

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO

TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE

SOVRAPPASSO PEDONALE STAZIONE VIGNA DI VALLE

IV04 – RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA - Vigna di Valle

PILE – Relazione di calcolo

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

NR1J 01 D 29 CL IV0405 301 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G. Usai 	11.2019	G. Passaro 	11.2019	T. Paoletti 	11.2019	F. Arduini 11.2019 ITALFERR S.p.A. Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Dott. Ing. Fabrizio Arduini Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma n. 19362/1994

File: NR1J01D29CLIV0405301A.DOC

n. Elab.: 140.20

INDICE

1	PREMESSA	8
1.1	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA	9
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	17
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	18
4	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA	19
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	20
5.1	CALCESTRUZZO PER FUSTO PILA E PULVINO.....	20
5.2	CALCESTRUZZO PER PLINTO DI FONDAZIONE	21
5.3	CALCESTRUZZO PER PALI DI FONDAZIONE	22
5.4	ACCIAIO PER BARRE DI ARMATURA.....	23
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	24
7	CRITERI PROGETTUALI	25
7.1	VITA NOMINALE.....	25
7.2	CLASSE D'USO	25
7.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	25
8	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO	26
8.1	PESI PROPRI STRUTTURALI (G1).....	26
8.2	SOVRACCARICHI PERMANENTI PORTATI (G2).....	27
8.3	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI (Q1)	28
8.4	AZIONE DEL VENTO SULL'IMPALCATO (Q5).....	28

8.5	AZIONE DEL VENTO SULLA PILA (Q5)	28
8.6	VARIAZIONE TERMICA NON UNIFORME (ϵ_3_{DT})	29
8.7	AZIONE SISMICA (Q6).....	29
8.8	RESISTENZA PARASSITA DEI VINCOLI (Q7)	32
8.9	DERAGLIAMENTO (URTO).....	33
8.10	URTO DA TRAFFICO VEICOLARE	33
9	MODELLO DI CALCOLO E.F. DELLE PILE	34
9.1	ANALISI MODALE PILA 1	35
9.1.1	<i>Masse simiche</i>	35
9.1.2	<i>Combinazione delle masse</i>	35
9.1.3	<i>Forme modali principali</i>	35
9.1.4	<i>Fattori di partecipazione modale delle masse</i>	35
9.2	ANALISI MODALE PILA 4C	36
9.2.1	<i>Masse simiche</i>	36
9.2.2	<i>Combinazione delle masse</i>	36
9.2.3	<i>Forme modali principali</i>	36
9.2.4	<i>Fattori di partecipazione modale delle masse</i>	36
10	COMBINAZIONI DI CARICO	37
11	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI - PILA 1	40
11.1	SOLLECITAZIONI TRASVERSO DI SOMMITÀ	40
11.2	SOLLECITAZIONI ELEMENTI INCLINATI	41

11.3	SOLLECITAZIONI FUSTO VERTICALE.....	42
11.4	SOLLECITAZIONI COMBinate ALL'INTRADOSSO DEL PLINTO	43
12	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI - PILA 4C	45
12.1	SOLLECITAZIONI TRASVERSO DI SOMMITÀ	45
12.2	SOLLECITAZIONI ELEMENTI INCLINATI	46
12.3	SOLLECITAZIONI FUSTO VERTICALE.....	47
12.4	SOLLECITAZIONI COMBinate ALL'INTRADOSSO DEL PLINTO	48
13	VERIFICHE STRUTTURALI PILA 1	50
13.1	TRASVERSO DI SOMMITÀ.....	50
	13.1.1 Geometria della sezione di verifica e armatura	50
	13.1.2 Verifiche SLU a flessione.....	50
	13.1.3 Verifiche SLU a taglio	51
	13.1.4 Verifica SLE delle tensioni	54
	13.1.5 Verifiche SLE a fessurazione.....	55
13.2	ELEMENTI INCLINATI	56
	13.2.1 Geometria della sezione di verifica e armatura	56
	13.2.2 Verifica dell'armatura minima	56
	13.2.3 Verifiche SLU a flessione.....	58
	13.2.4 Verifiche SLU a taglio	58
	13.2.5 Verifica SLE delle tensioni	62
	13.2.6 Verifiche SLE a fessurazione.....	63

13.3	FUSTO PILA	66
13.3.1	<i>Geometria della sezione di verifica e armatura</i>	66
13.3.2	<i>Verifica dell'armatura minima</i>	66
13.3.3	<i>Verifiche SLU a flessione</i>	68
13.3.4	<i>Verifiche SLU a taglio</i>	69
13.3.5	<i>Verifica SLE delle tensioni</i>	72
13.3.6	<i>Verifiche SLE a fessurazione</i>	73
13.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE – PILA 1	74
13.4.1	<i>Sollecitazioni alla testa dei pali</i>	74
13.4.2	<i>Geometria della sezione di verifica e armatura</i>	78
13.4.3	<i>Verifica SLU a presso-flessione</i>	79
13.4.4	<i>Verifica SLU a taglio</i>	80
13.4.5	<i>Verifica SLE delle tensioni</i>	81
13.4.6	<i>Verifica SLE a fessurazione</i>	82
14	VERIFICHE STRUTTURALI DEL FUSTO PILA 4C	83
14.1	TRASVERSO DI SOMMITÀ	83
14.1.1	<i>Geometria della sezione di verifica e armatura</i>	83
14.1.2	<i>Verifiche SLU a flessione</i>	83
14.1.3	<i>Verifiche SLU a taglio</i>	84
14.1.4	<i>Verifica SLE delle tensioni</i>	87
14.1.5	<i>Verifiche SLE a fessurazione</i>	88

14.2	ELEMENTI INCLINATI	89
14.2.1	<i>Geometria della sezione di verifica e armatura</i>	89
14.2.2	<i>Verifica dell'armatura minima</i>	89
14.2.3	<i>Verifiche SLU a flessione</i>	91
14.2.4	<i>Verifiche SLU a taglio</i>	91
14.2.5	<i>Verifica SLE delle tensioni</i>	95
14.2.6	<i>Verifiche SLE a fessurazione</i>	96
14.3	FUSTO PILA	99
14.3.1	<i>Geometria della sezione di verifica e armatura</i>	99
14.3.2	<i>Verifica dell'armatura minima</i>	99
14.3.3	<i>Verifiche SLU a flessione</i>	101
14.3.4	<i>Verifiche SLU a taglio</i>	102
14.3.5	<i>Verifica SLE delle tensioni</i>	105
14.3.6	<i>Verifiche SLE a fessurazione</i>	106
14.4	VERIFICHE STRUTTURALI DEI PALI DI FONDAZIONE – PILA 4C	107
14.4.1	<i>Sollecitazioni alla testa dei pali</i>	107
14.4.2	<i>Geometria della sezione di verifica e armatura</i>	111
14.4.3	<i>Verifica SLU a presso-flessione</i>	112
14.4.4	<i>Verifica SLU a taglio</i>	113
14.4.5	<i>Verifica SLE delle tensioni</i>	114
14.4.6	<i>Verifica SLE a fessurazione</i>	115

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	7 di 126

15	VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI	116
15.1	PALI DELLA PILA 1	116
15.2	PALI DELLA PILA 4C	121
16	INCIDENZA ARMATURA	126
16.1	PILA 1	126
16.2	PILA 2A	126
16.3	PILA 2B, 2C, 3A, 3B	126
16.4	PILA 4A, 4B	126
16.5	PILA 4C	126
16.6	PILA 5	126

1 PREMESSA

Il progetto di raddoppio della tratta Cesano – Vigna di Valle, sulla linea ferroviaria Roma – Viterbo, costituisce la prima fase funzionale del più esteso intervento di raddoppio tra Cesano e Bracciano, previsto dal recente Accordo Quadro tra Regione Lazio e RFI del 22/02/2018.



Figura 1 – Stazione Vigna di Valle – Stralcio planimetrico

Relativamente alla nuova stazione di Vigna di Valle si prevede la realizzazione di una passerella pedonale di scavalco della linea ferroviaria, le cui sottostrutture sono oggetto della presente relazione strutturale.

1.1 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Si riportano a seguire delle immagini che illustrano lo scavalco della linea ferroviaria mediante la passerella pedonale.

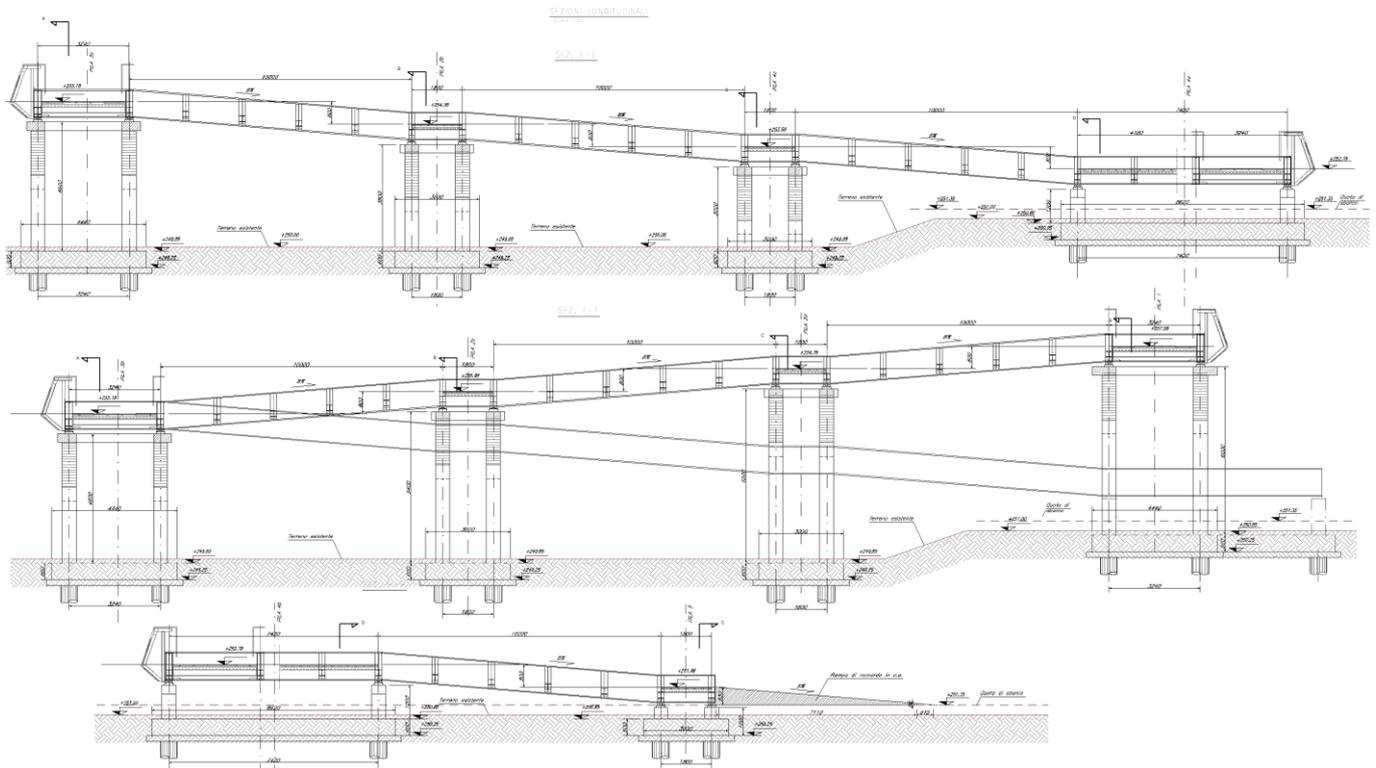


Figura 2 – Stazione Vigna di Valle – Sezione longitudinale rampa 2

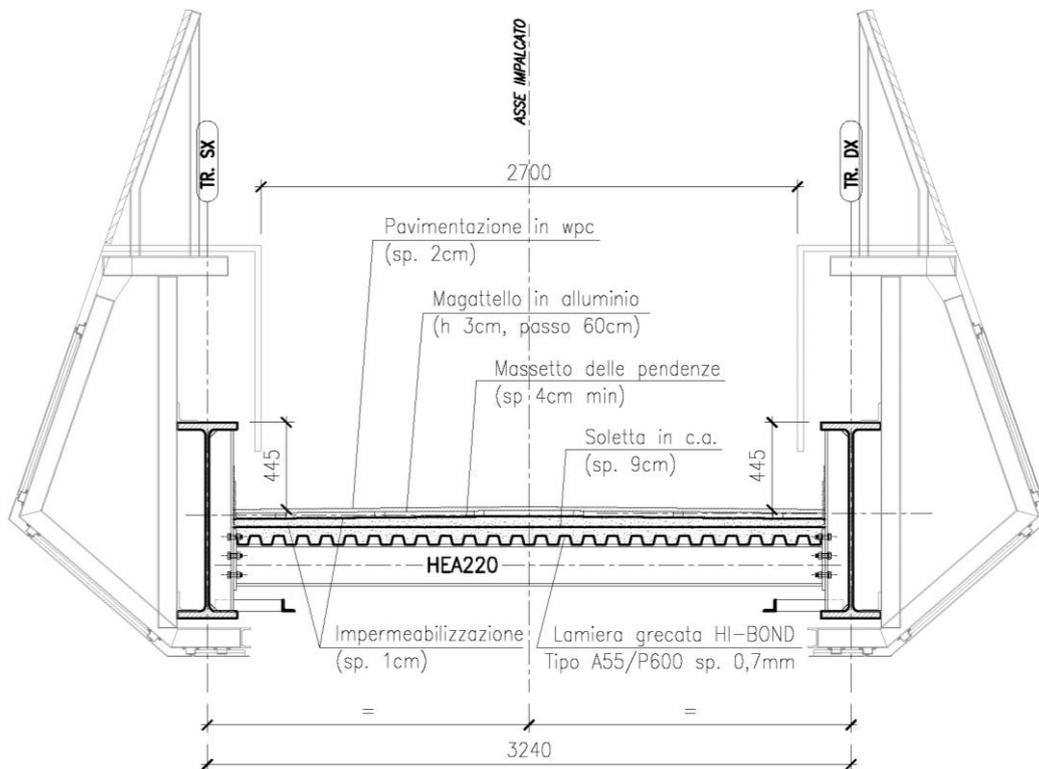


Figura 3 – Sezione trasversale dell'impalcato [mm]

L'impalcato tipologico di ogni rampa presenta schema statico di trave su due appoggi e sbalzi laterali asimmetrici, con luci di 1.32m+10.00m+0.50m ed è realizzato in carpenteria metallica con soletta gettata in opera su lamiera grecata. Sono presenti due travi principali costituite da profili commerciali (HEB1000) poste ad interasse di 3.24m.

Le sottostrutture, costituite da pile in c.a. aventi altezze diverse tra loro, si suddividono in 3 tipologie:

- Pila 1, pile 2a, 2b, 2c, pile 3a e 3b e pila 4c: sono caratterizzate da sezione rettangolare con una biforcazione del fusto in elevazione. A chiudere la struttura della pila è presente un cordolo nella parte sommitale per sostenere le travi metalliche dell'impalcato.
- Pile 4a e 4b: data l'altezza ridotta, esse sono caratterizzate da sezione rettangolare con cordolo nella parte sommitale per sostenere le travi metalliche dell'impalcato.
- Pila 5: data l'altezza ridotta di questa sottostruttura, essa è formata da pilastri in c.a., di dimensioni 50x60cm, posizionati al di sotto degli appoggi delle travi.

A seguire sono riportate le altezze dei fusti delle pile della passerella della rampa 2:

		P1	P2a	P2b	P2c	P3a/3b	P4a/4b	P4c	P5
h fusto	[m]	3.5	3.7	1.3	2.9	2.1	0.9	0.5	0.4
h biforcazione	[m]	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	0	2.2	0
sp fusto	[m]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
sp elem. inclinati	[m]	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0.5	0
B fusto	[m]	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.505	2.5	0.6
B max pila	[m]	3.505	3.505	3.505	3.505	3.505	3.505	3.505	0.6
h cordolo sommitale	[m]	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0
h tot pila	[m]	6.00	6.20	3.80	5.40	4.60	1.20	3.00	0.40

Le pile sono fondate su plinti rettangolari in c.a. e pali di diametro $\varnothing 600\text{mm}$, in numero di 4 (L=18m).

Oggetto della presente relazione saranno la pila P1 (fissa longitudinalmente) e la pila P4c, la più bassa tra quelle che presentano la geometria con biforcazione del fusto. Le altre pile si considerano automaticamente verificate.

Si riportano a seguire delle immagini che illustrano la geometria delle pile e delle relative sottostrutture.

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	12 di 126

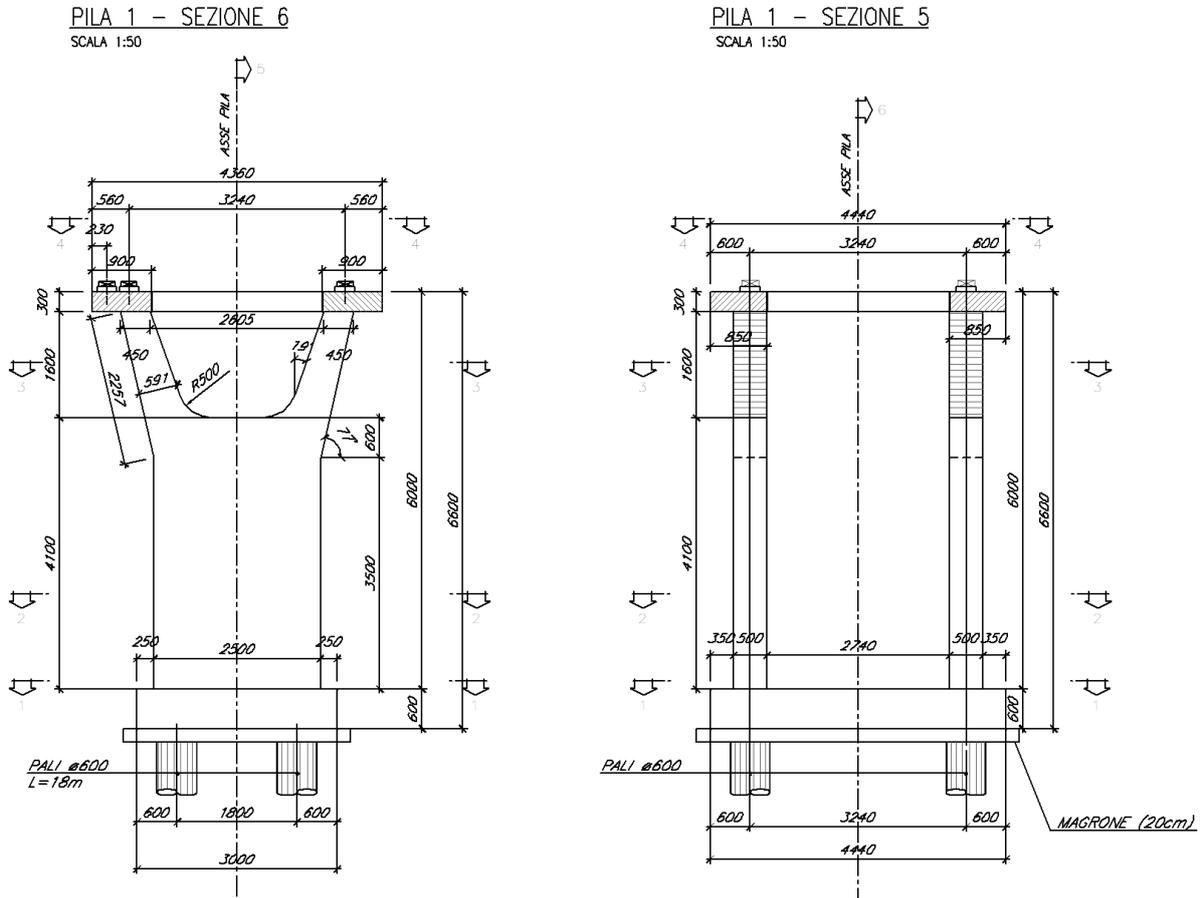


Figura 4 – Elevazione pila 1 - Geometria [mm]

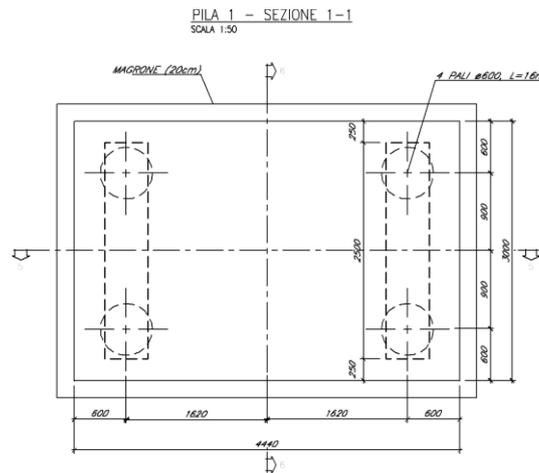
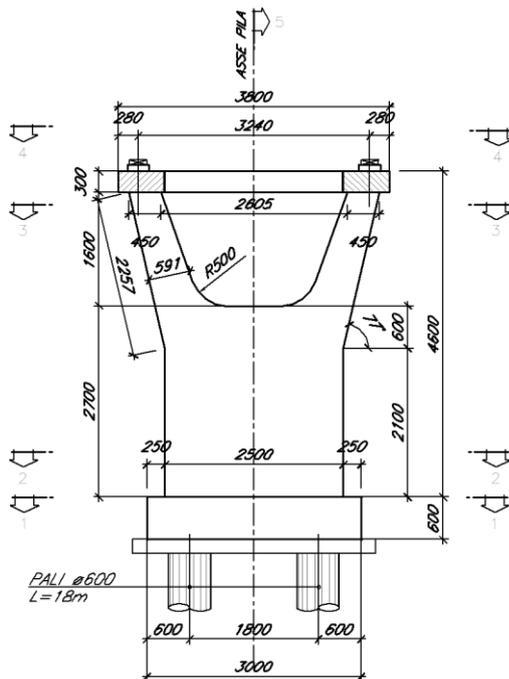


Figura 5 – Fondazione pila 1 - Geometria [mm]

PILE 3a, 3b – SEZIONE 6

SCALA 1:50



PILE 3a, 3b – SEZIONE 5

SCALA 1:50

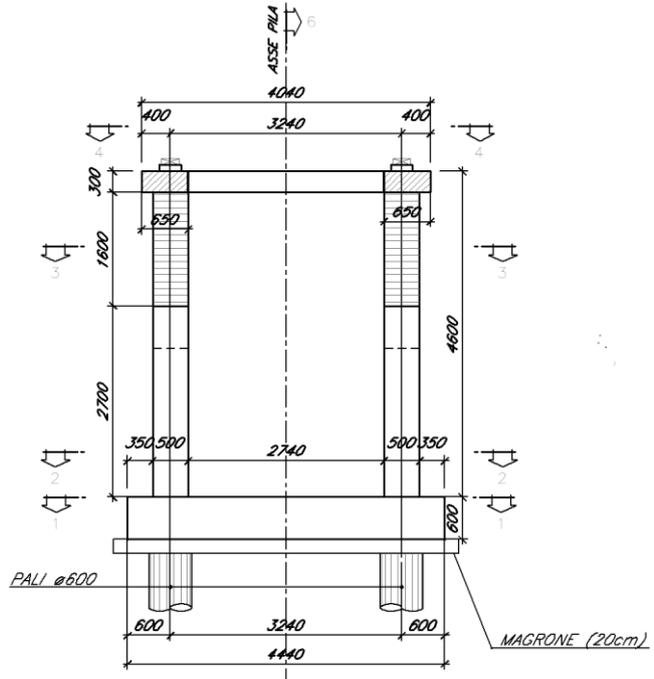


Figura 8 – Fondazione pile 3 a, b - Geometria [mm]

PILA 1 – SEZIONE 1-1

SCALA 1:50

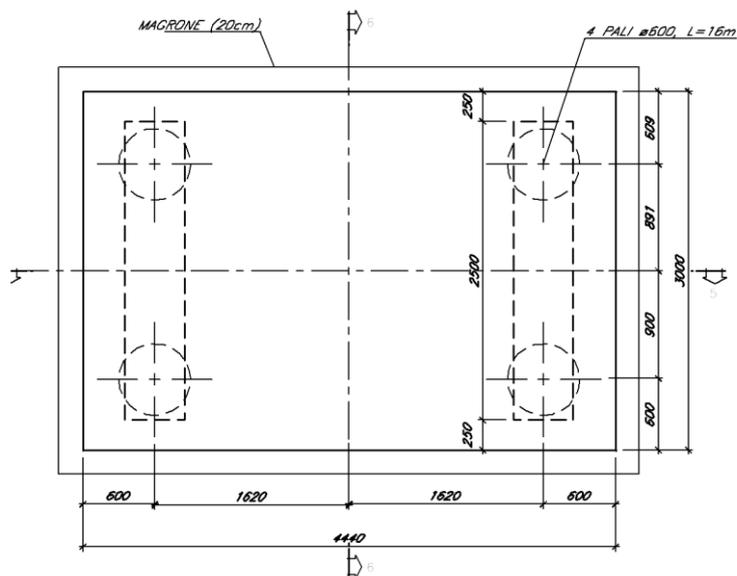
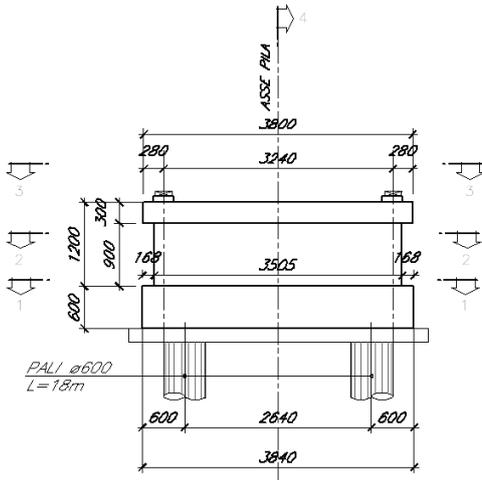


Figura 9 – Fondazione pile 3 a, b - Geometria [mm]

PILE 4a, 4b – SEZIONE 5

SCALA 1:100



PILE 4a, 4b – SEZIONE 4

SCALA 1:100

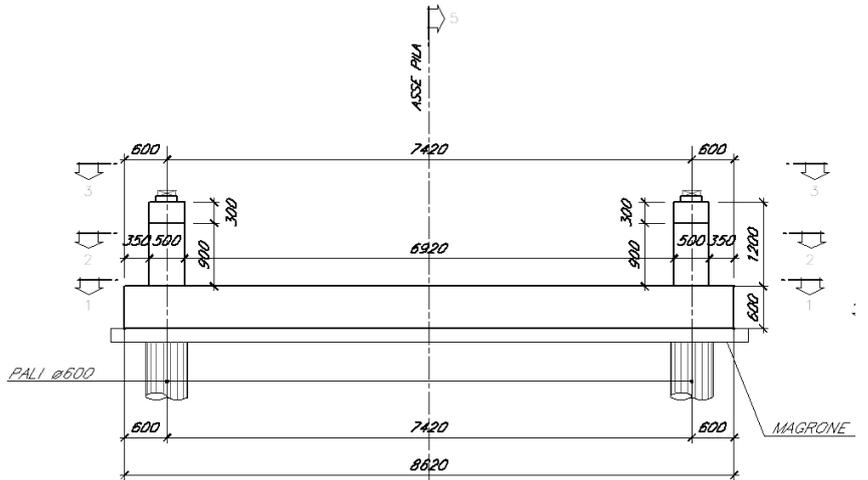
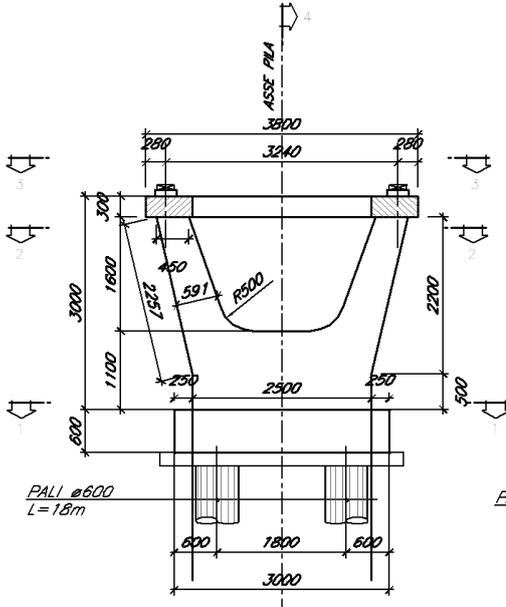


Figura 10 – Elevazione pile 4a, b - Geometria [mm]

PILA 4c – SEZIONE 5

SCALA 1:50



PILA 4c – SEZIONE 4

SCALA 1:50

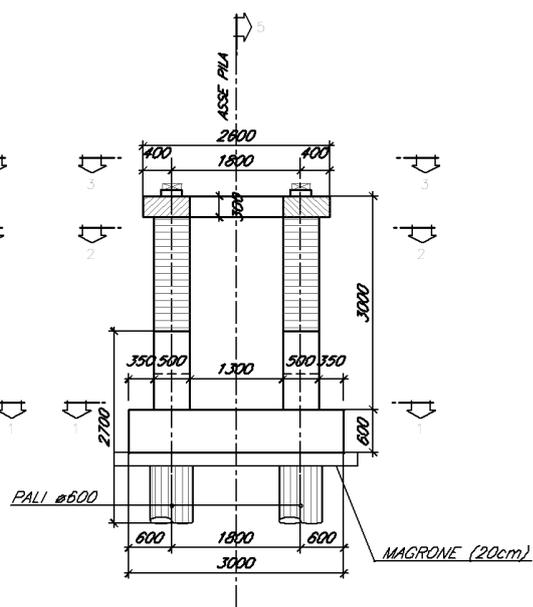


Figura 11 – Elevazione pile 4c - Geometria [mm]

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	16 di 126

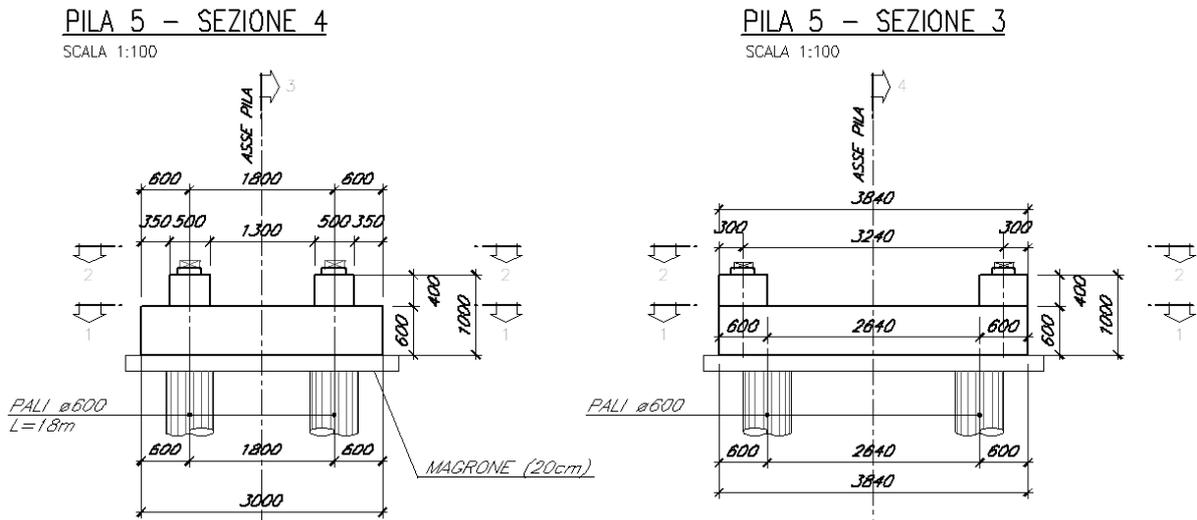


Figura 12 – Elevazione pila 5 - Geometria [mm]

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

1. Legge 5 novembre 1971 n. 1086 Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica
2. Legge 2 febbraio 1974 n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
3. D.M. 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni
4. Circolare 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018
5. Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici.
6. UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici;
7. UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
8. RFI DTC SI MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte I
9. RFI DTC SI AM MA IFS 001 B Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 1 – Ambiente
10. RFI DTC SI PS MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
11. RFI DTC SI CS MA IFS 001 C Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 – Corpo Stradale
12. RFI DTC SI CS MA IFS 001 C del 21.12.2018 - “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili”.
13. Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18/11/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	18 di 126

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

4 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

Si utilizza il Sistema Internazionale (SI):

unità di misura principali

N	(Newton)	unità di forza
m	(metro)	unità di lunghezza
kg	(kilogrammo-massa)	unità di massa
s	(secondo)	unità di tempo

unità di misura derivate

kN	(kiloNewton)	10^3 N
MN	(megaNewton)	10^6 N
kgf	(kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
cm	(centimetro)	10^{-2} m
mm	(millimetro)	10^{-3} m
Pa	(Pascal)	1 N/m ²
kPa	(kiloPascal)	10^3 N/m ²
MPa	(megaPascal)	10^6 N/m ²
N/m³	(peso specifico)	
g	(accelerazione di gravità)	~ 9.81 m/s ²

corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ	(gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)
σ	(sigma)	tensione normale	(N/mm ²)
τ	(tau)	tensione tangenziale	(N/mm ²)
ϵ	(epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
φ	(fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1 Calcestruzzo per fusto pila e pulvino

Classe C32/40

$R_{ck} =$	40.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	33.20	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.20	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	18.81	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	3.10	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctfm} = 1,2 f_{ctm} =$	3.72	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	2.17	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	18.26	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	13.28	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	33643.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	14018.00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Debolmente aggressive		
Classe di esposizione =	XC4		
$c =$	4.00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0.20	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.4 [3])

5.2 Calcestruzzo per plinto di fondazione

Classe C28/35

$R_{ck} =$	35.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	29.05	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	37.05	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	16.46	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	2.83	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3.40	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	1.98	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	15.98	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	11.62	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	32588.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	13578.00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie		
Classe di esposizione =	XC2		
$c =$	4.00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0.30	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.4 [3])

5.3 Calcestruzzo per pali di fondazione

Classe C25/30

$R_{ck} =$	30.00	MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	24.90	MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.90	MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0.85		Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1.50	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	14.11	MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	2.56	MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm} =$	3.07	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	1.79	MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	13.70	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	9.96	MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)} =$	31447.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0.20		Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	13103.00	MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie		
Classe di esposizione =	XC2		
$c =$	6.00	cm	Copriferro minimo
$w =$	0.30	mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.4 [3])

5.4 Acciaio per barre di armatura

B450C

$f_{yk} \geq$	450.00	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540.00	MPa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t / f_y)_{k \geq}$	1.15		
$(f_t / f_y)_{k <}$	1.35		
$\gamma_s =$	1.15	-	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s =$	391.30	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000.00	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0.20	%	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7.50	%	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0,75 f_{yk} =$	337.50	MPa	Tensione in esercizio in comb. Rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	24 di 126

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Di seguito si riportano i modelli geotecnici considerati riportati nella relazione geotecnica generale allegata NR1J00D29GEGE0005001A.

- 9° Modello – Stazione di Vigna di Valle

Dalla pk 38+000 alla pk 39+497

Descrizione	z iniz (m)	z fin (m)	spessore (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Tipo di terreno	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	C' (kPa)	Modulo elastico Eop (MPa)	K media (m/s)
Terreno vegetale sabbioso limoso con frammenti antropici	0	1	1	-	-	-	-	-	-
Limo sabbioso debolmente argilloso	1	3	2	17	GF	26	5	20	-
Sabbia limosa mediamente addensata con presenza di ghiaia	3	19	16	17	GG	32	0	50	-
Sabbia debolmente limosa con rari clasti di litici vulcanici	19	30	11	17	GG	30	0	50	1,71*10 ⁻²

Profondità della falda: 35 m da p.c. – non interessa le fondazioni dell'opera

Categoria di suolo C

7 CRITERI PROGETTUALI

7.1 Vita Nominale

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Nel presente caso l'opera viene inserita nella seguente tipologia di costruzione:

- 2) Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari, per cui si considera vita nominale **75 anni**.

7.2 Classe d'uso

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, l'opera appartiene alla seguente classe d'uso:

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.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Il coefficiente d'uso è pari a: **1.5**.

7.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

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

$$V_R = 75 \times 1,5 = 112,5 \text{ anni}$$

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

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

Il periodo di ritorno dell'azione sismica $T_R = 1068$.

8 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

Si riporta seguire l'analisi dei carichi dell'impalcato a struttura metallica e della pila stessa.

8.1 Pesi propri strutturali (g1)

Peso proprio acciaio

Il peso proprio strutturale delle travi è stato valutato fornendone le corrette dimensioni (vedi paragr. precedente) e la relativa densità di peso ($\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$) all'interno del software di calcolo impiegato per la realizzazione del modello E.F dell'impalcato.

Si riporta a seguire il computo del peso complessivo della carpenteria metallica che costituisce le travi principali, i trasversi ed i controventi di piano:

Travi principali (CM)												
Htot	L	Ala sup		Anima		Ala inf		A	V	P	tot	
mm	mm	Bsup	tsup	hw	tw	Binf	tinf	mm ²	m ³	kN		
HEB1000	1000	11820	300	36	928	19	300	36	39232	0.464	36	
									0	0.000	0	
									0	0.000	0	36.4
												kN
Diaframma appoggio												
Htot	L	Ala sup		Anima		Ala inf		A	V	P	tot	
mm	mm	Bsup	tsup	hw	tw	Binf	tinf	mm ²	m ³	kN		
HEB260	260	3000	260	17.5	225	10	260	17.5	11350	0.03	2.7	
									0	0.00	0	
												2.7
												kN
Diaframmi correnti												
Htot	L	Ala sup		Anima		Ala inf		A	V	P	tot	
mm	mm	Bsup	tsup	hw	tw	Binf	tinf	mm ²	m ³	kN		
HEA220	210	3000	220	11	188	7	220	11	6156	0.02	1.450	
									0	0.00	0	
												1.4
												kN
Controventi												
num	Sez	Asez	L	H	B	sp		A	V	P	tot	
		mm ²	mm	mm	mm	mm		mm ²	m ³	kN		
inferiori	10	L80x80x8	1230	3800				1230	0.047	4		
								0	0.000	0		
												3.7
												kN
num	peso unit.	peso tot.	tot									
	kN	kN										
Travi principali	2	36.4	72.8									
diaframmi app.	2	2.7	5.3									
diaframmi corr.	4	1.4	5.8									
controventi	1	3.7	3.7									
			88									
			kN									

Per tener conto di piastrame vario, controventi e bulloni, il peso di cui sopra è stato incrementato di un fattore pari a 1,1, pertanto il peso complessivo della carpenteria metallica si assume pari a 96.4 kN, pari a 8.2 kN/m.

Peso proprio soletta

La soletta getta su lamiera grecata presenta uno spessore equivalente pari a 6.8cm, cui corrisponde un peso pari a 1.70 kN/m².

Tale azione è stata applicata sugli elementi frame che rappresentano i trasversi stessi, moltiplicata per un coefficiente pari all'interasse tra due elementi adiacenti.

Peso proprio lamiera grecata

Il peso della lamiera grecata di tipo HI-BOND A55-P600 (sp. 0.7mm) è a 9.15 kg/m², pari a 0.092 kN/m².

Tale azione è stata applicata sugli elementi frame che rappresentano i trasversi stessi, moltiplicata per un coefficiente pari all'interasse tra due elementi adiacenti.

8.2 Sovraccarichi permanenti portati (g2)

Barriere laterali

Si assume un peso a metro lineare pari a 0.5 kN/m per ogni allineamento longitudinale. Tale azione è stata applicata sugli elementi frame che rappresentano le travi principali.

Carter di finitura

Si assume un peso a metro lineare pari a 1.0 kN/m per ogni allineamento longitudinale. Tale azione è stata applicata sugli elementi frame che rappresentano le travi principali.

Massetto delle pendenze

Lo spessore minimo del massetto è pari a 4cm e si assume una pendenza trasversale pari a 1%. Lo spessore medio del massetto si assume quindi pari a 1.25 kN/m². Tale azione è stata applicata sugli elementi frame che rappresentano i trasversi stessi, moltiplicata per un coefficiente pari all'interasse tra due elementi adiacenti.

Pavimentazione

La pavimentazione è costituita da uno strato di legno WPC (spessore 2cm) poggiato su un magatello in profili di alluminio (h = 3cm) posti ad interasse 60cm. Il peso complessivo della pavimentazione è 25 kg/m², pari 0.25 kN/m². Tale azione è stata applicata sugli elementi frame che rappresentano i trasversi stessi, moltiplicata per un coefficiente pari all'interasse tra due elementi adiacenti.

Peso proprio della pila

Pila 1 = peso fusto + peso plinto = 422 kN + 165 kN = 587 kN

Pila 2b= peso fusto + peso plinto = 646 kN

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO LINEA FERROVIARIA ROMA-VITERBO TRATTA CESANO-VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA PILE – Relazione di calcolo	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO IV0405 301	REV. A

8.3 Sovraccarichi accidentali (q1)

Folla compatta

Ai fini del dimensionamento e della verifica delle travi è stata considerata la presenza di folla $q_1 = 5\text{ kN/m}^2$ su l'impalcato e per una larghezza pari a 2.70m (larghezza calpestabile).

Tale azione è stata applicata sugli elementi frame che rappresentano i trasversi stessi, moltiplicata per un coefficiente pari all'interasse tra due elementi adiacenti.

Il carico della folla espresso a metro lineare di impalcato è pari a $5.00\text{ kN/m}^2 \times 2.70 = 13.50\text{ kN/m}$.

Il carico della folla è stato considerato applicato contemporaneamente o alternativamente sulle due campate per massimizzare le sollecitazioni nelle varie sezioni di verifica.

8.4 Azione del vento sull'impalcato (q5)

Cautelativamente si considera una pressione del vento di 2.5 KN/m^2 agente, per l'intero sviluppo longitudinale della passerella, sulla sola trave esposta e considerando un coefficiente di esposizione unitario.

Tale azione viene assegnata alle travi come carico uniformemente distribuito pari a:

$h = 3.3\text{ m}$ altezza superficie esposta;
 $b = 1.2\text{ m}$ distanza tra baricentro superficie esposta e baricentro impalcato;
 $i = 3.24\text{ m}$ interasse travi principali;

$f_5 = 2.5\text{ kN/m}^2 \times 3.3\text{ m} = 8.25\text{ KN/m}$ forza orizzontale trasversale
 $M_{q5} = 8.25\text{ kN/m} \times 1,2\text{ m} = 9.9\text{ kNm/m}$ momento torcente
 $q_5 = 9.9\text{ kNm/m} / 3.24\text{ m} = \pm 3.1\text{ KN/m}$ carico uniforme verticale

8.5 Azione del vento sulla pila (q5)

Cautelativamente si considera una pressione del vento di 2.5 kN/m^2 agente sulle superfici frontale e laterale della pila, considerando un coefficiente di esposizione unitario.

Tale azione viene assegnata alla pila come carico orizzontale uniformemente distribuito pari a:

$q\text{ (kN/m}^2\text{)}$ **2.5**
 $B\text{ fusto (m)}$ **2.5** larghezza fusto pila

$f\text{ h long (kN/m)}$ **6.25** x il fusto verticale
 $f\text{ h trasv (kN/m)}$ **1.25**

$f\text{ h long (kN/m)}$ **1.4** x ciascun elem inclinato

f h trasv (kN/m) 1.25

PILA1

H fusto (m)	4.1	h fusto pila
spessore (m)	0.5	spessore fusto pila
B media inclinati (m)	0.55	su ogni tratto inclinato
L inclin. (m)	1.64	lung. parti inclinate

Risultante Pila 1 30 kN

PILA2b

H fusto (m)	0.9	h fusto pila
spessore (m)	0.5	spessore fusto pila
B media inclinati (m)	0.55	su ogni tratto inclinato
L inclin. (m)	1.64	lung. parti inclinate

Risultante Pila 2b 10 kN

8.6 Variazione termica non uniforme (ϵ_{3_DT})

In aggiunta alla variazione termica uniforme, si considera un gradiente di temperatura di 10 °C fra intradosso soletta ed estradosso travi, considerando i due casi possibili: intradosso a temperatura superiore rispetto all'estradosso e intradosso a temperatura inferiore rispetto all'estradosso.

8.7 Azione sismica (q_6)

Le opere in oggetto sono progettate per una vita nominale $VN = 75$ anni ed una classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso $CU = 1.5$.

L'azione sismica di progetto è definita per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Il periodo di ritorno di quest'ultima - in funzione della vita utile, della classe d'uso, del tipo di costruzione e dello stato limite di riferimento è di 1068 anni.

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di a_g , F_0 , T^*c .

- $a_g \rightarrow$ accelerazione massima al sito;
- $F_0 \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*c \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $S \rightarrow$ coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t).

Cautelativamente si assume una categoria di sottosuolo C.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

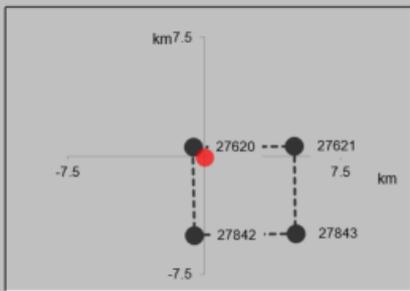
Grafici spettri di risposta

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:

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	68	0.040	2.670	0.270
SLD	113	0.046	2.699	0.288
SLV	1068	0.077	2.978	0.365
SLC	2193	0.088	3.046	0.405

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

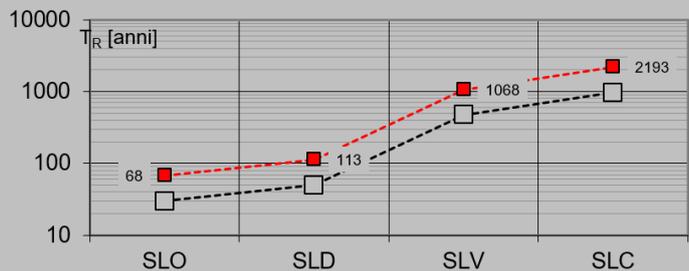
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	
SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="68"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="113"/>
Stati limite ultimi - SLU	
SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1068"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2193"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV**

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **C**

$S_S =$ **1.500**

$C_C =$ **1.465**

Categoria topografica **T1**

$h/H =$ **0.000**

$S_T =$ **1.000**

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE)

Smorzamento ξ (%) **5**

$\eta =$ **1.000**

Spettro di progetto inelastico (SLU)

Fattore q_0 **1.5**

Regol. in altezza **sì**

Compon. verticale

Spettro di progetto

Fattore q **1**

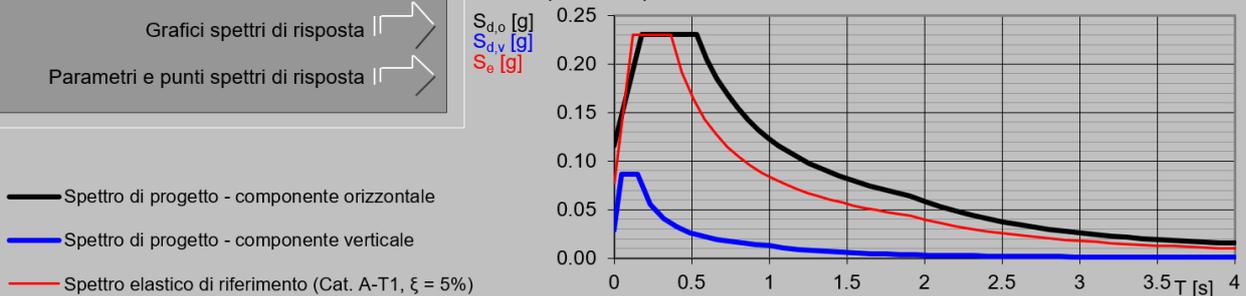
$\eta =$ **1.000**

Elaborazioni

Grafici spettri di risposta

Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Si adotta un valore del fattore di struttura pari a **$q=1.5$** .

8.8 Resistenza parassita dei vincoli (q_7)

Si assume un coefficiente di attrito pari a 5%.

Tale azione si ignora nel caso della pila 2, fissa longitudinalmente.

8.9 Deragliamento (Urto)

Tale azione non è presa in considerazione in quanto le pile distano dai binari ferroviari esistenti per più di 5.5m.

8.10 Urto da traffico veicolare

Le azioni da urto hanno direzione parallela a quella del moto del veicolo al momento dell'impatto. Nelle verifiche si possono considerare, non simultaneamente, due azioni nelle direzioni parallela ($F_{d,x}$) e ortogonale ($F_{d,y}$) alla direzione di marcia normale, con

$$F_{d,y} = 0,50F_{d,x}$$

Si assumono:

$$F_{d,x} = 750 \text{ kN}$$

$$F_{d,y} = 375 \text{ kN}$$

Per urti di automobili sulle pile, la forza risultante deve essere applicata sulla struttura 0.5m al di sopra della superficie di marcia.

9 MODELLO DI CALCOLO E.F. DELLE PILE

È stato realizzato un modello di calcolo agli E.F. mediante l'ausilio del software "SAP2000 Plus v. 15.1.0", della "Computers and Structures, Inc.", Berkley, CA.

Tale modello E.F. è formato da 12 nodi e 14 elementi *frame* ai quali sono state assegnate proprietà geometriche, inerziali e meccaniche coerenti con le reali proprietà degli elementi strutturali. Per applicare in maniera corretta le azioni derivanti dagli scarichi della passerella della rampa, sono stati utilizzati degli elementi *link*.

Il nodo di incastro alla base corrisponde all'intradosso del plinto di fondazione.

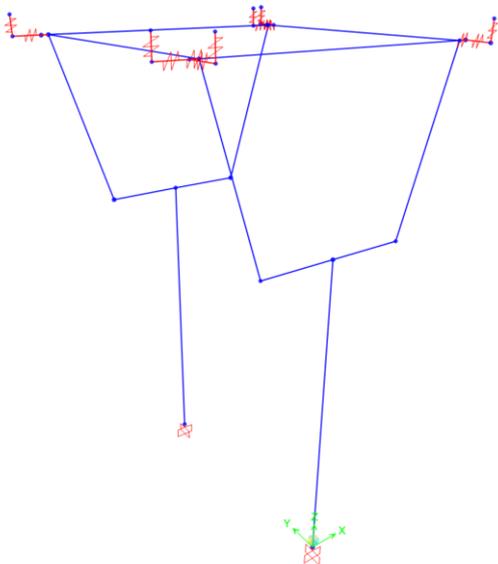


Figura 13 – Stazione Vigna di Valle – Modello di calcolo agli elementi finiti – pila 1

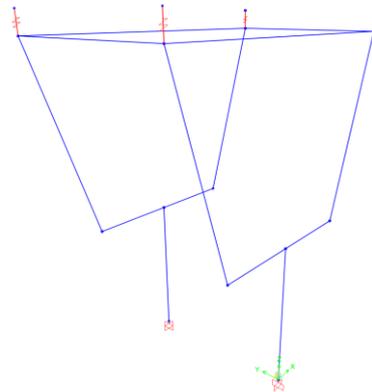


Figura 14 – Stazione Vigna di Valle – Modello di calcolo agli elementi finiti – pila 4c

9.1 Analisi modale Pila 1

9.1.1 Masse simiche

La massa dell'impalcato (pesi propri strutturali g_1 + permanenti portati g_2) è pari a ca 25 ton, corrispondenti a ca 2.1 ton/m.

9.1.2 Combinazione delle masse

Sono prese in considerazione le masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$g_1 + g_2 + 0.2 q_1$$

9.1.3 Forme modali principali

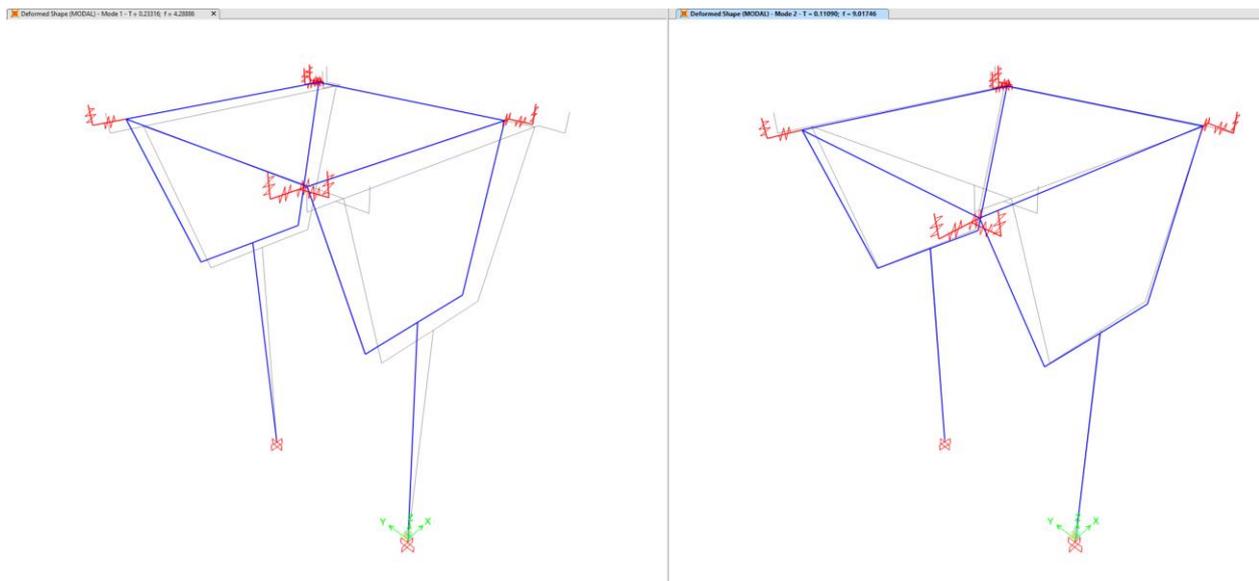


Figura 15 – Stazione Vigna di Valle – Forme modali principali – pila 1

9.1.4 Fattori di partecipazione modale delle masse

Si riportano le principali forme di vibrare della struttura.

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.233	0%	72%	0%	0%	72%	0%
MODAL	Mode	2	0.111	39%	0%	1%	39%	72%	1%
MODAL	Mode	7	0.027	4%	0%	10%	58%	76%	12%
MODAL	Mode	21	0.007	0%	1%	1%	73%	82%	85%
MODAL	Mode	25	0.006	9%	0%	0%	87%	83%	96%
MODAL	Mode	26	0.005	4%	4%	0%	92%	87%	97%

9.2 Analisi modale Pila 4c

9.2.1 Masse simiche

La massa dell'impalcato (pesi propri strutturali g_1 + permanenti portati g_2) è pari a ca 25 ton, corrispondenti a ca 2.1 ton/m.

9.2.2 Combinazione delle masse

Sono prese in considerazione le masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$g_1 + g_2 + 0.2 q_1$$

9.2.3 Forme modali principali

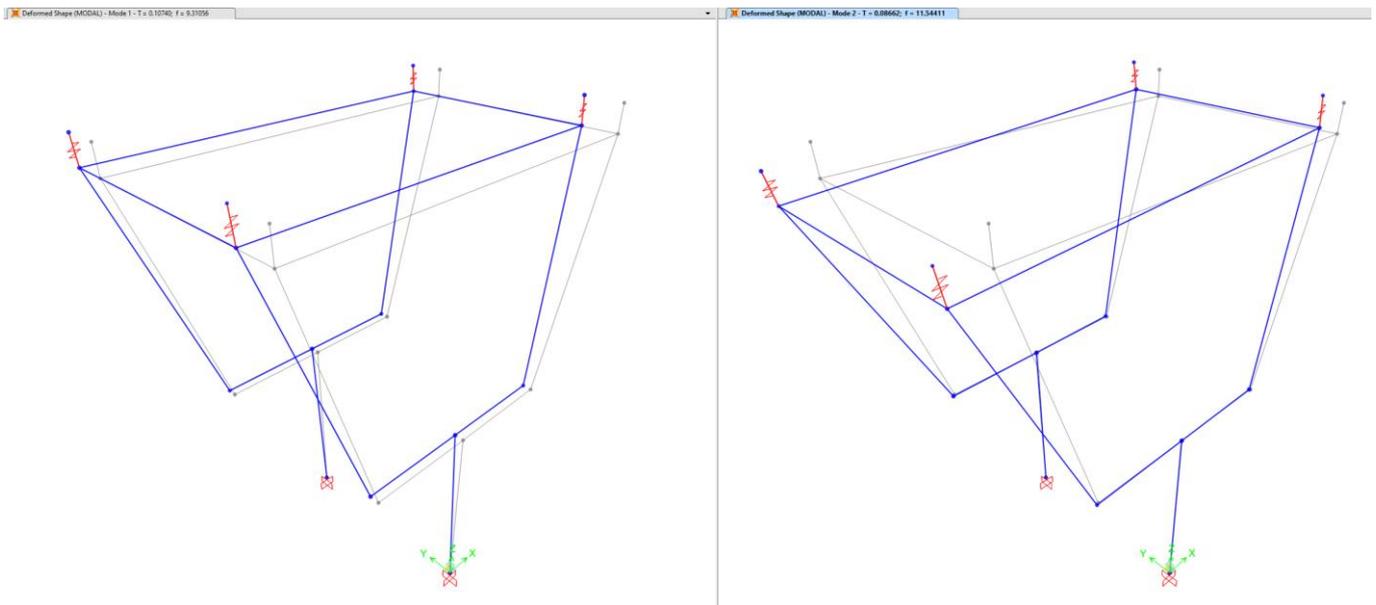


Figura 16 – Stazione Vigna di Valle – Forme modali principali – pila 4c

9.2.4 Fattori di partecipazione modale delle masse

Si riportano le principali forme di vibrare della struttura.

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.107	0%	90%	0%	0%	90%	0%
MODAL	Mode	2	0.087	75%	0%	0%	75%	90%	0%
MODAL	Mode	5	0.013	0%	0%	32%	75%	90%	32%
MODAL	Mode	17	0.006	18%	0%	0%	100%	100%	89%
MODAL	Mode	24	0.002	0%	0%	8%	100%	100%	100%

10 COMBINAZIONI DI CARICO

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

- combinazione fondamentale (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 sismica:

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

- combinazione eccezionale:

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

- combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

- combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

- combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

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

Rara)	→	$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$
Frequente)	→	$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$
Quasi permanente)	→	$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

Sono prese in considerazione le seguenti verifiche agli stati limite ultimi:

- SLU di tipo Geotecnico (GEO), relative a condizioni di:

Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;

- SLU di tipo strutturale (STR), relative a condizioni di:

Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

- Le verifiche sono svolte considerando il seguente approccio:

Approccio 2:

A1 + M1 + R3

Tale approccio prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tabella 1: Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Per la condizione sismica, la combinazione per gli stati limite ultimi da prendere in considerazione è:

Combinazione sismica $\rightarrow E+G_1+G_2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$

A seguire si riporta la tabella dei coefficienti delle combinazioni dei carichi elementari.

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	39 di 126

COMBINAZIONI		g1	g2	q1	q5.1	q5.2	sisma x	sisma y	sisma z	urto long	urto trasv	
1	SLE_1.1	1	1	1	0.6	0.5	0	0	0	0	0	rara
2	SLE_1.2	1	1	0.5	1	0.5	0	0	0	0	0	
3	SLE_1.3	1	1	0.5	0.6	1	0	0	0	0	0	
4	SLE_1.4	1	1	1	-0.6	0.5	0	0	0	0	0	
5	SLE_1.5	1	1	0.5	-1	0.5	0	0	0	0	0	
6	SLE_1.6	1	1	0.5	-0.6	1	0	0	0	0	0	
7	SLE_2.1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	qp
8	SLE_2.2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	SLE_2.3	1	1	0	0	0.5	0	0	0	0	0	
10	SLU_1.1	1.35	1.5	1.5	0.9	0.75	0	0	0	0	0	SLU STR
11	SLU_1.2	1.35	1.5	1.125	1.5	0.75	0	0	0	0	0	
12	SLU_1.3	1.35	1.5	1.125	0.9	1.5	0	0	0	0	0	
13	SLU_1.4	1.35	1.5	1.5	-0.9	0.75	0	0	0	0	0	
14	SLU_1.5	1.35	1.5	1.125	-1.5	0.75	0	0	0	0	0	
15	SLU_1.6	1.35	1.5	1.125	-0.9	1.5	0	0	0	0	0	
16	SLV_1	1	1	0.2	0	0	1	0.3	0.3	0	0	SISM
17	SLV_2	1	1	0.2	0	0	0.3	1	0.3	0	0	
18	SLV_3	1	1	0.2	0	0	0.3	0.3	1	0	0	
19	GEO_1	1.3	1.5	1.5	0.9	0.75	0	0	0	0	0	SLU GEO
20	GEO_2	1.3	1.5	0.75	1.5	0.75	0	0	0	0	0	
21	GEO_3	1.3	1.5	0.75	0.9	1.5	0	0	0	0	0	
22	URTO_long	1	1	1	0	0.5	0	0	0	1	0	ECCEZ
23	URTO_trasv	1	1	1	0	0.5	0	0	0	0	1	

11 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI - PILA 1

Di seguito si riportano gli involuppi delle sollecitazioni in combinazione SLU, SLV e SLE.

11.1 Sollecitazioni trasverso di sommità

sollecitazioni SLU/SLV	N	V2	V3	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
N max	-62	-23	-15	-15	-23
N min	11	-25	2	3	-29
M2 max	-7	69	49	73	126
M3 max	-7	69	49	73	126
V2 max	-7	98	49	-44	-43
V3 max	-7	69	49	73	126

sollecitazioni URTO	N	V2	V3	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
N max	-28	-17	-5	-6	-18
N min	17	-2	13	17	0
M2 max	0	9	13	19	26
M3 max	0	9	13	19	26
V2 max	0	31	13	-22	-29
V3 max	0	9	13	19	26

sollecitazioni SLE	N	V2	V3	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
N max	-43	-15	-6	-8	-14
N min	4	-2	14	21	5
M2 max	-5	42	33	50	78
M3 max	-5	42	33	50	78
V2 max	-5	64	33	-24	-23
V3 max	-5	42	33	50	78

N positivo se di compressione

11.2 Sollecitazioni elementi inclinati

sollecitazioni SLU/SLV	N	V2	V3	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
N max	13	34	37	15	75
N min	438	-76	-57	-80	-85
M2 max	357	-1	56	119	-9
M3 max	57	-6	25	20	111
V2 max	13	34	37	15	75
V3 max	146	17	70	25	39

sollecitazioni URTO	N	V2	V3	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
N max	46	8	16	4	21
N min	188	-31	3	12	-63
M2 max	83	1	12	26	-2
M3 max	68	1	7	6	22
V2 max	83	22	7	-2	7
V3 max	-46	8	16	4	21

sollecitazioni SLE	N	V2	V3	M2	M3
	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
N max	38	-1	17	12	69
N min	305	-48	-37	-53	-53
M2 max	187	2	39	80	-2
M3 max	38	-1	17	12	69
V2 max	45	21	36	14	57
V3 max	-92	12	47	17	24

N positivo se di compressione

11.3 Sollecitazioni fusto verticale

sollecitazioni SLU/SLV	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	72	34	53	175	1
N min	808	-129	-152	-705	-496
M2 max	714	27	52	690	-23
M3 max	367	41	30	350	155
V2 max	367	41	30	350	155
V3 max	200	34	53	387	140

sollecitazioni URTO	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	137	9	15	78	10
N min	412	-19	-391	-527	-98
M2 max	265	9	15	140	45
M3 max	390	697	-19	17	801
V2 max	390	697	-19	17	801
V3 max	265	9	15	140	45

sollecitazioni SLE	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	114	-10	33	191	-3
N min	572	-83	-98	-463	-312
M2 max	412	22	38	467	3
M3 max	412	22	38	467	3
V2 max	412	22	38	467	3
V3 max	412	22	38	467	3

N positivo se di compressione

11.4 Sollecitazioni combinate all'intradosso del plinto

Le sollecitazioni sono riportate al baricentro della sezione di base del plinto ed incrementate del peso del plinto stesso e della sua inerzia.

Si considera inoltre una altezza di terreno di ricoprimento pari a 0.5m.

P plinto = 200 kN

P rinterro = 133 kN

	N vert kN	M long kNm	M trasv kNm	V long kN	V trasv kN
SLE1.1 Max	1177	-25	376	-35	142
SLE1.1 Min	1177	-85	271	-53	102
SLE1.2 Max	1083	-259	340	-50	151
SLE1.2 Min	1083	-358	166	-82	85
SLE1.3 Max	1100	-65	425	-33	122
SLE1.3 Min	1100	-124	321	-51	82
SLE1.4 Max	1203	596	767	37	84
SLE1.4 Min	1203	537	662	19	44
SLE1.5 Max	1127	777	993	70	55
SLE1.5 Min	1127	678	818	38	-11
SLE1.6 Max	1127	557	817	39	64
SLE1.6 Min	1127	498	712	21	24
SLE2.1 Max	1010	157	651	-4	44
SLE2.1 Min	1010	157	651	-4	44
SLE2.2 Max	1010	157	651	-4	44
SLE2.2 Min	1010	157	651	-4	44
SLE2.3 Max	1019	164	640	-4	47
SLE2.3 Min	1019	164	640	-4	47
SLU1.1 Max	1629	-54	465	-52	208
SLU1.1 Min	1629	-143	308	-80	149
SLU1.2 Max	1551	-370	367	-77	240
SLU1.2 Min	1551	-518	106	-124	140
SLU1.3 Max	1578	-78	494	-50	196
SLU1.3 Min	1578	-167	337	-78	136
SLU1.4 Max	1668	879	1052	56	122
SLU1.4 Min	1668	790	896	28	62
SLU1.5 Max	1617	1185	1346	103	96
SLU1.5 Min	1617	1037	1084	56	-4
SLU1.6 Max	1618	854	1082	58	109
SLU1.6 Min	1618	765	925	30	49

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	44 di 126

SLV1 Max	1493	-89	462	-151	306
SLV1 Min	1493	-178	306	-179	246
SLV2 Max	1351	-439	410	-174	320
SLV2 Min	1351	-587	148	-221	221
SLV3 Max	1378	-148	537	-148	276
SLV3 Min	1378	-236	380	-176	216
GEO1 Max	1168	659	893	67	96
GEO1 Min	1121	-308	360	-77	11
GEO2 Max	1156	365	1399	24	181
GEO2 Min	1133	-15	-145	-33	-75
GEO3 Max	1163	359	881	25	93
GEO3 Min	1125	-9	372	-34	13
ENVE URTO Max	1010	157	1776	-4	44
ENVE URTO Min	1010	-406	651	-379	-706

12 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI - PILA 4C

12.1 Sollecitazioni trasverso di sommità

sollecitazioni SLU/SLV	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	-65	-9	2	0	-3
N min	38	-94	-23	-22	-79
M2 max	29	15	4	20	79
M3 max	29	17	14	2	82
V2 max	29	17	14	2	82
V3 max	29	5	14	14	10

sollecitazioni URTO	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	-28	-7	1	1	-3
N min	34	-33	-5	-8	-32
M2 max	12	-20	4	7	-14
M3 max	12	-11	4	0	20
V2 max	-28	8	1	-2	-5
V3 max	12	-20	4	7	-14

sollecitazioni SLE	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	-45	-7	1	0	-2
N min	26	-60	-15	-14	-50
M2 max	12	14	3	13	49
M3 max	12	15	9	1	52
V2 max	12	15	9	1	52
V3 max	12	6	9	9	9

N positivo se di compressione

12.2 Sollecitazioni elementi inclinati

sollecitazioni SLU/SLV	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	29	12	1	-5	15
N min	308	-73	-16	2	-12
M2 max	96	2	9	37	36
M3 max	141	6	-6	21	84
V2 max	141	69	13	12	79
V3 max	95	32	22	34	35

sollecitazioni URTO	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	44	11	-1	-3	-9
N min	126	-34	-9	6	14
M2 max	111	-13	-7	9	41
M3 max	111	-13	-7	9	41
V2 max	110	33	6	4	40
V3 max	-59	9	6	4	12

sollecitazioni SLE	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	18	10	1	-3	12
N min	205	-46	-11	1	-11
M2 max	33	11	-4	16	53
M3 max	88	7	-4	14	53
V2 max	88	44	9	8	50
V3 max	-36	41	11	11	49

N positivo se di compressione

12.3 Sollecitazioni fusto verticale

sollecitazioni SLU/SLV	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	101	134	9	15	154
N min	660	-11	-16	-57	-41
M2 max	242	66	28	122	180
M3 max	346	143	10	26	397
V2 max	173	151	13	34	396
V3 max	242	66	28	122	180

sollecitazioni URTO	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	115	19	0	2	26
N min	296	25	-4	-18	66
M2 max	133	19	0	2	37
M3 max	168	727	-3	-10	722
V2 max	168	727	-3	-10	722
V3 max	133	19	0	2	37

sollecitazioni SLE	N [kN]	V2 [kN]	V3 [kN]	M2 [kNm]	M3 [kNm]
N max	91	85	7	11	117
N min	401	-11	-10	-29	-30
M2 max	119	91	8	18	196
M3 max	204	90	6	14	200
V2 max	119	91	8	18	196
V3 max	119	91	8	18	196

N positivo se di compressione

12.4 Sollecitazioni combinate all'intradosso del plinto

Le sollecitazioni sono riportate al baricentro della sezione di base del plinto ed incrementate del peso del plinto stesso e della sua inerzia.

Si considera inoltre una altezza di terreno di ricoprimento pari a 0.5m.

	N vert kN	M long kNm	M trasv kNm	V long kN	V trasv kN
SLE1.1 Max	854	-50	1254	-9	-143
SLE1.1 Min	854	-72	1222	-21	-164
SLE1.2 Max	780	-54	1283	-8	-152
SLE1.2 Min	780	-91	1230	-28	-186
SLE1.3 Max	787	-42	1108	-7	-122
SLE1.3 Min	787	-64	1076	-19	-143
SLE1.4 Max	846	8	698	5	-26
SLE1.4 Min	846	-14	667	-7	-47
SLE1.5 Max	768	43	357	16	44
SLE1.5 Min	768	5	304	-4	10
SLE1.6 Max	779	16	553	7	-5
SLE1.6 Min	779	-6	521	-5	-26
SLE2.1 Max	689	-16	605	-4	-44
SLE2.1 Min	689	-16	605	-4	-44
SLE2.2 Max	689	-16	605	-4	-44
SLE2.2 Min	689	-16	605	-4	-44
SLE2.3 Max	698	-16	627	-4	-47
SLE2.3 Min	698	-16	627	-4	-47
SLU1.1 Max	1190	-74	1812	-14	-211
SLU1.1 Min	1190	-107	1764	-31	-242
SLU1.2 Max	1137	-85	1980	-14	-241
SLU1.2 Min	1137	-142	1901	-43	-293
SLU1.3 Max	1147	-68	1718	-12	-197
SLU1.3 Min	1147	-101	1671	-30	-229
SLU1.4 Max	1180	13	979	8	-34
SLU1.4 Min	1180	-21	931	-10	-66
SLU1.5 Max	1119	60	592	22	53
SLU1.5 Min	1119	3	512	-7	1
SLU1.6 Max	1136	19	885	9	-21
SLU1.6 Min	1136	-14	838	-8	-52
SLV1 Max	730	253	780	120	-99
SLV1 Min	722	-291	604	-129	-143

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	49 di 126

SLV2 Max	731	76	977	79	86
SLV2 Min	722	-115	408	-89	-194
SLV3 Max	739	76	789	79	-98
SLV3 Min	714	-115	596	-89	-143
GEO1 Max	1161	-73	1789	-14	-209
GEO1 Min	1161	-107	1741	-31	-241
GEO2 Max	1050	-79	1832	-12	-222
GEO2 Min	1050	-135	1753	-41	-274
GEO3 Max	1060	-61	1570	-11	-178
GEO3 Min	1060	-95	1523	-28	-209
URTO_LONG_comb Max	695	-36	1466	-71	-861
URTO_LONG_comb Min	695	-36	1466	-71	-861
URTO_TRASV_comb Max	695	-456	626	-446	-111
URTO_TRASV_comb Min	695	-456	626	-446	-111

13 VERIFICHE STRUTTURALI PILA 1

13.1 Trasverso di sommità

13.1.1 Geometria della sezione di verifica e armatura

B	85	cm
h	30	cm

Armatura longitudinale

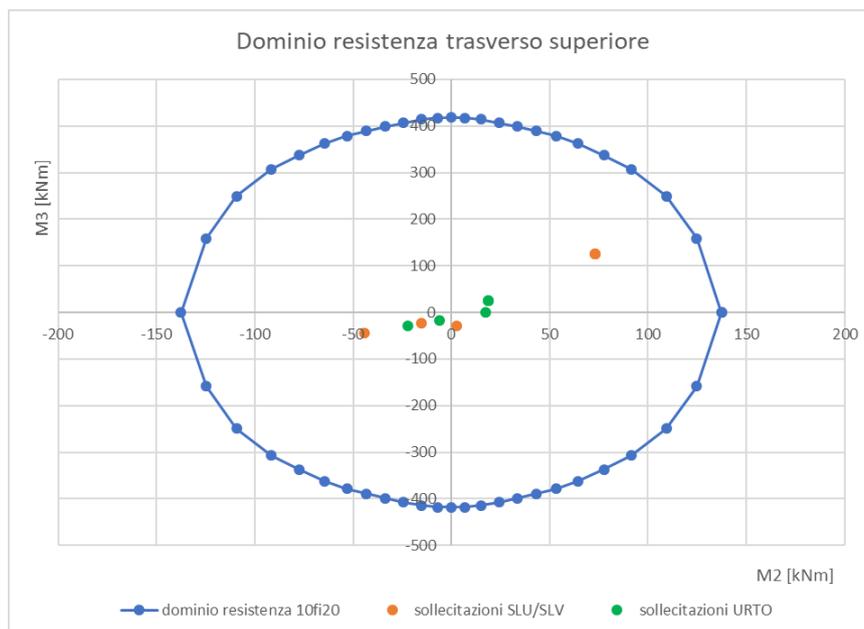
	d	As	numero
	mm	cm ²	-
esterno	20	12.57	4
interno	20	12.57	4
lateral	20	6.28	2
		31.42	10

Armatura a taglio

Staffe $\phi 12/200$ 4 bracci

13.1.2 Verifiche SLU a flessione

Sono riportate a seguire le verifiche SLU della sezione di base della pila, espresse in forma sintetica mediante il diagramma di interazione M2 – M3.



La verifica risulta soddisfatta.

13.1.3 Verifiche SLU a taglio

Nel caso di sezioni rettangolari la verifica viene effettuata distintamente per le due direzioni longitudinale e trasversale.

Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \sin \alpha \quad \text{in cui}$$

d altezza utile della sezione

b_w larghezza minima della sezione

A_{sw} area dell'armatura trasversale

s interasse tra due armature trasversali consecutive

θ inclinazione delle bielle di calcestruzzo

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento

f_{cd}' resistenza a compressione ridotta (pari a 0,5 f_{cd})

α_c coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione

I valori di resistenza a taglio degli elementi in c.a. devono inoltre essere divisi per un coefficiente di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile γ_{Bd} valutato mediante la seguente espressione:

$$1 \leq \gamma_{Bd} = 1.25 + 1 - q \cdot V_{Ed} / V_{gr} \leq 1.25$$

Si considera il massimo taglio agente tra le combinazioni da carico esaminate e il valore ottenuto dalla gerarchia delle resistenze:

	SLU/SLV	URTO
V2, Ed [kN]	98	31
V3, Ed	49	13

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	52 di 126

Verifica a taglio V2

classe cls	R_{ck}	40	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistene a V	b_w	850	mm
altezza membratura resistene a V	H	300	mm
altezza utile	d	260	mm
area della sezione	A_{TOT}	221000	mm^2
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	12	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	113	mm^2
0.9 d	z	234	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	200	mm
	n° stirups leg	4	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	A_{s_w} / s_w	2.26	mm^2/mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	293	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	1972	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	98	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	293	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	53 di 126

Verifica a taglio V3

classe cls	Rck	40	N/mm ²
resist. Caratteristica cilindrica	fck	35	N/mm ²
	fcd	20	
coeff. parziale	γc	1.5	
larghezza membratura resistente a V	bw	300	mm
altezza membratura resistente a V	H	850	mm
altezza utile	d	810	mm
area della sezione	Asez	243000	mm ²
diametro ferro longitudinale	fl	20	mm
area armatura	Asl	314.2	mm ²
	strato	1	
	passo	200	mm
	nf/strato	2	
area armatura totale	Af tot	471.2	mm ²
percentuale di armatura	ρl	0.0019	
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
	σcp	0.00	N/mm ²
	k	1.50	
	vmin	0.38	
taglio resistente	Vrd1	83	kN
	Vrd2	92	kN
taglio sollecitante	Ved	49	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γRd	1	
	Vrd	92	kN
	Ved	<	Vrd
		verifica	

13.1.4 Verifica SLE delle tensioni

La verifica SLE di tipo tensionale si effettua verificando che le massime tensioni agenti nella sezione risultino inferiori ai seguenti valori limite:

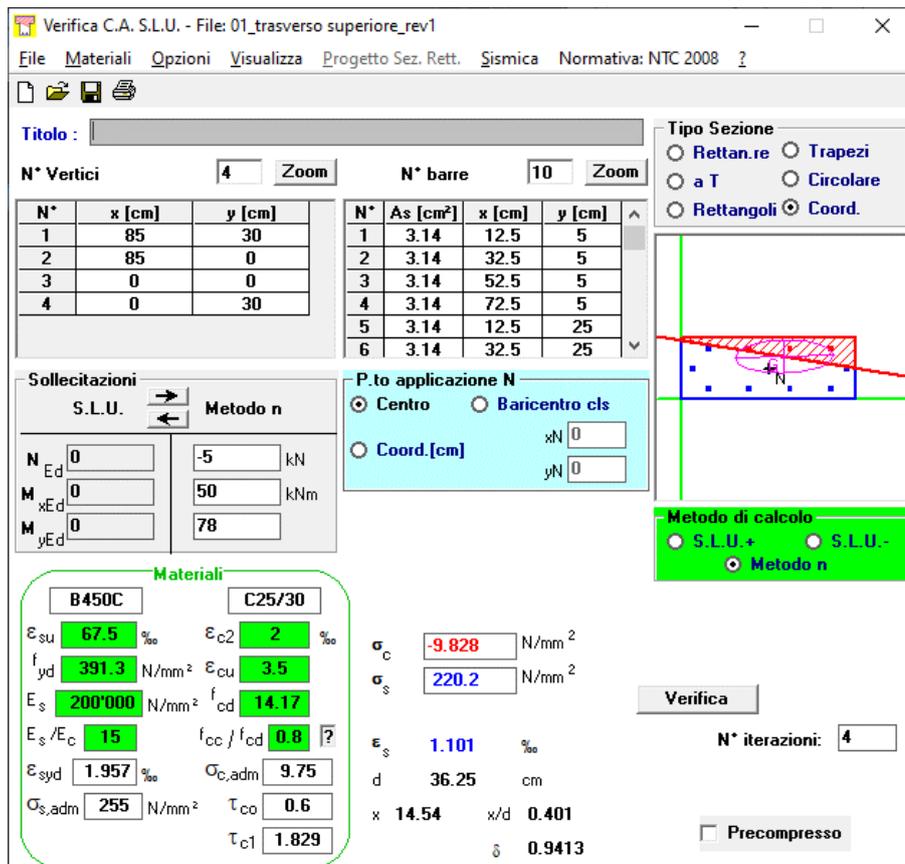
per le combinazioni SLE-RAR:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 18.3 \text{ MPa}$
- tensione limite nelle barre: $\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$

per le combinazioni SLE-QPE:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.40 f_{ck} = 13.3 \text{ MPa}$

Per la combinazione più gravosa si ottiene:



Verifica C.A. S.L.U. - File: 01_trasverso superiore_rev1

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 10 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	85	30	1	3.14	12.5	5
2	85	0	2	3.14	32.5	5
3	0	0	3	3.14	52.5	5
4	0	30	4	3.14	72.5	5
			5	3.14	12.5	25
			6	3.14	32.5	25

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

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

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

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

Materiali:
B450C C25/30
 ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200'000 N/mm² f_{cd} : 14.17 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6
 τ_{c1} : 1.829

σ_c : -9.828 N/mm²
 σ_s : 220.2 N/mm²

Verifica
N° iterazioni: 4
 Precompresso

ϵ_s : 1.101 ‰
d: 36.25 cm
x: 14.54 x/d: 0.401
 δ : 0.9413

I valori di tensione sono compatibili con i limiti di normativa.

13.1.5 Verifiche SLE a fessurazione

La verifica SLE a fessurazione si effettua verificando che il massimo valore di apertura delle fessure risulti inferiore ai seguenti valori limite:

per le combinazioni SLE-RAR:

- apertura fessure limite: $w_{lim} = w_1 = 0.20 \text{ mm}$

Nel caso in esame si ottiene:

INPUT	
B section	850 mm
h section	300 mm
y rebar	50 mm
Φ (rebar)	20 mm
n.rebar	4 -
cls C	35 MPa
x N.A.	145.4 mm
σs	220.2 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
ε sm -ε cm	6.86E-04 -
maximum distance of crack	
s r, max	2.55E+02 mm
crack dimension	
wk	0.1747 mm
LIMIT	0.20 mm
verification satisfied	

La verifica risulta soddisfatta.

13.2 Elementi inclinati

13.2.1 Geometria della sezione di verifica e armatura

B	50	cm
h	55	cm

Armatura longitudinale

	d	As	numero
	mm	cm ²	-
esterno	22	11.40	3
interno	22	11.40	3
lateral	22	7.60	2
		30.41	8

Armatura a taglio

Taglio trasversale: Staffe $\phi 14/200$ 2 bracci

Taglio longitudinale: Staffe $\phi 14/200$ 2 bracci

13.2.2 Verifica dell'armatura minima

Le armature del fusto pila devono soddisfare le quantità minime indicate dalla normativa e che vengono riepilogate di seguito.

Armatura minima longitudinale:

- $\rho_{\min} = 0,60 \%$

Armatura minima trasversale nelle zone critiche:

La percentuale meccanica è definita dalle espressioni:

- $\omega_{wd,r} = A_{sw}/(s \cdot b) \cdot f_{yd}/f_{cd}$ per sezioni rettangolari
- $\omega_{wd,c} = 4 A_{sp}/(D_{sp} \cdot s) \cdot f_{yd}/f_{cd}$ per sezioni circolari

Deve verificarsi:

- $A_{sw}/(s \cdot b) \cdot f_{yd}/f_{cd} \geq \zeta$ per sezioni rettangolari
- $\rho_w \cdot f_{yd}/f_{cd} \geq 1,40 \cdot \zeta$ per sezioni circolari

con:

$\rho_w = V_{sc}/V_{cc}$ rapporto tra il volume complessivo delle armature di confinamento V_{sc} e volume di calcestruzzo confinato V_{cc} ;

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	57 di 126

$\zeta = 0,07$ per $a_g \geq 0,35$ g;

$\zeta = 0,05$ per $a_g \geq 0,25$ g;

$\zeta = 0,04$ per $a_g \geq 0,15$ g;

$\zeta = 0,03$ per $a_g < 0,15$ g.

Verifica armatura minima longitudinale secondo §2.2.6 [3]

$\rho_{min} =$	0.60%	
$A_c =$	275000	mm ²
$A_{s,min} =$	1650	mm ²
n barre (1° str.)	3	
f_i barre (1° str.)	22	mm
n barre (2° str.)	3	
f_i barre (2° str.)	22	mm
A_s	2280	mm ²
ρ	0.83%	<i>requisito soddisfatto</i>

Verifica armatura minima trasversale secondo §2.2.6 [3]

$a_g =$	0.229	g
$\zeta =$	0.05	
$\omega_{wd,r min} =$	0.04	

Armatura in dir. longitudinale

$A_{sw/s staffe} =$	0.0015	m ² /m
$A_{sw/s spille} =$	0.0000	m ² /m
$b =$	0.50	m
$f_{yd} =$	391	MPa
$f_{cd} =$	18.13	MPa
$\omega_{wd,r} =$	0.067	<i>requisito soddisfatto</i>

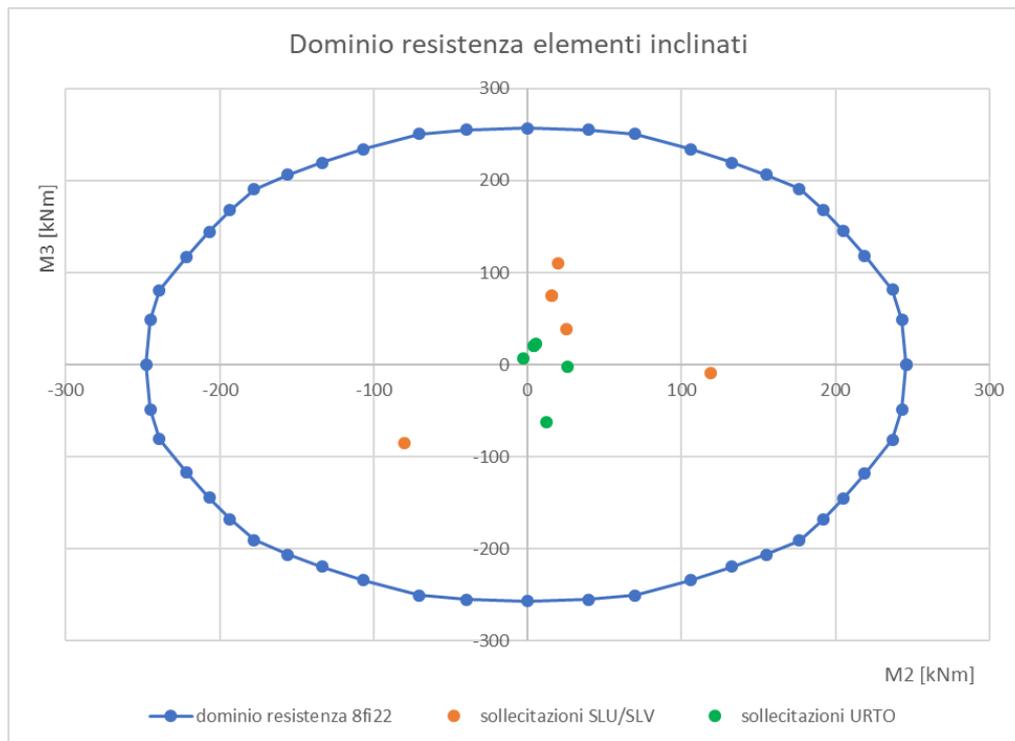
Armatura in dir. trasversale

$A_{sw/s staffe} =$	0.0015	m ² /m
$A_{sw/s spille} =$	0.0000	m ² /m
$b =$	0.55	m
$f_{yd} =$	391	MPa
$f_{cd} =$	18.13	MPa
$\omega_{wd,r} =$	0.061	<i>requisito soddisfatto</i>

L'armatura longitudinale di calcolo e l'armatura trasversale di calcolo rispettano le quantità minime indicate dalla normativa.

13.2.3 Verifiche SLU a flessione

Sono riportate a seguire le verifiche SLU della sezione di base della pila, espresse in forma sintetica mediante il diagramma di interazione M2 – M3.



La verifica risulta soddisfatta.

13.2.4 Verifiche SLU a taglio

Nel caso di sezioni rettangolari la verifica viene effettuata distintamente per le due direzioni longitudinale e trasversale.

Per quanto riguarda le combinazioni sismiche, con riferimento ai criteri della GR e a quanto precedentemente dichiarato nel §8.3.2, si procede al calcolo del taglio agente di calcolo sulla base dei risultati delle verifiche flessionali.

$$V_{gr} = V_{Ed} \cdot \gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}/M_{Ed} \leq q \cdot V_{Ed}$$

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	59 di 126

Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \text{sen } \alpha \quad \text{in cui}$$

d altezza utile della sezione

b_w larghezza minima della sezione

A_{sw} area dell'armatura trasversale

s interasse tra due armature trasversali consecutive

θ inclinazione delle bielle di calcestruzzo

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento

f_{cd}' resistenza a compressione ridotta (pari a $0,5 f_{cd}$)

α_c coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione

I valori di resistenza a taglio degli elementi in c.a. devono inoltre essere divisi per un coefficiente di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile γ_{Bd} valutato mediante la seguente espressione:

$$1 \leq \gamma_{Bd} = 1,25 + 1 - q \cdot V_{Ed} / V_{gr} \leq 1,25$$

Si considera il massimo taglio agente tra le combinazioni da carico esaminate e il valore ottenuto dalla gerarchia delle resistenze:

	SLU/SLV	URTO	GR
V2,Ed [kN]	76	31	227
V3, Ed	70	16	234

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	60 di 126

Verifica a taglio V2

classe cls	R_{ck}	40	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistente a V	b_w	550	mm
altezza membratura resistente a V	H	500	mm
altezza utile	d	460	mm
area della sezione	A_{TOT}	253000	mm^2
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	14	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	154	mm^2
0.9 d	z	414	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	200	mm
	n° stirups leg	2	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	A_{s_w} / s_w	1.54	mm^2/mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	353	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	2258	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	227	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	353	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	61 di 126

Verifica a taglio V3

classe cls	R_{ck}	40	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistente a V	b_w	500	mm
altezza membratura resistente a V	H	550	mm
altezza utile	d	510	mm
area della sezione	A_{TOT}	255000	mm^2
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	14	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	154	mm^2
0.9 d	z	459	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	200	mm
	n° stirups leg	2	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	A_{s_w} / s_w	1.54	mm^2/mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	391	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	2276	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	234	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	391	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

13.2.5 Verifica SLE delle tensioni

La verifica SLE di tipo tensionale si effettua verificando che le massime tensioni agenti nella sezione risultino inferiori ai seguenti valori limite:

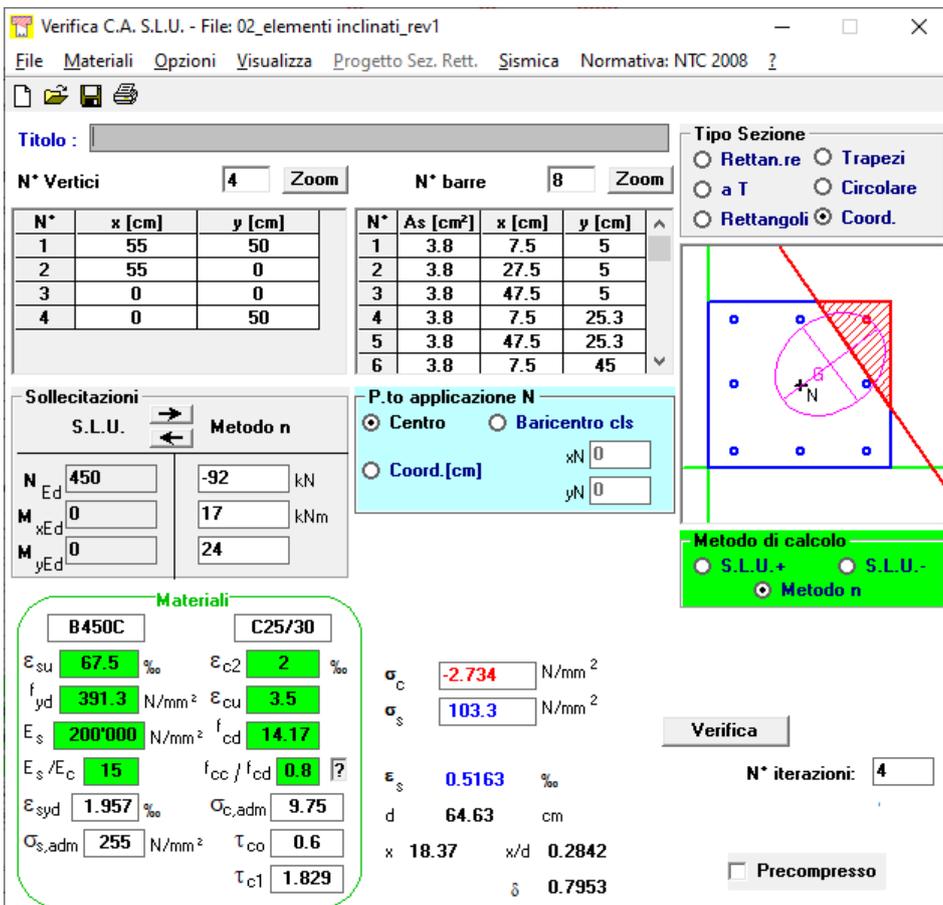
per le combinazioni SLE-RAR:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 18.3 \text{ MPa}$
- tensione limite nelle barre: $\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$

per le combinazioni SLE-QPE:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.40 f_{ck} = 13.3 \text{ MPa}$

Per la combinazione più gravosa si ottiene:



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays the following data:

Titolo: [Empty field]

N° Vertici: 4 **Zoom** **N° barre:** 8 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	55	50
2	55	0
3	0	0
4	0	50

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	7.5	5
2	3.8	27.5	5
3	3.8	47.5	5
4	3.8	7.5	25.3
5	3.8	47.5	25.3
6	3.8	7.5	45

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 450 kN
M_{Ed}: 0 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

Materiali: B450C, C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰, ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391.3 N/mm², ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 E_s : 200'000 N/mm², f_{cd} : 14.17 N/mm²
 E_s/E_c : 15, f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 ϵ_{syd} : 1.957 ‰, $\sigma_{c,adm}$: 9.75 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm², τ_{co} : 0.6 N/mm², τ_{c1} : 1.829 N/mm²

P.to applicazione N: Centro, Baricentro cls, Coord. [cm]

σ_c : -2.734 N/mm²
 σ_s : 103.3 N/mm²
 ϵ_s : 0.5163 ‰
d: 64.63 cm
x: 18.37, x/d: 0.2842
 δ : 0.7953

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

Verifica: N° iterazioni: 4

Precompresso

I valori di tensione sono compatibili con i limiti di normativa.

13.2.6 Verifiche SLE a fessurazione

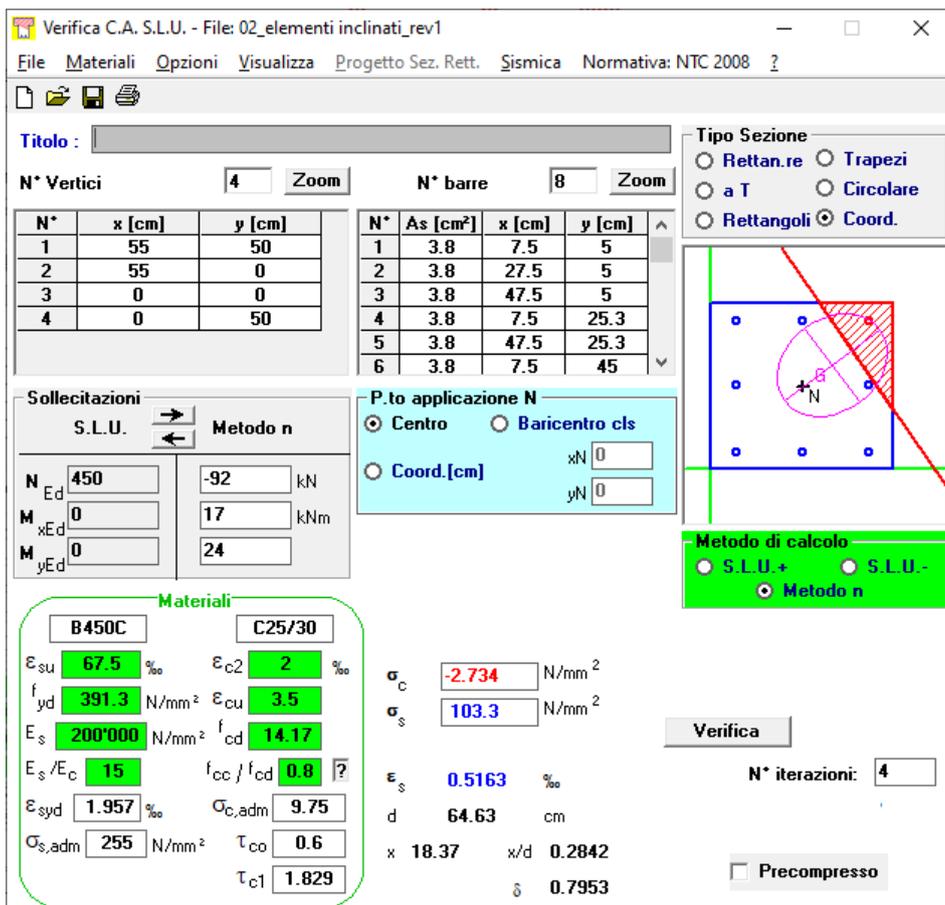
La verifica SLE a fessurazione si effettua verificando che il massimo valore di apertura delle fessure risulti inferiore ai seguenti valori limite:

per le combinazioni SLE-RAR:

- apertura fessure limite: $w_{lim} = w_1 = 0.20 \text{ mm}$

Nel caso in esame si ottiene:

SLE 1



Titolo : _____

N° Vertici **Zoom** **N° barre** **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	55	50
2	55	0
3	0	0
4	0	50

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	7.5	5
2	3.8	27.5	5
3	3.8	47.5	5
4	3.8	7.5	25.3
5	3.8	47.5	25.3
6	3.8	7.5	45

Tipologia Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N Ed **-92** kN
M xEd **17** kNm
M yEd **24** kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Materiali
B450C **C25/30**
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica **N° iterazioni:**

Precompresso

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	64 di 126

INPUT	
B section	550 mm
h section	500 mm
y rebar	51 mm
Φ (rebar)	22 mm
n.rebar	3 -
cls C	35 MPa
x N.A.	183.7 mm
σs	103.3 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
ε sm -ε cm	3.01E-04 -
maximum distance of crack	
s r, max	3.26E+02 mm
crack dimension	
wk	0.0982 mm
LIMIT	0.20 mm
verification satisfied	

SLE 2

Verifica C.A. S.L.U. - File: 02_elementi inclinati_rev1

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 8 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	55	50	1	3.8	7.5	5
2	55	0	2	3.8	27.5	5
3	0	0	3	3.8	47.5	5
4	0	50	4	3.8	7.5	25.3
			5	3.8	47.5	25.3
			6	3.8	7.5	45

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Collezioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 450 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baicentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

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

Materiali:
B450C: ε_{su} 67.5%, f_{yd} 391.3 N/mm², E_s 200'000 N/mm², E_s/E_c 15, E_{syd} 1.957%, σ_{s,adm} 255 N/mm²
C25/30: E_{c2} 2%, ε_{cu} 3.5, f_{cd} 14.17, f_{cc}/f_{cd} 0.8, σ_{c,adm} 9.75, τ_{co} 0.6, τ_{c1} 1.829

σ_c: -7.06 N/mm²
σ_s: 168.3 N/mm²
ε_s: 0.8417%
d: 65.25 cm
x: 25.2, x/d: 0.3861
δ: 0.9227

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	65 di 126

INPUT	
B section	550 mm
h section	500 mm
y rebar	51 mm
Φ (rebar)	22 mm
n.rebar	3 -
cls C	35 MPa
x N.A.	252 mm
σs	168.3 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
ε sm -ε cm	4.90E-04 -
maximum distance of crack	
s r, max	2.85E+02 mm
crack dimension	
wk	0.1398 mm
LIMIT	0.20 mm
verification satisfied	

La verifica risulta soddisfatta.

13.3 Fusto pila

13.3.1 Geometria della sezione di verifica e armatura

B	250	cm
h	50	cm

Armatura longitudinale

	d	As	numero
	mm	cm ²	-
esterno	24	90.48	20
interno	24	90.48	20
lateral	24	9.05	2
		190.00	42

Armatura a taglio

Taglio longitudinale:	Staffe ϕ 14/150 5 bracci
Taglio trasversale:	Staffe ϕ 14/150 2 bracci

13.3.2 Verifica dell'armatura minima

Le armature del fusto pila devono soddisfare le quantità minime indicate dalla normativa e che vengono riepilogate di seguito.

Armatura minima longitudinale:

- $\rho_{\min} = 0,60 \%$

Armatura minima trasversale nelle zone critiche:

La percentuale meccanica è definita dalle espressioni:

- $\omega_{wd,r} = A_{sw}/(s \cdot b) \cdot f_{yd}/f_{cd}$ per sezioni rettangolari
- $\omega_{wd,c} = 4 A_{sp}/(D_{sp} \cdot s) \cdot f_{yd}/f_{cd}$ per sezioni circolari

Deve verificarsi:

- $A_{sw}/(s \cdot b) \cdot f_{yd}/f_{cd} \geq \zeta$ per sezioni rettangolari
- $\rho_w \cdot f_{yd}/f_{cd} \geq 1,40 \cdot \zeta$ per sezioni circolari

con:

$\rho_w = V_{sc}/V_{cc}$ rapporto tra il volume complessivo delle armature di confinamento V_{sc} e volume di calcestruzzo confinato V_{cc} ;

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	67 di 126

$\zeta = 0,07$ per $a_g \geq 0,35$ g;

$\zeta = 0,05$ per $a_g \geq 0,25$ g;

$\zeta = 0,04$ per $a_g \geq 0,15$ g;

$\zeta = 0,03$ per $a_g < 0,15$ g.

Verifica armatura minima longitudinale secondo §2.2.6 [3]

$\rho_{min} =$	0.60%	
$A_c =$	1250000	mm ²
$A_{s,min} =$	7500	mm ²
n barre (1° str.)	20	
f _i barre (1° str.)	24	mm
n barre (2° str.)	20	
f _i barre (2° str.)	24	mm

Verifica armatura minima trasversale secondo §2.2.6 [3]

$a_g =$	0.229	g
$\zeta =$	0.05	
$\omega_{wd,r} min =$	0.04	

Armatura in dir. longitudinale

$A_{sw/s} staffe =$	0.0021	m ² /m
$A_{sw/s} spille =$	0.0000	m ² /m
$b =$	0.50	m
$f_{yd} =$	391	MPa
$f_{cd} =$	18.13	MPa
$\omega_{wd,r} =$	0.089	<i>requisito soddisfatto</i>

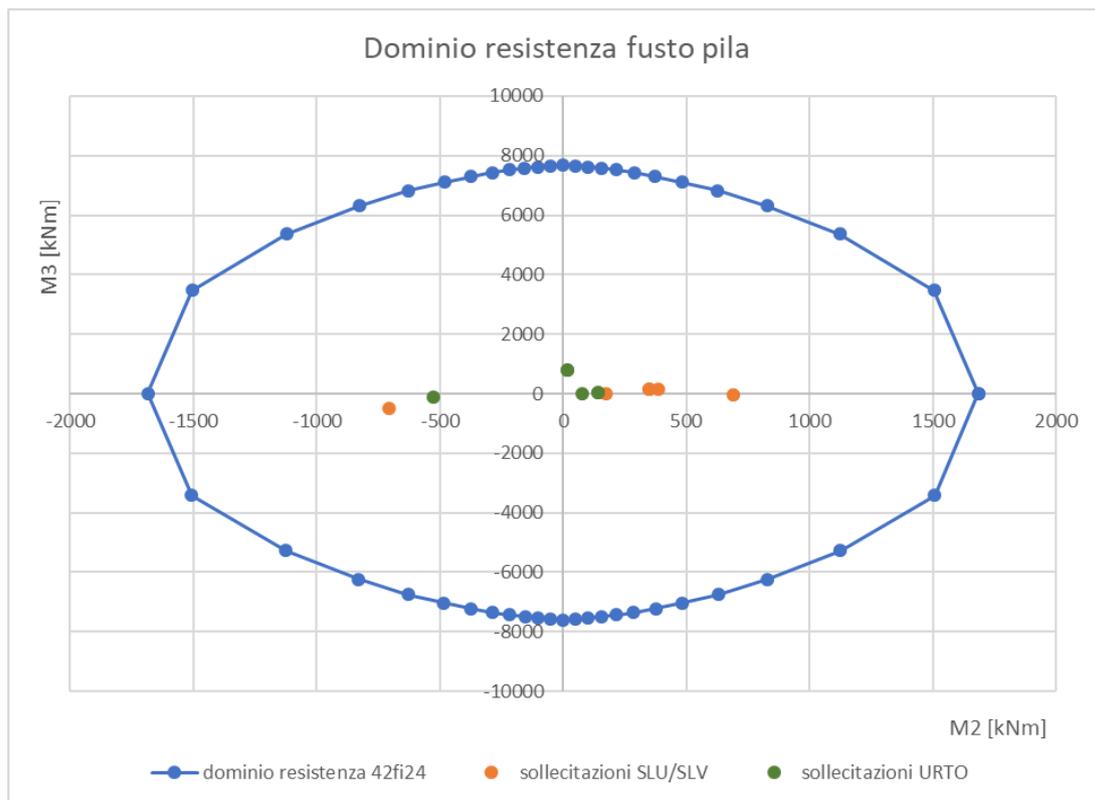
Armatura in dir. trasversale

$A_{sw/s} staffe =$	0.0051	m ² /m
$A_{sw/s} spille =$	0.0000	m ² /m
$b =$	2.50	m
$f_{yd} =$	391	MPa
$f_{cd} =$	18.13	MPa
$\omega_{wd,r} =$	0.044	<i>requisito soddisfatto</i>

L'armatura longitudinale di calcolo e l'armatura trasversale di calcolo rispettano le quantità minime indicate dalla normativa.

13.3.3 Verifiche SLU a flessione

Sono riportate a seguire le verifiche SLU della sezione di base della pila, espresse in forma sintetica mediante il diagramma di interazione M2 – M3.



La verifica risulta soddisfatta.

13.3.4 Verifiche SLU a taglio

Nel caso di sezioni rettangolari la verifica viene effettuata distintamente per le due direzioni longitudinale e trasversale.

Per quanto riguarda le combinazioni sismiche, con riferimento ai criteri della GR e a quanto precedentemente dichiarato nel §8.3.2, si procede al calcolo del taglio agente di calcolo sulla base dei risultati delle verifiche flessionali.

$$V_{gr} = V_{Ed} \cdot \gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}/M_{Ed} \leq q \cdot V_{Ed}$$

Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \text{sen } \alpha \quad \text{in cui}$$

d altezza utile della sezione

b_w larghezza minima della sezione

A_{sw} area dell'armatura trasversale

s interasse tra due armature trasversali consecutive

θ inclinazione delle bielle di calcestruzzo

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento

f_{cd}' resistenza a compressione ridotta (pari a $0,5 f_{cd}$)

α_c coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione

I valori di resistenza a taglio degli elementi in c.a. devono inoltre essere divisi per un coefficiente di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile γ_{Bd} valutato mediante la seguente espressione:

$$1 \leq \gamma_{Bd} = 1,25 + 1 - q \cdot V_{Ed} / V_{gr} \leq 1,25$$

Si considera il massimo taglio agente tra le combinazioni da carico esaminate e il valore ottenuto dalla gerarchia delle resistenze:

	SLU/SLV	URTO	GR
V2,Ed [kN]	129	697	411
V3, Ed	152	391	1874

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	70 di 126

Verifica a taglio V2

classe cls	R_{ck}	40	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistene a V	b_w	2500	mm
altezza membratura resistene a V	H	500	mm
altezza utile	d	460	mm
area della sezione	A_{TOT}	1150000	mm ²
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	14	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	154	mm ²
0.9 d	z	414	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	150	mm
	n° stirups leg	5	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	A_{s_w} / s_w	5.13	mm ² /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	1176	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	10264	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	697	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	1176	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	71 di 126

Verifica a taglio V3

classe cls	R_{ck}	40	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistene a V	b_w	500	mm
altezza membratura resistene a V	H	2500	mm
altezza utile	d	2460	mm
area della sezione	A_{TOT}	1230000	mm^2
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	14	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	154	mm^2
0.9 d	z	2214	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	150	mm
	n° stirups leg	2	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	A_{s_w} / s_w	2.05	mm^2/mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	2515	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	10978	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	1874	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	2515	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

13.3.5 Verifica SLE delle tensioni

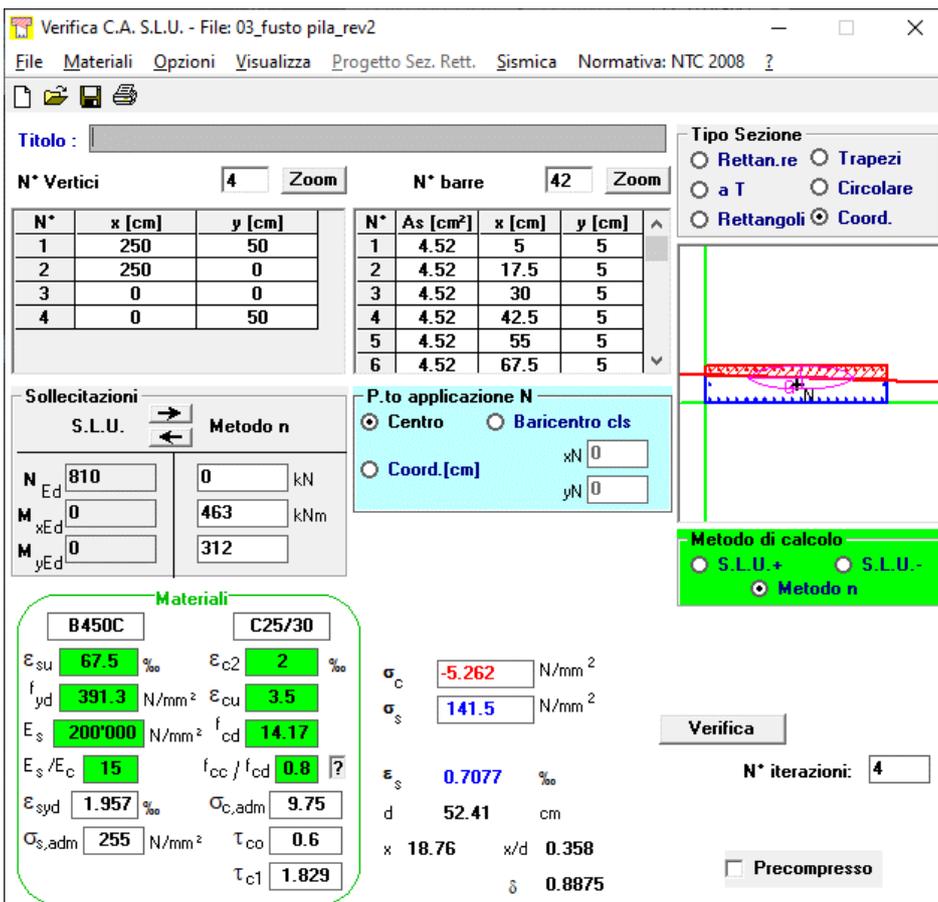
La verifica SLE di tipo tensionale si effettua verificando che le massime tensioni agenti nella sezione risultino inferiori ai seguenti valori limite:

per le combinazioni SLE-RAR:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 18.3 \text{ MPa}$
- tensione limite nelle barre: $\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$

per le combinazioni SLE-QPE:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.40 f_{ck} = 13.3 \text{ MPa}$



Verifica C.A. S.L.U. - File: 03_fusto_pila_rev2

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 42 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	250	50
2	250	0
3	0	0
4	0	50

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	4.52	5	5
2	4.52	17.5	5
3	4.52	30	5
4	4.52	42.5	5
5	4.52	55	5
6	4.52	67.5	5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 810 kN M_{Ed}: 0 kNm M_{xEd}: 0 M_{yEd}: 312

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

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

Materiali: B450C C25/30

ϵ_{su} : 67.5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰ σ_c : -5.262 N/mm²

f_{yd} : 391.3 N/mm² ϵ_{cu} : 3.5 ‰ σ_s : 141.5 N/mm²

E_s : 200'000 N/mm² f_{cd} : 14.17 ϵ_s : 0.7077 ‰

E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0.8 ϵ_{syd} : 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 9.75

$\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0.6 d: 52.41 cm

x: 18.76 x/d: 0.358 N° iterazioni: 4

δ : 0.8875 Precompresso

I valori di tensione sono compatibili con i limiti di normativa.

13.3.6 Verifiche SLE a fessurazione

La verifica SLE a fessurazione si effettua verificando che il massimo valore di apertura delle fessure risulti inferiore ai seguenti valori limite:

per le combinazioni SLE-RAR:

- apertura fessure limite: $w_{lim} = w_1 = 0.20 \text{ mm}$

INPUT	
B section	2500 mm
h section	500 mm
y rebar	52 mm
Φ (rebar)	24 mm
n.rebar	20 -
cls C	35 MPa
x N.A.	187.6 mm
σs	141.5 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
ε sm -ε cm	4.12E-04 -
maximum distance of crack	
s r, max	2.53E+02 mm
crack dimension	
wk	0.1045 mm
LIMIT	0.20 mm
verification satisfied	

La verifica risulta soddisfatta.

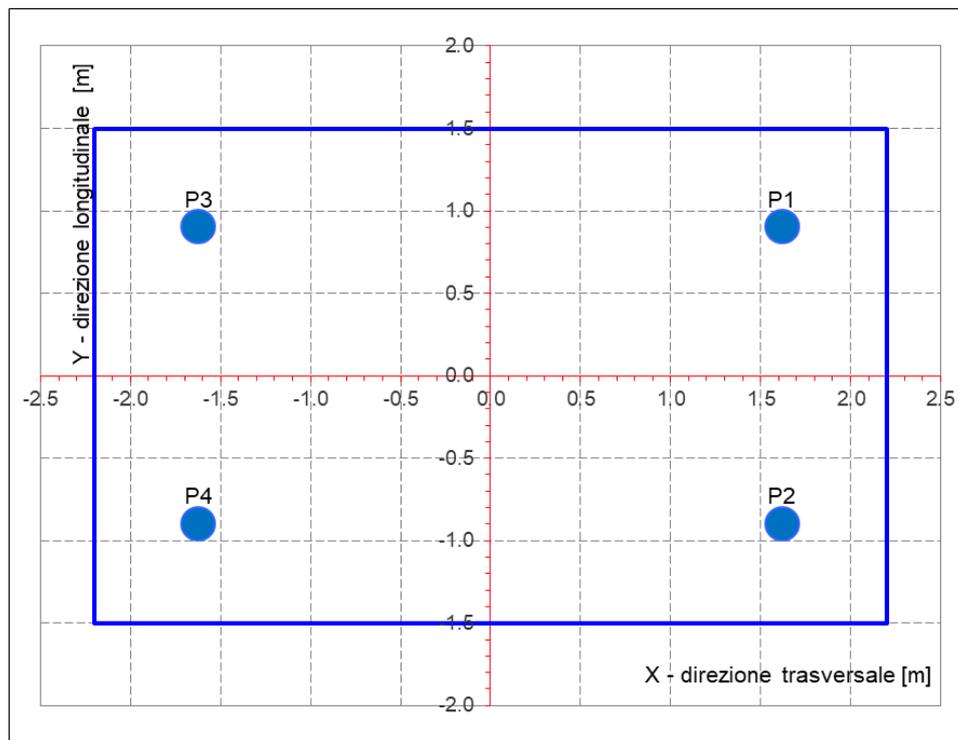
13.4 Verifiche strutturali dei pali di fondazione – pila 1

13.4.1 Sollecitazioni alla testa dei pali

Le sollecitazioni combinate alla base del plinto sono distribuite rigidamente alla testa dei pali.

Geometria della palificata

num.	X (trasv)	Y (long)	X ²	Y ²	WI	Wt
	m	m	m ²	m ²		
P1	1.62	0.90	2.6	0.8	3.6E+00	6.5E+00
P2	1.62	-0.90	2.6	0.8	-3.6E+00	6.5E+00
P3	-1.62	0.90	2.6	0.8	3.6E+00	-6.5E+00
P4	-1.62	-0.90	2.6	0.8	-3.6E+00	-6.5E+00



Seguono le forze assiali N [kN] agenti alla testa dei pali:

		Palo 1	Palo 2	Palo 3	Palo 4
SLE-QP	SLE-QPE-001	397	309	196	108
	SLE-QPE-002	399	308	201	111
	SLE-QPE-003	399	308	201	111
SLE-RAR	SLE-RAR-001	345	359	229	243
	SLE-RAR-002	313	360	229	276
	SLE-RAR-003	251	395	146	290
	SLE-RAR-004	197	396	146	344
	SLE-RAR-005	323	359	192	227
	SLE-RAR-006	290	359	191	260
	SLE-RAR-006	585	254	348	17
	SLE-RAR-007	552	254	348	49
	SLE-RAR-008	651	219	344	-87
	SLE-RAR-009	596	220	344	-33
	SLE-RAR-010	562	253	310	1
SLE-RAR-011	530	253	310	34	
SLU-GEO	SLU-GEO-001	613	247	337	-29
	SLU-GEO-002	250	421	139	310
	SLU-GEO-003	606	403	175	-28
	SLU-GEO-004	257	265	301	310
	SLU-GEO-005	527	327	255	55
	SLU-GEO-006	336	341	221	226
SLU-STR	SLU-STR-001	464	494	320	350
	SLU-STR-002	415	494	320	399
	SLU-STR-003	342	547	228	434
	SLU-STR-004	260	548	228	515
	SLU-STR-005	449	493	296	340
	SLU-STR-006	400	493	296	389
	SLU-STR-007	824	335	499	11
	SLU-STR-008	775	336	498	59
	SLU-STR-009	941	283	526	-132
	SLU-STR-010	860	284	525	-51
	SLU-STR-011	809	334	475	0
	SLU-STR-012	760	334	474	49

SLV	SLU-SIS-001	420	469	277	326
	SLU-SIS-002	371	470	277	375
	SLU-SIS-003	279	523	153	397
	SLU-SIS-004	198	524	152	478
	SLU-SIS-005	386	468	221	303
	SLU-SIS-006	337	469	220	352
URTO	URT-001	570	483	22	-65
	URT-002	240	466	39	265
		kN	kN	kN	kN

D (m)	0.6
k_h (kN/m ³)	33333
f_{ck} (Mpa)	25
E (Mpa)	31476
J (m ⁴)	0.0064
λ (cm)	251.56

Segue riepilogo dei valori massimi e minimi della forza assiale N [kN] e del taglio medio T [kN]:

			N_{max}	N_{min}	T_{media}	T_{media_gruppo}	M_{max}
			[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]
SLU-STR	SLU1.1 Max	SLU-STR-001	494	320	54	59	74
	SLU1.1 Min	SLU-STR-002	494	320	42	46	58
	SLU1.2 Max	SLU-STR-003	547	228	63	69	87
	SLU1.2 Min	SLU-STR-004	548	228	47	51	65
	SLU1.3 Max	SLU-STR-005	493	296	50	56	70
	SLU1.3 Min	SLU-STR-006	493	296	39	43	54
	SLU1.4 Max	SLU-STR-007	824	11	34	37	46
	SLU1.4 Min	SLU-STR-008	775	59	17	19	24
	SLU1.5 Max	SLU-STR-009	941	-132	35	39	49
	SLU1.5 Min	SLU-STR-010	860	-51	14	15	19
	SLU1.6 Max	SLU-STR-011	809	0	31	34	43
	SLU1.6 Min	SLU-STR-012	760	49	14	16	20
SLV	SLV1 Max	SLU-SIS-001	469	277	85	94	118
	SLV1 Min	SLU-SIS-002	470	277	76	84	105

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	77 di 126

	SLV2 Max	SLU-SIS-003	523	153	91	100	126
	SLV2 Min	SLU-SIS-004	524	152	78	86	108
	SLV3 Max	SLU-SIS-005	468	221	78	86	108
	SLV3 Min	SLU-SIS-006	469	220	70	77	96
URTO	URTO Max	URT-001	570	-65	11	12	15
	URTO Min	URT-002	466	39	200	220	277

SLU-GEO	GEO1 Max	SLU-GEO-001	613	-29	29	32	40
	GEO1 Min	SLU-GEO-002	421	139	19	21	27
	GEO2 Max	SLU-GEO-003	606	-28	46	50	63
	GEO2 Min	SLU-GEO-004	201	148	20	22	28
	GEO3 Max	SLU-GEO-005	502	30	24	26	33
	GEO3 Min	SLU-GEO-006	316	196	9	10	13

SLE	SLE2.2 Min	SLE-QPE-001	426	138	11	12	15
	SLE2.3 Max	SLE-QPE-002	316	27	12	13	16
	SLE2.3 Min	SLE-QPE-003	424	136	12	13	16
	SLE1.1 Max	SLE-RAR-001	359	229	36	40	50
	SLE1.1 Min	SLE-RAR-002	360	229	29	32	40
	SLE1.2 Max	SLE-RAR-003	395	146	40	44	55
	SLE1.2 Min	SLE-RAR-004	396	146	29	32	41
	SLE1.3 Max	SLE-RAR-005	359	192	32	35	44
	SLE1.3 Min	SLE-RAR-006	359	191	24	27	33
	SLE1.4 Max	SLE-RAR-006	585	17	23	25	32
	SLE1.4 Min	SLE-RAR-007	552	49	12	13	17
	SLE1.5 Max	SLE-RAR-008	651	-87	22	24	31
	SLE1.5 Min	SLE-RAR-009	513	-116	10	11	14
	SLE1.6 Max	SLE-RAR-010	592	30	19	21	26
	SLE1.6 Min	SLE-RAR-011	559	63	8	9	11

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	78 di 126

13.4.2 Geometria della sezione di verifica e armatura

Nelle tabelle seguenti sono descritte le caratteristiche geometriche della sezione di verifica dei pali di fondazione, nonché le caratteristiche di resistenza dei materiali.

GEOMETRIA DELLA SEZIONE

Diametro del palo =	600	mm
Copriferro netto c =	60	mm
Classe di resistenza calcestruzzo =	C25/30	Mpa
Classe di resistenza delle barre =	B450C	MPa

Nella seguente tabella sono descritte le caratteristiche geometriche dell'armatura flessionale e a taglio dei pali.

ARMATURA LONGITUDINALE

Numero barre long.	26	-
Diametro barre long.	22	mm

ARMATURA TRASVERSALE

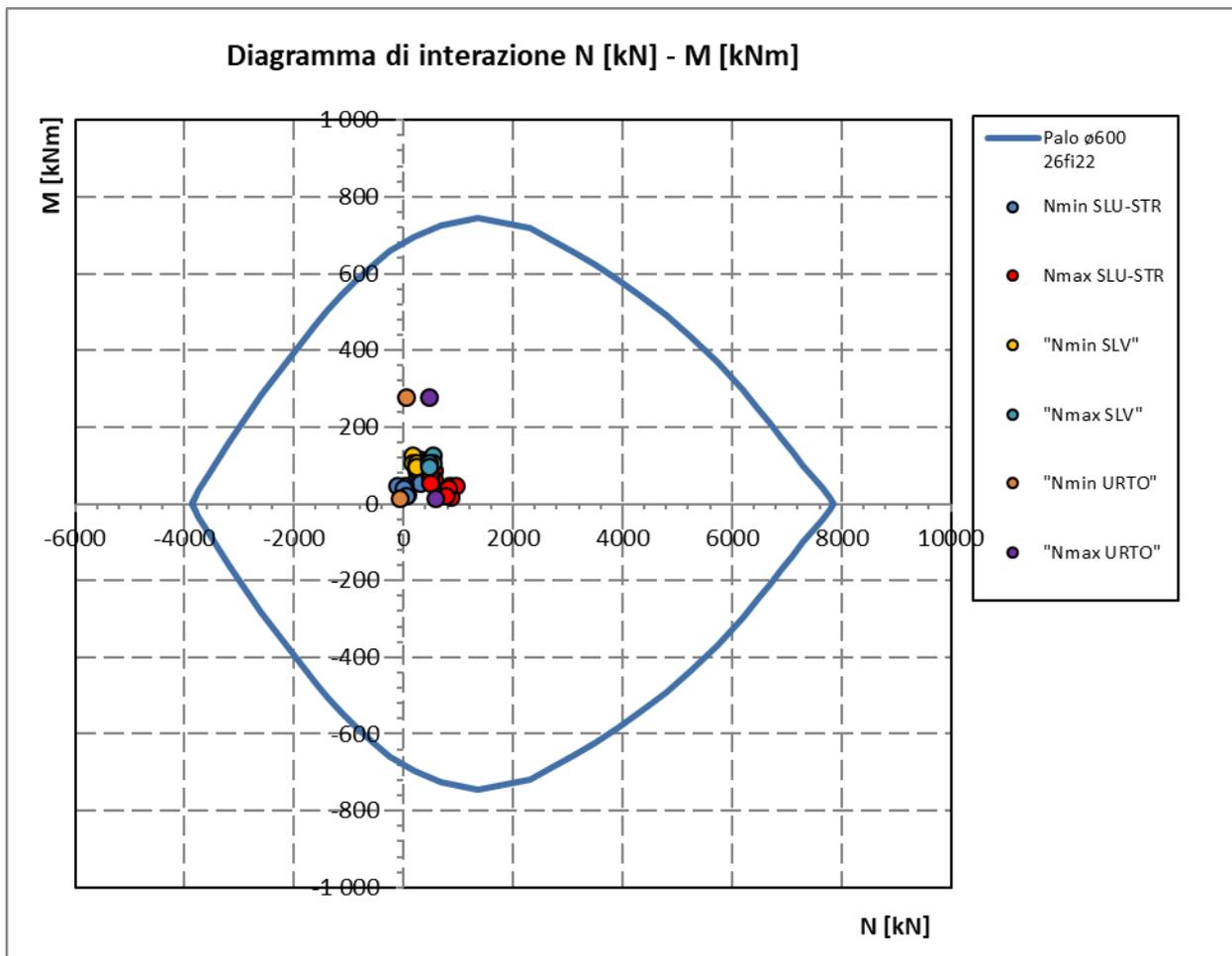
Diametro barre trasv.	12	mm
Passo arm. trasv.	200	mm

VERIFICA ARMATURA MINIMA LONG.

ρ_{min} =	1.00%	
A_c =	282743	mm ²
$A_{s,min}$ =	2827	mm ²
Armatura long. tot $A_{sd,tot}$ =	9883	mm ²
ρ_l =	3.50%	

13.4.3 Verifica SLU a presso-flessione

Sono riportate a seguire le verifiche SLU della sezione di sommità del palo maggiormente sollecitato, espresse in forma sintetica mediante il diagramma di interazione N [kN] – M [kNm].



Si riportano le verifiche di dettaglio nelle combinazioni di carico più gravose.

13.4.4 Verifica SLU a taglio

Si inseriscono le seguenti armature trasversali: $\phi 12/20$, 2 bracci.

classe cls	R_{ck}	30	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	25	N/mm^2
	f_{cd}	14	N/mm^2
diametro	Φ	600	mm
Area sezione	A	282743	mm^2
copriferro	c	80	mm
Area sezione rettangolare equivalente	A_{eq}	222244	mm^2
altezza utile equivalente	d	440	mm
larghezza equivalente	b_w	505	mm
altezza equivalente	h_{eq}	560	mm
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N		N
	σ_{cp}	0.000	N/mm^2
	α_{cp}	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
B450C	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	ϕ_w	12	mm
Area staffa (spilla)	A_{ϕ_w}	113	mm^2
0.9 d	z	396	mm
passo spirale	s_w	200	mm
	n° bracci	2	
angolo di inclinazione biella compressa	θ	21.8	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	2.50	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	90	°
	$\cot(\alpha)$	0.00	
	A_{s_w} / s_w	1.13	mm^2/mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	438	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	487	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	220	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	438	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

13.4.5 Verifica SLE delle tensioni

SLE-RAR-008

Verifica C.A. S.L.U. - File: 05_palo_600r_rara

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
Raggio interno: 0 [cm]
N° barre uguali: 26
Diametro barre: 2.2 [cm]
Coprifero (baric.): 7 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 -87 kN
M_{xEd}: 0 31 kNm
M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N

Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Materiali

B450C C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 14.17
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
τ_{c1}: 1.829

σ_c: -1.071 N/mm²
σ_s: 33.16 N/mm²
ε_s: 0.1658 ‰
d: 53 cm
x: 17.3 x/d: 0.3264
δ: 0.848

Vertici: 50
N° iterazioni: 3

Verifica

Precompresso

Rck	30	MPa		
fck	24.9	MPa		
fyk	450	MPa		
σ _c	-1.07	MPa	<	0.6 fck = -14.94 MPa
σ _s	33.16	MPa	<	0.8 fyk = 360 MPa
x	173	mm		

Le verifiche sono soddisfatte.

13.4.6 Verifica SLE a fessurazione

Per la condizione di carico SLE rara più gravosa, si ottiene:

INPUT		
R_{ck}	30	Mpa
h	1500	mm
c_1	83	mm
\varnothing_1	22	mm
n_1	8.297	1/m
c_2	119	mm
\varnothing_2	0	mm
n_2	8.297	1/m
d	1417	mm
b_{eff}	121	mm
x	173	mm
σ_{s_max1}	33	Mpa
σ_{s_max2}	33	Mpa
$h_{c,eff}$	208	mm
$A_{c,eff}$	25009	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.015	
k_t	0.6	
k_1	0.8	
k_2	0.5	
k_3	3.4	
k_4	0.425	

OUTPUT		
diff. def. armature-clc		
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	9.66E-05	-
distanza max fessure		
$s_{r,max}$	491	mm
ampiezza fessure:		
w_k	0.047	mm
w_{lim}	2.000	mm
La verifica è soddisfatta.		

La verifica è soddisfatta.

14 VERIFICHE STRUTTURALI DEL FUSTO PILA 4C

14.1 Trasverso di sommità

14.1.1 Geometria della sezione di verifica e armatura

B **65** cm
h **30** cm

Armatura longitudinale

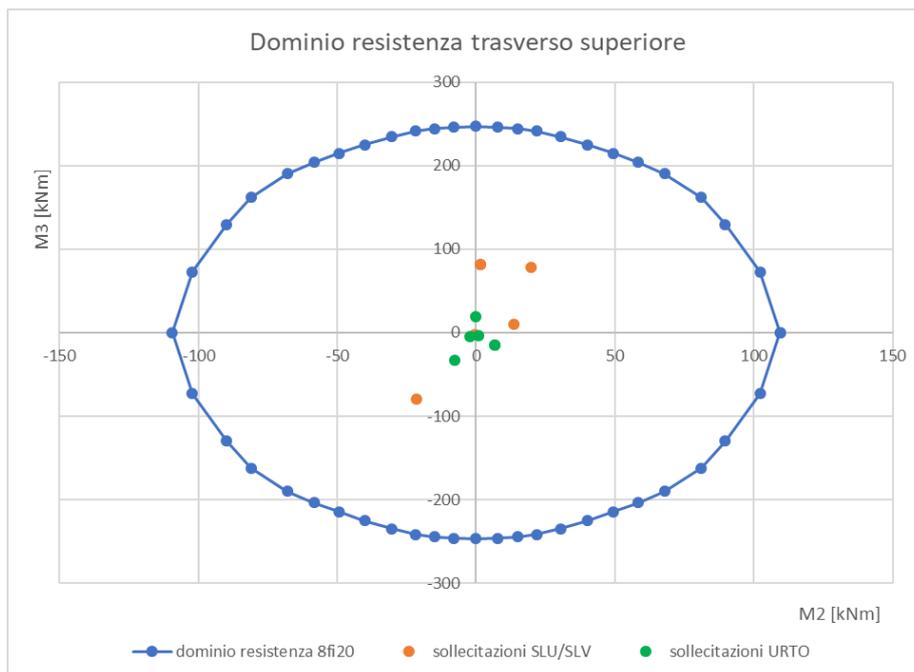
	d	As	numero
	mm	cm ²	-
esterno	20	9.42	3
interno	20	9.42	3
lateral	20	6.28	2
		25.13	8

Armatura a taglio

Staffe $\phi 12/200$ 4 bracci

14.1.2 Verifiche SLU a flessione

Sono riportate a seguire le verifiche SLU della sezione di base della pila, espresse in forma sintetica mediante il diagramma di interazione M2 – M3.



La verifica risulta soddisfatta.

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	84 di 126

14.1.3 Verifiche SLU a taglio

Nel caso di sezioni rettangolari la verifica viene effettuata distintamente per le due direzioni longitudinale e trasversale.

Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \sin \alpha \quad \text{in cui}$$

d altezza utile della sezione

b_w larghezza minima della sezione

A_{sw} area dell'armatura trasversale

s interasse tra due armature trasversali consecutive

θ inclinazione delle bielle di calcestruzzo

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento

f_{cd}' resistenza a compressione ridotta (pari a $0,5 f_{cd}$)

α_c coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione

I valori di resistenza a taglio degli elementi in c.a. devono inoltre essere divisi per un coefficiente di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile γ_{Bd} valutato mediante la seguente espressione:

$$1 \leq \gamma_{Bd} = 1.25 + 1 - q \cdot V_{Ed} / V_{gr} \leq 1.25$$

	SLU/SLV	URTO
V2,Ed [kN]	94	33
V3, Ed	23	5

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	85 di 126

Verifica a taglio V2

classe cls	R_{ck}	45	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistene a V	b_w	650	mm
altezza membratura resistene a V	H	300	mm
altezza utile	d	260	mm
area della sezione	A_{TOT}	169000	mm^2
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	12	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	113	mm^2
0.9 d	z	234	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	200	mm
	n° stirups leg	4	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	A_{s_w} / s_w	2.26	mm^2/mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	293	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	1508	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	94	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	293	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	86 di 126

Verifica a taglio V3

classe cls	Rck	45	N/mm ²
resist. Caratteristica cilindrica	fck	35	N/mm ²
	fcd	20	
coeff. parziale	γc	1.5	
larghezza membratura resistente a V	bw	300	mm
altezza membratura resistente a V	H	650	mm
altezza utile	d	610	mm
area della sezione	Asez	183000	mm ²
diametro ferro longitudinale	fl	20	mm
area armatura	Asl	314.2	mm ²
	strato	1	
	passo	200	mm
	nf/strato	2	
area armatura totale	Af tot	471.2	mm ²
percentuale di armatura	ρl	0.0026	
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
	σcp	0.00	N/mm ²
	k	1.57	
	vmin	0.41	
taglio resistente	Vrd1	72	kN
	Vrd2	75	kN
taglio sollecitante	Ved	23	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
	Vrd	75	kN
	Ved	<	Vrd
		verifica	

14.1.4 Verifica SLE delle tensioni

La verifica SLE di tipo tensionale si effettua verificando che le massime tensioni agenti nella sezione risultino inferiori ai seguenti valori limite:

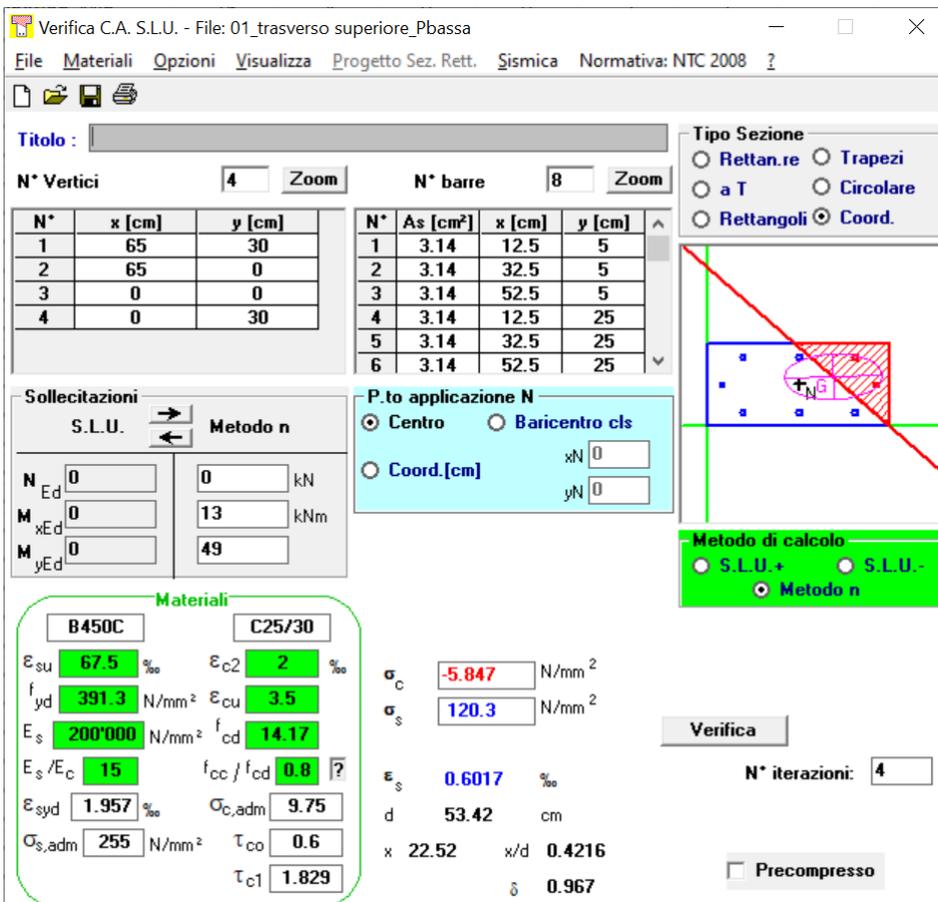
per le combinazioni SLE-RAR:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 18.3 \text{ MPa}$
- tensione limite nelle barre: $\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$

per le combinazioni SLE-QPE:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.40 f_{ck} = 13.3 \text{ MPa}$

Per la combinazione più gravosa si ottiene:



Titolo : _____

N° Vertici 4 **Zoom** **N° barre** 8 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	65	30
2	65	0
3	0	0
4	0	30

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.14	12.5	5
2	3.14	32.5	5
3	3.14	52.5	5
4	3.14	12.5	25
5	3.14	32.5	25
6	3.14	52.5	25

Sollecitazioni
S.L.U. **Metodo n**

N_{Ed} 0 **0** kN
M_{xEd} 0 **13** kNm
M_{yEd} 0 **49**

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
B450C C25/30
ε_{su} 67.5 ‰ **ε_{c2}** 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² **ε_{cu}** 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm² **f_{cd}** 14.17
E_s/E_c 15 **f_{cc}/f_{cd}** 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ **σ_{c,adm}** 9.75
σ_{s,adm} 255 N/mm² **τ_{co}** 0.6
τ_{c1} 1.829

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

Verifica
N° iterazioni: 4
 Precompresso

σ_c -5.847 N/mm²
σ_s 120.3 N/mm²
ε_s 0.6017 ‰
d 53.42 cm
x 22.52 **x/d** 0.4216
δ 0.967

I valori di tensione sono compatibili con i limiti di normativa.

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	88 di 126

14.1.5 Verifiche SLE a fessurazione

La verifica SLE a fessurazione si effettua verificando che il massimo valore di apertura delle fessure risulti inferiore ai seguenti valori limite:

per le combinazioni SLE-RAR:

- apertura fessure limite: $w_{lim} = w_1 = 0.20 \text{ mm}$

Nel caso in esame si ottiene:

INPUT	
B section	650 mm
h section	300 mm
y rebar	50 mm
Φ (rebar)	20 mm
n.rebar	3 -
cls C	35 MPa
x N.A.	225.2 mm
σs	120.3 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
ε sm -ε cm	3.67E-04 -
maximum distance of crack	
s r, max	1.94E+02 mm
crack dimension	
wk	0.0713 mm
LIMIT	0.20 mm
verification satisfied	

La verifica risulta soddisfatta.

14.2 Elementi inclinati

14.2.1 Geometria della sezione di verifica e armatura

B	50	cm
h	55	cm

Armatura longitudinale

	d	As	numero
	mm	cm ²	-
esterno	22	11.40	3
interno	22	11.40	3
lateral	22	7.60	2
		30.41	8

Armatura a taglio

Taglio longitudinale: Staffe $\phi 14/200$ 2 bracci

Taglio trasversale: Staffe $\phi 14/200$ 2 bracci

14.2.2 Verifica dell'armatura minima

Le armature del fusto pila devono soddisfare le quantità minime indicate dalla normativa e che vengono riepilogate di seguito.

Armatura minima longitudinale:

- $\rho_{\min} = 0,60 \%$

Armatura minima trasversale nelle zone critiche:

La percentuale meccanica è definita dalle espressioni:

- $\omega_{wd,r} = A_{sw}/(s \cdot b) \cdot f_{yd}/f_{cd}$ per sezioni rettangolari
- $\omega_{wd,c} = 4 A_{sp}/(D_{sp} \cdot s) \cdot f_{yd}/f_{cd}$ per sezioni circolari

Deve verificarsi:

- $A_{sw}/(s \cdot b) \cdot f_{yd}/f_{cd} \geq \zeta$ per sezioni rettangolari
- $\rho_w \cdot f_{yd}/f_{cd} \geq 1,40 \cdot \zeta$ per sezioni circolari

con:

$\rho_w = V_{sc}/V_{cc}$ rapporto tra il volume complessivo delle armature di confinamento V_{sc} e volume di calcestruzzo confinato V_{cc} ;

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	90 di 126

$\zeta = 0,07$ per $a_g \geq 0,35$ g;

$\zeta = 0,05$ per $a_g \geq 0,25$ g;

$\zeta = 0,04$ per $a_g \geq 0,15$ g;

$\zeta = 0,03$ per $a_g < 0,15$ g.

Verifica armatura minima longitudinale secondo §2.2.6 [3]

$\rho_{min} =$	0.60%	
$A_c =$	275000	mm ²
$A_{s,min} =$	1650	mm ²
n barre (1° str.)	3	
f _i barre (1° str.)	22	mm
n barre (2° str.)	3	
f _i barre (2° str.)	22	mm
A_s	2280	mm ²
ρ	0.83%	<i>requisito soddisfatto</i>

Verifica armatura minima trasversale secondo §2.2.6 [3]

$a_g =$	0.229	g
$\zeta =$	0.05	
$\omega_{wd,r min} =$	0.04	

Armatura in dir. longitudinale

$A_{sw/s staffe} =$	0.0015	m ² /m
$A_{sw/s spille} =$	0.0000	m ² /m
$b =$	0.50	m
$f_{yd} =$	391	MPa
$f_{cd} =$	18.13	MPa
$\omega_{wd,r} =$	0.067	<i>requisito soddisfatto</i>

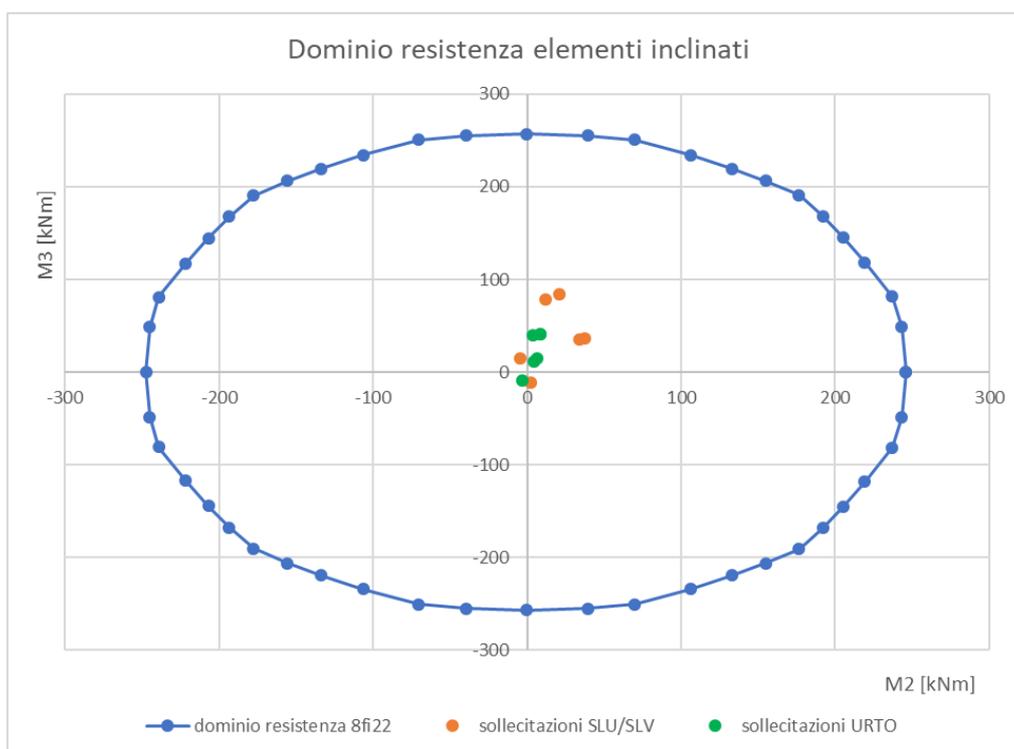
Armatura in dir. trasversale

$A_{sw/s staffe} =$	0.0015	m ² /m
$A_{sw/s spille} =$	0.0000	m ² /m
$b =$	0.55	m
$f_{yd} =$	391	MPa
$f_{cd} =$	18.13	MPa
$\omega_{wd,r} =$	0.061	<i>requisito soddisfatto</i>

L'armatura longitudinale di calcolo e l'armatura trasversale di calcolo rispettano le quantità minime indicate dalla normativa.

14.2.3 Verifiche SLU a flessione

Sono riportate a seguire le verifiche SLU della sezione di base della pila, espresse in forma sintetica mediante il diagramma di interazione M2 – M3.



La verifica risulta soddisfatta.

14.2.4 Verifiche SLU a taglio

Nel caso di sezioni rettangolari la verifica viene effettuata distintamente per le due direzioni longitudinale e trasversale.

Per quanto riguarda le combinazioni sismiche, con riferimento ai criteri della GR e a quanto precedentemente dichiarato nel §8.3.2, si procede al calcolo del taglio agente di calcolo sulla base dei risultati delle verifiche flessionali.

$$V_{gr} = V_{Ed} \cdot \gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}/M_{Ed} \leq q \cdot V_{Ed}$$

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	92 di 126

Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \text{sen } \alpha \quad \text{in cui}$$

d altezza utile della sezione

b_w larghezza minima della sezione

A_{sw} area dell'armatura trasversale

s interasse tra due armature trasversali consecutive

θ inclinazione delle bielle di calcestruzzo

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento

f_{cd}' resistenza a compressione ridotta (pari a $0,5 f_{cd}$)

α_c coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione

I valori di resistenza a taglio degli elementi in c.a. devono inoltre essere divisi per un coefficiente di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile γ_{Bd} valutato mediante la seguente espressione:

$$1 \leq \gamma_{Bd} = 1,25 + 1 - q \cdot V_{Ed} / V_{gr} \leq 1,25$$

Si considera il massimo taglio agente tra le combinazioni da carico esaminate e il valore ottenuto dalla gerarchia delle resistenze:

	SLU/SLV	URTO	GR
V2,Ed [kN]	73	34	189
V3, Ed	22	9	198

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	93 di 126

Verifica a taglio V2

classe cls	R_{ck}	45	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistene a V	b_w	550	mm
altezza membratura resistene a V	H	500	mm
altezza utile	d	460	mm
area della sezione	A_{TOT}	253000	mm^2
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	14	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	154	mm^2
0.9 d	z	414	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	200	mm
	n° stirups leg	2	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	A_{s_w} / s_w	1.54	mm^2/mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	353	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	2258	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	189	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	353	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	94 di 126

Verifica a taglio V3

classe cls	R_{ck}	45	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistene a V	b_w	500	mm
altezza membratura resistene a V	H	550	mm
altezza utile	d	510	mm
area della sezione	A_{TOT}	255000	mm^2
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	14	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	154	mm^2
0.9 d	z	459	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	200	mm
	n° stirups leg	2	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	A_{s_w} / s_w	1.54	mm^2/mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	391	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	2276	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	198	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	391	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

14.2.5 Verifica SLE delle tensioni

La verifica SLE di tipo tensionale si effettua verificando che le massime tensioni agenti nella sezione risultino inferiori ai seguenti valori limite:

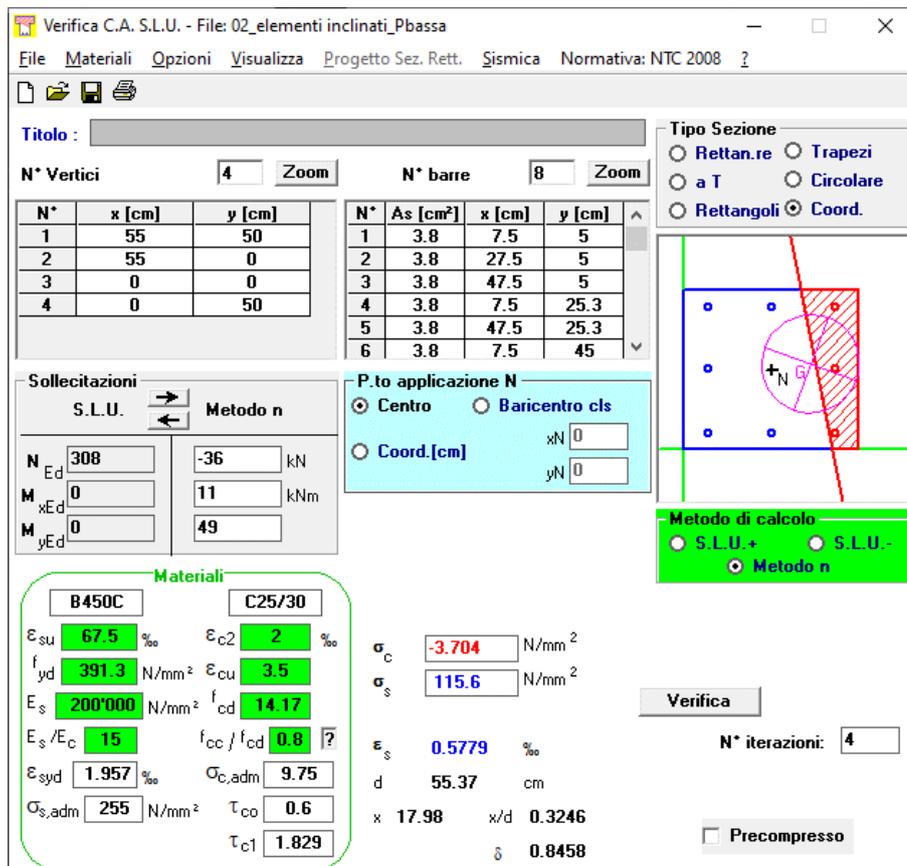
per le combinazioni SLE-RAR:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 18.3 \text{ MPa}$
- tensione limite nelle barre: $\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$

per le combinazioni SLE-QPE:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.40 f_{ck} = 13.3 \text{ MPa}$

Per la combinazione più gravosa si ottiene:



Titolo: []

N° Vertici: 4 **Zoom** **N° barre:** 8 **Zoom**

N°	x [cm]	y [cm]
1	55	50
2	55	0
3	0	0
4	0	50

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	7.5	5
2	3.8	27.5	5
3	3.8	47.5	5
4	3.8	7.5	25.3
5	3.8	47.5	25.3
6	3.8	7.5	45

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	308	-36	kN
M _{xEd}	0	11	kNm
M _{yEd}	0	49	

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm]

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

Materiali:
B450C **C25/30**
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 14.17
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

Risultati:
 σ_c -3.704 N/mm²
 σ_s 115.6 N/mm²
 ϵ_s 0.5779 ‰
d 55.37 cm
x 17.98 x/d 0.3246
 δ 0.8458

Verifica **N° iterazioni:** 4 Precompresso

I valori di tensione sono compatibili con i limiti di normativa.

14.2.6 Verifiche SLE a fessurazione

La verifica SLE a fessurazione si effettua verificando che il massimo valore di apertura delle fessure risulti inferiore ai seguenti valori limite:

per le combinazioni SLE-RAR:

- apertura fessure limite: $w_{lim} = w_1 = 0.20 \text{ mm}$

Nel caso in esame si ottiene:

SLE 1

Verifica C.A. S.L.U. - File: 02_elementi inclinati_Pbassa

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo: _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 8 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	55	50
2	55	0
3	0	0
4	0	50

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	7.5	5
2	3.8	27.5	5
3	3.8	47.5	5
4	3.8	7.5	25.3
5	3.8	47.5	25.3
6	3.8	7.5	45

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 308 -36 kN
 M_{xEd} 0 11 kNm
 M_{yEd} 0 49

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

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

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm²	f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.6
	τ_{c1} 1.829

σ_c -3.704 N/mm²
 σ_s 115.6 N/mm²
 ϵ_s 0.5779 ‰
 d 55.37 cm
 x 17.98 x/d 0.3246
 δ 0.8458

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	97 di 126

INPUT	
B section	550 mm
h section	500 mm
y rebar	51 mm
Φ (rebar)	22 mm
n.rebar	3 -
cls C	35 MPa
x N.A.	179.8 mm
σs	115.6 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
ε sm -ε cm	3.37E-04 -
maximum distance of crack	
s r, max	3.29E+02 mm
crack dimension	
wk	0.1106 mm
LIMIT	0.20 mm
verification satisfied	

SLE 2

Verifica C.A. S.L.U. - File: 02_elementi inclinati_Pbassa

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 8 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	55	50
2	55	0
3	0	0
4	0	50

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	7.5	5
2	3.8	27.5	5
3	3.8	47.5	5
4	3.8	7.5	25.3
5	3.8	47.5	25.3
6	3.8	7.5	45

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 308 0 kN
M_{xEd}: 0 16 kNm
M_{yEd}: 0 53

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettagoli Coord.

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

Materiali: B450C C25/30

ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 14.17 N/mm²
E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75 N/mm²
σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
τ_{c1}: 1.829

σ_c: -4.338 N/mm²
σ_s: 115.2 N/mm²

ε_s: 0.5761 ‰
d: 57.77 cm
x: 20.85 x/d: 0.3609
δ: 0.8912

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	98 di 126

INPUT	
B section	550 mm
h section	500 mm
y rebar	51 mm
Φ (rebar)	22 mm
n.rebar	3 -
cls C	35 MPa
x N.A.	208.5 mm
σs	115.2 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
ε sm -ε cm	3.36E-04 -
maximum distance of crack	
s r, max	3.11E+02 mm
crack dimension	
wk	0.1045 mm
LIMIT	0.20 mm
verification satisfied	

La verifica risulta soddisfatta.

14.3 Fusto pila

14.3.1 Geometria della sezione di verifica e armatura

B	250	cm
h	50	cm

Armatura longitudinale

	d	As	numero
	mm	cm ²	-
esterno	22	49.42	13
interno	22	49.42	13
lateral	22	7.60	2
		106.44	28

Armatura a taglio

Taglio longitudinale:	Staffe ϕ 14/150 5 bracci
Taglio trasversale:	Staffe ϕ 14/150 3 bracci

14.3.2 Verifica dell'armatura minima

Le armature del fusto pila devono soddisfare le quantità minime indicate dalla normativa e che vengono riepilogate di seguito.

Armatura minima longitudinale:

- $\rho_{\min} = 0,60 \%$

Armatura minima trasversale nelle zone critiche:

La percentuale meccanica è definita dalle espressioni:

- $\omega_{wd,r} = A_{sw}/(s \cdot b) \cdot f_{yd}/f_{cd}$ per sezioni rettangolari
- $\omega_{wd,c} = 4 A_{sp}/(D_{sp} \cdot s) \cdot f_{yd}/f_{cd}$ per sezioni circolari

Deve verificarsi:

- $A_{sw}/(s \cdot b) \cdot f_{yd}/f_{cd} \geq \zeta$ per sezioni rettangolari
- $\rho_w \cdot f_{yd}/f_{cd} \geq 1,40 \cdot \zeta$ per sezioni circolari

con:

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	100 di 126

$\rho_w = V_{sc}/V_{cc}$ rapporto tra il volume complessivo delle armature di confinamento V_{sc} e volume di calcestruzzo confinato V_{cc} ;

$\zeta = 0,07$ per $a_g \geq 0,35$ g;

$\zeta = 0,05$ per $a_g \geq 0,25$ g;

$\zeta = 0,04$ per $a_g \geq 0,15$ g;

$\zeta = 0,03$ per $a_g < 0,15$ g.

Verifica armatura minima longitudinale secondo §2.2.6 [3]

$\rho_{min} =$	0.60%	
$A_c =$	1250000	mm ²
$A_{s,min} =$	7500	mm ²
n barre (1° str.)	13	
f _i barre (1° str.)	22	mm
n barre (2° str.)	13	
f _i barre (2° str.)	22	mm
A_s	9878	mm ²
ρ	0.79%	requisito soddisfatto

Verifica armatura minima trasversale secondo §2.2.6 [3]

$a_g =$	0.229	g
$\zeta =$	0.05	
$\omega_{wd,r} \min =$	0.04	

Armatura in dir. longitudinale

$A_{sw/s} \text{ staffe} =$	0.0031	m ² /m
$A_{sw/s} \text{ spille} =$	0.0000	m ² /m
$b =$	0.50	m
$f_{yd} =$	391	MPa
$f_{cd} =$	18.13	MPa
$\omega_{wd,r} =$	0.133	requisito soddisfatto

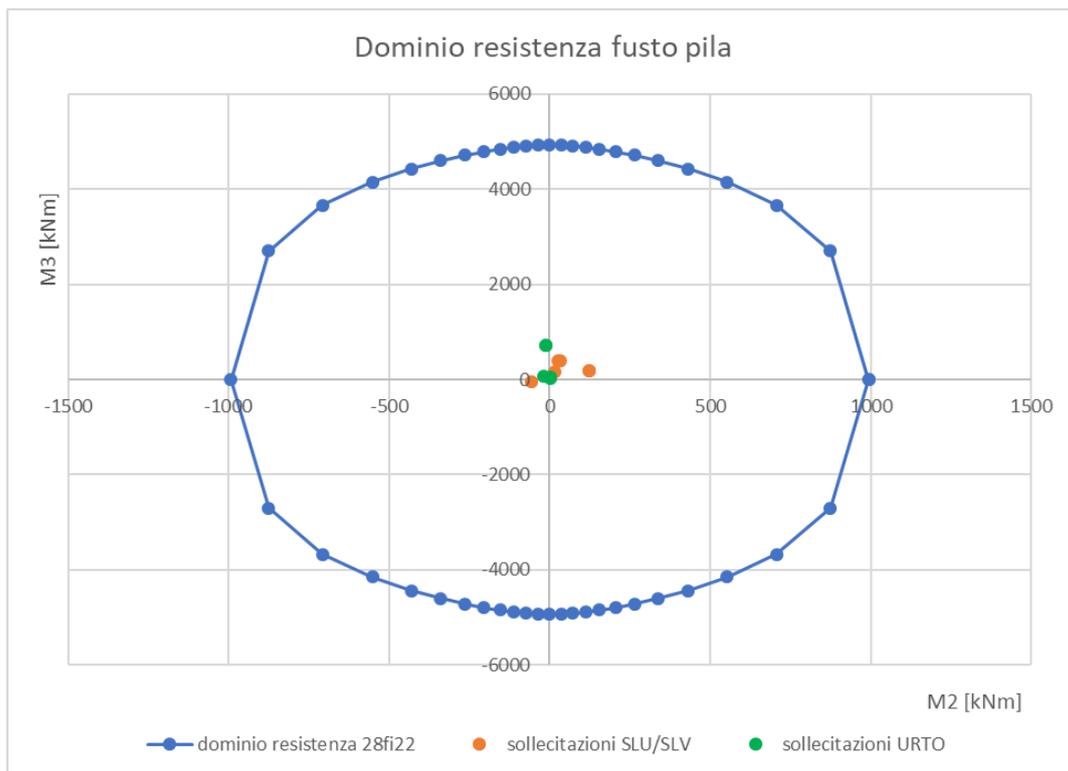
Armatura in dir. trasversale

$A_{sw/s} \text{ staffe} =$	0.0051	m ² /m
$A_{sw/s} \text{ spille} =$	0.0000	m ² /m
$b =$	2.50	m
$f_{yd} =$	391	MPa
$f_{cd} =$	18.13	MPa
$\omega_{wd,r} =$	0.044	requisito soddisfatto

L'armatura longitudinale di calcolo e l'armatura trasversale di calcolo rispettano le quantità minime indicate dalla normativa.

14.3.3 Verifiche SLU a flessione

Sono riportate a seguire le verifiche SLU della sezione di base della pila, espresse in forma sintetica mediante il diagramma di interazione M2 – M3.



La verifica risulta soddisfatta.

14.3.4 Verifiche SLU a taglio

Nel caso di sezioni rettangolari la verifica viene effettuata distintamente per le due direzioni longitudinale e trasversale.

Per quanto riguarda le combinazioni sismiche, con riferimento ai criteri della GR e a quanto precedentemente dichiarato nel §8.3.2, si procede al calcolo del taglio agente di calcolo sulla base dei risultati delle verifiche flessionali.

$$V_{gr} = V_{Ed} \cdot \gamma_{Rd} \cdot M_{Rd}/M_{Ed} \leq q \cdot V_{Ed}$$

Il valore resistente a taglio della sezione si determina secondo:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd} ; V_{Rsd})$$

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) / (1 + \text{ctg}^2 \theta)$$

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg } \alpha + \text{ctg } \theta) \cdot \text{sen } \alpha \quad \text{in cui}$$

d altezza utile della sezione

b_w larghezza minima della sezione

A_{sw} area dell'armatura trasversale

s interasse tra due armature trasversali consecutive

θ inclinazione delle bielle di calcestruzzo

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse dell'elemento

f_{cd}' resistenza a compressione ridotta (pari a 0,5 f_{cd})

α_c coefficiente maggiorativo che tiene conto della compressione

I valori di resistenza a taglio degli elementi in c.a. devono inoltre essere divisi per un coefficiente di sicurezza aggiuntivo nei confronti della rottura fragile γ_{Bd} valutato mediante la seguente espressione:

$$1 \leq \gamma_{Bd} = 1.25 + 1 - q \cdot V_{Ed} / V_{gr} \leq 1.25$$

Si considera il massimo taglio agente tra le combinazioni da carico esaminate e il valore ottenuto dalla gerarchia delle resistenze:

	SLU/SLV	URTO	GR
V2,Ed [kN]	151	727	592
V3, Ed	28	4	2938

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	103 di 126

Verifica a taglio V2

classe cls	R_{ck}	45	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistene a V	b_w	2500	mm
altezza membratura resistene a V	H	500	mm
altezza utile	d	460	mm
area della sezione	A_{TOT}	1150000	mm ²
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	14	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	154	mm ²
0.9 d	z	414	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	150	mm
	n° stirups leg	5	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	As_w / s_w	5.13	mm ² /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	1176	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	10264	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	727	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	1176	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	104 di 126

Verifica a taglio V3

classe cls	R_{ck}	45	N/mm^2
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm^2
	f_{cd}	20	
coeff. parziale	γ_c	1.5	
larghezza membratura resistene a V	b_w	500	mm
altezza membratura resistene a V	H	2500	mm
altezza utile	d	2460	mm
area della sezione	A_{TOT}	1230000	mm ²
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
ok	σ_{cp}	0.00	N/mm^2
	α_c	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm^2
Feb44k	f_{yd}	391	N/mm^2
diametro staffe (spille)	\varnothing_w	14	mm
Area staffa (spilla)	A_{\varnothing_w}	154	mm ²
0.9 d	z	2214	mm
passo delle staffe (spille)	s_w	150	mm
	n° stirups leg	3	
angolo di inclinazione	θ	45.0	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	1.00	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	45	°
	$\cot(\alpha)$	1.00	
	A_{s_w} / s_w	3.08	mm ² /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	3772	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	10978	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	2938	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	3772	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

14.3.5 Verifica SLE delle tensioni

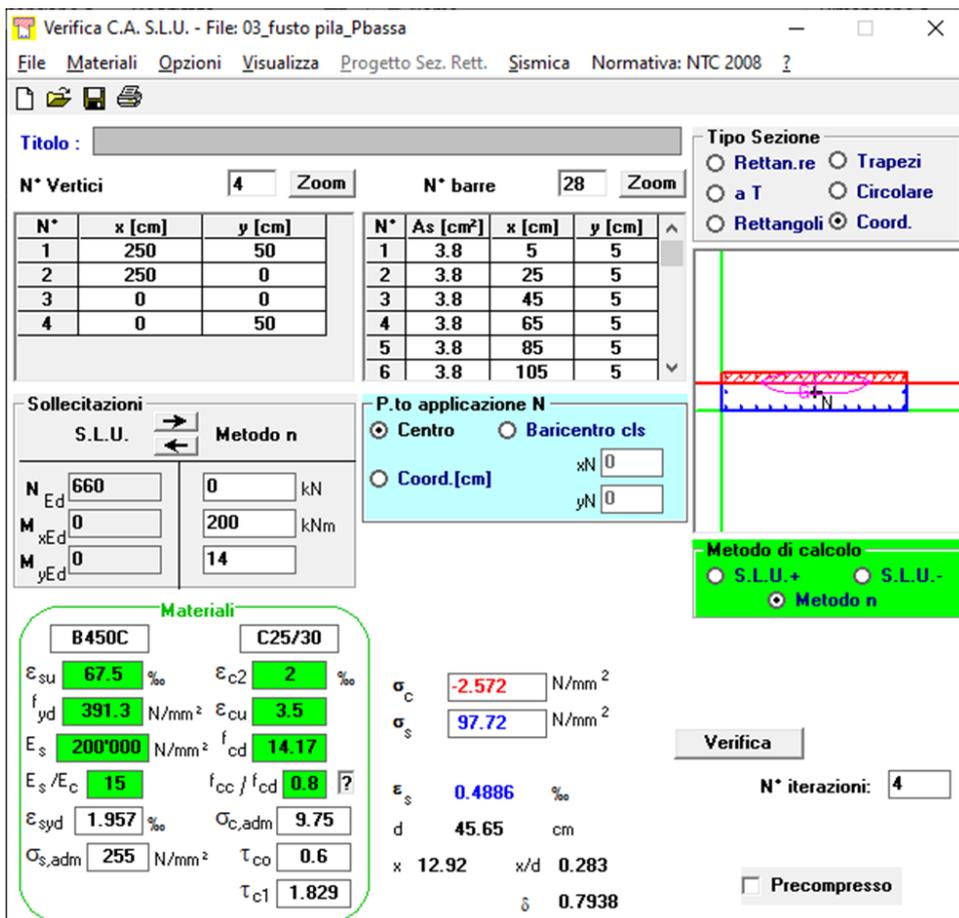
La verifica SLE di tipo tensionale si effettua verificando che le massime tensioni agenti nella sezione risultino inferiori ai seguenti valori limite:

per le combinazioni SLE-RAR:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 18.3 \text{ MPa}$
- tensione limite nelle barre: $\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$

per le combinazioni SLE-QPE:

- tensione limite nel calcestruzzo: $\sigma_c = 0.40 f_{ck} = 13.3 \text{ MPa}$



Titolo: _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 28 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	250	50
2	250	0
3	0	0
4	0	50

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	3.8	5	5
2	3.8	25	5
3	3.8	45	5
4	3.8	65	5
5	3.8	85	5
6	3.8	105	5

Tipologia Sezione:
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed}: 660 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N:
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

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

Materiali:
 B450C C25/30
 ε_{su}: 67.5 ‰ ε_{c2}: 2 ‰
 f_{yd}: 391.3 N/mm² ε_{cu}: 3.5 ‰
 E_s: 200'000 N/mm² f_{cd}: 14.17
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0.8
 ε_{syd}: 1.957 ‰ σ_{c,adm}: 9.75
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0.6
 τ_{c1}: 1.829

σ_c: -2.572 N/mm²
 σ_s: 97.72 N/mm²
 ε_s: 0.4886 ‰
 d: 45.65 cm
 x: 12.92 x/d: 0.283
 δ: 0.7938

Verifica N° iterazioni: 4 Precompresso

I valori di tensione sono compatibili con i limiti di normativa.

14.3.6 Verifiche SLE a fessurazione

La verifica SLE a fessurazione si effettua verificando che il massimo valore di apertura delle fessure risulti inferiore ai seguenti valori limite:

per le combinazioni SLE-RAR:

- apertura fessure limite: $w_{lim} = w_1 = 0.20 \text{ mm}$

INPUT	
B section	2500 mm
h section	500 mm
y rebar	51 mm
Φ (rebar)	22 mm
n.rebar	13 -
cls C	35 MPa
x N.A.	129.2 mm
σs	97.72 MPa
kt	0.6 -
k1	0.8 -
k2	0.5 -
k3	3.4 -
k4	0.425 -

OUTPUT	
ε sm -ε cm	2.85E-04 -
maximum distance of crack	
s r, max	3.70E+02 mm
crack dimension	
wk	0.1053 mm
LIMIT	0.20 mm
verification satisfied	

La verifica risulta soddisfatta.

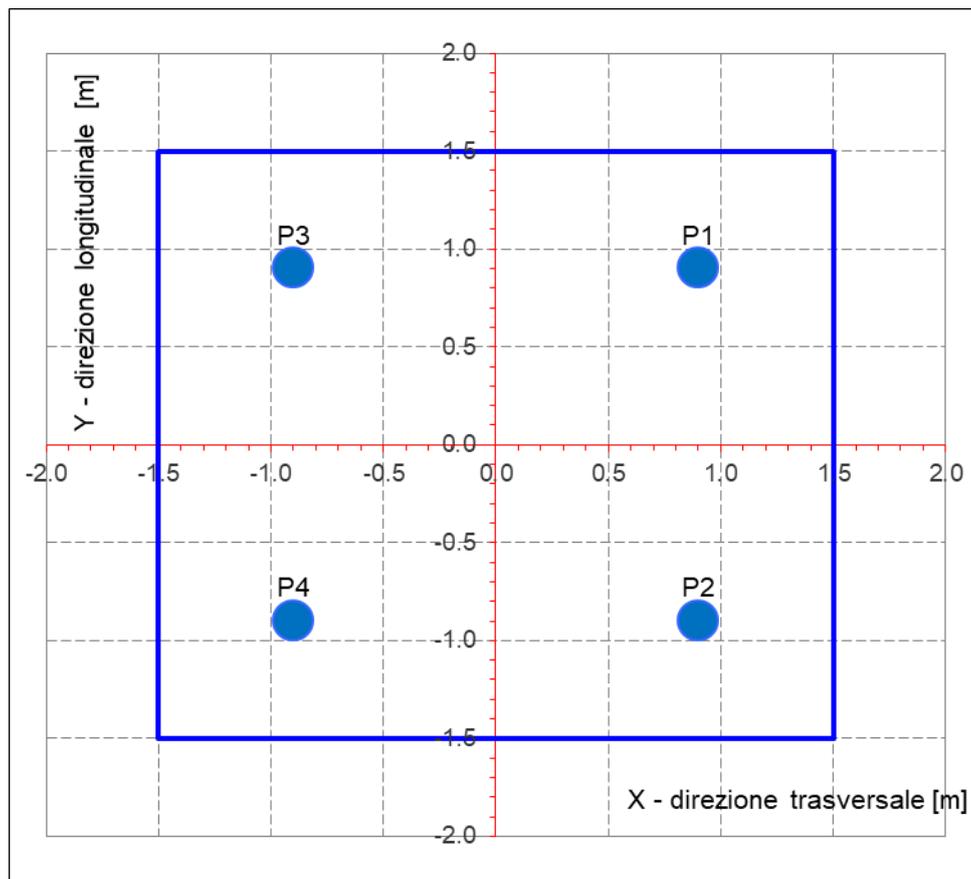
14.4 Verifiche strutturali dei pali di fondazione – pila 4c

14.4.1 Sollecitazioni alla testa dei pali

Le sollecitazioni combinate alla base del plinto sono distribuite rigidamente alla testa dei pali.

Geometria della palificata

num.	X (trasv)	Y (long)	X ²	Y ²	WI	Wt
	m	m	m ²	m ²		
P1	0.90	0.90	2.6	0.8	3.6E+00	6.5E+00
P2	0.90	-0.90	2.6	0.8	-3.6E+00	6.5E+00
P3	-0.90	0.90	2.6	0.8	3.6E+00	-6.5E+00
P4	-0.90	-0.90	2.6	0.8	-3.6E+00	-6.5E+00



Seguono le forze assiali N [kN] agenti alla testa dei pali:

		Palo 1	Palo 2	Palo 3	Palo 4
SLE-QP	SLE-QPE-001	336	345	0	9
	SLE-QPE-002	344	353	-4	5
	SLE-QPE-003	344	353	-4	5
SLE-RAR	SLE-RAR-001	548	576	-149	-121
	SLE-RAR-002	533	573	-146	-106
	SLE-RAR-003	536	566	-176	-146
	SLE-RAR-004	511	562	-172	-121
	SLE-RAR-005	493	516	-123	-99
	SLE-RAR-006	478	513	-120	-84
	SLE-RAR-006	408	403	20	15
	SLE-RAR-007	393	401	22	30
	SLE-RAR-008	303	279	105	81
	SLE-RAR-009	278	275	109	106
	SLE-RAR-010	353	344	46	37
SLE-RAR-011	338	341	48	52	
SLU-GEO	SLU-GEO-001	767	807	-227	-187
	SLU-GEO-002	744	803	-223	-164
	SLU-GEO-003	749	793	-268	-225
	SLU-GEO-004	712	787	-262	-187
	SLU-GEO-005	684	718	-188	-154
	SLU-GEO-006	662	714	-185	-132
SLU-STR	SLU-STR-001	780	821	-226	-185
	SLU-STR-002	758	817	-222	-163
	SLU-STR-003	811	858	-289	-242
	SLU-STR-004	773	852	-283	-204
	SLU-STR-005	745	783	-209	-172
	SLU-STR-006	723	779	-206	-149
	SLU-STR-007	570	563	27	19
	SLU-STR-008	548	559	30	42
	SLU-STR-009	461	427	132	99
	SLU-STR-010	423	421	138	137
	SLU-STR-011	535	524	43	33
	SLU-STR-012	513	521	47	55

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	109 di 126

SLV	SLU-SIS-001	469	329	36	-105
	SLU-SIS-002	267	429	-68	93
	SLU-SIS-003	475	433	-68	-110
	SLU-SIS-004	262	326	35	99
	SLU-SIS-005	425	383	-13	-56
	SLU-SIS-006	312	376	-19	45
URTO	URT-001	571	591	-243	-223
	URT-002	571	591	-243	-223
	URT-003	221	474	-127	127
	URT-004	221	474	-127	127
		kN	kN	kN	kN

D (m)	0.6
k_h (kN/m ³)	33333
f_{ck} (Mpa)	25
E (Mpa)	31476
J (m ⁴)	0.0064
λ (cm)	251.56

Segue riepilogo dei valori massimi e minimi della forza assiale N [kN] e del taglio medio T [kN]:

		N_{max}	N_{min}	T_{media}	T_{media_gruppo}	M_{max}	
		[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	
SLU-STR	SLU1.1 Max	SLU-STR-001	731	-170	54	59	75
	SLU1.1 Min	SLU-STR-002	730	-168	60	66	83
	SLU1.2 Max	SLU-STR-003	757	-222	62	69	86
	SLU1.2 Min	SLU-STR-004	754	-220	72	79	100
	SLU1.3 Max	SLU-STR-005	696	-156	51	56	70
	SLU1.3 Min	SLU-STR-006	694	-155	56	62	78
	SLU1.4 Max	SLU-STR-007	445	-41	10	11	14
	SLU1.4 Min	SLU-STR-008	512	38	15	17	21
	SLU1.5 Max	SLU-STR-009	420	100	12	13	17
	SLU1.5 Min	SLU-STR-010	398	122	2	3	3
	SLU1.6 Max	SLU-STR-011	413	-30	7	7	9
	SLU1.6 Min	SLU-STR-012	460	34	12	13	17

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	110 di 126

SLV	SLV1 Max	SLU-SIS-001	413	-73	39	43	54
	SLV1 Min	SLU-SIS-002	385	-49	47	52	65
	SLV2 Max	SLU-SIS-003	411	-72	27	30	38
	SLV2 Min	SLU-SIS-004	307	29	51	56	70
	SLV3 Max	SLU-SIS-005	378	-34	32	35	45
	SLV3 Min	SLU-SIS-006	341	-9	41	45	57

SLU-GEO	GEO1 Max	SLU-GEO-001	719	-171	54	59	74
	GEO1 Min	SLU-GEO-002	717	-170	59	65	82
	GEO2 Max	SLU-GEO-003	698	-205	58	63	80
	GEO2 Min	SLU-GEO-004	622	-276	67	74	93
	GEO3 Max	SLU-GEO-005	620	-157	46	50	63
	GEO3 Min	SLU-GEO-006	619	-155	52	57	71

SLE	SLE2.2 Min	SLE-QPE-001	329	30	11	12	15
	SLE2.3 Max	SLE-QPE-002	260	-49	12	13	16
	SLE2.3 Min	SLE-QPE-003	334	24	12	13	16
	SLE1.1 Max	SLE-RAR-001	512	-110	37	40	51
	SLE1.1 Min	SLE-RAR-002	511	-109	41	45	56
	SLE1.2 Max	SLE-RAR-003	498	-133	39	43	54
	SLE1.2 Min	SLE-RAR-004	497	-132	46	50	63
	SLE1.3 Max	SLE-RAR-005	458	-90	31	35	44
	SLE1.3 Min	SLE-RAR-006	457	-89	35	39	49
	SLE1.4 Max	SLE-RAR-006	372	26	7	8	10
	SLE1.4 Min	SLE-RAR-007	368	30	11	12	15
	SLE1.5 Max	SLE-RAR-008	278	81	10	11	14
	SLE1.5 Min	SLE-RAR-009	207	40	4	4	5
	SLE1.6 Max	SLE-RAR-010	341	63	2	3	3
	SLE1.6 Min	SLE-RAR-011	334	70	6	6	8

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	111 di 126

14.4.2 Geometria della sezione di verifica e armatura

Nelle tabelle seguenti sono descritte le caratteristiche geometriche della sezione di verifica dei pali di fondazione, nonché le caratteristiche di resistenza dei materiali.

GEOMETRIA DELLA SEZIONE

Diametro del palo =	600	mm
Copriferro netto c =	60	mm
Classe di resistenza calcestruzzo =	C25/30	Mpa
Classe di resistenza delle barre =	B450C	MPa

Nella seguente tabella sono descritte le caratteristiche geometriche dell'armatura flessionale e a taglio dei pali.

ARMATURA LONGITUDINALE

Numero barre long.	26	-
Diametro barre long.	22	mm

ARMATURA TRASVERSALE

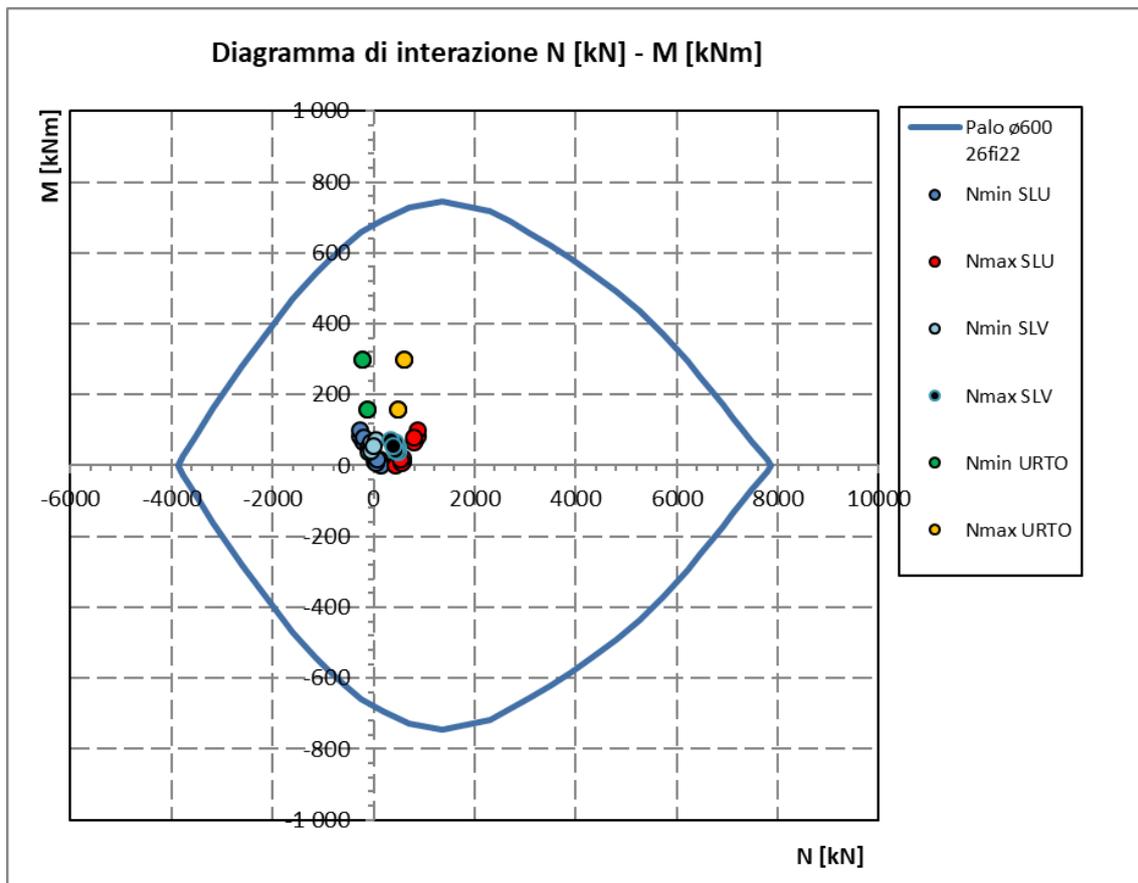
Diametro barre trasv.	12	mm
Passo arm. trasv.	200	mm

VERIFICA ARMATURA MINIMA LONG.

$p_{min} =$	1.00%	
$A_c =$	282743	mm ²
$A_{s,min} =$	2827	mm ²
Armatura long. tot $A_{sd,tot} =$	9883	mm ²
$\rho_l =$	3.50%	

14.4.3 Verifica SLU a presso-flessione

Sono riportate a seguire le verifiche SLU della sezione di sommità del palo maggiormente sollecitato, espresse in forma sintetica mediante il diagramma di interazione N [kN] – M [kNm].



Si riportano le verifiche di dettaglio nelle combinazioni di carico più gravose.

14.4.4 Verifica SLU a taglio

Si inseriscono le seguenti armature trasversali: $\phi 12/20$, 2 bracci.

classe cls	R_{ck}	30	N/mm ²
resist. Caratteristica cilindrica	f_{ck}	25	N/mm ²
	f_{cd}	14	N/mm ²
diametro	Φ	600	mm
Area sezione	A	282743	mm ²
copriferro	c	80	mm
Area sezione rettangolare equivalente	A_{eq}	222244	mm ²
altezza utile equivalente	d	440	mm
larghezza equivalente	b_w	505	mm
altezza equivalente	h_{eq}	560	mm
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N		N
	σ_{cp}	0.000	N/mm ²
	α_{cp}	1.00	
Acciaio	f_{yk}	450	N/mm ²
B450C	f_{yd}	391	N/mm ²
diametro staffe (spille)	ϕ_w	12	mm
Area staffa (spilla)	A_{ϕ_w}	113	mm ²
0.9 d	z	396	mm
passo spirale	s_w	200	mm
	n° bracci	2	
angolo di inclinazione biella compressa	θ	21.8	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	2.50	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	α	90	°
	$\cot(\alpha)$	0.00	
	As_w / s_w	1.13	mm ² /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	V_{Rsd}	438	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	V_{Rcd}	487	kN
taglio sollecitante	V_{Ed}	238	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	γ_{Rd}	1	
taglio resistente	V_{Rd}	438	kN
	V_{Ed}	<	V_{Rd}
		verifica	

14.4.5 Verifica SLE delle tensioni

SLE-RAR-004

Verifica C.A. S.L.U. - File: 05_palo_600r_Pbassa_rara4

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
Raggio interno: 0 [cm]
N° barre uguali: 26
Diametro barre: 2.2 [cm]
Copriferro (baric.): 7 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed}: 0 -172 kN
 M_{xEd}: 0 65 kNm
 M_{yEd}: 0 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

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

Materiali

B450C	C25/30
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm ²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm ²	f_{cd} 14.17
E_s/E_c 15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm ²	τ_{co} 0.6
	τ_{c1} 1.829

σ_c -2.268 N/mm²
 σ_s 68.32 N/mm²
 ϵ_s 0.3416 ‰
 d 53 cm
 x 17.62 x/d 0.3324
 δ 0.8555

Vertici: 50
 Verifica
 N° iterazioni: 3
 Precompresso

Rck	30	MPa		
fck	24.9	MPa		
fyk	450	MPa		
σ_c	-2.268	MPa	<	0.6 fck = -14.94 MPa
σ_s	68.32	MPa	<	0.8 fyk = 360 MPa
x	176.2	mm		

Le verifiche sono soddisfatte.

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	115 di 126

14.4.6 Verifica SLE a fessurazione

Per la condizione di carico SLE rara più gravosa, si ottiene:

INPUT		
R_{ck}	30	Mpa
h	600	mm
c_1	83	mm
\varnothing_1	22	mm
n_1	8.297	1/m
c_2	119	mm
\varnothing_2	0	mm
n_2	8.297	1/m
d	517	mm
b_{eff}	121	mm
x	176.2	mm
σ_{s_max1}	68	Mpa
σ_{s_max2}	68	Mpa
$h_{c,eff}$	141	mm
$A_{c,eff}$	17027	mm ²
$\rho_{p,eff}$	0.022	
k_t	0.6	
k_1	0.8	
k_2	0.5	
k_3	3.4	
k_4	0.425	

OUTPUT		
diff. def. armature-clc		
$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	1.99E-04	-
distanza max fessure		
$s_{r,max}$	412	mm
ampiezza fessure:		
w_k	0.082	mm
w_{lim}	0.200	mm
La verifica è soddisfatta.		

La verifica è soddisfatta.

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	116 di 126

15 VERIFICHE GEOTECNICHE DEI PALI

15.1 PALI DELLA PILA 1

Sono presenti 4 pali $\varnothing 600$ aventi lunghezza pari a 18m. Si adottano i seguenti parametri geotecnici:

Modello 9

Dalla pk 38+000 alla pk 39+497

Descrizione	z iniz (m)	z fin (m)	spessore (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Tipo di terreno	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	C' (kPa)	Modulo elastico Eop (MPa)	K media (m/s)
Terreno vegetale sabbioso limoso con frammenti antropici	0	1	1	-	-	-	-	-	-
Limo sabbioso debolmente argilloso	1	3	2	17	GF	26	5	20	-
Sabbia limosa mediamneta addensata con presenza di ghiaia	3	19	16	17	GG	32	0	50	-
Sabbia debolmente limosa con rari clasti di litici vulcanici	19	30	11	17	GG	30	0	50	1,71*10 ⁻²

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

OPERA: PILA 1

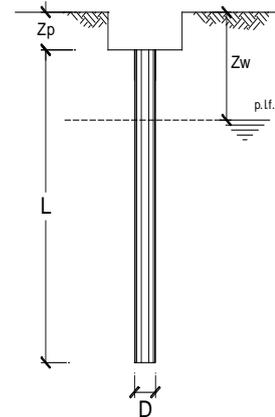
Diametro del Palo (D): **0.60** (m) Area del Palo (Ap): **0.283** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **1.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **35** (m)
 Peso di volume da p.c. a testa palo **16.00** (kN/m³)
 N_d [Combinazione di carico - Statica SLU_A1] **941** (kN) N_{SLE} [Combinazione di carico - Statica SLE] **651** (kN)
 N_d [Combinazione di carico - Statica SLU_A2] (kN)
 N_d [Combinazione di carico - SLV_Sismica] **524** (kN)

Numero di strati **2** L_{palo} = **18.00** (m)

Fattori di correlazione x per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.65	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

n*4 verticali



CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno				N _{SPT}	Coefficienti di Calcolo				Risultati				
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ' (°)	c _u (kPa)		k	μ	a	α	τ_{bm} (kPa)	Q _{si} (kN)	N _q	N _c	q _b (kPa)
1	2.0	Limo sabbioso debolmente argilloso	17.00	5.0	26.0	5.0		0.56	0.49			100.0	0			
2	16.0	Sabbia limosa med addensata con presenza di ghiaia	17.00	0.0	32.0			0.47	0.62			1648	10.86	0.00	3495.4	988.3

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

Q_{b,lim} **4000** (kPa)

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

alla base R_{bm} = **988.3** (kN)
 laterale R_{sm} = **1647.8** (kN)
 totale R_{cm} = **2636.1** (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

Q_d = Q_{bm}/($\xi \cdot \gamma_b$) + Q_{sm}/($\xi_s \cdot \gamma_s$)
 Q_d = **2636** (kN)

Peso palo **127** (kN)

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	117 di 126

	E_d (kN)	R_d (kN)	F_s (-)	
SLU - Approccio 2: A1+M1+R3	1113	1397	1.26	ok
SLV - EQK+M1+R3_sisma	651	1397	2.15	ok

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1$$

	$N_{SLE/SLD}$ (kN)	$R_{c,cal,lat}$ (kN)	F_s (-)	
SLE	778	1648	2.12	ok

$$R_{c,cal,lat} / 1.25 > N_{SLE/SLD}$$

VERIFICA A TRAZIONE DEL PALO

N_d [Combinazione di carico - Statica SLU_A1] -132 (kN)
 N_d [Combinazione di carico - Statica SLU_A2] (kN)
 N_d [Combinazione di carico - SLV_Sismica] 152 (kN)

	E_d (kN)	R_d (kN)	F_s (-)	
SLU - Approccio 2: A1+M1+R3	-5	-850	163.91	ok
SLV - EQK+M1+R3_sisma	279	-850	-	palo compresso

Si considera un fattore E_g di riduzione della capacità portante per della palificata rispetto al palo singolo, valutato secondo la formula di Converse – Labarre:

$$E_g = 1 - \frac{\theta(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (15.68)$$

where m = number of columns of piles in a group,
 n = number of rows,
 $\theta = \tan^{-1}(d/s)$ in degrees,
 d = diameter of pile,
 s = spacing of piles center to center.

m	2	-
n	2	-
d	0.6	m
s	1.8	m
θ	0.32	rad
	18.4	°

E_g **0.89** -

Il minimo fattore di sicurezza della capacità portante del singolo palo si deve quindi ridurre come:

$$FS^* = FS * E_g = 1.26 * 0.89 = 1.12 > 1$$

La verifica è soddisfatta.

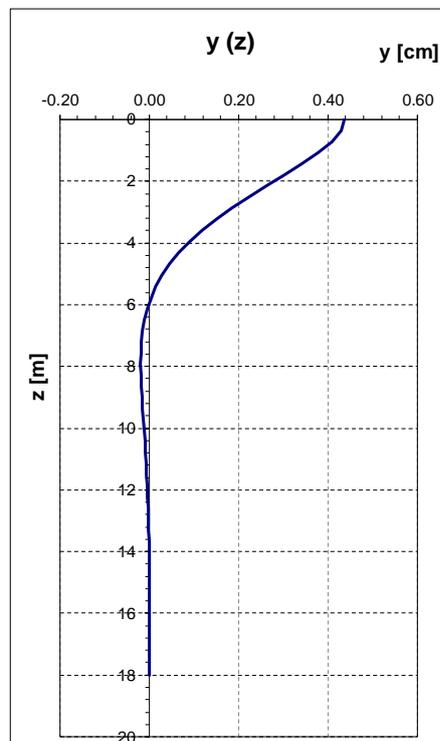
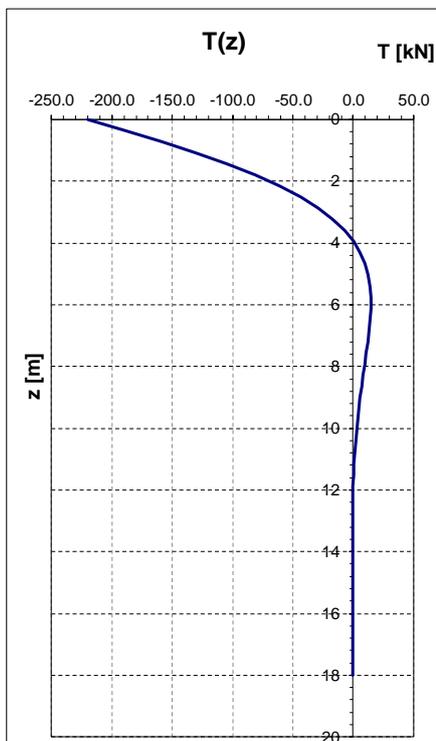
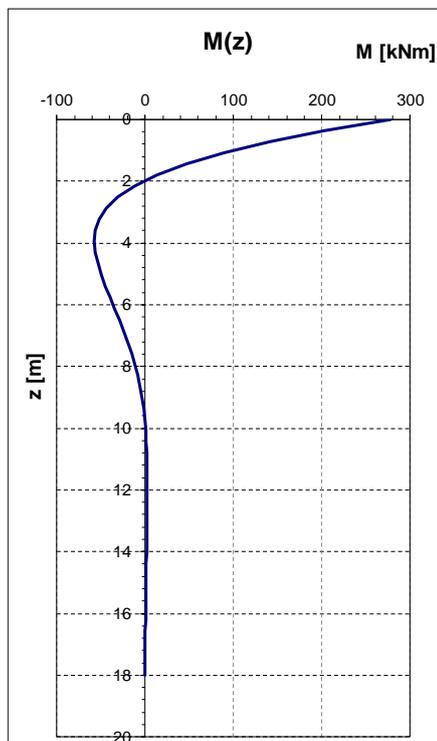
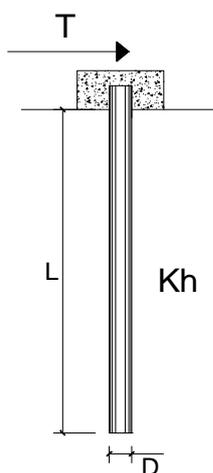
IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	118 di 126

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

DATI DI INPUT:

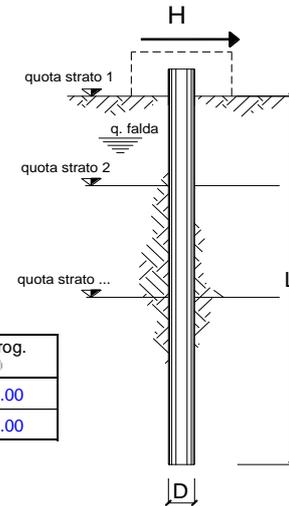
Diametro del palo (D):	0.60	(m)
Lunghezza del palo (L):	18.00	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	33.3	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	220	(kN)
f _{ck} del calcestruzzo:	25.0	(MPa)
f _{cm} del calcestruzzo:	33.0	(MPa)
E _{cls} ($E = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$):	31476	(MPa)
J ($J = \pi \cdot D^4 / 64$):	636173	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 \cdot EJ / k_h \cdot D)^{1/4}$):	251.56	(cm)
Momento flettente massimo (M_{p_max}):	277	(kNm)



CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI

PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_R
S1U	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1		0.0	17	7	26	2.56		26	2.56	
✓ strato 2		-2.0	17	7	32	3.25		32	3.25	
✓ strato 3		-18.0	17	7	30	3.00		30	3.00	
□ strato 4						1.00			1.00	
□ strato 5						1.00			1.00	
□ strato 6						1.00			1.00	

Quota falda -35.0 (m)
 Diametro del palo D 0.6 (m)
 Lunghezza del palo L 18.0 (m)
 Momento di plasticizzazione palo My 646 (kNm)
 Step di calcolo 0.01 (m)

palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	545.1 (kN)		545.1 (kN)	
Palo intermedio	4203.4 (kN)		4203.4 (kN)	
Palo corto	16091.2 (kN)		16091.2 (kN)	
	H_{med} 545.1 (kN)	Palo lungo	H_{min} 545.1 (kN)	Palo lungo

$$H_k = \text{Min}(H_{\text{med}}/\xi_3 ; R_{\text{min}}/\xi_4) \quad 352 \quad (\text{kN})$$

$$H_d = H_k/\gamma_R \quad 271 \quad (\text{kN})$$

$$\text{Carico Trasversale (Fd):} \quad F_d = 220 \quad (\text{kN})$$

$$FS = H_d / F_d = 1.23$$

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	120 di 126

CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

OPERA: PILA1

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P_{palo}):

Carico base palo (P_{base}):

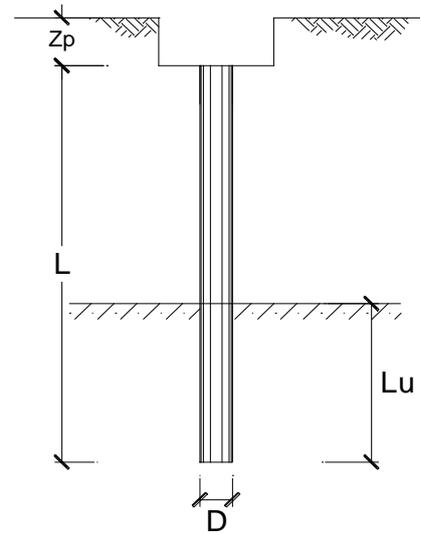
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	SLE-QP	
0.60	(m)	
651	(kN)	
18.0	(m)	
18.0	(m)	
127	(kN)	
778	(kN)	
47.3	(MPa)	
4	(-)	
1.80	(m)	

Esercizio	SLE-RAR	
0.60	(m)	
651	(kN)	
18.0	(m)	
18.0	(m)	
127	(kN)	
778	(kN)	
47.3	(MPa)	
4	(-)	
1.8	(m)	



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

SLE-QP	
1.98	(-)
1.8	(mm)

SLE-RAR	
1.98	(-)
1.8	(mm)

$$\Delta\delta = 0.0 \text{ (mm)}$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$$

$$R = (n * s / L)^{0,5}$$

R =

SLE-QP	
0.632	
8	(mm)

SLE-RAR	
0.632	
8	(mm)

$$\Delta\delta_p = 0 \text{ (mm)}$$

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	121 di 126

15.2 PALI DELLA PILA 4C

Sono presenti 4 pali $\phi 600$ aventi lunghezza pari a 18m. Si adottano i seguenti parametri geotecnici:

Modello 9

Dalla pk 38+000 alla pk 39+497

Descrizione	z iniz (m)	z fin (m)	spessore (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Tipo di terreno	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	C' (kPa)	Modulo elastico Eop (MPa)	K media (m/s)
Terreno vegetale sabbioso limoso con frammenti antropici	0	1	1	-	-	-	-	-	-
Limo sabbioso debolmente argilloso	1	3	2	17	GF	26	5	20	-
Sabbia limosa mediamnente addensata con presenza di ghiaia	3	19	16	17	GG	32	0	50	-
Sabbia debolmente limosa con rari clasti di litici vulcanici	19	30	11	17	GG	30	0	50	1,71*10 ⁻²

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

OPERA: PILA 4c

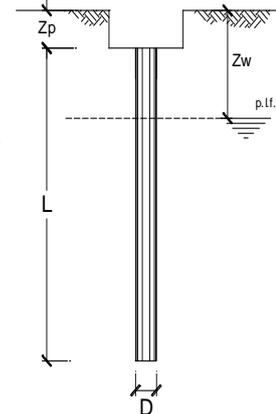
Diametro del Palo (D): **0.60** (m) Area del Palo (Ap): **0.283** (m²)
 Quota testa Palo dal p.c. (z_p): **1.00** (m) Quota falda dal p.c. (z_w): **35** (m)
 Peso di volume da p.c. a testa palo **16.00** (kN/m³)
 N_d [Combinazione di carico - Statica SLU_A1] **858** (kN) N_{SLE} [Combinazione di carico - Statica SLE] **576** (kN)
 N_d [Combinazione di carico - Statica SLU_A2] (kN)
 N_d [Combinazione di carico - SLV_Sismica] **475** (kN)

Numero di strati **2** L_{palo} = **18.00** (m)

Fattori di correlazione x per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	>= 10
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
ξ_4	1.70	1.65	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

n°4 verticali



CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Strato	Spess (m)	Tipo di terreno	Parametri del terreno				N _{SPT} (-)	Coefficienti di Calcolo				Risultati				
			γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ (°)	c _u (kPa)		k (-)	μ (-)	a (-)	α (-)	q_{lim} (kPa)	Q _{si} (kN)	N _q (-)	N _c (-)	q _b (kPa)
1	2.0	Limo sabbioso debolmente argilloso	17.00	5.0	26.0	5.0		0.56	0.49			100.0	0			
2	16.0	Sabbia limosa med addensata con presenza di ghiaia	17.00	0.0	32.0			0.47	0.62			1648	10.86	0.00	3495.4	988.3

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradesso del plinto)

Q_{b,lim} **4000** (kPa)

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

alla base R_{bm} = **988.3** (kN)
 laterale R_{sm} = **1647.8** (kN)
 totale R_{cm} = **2636.1** (kN)

Q_d = Q_{bm}/(ξ · γ b) + Q_{lim}/(ξ · γ s)
 Q_d = **2636** (kN)

Peso palo **127** (kN)

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	122 di 126

	E_d (kN)	R_d (kN)	F_s (-)	
SLU - Appoggio 2: A1+M1+R3	1030	1397	1.36	ok
SLV - EQK+M1+R3_sisma	602	1397	2.32	ok

$$\frac{R_d}{E_d} \geq 1$$

	$N_{SLE/SLD}$ (kN)	$R_{c,cal,lat}$ (kN)	F_s (-)	
SLE	703	1648	2.34	ok

$$R_{c,cal,lat} / 1.25 > N_{SLE/SLD}$$

VERIFICA A TRAZIONE DEL PALO

N_d [Combinazione di carico - Statica SLU_A1] ✔ -289 (kN)
 N_d [Combinazione di carico - Statica SLU_A2] (kN)
 N_d [Combinazione di carico - SLV_Sismica] ✔ -110 (kN)

	E_d (kN)	R_d (kN)	F_s (-)	
SLU - Appoggio 2: A1+M1+R3	-162	-850	5.24	ok
SLV - EQK+M1+R3_sisma	17	-850	-	palo compresso

Si considera un fattore E_g di riduzione della capacità portante per della palificata rispetto al palo singolo valutato secondo la formula di Converse – Labarre:

$$E_g = 1 - \frac{\theta(n-1)m + (m-1)n}{90 mn} \quad (15.68)$$

where m = number of columns of piles in a group,
 n = number of rows,
 $\theta = \tan^{-1}(d/s)$ in degrees,
 d = diameter of pile,
 s = spacing of piles center to center.

fattore di riduzione Converse-Labarre

m 2 -
 n 2 -
 d 0.6 m
 s 1.8 m
 θ 0.32 rad
 18.4 °
 E_g 0.89 -

Il minimo fattore di sicurezza della capacità portante del singolo palo si deve quindi ridurre come:

$$FS^* = FS * E_g = 1.36 * 0.89 = 1.21 > 1$$

La verifica è soddisfatta.

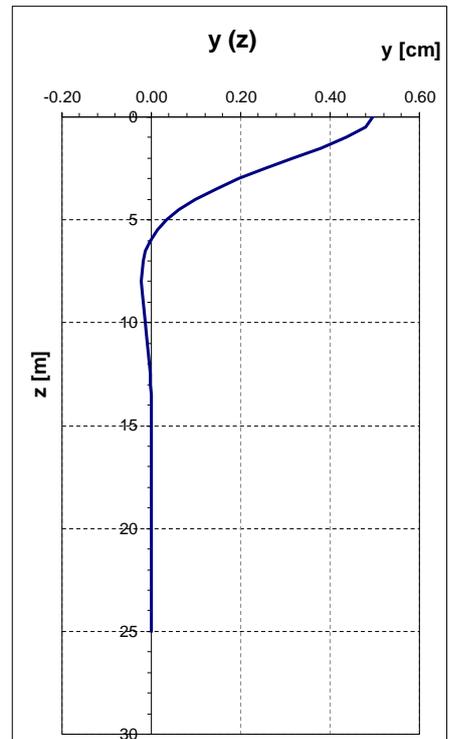
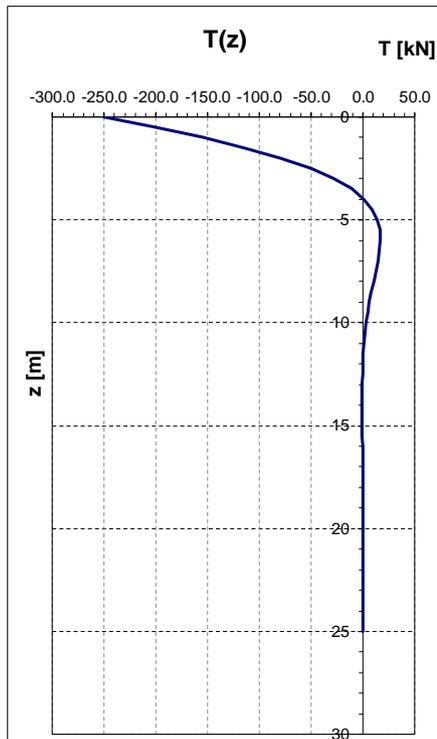
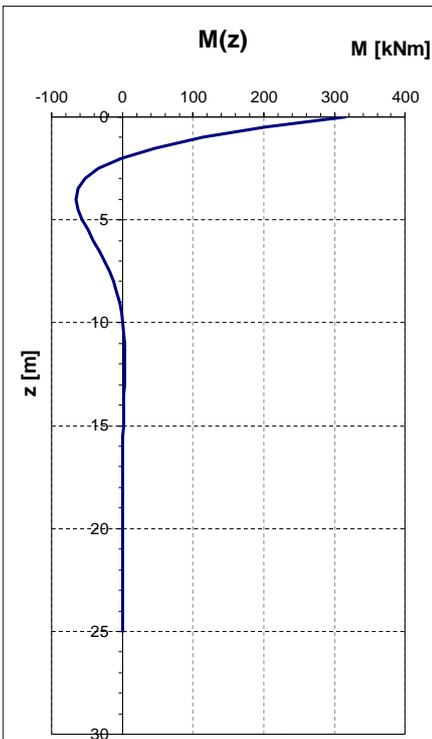
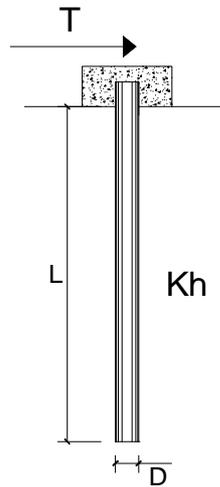
IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	123 di 126

PALI IMPEDITI DI RUOTARE IN TESTA SOGGETTI A FORZE ORIZZONTALI

DATI DI INPUT:

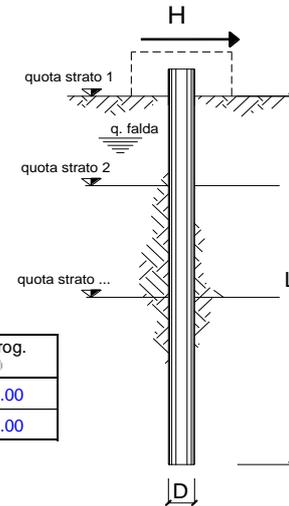
Diametro del palo (D):	0.60	(m)
Lunghezza del palo (L)	18.00	(m)
Coefficiente di reazione laterale (k_h):	33.3	(N/cm ³)
Forza orizzontale agente (T):	238	(kN)
fck del calcestruzzo:	25.0	(MPa)
fcm del calcestruzzo:	33.0	(MPa)
Ecls ($E = 22000(fcm/10)^{0.3}$):	31476	(MPa)
J ($J = \pi * D^4 / 64$):	636173	(cm ⁴)
λ (lunghezza elastica $\lambda = (4 * EJ / k_h * D)^{1/4}$):	251.56	(cm)
Momento flettente massimo (M_{p_max}):	299	(kNm)



CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI

PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_ϕ	γ_{cu}	γ_r
S1U	A1+M1+R1	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	<input type="radio"/>	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	<input type="radio"/>	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	<input checked="" type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		<input type="radio"/>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

strati terreno	descrizione	quote (m)	γ (kN/m ³)	γ' (kN/m ³)	ϕ (°)	Parametri medi		Parametri minimi		
						k_p	c_u (kPa)	ϕ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1		0.0	17	7	26	2.56		26	2.56	
✓ strato 2		-2.0	17	7	32	3.25		32	3.25	
✓ strato 3		-18.0	17	7	30	3.00		30	3.00	
□ strato 4						1.00			1.00	
□ strato 5						1.00			1.00	
□ strato 6						1.00			1.00	

Quota falda -35.0 (m)
 Diametro del palo D 0.6 (m)
 Lunghezza del palo L 18.0 (m)
 Momento di plasticizzazione palo My 646 (kNm) calcolo in altro foglio "mom. plasticizzazione"
 Step di calcolo 0.01 (m)

- palo impedito di ruotare
 palo libero

Calcolo
(ctrl+r)

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	545.1 (kN)		545.1 (kN)	
Palo intermedio	4203.4 (kN)		4203.4 (kN)	
Palo corto	16091.2 (kN)		16091.2 (kN)	
H_{med}	545.1 (kN)	Palo lungo	H_{min}	545.1 (kN) Palo lungo

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) \quad 352 \quad (\text{kN})$$

$$H_d = H_k/\gamma_r \quad 271 \quad (\text{kN})$$

$$\text{Carico Trasversale (Fd):} \quad Fd = 238 \quad (\text{kN})$$

$$FS = H_d / Fd = 1.14$$

IV04 – STAZIONE VIGNA DI VALLE
RAMPA 2 D'ACCESSO ALLA PASSERELLA
PILE – Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	IV0405 301	A	125 di 126

CALCOLO DEL PALO SINGOLO E DELLA PALIFICATA

OPERA: PILA4c

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):

Carico sul palo (P):

Lunghezza del Palo (L):

Lunghezza Utile del Palo (Lu):

Peso del Palo (P_{palo}):

Carico base palo (P_{base}):

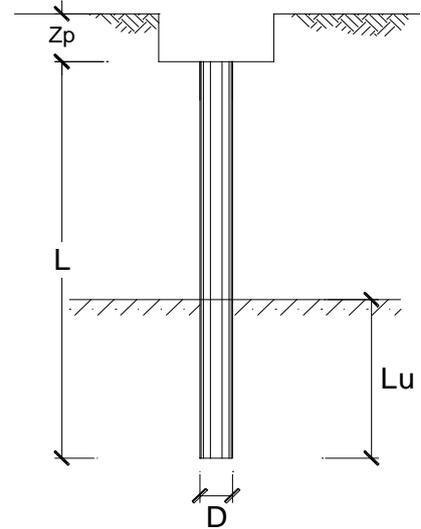
Modulo di Deformazione (E):

Numero di pali della Palificata (n):

Spaziatura dei pali (s)

Fine costr.	SLE-QP	
0.60	(m)	
576	(kN)	
18.0	(m)	
18.0	(m)	
127	(kN)	
703	(kN)	
47.3	(MPa)	
4	(-)	
1.80	(m)	

Esercizio	SLE-RAR	
0.60	(m)	
576	(kN)	
18.0	(m)	
18.0	(m)	
127	(kN)	
703	(kN)	
47.3	(MPa)	
4	(-)	
1.8	(m)	



CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D):$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

SLE-QP	
1.98	(-)
1.6	(mm)

SLE-RAR	
1.98	(-)
1.6	(mm)

$$\Delta\delta = 0.0 \text{ (mm)}$$

CEDIMENTO DELLA PALIFICATA:

$$\delta_p = R_s * \delta = n * R_g * \delta$$

Coefficiente di Gruppo

$$R_g = 0,5 / R + 0,13 / R^2$$

$$R = (n * s / L)^{0,5}$$

R =

SLE-QP	
0.632	
7	(mm)

SLE-RAR	
0.632	
7	(mm)

$$\Delta\delta_p = 0 \text{ (mm)}$$

16 INCIDENZA ARMATURA

16.1 Pila 1

Incidenza pali ($\varnothing 600$, L=18m)	280 kg/m ³
Incidenza plinto di fondazione	120 kg/m ³
Incidenza fusto in elevazione	150 kg/m ³
Incidenza trasverso di sommità	120 kg/m ³

16.2 Pila 2a

Incidenza pali ($\varnothing 600$, L=18m)	280 kg/m ³
Incidenza plinto di fondazione	130 kg/m ³
Incidenza fusto in elevazione	160 kg/m ³
Incidenza trasverso di sommità	120 kg/m ³

16.3 Pila 2b, 2c, 3a, 3b

Incidenza pali ($\varnothing 600$, L=18m)	280 kg/m ³
Incidenza plinto di fondazione	130 kg/m ³
Incidenza fusto in elevazione	170 kg/m ³
Incidenza trasverso di sommità	120 kg/m ³

16.4 Pila 4a, 4b

Incidenza pali ($\varnothing 600$, L=18m)	280 kg/m ³
Incidenza plinto di fondazione	110 kg/m ³
Incidenza fusto in elevazione	180 kg/m ³
Incidenza trasverso di sommità	120 kg/m ³

16.5 Pila 4c

Incidenza pali ($\varnothing 600$, L=18m)	280 kg/m ³
Incidenza plinto di fondazione	130 kg/m ³
Incidenza fusto in elevazione	200 kg/m ³
Incidenza trasverso di sommità	120 kg/m ³

16.6 Pila 5

Incidenza pali ($\varnothing 600$, L=18m)	200 kg/m ³
Incidenza plinto di fondazione	120 kg/m ³
Incidenza fusto in elevazione	150 kg/m ³