per barre ad aderenza migliorata;

β_2 coefficiente dipendente dalla durata del carico;

L'espressione di S_{rm} accolta dalla normativa italiana è la seguente:

$$S_{rm} = 2(c+s/10) + K_1 K_2 \phi / \rho_r$$

c: copriferro

s: interasse delle barre

K_1 : 0.40 (barre ad aderenza migliorata)

K_2 : 0.125 (flessione pura) – 0.25 (trazione pura)

Il controllo dell'ampiezza delle lesioni consiste nell'accertare la validità della seguente disuguaglianza:

$$W_K < W_{lim}$$

in cui:

W_K : è l'ampiezza di calcolo della lesione;

W_{lim} : è il valore nominale limite dell'ampiezza dalla lesione che è specificato dalle norme in base alle condizioni ambientali;

La formazione delle fessure avviene quando la tensione normale di trazione della fibra più sollecitata vale:

$$\sigma_f = f_{ctm} / 1,2$$

Combinazione quasi permanente: (compressione) non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure

Combinazione frequente: (trazione) non si supera lo stato limite di formazione delle fessure: non occorre procedere alla verifica dello stato limite di apertura delle fessure

9.5 Verifica delle tensioni di esercizio

Si procede inoltre con la verifica tensionale per la combinazione rara per cui deve risultare che:

$$\sigma_{c,max} < 0,6 \cdot f_{ck} \quad \text{per la combinazione rara}$$

$$\sigma_{c,max} < 0,45 \cdot f_{ck} \quad \text{per la combinazione quasi permanente}$$

10 VERIFICA DEL FUSTO DELLA PILA

Di seguito si riportano le verifiche strutturali del fusto della pila a partire dal modello di calcolo analizzato nel §7 sia per lo stato limite ultimo che per lo stato limite di salvaguardia della vita.

10.1 Verifiche SLU

10.1.1 Verifiche a pressoflessione

Per le verifiche a pressoflessione sono state utilizzate le combinazioni SLU e quelle sismiche con fattore di struttura q pari a 1.5.

B pila	7700	mm
H pila	1600	mm
Area pila	12320000	mm ²
As, min	12320	mm ²
As, max	492800	mm ²
As,tot	55418	mm ²
Verifica	OK	

Armatura superiore		
∅	28	mm
Passo	200	mm
n	45	-
Armatura inferiore		
∅	28	mm
Passo	200	mm
n	45	-

c	50	mm
c _{netto}	78	mm
∅ staffa	14	mm
d long.	1522	mm
d trasv.	7622	mm

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	42 di 84

	Mx	My	N	c.s.	c.s. (N=cost)
GR00_S1.5	-103574964.883	-251444425.883	-1115674.7	3.255395	2.095029
GR00_S1.5	-194968046.933	-503354335.933	-1133819.7	1.159802	1.111129
GR00_S1.5	-194968046.933	-503354335.933	-1133819.7	1.159802	1.111129
GR01_S1.5	-156945795.48	-339471690.48	-1178032	1.703278	1.419032
GR01_S1.5	-195107607.562	-516717654.562	-1178025.8	1.173703	1.119243
GR01_S1.5	-195107607.562	-516717654.562	-1178025.8	1.173703	1.119243
GR01_S1.5	85735001.424	249524184.424	-1233821.6	4.518654	2.553617
GR00_S1.5	176832977.525	502715320.525	-1149372.5	1.32454	1.217054
GR01_S1.5	176948928.154	489607513.154	-1193578.6	1.355529	1.232783
GR01_S1.5	-156999228.782	-327877699.782	-1200123.8	1.73442	1.430617
GR00_S1.5	176832977.525	502715320.525	-1149372.5	1.32454	1.217054
GR00_S1.5	176832977.525	502715320.525	-1149372.5	1.32454	1.217054
GR02_W_G	-42564906	-84866272	-24740.7	3.728125	3.627594
GR02_W_G	-31751567	-84856587	-111263.6	5.980181	4.937946
GR02_W_N	-77342605	-16705930	-1525200.6	7.62709	3.425117
GR01_W_G	-127898610	-62211967	-216295.3	1.413359	1.365172
GR01_W_G	-127898630	-62211973	-216263.8	1.413332	1.365155
GR02_W_G	-59075153	-84880990	-1525200.6	8.532019	4.228177
GR01_T_Nr	-46638605	-55483602	-2015303.7	8.766524	6.034436
GR01_T_Nr	-13427273	-9397	-2015303.6	10.53273	22.351852
D+G1+G2_r	0	0	-1141596.1	18.593835	18.593835
GR01_T_Nr	-13427273	-9397	-2015303.6	10.53273	22.351852
GR02_T_Nr	15117393	-78158957	-158391	14.59622	9.001387
GR02_T_Nr	-1331995	1355	-1507847.3	14.077453	200.144677

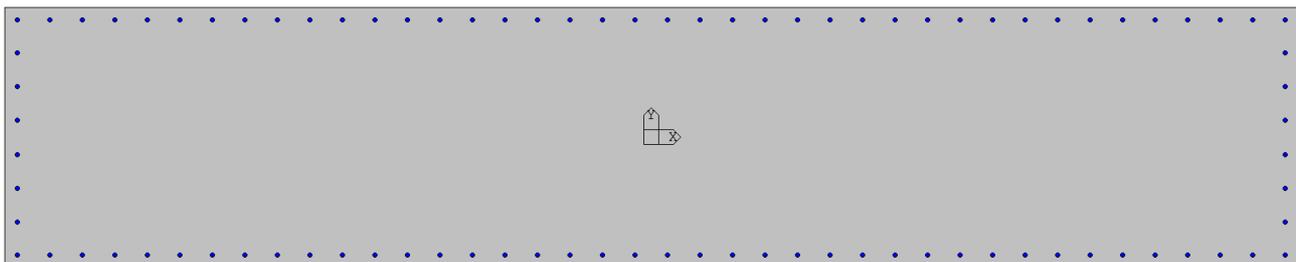


Figura 10-1 Disposizione armatura longitudinale sul fusto della pila

10.1.2 Verifica a taglio

Per le verifiche a taglio sono state utilizzate le combinazioni SLU e quelle sismiche con fattore di struttura q pari a 1.

Si riportano di seguito le verifiche più gravose:

Taglio V_x - SLU

**VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC18
SENZA ARMATURE A TAGLIO**

$V_{Ed} = T_{SLU}$	641	kN
	641009	N

R_{ck}	40	MPa
f_{ck}	33	MPa
f_{ctm}	3	MPa

B pila	1600	mm
Area pila	12320000	mm ²
Lato quadrato eq.	1600	mm

c netto	50	mm
∅ staffa	14	mm
∅ arm tesa	28	mm
d	1522	mm
k	1.36	
b_w	1600	mm
A_{sl}	7389	mm ²
ρ_l	0.003	

N_{Ed}	1113	kN
	1112636	N
A_c	12320000	mm ²
σ_{cp}	0.09	MPa
f_{cd}	19	MPa
γ_c	1.5	
$C_{Rd,c}$	0.12	
v_{min}	0.32	

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	44 di 84

$V_{Rd,c}$	892891	N
$V_{Rd,c \min}$	814034	N

$V_{Rd,c \text{ effettivo}}$	892891	N
------------------------------	---------------	----------

Verifica	OK
coefficiente	1.39

Taglio V_y - SLU

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC18
SENZA ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	784	kN
	783717	N

R_{ck}	40	MPa
f_{ck}	33	MPa
f_{ctm}	3	MPa

B pila	7700	mm
Area pila	12320000	mm ²
Lato quadrato eq.	7700	mm

c netto	50	mm
∅ staffa	14	mm
∅ arm tesa	28	mm
d	7622	mm
k	1.16	
b_w	7700	mm
A_{sl}	48029	mm ²
ρ_l	0.001	

N_{Ed}	0	kN
	120	N
Ac	12320000	mm ²
σ_{cp}	0.00	MPa
f_{cd}	19	MPa
γ_c	1.5	
$C_{Rd,c}$	0.12	
v_{min}	0.25	

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	45 di 84

$V_{Rd,c}$	11419274	N
$V_{Rd,c \min}$	14825223	N

$V_{Rd,c \text{ effettivo}}$	14825223	N
------------------------------	----------	---

Verifica	OK
coefficiente	18.92

Taglio Vx - SLV

VERIFICA A TAGLIO SECONDO
NTC18
SENZA ARMATURE A TAGLIO

VERIFICA A TAGLIO SECONDO
EC2
CON ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	7035	kN	A1+M1
	7034751	N	

$V_{Ed} = T_{SLU}$	7035	kN
	7034751	N

R_{ck}	40	MPa
f_{ck}	33	MPa
f_{ctm}	3	MPa

\emptyset staffa	14	mm
n bracci	20	-
A_{sw}	3002	mm ²
s	200	mm

B pila	1600	mm
Area pila	12320000	mm ²
Lato quadrato eq.	1600	mm

f_{ywd}	391	MPa
-----------	-----	-----

c netto	50	mm
\emptyset staffa	14	mm
\emptyset arm tesa	28	mm
d	1522	mm
k	1.36	
b_w	1600	mm
A_{sl}	7389	mm ²
ρ_l	0.003	

cot θ	1
--------------	---

α_c	1
------------	---

$z = 0.9d$	1370	mm
------------	------	----

v	0.52
---	------

$V_{Rd,s}$	8044843	N
$V_{Rd,s \max}$	10727127	N

N_{Ed}	11338	kN	>0 compressione
	11338197	N	
A_c	12320000	mm ²	Ok, $\sigma_{cp} < f_{cd}$
σ_{cp}	0.92	MPa	
f_{cd}	19	MPa	

$V_{Rd,c \text{ effettivo}}$	8044843	N
------------------------------	---------	---

Verifica	OK
coefficiente	1.14

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	46 di 84

γ_c	2
$C_{Rd,c}$	0.12
v_{min}	0.32

$V_{Rd,c}$	1196073	N
$V_{Rd,c min}$	1117216	N

$V_{Rd,c}$ effettivo	1196073	N
----------------------	----------------	----------

Verifica	NO
coefficiente	0.17

E' necessaria specifica armatura a taglio. Si dispongono staffe \emptyset 14/200.

Taglio V_y - SLV

VERIFICA A TAGLIO SECONDO
NTC18
SENZA ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	3022	kN
	3021951	N

R_{ck}	40	MPa
f_{ck}	33	MPa
f_{ctm}	3	MPa

B pila	7700	mm
Area pila	12320000	mm ²
Lato quadrato eq.	7700	mm

c netto	50	mm
\emptyset staffa	14	mm
\emptyset arm tesa	28	mm
d	7622	mm
k	1.16	
b_w	7700	mm
A_{sl}	0	mm ²
ρ_l	0.000	

N_{Ed}	11338	kN
----------	-------	----

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	47 di 84

	11338197	N
Ac	12320000	mm ²
σ_{cp}	0.92	MPa
f_{cd}	19	MPa
γ_c	2	
C_{Rd,c}	0.12	
v_{min}	0.25	

V_{Rd,c}	8101850	N
V_{Rd,c min}	22926988	N

V_{Rd,c effettivo}	22926988	N
-----------------------------------	-----------------	----------

Verifica	OK
coefficiente	7.59

10.2 Verifiche SLE

10.2.1 Stato limite di fessurazione

SLF

SL formazione fessure

fck	33.2	N/mm ²
fctm	3.10	N/mm ²
fyk	450.00	N/mm ²

	σ_t max [N/mm²]	σ_t [kg/cm²]	σ_t [N/mm²]	Verifica
Comb frequente	-2.58	-8.64	-0.86	Verifica soddisfatta
		-2.19	-0.22	Verifica soddisfatta
		6.11	0.61	Verifica soddisfatta
		7.92	0.79	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm		-8.64	-0.86	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
		-8.64	-0.86	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta

10.2.2 Stato limite di esercizio

SLE

Verifica tensioni di esercizio

(non elastico)

	σ_c max [N/mm ²]	σ_c [kg/cm ²]	σ_c [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	19.92	30.22	3.02	Verifica soddisfatta
		70.60	7.06	Verifica soddisfatta
		70.60	7.06	Verifica soddisfatta
		33.83	3.38	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm	14.94	30.22	3.02	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
		30.22	3.02	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta
		8.76	0.88	Verifica soddisfatta

	σ_s max [N/mm ²]	σ_s [kg/cm ²]	σ_s [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	360	-271.56	-27.16	Verifica soddisfatta
		-627.74	-62.77	Verifica soddisfatta
		-627.74	-62.77	Verifica soddisfatta
		128.73	12.87	Verifica soddisfatta
		131.41	13.14	Verifica soddisfatta
		131.41	13.14	Verifica soddisfatta

11 VERIFICA DEL PULVINO DELLA PILA

Il calcolo delle armature dei pulvini è stato effettuato sulla base di un modello tirante - puntone considerando la mensola tozza in direzione longitudinale incastrata in corrispondenza dell'asse del pulvino e carichi applicati in corrispondenza dell'asse dei baggioli.

11.1 Sollecitazioni di verifica

Le sollecitazioni di verifica sono state ottenute considerando lo scarico totale dell'impalcato totale in corrispondenza del pulvino, diviso il numero di baggioli. Si riporta di seguito le sollecitazioni più gravosa tra le combinazioni al SLU e SLV:

Azione		
Ped SLU	5030	kN
Ped SLV	2788	kN

11.2 Verifiche SLU

Si riportano di seguito gli esiti delle verifiche a tirante-puntone con le sollecitazioni SLU. In particolare si riporta il calcolo della trazione nel tirante superiore F_t e la tensione di compressione nel puntone, in corrispondenza del nodo 1:

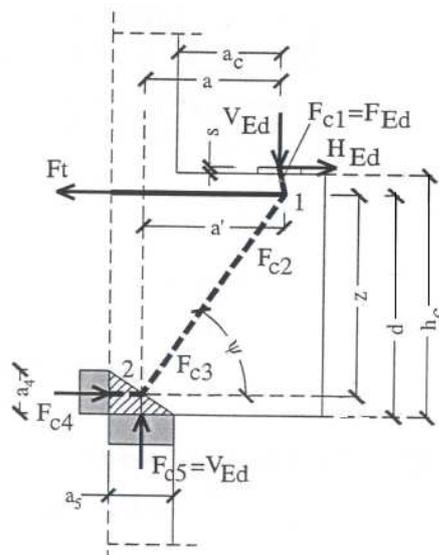


Figura 11-1 Schema di calcolo della forza di trazione nell'armatura principale

Lo schema mostrato in Figura 11-1 è stato estrapolato dal libro “Progetto Delle Strutture In Calcestruzzo Armato” – Angotti F.

Tramite considerazioni legate all’equilibrio alla traslazione e alla rotazione si effettua il dimensionamento delle armature della mensola tozza e con essa del pulvino in direzione longitudinale, inoltre si verifica la resistenza del puntone di cls compresso.

Dimensioni mensola		
hc	2	m
b baggiolo	1.2	m
copriferro netto	0.05	m
ac	0.28	m
Φ_{orto}	28	mm
d	1.882	m

Calcolo armatura		
z	1.506	m
v'	0.87	Mpa
σ_{1Rdmax}	15.81	Mpa
σ_{2Rdmax}	13.44	Mpa
a5	0.27	m
d'	0.118	m
s	0.26	m
e	0.00	m
a	0.41	m
a'	0.41	m
Ft	1378.25	kN
As estradosso	3522.21	mm ²
Verifica ferri estradosso	Si	

A partire dall’azione nel tirante superiore è stata definita la corrispondente area di acciaio minima “As estradosso_min.”.

11.3 Verifiche SLV

Si riportano di seguito gli esiti delle verifiche a tirante-puntone con le sollecitazioni SLV.

Dimensioni mensola		
hc	2	m
b baggiolo	1.2	m
copriferro netto	0.05	m
ac	0.28	m
Φ_orto	28	mm
d	1.882	m

Calcolo armatura		
z	1.506	m
v'	0.87	Mpa
σ _{1Rdmax}	15.81	Mpa
σ _{2Rdmax}	13.44	Mpa
a ₅	0.15	m
d'	0.118	m
s	0.26	m
e	0.00	m
a	0.35	m
a'	0.35	m
Ft	654.53	kN
As estradosso	1672.69	mm ²
Verifica ferri estradosso	Si	

11.4 Armatura pulvino

Si riportano le armature adottate nelle due sezioni di verifica, necessarie per rispettare i limiti di normativa:

Sezione di verifica Trasversale

B	160	cm
H	200	cm
copriferro	5	cm
d	188	cm
As,min	5396	mm ²
As,min	3918	mm ²
As,min	5396	mm ²
As,max	128000	mm ²

Sezione di verifica Longitudinale

B	282	cm
H	200	cm
copriferro	5	cm
d	187	cm
As,min	9427	mm ²
As,min	6844	mm ²
As,min	9427	mm ²
As,max	225600	mm ²

Armatura superiore

φ	26	mm
passo strato 1	10	-
passo strato 2	20	-
passo strato 3	0	-

Armatura superiore

φ	26	mm
passo strato 1	10	-
passo strato 2	20	-
passo strato 3	0	-

n° strato 1	16.0	-
n° strato 2	8.0	-
n° strato 3	0.0	-

n° strato 1	28	-
n° strato 2	14	-
n° strato 3	0.0	-

As inf	12742.3	mm ²	Verificato
--------	---------	-----------------	------------

As inf	22458.3	mm ²	Verificato
--------	---------	-----------------	------------

Armatura inferiore

φ	26	mm
passo strato 1	10	-
passo strato 2	20	-
passo strato 3	0	-

Armatura inferiore

φ	26	mm
passo strato 1	10	-
passo strato 2	20	-
passo strato 3	0	-

n° strato 1	16.0	-
n° strato 2	8.0	-
n° strato 3	0.0	-

n° strato 1	28	-
n° strato 2	14	-
n° strato 3	0.0	-

As inf	12742.3	mm ²	Verificato
--------	---------	-----------------	------------

As inf	22458.3	mm ²	Verificato
--------	---------	-----------------	------------

12 VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE

Considerando l'esiguo numero di pali e l'interasse dei pali maggiore o uguale a 3 volte il diametro, il calcolo delle sollecitazioni massime sul singolo palo sono state condotte utilizzando il metodo del plinto rigido trascurando "l'effetto gruppo". In particolare, il calcolo delle sollecitazioni sui singoli pali è stato effettuato assumendo le seguenti ipotesi:

- Plinto rigido;
- Vincolo di incastro tra pali e plinto;
- Pali costituenti la palificata verticali;
- Rotazione del plinto e della testa dei pali impedita.

Per un gruppo di n pali, sottoposto a forze verticali, orizzontali e di momento esterne (agenti alla quota testa pali ed in corrispondenza del baricentro della palificata) i carichi agenti alla testa di ciascun palo sono stimabili con le seguenti espressioni:

$$Q_{ti} = \frac{N}{n} \pm \frac{[M_x + M_{inc,x}] \cdot y_i}{\sum_1^n y_i^2} \pm \frac{[M_y + M_{inc,y}] \cdot x_i}{\sum_1^n x_i^2};$$

$$H_{tix} = \frac{H_x}{n};$$

$$H_{tiy} = \frac{H_y}{n};$$

essendo :

- N = forza verticale esterna;
- $M_x = M_{long}$ = momento esterno attorno all'asse x, accoppiato con H_y ;
- $H_y = T_{long}$ = forza orizzontale esterna nella direzione y;
- $M_y = M_{trasv}$ = momento esterno attorno all'asse y, accoppiato con H_x ;
- $H_x = T_{trasv}$ = forza orizzontale esterna nella direzione x;
- Q_{ti} = forza verticale agente alla testa del palo i-esimo;
- $H_{tix} = T_{trasv_i}$ = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione x;
- $H_{tiy} = T_{long_i}$ = forza orizzontale agente alla testa del palo i-esimo nella direzione y;

- $M_{inc,x} = M_{long_inc} = \Sigma M_{iix} =$ momento di incastro risultante che i pali esercitano sul plinto per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione x;
- $M_{iix} = M_{long_inc_i}$ = momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione x;
- $M_{inc,y} = M_{trasv_inc} = \Sigma M_{iyy} =$ momento di incastro risultante che i pali esercitano sul plinto per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione y;
- $M_{iyy} = M_{trasv_inc_i}$ = momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione y;
- y_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione y;
- x_i = distanza del palo i-esimo dall'asse baricentrico della palificata nella direzione x.

I momenti di incastro alla testa dei pali (M_{iix} , M_{iyy}) sono stati stimati sulla base della teoria elastica di Matlock-Reese:

- $M_{iix} = - H_{iyy} \times |A_s| \times T / |B_s|$, momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione x;

- $M_{iyy} = - H_{iix} \times |A_s| \times T / |B_s|$, momento di incastro alla testa del palo i-esimo per effetto del vincolo di rotazione impedita nella direzione y;

$$- T = \sqrt[4]{\frac{EJ}{E_{si}}};$$

$$- E_{si} = K_h \times (h_{rinterro} + h_{plinti} + 1.5\phi_{palo})$$

- A_s, B_s = coefficienti di Matlock-Reese calcolati per $z / T = 0$ (intradosso fondazione).

K_h è stato calcolato come E_{MR}/\varnothing ove:

- Per i **terreni incoerenti**:

$$E_{MR} = E_{MR,0} + k_h \cdot z$$

dove:

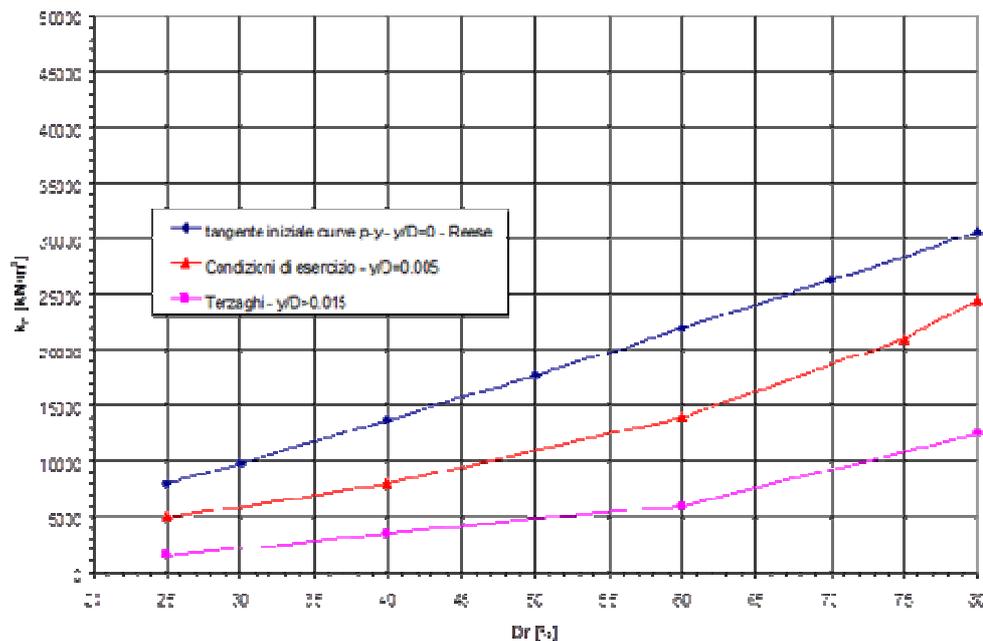
$E_{MR,0}$ = valore del modulo di reazione a testa palo;

k_h = gradiente del modulo di reazione del terreno funzione principalmente della D_r ;

z = profondità a partire dalla sommità del palo.

Per il calcolo di k_h nei terreni incoerenti sotto falda, si fa riferimento alle condizioni di esercizio riportate nel grafico sottostante.

Andamento del gradiente del modulo di reazione orizzontale - Terreni incoerenti sotto falda



Invece per la definizione di k_h nei terreni incoerenti sopra falda si fa riferimento alla seguente tabella

Recommended k	Relative Density		
	Loose	Medium	Dense
MN/m ³	6.8	24.4	61.0
(pci)	(25.0)	(90.0)	(225.0)

- Per i **terreni coesivi**

$$E_{MR} = \xi \cdot c_u, \text{ con } \xi = 300 \div 450.$$

I valori di N, T ed M esterni considerati sono quelli ottenuti dal modello allo spiccato delle fondazioni e riportati a intradosso fondazioni applicando la ripartizione dei momenti.

In tutte le tabelle di seguito riportate le unità di misura sono i kN per sforzi normali e tagli e i kNm per i momenti.

Gli sforzi normali negativi si intendono di compressione mentre i momenti positivi seguono la regola della mano destra.

Le tensioni positive sono di trazione e quelle negative di compressione.

In base alle convenzioni sui segni su indicate, per ogni palo sono riportati i massimi e i minimi sforzi assiali e la condizione di carico N–M più gravosa in termini di massima tensione nel calcestruzzo e di minima tensione nelle armature. Per le tensioni tangenziali è stato considerato il taglio massimo T agente in sommità del palo (anche non contemporaneo ad N-M).

Si riportano altresì i momenti di Matlock-Reese.

Di sotto si riportano le verifiche per combinazioni più gravose per pali di fondazione.

12.1 Verifiche SLU e SLV

12.1.1 Verifiche a pressoflessione

Per le verifiche a pressoflessione sono state utilizzate le combinazioni SLU e quelle sismiche con fattore di struttura q pari a 1.36.

∅ palo	1500	mm
Area palo	1767146	mm ²
As, min_NTC18	5301	mm ²
As, max_NTC18	70686	mm ²

∅	30	mm
n	20	
strati	2	
As	28274	mm ²
Verifica	ok	

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	57 di 84

	Mx	My	N	c.s.	c.s. (N=cost)
GR02_W_G	-3183590.89639409	-1806791.83538528	72851.7145721546	8.136999	15.017017
GR02_W_N	-619342.657629759	-2493871.16096708	-275443.244358099	10.894988	25.46433
GR01_T_Nr	-2081093.85878136	-1111210.39010191	-276122.57785742	11.013888	27.648996
GR01_T_Nr	4.7933594113	-182440.133796832	-381142.123651551	8.109913	379.120553
D+G1+G2_r	0	0	-241976.65766592	12.774081	12.774081
GR02_W_G	-3183586.83422251	-1806787.77321629	87276.3724073141	7.372746	14.900587
GR00_S1.3	-9194252.36537543	-21043339.3380508	209568.788499446	1.800358	2.164369
GR00_S1.3	-9194252.36537543	-21043339.3380508	209568.788499446	1.800358	2.164369
GR01_S1.3	-9194248.30320644	-21043335.2758818	208460.659224734	1.8034	2.166543
GR00_S1.3	8510451.21017068	-21043339.3380508	209568.788499446	1.817107	2.194059
GR01_S1.3	-9194248.30320644	20861654.7676866	208461.436107764	1.812128	2.181952
GR00_S1.3	-9194252.36537543	-21043339.3380508	209568.788499446	1.800358	2.164369

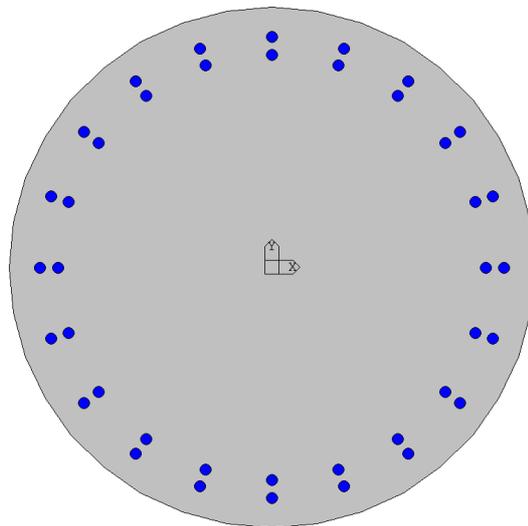


Figura 12-1 Disposizione armatura longitudinale palo di fondazione

12.1.2 Verifica a taglio

Per le verifiche a taglio sono state utilizzate le combinazioni SLU e quelle sismiche con fattore di struttura q pari a 1.

Taglio V - SLU

**VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC18
SENZA ARMATURE A TAGLIO**

$V_{Ed} = T_{SLU}$	115	kN
	115479	N

R_{ck}	30	MPa
f_{ck}	25	MPa
f_{ctm}	3	MPa

\varnothing palo	1500	mm
Area palo	1767146	mm ²
Lato quadrato eq.	1329	mm

c netto	60	mm
\varnothing staffa	14	mm
\varnothing arm tesa	30	mm
d	1171	mm
k	1.41	
b_w	1329	mm
A_{sl}	14137	mm ²
ρ_l	0.009	

N_{Ed}	-737	kN
	-737482	N
A_c	1767146	mm ²
σ_{cp}	-0.42	MPa
f_{cd}	14.11	MPa
γ_c	1.50	
$C_{Rd,c}$	0.12	
v_{min}	0.29	

$V_{Rd,c}$	649052	N
$V_{Rd,c min}$	359283	N

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	59 di 84

$V_{Rd,c}$ effettivo	649052	N
----------------------	--------	---

Verifica	OK
coefficiente	5.62

Taglio V - SLV

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC18
SENZA ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	957	kN
	957045	N

R_{ck}	30	MPa
f_{ck}	25	MPa
f_{ctm}	3	MPa

\emptyset palo	1500	mm
Area palo	1767146	mm ²
Lato quadrato eq.	1329	mm

c netto	60	mm
\emptyset staffa	14	mm
\emptyset arm tesa	30	mm
d	1171	mm
k	1.41	
b_w	1329	mm
A_{sl}	14137	mm ²
ρ_l	0.009	

N_{Ed}	-3672	kN
	-3672456	N
A_c	1767146	mm ²
σ_{cp}	-2.08	MPa
f_{cd}	14.11	MPa
γ_c	1.50	
$C_{Rd,c}$	0.12	
v_{min}	0.29	

VERIFICA A TAGLIO SECONDO EC2
CON ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	957	kN
	957045	N

\emptyset staffa	14	mm
n bracci	3	-
A_{sw}	462	mm ²
s	100	mm

f_{ywd}	239.1	MPa
-----------	-------	-----

cot θ	1.00
--------------	------

α_c	1.00
------------	------

$z = 0.9d$	1054	mm
------------	------	----

v	0.54
---	------

$V_{Rd,s}$	1163669	N
------------	---------	---

$V_{Rd,s \max}$	5338845	N
-----------------	---------	---

$V_{Rd,c}$ effettivo	1163669	N
----------------------	---------	---

Verifica	OK
coefficiente	1.22

12.2.2 Stato limite di esercizio

Verifica tensioni di esercizio

(non elastico)

	σ max [N/mm ²]	σ [kg/cm ²]	σ [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	14.94	11.48	1.15	Verifica soddisfatta
		11.48	1.15	Verifica soddisfatta
		11.29	1.13	Verifica soddisfatta
		11.29	1.13	Verifica soddisfatta
		11.29	1.13	Verifica soddisfatta
		11.48	1.15	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm	11.205	11.07	1.11	Verifica soddisfatta
		11.07	1.11	Verifica soddisfatta
		11.07	1.11	Verifica soddisfatta
		11.07	1.11	Verifica soddisfatta
		11.07	1.11	Verifica soddisfatta
		11.07	1.11	Verifica soddisfatta

	σ max [N/mm ²]	σ [kg/cm ²]	σ [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	360	146.78	14.68	Verifica soddisfatta
		146.78	14.68	Verifica soddisfatta
		146.78	14.68	Verifica soddisfatta
		166.03	16.60	Verifica soddisfatta
		166.03	16.60	Verifica soddisfatta
		96.29	9.63	Verifica soddisfatta

12.3 Verifiche a scalzamento

Tali verifiche vengono effettuate considerando l'azione dell'acqua sulla struttura con una velocità pari a 4.5m/s e un Tr pari a 200 anni e a 1 anno.

12.3.1 Verifiche a pressoflessione

Per le verifiche a pressoflessione sono state utilizzate le combinazioni SLU e quelle sismiche con fattore di struttura q pari a 1.36.

∅ palo	1500	mm
Area palo	1767146	mm ²

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	62 di 84

As, min_NTC18	5301	mm ²
As, max_NTC18	70686	mm ²

∅	30	mm
n	20	
strati	2	
As	28274	mm ²
Verifica	ok	

	Mx	My	N	c.s.	c.s. (N=cost)
GR01_Sc_C	-1709494.7636739	-2442322.23645065	-310580.373838387	9.626784	22.436524
W_Sc_Gma	-81661.7832587661	-3205161.01374494	-322580.268566528	9.212382	20.947969
W_Sc_Gmir	-81661.7832587661	-3205161.01374494	-226368.466985012	12.126905	20.052202
W_Sc_Gma	-81661.7832587661	-3205161.01374494	-322580.268566528	9.212382	20.947969
SLU_SCALZ	-1709490.7015049	-2442305.98777468	-296077.37647876	10.016652	22.291725
SLU_SCALZ	-1709490.7015049	-2442305.98777468	-199865.574897245	13.545858	21.330317

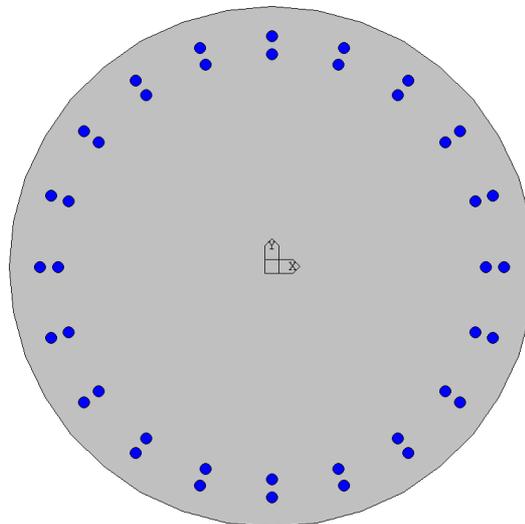


Figura 12-2 Disposizione armatura longitudinale palo di fondazione

12.3.2 Verifica a taglio

Per le verifiche a taglio sono state utilizzate le combinazioni SLU e quelle sismiche con fattore di struttura q pari a 1.

Taglio V - Scalzamento

**VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC18
SENZA ARMATURE A TAGLIO**

$V_{Ed} = T_{SLU}$	242	kN
	241591	N

R_{ck}	30	MPa
f_{ck}	25	MPa
f_{ctm}	3	MPa

\varnothing palo	1500	mm
Area palo	1767146	mm ²
Lato quadrato eq.	1329	mm

c netto	60	mm
\varnothing staffa	14	mm
\varnothing arm tesa	30	mm
d	1171	mm
k	1.41	
b_w	1329	mm
A_{sl}	14137	mm ²
ρ_l	0.009	

N_{Ed}	2897	kN
	2897057	N
A_c	1767146	mm ²
σ_{cp}	1.64	MPa
f_{cd}	14.11	MPa
γ_c	1.50	
$C_{Rd,c}$	0.12	
v_{min}	0.29	

$V_{Rd,c}$	1129215	N
$V_{Rd,c \min}$	839447	N

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	64 di 84

$V_{Rd,c}$ effettivo	1129215	N
----------------------	---------	---

Verifica	OK
coefficiente	4.67

13 VERIFICHE STRUTTURALI DEL PLINTO DI FONDAZIONE SU PALI

In riferimento alla geometria dei plinti, le verifiche strutturali sono state effettuate utilizzando sia un modello tirante – puntone incastrata in corrispondenza del fusto della pila e soggetta al carico trasferito dal palo di fondazione sia un modello a trave. In particolare la verifica è stata effettuata considerando per i pali d'angolo lo schema di trave e per i pali centrali il modello tirante puntone.

Nel primo caso si considera una trave di dimensioni 7.0m x 4.15m x 1.8m, mentre nel secondo caso si assume una mensola di 1.45m x 4.40m x 1.8m.

Il valore del carico trasferito dal palo N', è dato dal valore di sforzo assiale di ogni singolo palo, depurato dal peso del plinto di fondazione.

Per le verifiche sono state utilizzate sia le combinazioni SLU sia quelle allo SLV con fattore di struttura q pari a 1.36.

13.1 Armatura plinto inferiore

13.1.1 Verifiche mensola tozza palo interno

Si riportano di seguito gli esiti delle verifiche a tirante-puntone con le sollecitazioni SLU ed SLV.

13.1.1.1 Verifiche SLU

Si riportano di seguito gli esiti delle verifiche a tirante-puntone con le sollecitazioni SLU. Si riporta il calcolo della trazione nel tirante inferiore F_t e la tensione di compressione nel puntone, in corrispondenza del nodo 1. A partire dalla azione nel tirante superiore è stata definita la corrispondente area di acciaio minima "As estradosso_min".:

Dimensioni mensola		
hc	1.8	m
b	1.5	m
copriferro netto	0.04	m
ac	1.45	m
Φ_{orto}	26	mm
d	1.721	m

Azione		
Ned SLU_ripartizione	-4281.00	kN
Ved SLU	74.98	kN
gamma_p.p. plinto	1.35	-
Ned SLU_no p.p. plinto	-3430.50	kN

GR01_T_Nmax_Mlmax

Calcolo armatura		
z	1.38	m
v'	0.87	Mpa
σ_{1Rdmax}	15.81	Mpa
σ_{2Rdmax}	13.44	Mpa
a5	0.14	m
d'	0.08	m
s	0.00	m
e	0.00	m
a	1.52	m
a'	1.52	m
F_t	3872.36	kN
As estradosso	9896.03	mm ²
Verifica ferri estradosso	Si	

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	67 di 84

σ_1	1.941	Mpa
Verifica nodo 1	Si	

13.1.1.2 Verifiche SLV

Si riportano di seguito gli esiti delle verifiche a tirante-puntone con le sollecitazioni SLV. In particolare si riporta il calcolo della trazione nel tirante inferiore F_t e la tensione di compressione nel puntone, in corrispondenza del nodo 1. A partire dalla azione nel tirante superiore è stata definita la corrispondente area di acciaio minima "As estradosso_min.":

Dimensioni mensola		
hc	1.8	m
b	1.2	m
copriferro netto	0.04	m
ac	1.45	m
Φ_{orto}	26	mm
d	1.695	m

Azione			
Ned SLU_ripartizione	-5187.00	kN	GR01_S1.3_Ey_MI
Ved SLU	709.76	kN	
gamma_p.p. plinto	1.00	-	
Ned SLU_no p.p. plinto	-4557.00	kN	

Calcolo armatura		
z	1.356	m
v'	0.87	Mpa
σ_{1Rdmax}	15.81	Mpa
σ_{2Rdmax}	13.44	Mpa
a5	0.24	m
d'	0.105	m
s	0	m
e	0.02	m
a	1.57	m
a'	1.59	m
F_t	6041.16	kN
As estradosso	15438.53	mm ²
Verifica ferri estradosso	Si	

σ_1	4.029	Mpa
Verifica nodo 1	Si	

13.1.1.3 Verifiche SLE

Tali verifiche vengono effettuate considerando i casi di combinazione frequente, quasi permanente, rara.

- Stato limite di fessurazione

SLF

SL formazione fessure (elastico)

fck	33.2	N/mm ²
fctm	3.10	N/mm ²
fyk	450	N/mm ²

	σ_t max [N/mm ²]	σ_t [kg/cm ²]	σ_t [N/mm ²]	Verifica
Comb frequente	-2.58	-11.08	-1.11	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm		-9.98	-1.00	Verifica soddisfatta

- Stato limite di esercizio

SLE

Verifica tensioni di esercizio (non elastico)

	σ_c max [N/mm ²]	σ_c [kg/cm ²]	σ_c [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	19.92	32.22	3.22	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm	14.94	15.64	1.56	Verifica soddisfatta

	σ_s max [N/mm ²]	σ_s [kg/cm ²]	σ_s [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	360	-1623.74	-162.37	Verifica soddisfatta

13.1.2 Verifica comportamento a trave

13.1.2.1 Verifiche a pressoflessione

Per le verifiche a pressoflessione sono state utilizzate le combinazioni SLU e quelle sismiche con fattore di struttura q pari a 1.36.

Geometria plinto

B	7	m
L	16	m
H	1.8	m
L mensola	2.90	m
Peso plinto	5040	kN
Peso rinterro	2902	kN
n pali	8	-

Individuata la combinazione allo Stato Limite Ultimo e allo Stato Limite di Salvaguardia della vita che massimizzano lo sforzo normale è stato possibile determinare le sollecitazioni massime agenti sui pali esterni. Il valore del carico trasferito dal palo N', è dato dal valore di sforzo assiale di ogni singolo palo, depurato dal peso del plinto di fondazione.

Palo	N max pali mensola - SLU [kN]
1	-4594.00
2	-3689.00

N max	M max
kN	kNm
-6582.00	-19087.8

Palo	N max pali mensola - SLU [kN]
1	-7024.00
2	-3419.00

N max	M max
kN	kNm
-9183.00	-26630.7

Sezione di verifica

B	700	cm
H	180	cm
copriferro	4	cm

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	70 di 84

d	169	cm
As,min	21119	mm ²
As,min	15334	mm ²
As,min	21119	mm ²
As,max	504000	mm ²

Armatura inferiore

ϕ	30	mm
passo strato 1	10	-
ϕ	26	mm
passo strato 2	20	-
passo strato 3		-
n° strato 1	70.0	-
n° strato 2	35.0	-
n° strato 3		-
As inf	68062.6	mm ²

Verificato

Armatura superiore

ϕ	26	mm
passo	10	-
n	71	-
As sup	37165.0	mm ²

Verificato

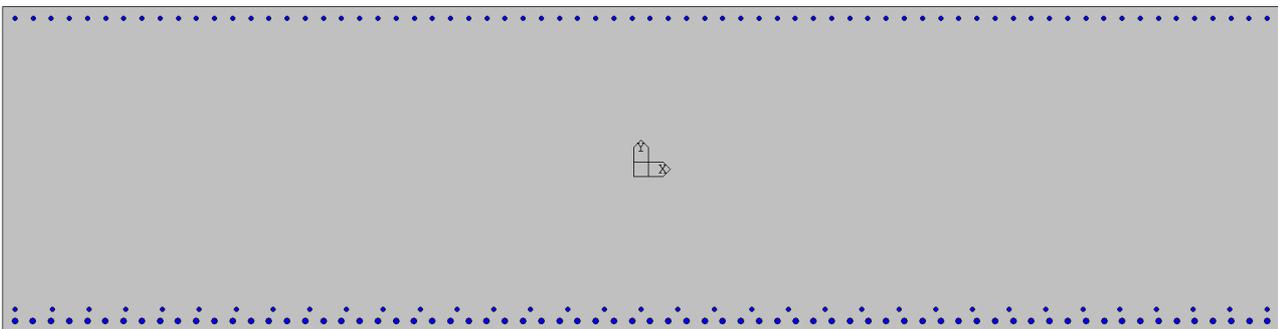


Figura 13-1 Disposizione armatura longitudinale plinto di fondazione

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	71 di 84

Mx: -190878000
My: 0
N: 0

Sovrapposti Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Sinmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.a = 1.50354638
Mx ultimo = -288394040.287
My ultimo = 0
N ultimo = 0
[Curva N = cost.]
c.a = 1.50354638
Mx ultimo = -288394040.71
My ultimo = 0
N ultimo = 0
Nmax = -3135462.739
Nmin = -22158966.739

4.75893E07;8.74944E08

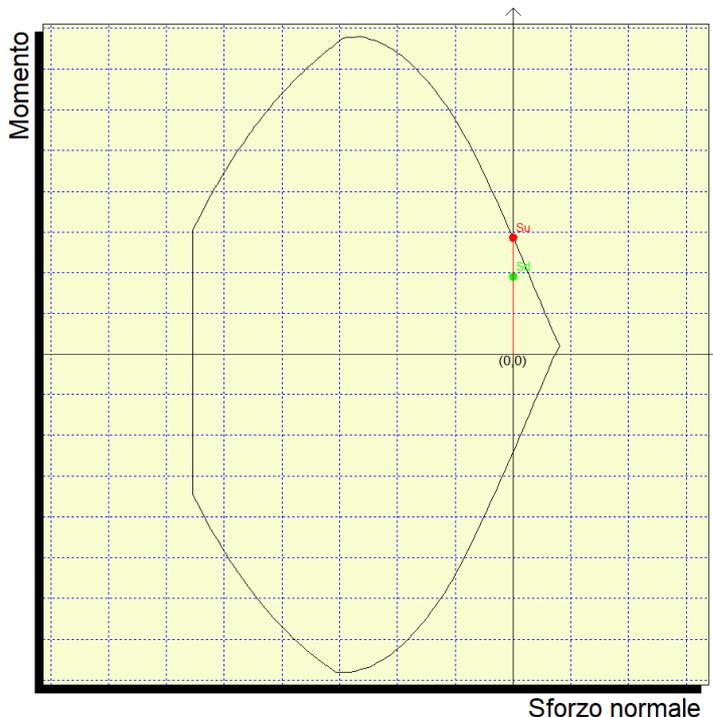


Figura 13-2 Verifica SLU

Mx: -266307000
My: 0
N: 0

Sovrapposti Curve
 Aggiungi alla relazione
 Curva M - N
 Curva Mx - My

Sinmetria sezione
Nessuna

[Curva Mx/My = cost.]
c.a = 1.0778117
Mx ultimo = -288394040.287
My ultimo = 0
N ultimo = 0
[Curva N = cost.]
c.a = 1.0778118
Mx ultimo = -288394040.71
My ultimo = 0
N ultimo = 0
Nmax = -3135462.739
Nmin = -22158966.739

4.02278E07;8.54575E08

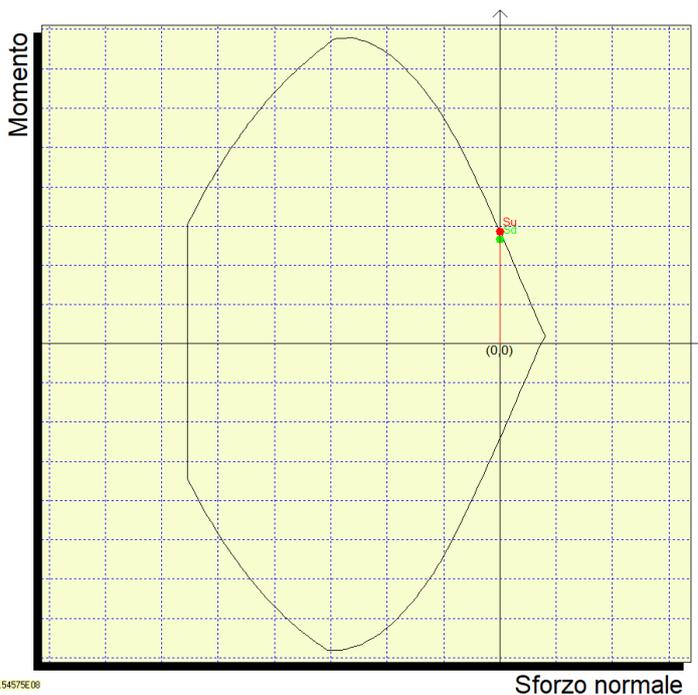


Figura 13-3 Verifica SLV

13.1.2.2 Verifica a taglio

Per le verifiche a taglio sono state utilizzate le combinazioni SLU e quelle sismiche con fattore di struttura q pari a 1.

SLU

VERIFICA A TAGLIO SECONDO NTC18

SENZA ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	6582.00	kN
	6582000.00	N

R_{ck}	40	MPa
f_{ck}	33.20	MPa
f_{ctm}	3.10	MPa

Area	12600000.00	mm ²
c netto	40	mm
\varnothing staffa	14	mm
\varnothing arm tesa	30.00	mm
d	1685.00	mm
k	1.34	
b_w	7000.00	mm
A_{sl}	68062.60	mm ²
ρ_l	0.006	

N_{Ed}	0	kN
	3000000	N
Ac	12600000	mm ²
σ_{cp}	0.24	MPa
f_{cd}	18.81	MPa
γ_c	1.50	
$C_{Rd,c}$	0.12	
v_{min}	0.31	

$V_{Rd,c}$	5513341.30	N
$V_{Rd,c min}$	4129646.52	N

VERIFICA A TAGLIO SECONDO

EC2

CON ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	6582.00	kN
	6582000.00	N

\varnothing staffa	14	mm
passo nella sez.	200.00	mm
A_{sw}	5388	mm ²
s	200.00	mm

f_{ywd}	450.00	MPa
-----------	--------	-----

cot θ	1.00
--------------	------

α_c	1.00
------------	------

$z = 0.9d$	1516.50	mm
------------	---------	----

v	0.52
-----	------

$V_{Rd,s}$	18383954.22	N
------------	-------------	---

$V_{Rd,s max}$	51957318.47	N
----------------	-------------	---

$V_{Rd,c}$ effettivo	18383954.22	N
----------------------	-------------	---

Verifica	OK
----------	----

coefficiente	2.79
--------------	------

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	73 di 84

$V_{Rd,c}$ effettivo	5513341.30	N
----------------------	------------	---

Verifica	NO
coefficiente	0.84

SLV

VERIFICA A TAGLIO SECONDO
NTC2008
SENZA ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	9183.00	kN
	9183000.00	N

R_{ck}	40	MPa
f_{ck}	33.20	MPa
f_{ctm}	3.10	MPa

Area	12600000.00	mm ²
c netto	40	mm
\varnothing staffa	16	mm
\varnothing arm tesa	30	mm
d	1685.00	mm
k	1.34	
b_w	7000.00	mm
A_{sl}	68062.60	mm ²
ρ_l	0.006	

N_{Ed}	0	kN
	0.00	N
Ac	12600000.00	mm ²
σ_{cp}	0.00	MPa
f_{cd}	18.81	MPa
γ_c	1.50	
$C_{Rd,c}$	0.12	
v_{min}	0.31	

$V_{Rd,c}$	5092091.30	N
$V_{Rd,c}$ min	3708396.52	N

VERIFICA A TAGLIO SECONDO
EC2
CON ARMATURE A TAGLIO

$V_{Ed} = T_{SLU}$	9183.00	kN
	9183000.00	N

\varnothing staffa	16	mm
passo nella sez.	200.00	mm
A_{sw}	5388	mm ²
s	200.00	mm

f_{ywd}	450.00	MPa
-----------	--------	-----

cot θ	1.00
--------------	------

α_c	1.00
------------	------

$z = 0.9d$	1516.50	mm
------------	---------	----

v	0.52
---	------

$V_{Rd,s}$	18383954.22	N
------------	-------------	---

$V_{Rd,s}$ max	51957318.47	N
----------------	-------------	---

$V_{Rd,c}$ effettivo	18383954.22	N
----------------------	-------------	---

Verifica	OK
coefficiente	2.00

$V_{Rd,c}$ effettivo	5092091.30	N
----------------------	------------	---

Verifica	NO
coefficiente	0.55

E' necessaria specifica armatura a taglio. Si dispongono staffe \varnothing 14/20.

13.1.2.3 Verifiche SLE

Tali verifiche vengono effettuate considerando i casi di combinazione frequente, quasi permanente, rara.

- Stato limite di fessurazione

fck	33.2	N/mm ²
fctm	3.10	N/mm ²
fyk	450	N/mm ²

	σ_t max [N/mm ²]	σ_t [kg/cm ²]	σ_t [N/mm ²]	Verifica
Comb frequente	-2.58	-24.38	-2.44	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm		-20.37	-2.04	Verifica soddisfatta

- Stato limite di esercizio

Verifica tensioni di esercizio

(non elastico)

	σ max [N/mm ²]	σ [kg/cm ²]	σ [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	19.92	69.71	6.97	Verifica soddisfatta
Comb quasi perm	14.94	28.7	2.87	Verifica soddisfatta

	σ max [N/mm ²]	σ [kg/cm ²]	σ [N/mm ²]	Verifica
Comb rara	360	-2395.81	-239.58	Verifica soddisfatta

13.2 Armatura plinto superiore

Si effettuano esclusivamente le verifiche allo SLU in quanto non si hanno pali in trazione allo Stato Limite Ultimo.

13.2.1 Verifiche mensola tozza palo esterno

Si riportano di seguito gli esiti delle verifiche a tirante-puntone con le sollecitazioni SLV. In particolare si riporta il calcolo della trazione nel tirante inferiore Ft e la tensione di compressione nel puntone, in corrispondenza del nodo 1. A partire dalla azione nel tirante superiore è stata definita la corrispondente area di acciaio minima "As estradosso_min.".:

IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 09 CL	IVX805001	A	76 di 84

Dimensioni mensola		
hc	1.8	m
b	1.5	m
copriferro netto	0.04	m
ac	1.45	m
Φ_{orto}	26	mm
d	1.721	m

Azione		
Ned SLU_ripartizione	734.00	
Ved SLU	115.46	kN
gamma_p.p. plinto	0.00	-
Ned SLU_no p.p. plinto	734.00	kN

GR02_W_Gmax_Mlmax

Calcolo armatura		
z	1.38	m
v'	0.87	Mpa
σ_{1Rdmax}	15.81	Mpa
σ_{2Rdmax}	13.44	Mpa
a5	0.03	m
d'	0.08	m
s	0.00	m
e	0.01	m
a	1.47	m
a'	1.48	m
Ft	903.36	kN
As estradosso	2308.59	mm ²
Verifica ferri estradosso	Si	

(6.60 EC2)

σ_1	0.415	Mpa
Verifica nodo 1	Si	

13.3 Armatura plinto

Per il calcolo dell'armatura inferiore e superiore sono state definite due diverse sezioni di verifica in funzione dell'analisi effettuata se su palo esterno o su palo interno.

Sezione di verifica Longitudinale

B	700	cm
H	180	cm
copriferro	4	cm
d	172	cm
As,min	21570	mm ²
As,min	15661	mm ²
As,min	21570	mm ²
As,max	504000	mm ²

Sezione di verifica Trasversale

B	1600	cm
H	180	cm
copriferro	4	cm
d	172	cm
As,min	49303	mm ²
As,min	35797	mm ²
As,min	49303	mm ²
As,max	1152000	mm ²

Armatura inferiore

ϕ	30	mm
passo strato 1	10	-
n° strato 1	70	-
ϕ	26	mm
passo strato 2	20	-
n° strato 2	35	-
ϕ		mm
passo strato 3		-
n° strato 3		-
As inf	68062.6	mm ²

Verificato

Armatura inferiore

ϕ	30	mm
passo strato 1	20	-
n° strato 1	80	-
ϕ	26	mm
passo strato 2	20	-
n° strato 2	80	-
ϕ		mm
passo strato 3		-
n° strato 3		-
As inf	99023.0	mm ²

Verificato

Armatura superiore

ϕ	30	mm
passo strato 1	20	-
n° strato 1	35	-
ϕ	26	mm
passo strato 2	20	-
n° strato 2	35	-
As sup	43322.6	mm ²

Verificato

Armatura superiore

ϕ	30	mm
passo strato 1	20	-
n° strato 1	80	-
ϕ	26	mm
passo strato 2	20	-
n° strato 2	80	-
As sup	99023.0	mm ²

Verificato

È stato necessario incrementare l'armatura superiore per poter rispettare le limitazioni presenti all'interno della NTC18.

14 ALLEGATO 1: RISULTATI DELL'ANALISI MODALE

TABLE: Modal Participating Mass Ratios

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.198031	10%	85%	0%	10%	85%	0%
MODAL	Mode	2	0.075944	85%	8%	0%	94%	92%	0%
MODAL	Mode	3	0.020906	1%	8%	0%	95%	100%	0%
MODAL	Mode	4	0.013091	5%	0%	0%	100%	100%	0%
MODAL	Mode	5	0.010611	0%	0%	100%	100%	100%	100%

Per il calcolo è stata considerata la rigidità non fessurata del fusto della pila.

15 ALLEGATO 2: OUTPUT SAP 2000

OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
D+G1+G2		-11416.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GR01_T_Nmax		-20153.0	0.0	72.0	-1028.5	1342.7	0.9
GR01_T_Nmax_Mlmax		-18661.8	512.3	300.6	25.4	12532.9	5555.4
GR01_T_Nmax_Mtmax		-18661.4	512.3	300.6	25.4	12532.9	5555.4
GR01_T_Nmin_Mlmax		-14400.3	512.3	300.6	25.4	12532.9	5555.4
GR01_T_Nmin_Mtmax		-14399.9	512.3	300.6	25.4	12532.9	5555.4
GR01_W_Nmax		-18859.8	152.5	641.0	-732.8	8641.4	1671.4
GR01_W_Gmax_Mlmax		-2163.0	573.3	528.2	40.3	12789.9	6221.2
GR01_W_Gmax_Mtmax		-2162.6	573.3	528.2	40.3	12789.9	6221.2
GR01_W_Gmin_Mlmax		-13578.9	573.3	528.2	40.3	12789.9	6221.2
GR01_W_Gmin_Mtmax		-13578.6	573.3	528.2	40.3	12789.9	6221.2
GR02_T_Nmax		-15078.5	0.0	72.0	-0.5	133.2	-0.1
GR02_T_Nmax_Mlmax		-430.3	722.7	244.3	23.6	-70.0	7817.2
GR02_T_Nmax_Mtmax		-1583.9	722.7	244.3	24.3	-1511.7	7815.9
GR02_T_Nmin_Mlmax		-11846.2	722.7	244.3	23.6	-70.0	7817.2
GR02_T_Nmin_Mtmax		-12999.9	722.7	244.3	24.3	-1511.7	7815.9
GR02_W_Gmax_Mlmax		-247.4	783.7	471.9	39.0	4256.5	8486.6
GR02_W_Gmax_Mtmax		-1112.6	783.7	471.9	39.5	3175.2	8485.7
GR02_W_Gmin_Mlmax		-11663.4	783.7	471.9	39.0	4256.5	8486.6
GR02W_Gmin_Mtmax		-12528.6	783.7	471.9	39.5	3175.2	8485.7
Wscarico_Gmax		-15411.5	571.6	521.9	0.0	6522.6	6544.6
Wscarico_Gmin		-11416.0	571.6	521.9	0.0	6522.6	6544.6
GR00_S1_Ex	Max	-11338.2	1734.6	3088.0	0.0	32283.2	15352.9
GR00_S1_Ex	Min	-11493.7	-1173.5	-3094.3	0.0	-33351.4	-9292.9
GR00_S1_Ey	Max	-11338.2	3022.0	7034.8	0.0	74630.8	28132.3
GR00_S1_Ey	Min	-11493.7	-2853.6	-6935.9	0.0	-74562.4	-26314.3
GR00_S1_Ez	Max	-11156.7	1097.7	2374.8	0.0	24822.0	10035.1
GR00_S1_Ez	Min	-11675.2	-929.3	-2275.9	0.0	-24753.6	-8217.1
GR00_S1.3_Ex	Max	-11338.2	1394.9	2316.7	0.0	24048.9	12314.3
GR00_S1.3_Ex	Min	-11493.7	-833.8	-2323.0	0.0	-25117.2	-6254.3
GR00_S1.3_Ey	Max	-11338.2	2263.4	5207.4	0.0	55073.9	21013.2
GR00_S1.3_Ey	Min	-11493.7	-2095.1	-5108.5	0.0	-55005.5	-19195.2
GR00_S1.3_Ez	Max	-11156.7	844.2	1775.1	0.0	18408.7	7690.9
GR00_S1.3_Ez	Min	-11675.2	-675.9	-1676.2	0.0	-18340.3	-5872.9
GR00_S1.5_Ex	Max	-11338.2	1307.2	2117.6	0.0	21922.5	11529.8
GR00_S1.5_Ex	Min	-11493.7	-746.1	-2123.9	0.0	-22990.7	-5469.8
GR00_S1.5_Ey	Max	-11338.2	2067.0	4734.2	0.0	50007.8	19169.1

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IVX805001	REV. A	FOGLIO 80 di 84
------------------	-------------	---------------------	------------------------	-----------	--------------------

OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
GR00_S1.5_Ey	Min	-11493.7	-1898.7	-4635.3	0.0	-49939.4	-17351.1
GR00_S1.5_Ez	Max	-11156.7	778.7	1619.9	0.0	16748.9	7084.4
GR00_S1.5_Ez	Min	-11675.2	-610.3	-1521.0	0.0	-16680.5	-5266.4
GR01_S1_Ex_N	Max	-12001.2	1734.6	3088.0	-152.4	32440.9	15353.1
GR01_S1_Ex_N	Min	-12156.8	-1173.5	-3094.3	-152.4	-33193.6	-9292.8
GR01_S1_Ey_N	Max	-12001.2	3022.0	7034.8	-152.4	74788.5	28132.5
GR01_S1_Ey_N	Min	-12156.8	-2853.6	-6935.9	-152.4	-74404.6	-26314.2
GR01_S1_Ez_N	Max	-11819.8	1097.7	2374.8	-152.4	24979.8	10035.2
GR01_S1_Ez_N	Min	-12338.2	-929.3	-2275.9	-152.4	-24595.8	-8216.9
GR01_S1.3_Ey_N	Max	-12001.2	2263.4	5207.4	-152.4	55231.6	21013.3
GR01_S1.3_Ey_N	Min	-12156.8	-2095.1	-5108.5	-152.4	-54847.7	-19195.0
GR01_S1.3_Ez_N	Max	-11819.8	844.2	1775.1	-152.4	18566.4	7691.1
GR01_S1.3_Ez_N	Min	-12338.2	-675.9	-1676.2	-152.4	-18182.5	-5872.8
GR01_S1.5_Ex_N	Max	-12001.2	1307.2	2117.6	-152.4	22080.3	11529.9
GR01_S1.5_Ex_N	Min	-12156.8	-746.1	-2123.9	-152.4	-22833.0	-5469.6
GR01_S1.5_Ey_N	Max	-12001.2	2067.0	4734.2	-152.4	50165.5	19169.3
GR01_S1.5_Ey_N	Min	-12156.8	-1898.7	-4635.3	-152.4	-49781.6	-17351.0
GR01_S1.5_Ez_N	Max	-11819.8	778.7	1619.9	-152.4	16906.6	7084.5
GR01_S1.5_Ez_N	Min	-12338.2	-610.3	-1521.1	-152.4	-16522.7	-5266.2
GR01_S1_Ex_M	Max	-11780.3	1734.6	3088.0	0.3	33606.7	15354.1
GR01_S1_Ex_M	Min	-11935.8	-1173.5	-3094.3	0.3	-32027.9	-9291.8
GR01_S1_Ey_M	Max	-11780.3	3022.0	7034.7	0.3	75954.3	28133.5
GR01_S1_Ey_M	Min	-11935.8	-2853.6	-6935.9	0.3	-73238.8	-26313.2
GR01_S1_Ez_M	Max	-11598.8	1097.7	2374.8	0.3	26145.6	10036.2
GR01_S1_Ez_M	Min	-12117.2	-929.3	-2275.9	0.3	-23430.1	-8215.9
GR01_S1.3_Ex_M	Max	-11780.3	1394.9	2316.7	0.3	25372.5	12315.4
GR01_S1.3_Ex_M	Min	-11935.8	-833.8	-2323.0	0.3	-23793.6	-6253.1
GR01_S1.3_Ez_M	Max	-11598.8	844.2	1775.1	0.3	19732.2	7692.1
GR01_S1.3_Ez_M	Min	-12117.2	-675.9	-1676.2	0.3	-17016.7	-5871.8
GR01_S1.5_Ex_M	Max	-11780.3	1307.2	2117.5	0.3	23246.0	11531.0
GR01_S1.5_Ex_M	Min	-11935.8	-746.1	-2123.9	0.3	-21667.2	-5468.6
GR01_S1.5_Ey_M	Max	-11780.3	2067.0	4734.2	0.3	51331.3	19170.3
GR01_S1.5_Ey_M	Min	-11935.8	-1898.7	-4635.3	0.3	-48615.8	-17349.9
GR01_S1.5_Ez_M	Max	-11598.8	778.7	1619.9	0.3	18072.4	7085.5
GR01_S1.5_Ez_M	Min	-12117.2	-610.3	-1521.1	0.3	-15356.9	-5265.2
GR01_S1.3_Ey_M	Max	-11780.3	2263.4	5207.4	0.3	56397.4	21014.4
GR01_S1.3_Ey_M	Min	-11935.8	-2095.1	-5108.5	0.3	-53681.9	-19194.0
GR01_T_Nmax_Mmax		-20153.0	512.3	300.6	-1005.2	4663.9	5548.4

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
 Relazione di calcolo pile**

COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IVX805001	REV. A	FOGLIO 81 di 84
------------------	-------------	---------------------	------------------------	-----------	--------------------

OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
GR01_T_Nmin_Mmax		-15891.5	512.3	300.6	-1005.2	4663.9	5548.4
GR01_W_Gmax_Mmax		-18859.8	573.3	528.2	-732.8	7423.6	6216.4
GR01_W_Gmin_Mmax		-14598.2	573.3	528.2	-732.8	7423.6	6216.4
GR02_T_Nmax_Mmax		-15078.5	722.7	244.3	22.7	2845.4	7819.8
GR02_T_Nmin_Mmax		-10816.9	722.7	244.3	22.7	2845.4	7819.8
GR02_W_Nmax		-15252.0	152.5	641.0	38.4	7734.3	1670.6
GR02_W_Gmax_Mmax		-15252.0	783.7	471.9	38.4	5907.5	8488.1
GR02_W_Gmin_Mmax		-10990.5	783.7	471.9	38.4	5907.5	8488.1
GR01_S1.3_Ex_N	Max	-12001.2	1394.9	2316.7	-152.4	24206.7	12314.4
GR01_S1.3_Ex_N	Min	-12156.8	-833.8	-2323.0	-152.4	-24959.4	-6254.1
GR01_S1_Ex_MI	Max	-11780.3	1734.6	3088.0	0.3	33606.7	15354.1
GR01_S1_Ex_MI	Min	-11935.8	-1173.5	-3094.3	0.3	-32027.9	-9291.8
GR01_S1_Ey_MI	Max	-11780.3	3022.0	7034.7	0.3	75954.3	28133.5
GR01_S1_Ey_MI	Min	-11935.8	-2853.6	-6935.9	0.3	-73238.8	-26313.2
GR01_S1_Ez_MI	Max	-11598.9	1097.7	2374.8	0.3	26145.6	10036.2
GR01_S1_Ez_MI	Min	-12117.3	-929.3	-2275.9	0.3	-23430.1	-8215.9
GR01_S1.3_Ex_MI	Max	-11780.3	1394.9	2316.7	0.3	25372.5	12315.4
GR01_S1.3_Ex_MI	Min	-11935.8	-833.8	-2323.0	0.3	-23793.6	-6253.1
GR01_S1.3_Ey_MI	Max	-11780.3	2263.4	5207.4	0.3	56397.4	21014.4
GR01_S1.3_Ey_MI	Min	-11935.8	-2095.1	-5108.5	0.3	-53681.9	-19194.0
GR01_S1.3_Ez_MI	Max	-11598.9	844.2	1775.1	0.3	19732.2	7692.1
GR01_S1.3_Ez_MI	Min	-12117.3	-675.9	-1676.2	0.3	-17016.7	-5871.8
GR01_S1.5_Ex_MI	Max	-11780.3	1307.2	2117.5	0.3	23246.0	11531.0
GR01_S1.5_Ex_MI	Min	-11935.8	-746.1	-2123.9	0.3	-21667.2	-5468.6
GR01_S1.5_Ey_MI	Max	-11780.3	2067.0	4734.2	0.3	51331.3	19170.3
GR01_S1.5_Ey_MI	Min	-11935.8	-1898.7	-4635.3	0.3	-48615.8	-17349.9
GR01_S1.5_Ez_MI	Max	-11598.9	778.7	1619.9	0.3	18072.4	7085.5
GR01_S1.5_Ez_MI	Min	-12117.3	-610.3	-1521.1	0.3	-15356.9	-5265.2
SLU_SCALZ_Tr_200_Gmax		-17840.1	420.8	196.8	1.6	6121.6	4550.5
SLU_SCALZ_Tr_200_Gmin		-13578.6	420.8	196.8	1.6	6121.6	4550.5
GR01_Sc_Gmin_MI_TR200		-17840.5	420.8	196.8	1.6	6121.6	4550.5
GR01_Sc_Gmax_MI_TR200		-13578.9	420.8	196.8	1.6	6121.6	4550.5
W_Sc_Gmax_TR200		-15677.5	20.1	384.6	0.0	2169.4	266.6
W_Sc_Gmin_TR200		-11416.0	20.1	384.6	0.0	2169.4	266.6
GR01_Sc_Gmin_N_TR200		-17467.7	420.8	196.8	-411.4	382.6	4545.4
GR01_Sc_Gmax_N_TR200		-13206.2	420.8	196.8	-411.4	382.6	4545.4
GR01_Sc_Gmin_MI_TR1		-17840.5	420.8	160.8	1.6	5952.8	4550.5
GR01_Sc_Gmax_MI_TR1		-13578.9	420.8	160.8	1.6	5952.8	4550.5

**IVX8 – Ponte stradale su Torrente Arroscia
Relazione di calcolo pile**

COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO IVX805001	REV. A	FOGLIO 82 di 84
------------------	-------------	---------------------	------------------------	-----------	--------------------

OutputCase	StepType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
SLU_SCALZ_Tr_1_Gmax		-17840.1	420.8	160.8	1.6	5952.8	4550.5
SLU_SCALZ_Tr_1_Gmin		-13578.6	420.8	160.8	1.6	5952.8	4550.5
W_Sc_Gmax_TR1		-15677.5	20.1	348.6	0.0	2000.6	266.6
W_Sc_Gmin_TR1		-11416.0	20.1	348.6	0.0	2000.6	266.6
GR01_Sc_Gmin_N_TR1		-17467.7	420.8	160.8	-411.4	213.8	4545.4
GR01_Sc_Gmax_N_TR1		-13206.2	420.8	160.8	-411.4	213.8	4545.4
GR00_SLER_S_0_01		-11416.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GR00_SLER_S_V_02		-11416.0	100.5	375.1	0.0	4975.1	1333.1
GR01_SLER_C_V_01		-26791.4	203.3	758.7	-518.7	15244.9	2232.2
GR01_SLER_C_V_04		-13017.9	101.6	379.3	27.0	9610.0	1117.9
GR01_SLER_C_T_01		-14731.2	61.0	227.6	-746.3	3814.8	669.0
GR01_SLER_C_T_02		-13626.6	61.0	227.6	17.1	9643.8	674.2
GR01_SLER_C_T_04		-13626.3	61.0	227.6	17.1	9643.8	674.2
GR00_SLEF_S_0_01		-11416.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GR00_SLEF_S_V_02		-11416.0	20.1	75.0	0.0	995.0	266.6
GR01_SLEF_C_T_01		-13773.2	0.0	0.0	-571.5	591.6	0.5
GR01_SLEF_C_T_02		-13018.1	0.0	0.0	1.2	4566.7	4.1
GR01_SLEF_C_T_04		-13017.9	0.0	0.0	1.2	4566.7	4.1
GR00_SLEQP_01		-11416.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0