

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NODO DI CATANIA**

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

**INTERRAMENTO LINEA PER IL PROLUNGAMENTO DELLA PISTA
DELL'AEROPORTO DI FONTANAROSSA E PER LA MESSA A STI DEL
TRATTO DI LINEA INTERESSATO.**

MACROFASE FUNZIONALE 1

LOTTO 2

Bretella CT-SR e Fascio A-P di prima fase e Collegamento Fascio A-P-Interporto - OPERE CIVILI
CVF e ponti stradali - IV01 CVF NV08 interferenza con Fascio A/P km 3+225 circa - Relazione di calcolo pile

SCALA:

-

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

RS3H 02 D 78 CL IV0105 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	L.Nani	Marzo 2020	G.Giustino	Marzo 2020	S.Vanfiori	Marzo 2020	D.Tiberti

File: RS3H.0.2.D.78.CL.IV.01.0.5.001.A

n. Elab.:

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Tecnica
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Daniele Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10375

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	MATERIALI.....	4
3.1	CALCESTRUZZO SPALLE, SETTI, SOLETTE E MASSETTO PENDENZE (PUNTO 2.6.2.7.6 MDP)	4
3.2	CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE E PLINTO DI FONDAZIONE.....	5
3.3	ACCIAIO PER C.A. (ARMATURA ORDINARIA).....	5
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	7
4.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	7
4.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	7
	4.2.1 <i>Combinazione degli effetti dell'azione sismica</i>	10
	4.2.2 <i>Combinazione dell'azione sismica con le altre azioni</i>	10
5	DESCRIZIONE DELL'OPERA	12
5.1	ESECUZIONE DEL MANUFATTO.....	13
6	ANALISI DEI CARICHI.....	14
6.1	PESO PROPRIO (G1).....	14
6.2	PERMANENTI (G2)	14
6.3	AZIONE DEL VENTO	14
6.4	AZIONI CLIMATICHE.....	18
	6.4.1 <i>Variazione termica uniforme (ϵ_3)</i>	18
	6.4.2 <i>Variazione termica differenziale(ϵ_3)</i>	18
6.5	RITIRO E VISCOSITÀ.....	19
6.6	SCARICHI TRASMESSI DA IMPALCATO	20
6.7	URTO DA TRAFFICO FERROVIARIO.....	27
6.8	SCARICHI PER SCALZAMENTO	28
7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	29
8	MODELLAZIONE NUMERICA.....	33
8.1	CODICE DI CALCOLO	33
8.2	TIPO DI ANALISI SVOLTA (PARAGRAFO 10.2 DEL DM 17-01-18).....	34

8.3	AFFIDABILITÀ DEI CODICI DI CALCOLO	34
8.4	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	35
8.5	PARAMETRI MODELLO GEOTECNICO IV01	35
8.5.1	<i>Rigidità delle molle orizzontali dei pali</i>	36
9	ANALISI MODALE	38
10	CRITERI DI VERIFICA	41
11	ANALISI DEI RISULTATI	42
12	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	52
12.1	FUSTO.....	52
12.1.1	<i>Progettazione per capacità</i>	54
12.1.2	<i>Verifica di stabilità</i>	55
12.1.3	<i>Verifica a pressoflessione e taglio</i>	55
12.1.4	<i>Verifica a taglio</i>	64
12.1.5	<i>Verifica dettagli costruttivi Par. 7.4.6-7.9.6 NTC 18</i>	66
12.2	PULVINO	67
12.2.1	<i>Progettazione per capacità</i>	70
12.2.2	<i>Verifica a pressoflessione e taglio</i>	70
12.2.3	<i>Verifica dettagli costruttivi Par. 7.4.6-7.9.6 NTC 18</i>	78
12.3	SOLETTA DI FONDAZIONE.....	79
12.3.1	<i>Verifica a taglio</i>	81
12.3.2	<i>Verificata a flessione M22 – Armatura corrente</i>	84
12.3.3	<i>Verifica a flessione M11 – Armatura corrente</i>	87
12.4	PALI DI FONDAZIONE	92
12.4.1	<i>Inquadramento geotecnico</i>	92
12.4.2	<i>Verifiche agli stati limite ultimi</i>	92
12.4.3	<i>Verifica pali</i>	93
12.4.4	<i>Verifica strutturale</i>	93
12.4.5	<i>Analisi dei carichi</i>	93
12.4.6	<i>Verifica a carico limite verticale</i>	101
12.4.7	<i>Verifica a carico limite orizzontale</i>	102

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo, delle opere d'arte e delle opere interferite relative al Nodo di Catania ed in particolare al progetto definitivo di *Interramento linea dal km 231+631, tra le stazioni di Catania Acquicella e Bicocca, al km 237+139, tra le stazioni di Bicocca e Lentini Diramazione, per il prolungamento della pista dell'aeroporto Vincenzo Bellini di Catania-Fontanarossa.*

In particolare, ha per oggetto le verifiche secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) delle strutture che costituiscono la “Pila” del ponte di prima categoria del viadotto IV01 che presenta l'altezza del fusto maggiore e l'ipotesi di appoggi “fissi” e “mobili” dell'impalcato.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le disposizioni vigenti in Italia e con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, secondo il DM 17 gennaio 2018.

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale VN pari a 75 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso III ai sensi del DM 17 gennaio 2018 da cui scaturisce un coefficiente d'uso CU=1.5.

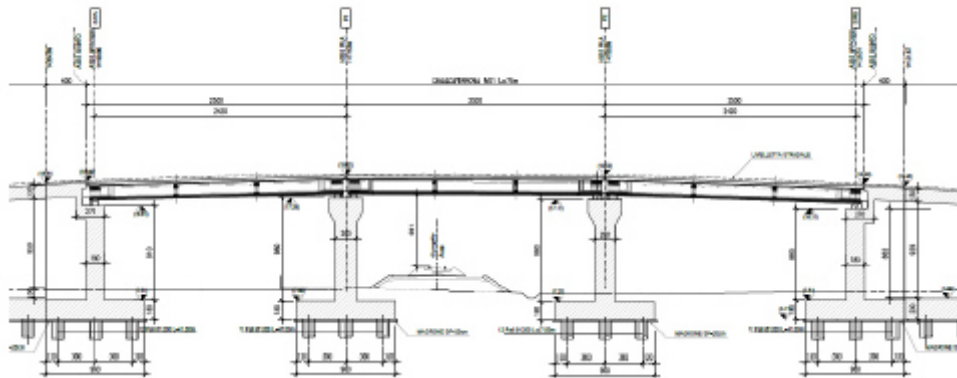


Figura 1 – Viadotto IV01

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative ed è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS:

Normativa di riferimento:

- [N.1]. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- [N.2]. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
- [N.3]. Regolamento (UE) N.1299/2014 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea. Relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
- [N.4]. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
- [N.5]. RFI DTC SI MA IFS 001 C del 21-12-18 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili
- [N.6]. CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni

3 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

3.1 Calcestruzzo spalle, setti, solette e massetto pendenze (punto 2.6.2.7.6 mdp)

Classe	C32/40		
R_{ck} =	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
f_{ck} =	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
f_{cm} =	40	MPa	valor medio resistenza cilindrica
α_{cc} =	0,85		coeff. rid. Per carichi di lunga durata
γ_M =	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
f_{cd} =	18,13	MPa	resistenza di progetto
f_{ctm} =	3,02	MPa	resistenza media a trazione semplice
f_{ctm} =	3,63	MPa	resistenza media a trazione per flessione
f_{ctk} =	2,12	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
E_{cm} =	33346	MPa	Modulo elastico di progetto
ν =	0,2		Coefficiente di Poisson

$G_c =$	13894	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto
$c =$	50	mm	Copriferro minimo
XC4			Classe di esposizione
$\sigma_c < 0.55 \times f_{ck} =$	17.6	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni RARE
$\sigma_c < 0.4 \times f_{ck} =$	12.8	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni QUASI PERMANENTI
$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 =$	2.52	MPa	Tensione limite di fessurazione

3.2 Calcestruzzo pali di fondazione e plinto di fondazione

Classe	C25/30		
$R_{ck} =$	30	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	25	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	33	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85		coeff. rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	14,17	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	2,56	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctm} =$	3,08	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	1.79	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	31476	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	13462	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto
$c =$	60/40	mm	Copriferro minimo pali/plinto di fondazione
XC2			Classe di esposizione
$\sigma_c < 0.55 \times f_{ck} =$	16.5		Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni RARE
$\sigma_c < 0.40 \times f_{ck} =$	12		Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni QUASI PERMANENTI
$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 =$	2.52		Tensione limite di fessurazione

3.3 Acciaio per c.a. (armatura ordinaria)

B450C			
$f_{yk} \geq$	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	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
$f_{yd} =$	391,3 MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000 MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,196%	deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50%	deformazione caratteristica ultima

Per il calcestruzzo si adotta il diagramma parabola rettangolo definito da un arco di parabola con la seguente equazione:

$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[2 \cdot \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right) - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^2 \right]; \quad \text{per: } \epsilon_c \leq \epsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = 0.85 \cdot f_{cd}; \quad \text{per: } \epsilon_{c2} \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu2}$$

in cui ϵ_{c2} e ϵ_{cu2} assumono i seguenti valori:

deformazione in corrispondenza del valore massimo della tensione $\epsilon_{c2} = 2.0\%$

deformazione unitaria a rottura $\epsilon_{cu2} = 3.5\%$

Per l'acciaio B450C Si adotta il diagramma elastico perfettamente plastico considerando, in favore di sicurezza, un limite della deformazione unitaria ultima “ ϵ_{ud} ” pari a: deformazione unitaria ultima $\epsilon_{ud} = 0.9 \times \epsilon_{uk} = 6.75\%$.

4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 17 gennaio 2018 e relativa circolare applicativa

4.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale: $VN = 75$ anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all'opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II): $C_u = 1.5$.

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$ anni

4.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 17-01-2018, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica / V_R) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo **D**

I valori delle caratteristiche sismiche (a_g , F_0 , T_c^*) per gli stati limite di normativa sono dunque:

Latitudine Longitudine

WGS84: Lat 37.434900 - Lng 15.026000
 ED50: Lat 37.435960 - Lng 15.026815

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stati limite

Classe Edificio
 III. Affollamento significativo...

Vita Nominale

Interpolazione

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	68	0.079	2.503	0.280
Danno (SLD)	113	0.103	2.512	0.291
Salvaguardia vita (SLV)	1068	0.330	2.359	0.467
Prevenzione collasso (SLC)	2193	0.472	2.352	0.527

Periodo di riferimento per l'azione sismica:

Cat. Sottosuolo

Cat. Topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,23	1,00
CC Coeff. funz categoria	2,36	2,32	1,83	1,72
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

- $a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- $F_0 \rightarrow$ 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).

Spettri di progetto

Di seguito si forniscono gli spettri di risposta elastici per lo SLV

Lat 37.434882 Long 15.025984

Categoria di sottosuolo tipo D

Classe d'uso : III

Vita nominale VN = 75 anni

$q = 1.5$



Function Name

SLV-H

Function Damping Ratio

0.05

Parameters

ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude

ag, F0 and Tc* - by Island

ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree) 15.026

Site Latitude (degree) 37.4349

Island Name

Limit State SLV

Usage Class III

Nominal Life 75.

Peak Ground Acc., ag/g 0.3292

Magnification Factor, F0 2.3591

Reference period, Tc* 0.4672

Spectrum Type Design Horizo

Soil Type D

Topography T1

h/H ratio 1.

Spectrum Period, Tb 0.2848

Spectrum Period, Tc 0.8544

Spectrum Period, Td 2.9168

Damping Percentage, Xi

Behavior Factor, q 1.5

Convert to User Defined

Define Function

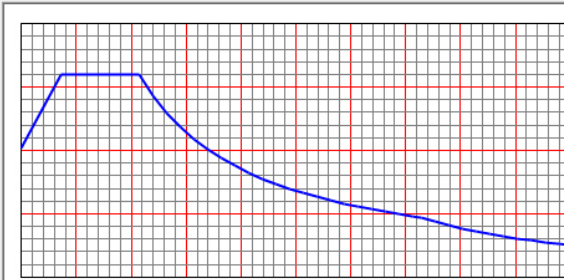
Period	Acceleration
0.	0.4066
0.2848	0.6395
0.8544	0.6395
0.9544	0.5725
1.0544	0.5182
1.1544	0.4733
1.2544	0.4355
1.3544	0.4034
1.4544	0.3757

Add

Modify

Delete

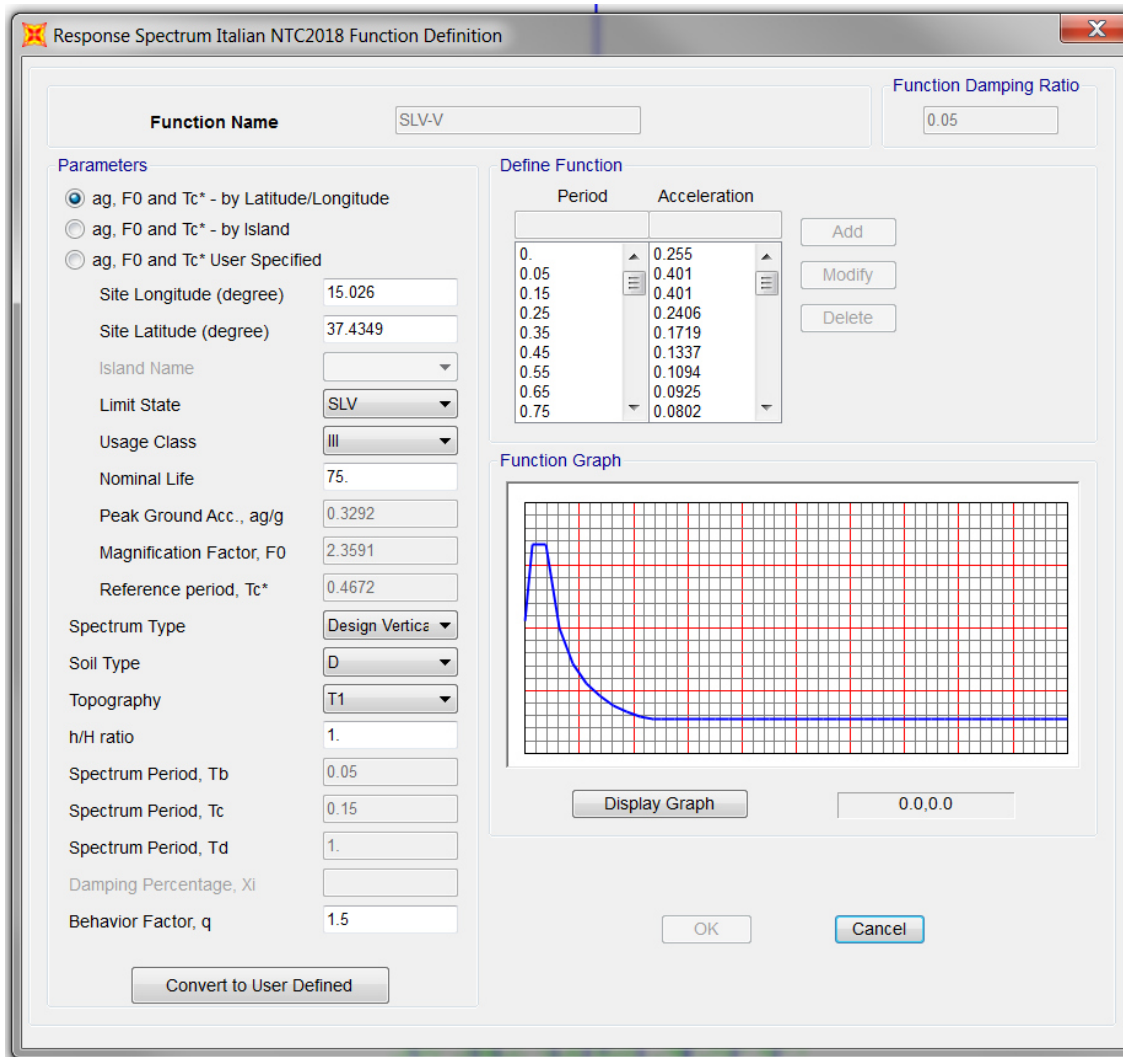
Function Graph



Display Graph

OK

Cancel



4.2.1 Combinazione degli effetti dell'azione sismica

In accordo con il paragrafo 7.3.5. del D.M. 14.01.2008, gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- Sisma in direzione longitudinale "X" $\Rightarrow 1.0 \times E_X + 0.3 \times E_Y + 0.3 \times E_Z$;
- Sisma in direzione trasversale "Y" $\Rightarrow 0.3 \times E_X + 1.0 \times E_Y + 0.3 \times E_Z$;
- Sisma in direzione verticale "Z" $\Rightarrow 0.3 \times E_X + 0.3 \times E_Y + 1.0 \times E_Z$.

Per ciascuna delle precedenti relazioni, gli effetti del sisma sono stati combinati facendo variare opportunamente il segno delle singole sollecitazioni al fine di massimizzare gli sforzi nella struttura.

4.2.2 Combinazione dell'azione sismica con le altre azioni

In accordo con il D.M. 14/01/2008 paragrafo 3.2.4, i carichi sismici vanno combinati con le altre azioni secondo la seguente espressione:

$$G_1 + G_2 + E + \sum_j \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

dove:

$G_1 \Rightarrow$ peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali;

$G_2 \Rightarrow$ carichi permanenti portati;

$E \Rightarrow$ azioni derivanti dai terremoti;

$Q_{kj} \Rightarrow$ azioni variabili sulla struttura.

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

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

Nel caso in esame per i carichi dovuti al transito dei mezzi si assumerà $\Psi_{2j} = 0.0$.

5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La Pila del viadotto IV01 oggetto della presente relazione è realizzata in cemento armato ordinario. È una pila composta da un fusto in elevazione di dimensioni 2.0x5.0 m, da una fondazione di spessore 1.80 m e da un pulvino di altezza pari a 2.50 m. Le fondazioni sono su 12 pali di diametro 1.20 m e lunghezza 47 m.

Nelle figure seguenti si riportano alcuni stralci di planimetrie e sezioni della pila.

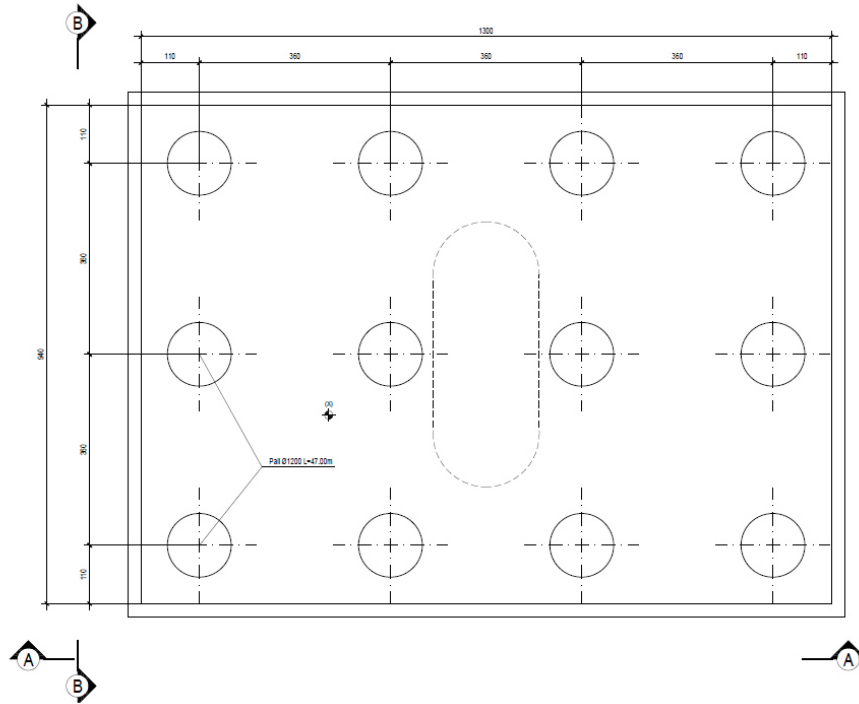


Figura 2 – Piante della pila

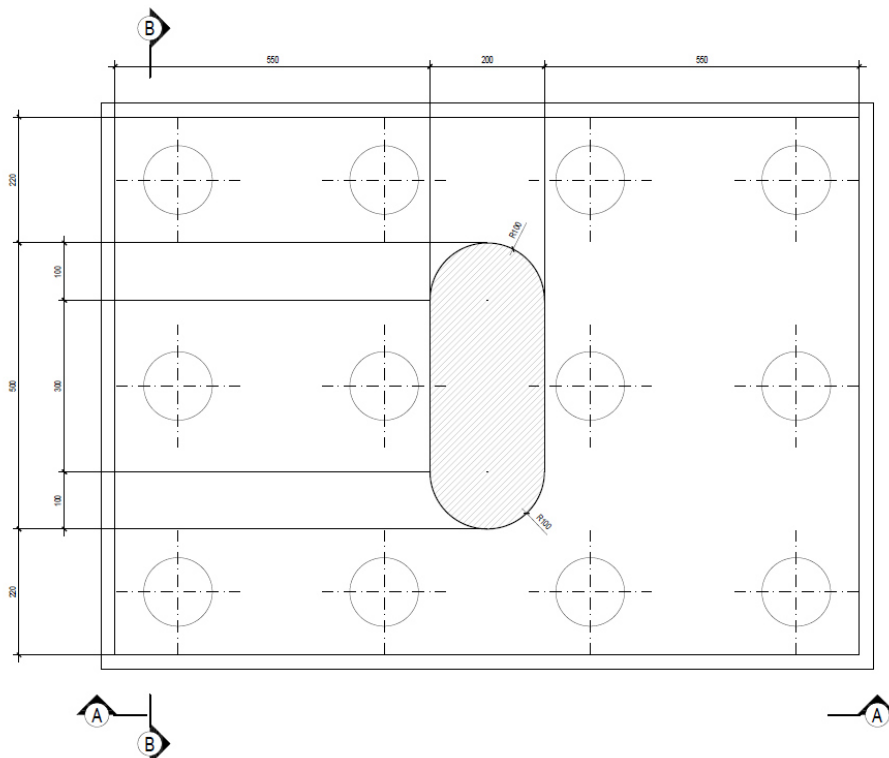


Figura 3 – Piante della pila

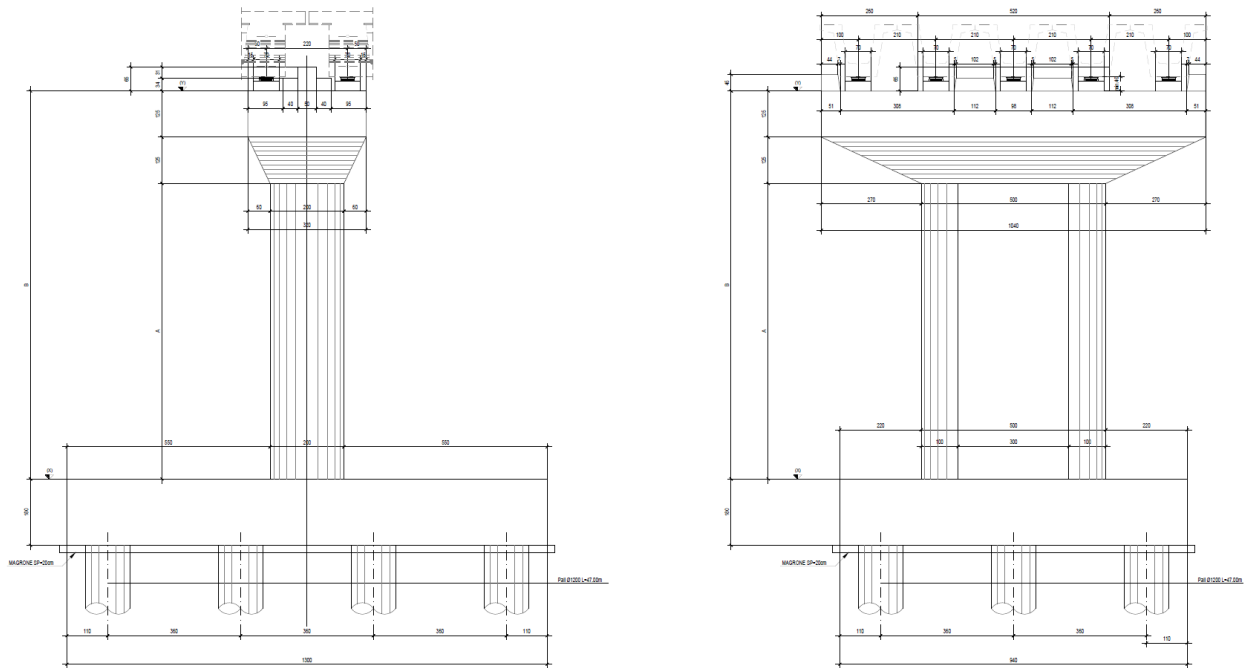


Figura 4 – Sezioni della pila

Di seguito si effettuerà il calcolo della pila con altezza del fusto maggiore ovvero quello di altezza pari a 9.70 m.

5.1 Esecuzione del manufatto

La pila in cemento armato viene realizzata in due fasi di getto: fondazione ed elevazione.

6 ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi che interessa la pila è stata effettuata considerando le azioni provenienti dall' impalcato e quelle direttamente applicate sulla pila.

I carichi trasmessi dall' impalcato sono relativi alle condizioni di carico elementari, opportunamente combinate secondo le vigenti normative, analizzate nel dettaglio nella relazione dell'impalcato, a cui si rimanda per maggiori approfondimenti.

6.1 Peso proprio (G1)

Il peso proprio della struttura è calcolato automaticamente dal software di calcolo impiegato.

Fondazione (kN/mq)	45.00
Elevazione (kN/m)	228.5
Pulvino (kN/m)	181.25

6.2 Permanenti (G2)

E' stato considerato il seguente contributo da applicare alla soletta di fondazione.

- Rinterro h=80 cm	$20 \cdot 0.8 = 16 \text{ kN/m}^2$
--------------------	------------------------------------

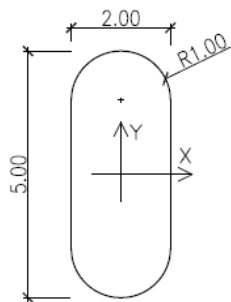
6.3 Azione del Vento

L'azione del vento è valutata in accordo alla normativa vigente NTC18 e secondo quanto riportato nelle istruzioni *CNR-DT207/2008*.

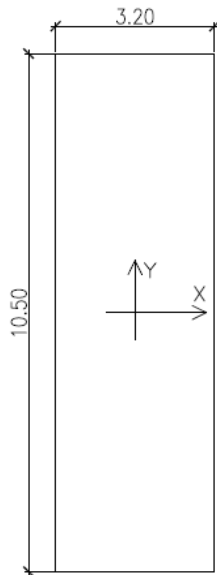
La risposta dinamica alle azioni del vento, le azioni e gli effetti dinamici e aeroelastici dovuti al distacco dei vortici e altri fenomeni aeroelastici non caratterizzano l'opera in esame e sono pertanto ritenuti trascurabili in relazione alla tipologia strutturale in esame di pila "standard" con un peso ragguardevole, sagoma "tozza" e staticamente ben vincolata.

Di seguito si riportano le dimensioni della pila.

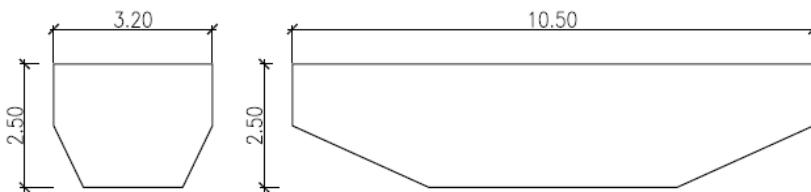
SEZIONE FUSTO



PIANTA PULVINO



SEZIONI PULVINO



Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per calcolare l'azione del vento sul fusto e sul pulvino della pila.

4) Sicilia e provincia di Reggio Calabria

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
4	28	500	0.02

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	7
---	---

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

v_b (velocità di riferimento [m/s])	28
---------------------------------------	----

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
c_e (coefficiente di esposizione)
c_p (coefficiente di forma)
c_d (coefficiente dinamico)



Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	490.00
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

Categoria di esposizione

Z altezza edif. [m]	Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
15	4	B	7

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

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
III	0.2	0.1	5	1

c_e	2.41
-------	------

La pressione del vento a meno del coefficiente di forma vale: 1179.55 N/mq (1.1795 kN/mq)

Coefficiente di forma fusto pila**CNR DT 207/2008 PAR. G.10.3**

dimensione pila // asse x	lx=	2.00	m
dimensione pila // asse y	ly=	5.00	m
raggio di curvatura spigolo	r=	1	m
	d/b=	0.40	
	r/lmax =	0.2	

$c_{fx} = 0.73 \cdot \log_{10}(d/b) + 3.15 =$	2.86	$0.1 \leq d/b \leq 0.2$	NON OK
$c_{fx} = -1.64 \cdot \log_{10}(d/b) + 2.15 =$	2.80	$0.2 \leq d/b \leq 0.7$	OK
$c_{fx} = -0.33 \cdot \log_{10}(d/b) + 1.23 =$	1.36	$0.7 \leq d/b \leq 5$	NON OK
$c_{fx} =$	0.9	$5 \leq d/b \leq 10$	NON OK
		$10 \leq d/b \leq 50$	NON OK

dove d e b sono le dimnsioni del rettangolo nella direzione parallela e ortogonale alla direzione del vento

		d/b=	2.50
$c_{fy} = 0.73 \cdot \log_{10}(d/b) + 3.15 =$	3.44	$0.1 \leq d/b \leq 0.2$	NON OK
$c_{fy} = -1.64 \cdot \log_{10}(d/b) + 2.15 =$	1.50	$0.2 \leq d/b \leq 0.7$	NON OK
$c_{fy} = -0.33 \cdot \log_{10}(d/b) + 1.23 =$	1.10	$0.7 \leq d/b \leq 5$	OK
$c_{fy} =$	0.9	$5 \leq d/b \leq 10$	NON OK
		$10 \leq d/b \leq 50$	NON OK

dove d e b sono le dimnsioni del rettangolo nella direzione parallela e ortogonale alla direzione del vento

coefficiente riduttivo spigolo arratondati $\psi_r = 1 - 0.75 \cdot r/d = 0.85$

$c_{fx} =$	2.86
$c_{fy} =$	1.50

pressione vento orizzontale $q_{px} = 2867.5$ N/mq \Rightarrow **2.87** KN/mq
 pressione vento orizzontale $q_{py} = 1503.9$ N/mq \Rightarrow **1.50** KN/mq

Vento orizzontale su fusto pila

$$F_{x,w} = q_{px} \cdot l_y = 2.87 \cdot 5 = \mathbf{14.35} \text{ kN/m}$$

$$F_{y,w} = q_{py} \cdot l_x = 1.50 \cdot 2 = \mathbf{3.0} \text{ kN/m}$$

Coefficiente di forma pulvino**CNR DT 207/2008 PAR. G.10.3**

dimensione pulvino // asse x $l_x = 3.20$ m
 dimensione pulvino // asse y $l_y = 10.50$ m
 $d/b = 0.30$

$c_{fx} = 2$ $0.1 \leq d/b \leq 0.2$ NON OK
 $c_{fx} = 0.73 \cdot \log_{10}(d/b) + 3.15 = 2.77$ $0.2 \leq d/b \leq 0.7$ OK
 $c_{fx} = -1.64 \cdot \log_{10}(d/b) + 2.15 = 3.00$ $0.7 \leq d/b \leq 5$ NON OK
 $c_{fx} = -0.33 \cdot \log_{10}(d/b) + 1.23 = 1.40$ $5 \leq d/b \leq 10$ NON OK
 $c_{fx} = 0.9$ $10 \leq d/b \leq 50$ NON OK

dove d e b sono le dimensioni del rettangolo nella direzione parallela e ortogonale alla direzione del vento

$d/b = 3.28$
 $c_{fy} = 2$ $0.1 \leq d/b \leq 0.2$ NON OK
 $c_{fy} = 0.73 \cdot \log_{10}(d/b) + 3.15 = 3.53$ $0.2 \leq d/b \leq 0.7$ OK
 $c_{fy} = -1.64 \cdot \log_{10}(d/b) + 2.15 = 1.30$ $0.7 \leq d/b \leq 5$ NON OK
 $c_{fy} = -0.33 \cdot \log_{10}(d/b) + 1.23 = 1.06$ $5 \leq d/b \leq 10$ NON OK
 $c_{fy} = 0.9$ $10 \leq d/b \leq 50$ NON OK

dove d e b sono le dimensioni del rettangolo nella direzione parallela e ortogonale alla direzione del vento

$c_{fx} =$	2.77
$c_{fy} =$	3.53

pressione vento orizzontale $q_{px} = 3267.3$ N/mq \Rightarrow **3.27** KN/mq
 pressione vento orizzontale $q_{py} = 4163.8$ N/mq \Rightarrow **4.16** KN/mq

Vento orizzontale su pulvino pila

$$F_{x,w} = q_{px} \cdot h = 3.27 \cdot 2.50 = \mathbf{8.18} \text{ kN/m}$$

$$F_{y,w} = q_{py} \cdot A = 4.16 \cdot 7.25 = \mathbf{30.16} \text{ kN}$$

6.4 Azioni climatiche**6.4.1 Variazione termica uniforme (ϵ_3)**

La variazione termica uniforme è valutata secondo il § 5.2.2.5.2 delle NTC18. Si prevede una variazione termica pari a ± 15 °C.

6.4.2 Variazione termica differenziale (ϵ_3)

È stata considerata una differenza di temperatura sull'elevazione della pila pari a ± 5 °C.

6.5 Ritiro e Viscosità

Ritiro elevazione paramento

Calcolo ritiro secondo Eurocodice 2 UNI EN 1992-1-1			
Calcolo dell'azione prodotta da ritiro			
	Rck	40	
	f_{ck}	33.20 N/mm ²	
resistenza a compressione media	f_{cm}	41.20 N/mm ²	
modulo elastico secante	E_{cm}	33642.78 N/mm ²	
coefficiente di dilatazione termica	α	0.00001	
classe del cemento	cls tipo	R	
età del cls all'inizio del ritiro	t_s	2 gg	
età del cls al momento del carico	t_0	2 gg	
età del cls	t	25550 gg	
larghezza sezione	B	500 cm	
altezza sezione	H	200 cm	
sezione trasversale dell'elemento	A_c	10000000 mm ²	
perimetro a contatto con l'atmosfera	u	14000 mm	
dimensione convenz. elemento di cls	$h_0=2A_c/u$	1429 mm	
umidità relativa percentuale	RH	75 %	
Calcolo del modulo elastico			
coeff. del tipo di cemento	α	1	
tempo t_0 corretto in funz del tipo di cem	t_0	6.189 gg	> 0.5
coeff. della resistenza del cls	$\beta_c(f_{cm})$	2.62	
coeff. della viscosità nel tempo	$\beta_c(t_0)$	0.649	
coeff. della resistenza del cls	α_1	0.892	
coeff. della resistenza del cls	α_2	0.968	
coeff. della resistenza del cls	α_3	0.922	
coeff. che tiene conto dell'umidità relativa	β_H	1383	
coeff. della variabilità viscosità nel tempo	$\beta_c(t, t_0)$	0.984	
coeff. che tiene conto dell'umidità	φ_{RH}	1.192	
coeff. nominale della viscosità	φ_0	2.026	
coeff. di viscosità	$\varphi(t, t_0)$	1.99	
Modulo elastico al tempo t	$E_{cm}(t, t_0)$	11237.7 N/mm ²	
Calcolo della deformazione di ritiro			
parametro fuazione di h_0	k_h	0.7	PROSPETTO 3.3
coeff. variabilità deformazione nel tempo	$\beta_{cs}(t, t_s)$	0.922	
def. di ritiro per essiccamento	$\varepsilon_{cd}(t)$	0.000275	
deformazione di base	$\varepsilon_{cd,0}$	0.000426	
coeff. per il tipo di cemento	α_{ds1}	6	
coeff. per il tipo di cemento	α_{ds2}	0.11	
	β_{RH}	0.896094	
	$\beta_{as}(t)$	1	
	$\varepsilon_{ca,oo}$	0.000058	
deformazione dovuta al ritiro autogeno	ε_{ca}	5.8E-05	
deformazione di ritiro	$\varepsilon_s(t, t_0)$	0.000333	
Variazione termica uniforme	ΔT_{ritiro}	-11.1 °C	

Ritiro pulvino

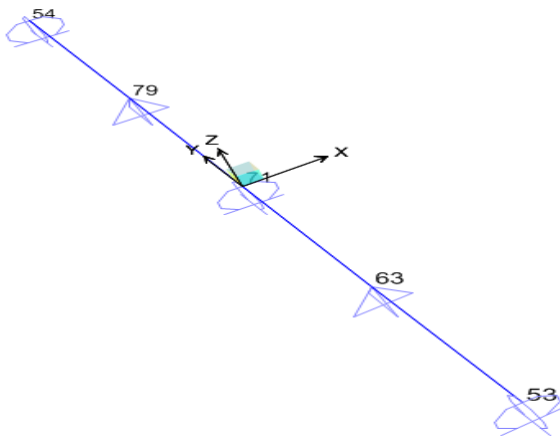
Calcolo ritiro secondo Eurocodice 2 UNI EN 1992-1-1			
Calcolo dell'azione prodotta da ritiro			
	Rck	40	
	f_{ck}	33.20 N/mm ²	
resistenza a compressione media	f_{cm}	41.20 N/mm ²	
modulo elastico secante	E_{cm}	33642.78 N/mm ²	
coefficiente di dilatazione termica	α	0.00001	
classe del cemento	cls tipo	R	
età del cls all'inizio del ritiro	t_s	2 gg	
età del cls al momento del carico	t_0	2 gg	
età del cls	t	25550 gg	
larghezza sezione	B1	320 cm	
larghezza sezione	B2	200 cm	
altezza sezione	H	250 cm	
sezione trasversale dell'elemento	A_c	7250000 mm ²	
perimetro a contatto con l'atmosfera	u	8470 mm	
dimensione convenz. elemento di cls	$h_0=2A_c/u$	1712 mm	
umidità relativa percentuale	RH	75 %	
Calcolo del modulo elastico			
coeff. del tipo di cemento	α	1	
tempo t_0 corretto in funz del tipo di cem	t_0	6.189 gg	> 0.5
coeff. della resistenza del cls	$\beta_c(f_{cm})$	2.62	
coeff. della viscosità nel tempo	$\beta_c(t_0)$	0.649	
coeff. della resistenza del cls	α_1	0.892	
coeff. della resistenza del cls	α_2	0.968	
coeff. della resistenza del cls	α_3	0.922	
coeff. che tiene conto dell'umidità relativa	β_H	1383	
coeff. della variabilità viscosità nel tempo	$\beta_c(t, t_0)$	0.984	
coeff. che tiene conto dell'umidità	φ_{RH}	1.180	
coeff. nominale della viscosità	φ_0	2.006	
coeff. di viscosità	$\varphi(t, t_0)$	1.97	
Modulo elastico al tempo t	$E_{cm}(t, t_0)$	11308.6 N/mm ²	
Calcolo della deformazione di ritiro			
parametro fusione di h_0	k_h	0.7	PROSPETTO 3.3
coeff. variabilità deformazione nel tempo	$\beta_{cs}(t, t_s)$	0.900	
def. di ritiro per essiccamento	$\varepsilon_{cd}(t)$	0.000268	
deformazione di base	$\varepsilon_{od,0}$	0.000426	
coeff. per il tipo di cemento	α_{ds1}	6	
coeff. per il tipo di cemento	α_{ds2}	0.11	
	β_{RH}	0.896094	
	$\beta_{as}(t)$	1	
	$\varepsilon_{ca,00}$	0.000058	
deformazione dovuta al ritiro autogeno	ε_{ca}	5.8E-05	
deformazione di ritiro	$\varepsilon_s(t, t_0)$	0.000326	
Variazione termica uniforme	ΔT_{ritiro}	-11.0 °C	

6.6 Scarichi trasmessi da impalcato

Il collegamento tra le pile e l'impalcato avviene mediante due apparecchi di appoggio fissi e tre apparecchi di appoggio mobili multidirezionali da un lato e dall'altro mediante due apparecchi mobili unidirezionali e tre apparecchi di appoggio mobili multidirezionali.

Di seguito si riportano i carichi trasmessi dall'impalcato analizzato in altra relazione di calcolo.

Con riferimento alla figura seguente si riportano gli scarichi massimi dell'impalcato agenti sulla pila:



LATO APPOGGI FISSI

FASE 1

TABLE: Joint Reactions SLU-01					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	SLU-01	Combination	0	0	811.483
54	SLU-01	Combination	0	0	811.483
63	SLU-01	Combination	0	0	804.705
71	SLU-01	Combination	0	0	791.758
79	SLU-01	Combination	0	0	804.705

TABLE: Joint Reactions SLE					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	SLE	Combination	0	0	566.84
54	SLE	Combination	0	0	566.84
63	SLE	Combination	0	0	567.093
71	SLE	Combination	0	0	557.686
79	SLE	Combination	0	0	567.093

FASE 2

TABLE: Joint Reactions INV SLU STR						
Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	INV SLU STR	Combination	Max	0	0	1202.033
53	INV SLU STR	Combination	Min	0	0	157.272
54	INV SLU STR	Combination	Max	0	0	667.993
54	INV SLU STR	Combination	Min	0	0	110.59
63	INV SLU STR	Combination	Max	881.769	112.754	1629.398
63	INV SLU STR	Combination	Min	-869.612	-319.667	39.952
71	INV SLU STR	Combination	Max	0	0	1783.467
71	INV SLU STR	Combination	Min	0	0	-133.321
79	INV SLU STR	Combination	Max	869.612	161.288	957.805
79	INV SLU STR	Combination	Min	-881.769	-232.239	20.281

SOMMA F3	PESO TOT	a_max_X	a_max_Y	N° FISSI	N° UNI	F1 MAX	F2 MAX
3215.8	6431.6	0.58	0.53	2	4	1865	852

TABLE: Joint Reactions INV SLU SISMICO

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	INV SLU SISMICO	Combination	Max	0	0	347.14
53	INV SLU SISMICO	Combination	Min	0	0	-89.69
54	INV SLU SISMICO	Combination	Max	0	0	347.14
54	INV SLU SISMICO	Combination	Min	0	0	-89.69
63	INV SLU SISMICO	Combination	Max	1865	852	226.08
63	INV SLU SISMICO	Combination	Min	-1865	-852	-163.14
71	INV SLU SISMICO	Combination	Max	0	0	266.43
71	INV SLU SISMICO	Combination	Min	0	0	-126.74
79	INV SLU SISMICO	Combination	Max	1865	852	226.08
79	INV SLU SISMICO	Combination	Min	-1865	-852	-163.14

TABLE: Joint Reactions INV-SLERA

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	INV-SLERA	Combination	Max	0	0	873.341
53	INV-SLERA	Combination	Min	0	0	153.482
54	INV-SLERA	Combination	Max	0	0	477.573
54	INV-SLERA	Combination	Min	0	0	64.682
63	INV-SLERA	Combination	Max	653.719	85.469	1201.866
63	INV-SLERA	Combination	Min	-643.6	-234.505	45.86
71	INV-SLERA	Combination	Max	0	0	1311.141
71	INV-SLERA	Combination	Min	0	0	-108.702
79	INV-SLERA	Combination	Max	643.6	120.04	703.975
79	INV-SLERA	Combination	Min	-653.719	-171.123	45.974

TABLE: Joint Reactions INV-SLEFRE

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	INV-SLEFRE	Combination	Max	0	0	668.62
53	INV-SLEFRE	Combination	Min	0	0	128.726
54	INV-SLEFRE	Combination	Max	0	0	370.561
54	INV-SLEFRE	Combination	Min	0	0	60.892
63	INV-SLEFRE	Combination	Max	494.045	73.739	898.477
63	INV-SLEFRE	Combination	Min	-478.945	-166.495	31.472
71	INV-SLEFRE	Combination	Max	0	0	986.069
71	INV-SLEFRE	Combination	Min	0	0	-78.813
79	INV-SLEFRE	Combination	Max	478.945	99.906	522.261
79	INV-SLEFRE	Combination	Min	-494.045	-118.72	28.76

TABLE: Joint Reactions INV-SLEQP

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	INV-SLEQP	Combination	Max	0	0	128.726
53	INV-SLEQP	Combination	Min	0	0	128.726
54	INV-SLEQP	Combination	Max	0	0	128.726
54	INV-SLEQP	Combination	Min	0	0	128.726
63	INV-SLEQP	Combination	Max	-1.7E-08	0.076	31.472
63	INV-SLEQP	Combination	Min	-1.7E-08	-2.465	31.472
71	INV-SLEQP	Combination	Max	0	0	69.844
71	INV-SLEQP	Combination	Min	0	0	69.844
79	INV-SLEQP	Combination	Max	1.68E-08	2.465	31.472
79	INV-SLEQP	Combination	Min	1.65E-08	-0.076	31.472

FASE 1 + FASE 2

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
53	INV SLU STR	0.0	0.0	-2013.5
54	INV SLU STR	0.0	0.0	-1479.5
63	INV SLU STR	881.8	319.7	-2434.1
71	INV SLU STR	0.0	0.0	-2575.2
79	INV SLU STR	881.8	232.2	-1762.5

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
53	INV SLU SISMICO	0.0	0.0	-914.0
54	INV SLU SISMICO	0.0	0.0	-914.0
63	INV SLU SISMICO	1865.2	852.2	-793.2
71	INV SLU SISMICO	0.0	0.0	-824.1
79	INV SLU SISMICO	1865.2	852.2	-793.2

TABLE: Joint Reactions

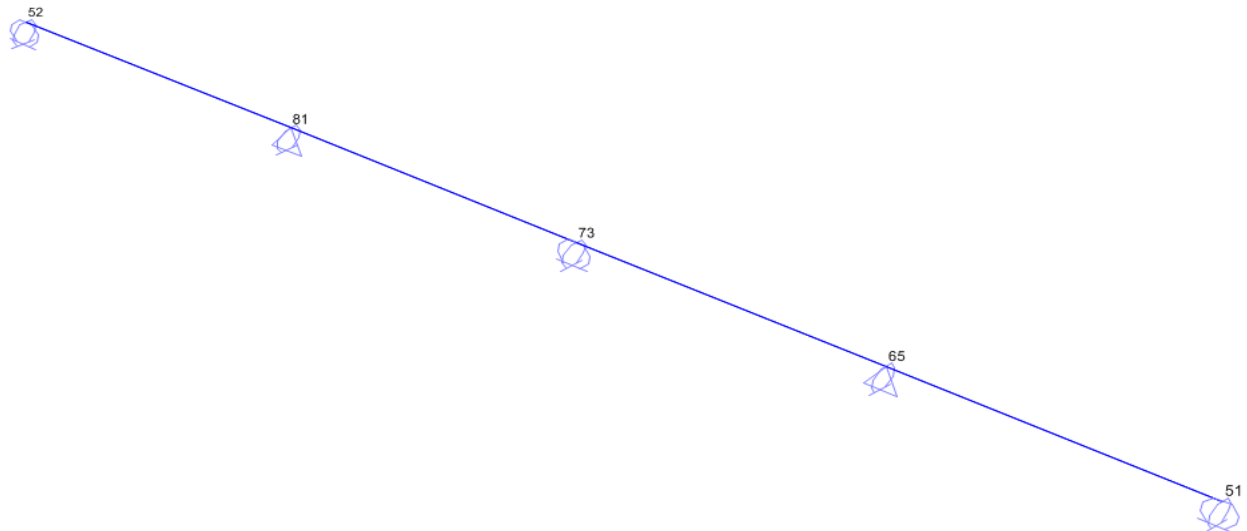
Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
53	INV-SLERA	0.0	0.0	-1440.2
54	INV-SLERA	0.0	0.0	-1044.4
63	INV-SLERA	653.7	234.5	-1769.0
71	INV-SLERA	0.0	0.0	-1868.8
79	INV-SLERA	653.7	171.1	-1271.1

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
53	INV-SLEFRE	0.0	0.0	-1235.5
54	INV-SLEFRE	0.0	0.0	-937.4
63	INV-SLEFRE	494.0	166.5	-1465.6
71	INV-SLEFRE	0.0	0.0	-1543.8
79	INV-SLEFRE	494.0	118.7	-1089.4

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
53	INV-SLEQP	0.0	0.0	-695.6
54	INV-SLEQP	0.0	0.0	-695.6
63	INV-SLEQP	0.0	2.5	-598.6
71	INV-SLEQP	0.0	0.0	-627.5
79	INV-SLEQP	0.0	2.5	-598.6



LATO APPOGGI MOBILI

FASE 1

TABLE: Joint Reactions SLU-01

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	SLU-01	Combination	0	0	811.483
54	SLU-01	Combination	0	0	811.483
63	SLU-01	Combination	0	0	804.705
71	SLU-01	Combination	0	0	791.758
79	SLU-01	Combination	0	0	804.705

TABLE: Joint Reactions SLE

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	SLE	Combination	0	0	566.84
54	SLE	Combination	0	0	566.84
63	SLE	Combination	0	0	567.093
71	SLE	Combination	0	0	557.686
79	SLE	Combination	0	0	567.093

FASE 2

TABLE: Joint Reactions INV-SLU STR

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
51	INV-SLU STR	Combination	Max	0	0	1202.03
51	INV-SLU STR	Combination	Min	0	0	157.272
52	INV-SLU STR	Combination	Max	0	0	667.991
52	INV-SLU STR	Combination	Min	0	0	110.59
65	INV-SLU STR	Combination	Max	0	210.5	1629.266
65	INV-SLU STR	Combination	Min	0	-103.4	39.952
73	INV-SLU STR	Combination	Max	0	0.0	1783.48
73	INV-SLU STR	Combination	Min	0	0.0	-133.293
81	INV-SLU STR	Combination	Max	0	147.7	957.714
81	INV-SLU STR	Combination	Min	0	-164.8	20.281

TABLE: Joint Reactions INV-SLU SISMICO

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
51	INV-SLU SISMICO	Combination	Max	0	0	347.14
51	INV-SLU SISMICO	Combination	Min	0	0	-89.69
52	INV-SLU SISMICO	Combination	Max	0	0	347.14
52	INV-SLU SISMICO	Combination	Min	0	0	-89.69
65	INV-SLU SISMICO	Combination	Max	0	852	226.08
65	INV-SLU SISMICO	Combination	Min	0	-852	-163.14
73	INV-SLU SISMICO	Combination	Max	0	0	266.43
73	INV-SLU SISMICO	Combination	Min	0	0	-126.74
81	INV-SLU SISMICO	Combination	Max	0	852	226.08
81	INV-SLU SISMICO	Combination	Min	0	-852	-163.14

TABLE: Joint Reactions INV-SLERA

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
51	INV-SLERA	Combination	Max	0	0	873.339
51	INV-SLERA	Combination	Min	0	0	153.482
52	INV-SLERA	Combination	Max	0	0	477.572
52	INV-SLERA	Combination	Min	0	0	64.683
65	INV-SLERA	Combination	Max	0	157.791	1201.768
65	INV-SLERA	Combination	Min	0	-74.418	45.86
73	INV-SLERA	Combination	Max	0	0	1311.151
73	INV-SLERA	Combination	Min	0	0	-108.681
81	INV-SLERA	Combination	Max	0	109.839	703.908
81	INV-SLERA	Combination	Min	0	-121.246	45.974

TABLE: Joint Reactions INV-SLEFRE

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
51	INV-SLEFRE	Combination	Max	0	0	668.619
51	INV-SLEFRE	Combination	Min	0	0	128.726
52	INV-SLEFRE	Combination	Max	0	0	370.56
52	INV-SLEFRE	Combination	Min	0	0	60.892
65	INV-SLEFRE	Combination	Max	0	127.307	898.403
65	INV-SLEFRE	Combination	Min	0	-47.104	31.472
73	INV-SLEFRE	Combination	Max	0	0	986.077
73	INV-SLEFRE	Combination	Min	0	0	-78.797
81	INV-SLEFRE	Combination	Max	0	91.581	522.21
81	INV-SLEFRE	Combination	Min	0	-81.986	28.76

TABLE: Joint Reactions INV-SLEQP

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN
51	INV-SLEQP	Combination	Max	0	0	128.726
51	INV-SLEQP	Combination	Min	0	0	128.726
52	INV-SLEQP	Combination	Max	0	0	128.726
52	INV-SLEQP	Combination	Min	0	0	128.726
65	INV-SLEQP	Combination	Max	0	0.076	31.472
65	INV-SLEQP	Combination	Min	0	-2.465	31.472
73	INV-SLEQP	Combination	Max	0	0	69.844
73	INV-SLEQP	Combination	Min	0	0	69.844
81	INV-SLEQP	Combination	Max	0	2.465	31.472
81	INV-SLEQP	Combination	Min	0	-0.076	31.472

FASE 1 + FASE 2

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
51	INV SLU STR	0.0	0.0	-2013.5
52	INV SLU STR	0.0	0.0	-1479.5
65	INV SLU STR	0.0	210.5	-2434.0
73	INV SLU STR	0.0	0.0	-2575.2
81	INV SLU STR	0.0	164.8	-1762.4

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
51	INV SLU SISMICO	0.0	0.0	-914.0
52	INV SLU SISMICO	0.0	0.0	-914.0
65	INV SLU SISMICO	0.0	852.2	-793.2
73	INV SLU SISMICO	0.0	0.0	-824.1
81	INV SLU SISMICO	0.0	852.2	-793.2

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
51	INV-SLERA	0.0	0.0	-1440.2
52	INV-SLERA	0.0	0.0	-1044.4
65	INV-SLERA	0.0	157.8	-1768.9
73	INV-SLERA	0.0	0.0	-1868.8
81	INV-SLERA	0.0	121.2	-1271.0

TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
51	INV-SLEFRE	0.0	0.0	-1235.5
52	INV-SLEFRE	0.0	0.0	-937.4
65	INV-SLEFRE	0.0	127.3	-1465.5
73	INV-SLEFRE	0.0	0.0	-1543.8
81	INV-SLEFRE	0.0	91.6	-1089.3

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
51	INV-SLEQP	0.0	0.0	-695.6
52	INV-SLEQP	0.0	0.0	-695.6
65	INV-SLEQP	0.0	2.5	-598.6
73	INV-SLEQP	0.0	0.0	-627.5
81	INV-SLEQP	0.0	2.5	-598.6

6.7 Urto da traffico ferroviario

L'urto da traffico ferroviario è stato valutato in accordo alla vigente normativa NTC18 al paragrafo 3.6.3.4.

Al verificarsi di un deragliamento, infatti, può esservi il rischio di collisione fra i veicoli deragliati e le strutture adiacenti la ferrovia.

Nel caso in esame la distanza asse del binario-pila è pari a 7.82 m per cui $5\text{ m} < d \leq 15\text{ m}$, così come mostrato nel dettaglio che segue.

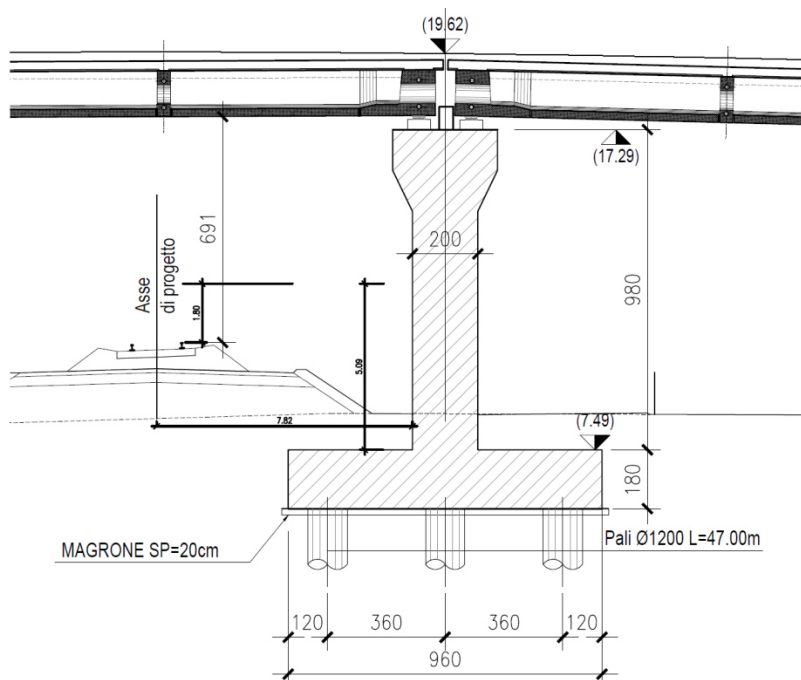


Figura 5 – Sezioni della pila

Sono state, perciò, assunte le seguenti azioni statiche equivalenti:

- 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;

Le suddette forze sono state applicate a 1.80 m dal piano del ferro e non si considerano come agenti simultaneamente.

In particolare si ha:

Direzione parallela → $F = 2000\text{ kN}$

Direzione perpendicolare → $F = 750\text{ kN}$

6.8 Scarichi per scalzamento

Per la verifica a scalzamento si devono considerare gli scarichi sui singoli pali prodotti dalla combinazione eccezionale G1+G2+0.8Q.

A scopo cautelativo ed in favore di sicurezza si considera la combinazione di carico SLERARA sia per l'impalcato che per la spalla:

COMBO	SLER	IMPALCATO
G1	1	
G2	1	
C1-SCHEMA-1	1	
C2-SCHEMA-2	1	
C3-SCHEMA-3	1	
C1-FRE	1	
C2-FRE	1	
C3-FRE	1	
Q5	1	
Qw	0.6	
TEMP	0.6	
Ritiro	0.6	

COMBO	SLER	PILA	IV01
DEAD	1		
PERM	1		
VENTO	1		
REAZ_IMP_SLER	1		
TERMICO	0.6		
RITIRO	1		

SCARICHI PALI - PILA IV01		
N=	2907	KN
V=	133	KN

Per la verifica a scalzamento si rimanda a specifica relazione di calcolo: elaborato RS3H.0.2.D.78.RH.GE.00.0.5.006.A.

7 COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate nei calcoli. Ai fini delle verifiche agli stati limite, in accordo con le NTC18, si definiscono le seguenti combinazioni di:

- *Combinazione FONDAMENTALE, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):*

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{G3} G_3 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione RARA, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:*

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione FREQUENTE, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:*

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione QUASI PERMANENTE, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:*

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- *Combinazione SISMICA, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:*

$$E + G_1 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle combinazioni per le verifiche allo stato limite di esercizio (SLE), ovvero quelle rare, frequenti e quasi permanenti, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguite facendo riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale STR ovvero per il raggiungimento della resistenza ultima negli elementi strutturali.

Come anticipato precedentemente gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \Psi_{2i} \times Q_{ki}$$

Il valore assunto per il coefficiente Ψ_{2i} per i carichi mobili è pari a $\Psi_{2i} = 0.0$.

Le combinazioni allo stato limite ultimo SLU fanno riferimento in questa relazione al solo gruppo denominato STR poiché le verifiche riguardano solo l'impalcato.

I coefficienti di combinazione γ_G , γ_Q e Ψ sono ricavati dalle tabelle delle NTC 18 (tabella 5.I.V e tabella 5.I.VI di NTC18).

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

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

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

TABLE: Combination Definitions		
ComboName	CaseName	ScaleFactor
Text	Text	Unitless
ECC	DEAD	1
ECC	PERM	1
ECC	URTO	1

TABLE: Combination Definitions

ComboName	CaseName	ScaleFactor
SLU1	DEAD	1.35
SLU1	PERM	1.5
SLU1	VENTO-X	1.5
SLU1	REAZ_IMP_SLU_STAT	1
SLU1	TERMICO	0.9
SLU1	RITIRO	1.2
SLU1	PESO_FOND	1.35
SLU2	DEAD	1.35
SLU2	PERM	1.5
SLU2	VENTO-Y	1.5
SLU2	REAZ_IMP_SLU_STAT	1
SLU2	TERMICO	0.9
SLU2	RITIRO	1.2
SLU2	PESO_FOND	1.35
SLV1-FOND	DEAD	1
SLV1-FOND	PERM	1
SLV1-FOND	SISM_Z	-0.3
SLV1-FOND	SISM_X	1.1
SLV1-FOND	SISM_Y	0.33
SLV1-FOND	REAZ_IMP_SISM_Z	-0.3
SLV1-FOND	TERMICO	0.5
SLV1-FOND	REAZ_IMP_SISM_Y	0.33
SLV1-FOND	REAZ_IMP_SISM_X	1.1
SLV1-FOND	INERZIA_FOND_SISM_X	1
SLV1-FOND	INERZIA_FOND_SISM_Y	0.3
SLV1-FOND	PESO_FOND	1
SLV1-FOND	PESO IMPALCATO	1
SLV2-FOND	DEAD	1
SLV2-FOND	PERM	1
SLV2-FOND	SISM_Z	0.3
SLV2-FOND	SISM_X	1.1
SLV2-FOND	SISM_Y	0.33
SLV2-FOND	REAZ_IMP_SISM_Z	0.3
SLV2-FOND	TERMICO	0.5
SLV2-FOND	REAZ_IMP_SISM_X	1.1
SLV2-FOND	REAZ_IMP_SISM_Y	0.33
SLV2-FOND	INERZIA_FOND_SISM_X	1
SLV2-FOND	INERZIA_FOND_SISM_Y	0.3
SLV2-FOND	PESO_FOND	1
SLV2-FOND	PESO IMPALCATO	1
SLV3-FOND	DEAD	1
SLV3-FOND	PERM	1
SLV3-FOND	SISM_Z	-0.3
SLV3-FOND	SISM_X	0.33
SLV3-FOND	SISM_Y	1.1
SLV3-FOND	REAZ_IMP_SISM_Z	-0.3
SLV3-FOND	TERMICO	0.5
SLV3-FOND	REAZ_IMP_SISM_X	0.33
SLV3-FOND	REAZ_IMP_SISM_Y	1.1
SLV3-FOND	INERZIA_FOND_SISM_X	0.3
SLV3-FOND	INERZIA_FOND_SISM_Y	1
SLV3-FOND	PESO_FOND	1

TABLE: Combination Definitions

ComboName	CaseName	ScaleFactor
SLV3-FOND	PESO_FOND	1
SLV3-FOND	PESO IMPALCATO	1
SLV4-FOND	DEAD	1
SLV4-FOND	PERM	1
SLV4-FOND	SISM_Z	0.3
SLV4-FOND	SISM_X	0.33
SLV4-FOND	SISM_Y	1.1
SLV4-FOND	REAZ_IMP_SISM_Z	0.3
SLV4-FOND	TERMICO	0.5
SLV4-FOND	REAZ_IMP_SISM_X	0.33
SLV4-FOND	REAZ_IMP_SISM_Y	1.1
SLV4-FOND	INERZIA_FOND_SISM_X	0.3
SLV4-FOND	INERZIA_FOND_SISM_Y	1
SLV4-FOND	PESO_FOND	1
SLV4-FOND	PESO IMPALCATO	1
SLV5-FOND	DEAD	1
SLV5-FOND	PERM	1
SLV5-FOND	SISM_Z	-1
SLV5-FOND	SISM_X	0.33
SLV5-FOND	SISM_Y	0.33
SLV5-FOND	REAZ_IMP_SISM_Z	-1
SLV5-FOND	TERMICO	0.5
SLV5-FOND	REAZ_IMP_SISM_X	0.33
SLV5-FOND	REAZ_IMP_SISM_Y	0.33
SLV5-FOND	INERZIA_FOND_SISM_X	0.3
SLV5-FOND	INERZIA_FOND_SISM_Y	0.3
SLV5-FOND	PESO_FOND	1
SLV5-FOND	PESO IMPALCATO	1
SLV6-FOND	DEAD	1
SLV6-FOND	PERM	1
SLV6-FOND	SISM_Z	1
SLV6-FOND	SISM_X	0.33
SLV6-FOND	SISM_Y	0.33
SLV6-FOND	REAZ_IMP_SISM_Z	1
SLV6-FOND	TERMICO	0.5
SLV6-FOND	REAZ_IMP_SISM_X	0.33
SLV6-FOND	REAZ_IMP_SISM_Y	0.33
SLV6-FOND	INERZIA_FOND_SISM_X	0.3
SLV6-FOND	INERZIA_FOND_SISM_Y	0.3
SLV6-FOND	PESO_FOND	1
SLV6-FOND	PESO IMPALCATO	1
SLER1	DEAD	1
SLER1	PERM	1
SLER1	VENTO-X	1
SLER1	REAZ_IMP_SLER	1
SLER1	TERMICO	0.6
SLER1	RITIRO	1
SLER1	PESO_FOND	1
SLER2	DEAD	1
SLER2	PERM	1
SLER2	VENTO-Y	1
SLER2	REAZ_IMP_SLER	1
SLER2	TERMICO	0.6

TABLE: Combination Definitions

ComboName	CaseName	ScaleFactor
SLER2	REAZ_IMP_SLER	1
SLER2	TERMICO	0.6
SLER2	RITIRO	1
SLER2	PESO_FOND	1
SLEF1	DEAD	1
SLEF1	PERM	1
SLEF1	REAZ_IMP_SLEF	1
SLEF1	VENTO-X	0.2
SLEF1	TERMICO	0.5
SLEF1	RITIRO	1
SLEF1	PESO_FOND	1
SLEF2	DEAD	1
SLEF2	PERM	1
SLEF2	REAZ_IMP_SLEF	1
SLEF2	VENTO-Y	0.2
SLEF2	TERMICO	0.5
SLEF2	RITIRO	1
SLEF2	PESO_FOND	1
SLEQP	DEAD	1
SLEQP	PERM	1
SLEQP	REAZ_IMP_SLEQP	1
SLEQP	TERMICO	0.5
SLEQP	RITIRO	1
SLEQP	PESO_FOND	1
SLER3	DEAD	1
SLER3	PERM	1
SLER3	VENTO-X	0.6
SLER3	REAZ_IMP_SLER	1
SLER3	TERMICO	1
SLER3	RITIRO	1
SLER3	PESO_FOND	1
SLER4	DEAD	1
SLER4	PERM	1
SLER4	VENTO-Y	0.6
SLER4	REAZ_IMP_SLER	1
SLER4	TERMICO	1
SLER4	RITIRO	1
SLER4	PESO_FOND	1
SLU3	DEAD	1.35
SLU3	PERM	1.5
SLU3	VENTO-X	0.9
SLU3	REAZ_IMP_SLU STAT	1
SLU3	TERMICO	1.5
SLU3	RITIRO	1.2
SLU3	PESO_FOND	1.35
SLU4	DEAD	1.35
SLU4	PERM	1.5
SLU4	VENTO-Y	0.9
SLU4	REAZ_IMP_SLU STAT	1
SLU4	TERMICO	1.5
SLU4	RITIRO	1.2
SLU4	PESO_FOND	1.35
SLV1	DEAD	1

TABLE: Combination Definitions

ComboName	CaseName	ScaleFactor
SLU4	PESO_FOND	1.35
SLV1	DEAD	1
SLV1	PERM	1
SLV1	SISM_Z	-0.3
SLV1	SISM_X	1
SLV1	SISM_Y	0.3
SLV1	REAZ_IMP_SISM_Z	-0.3
SLV1	TERMICO	0.5
SLV1	REAZ_IMP_SISM_Y	0.3
SLV1	REAZ_IMP_SISM_X	1
SLV1	PESO IMPALCATO	1
SLV2	DEAD	1
SLV2	PERM	1
SLV2	SISM_Z	0.3
SLV2	SISM_X	1
SLV2	SISM_Y	0.3
SLV2	REAZ_IMP_SISM_Z	0.3
SLV2	TERMICO	0.5
SLV2	REAZ_IMP_SISM_X	1
SLV2	REAZ_IMP_SISM_Y	0.3
SLV2	PESO IMPALCATO	1
SLV3	DEAD	1
SLV3	PERM	1
SLV3	SISM_Z	-0.3
SLV3	SISM_X	0.3
SLV3	SISM_Y	1
SLV3	REAZ_IMP_SISM_Z	-0.3
SLV3	TERMICO	0.5
SLV3	REAZ_IMP_SISM_X	0.3
SLV3	REAZ_IMP_SISM_Y	1
SLV3	PESO IMPALCATO	1
SLV4	DEAD	1
SLV4	PERM	1
SLV4	SISM_Z	0.3
SLV4	SISM_X	0.3
SLV4	SISM_Y	1
SLV4	REAZ_IMP_SISM_Z	0.3
SLV4	TERMICO	0.5
SLV4	REAZ_IMP_SISM_X	0.3
SLV4	REAZ_IMP_SISM_Y	1
SLV4	PESO IMPALCATO	1
SLV5	DEAD	1
SLV5	PERM	1
SLV5	SISM_Z	-1
SLV5	SISM_X	0.3
SLV5	SISM_Y	0.3
SLV5	REAZ_IMP_SISM_Z	-1
SLV5	TERMICO	0.5
SLV5	REAZ_IMP_SISM_X	0.3
SLV5	REAZ_IMP_SISM_Y	0.3
SLV5	PESO IMPALCATO	1
SLV6	DEAD	1
SLV6	PERM	1
SLV6	SISM_Z	1
SLV6	SISM_X	0.3
SLV6	SISM_Y	0.3
SLV6	REAZ_IMP_SISM_Z	1
SLV6	TERMICO	0.5
SLV6	REAZ_IMP_SISM_X	0.3
SLV6	REAZ_IMP_SISM_Y	0.3
SLV6	PESO IMPALCATO	1

8 MODELLAZIONE NUMERICA

Il calcolo della struttura è stato svolto utilizzando il programma di calcolo SAP 2000 V. 21 , schematizzando l'intera struttura con un modello tridimensionale agli elementi finiti.

La fondazione della pila è stata descritta con elementi bidimensionali a shell, mentre il fusto , il pulvino e la palificata di sostegno è stata descritta con elementi monodimensionali a trave (frame). Al fine di schematizzare l'interazione terreno – struttura, si sono assegnate, ai nodi di estremità dei frame dei pali, molle elastiche alla Winkler in entrambe le direzioni orizzontali, x e y, per tutto lo sviluppo dei pali.

Nella figura di seguito riportata si evidenzia il modello tridimensionale implementato.

Gli assi di riferimento adottati sono:

- x = asse longitudinale rispetto all'asse del viadotto
- y = asse trasversale rispetto all'asse del viadotto
- z = asse verticale

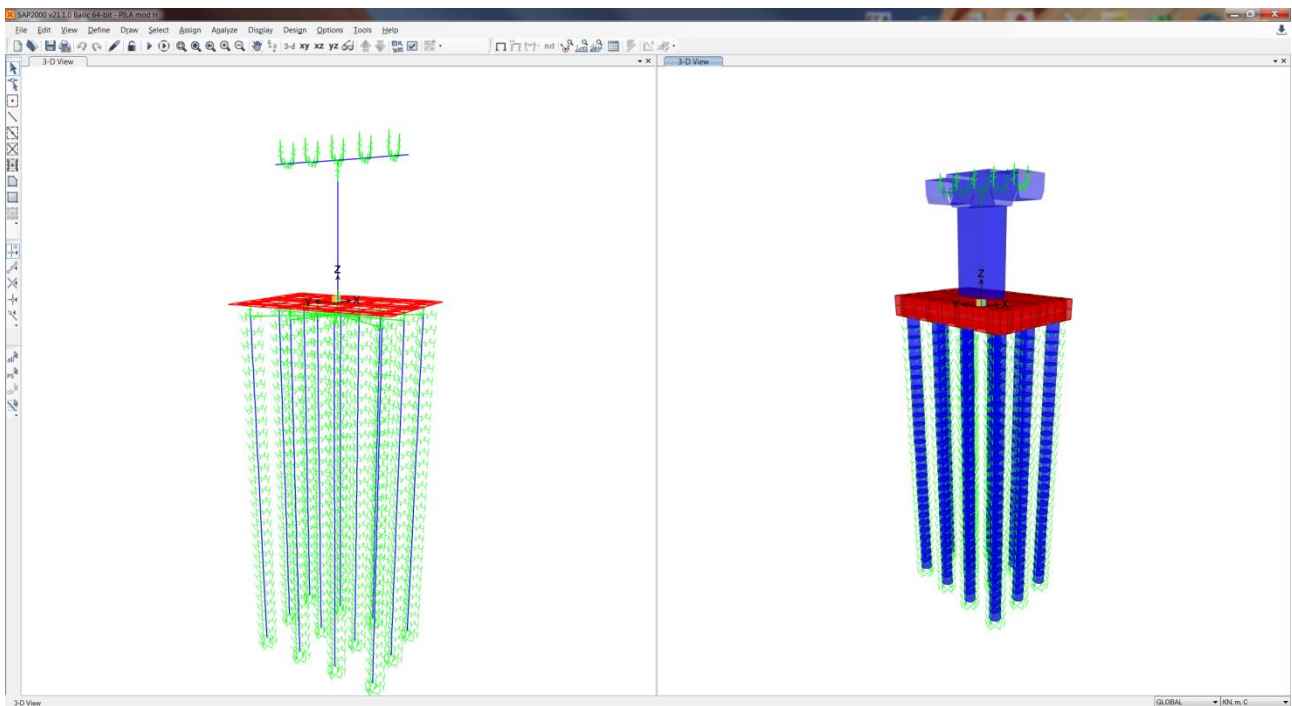


Figura 6: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – Pila

8.1 Codice di calcolo

L'analisi della struttura è stata condotta con un programma agli elementi finiti:

Titolo SAP2000

Versione 21.0.2 advanced

Distributore CSI Italia

8.2 Tipo di analisi svolta (paragrafo 10.2 del DM 17-01-18)

L'analisi strutturale è condotta con l'ausilio di un codice di calcolo automatico SAP 2000 v21.1.0.

Gli elementi costituenti la struttura delle pile sono stati modellati utilizzando elementi bidimensionali (shell) per la soletta di fondazione mentre per il fusto, il pulvino ed i pali di fondazione degli elementi *frame* e sono stati definiti avvalendo l'ipotesi di materiale elastico lineare isotropo in un campo di piccoli spostamenti e deformazioni.

Il calcolo statico della struttura e la verifica delle strutture è stato eseguito secondo *i metodi della scienza e della tecnica delle costruzioni*.

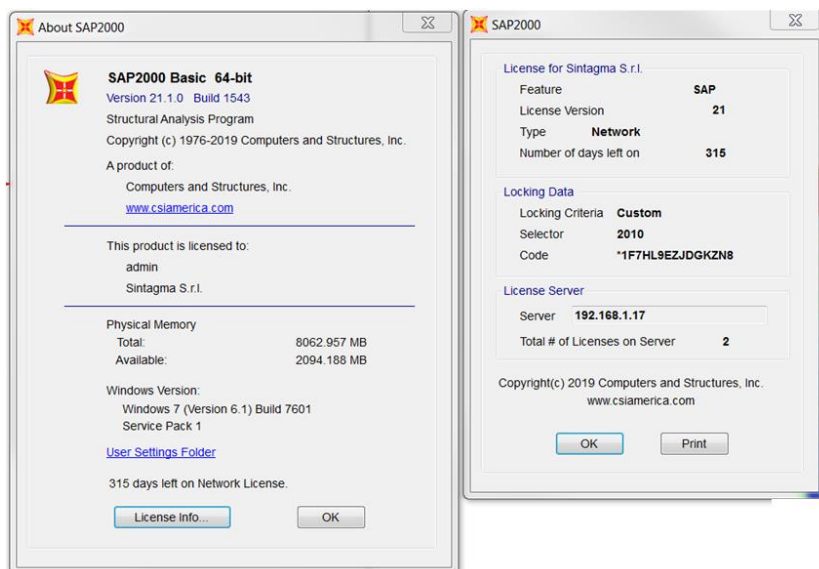
L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi dinamica lineare con spettro di risposta secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Il codice di calcolo SAP è fornito dalla C.S.I. Italia e correttamente licenziato nella versione 21.1.0

8.3 Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. Come detto, per la risoluzione del modello di calcolo si è fatto uso del programma di calcolo SAP2000 NL. Di seguito si riporta una schermata con tutte le informazioni del programma, del produttore e della licenza d'uso:



Il produttore fornisce idonea documentazione utile al corretto uso del programma. Sul sito del produttore è inoltre possibile scaricare la necessaria documentazione utile alla validazione del programma.

8.4 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

8.5 Parametri modello geotecnico IV01

La tabella che segue fornisce la stratigrafia di riferimento per il dimensionamento delle opere.

PK 1+118,61		PK 1+207,80	
IV01			
Incrocio con Bretella CT-SR (PK 3+224,60)			
stratigrafia			
-			
RIPORTO	2		
U1	12.5		
U2	4.5		
U2a	17.5		
U2	12		
sondaggi			
nome	PK (CT-SR)	Q.ta	D ASSE
PZ7	3+154,66	9.13	11 dx

Tabella 1 – Stratigrafia di riferimento IV01

UNITA' GEOTECNICHE



Unità U1 – Sabbie Limose (bb2 - depositi alluvionali recenti)



Unità U1a – Argille limose e limi argillosi (bb3 - depositi alluvionali recenti)



Unità U2 – Sabbia, sabbia limosa (bn2 - depositi alluvionali antichi)



Unità U2a – Limi argillosi (bn3 - depositi alluvionali antichi)



Unità U2b – Ghiaia sabbiosa (bn1 - depositi alluvionali antichi)



Unità U3 – Argilla limosa (FAG- Formazione delle argille grigio-azzurre)

8.5.1 Rigidezza delle molle orizzontali dei pali

La rigidezza delle molle è stata valutata secondo le indicazioni contenute in Viggiani (1999).

Per la valutazione degli spostamenti dei pali di fondazione, ai fini del controllo dell'attivazione della condizione di spinta attiva del terreno, è stato determinato il valore del coefficiente k_h .

Per terreni coesivi, Broms suggerisce di correlare il valore di k_h al modulo secante E_{50} , che a sua volta può essere correlato alla coesione non drenata c_u . Si ha quindi:

$$k_h = 400 c_u/d$$

Nel caso di terreni non coesivi l'andamento del modulo di reazione orizzontale varia linearmente con la profondità secondo la seguente espressione

$$k_h = n_h z/d$$

dove n_h per sabbie immerse caratterizzate da uno stato di addensamento medio, è pari a 5000 kN/m^3 .

I valori della rigidezza del terreno sono applicati sui pali tenendo conto della distanza tra due nodi consecutivi dell'elemento frame (1.0 m) con cui è stato schamizzato il palo nella modellazione.

	d (m)	1.2	
	n_h (kN/m ³)	5000	U1 -U2 - U2B
	cu (kN/m ²)	45	U1A
	cu (kN/m ²)	45	U2A

	z (m)	k_h (kN/m ³)	k_h (kN/m)
U1	0	0	0
	1	5000	3000
	2	10000	12000
	3	15000	18000
	4	20000	24000
	5	25000	30000
	6	30000	36000
	7	35000	42000
	8	40000	48000
	9	45000	54000
	10	50000	60000
	11	55000	66000
U2	12	60000	72000
	13	65000	78000
	14	70000	84000
	15	75000	90000
	16	80000	96000
U2A	17	85000	102000
	18	15000	18000
	19	15000	18000
	20	15000	18000
	21	15000	18000
	22	15000	18000
	23	15000	18000
	24	15000	18000
	25	15000	18000
	26	15000	18000
	27	15000	18000
	28	15000	18000
	29	15000	18000
	30	15000	18000
	31	15000	18000
	32	15000	18000
	33	15000	18000
	34	15000	18000
U2	35	175000	210000
	36	180000	216000
	37	185000	222000
	38	190000	228000
	39	195000	234000
	40	200000	240000
	41	205000	246000
	42	210000	252000
	43	215000	258000
	44	220000	264000
	45	225000	270000
	46	230000	276000

9 ANALISI MODALE

Per l'analisi modale della pila si considera il modello di calcolo precedente considerando il fusto della pila incastrato sulla fondazione. Le masse provenienti dall'impalcato coerentemente allo schema di vincoli degli apparecchi di appoggio tra pila e impalcato. Con lo schema di vincoli degli apparecchi di appoggio della pila riportato di seguito le masse applicate ai nodi sono quelle della seguente tabella:

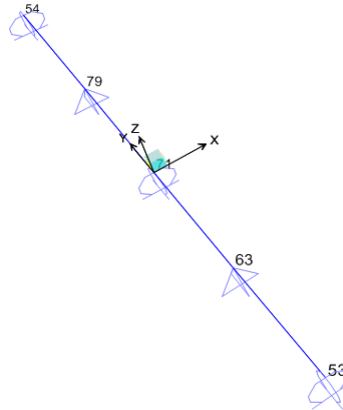


Figura 7 – Nodi impalcato

FASE 1

TABLE: Joint Reactions G1+G2					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	G1+G2	Combination	0	0	566.84
54	G1+G2	Combination	0	0	566.84
63	G1+G2	Combination	0	0	567.093
71	G1+G2	Combination	0	0	557.686
79	G1+G2	Combination	0	0	567.093

FASE 2

TABLE: Joint Reactions G1+G2					
Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3
Text	Text	Text	KN	KN	KN
53	G1+G2	LinStatic	0	0	128.726
54	G1+G2	LinStatic	0	0	128.726
63	G1+G2	LinStatic	0	0	31.472
71	G1+G2	LinStatic	0	0	69.844
79	G1+G2	LinStatic	0	0	31.472

FASE 1 + FASE 2

TABLE: Joint Reactions				
Joint	OutputCase	F1	F2	F3
Text	Text	KN	KN	KN
53	G1+G2	0.0	0.0	-695.6
54	G1+G2	0.0	0.0	-695.6
63	G1+G2	0.0	0.0	-598.6
71	G1+G2	0.0	0.0	-627.5
79	G1+G2	0.0	0.0	-598.6

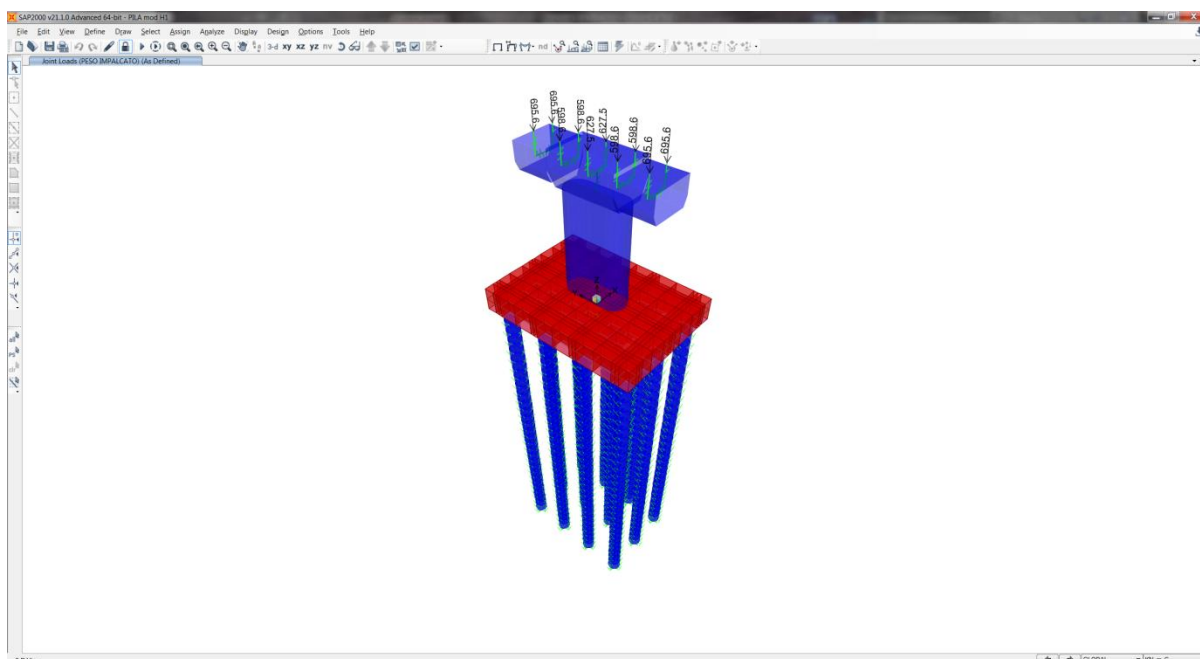


Figura 8 – Masse concentrate ai nodi degli apparecchi di appoggio

Le masse associate al peso proprio della struttura sono automaticamente calcolate dal software agli elementi finiti.

Si riportano i risultati dell'analisi modale con la deformata modale dei primi 3 modi.

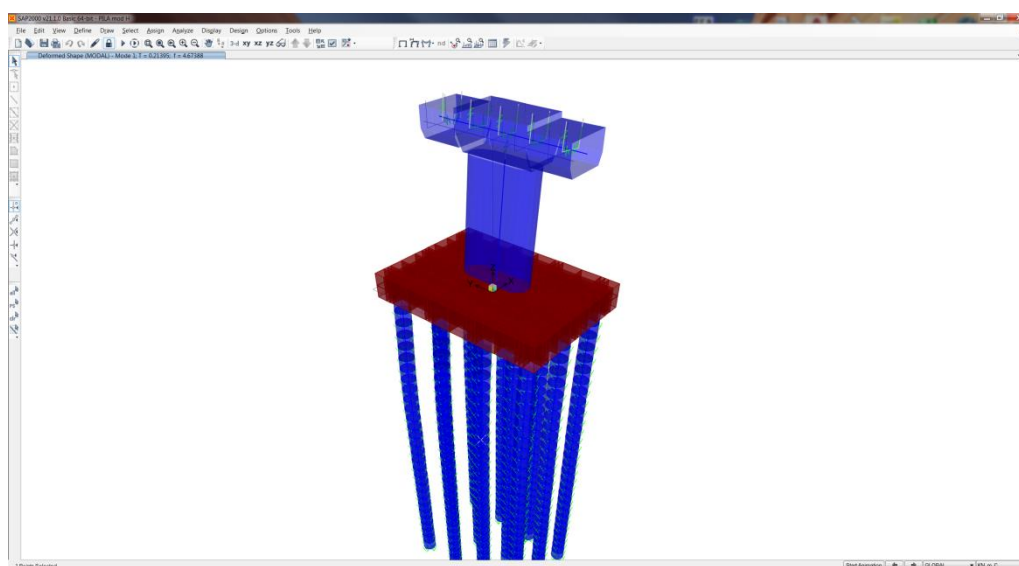


Figura 9 – Modo 1 $T_1 = 0.21s$

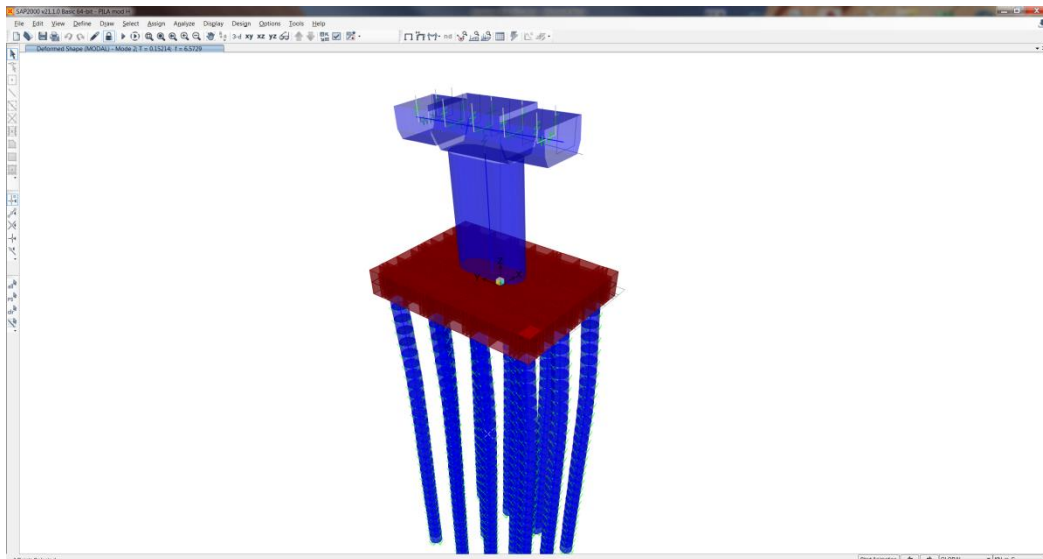


Figura 10 – Modo 2 T2 = 0.15s

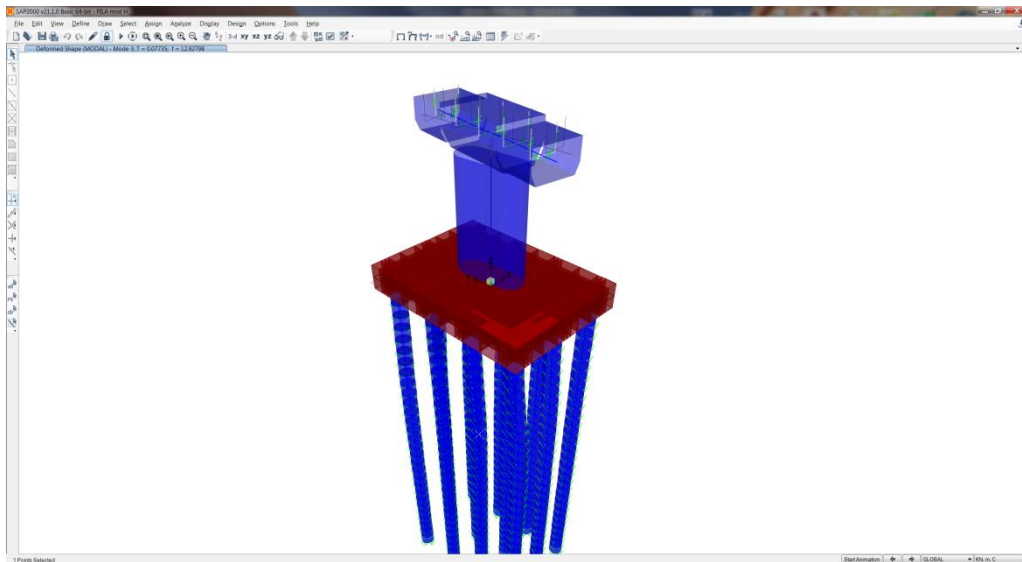


Figura 11 – Modo 3 T3 = 0.077s

Di seguito si riportano gli scarichi sismici orizzontali sugli appoggi fissi e unidirezionali ottenuti moltiplicando il peso totale per l'accelerazione sismica in corrispondenza dei periodi T1 e T2.

SOMMA F3	PESO TOT	a_max_X	a_max_X	N° FISSI	N° UNI	F1 MAX	F2 MAX
3215.8	6431.6	0.58	0.53	2	4	1865	852

10 CRITERI DI VERIFICA

Si riportano di seguito i criteri di verifica per il dimensionamento degli elementi strutturali che compongono la pila.

CAVALCAFERROVIA:

Verifiche tensionali par. 2.6.2.2.1 MdP RFI

2.6.2.2.1 Verifiche delle tensioni in esercizio

Nel dimensionamento degli elementi in C.A.P., devono rispettarsi i seguenti limiti tensionali:

- La massima tensione di trazione ai lembi della sezione di verifica, nella combinazione di carico caratteristica (rara), deve risultare $\leq 0,35 f_{ctk}$;
- La tensione principale di trazione nella fibra baricentrica nella combinazione di carico caratteristica (rara), deve risultare $\leq 0,045 f_{ctk}$.

Verifiche tensionali par. 2.5.1.8.3.2.1 MdP RFI

2.5.1.8.3.2.1 Valori limite delle tensioni

Strutture in C.A.

Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- Per combinazione di carico caratteristica (rara): $0,55 f_{ck}$;
- Per combinazioni di carico quasi permanente: $0,40 f_{ck}$;
- Per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara)

non deve superare $0,75 f_{yk}$.

Verifiche a fessurazione par. 2.6.2.2.3 MdP RFI

2.6.2.2.2 Stato limite di fessurazione

Per tutte le strutture in cemento armato normale e precompresso, le verifiche a fessurazione saranno eseguite adottando i criteri definiti al p.to 4.1.2.2.4.4 del DM 17.01.2018, con le seguenti ulteriori prescrizioni:

- i valori limite di apertura delle fessure, per la combinazione frequente e per armature poco sensibili, sono i seguenti:
 - a. $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.2 del DM 17.01.2018, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
 - b. $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 17.01.2018.

In ogni caso devono essere condotte le verifiche a fessurazione mediante “calcolo diretto”, ai sensi del DM 17.01.2018, p.to 4.1.2.2.4.5.

7.9.5.1.1 Verifiche di resistenza (RES)

In ogni sezione la capacità deve risultare superiore o uguale alla corrispondente domanda.

Presso-flessione

Nelle sezioni in cui è prevista la formazione di zone dissipative, la domanda a presso-flessione è quella ottenuta dall'analisi globale della struttura per le combinazioni di carico di cui al § 2.5.3.

Per i ponti in CD "A" ed in CD "B" la domanda a compressione nelle pile non deve eccedere, rispettivamente, il 55% ed il 65% della capacità massima a compressione della sezione di solo calcestruzzo, per tutte le combinazioni considerate.

Nelle sezioni comprese nelle zone dissipative, deve risultare:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad [7.9.8]$$

nella quale:

M_{Ed} è la domanda flessionale (accompagnata dalla domanda flessionale in direzione ortogonale assunta come ad essa contemporanea) derivante dall'analisi;

M_{Rd} è la capacità flessionale, calcolata sul relativo dominio di resistenza allo *SLU* in corrispondenza della sollecitazione assiale agente.

Nelle sezioni poste al di fuori delle zone dissipative, deve risultare:

$$M_{prc} \leq M_{yd} \quad [7.9.9]$$

nella quale M_{prc} è la domanda flessionale (accompagnata dalla domanda flessionale in direzione ortogonale assunta come ad essa contemporanea) calcolata come descritto al § 7.9.5 e M_{yd} è la capacità flessionale corrispondente alla curvatura convenzionale di prima plasticizzazione di cui al § 7.4.4.1.2, in corrispondenza della sollecitazione assiale agente.

Qualora, al di fuori delle zone dissipative delle pile, la domanda flessionale M_{prc} superi il valore M_{Rd} delle zone dissipative stesse, si adotta quest'ultimo al posto di M_{prc} .

Taglio

Ai fini della progettazione in capacità, per ciascuna direzione di applicazione del sisma, la domanda a taglio V_{Ed} si ottiene imponendo l'equilibrio tra le capacità a flessione delle sezioni di estremità della pila $M_{s,prc}$ e $M_{i,prc}$ e il taglio V_{prc} applicato nelle stesse sezioni, secondo le espressioni:

$$V_{Ed} = \gamma_{Bd} \cdot V_{prc} \quad [7.9.10a]$$

$$V_{prc} = (M_{s,prc} + M_{i,prc}) / l_p \quad [7.9.10b]$$

dove l_p è la distanza tra le due sezioni di estremità della pila (nel caso di pila incastrata solamente alla base è la distanza tra la sezione di incastro e la sezione di momento nullo) e γ_{Bd} è calcolato sulla base del rapporto tra il taglio derivante dall'analisi V_E e il taglio V_{prc} mediante la formula seguente:

$$1,00 \leq \gamma_{Bd} = 2,25 - q \cdot (V_E / V_{prc}) \leq 1,25 \quad [7.9.11]$$

La capacità a taglio delle sezioni delle pile è calcolata come indicato nel § 4.1.2.3.5, dove il braccio delle forze interne z può essere assunto pari a $0,9d$ per le sezioni rettangolari piene o cave, $0,75d$ per le sezioni circolari piene e $0,60d$ per le sezioni circolari cave.

Nelle zone dissipative delle pile progettate in CD "A", l'angolo di inclinazione delle bielle di calcestruzzo compresso deve essere assunto pari a 45° .

Le dimensioni della sezione sono da riferirsi al solo nucleo confinato di calcestruzzo laddove sia necessaria armatura di confinamento.

Per elementi tozzi, con $\alpha < 2,0$ (vedi § 7.9.2.1), deve essere eseguita anche la verifica a scorrimento.

7.9.5.1.2 Verifiche di duttilità (DUT)

La verifica di duttilità deve essere eseguita per le zone dissipative delle pile che richiedono armatura di confinamento come indicato al § 7.9.6.1.

Il rispetto dei dettagli costruttivi indicati al § 7.9.6.1 consente di omettere la verifica esplicita di duttilità. Quest'ultima, laddove necessaria, deve essere eseguita come indicato al § 7.4.4.1.2.

11 ANALISI DEI RISULTATI

Nei paragrafi seguenti si riportano i risultati delle analisi condotte per il modello implementato, con le indicazioni dei valori massimi delle sollecitazioni assiali, flettenti e taglianti.

Elevazione

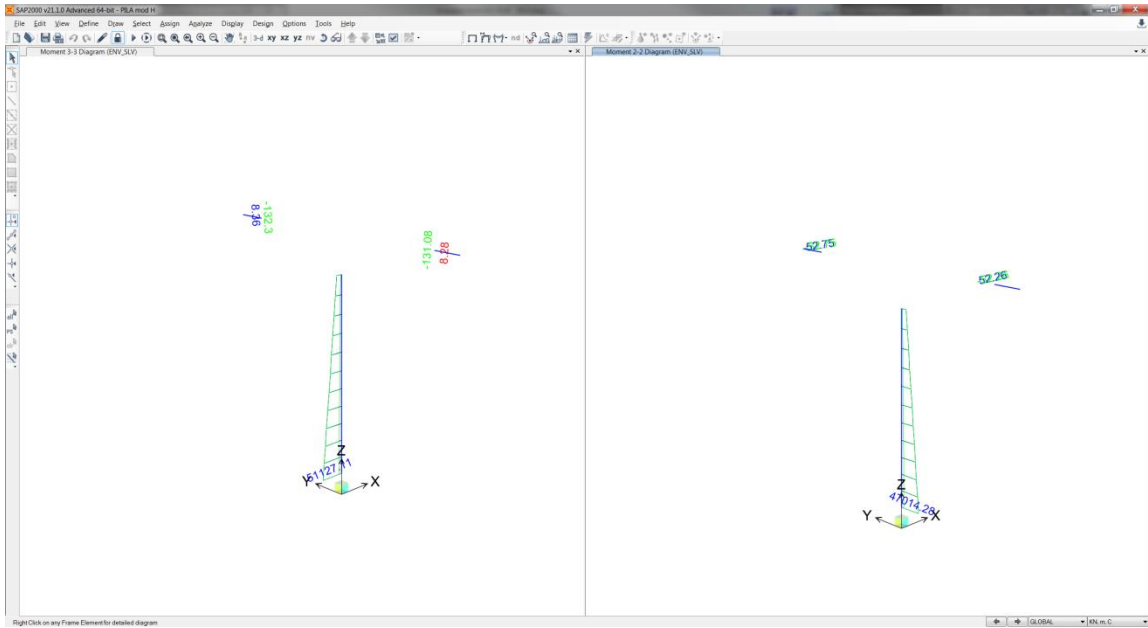


Figura 12: Momento Flettente M33-M22 - ENV_SLV

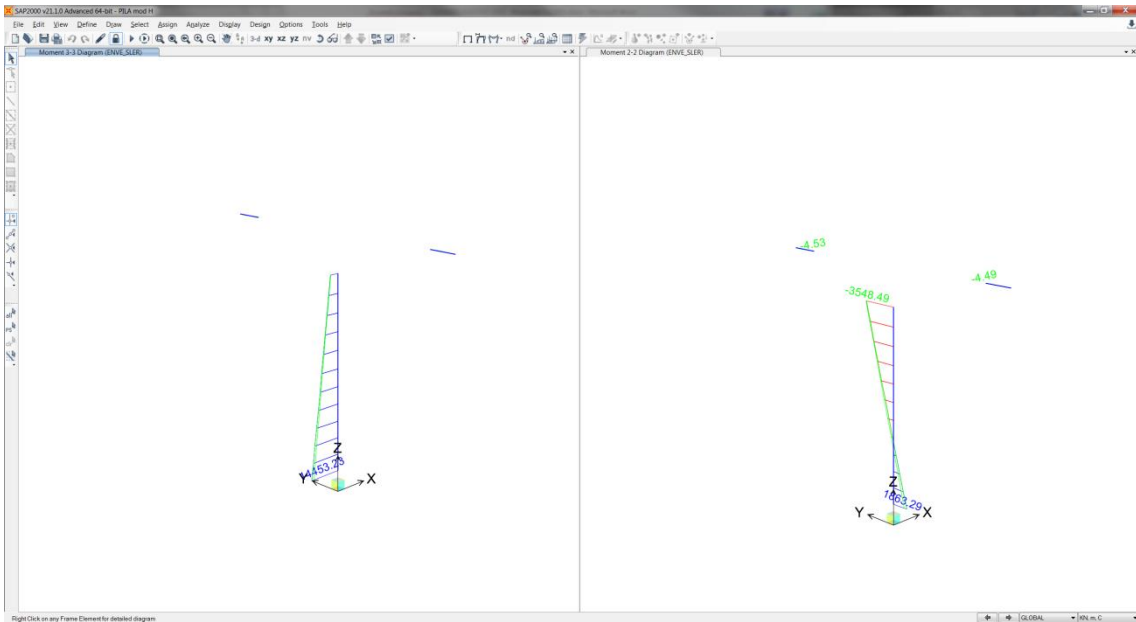


Figura 13: Momento Flettente M33-M22 - Inviluppo SLER

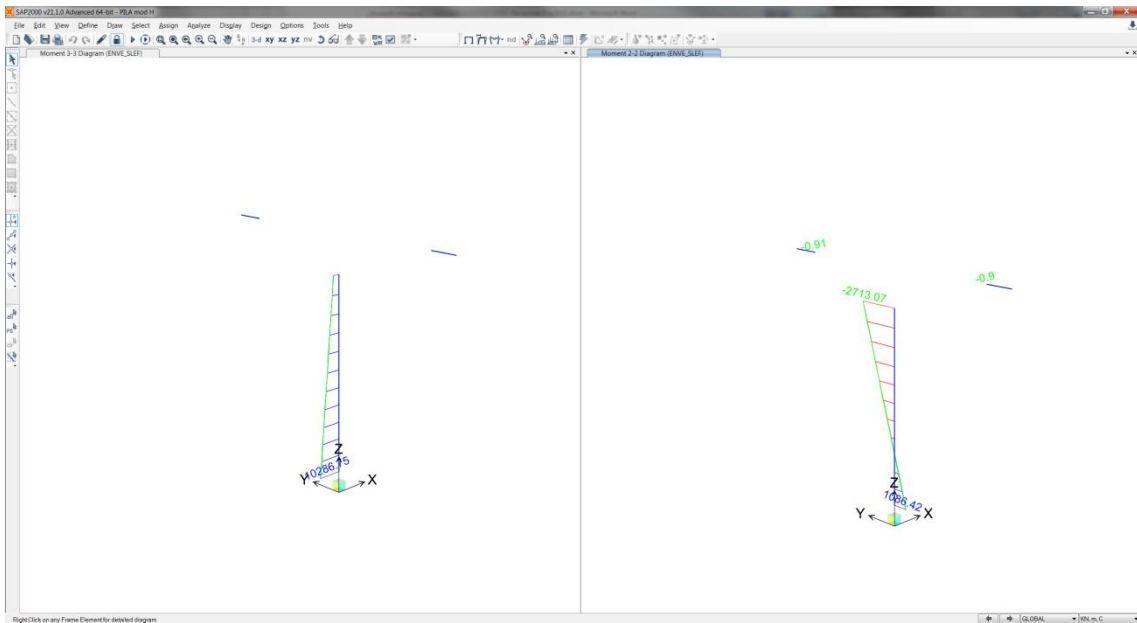


Figura 14: Momento Flettente M33-M22 - Involuppo SLEF

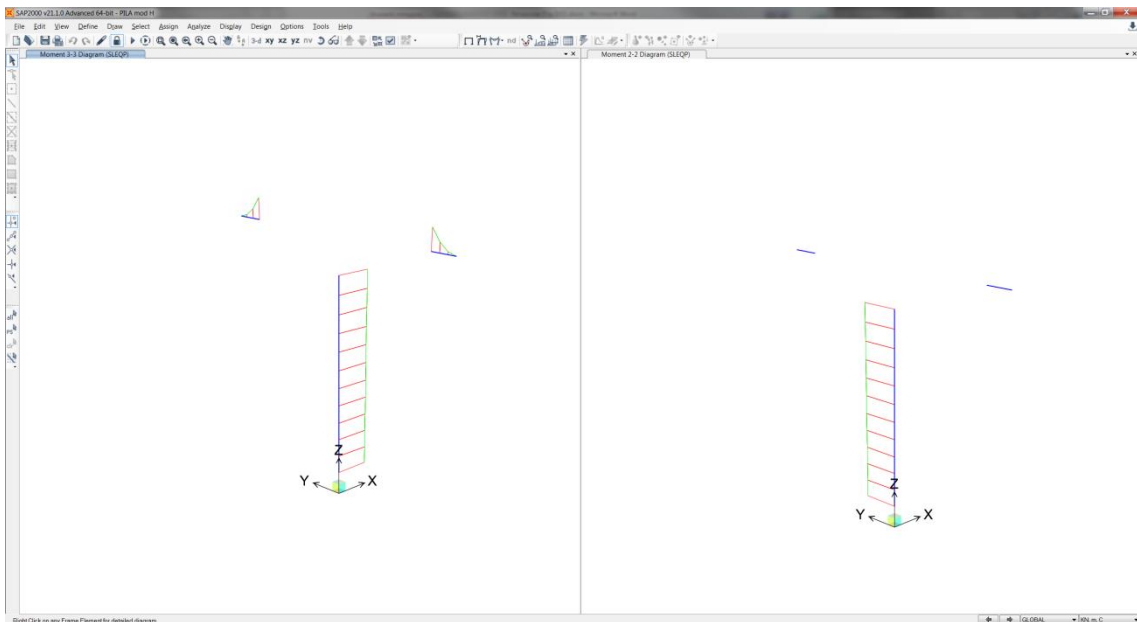


Figura 15: Momento Flettente M33-M22 - Involuppo SLEQP

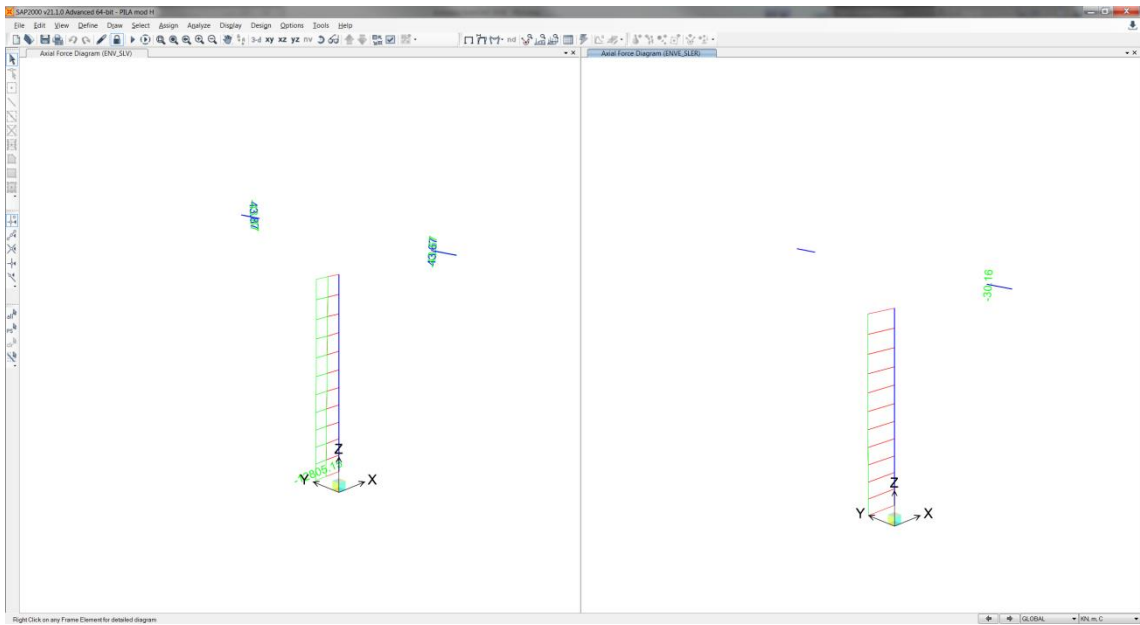


Figura 16: Sforzo assiale P- Inviluppo SLU - Inviluppo SLER

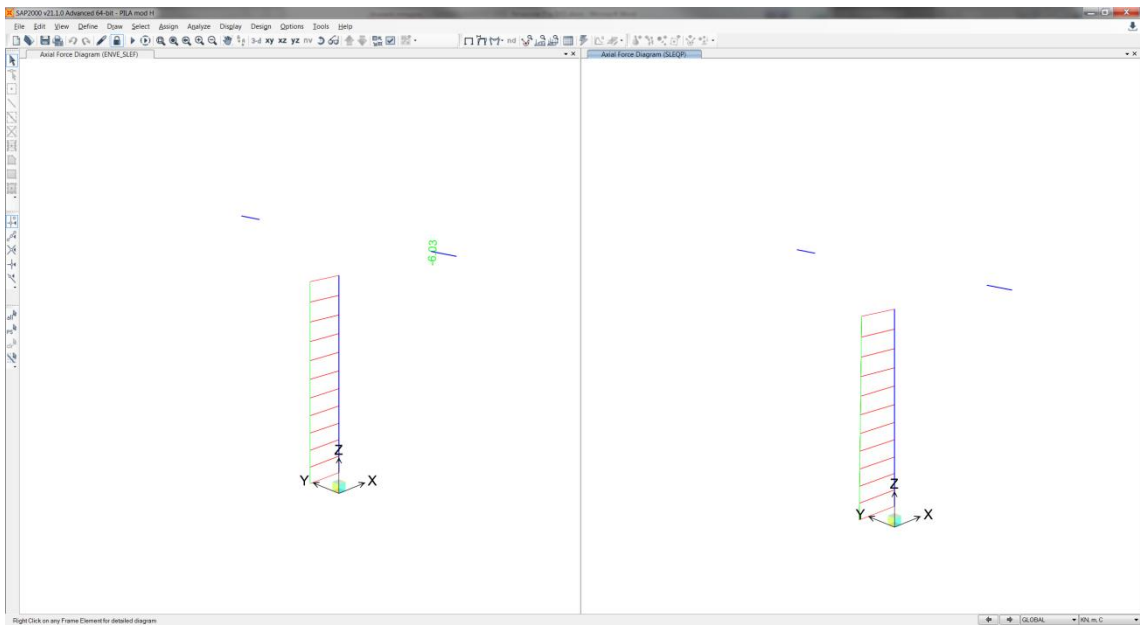


Figura 17: Sforzo assiale P- Inviluppo SLEF - Inviluppo SLEQP

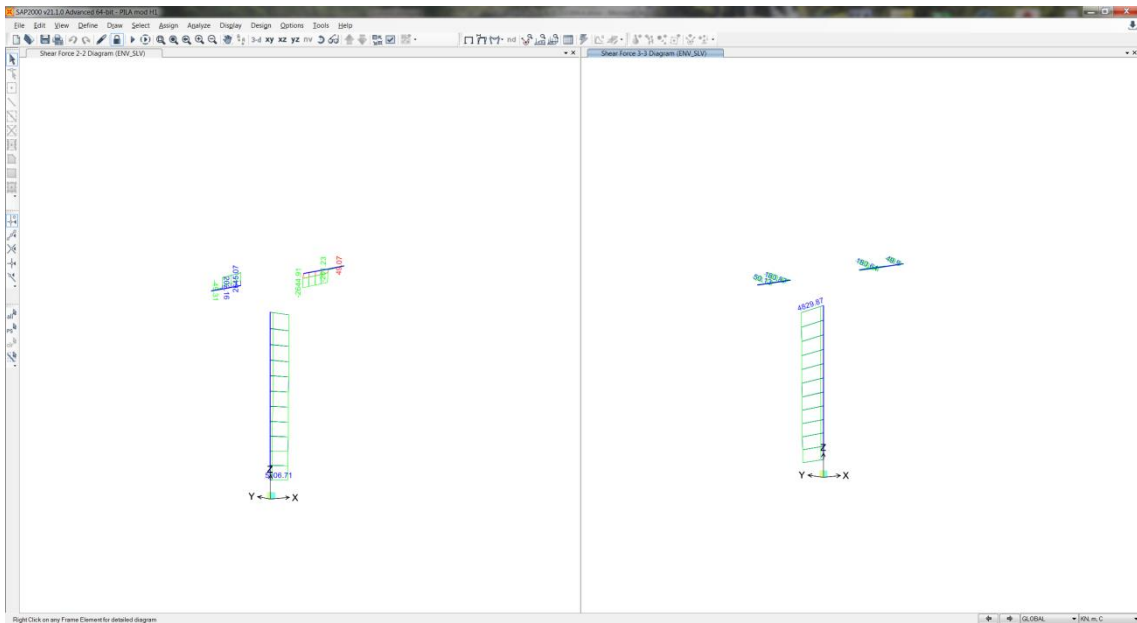


Figura 18: Taglio V2-V3 - ENV_SLV

Soletta di fondazione

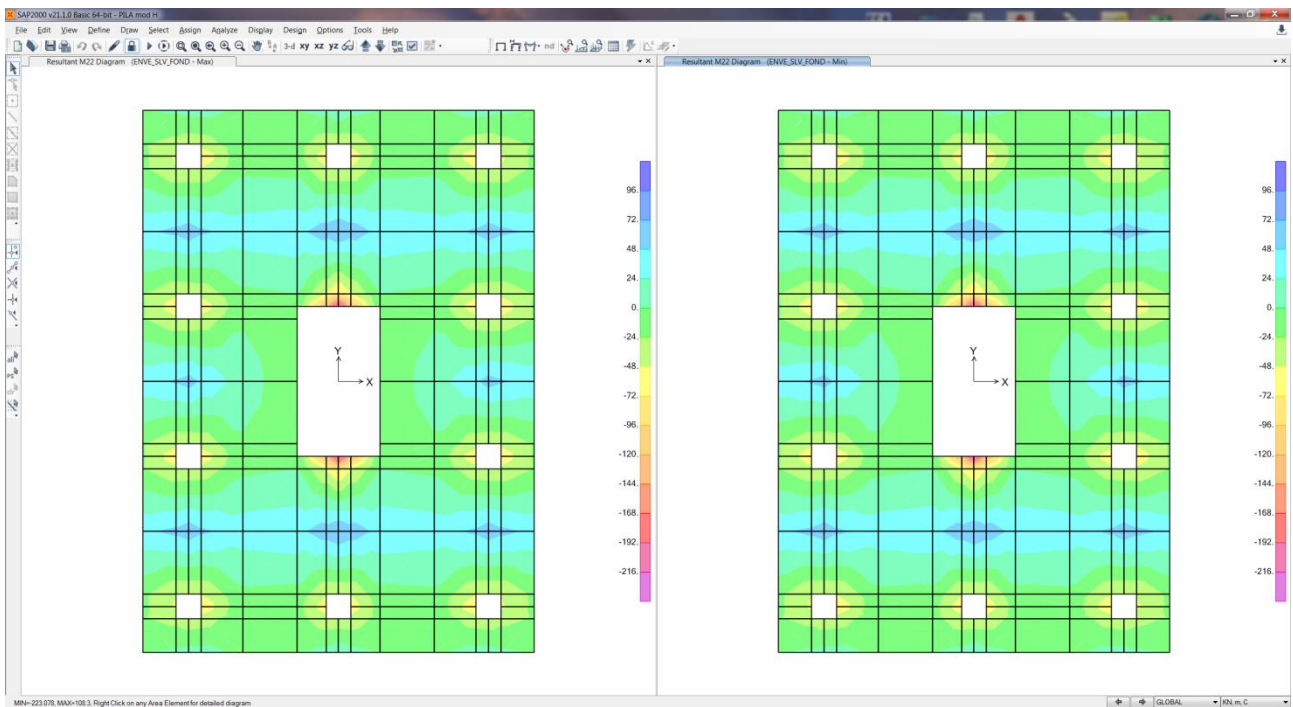


Figura 19: Momento Flettente M22 - ENV_SLV_FOND

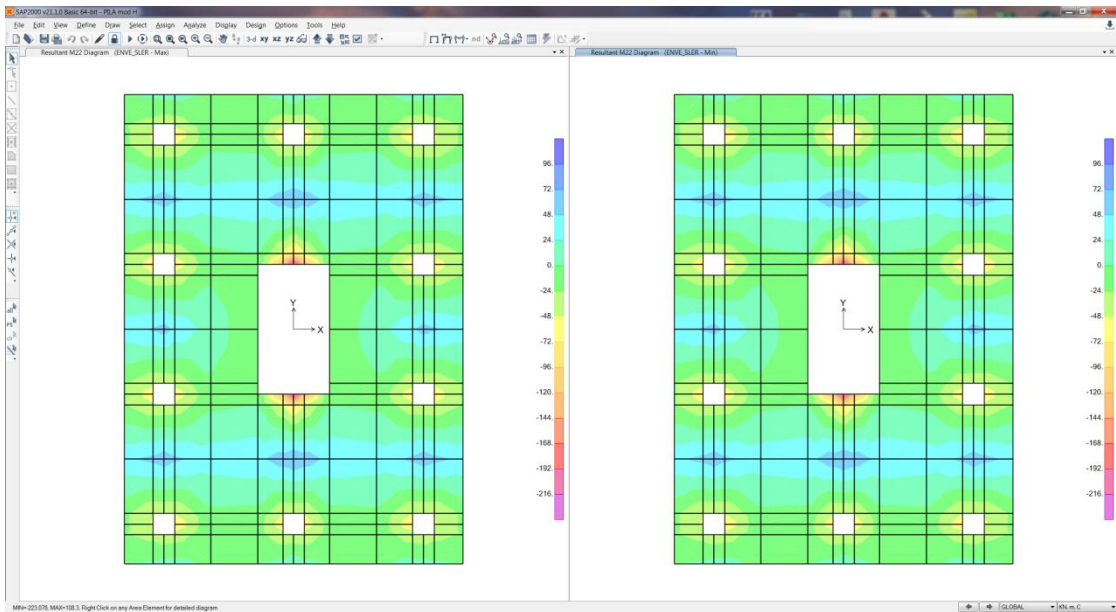


Figura 20: Momento Flettente M22 - Involuppo SLEF

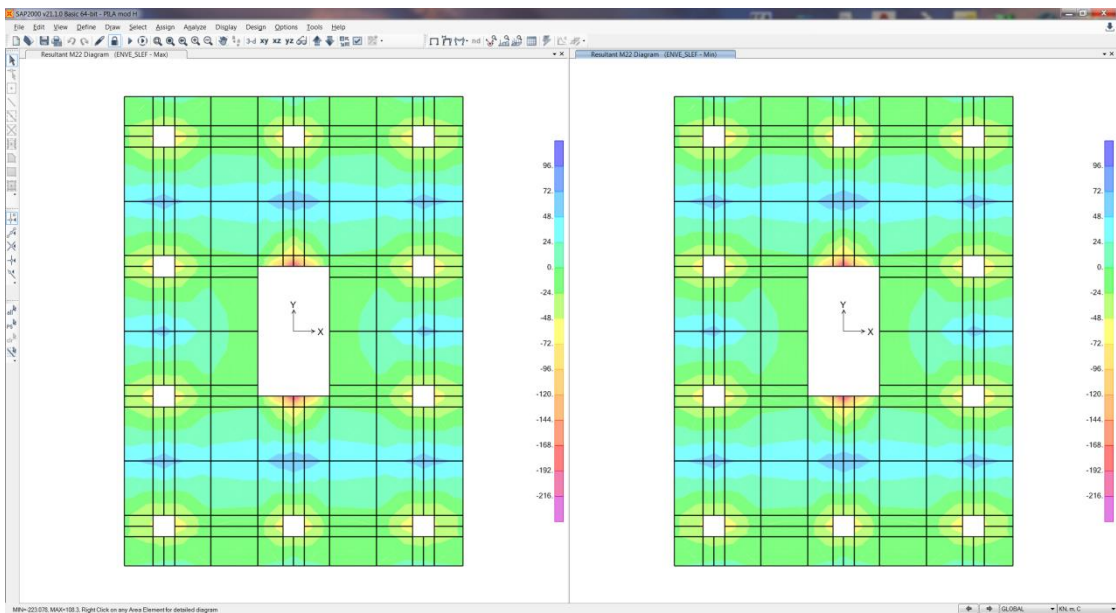


Figura 21: Momento Flettente M22 - Involuppo SLEF

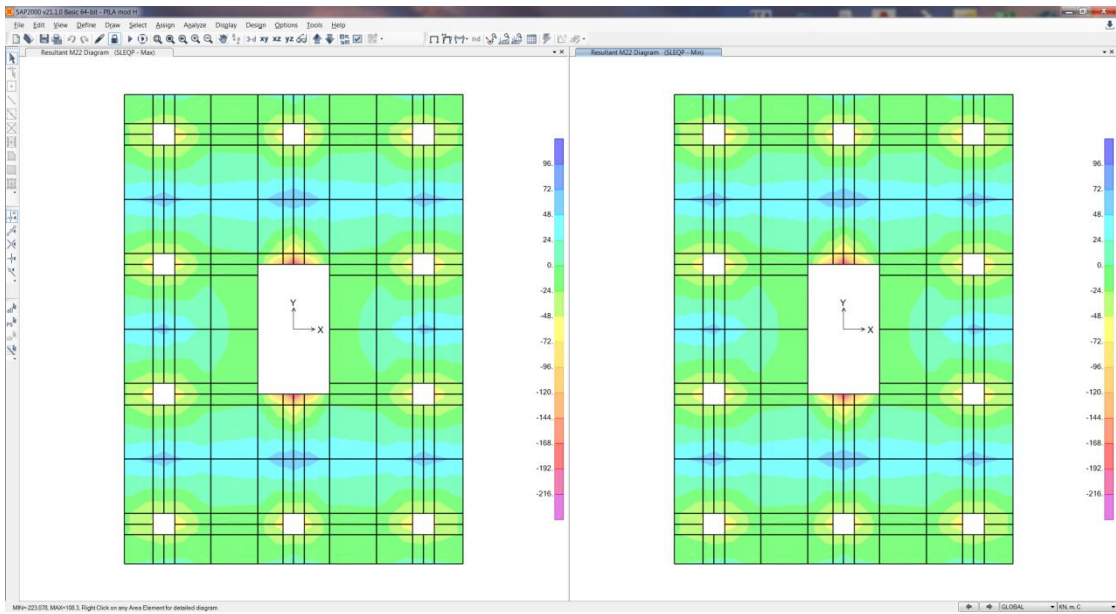


Figura 22: Momento Flettente M22 - Involuppo SLEQP

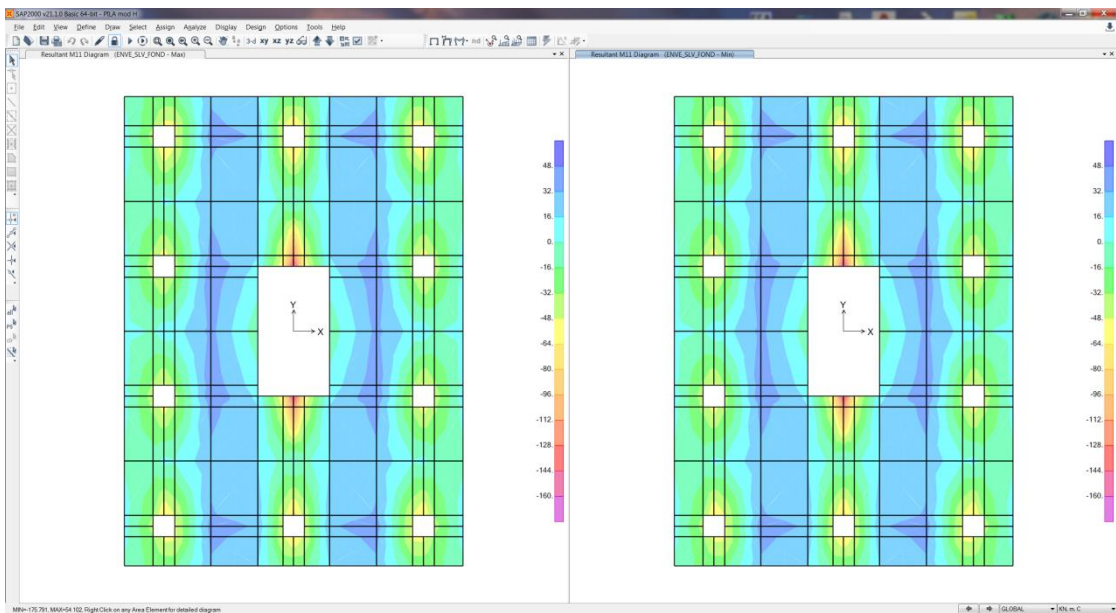


Figura 23: Momento Flettente M11 - ENV_SLU_FOND

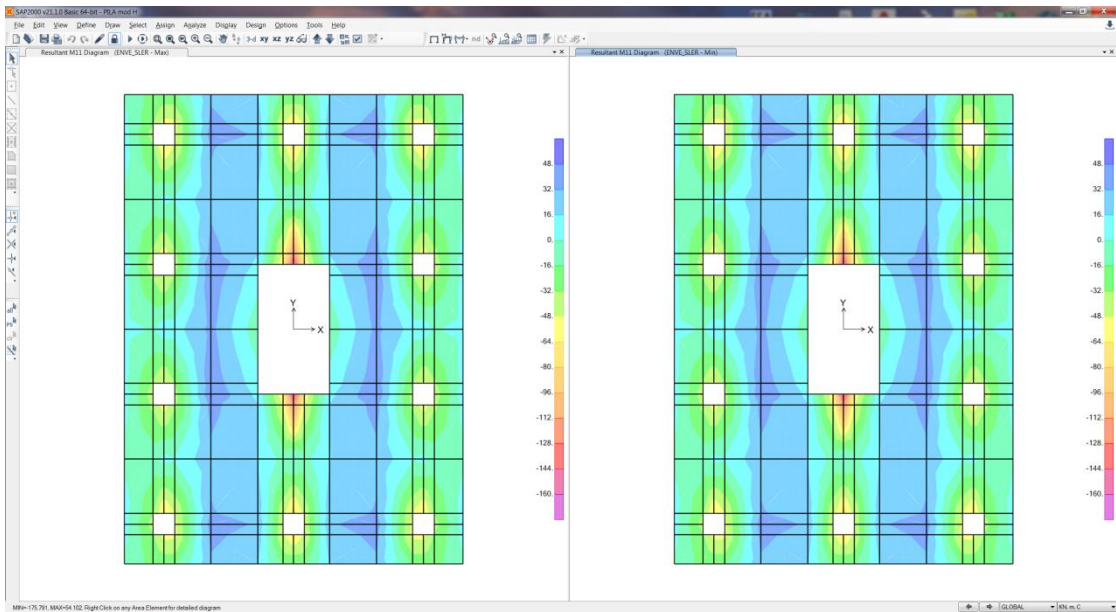


Figura 24: Momento Flettente M11 - Involuppo SLER

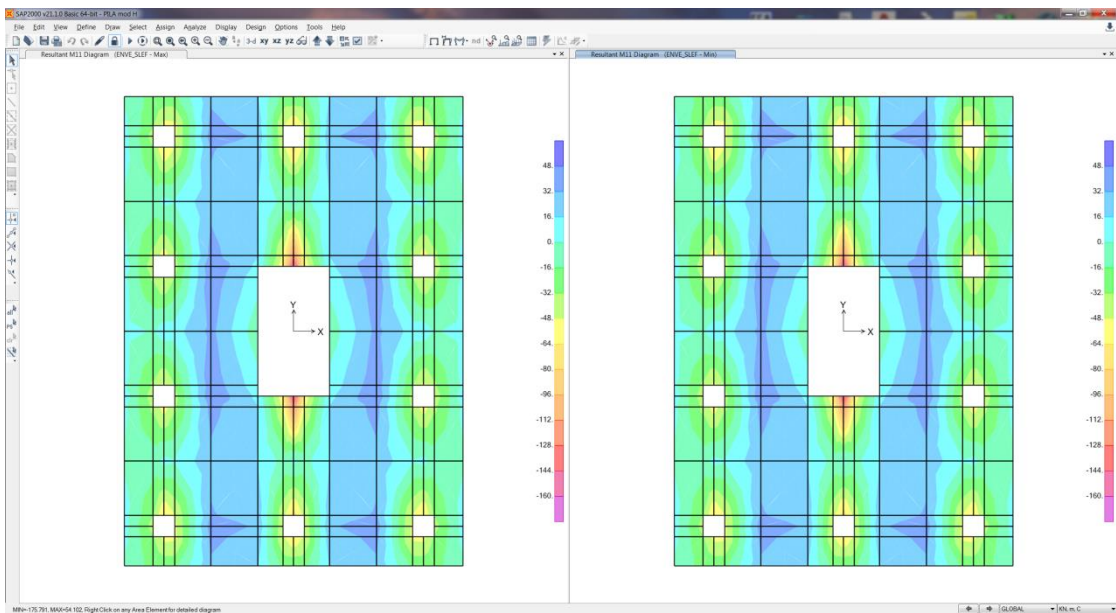


Figura 25: Momento Flettente M11 - Involuppo SLEF

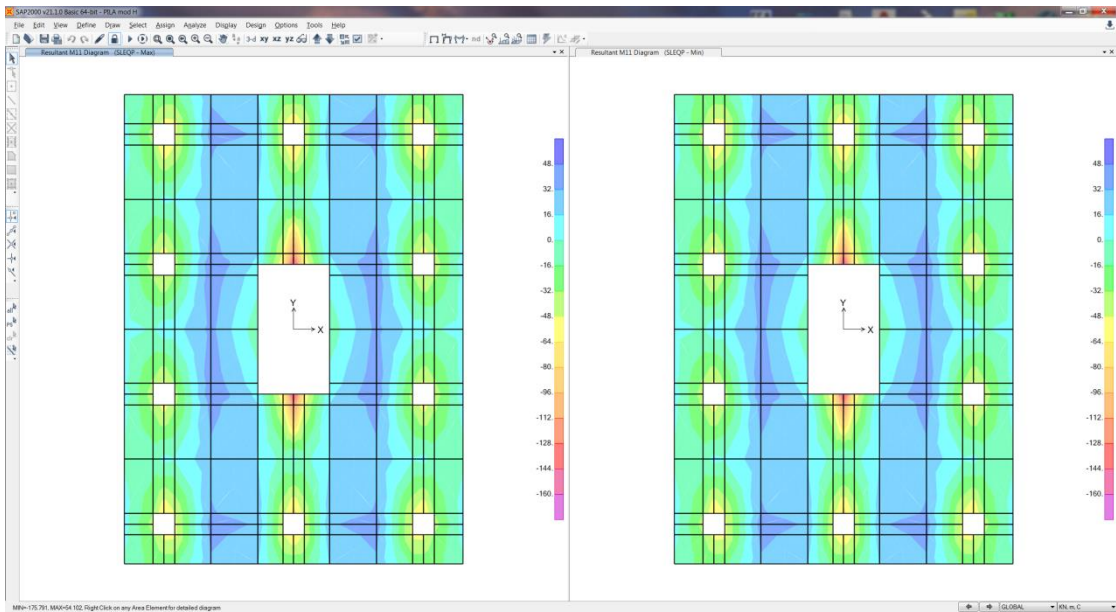


Figura 26: Momento Flettente M11 - Involuppo SLEQP

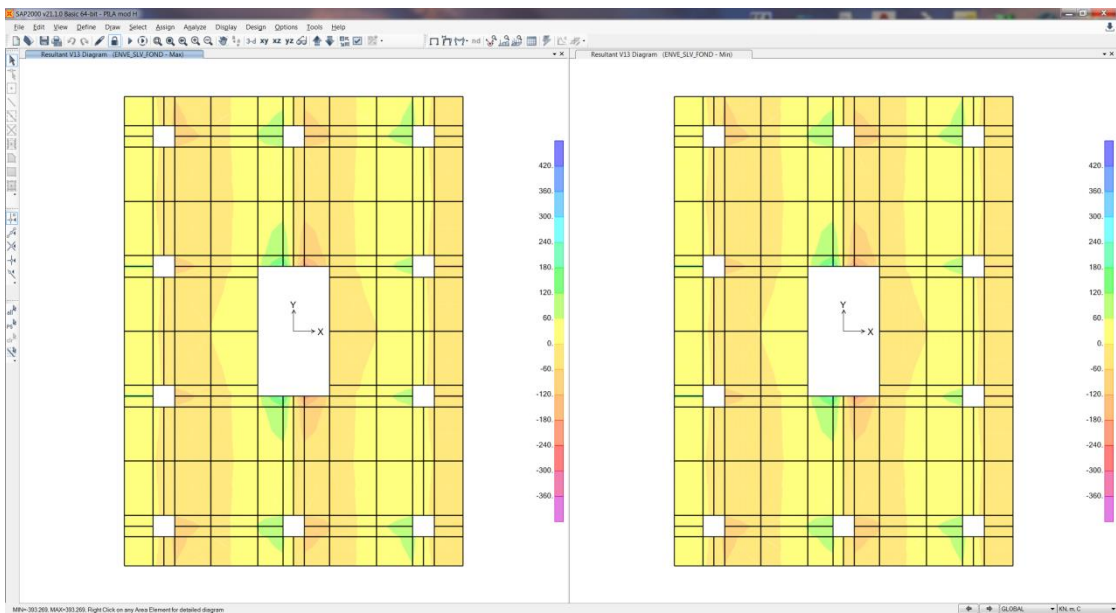


Figura 27: Sollecitazioni Taglianti V13 - ENV_SLU_FOND

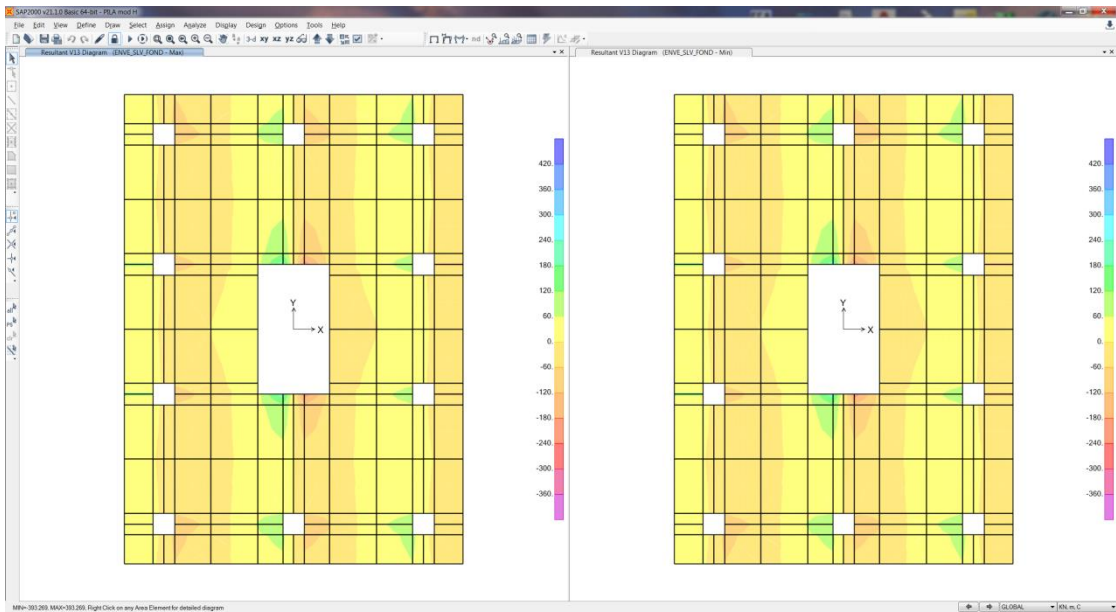


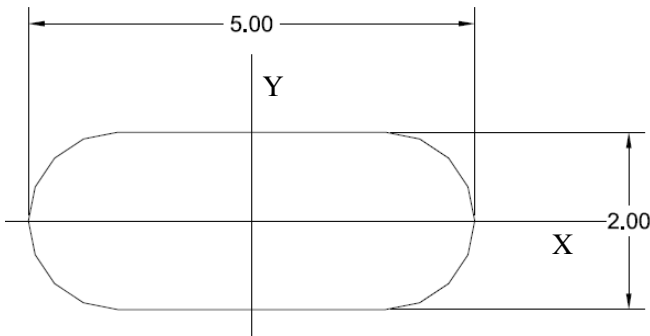
Figura 28: Sollecitazioni Taglianti V23 - ENV_SLV_FOND

12 VERIFICHE DI RESISTENZA

Nel seguito si riportano le verifiche eseguite con il software RC-SEC della Geostru per le condizioni di carico più gravose. La struttura viene progettata in classe di duttilità media **CD "B"** utilizzando un fattore di struttura $q=1.5$.

12.1 FUSTO

Si riportano di seguito le caratteristiche della sezione:



Area:	9.0615
Perimeter:	12.2429
Bounding box:	X: -2.5000 -- 2.5000
	Y: -1.0000 -- 1.0000
Centroid:	X: 0.0000
	Y: 0.0000
Moments of inertia:	X: 2.7459
	Y: 15.9820
Product of inertia:	XY: 0.0000
Radii of gyration:	X: 0.5505
	Y: 1.3281
Principal moments and X-Y directions about centroid:	
	I: 2.7459 along [1.0000 0.0000]
	J: 15.9820 along [0.0000 1.0000]

Si riportano di seguito le sollecitazioni di verifica ottenute dal modello di calcolo:

Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	ENV_SLV	-5505	5307	4830	14	11343	11859
4	ENVE_SLU_STR	-25094	2052	1006	148	2602	19669
4	ENV_SLV	-7181	5307	4830	14	47014	51127
4	ENV_SLV	-12805	646	596	4	6686	7445
4	ENV_SLV	-7181	5307	4830	14	47014	51127
4	ENV_SLV	-12805	646	596	4	6686	7445
4	ENVE_SLU_STR	-25094	2052	1006	148	2602	19669
4	ENV_SLV	-12805	646	596	4	6686	7445
4	ENV_SLV	-7181	5307	4830	14	47014	51127
4	ENVE_SLU_STR	-22832	1764	927	148	-4778	4903
4	ENV_SLV	-7181	5307	4830	14	47014	51127
4	ENV_SLV	-11129	646	596	4	2256	2664

Le sollecitazioni che si ottengono considerando la combinazione eccezionale sono le seguenti:

Direzione parallela → $M_2=2000 \text{ kN} \cdot 5.09 \text{ m}= 10180 \text{ kNm}$

Direzione perpendicolare → $M_3=750 \text{ kN} \cdot 5.09 \text{ m}= 3818 \text{ kNm}$

Come si evince, le sollecitazioni ottenute dalla combinazione eccezionale sono minori delle sollecitazioni che si ottengono dalla combinazione ENVE_SLV, per cui non si considerano come dimensionanti.

Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	ENVE_SLER	-16492	1393	715	106	-3508	3750
4	ENVE_SLER	-18168	1499	737	106	1863	14453
4	ENVE_SLER	-18168	1499	737	106	1863	14453
4	ENVE_SLER	-18168	1307	685	106	1518	13309
4	ENVE_SLER	-18168	1499	737	106	1863	14453
4	ENVE_SLER	-18168	1307	685	106	1518	13309
4	ENVE_SLER	-18168	1499	737	106	1863	14453
4	ENVE_SLER	-18168	1499	737	106	1863	14453
4	ENVE_SLER	-18168	1499	737	106	1863	14453
4	ENVE_SLER	-16492	1307	685	106	-3548	3635
4	ENVE_SLER	-18168	1499	737	106	1863	14453
4	ENVE_SLER	-16492	1307	685	106	-3548	3635

Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	ENVE_SLEF	-14248	1005	510	57	-2705	2770
4	ENVE_SLEF	-15924	1026	515	57	1086	10287
4	ENVE_SLEF	-15924	1026	515	57	1086	10287
4	ENVE_SLEF	-15924	988	504	57	1017	10058
4	ENVE_SLEF	-15924	1026	515	57	1086	10287
4	ENVE_SLEF	-15924	988	504	57	1017	10058
4	ENVE_SLEF	-15924	1026	515	57	1086	10287
4	ENVE_SLEF	-15924	1026	515	57	1086	10287
4	ENVE_SLEF	-15924	1026	515	57	1086	10287
4	ENVE_SLEF	-14248	988	504	57	-2713	2747
4	ENVE_SLEF	-15924	1026	515	57	1086	10287
4	ENVE_SLEF	-14248	988	504	57	-2713	2747

Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
4	SLEQP	-8069	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-9745	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-9745	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-8069	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-8069	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-9745	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-9745	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-9745	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-9745	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-9745	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-9745	0	0	0	-15	-163
4	SLEQP	-9745	0	0	0	-15	-163

12.1.1 Progettazione per capacità

Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per la progettazione di capacità.

PROGETTAZIONE PER CAPACITA'		CD "B"	
Caratteristiche sezione pila			
b =	2000 mm	RcK =	40 MPa
a =	5000 mm	f _{ck} =	32 MPa
l _p =	10.0 m	f _{cd} =	18.13 MPa
Ac =	9061500 mmq		
q =	1.5	non necessarie verifiche di duttilità par.7.3.6.1 NTC018	
γ _{Rd} = 0.7+0.2*q =	1		
sforzo assiale massimo analisi		Ned =	25094 KN
capacità a compressione sezione		NR _{dc} =	164315.2 KN
Ned	<	65% NR _{dc}	verifica soddisfatta par 7.9.5.1.1 NTC018
vk = Ned/(Ac*f _{ck}) =	0.087	capacità a compressione normalizzata della sezione	
vk	≤	0.08	necessaria armatura di confinamento par 7.9.6.1.1 NTC018
vk	≤	0.3	verifica soddisfatta par 7.9.2.1 NTC018
vk	≤	0.1	verifica soddisfatta par 7.9.5 NTC018

GDR - TAGLIO**Taglio - ASSE Y**

taglio analisi	Ved _y =	5307	KN
momento resistente sup.	MRd _x (sup) =	0	KNm
momento resistente inf.	MRd _x (inf) =	51737.99	KNm
γ_{Bd} =	0.71		
V _{prc} =	5173.8	KN	
Ved =	3681	KN	
α =	2.0	≥ 2	non necessaria verifica a scorrimento

Taglio - ASSE X

taglio analisi	Ved _x =	4832	KN
momento resistente sup.	MRd _y (sup) =	0	KNm
momento resistente inf.	MRd _y (inf) =	109867.94	KNm

Taglio

γ_{Bd} =	1.25		
V _{prc} =	10986.8	KN	
Ved =	13733	KN	
α =	5.0	≥ 2	non necessaria verifica a scorrimento

12.1.2 Verifica di stabilità

Ned	25094000	N
b =	2000	mm
a =	5000	mm
L	10	m
Ac	9141600	mmq
Jx =	2.746E+12	mm ⁴
Jy =	1.598E+13	mm ⁴
ν	0.151380534	
fcd	18.13	MPa
λ lim	64.25	
β	2	
L0	20	m
i	548.1	mm
λ	36.49	
verifica soddisfatta		

12.1.3 Verifica a pressoflessione e taglio

Si riassume di seguito l'armatura verticale adottata.

As = 298 Φ 26

È previsto l'utilizzo di armatura a taglio, composta da staffe Φ 20 a passo 10 cm.

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

[CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC](#)

Dati Assegnati:

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	26	[mm]	
Diametro staffe:	20	[mm]	
Classe Calcestruzzo:	C32/40		
Condizioni ambientali:	Aggressive		
Vita nominale costruzione:	75	[anni]	Incremento di 10 mm rispetto a vita nominale di 50 anni
Tolleranza di posa:	10	[mm]	
Copriferro staffe:			
Copriferro nominale Netto Staffe:	60	[mm]	
Copriferro barre longitudinali:			
Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	80	[mm]	
Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale:	93	[mm]	Dato da assegnare nell'input delle sezioni

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA DUTILE IN C.A.

NOME SEZIONE: fusto

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona sismica (CD'B')
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.065	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33346.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.023	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-150.0	-100.0
2	-188.3	-92.4
3	-220.7	-70.7
4	-242.4	-38.3
5	-250.0	0.0
6	-242.4	38.3
7	-220.7	70.7

8	-188.3	92.4
9	-150.0	100.0
10	150.0	100.0
11	188.3	92.4
12	220.7	70.7
13	242.4	38.3
14	250.0	0.0
15	242.4	-38.3
16	220.7	-70.7
17	188.3	-92.4
18	150.0	-100.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-149.1	-90.7	26
2	-184.6	-83.6	26
3	-214.0	-64.0	26
4	-233.6	-34.6	26
5	-240.5	0.0	26
6	-233.6	34.6	26
7	-214.0	64.0	26
8	-184.6	83.6	26
9	-149.1	90.7	26
10	149.1	90.7	26
11	184.6	83.6	26
12	214.0	64.0	26
13	233.6	34.6	26
14	240.5	0.0	26
15	233.6	-34.6	26
16	214.0	-64.0	26
17	184.6	-83.6	26
18	149.1	-90.7	26
19	-149.1	85.5	26
20	149.1	85.5	26
21	149.1	-85.5	26
22	-149.1	-85.5	26
23	-234.5	0.0	26
24	234.5	0.0	26
25	227.6	34.6	26
26	-227.6	34.6	26
27	227.6	-34.6	26
28	-227.6	-34.6	26
29	210.0	60.0	26
30	-210.0	60.0	26
31	210.0	-60.0	26
32	-210.0	-60.0	26
33	182.0	80.0	26
34	-182.0	80.0	26
35	182.0	-80.0	26
36	-182.0	-80.0	26
37	149.1	80.0	26
38	-149.1	80.0	26
39	149.1	-80.0	26
40	-149.1	-80.0	26
41	178.0	75.0	26
42	178.0	-75.0	26
43	-178.0	75.0	26
44	-178.0	-75.0	26
45	205.0	55.0	26
46	205.0	-55.0	26
47	-205.0	55.0	26
48	-205.0	-55.0	26
49	220.0	34.6	26
50	220.0	-34.6	26
51	-220.0	34.6	26
52	-220.0	-34.6	26
53	227.0	0.0	26
54	-227.0	0.0	26

55	149.1	74.0	26
56	-149.1	74.0	26
57	149.1	-74.0	26
58	-149.1	-74.0	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre			
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione			
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione			
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione			
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione			

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	18	24	26
2	9	10	24	26
3	1	2	1	26
4	2	3	1	26
5	3	4	1	26
6	4	5	1	26
7	5	6	1	26
8	6	7	1	26
9	7	8	1	26
10	8	9	1	26
11	10	11	1	26
12	11	12	1	26
13	12	13	1	26
14	13	14	1	26
15	14	15	1	26
16	15	16	1	26
17	16	17	1	26
18	17	18	1	26
19	21	22	24	26
20	19	20	24	26
21	33	29	1	26
22	20	33	1	26
23	29	25	1	26
24	25	24	1	26
25	24	27	1	26
26	27	31	1	26
27	31	35	1	26
28	35	21	1	26
29	22	36	1	26
30	36	32	1	26
31	32	28	1	26
32	28	23	1	26
33	23	26	1	26
34	26	30	1	26
35	30	34	1	26
36	34	19	1	26
37	37	38	24	26
38	39	40	24	26
39	37	41	1	26
40	41	45	1	26
41	45	49	1	26
42	49	53	1	26
43	53	50	1	26
44	50	46	1	26
45	46	42	1	26
46	42	39	1	26
47	40	44	1	26
48	44	48	1	26
49	48	52	1	26
50	52	54	1	26
51	54	51	1	26
52	51	47	1	26
53	47	43	1	26
54	43	38	1	26

55	55	56	24	26
56	57	58	24	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 20 mm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	5505.00	11859.00	11343.00	5307.00	4830.00
2	25094.00	19669.00	2602.00	2052.00	1006.00
3	7181.00	51127.00	47014.00	5307.00	4830.00
4	12805.00	7445.00	6686.00	646.00	596.00
5	7181.00	51127.00	47014.00	5307.00	4830.00
6	12805.00	7445.00	6686.00	646.00	596.00
7	25094.00	19669.00	2602.00	2052.00	1006.00
8	12805.00	7445.00	6686.00	646.00	596.00
9	7181.00	51127.00	47014.00	5307.00	4830.00
10	22832.00	4903.00	-4778.00	1764.00	927.00
11	7181.00	51127.00	47014.00	5307.00	4830.00
12	11129.00	2664.00	2256.00	646.00	596.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	16492.00	3750.00	-3508.00
2	18168.00	14453.00	1863.00
3	18168.00	14453.00	1863.00
4	18168.00	13309.00	1518.00
5	18168.00	14453.00	1863.00
6	18168.00	13309.00	1518.00
7	18168.00	14453.00	1863.00
8	18168.00	14453.00	1863.00
9	18168.00	14453.00	1863.00
10	16492.00	3635.00	-3548.00
11	18168.00	14453.00	1863.00
12	16492.00	3635.00	-3548.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

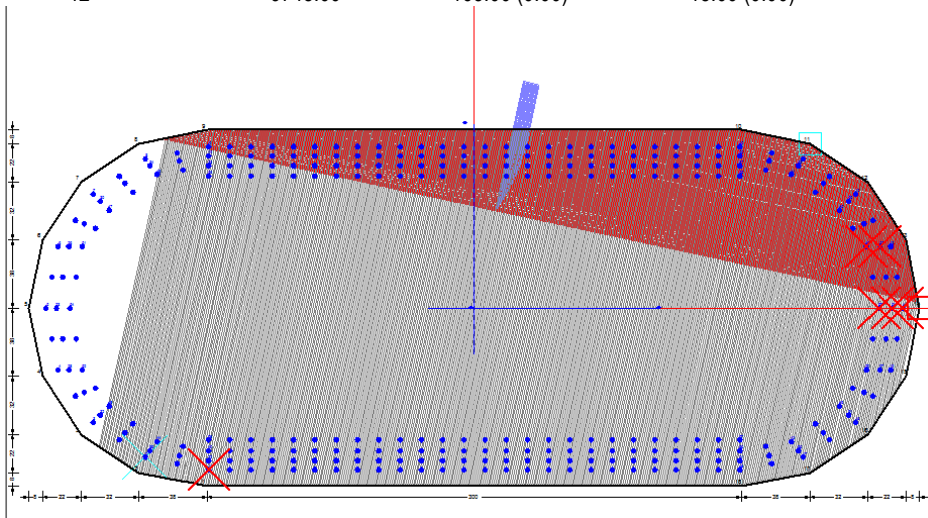
N°Comb.	N	Mx	My
1	14248.00	2770.00 (0.00)	-2705.00 (0.00)
2	15924.00	10287.00 (26303.55)	1086.00 (2776.87)
3	15924.00	10287.00 (26303.55)	1086.00 (2776.87)
4	15924.00	10058.00 (27107.88)	1017.00 (2740.97)

5	15924.00	10287.00 (26303.55)	1086.00 (2776.87)
6	15924.00	10058.00 (27107.88)	1017.00 (2740.97)
7	15924.00	10287.00 (26303.55)	1086.00 (2776.87)
8	15924.00	10287.00 (26303.55)	1086.00 (2776.87)
9	15924.00	10287.00 (26303.55)	1086.00 (2776.87)
10	14248.00	2747.00 (0.00)	-2713.00 (0.00)
11	15924.00	10287.00 (26303.55)	1086.00 (2776.87)
12	14248.00	2747.00 (0.00)	-2713.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N° Comb.	N	Mx	My
1	8069.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
2	9745.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
3	9745.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
4	8069.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
5	8069.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
6	9745.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
7	9745.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
8	9745.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
9	9745.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
10	9745.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
11	9745.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)
12	9745.00	-163.00 (0.00)	-15.00 (0.00)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	2.6 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	5505.00	11859.00	11343.00	5504.90	50325.87	48448.84	4.261582.2(906.1)	
2	S	25094.00	19669.00	2602.00	25094.07	67637.59	9130.45	3.441582.2(906.1)	
3	S	7181.00	51127.00	47014.00	7180.90	51632.72	47482.80	1.011582.2(906.1)	
4	S	12805.00	7445.00	6686.00	12805.20	54716.50	49505.45	7.371582.2(906.1)	
5	S	7181.00	51127.00	47014.00	7180.90	51632.72	47482.80	1.011582.2(906.1)	
6	S	12805.00	7445.00	6686.00	12805.20	54716.50	49505.45	7.371582.2(906.1)	
7	S	25094.00	19669.00	2602.00	25094.07	67637.59	9130.45	3.441582.2(906.1)	
8	S	12805.00	7445.00	6686.00	12805.20	54716.50	49505.45	7.371582.2(906.1)	
9	S	7181.00	51127.00	47014.00	7180.90	51632.72	47482.80	1.011582.2(906.1)	
10	S	22832.00	4903.00	-4778.00	22832.25	58434.09	-57256.92	11.951582.2(906.1)	
11	S	7181.00	51127.00	47014.00	7180.90	51632.72	47482.80	1.011582.2(906.1)	
12	S	11129.00	2664.00	2256.00	11128.72	54456.87	46023.50	20.421582.2(906.1)	
13	S	0.00	0.10	0.00	0.00	51737.99	0.00	999.001582.2(906.1)	

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	188.3	92.4	0.00306	184.6	83.6	-0.00839	-184.6	-83.6
2	0.00350	150.0	100.0	0.00297	149.1	90.7	-0.00799	-149.1	-90.7
3	0.00350	188.3	92.4	0.00306	184.6	83.6	-0.00823	-184.6	-83.6
4	0.00350	188.3	92.4	0.00310	184.6	83.6	-0.00736	-184.6	-83.6
5	0.00350	188.3	92.4	0.00306	184.6	83.6	-0.00823	-184.6	-83.6
6	0.00350	188.3	92.4	0.00310	184.6	83.6	-0.00736	-184.6	-83.6
7	0.00350	150.0	100.0	0.00297	149.1	90.7	-0.00799	-149.1	-90.7
8	0.00350	188.3	92.4	0.00310	184.6	83.6	-0.00736	-184.6	-83.6
9	0.00350	188.3	92.4	0.00306	184.6	83.6	-0.00823	-184.6	-83.6
10	0.00350	-188.3	92.4	0.00316	-184.6	83.6	-0.00592	184.6	-83.6
11	0.00350	188.3	92.4	0.00306	184.6	83.6	-0.00823	-184.6	-83.6
12	0.00350	150.0	100.0	0.00307	149.1	90.7	-0.00779	-149.1	-90.7
13	0.00350	-150.0	100.0	0.00248	-149.1	90.7	-0.01746	149.1	-90.7

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000010034	0.000046307	-0.002667250	----	----
2	0.000002043	0.000057024	-0.002508833	----	----
3	0.000009652	0.000046190	-0.002584666	----	----
4	0.000009099	0.000042395	-0.002129812	----	----
5	0.000009652	0.000046190	-0.002584666	----	----
6	0.000009099	0.000042395	-0.002129812	----	----

7	0.00002043	0.000057024	-0.002508833	---	---
8	0.00009099	0.000042395	-0.002129812	---	---
9	0.00009652	0.000046190	-0.002584666	---	---
10	-0.00008687	0.000035141	-0.001382075	---	---
11	0.00009652	0.000046190	-0.002584666	---	---
12	0.00008910	0.000045205	-0.002356970	---	---
13	0.00000000	0.000109928	-0.007492797	---	---

VERIFICHE A TAGLIO E DUTTILITA'

Diam. Staffe: 20 mm

Ver	S = comb. verificata / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
d z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm ² /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm ² /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.
Alfa	Coeff. di riduzione (efficienza) dell'armatura di confinamento [(7.4.29)NTC-(5.15)EC8]
Owd	Rapporto meccanico di armatura staffe nella sola direzione del taglio di cui al primo membro della (7.4.29)NTC (tra parentesi vi è il 1/2 del rapporto meccanico minimo di normativa riferito quindi alla sola dir. del taglio)

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff	Alfa	Owd
1	S	6209.48	33661.27	12678.94	170.2	422.3	1.000	1.034	93.2	190.4(0.0)	0.591	0.101(0.040)
2	S	2086.70	39400.65	11981.01	160.8	468.9	1.000	1.153	33.2	190.4(0.0)	0.591	0.090(0.040)
3	S	6182.78	34334.07	12615.60	169.3	428.6	1.000	1.044	93.3	190.4(0.0)	0.591	0.099(0.040)
4	S	756.68	35681.75	12441.85	167.0	437.3	1.000	1.078	11.6	190.4(0.0)	0.591	0.097(0.040)
5	S	6182.78	34334.07	12615.60	169.3	428.6	1.000	1.044	93.3	190.4(0.0)	0.591	0.099(0.040)
6	S	756.68	35681.75	12441.85	167.0	437.3	1.000	1.078	11.6	190.4(0.0)	0.591	0.097(0.040)
7	S	2086.70	39400.65	11981.01	160.8	468.9	1.000	1.153	33.2	190.4(0.0)	0.591	0.090(0.040)
8	S	756.68	35681.75	12441.85	167.0	437.3	1.000	1.078	11.6	190.4(0.0)	0.591	0.097(0.040)
9	S	6182.78	34334.07	12615.60	169.3	428.6	1.000	1.044	93.3	190.4(0.0)	0.591	0.099(0.040)
10	S	1489.99	37132.00	12174.67	163.4	440.2	1.000	1.139	23.3	190.4(0.0)	0.591	0.096(0.040)
11	S	6182.78	34334.07	12615.60	169.3	428.6	1.000	1.044	93.3	190.4(0.0)	0.591	0.099(0.040)
12	S	749.06	35525.95	12468.90	167.4	438.6	1.000	1.068	11.4	190.4(0.0)	0.591	0.097(0.040)
13	S	12467.00	34678.15	12895.57	173.1	442.0	1.000	1.000	184.1	190.4(0.0)	0.591	0.096(0.040)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.61	-150.0	100.0	5.4	149.1	-90.7	---	---
2	S	5.72	150.0	100.0	-44.9	-149.1	-90.7	8216	419.4
3	S	5.72	150.0	100.0	-44.9	-149.1	-90.7	8216	419.4
4	S	5.31	150.0	100.0	-36.0	-149.1	-90.7	7359	377.0
5	S	5.72	150.0	100.0	-44.9	-149.1	-90.7	8216	419.4
6	S	5.31	150.0	100.0	-36.0	-149.1	-90.7	7359	377.0
7	S	5.72	150.0	100.0	-44.9	-149.1	-90.7	8216	419.4
8	S	5.72	150.0	100.0	-44.9	-149.1	-90.7	8216	419.4
9	S	5.72	150.0	100.0	-44.9	-149.1	-90.7	8216	419.4
10	S	2.58	-150.0	100.0	5.7	149.1	-90.7	---	---
11	S	5.72	150.0	100.0	-44.9	-149.1	-90.7	8216	419.4
12	S	2.58	-150.0	100.0	5.7	149.1	-90.7	---	---

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$ [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (990.00)	0.00	0.00
2	S	-0.00026	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	359	0.048 (990.00)	21275.72	2742.45
3	S	-0.00026	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	359	0.048 (990.00)	21275.72	2742.45
4	S	-0.00021	0	0.500	26.0	80	0.00011 (0.00011)	358	0.039 (990.00)	22980.64	2621.13
5	S	-0.00026	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	359	0.048 (990.00)	21275.72	2742.45
6	S	-0.00021	0	0.500	26.0	80	0.00011 (0.00011)	358	0.039 (990.00)	22980.64	2621.13
7	S	-0.00026	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	359	0.048 (990.00)	21275.72	2742.45
8	S	-0.00026	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	359	0.048 (990.00)	21275.72	2742.45
9	S	-0.00026	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	359	0.048 (990.00)	21275.72	2742.45
10	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (990.00)	0.00	0.00
11	S	-0.00026	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	359	0.048 (990.00)	21275.72	2742.45
12	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (990.00)	0.00	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.12	-150.0	100.0	6.6	149.1	-90.7	----	----
2	S	4.18	150.0	100.0	-21.8	-149.1	-90.7	6087	281.4
3	S	4.18	150.0	100.0	-21.8	-149.1	-90.7	6087	281.4
4	S	4.10	150.0	100.0	-20.2	-149.1	-90.7	5741	260.2
5	S	4.18	150.0	100.0	-21.8	-149.1	-90.7	6087	281.4
6	S	4.10	150.0	100.0	-20.2	-149.1	-90.7	5741	260.2
7	S	4.18	150.0	100.0	-21.8	-149.1	-90.7	6087	281.4
8	S	4.18	150.0	100.0	-21.8	-149.1	-90.7	6087	281.4
9	S	4.18	150.0	100.0	-21.8	-149.1	-90.7	6087	281.4
10	S	2.11	-188.3	92.4	6.6	184.6	-83.6	----	----
11	S	4.18	150.0	100.0	-21.8	-149.1	-90.7	6087	281.4
12	S	2.11	-188.3	92.4	6.6	184.6	-83.6	----	----

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	-0.00013	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	368	0.024 (0.20)	26303.55	2776.87
3	S	-0.00013	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	368	0.024 (0.20)	26303.55	2776.87
4	S	-0.00012	0	0.500	26.0	80	0.00006 (0.00006)	370	0.022 (0.20)	27107.88	2740.97
5	S	-0.00013	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	368	0.024 (0.20)	26303.55	2776.87
6	S	-0.00012	0	0.500	26.0	80	0.00006 (0.00006)	370	0.022 (0.20)	27107.88	2740.97
7	S	-0.00013	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	368	0.024 (0.20)	26303.55	2776.87
8	S	-0.00013	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	368	0.024 (0.20)	26303.55	2776.87
9	S	-0.00013	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	368	0.024 (0.20)	26303.55	2776.87
10	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00
11	S	-0.00013	0	0.500	26.0	80	0.00007 (0.00007)	368	0.024 (0.20)	26303.55	2776.87
12	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.20)	0.00	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.75	-150.0	-100.0	10.0	149.1	90.7	---	---
2	S	0.89	-150.0	-100.0	12.2	149.1	90.7	---	---
3	S	0.89	-150.0	-100.0	12.2	149.1	90.7	---	---
4	S	0.75	-150.0	-100.0	10.0	149.1	90.7	---	---
5	S	0.75	-150.0	-100.0	10.0	149.1	90.7	---	---
6	S	0.89	-150.0	-100.0	12.2	149.1	90.7	---	---
7	S	0.89	-150.0	-100.0	12.2	149.1	90.7	---	---
8	S	0.89	-150.0	-100.0	12.2	149.1	90.7	---	---
9	S	0.89	-150.0	-100.0	12.2	149.1	90.7	---	---
10	S	0.89	-150.0	-100.0	12.2	149.1	90.7	---	---
11	S	0.89	-150.0	-100.0	12.2	149.1	90.7	---	---
12	S	0.89	-150.0	-100.0	12.2	149.1	90.7	---	---

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
3	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
4	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
5	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
6	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
7	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
8	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
9	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
10	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
11	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00
12	S	0.00000	0.00000	---	---	---	---	---	0.000 (0.20)	0.00	0.00

12.1.4 Verifica a taglio

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} 13733 kN
 N_{Ed} 0 kN

Calcestruzzo

C32/40

R_{ck} 40 N/mm²
 f_{ck} 33.2 N/mm²

Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo

f_{cd} 18.81 N/mm²

Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo

γ_c 1.5

Altezza sezione

h 2000 mm

Copriferro

c 93 mm

Larghezza minima della sezione (in mm)

b_w 5000 mm

Altezza utile della sezione (in mm)

d 1907 mm

Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

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

Acciaio	B 450 C	f_{yd}	391.3 N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		γ_s	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		θ	45 °
diametro staffe		\emptyset	20 mm
numero bracci staffe		n	7
Area dell'armatura trasversale		A_{sw}	2199.11 mm ²
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	100 mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		α	90 °
			1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		f'_{cd}	9.41 N/mm ²
Coefficiente maggiorativo		α_c	1
		V_{Rsd}	14714.78 kN
		V_{Rcd}	40213.50 kN
		V_{Rd}	14714.78 kN

Verifica:

$$V_{Rd} > V_{Ed}$$

VERIFICATA

Sollecitazioni Agenti:		V_{Ed}	5307 kN
		N_{Ed}	0 kN
Calcestruzzo	C32/40	R_{ck}	40 N/mm ²
		f_{ck}	33.2 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		f_{cd}	18.81 N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo		γ_c	1.5
Altezza sezione		h	2000 mm
Copriferro		c	93 mm
Larghezza minima della sezione (in mm)		b_w	5000 mm
Altezza utile della sezione (in mm)		d	1907 mm

Verifica elementi con armature trasversali resistenti al taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2 \theta)$$

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

Acciaio	B 450 C	f_{yd}	391.3 N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio		γ_s	1.15
Inclinazione dei puntoni di cls rispetto all'asse della trave		θ	45 ° 0.79 rad
diametro staffe		\emptyset	20 mm
numero bracci staffe		n	3
Area dell'armatura trasversale		A_{sw}	942.48 mm ²
Interasse tra due armature trasversali consecutive		s	100 mm
Angolo di inclinazione dell'armatura trasversale		α	90 ° 1.57 rad
Resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima		f'_{cd}	9.41 N/mm ²
Coefficiente maggiorativo		α_c	1
		V_{Rsd}	6306.34 kN
		V_{Rcd}	40213.50 kN
		V_{Rd}	6306.34 kN
Verifica:		$V_{Rd} > V_{Ed}$	VERIFICATA

12.1.5 Verifica dettagli costruttivi Par. 7.4.6-7.9.6 NTC 18

Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per la verifica dei dettagli costruttivi.

DETTAGLI COSTRUTTIVI PAR. 7.4.6 - 7.9.6 NTC 018

Dimensioni nucleo confinato

b _c =	1920 mm	RcK =	40 MPa
a _c =	4920 mm	f _{ck} =	32 MPa
c _{netto} =	40 mm	f _{cd} =	18.13 MPa
interasse barre =	100 mm	f _{yd} =	391.30 MPa

sezione corrente:

Armatura	298	Ø	26 mm
A _s =	158136.68	mm ²	
A _c =	9061500	mm ²	
ρ = A _s /A _c =	0.01745		
1% =	0.010		1% ≤ ρ ≤ 4%
4% =	0.040		verifica soddisfatta
A _s =	158136.68	mm ²	
A _{smin} =	27184.5	mm ²	verifica soddisfatta
A _{smax} =	362460	mm ²	verifica soddisfatta

Passo massimo delle staffe di confinamento

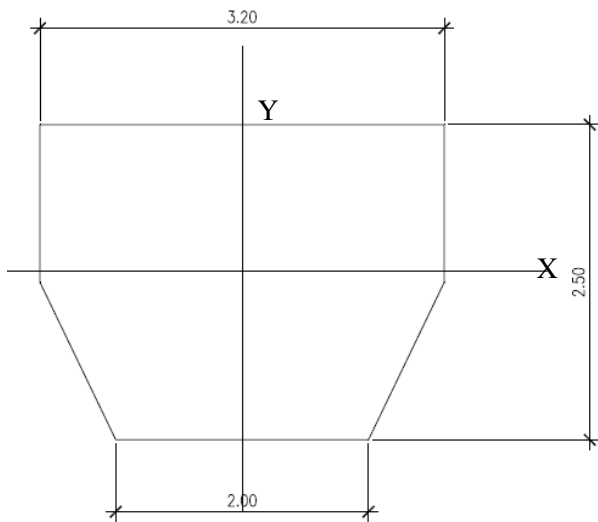
s1	2880 mm
s2	156 mm
smax =	156 mm
sd =	100 mm
sd < smax	verifica soddisfatta

Percentuale di Armatura trasversale minima di confinamento

ω1	0.0451	
ω2	0.0804	
ω _{min} =	0.0804	
Ø	20 mm	(diametro staffe)
n _y	7	(numero bracci staffe in direzione y)
n _x	3	(numero bracci staffe in direzione x)
s	100 mm	(passo staffe)
A _{sw_y} =	2199.11	mm ²
ω _{d_y} =	0.0965	
ω _{d_y} > ω _{min}	verifica soddisfatta	
A _{sw_x} =	942.48	mm ²
ω _{d_x} =	0.1059	
ω _{d_x} > ω _{min}	verifica soddisfatta	

12.2 PULVINO

Si riportano di seguito le caratteristiche della sezione:



Area:	7.2500
Perimeter:	10.4731
Bounding box:	X: -1.6000 -- 1.6000
	Y: -1.3362 -- 1.1638
Centroid:	X: 0.0000
	Y: 0.0000
Moments of inertia:	X: 3.5268
	Y: 5.3417
Product of inertia:	XY: 0.0000
Radii of gyration:	X: 0.6975
	Y: 0.8584
Principal moments and X-Y directions about centroid:	
	I: 3.5268 along [1.0000 0.0000]
	J: 5.3417 along [0.0000 1.0000]

Si riportano di seguito le sollecitazioni di verifica ottenute dal modello di calcolo:

Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
662	ENV_SLV	159	2141	181	0	53	-29
662	ENV_SLV	-159	997	-181	0	-53	-132
662	ENVE_SLU_STR	0	3499	34	0	0	-5769
695	ENVE_SLU_STR	0	-4567	0	0	0	-7603
662	ENV_SLV	159	2141	181	0	53	-29
662	ENV_SLV	-159	997	-181	0	-53	-132
695	ENVE_SLU_STR	0	-4567	0	0	0	-7603
662	ENVE_SLU_STR	0	3165	13	0	0	-109
695	ENV_SLV	158	-1243	181	0	360	-1936
695	ENV_SLV	-158	-2387	-181	0	-360	-3988
661	ENV_SLV	44	100	50	0	18	8
695	ENVE_SLU_STR	0	-4567	0	0	0	-7603

Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
662	ENVE_SLER	0	2242	9	0	0	-80
695	ENVE_SLER	-30	-3280	-23	0	-31	-5457
662	ENVE_SLER	0	2488	23	0	0	-4098
695	ENVE_SLER	0	-3280	0	0	0	-5457
662	ENVE_SLER	0	2488	23	0	0	-4098
695	ENVE_SLER	-30	-3280	-23	0	-31	-5457
695	ENVE_SLER	0	-3280	0	0	0	-5457
662	ENVE_SLER	0	2242	0	0	-5	-80
695	ENVE_SLER	0	-3280	0	0	0	-5457
662	ENVE_SLER	0	2488	0	0	-31	-4098
696	ENVE_SLER	0	0	0	0	0	0
695	ENVE_SLER	0	-3280	0	0	0	-5457

Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
662	ENVE_SLEF	0	2028	2	0	0	-80
695	ENVE_SLEF	-6	-2871	-5	0	-6	-4760
662	ENVE_SLEF	0	2274	5	0	0	-3735
695	ENVE_SLEF	0	-2871	0	0	0	-4760
662	ENVE_SLEF	0	2274	5	0	0	-3735
695	ENVE_SLEF	-6	-2871	-5	0	-6	-4760
695	ENVE_SLEF	0	-2871	0	0	0	-4760
662	ENVE_SLEF	0	2028	0	0	-1	-80
695	ENVE_SLEF	0	-2871	0	0	0	-4760
662	ENVE_SLEF	0	2274	0	0	-6	-3735
696	ENVE_SLEF	0	0	0	0	0	0
695	ENVE_SLEF	0	-2871	0	0	0	-4760

Frame	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
662	SLEQP	0	1476	0	-54	0	-80
695	SLEQP	0	-1723	0	54	0	-2804
662	SLEQP	0	1723	0	-54	0	-2798
695	SLEQP	0	-1723	0	54	0	-2804
695	SLEQP	0	-1723	0	54	0	-2804
695	SLEQP	0	-1723	0	54	0	-2804
695	SLEQP	0	-1723	0	54	0	-2804
662	SLEQP	0	1476	0	-54	0	-80
695	SLEQP	0	-1723	0	54	0	-2804
695	SLEQP	0	-1723	0	54	0	-2804
661	SLEQP	0	0	0	0	0	0
695	SLEQP	0	-1723	0	54	0	-2804

12.2.1 Progettazione per capacità

Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per la progettazione di capacità

PROGETTAZIONE PER CAPACITA'		CD "B"	
Caratteristiche sezione pila			
b =	2000	mm	RcK = 40 MPa
B =	3200	mm	f _{ck} = 32 MPa
h =	2500	mm	f _{cd} = 18.13 MPa
Ac =	7250000	mmq	
q =	1.5	non necessarie verifiche di duttilità par.7.3.6.1 NTC018	
γ _{Rd} = 0.7+0.2*q =	1		
sforzo assiale massimo analisi		Ned =	159 KN
capacità a compressione sezione		NR _{dc} =	131466.7 KN
Ned	<	65% NR _{dc}	verifica soddisfatta par 7.9.5.1.1 NTC018
vk = Ned/(Ac*f _{ck}) =	0.001	capacità a compressione normalizzata della sezione	
vk	≤	0.08	non necessaria armatura di confinamento par 7.9.6.1.1 NTC018
vk	≤	0.3	verifica soddisfatta par 7.9.2.1 NTC018
vk	≤	0.1	verifica soddisfatta par 7.9.5 NTC018

12.2.2 Verifica a pressoflessione e taglio

Si riassume di seguito l'armatura verticale adottata.

As = 116Φ26

Staffe : Φ20/15

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

Dati Assegnati:

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	26	[mm]	
Diametro staffe:	20	[mm]	
Classe Calcestruzzo:	C32/40		
Condizioni ambientali:	Aggressive		
Vita nominale costruzione:	75	[anni]	Incremento di 10 mm rispetto a vita nominale di 50 anni
Tolleranza di posa:	10	[mm]	
Copriferro staffe:			
Copriferro nominale Netto Staffe:	60	[mm]	
Copriferro barre longitudinali:			
Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	80	[mm]	
Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale:	93	[mm]	Dato da assegnare nell'input delle sezioni

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA DUTILE IN C.A.

NOME SEZIONE: pulvino

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona sismica (CD'B')
Posizione sezione nell'asta:	In zona critica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.065	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33345.8	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.023	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale	
Classe Conglomerato:	C32/40	
N°vertice:	X [cm]	Y [cm]

1	-100.0	-133.6
2	-160.0	-8.6
3	-160.0	116.4
4	160.0	116.4
5	160.0	-8.6
6	100.0	-133.6

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-94.1	-124.3	26
2	-150.7	-6.5	26
3	-150.7	107.1	26
4	150.7	107.1	26
5	150.7	-6.5	26
6	94.1	-124.3	26
7	150.7	101.9	26
8	-150.7	101.9	26
9	-94.2	-118.3	26
10	94.2	-118.3	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	6	15	26
2	3	4	22	26
3	2	3	8	26
4	4	5	8	26
5	1	2	8	26
6	5	6	8	26
7	7	8	22	26
8	9	10	15	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 20 mm
 Passo staffe: 15.0 cm

Indicazione Barre Longitudinali di risvolto per ogni staffa:

N°Staffa	Barra	Barra	Barra	Barra	Barra	Barra
1	6	1	2	3	4	5
2	29	44	10	9		

Coordinate Barre generate di risvolto delle staffe:

N°Barra	X[cm]	Y[cm]
29	-98.3	107.1
44	98.3	107.1

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
---------	---	----	----	----	----

1	-159.00	-29.00	53.00	2141.00	181.00
2	159.00	-132.00	-53.00	997.00	181.00
3	0.00	-5769.00	0.00	3499.00	34.00
4	0.00	-7603.00	0.00	4567.00	0.00
5	-159.00	-29.00	53.00	2141.00	181.00
6	159.00	-132.00	-53.00	997.00	181.00
7	0.00	-7603.00	0.00	4567.00	0.00
8	0.00	-109.00	0.00	3165.00	13.00
9	-158.00	-1936.00	360.00	1243.00	181.00
10	158.00	-3988.00	-360.00	2387.00	181.00
11	-44.00	8.00	18.00	100.00	50.00
12	0.00	-7603.00	0.00	4567.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-80.00	0.00
2	30.00	-5457.00	-31.00
3	0.00	-4098.00	0.00
4	0.00	-5457.00	0.00
5	0.00	-4098.00	0.00
6	30.00	-5457.00	-31.00
7	0.00	-5457.00	0.00
8	0.00	-80.00	-5.00
9	0.00	-5457.00	0.00
10	0.00	-4098.00	-31.00
11	0.00	-5457.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

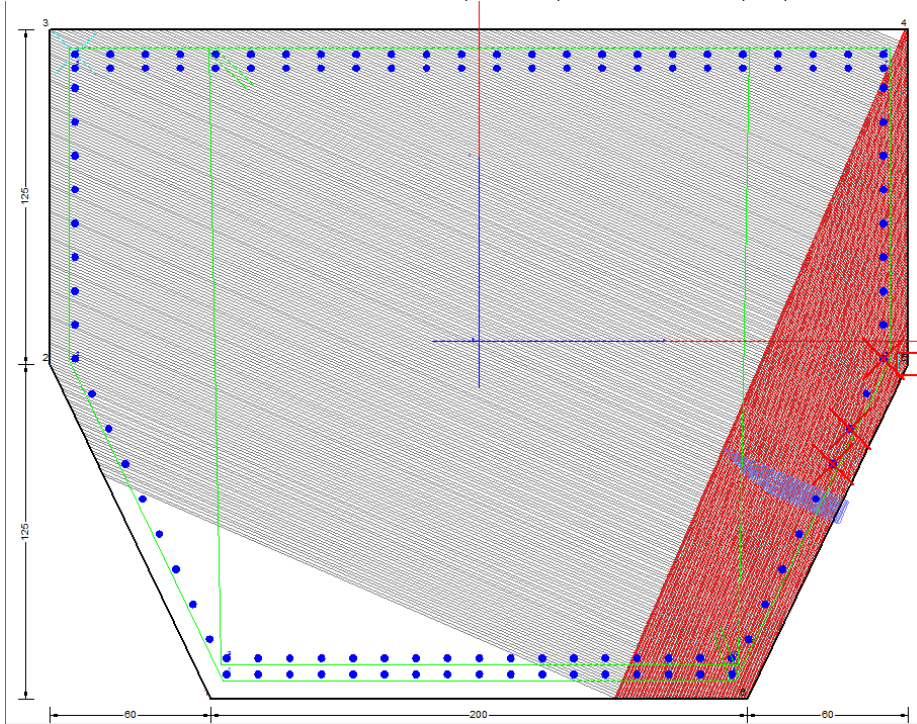
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-80.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
2	6.00	-4760.00 (-11617.95)	-6.00 (-14.64)
3	0.00	-3735.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
4	0.00	-4760.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
5	0.00	-3735.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
6	6.00	-4760.00 (-11617.95)	-6.00 (-14.64)
7	0.00	-4760.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
8	0.00	-80.00 (-11484.55)	-1.00 (-143.56)
9	0.00	-4760.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
10	0.00	-3735.00 (-11607.22)	-6.00 (-18.65)
11	0.00	-4760.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-80.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)

2	0.00	-2804.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
3	0.00	-2798.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
4	0.00	-2804.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
5	0.00	-2804.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
6	0.00	-2804.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
7	0.00	-2804.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
8	0.00	-80.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
9	0.00	-2804.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
10	0.00	-2804.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)
11	0.00	-2804.00 (-11625.54)	0.00 (0.00)



RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.0 cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	2.6 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My	Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res	Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa	Area armature trave [cm ²] in zona tesa. [Tra parentesi l'area massima ex (7.4.26)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	N	-159.00	-29.00	53.00	-158.88	-10948.86	28482.25	537.61467.2(675.4)	
2	N	159.00	-132.00	-53.00	158.89	-27915.46	-11206.00	209.64408.8(712.5)	
3	N	0.00	-5769.00	0.00	0.00	-30381.83	0.00	5.27424.7(755.0)	
4	N	0.00	-7603.00	0.00	0.00	-30381.83	0.00	4.00424.7(755.0)	
5	N	-159.00	-29.00	53.00	-158.88	-10948.86	28482.25	537.61467.2(675.4)	
6	N	159.00	-132.00	-53.00	158.89	-27915.46	-11206.00	209.64408.8(712.5)	
7	N	0.00	-7603.00	0.00	0.00	-30381.83	0.00	4.00424.7(755.0)	
8	N	0.00	-109.00	0.00	0.00	-30381.83	0.00	278.73424.7(755.0)	
9	N	-158.00	-1936.00	360.00	-157.96	-29414.87	5530.98	15.26408.8(744.4)	
10	N	158.00	-3988.00	-360.00	157.82	-30286.11	-2748.63	7.59414.1(755.0)	
11	N	-44.00	8.00	18.00	-43.77	16503.59	28548.84	999.00451.3(686.0)	

12 N 0.00 -7603.00 0.00 0.00 -30381.83 0.00 4.00424.7(755.0)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.153	160.0	-8.6	0.00285	150.7	-6.5	-0.01933	-150.7	107.1
2	0.00350	0.226	-100.0	-133.6	0.00297	-94.1	-124.3	-0.01196	150.7	107.1
3	0.00350	0.126	-100.0	-133.6	0.00243	-94.1	-124.3	-0.02422	150.7	107.1
4	0.00350	0.126	-100.0	-133.6	0.00243	-94.1	-124.3	-0.02422	150.7	107.1
5	0.00350	0.153	160.0	-8.6	0.00285	150.7	-6.5	-0.01933	-150.7	107.1
6	0.00350	0.226	-100.0	-133.6	0.00297	-94.1	-124.3	-0.01196	150.7	107.1
7	0.00350	0.126	-100.0	-133.6	0.00243	-94.1	-124.3	-0.02422	150.7	107.1
8	0.00350	0.126	-100.0	-133.6	0.00243	-94.1	-124.3	-0.02422	150.7	107.1
9	0.00350	0.190	100.0	-133.6	0.00283	94.1	-124.3	-0.01493	-150.7	107.1
10	0.00350	0.163	-100.0	-133.6	0.00270	-94.1	-124.3	-0.01796	150.7	107.1
11	0.00350	0.290	160.0	116.4	0.00305	150.7	107.1	-0.00858	-94.1	-124.3
12	0.00350	0.126	-100.0	-133.6	0.00243	-94.1	-124.3	-0.02422	150.7	107.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]; deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000063258	-0.000027485	-0.006858229	0.153	0.700
2	-0.000018416	-0.000045041	-0.004359881	0.226	0.723
3	0.000000000	-0.000115150	-0.011886403	0.126	0.700
4	0.000000000	-0.000115150	-0.011886403	0.126	0.700
5	0.000063258	-0.000027485	-0.006858229	0.153	0.700
6	-0.000018416	-0.000045041	-0.004359881	0.226	0.723
7	0.000000000	-0.000115150	-0.011886403	0.126	0.700
8	0.000000000	-0.000115150	-0.011886403	0.126	0.700
9	0.000011973	-0.000064099	-0.006262221	0.190	0.700
10	-0.000007354	-0.000081494	-0.008124626	0.163	0.700
11	0.000027829	0.000020811	-0.003374590	0.290	0.802
12	0.000000000	-0.000115150	-0.011886403	0.126	0.700

VERIFICHE A TAGLIO E DUTTILITA'

Diam. Staffe: 20 mm
 Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 20.8 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 Dmed Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro.
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_{max} con L =lunghezza legatura, d_{max} è massima altezza utile nella direzione del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	687.17	26130.79	7336.84	272.1	235.4	1.000	1.000	7.2	76.6(0.0)
2	S	991.34	25022.08	6883.81	243.4	251.7	1.000	1.001	11.6	80.3(0.0)
3	S	3499.00	22392.46	6954.53	238.8	229.9	1.000	1.000	41.6	82.7(0.0)
4	S	4567.00	22392.46	6954.53	238.8	229.9	1.000	1.000	54.3	82.7(0.0)
5	S	687.17	26130.79	7336.84	272.1	235.4	1.000	1.000	7.2	76.6(0.0)
6	S	991.34	25022.08	6883.81	243.4	251.7	1.000	1.001	11.6	80.3(0.0)
7	S	4567.00	22392.46	6954.53	238.8	229.9	1.000	1.000	54.3	82.7(0.0)
8	S	3165.00	22392.46	6954.53	238.8	229.9	1.000	1.000	37.6	82.7(0.0)
9	S	1188.63	23463.25	6898.57	240.7	239.0	1.000	1.000	14.0	81.4(0.0)
10	S	2393.61	22819.61	6904.84	239.1	233.7	1.000	1.001	28.4	82.0(0.0)
11	S	99.93	21460.21	7859.63	285.9	184.0	1.000	1.000	1.0	78.1(0.0)
12	S	4567.00	22392.46	6954.53	238.8	229.9	1.000	1.000	54.3	82.7(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.04	-100.0	-133.6	-1.2	150.7	107.1	10525	276.1
2	S	2.52	-100.0	-133.6	-85.0	150.7	107.1	10594	276.1
3	S	1.88	-100.0	-133.6	-63.9	150.7	107.1	10525	276.1
4	S	2.50	-100.0	-133.6	-85.1	150.7	107.1	10525	276.1
5	S	1.88	-100.0	-133.6	-63.9	150.7	107.1	10525	276.1
6	S	2.52	-100.0	-133.6	-85.0	150.7	107.1	10594	276.1
7	S	2.50	-100.0	-133.6	-85.1	150.7	107.1	10525	276.1
8	S	0.04	-100.0	-133.6	-1.3	150.7	107.1	11259	281.4
9	S	2.50	-100.0	-133.6	-85.1	150.7	107.1	10525	276.1
10	S	1.89	-100.0	-133.6	-64.3	150.7	107.1	10616	276.1
11	S	2.50	-100.0	-133.6	-85.1	150.7	107.1	10525	276.1

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
e1	Esito della verifica
e2	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	80	0.00000 (0.00000)	441	0.002 (990.00)	-11625.54	0.00
2	S	-0.00045	0	0.500	26.0	80	0.00026 (0.00026)	442	0.113 (990.00)	-11590.46	-65.84
3	S	-0.00034	0	0.500	26.0	80	0.00019 (0.00019)	441	0.084 (990.00)	-11625.54	0.00
4	S	-0.00045	0	0.500	26.0	80	0.00026 (0.00026)	441	0.112 (990.00)	-11625.54	0.00
5	S	-0.00034	0	0.500	26.0	80	0.00019 (0.00019)	441	0.084 (990.00)	-11625.54	0.00
6	S	-0.00045	0	0.500	26.0	80	0.00026 (0.00026)	442	0.113 (990.00)	-11590.46	-65.84
7	S	-0.00045	0	0.500	26.0	80	0.00026 (0.00026)	441	0.112 (990.00)	-11625.54	0.00
8	S	-0.00001	0	0.500	26.0	80	0.00000 (0.00000)	449	0.002 (990.00)	-10953.23	-684.58
9	S	-0.00045	0	0.500	26.0	80	0.00026 (0.00026)	441	0.112 (990.00)	-11625.54	0.00
10	S	-0.00034	0	0.500	26.0	80	0.00019 (0.00019)	442	0.085 (990.00)	-11539.80	-87.29

11	S	-0.00045	0	0.500	26.0	80	0.00026 (0.00026)	441	0.112 (990.00)	-11625.54	0.00
----	---	----------	---	-------	------	----	-------------------	-----	----------------	-----------	------

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.04	-100.0	-133.6	-1.2	150.7	107.1	10525	276.1
2	S	2.18	-100.0	-133.6	-74.2	150.7	107.1	10539	276.1
3	S	1.71	-100.0	-133.6	-58.2	150.7	107.1	10525	276.1
4	S	2.18	-100.0	-133.6	-74.2	150.7	107.1	10525	276.1
5	S	1.71	-100.0	-133.6	-58.2	150.7	107.1	10525	276.1
6	S	2.18	-100.0	-133.6	-74.2	150.7	107.1	10539	276.1
7	S	2.18	-100.0	-133.6	-74.2	150.7	107.1	10525	276.1
8	S	0.04	-100.0	-133.6	-1.3	150.7	107.1	10676	276.1
9	S	2.18	-100.0	-133.6	-74.2	150.7	107.1	10525	276.1
10	S	1.71	-100.0	-133.6	-58.3	150.7	107.1	10539	276.1
11	S	2.18	-100.0	-133.6	-74.2	150.7	107.1	10525	276.1

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	80	0.00000 (0.00000)	441	0.002 (0.20)	-11625.54	0.00
2	S	-0.00039	0	0.500	26.0	80	0.00022 (0.00022)	441	0.098 (0.20)	-11617.95	-14.64
3	S	-0.00031	0	0.500	26.0	80	0.00017 (0.00017)	441	0.077 (0.20)	-11625.54	0.00
4	S	-0.00039	0	0.500	26.0	80	0.00022 (0.00022)	441	0.098 (0.20)	-11625.54	0.00
5	S	-0.00031	0	0.500	26.0	80	0.00017 (0.00017)	441	0.077 (0.20)	-11625.54	0.00
6	S	-0.00039	0	0.500	26.0	80	0.00022 (0.00022)	441	0.098 (0.20)	-11617.95	-14.64
7	S	-0.00039	0	0.500	26.0	80	0.00022 (0.00022)	441	0.098 (0.20)	-11625.54	0.00
8	S	-0.00001	0	0.500	26.0	80	0.00000 (0.00000)	443	0.002 (0.20)	-11484.55	-143.56
9	S	-0.00039	0	0.500	26.0	80	0.00022 (0.00022)	441	0.098 (0.20)	-11625.54	0.00
10	S	-0.00031	0	0.500	26.0	80	0.00017 (0.00017)	441	0.077 (0.20)	-11607.22	-18.65
11	S	-0.00039	0	0.500	26.0	80	0.00022 (0.00022)	441	0.098 (0.20)	-11625.54	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.04	-100.0	-133.6	-1.2	150.7	107.1	10525	276.1
2	S	1.28	-100.0	-133.6	-43.7	150.7	107.1	10525	276.1
3	S	1.28	-100.0	-133.6	-43.6	150.7	107.1	10525	276.1
4	S	1.28	-100.0	-133.6	-43.7	150.7	107.1	10525	276.1
5	S	1.28	-100.0	-133.6	-43.7	150.7	107.1	10525	276.1
6	S	1.28	-100.0	-133.6	-43.7	150.7	107.1	10525	276.1
7	S	1.28	-100.0	-133.6	-43.7	150.7	107.1	10525	276.1
8	S	0.04	-100.0	-133.6	-1.2	150.7	107.1	10525	276.1
9	S	1.28	-100.0	-133.6	-43.7	150.7	107.1	10525	276.1
10	S	1.28	-100.0	-133.6	-43.7	150.7	107.1	10525	276.1
11	S	1.28	-100.0	-133.6	-43.7	150.7	107.1	10525	276.1

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00001	0	0.500	26.0	80	0.00000 (0.00000)	441	0.002 (0.20)	-11625.54	0.00
2	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	441	0.058 (0.20)	-11625.54	0.00
3	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	441	0.058 (0.20)	-11625.54	0.00
4	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	441	0.058 (0.20)	-11625.54	0.00
5	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	441	0.058 (0.20)	-11625.54	0.00
6	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	441	0.058 (0.20)	-11625.54	0.00
7	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	441	0.058 (0.20)	-11625.54	0.00
8	S	-0.00001	0	0.500	26.0	80	0.00000 (0.00000)	441	0.002 (0.20)	-11625.54	0.00
9	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	441	0.058 (0.20)	-11625.54	0.00
10	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	441	0.058 (0.20)	-11625.54	0.00
11	S	-0.00023	0	0.500	26.0	80	0.00013 (0.00013)	441	0.058 (0.20)	-11625.54	0.00

12.2.3 Verifica dettagli costruttivi Par. 7.4.6-7.9.6 NTC 18

Di seguito si riporta il foglio di calcolo utilizzato per la verifica dei dettagli costruttivi.

DETTAGLI COSTRUTTIVI PAR. 7.4.6 NTC 018			
Dimensioni sezione			
B=	3200	mm	
b =	2000	mm	
h =	2500	mm	
c=	93	mm	
Ac =	7250000	mmq	
Armatura tesa			
	48	Ø	26 mm
A _s =	25471.68	mm ²	
ρ=A _s /Ac=	0.00351		
Armatura compressa			
	34	Ø	26 mm
A _s '=	18042.44	mm ²	
ρ _{comp} =A _s '/Ac=	0.00249		
1,4/f _{yk} =	0.00311	$\frac{1,4}{f_{yk}} < \rho < \rho_{comp} + \frac{3,5}{f_{yk}}$	
ρ _{comp} +3,5/f _{yk} =	0.01027		La verifica risulta soddisfatta
L'armatura compressa non deve mai essere inferiore a un quarto di quella tesa:			
ρ _{comp} ≥0,25ρ			
nel caso specifico risulta:			
ρ _{comp} =A _s '/(bh)=	0.0025		
0,25ρ =	0.0009		La verifica risulta soddisfatta
Nelle zone critiche l'armatura compressa non deve mai essere inferiore a metà di quella tesa:			
ρ _{comp} ≥0,5ρ			
nel caso specifico risulta:			
ρ _{comp} =A _s '/(bh)=	0.0025		
0,5ρ =	0.0018		La verifica risulta soddisfatta
Passo massimo delle staffe nella zona critica			
s1	601.75	mm	
s2	225	mm	
s3	208	mm	
s4	480	mm	
smax =	208	mm	

RcK =	40 MPa		
f _{ck} =	32 MPa		
f _{ctm} =	3.02 MPa	valore medio della resistenza a trazione assiale	
f _{yk} =	450 MPa	resistenza caratteristica a trazione dell'armatura	
b _t =	2000 mm	larghezza media della zona tesa	
A _{smin} =	8410.49 mm ²		
A _s =	25471.68 mm ²	La verifica risulta soddisfatta	$A_{s,min} = 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d$
0.0013 b _t d =	6258.2 mm ²		
A _s =	18042.44 mm ²	armatura inferiore	
V _{Ed} =	4604.00 kN	taglio di calcolo	
f _{yk} =	450 MPa		
Y _s =	1.15		
f _{yd} =	391.3 MPa		
V _{Rd} =A _s x f _{yd} =	7060.1 kN	La verifica risulta soddisfatta	
A _s =	25471.68 mm ²	La verifica risulta soddisfatta	
A _s '=	18042.44 mm ²	La verifica risulta soddisfatta	
0,04A _c =	290000 mm ²		
A _{st,min} =1,5 b =	3000 mm ² /mm		
Ø =	20 mm	diametro staffe	
br=	4	bracci staffe	
A _{sw} =	1256 mm ²		
s =	0.2 m	passo staffe	
A _{st} =A _{sw} /s =	6280.0 mm ² /mm	La verifica risulta soddisfatta	
0,8d=	1925.6 mm	La verifica risulta soddisfatta	

12.3 SOLETTA DI FONDAZIONE

Per la progettazione di capacità in CD"B" le sollecitazioni allo stato limite ultimo agenti sulla fondazione sono state moltiplicate per il coefficiente di sovreresistenza $\gamma_{Rd} = 1.1$ nel modello di calcolo.

Sollecitazioni SLU ottenute dal modello:

Area	OutputCase	P	M11
Text	Text	KN	KNm
190	ENVE_SLU_STR	0.0	75.2
449	ENVE_SLU_STR	0.0	-133.5

Area	OutputCase	P	M22
Text	Text	KN	KNm
447	ENVE_SLU_STR	0.0	105.3
189	ENVE_SLU_STR	0.0	-144.4

V13	V23
KN	KN
167	113

Sollecitazioni SLE ottenute dal modello:

Area	OutputCase	P	M11
Text	Text	KN	KNm
190	ENVE_SLER	0.0	54.1
448	ENVE_SLER	0.0	-96.0

Area	OutputCase	P	M22
Text	Text	KN	KNm
447	ENVE_SLER	0.0	75.8
189	ENVE_SLER	0.0	-103.8

Area	OutputCase	P	M11
Text	Text	KN	KNm
190	ENVE_SLEF	0.0	54.1
448	ENVE_SLEF	0.0	-96.0

Area	OutputCase	P	M22
Text	Text	KN	KNm
447	ENVE_SLEF	0.0	75.8
189	ENVE_SLEF	0.0	-103.8

Area	OutputCase	P	M11
Text	Text	KN	KNm
190	SLEQP	0.0	54.1
448	SLEQP	0.0	-96.0

Area	OutputCase	P	M22
Text	Text	KN	KNm
447	SLEQP	0.0	75.8
189	SLEQP	0.0	-103.8

Si riassume di seguito l'armatura orizzontale corrente adottata in entrambe le direzioni.

$$A_s = 10\Phi 24$$

$$A_{s'} = 10\Phi 24$$

La sezione risulta verificata con l'armatura prevista.

12.3.1 Verifica a taglio

Taglio V13

VERIFICA A TAGLIO					
Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio					
È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.					
$V_{Rd} \geq V_{Ed}$ $V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$					
Solicitazioni Agenti:		V_{Ed}	167 kN		
		N_{Ed}	0 kN		
Calcestruzzo	C25/30	R_{ck}	30 N/mm ²		
		f_{ck}	24.9 N/mm ²		
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		f_{cd}	14.11 N/mm ²		
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo		γ_c	1.5		
Altezza sezione		h	1800 mm		
Copriferro		c	86 mm		
Larghezza minima della sezione (in mm)		b_w	1000 mm		
Altezza utile della sezione (in mm)		d	1714 mm		
Area Calcestruzzo		A_c	1800000 mm ²		
Armatura longitudinale tesa		n	10		
		\emptyset	24 mm		
		A_{s1}	4521.6 mm ²		
Rapporto geometrico di armatura longitudinale		ρ_1	0.0026 ≤ 0.02	ok	
Tensione media di compressione nella sezione		σ_{cp}	0.0000 ≤ 0.2 f_{cd}	ok	
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		k	1.34 ≤ 2	ok	
$v_{min} = 0.035k^{3/2}f_{ck}^{1/2}$		v_{min}	0.21		
		V_{Rd}	516.78 kN		
Verifica:		$V_{Rd} > V_{Ed}$	VERIFICATA		

Come si può vedere dai risultati del foglio di calcolo sopra riportato, non è necessaria armatura a taglio, dato che il valore del taglio limite non viene mai superato.

Per completezza, di seguito si riportano i relativi diagrammi di ricoprimento del taglio V13.

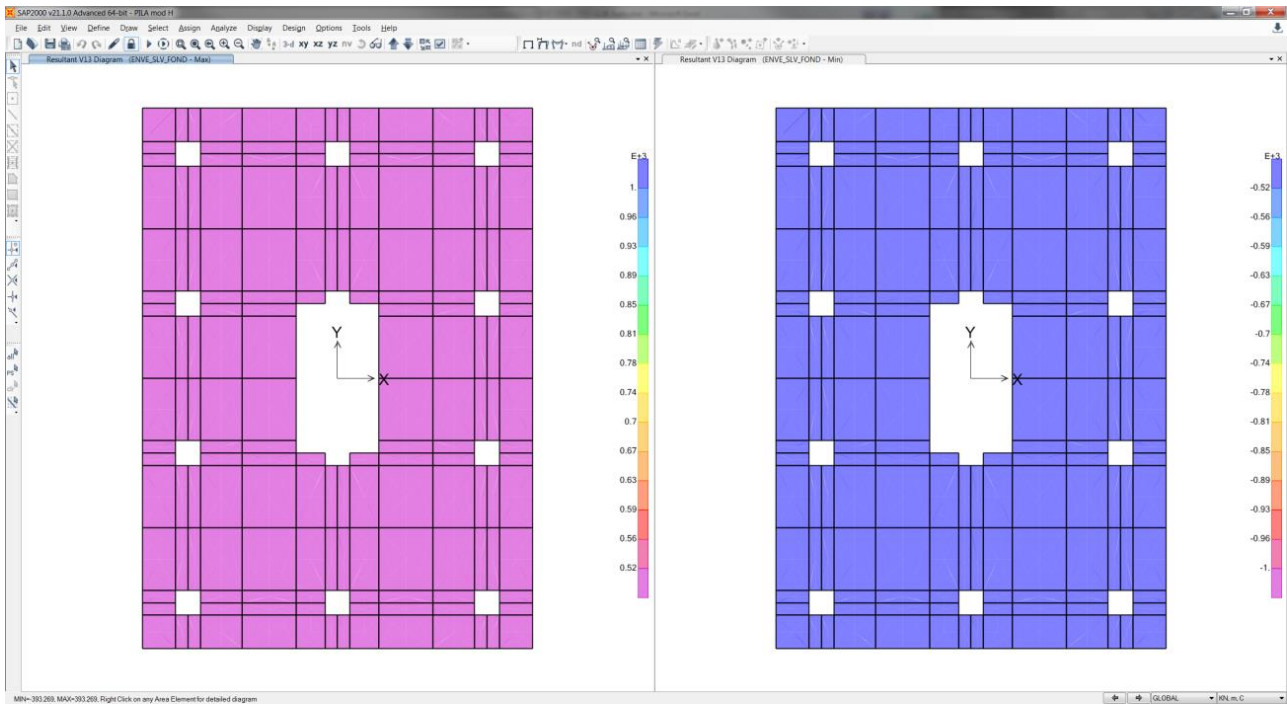


Figura 29: Ricoprimento taglio V13

Taglio V23

VERIFICA A TAGLIO

Verifica elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

È consentito l'impiego di solai, piastre e membrature a comportamento analogo, sprovviste di armature trasversali resistenti a taglio. La resistenza a taglio V_{Rd} di tali elementi deve essere valutata, utilizzando formule di comprovata affidabilità, sulla base della resistenza a trazione del cls.

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

$$V_{Rd} = \left\{ \frac{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

Sollecitazioni Agenti:

V_{Ed} 113 kN
 N_{Ed} 0 kN

Calcestruzzo	C25/30	R_{ck}	30 N/mm ²
		f_{ck}	24.9 N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo		f_{cd}	14.11 N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo		γ_c	1.5
Altezza sezione		h	1800 mm
Copriferro		c	86 mm
Larghezza minima della sezione (in mm)		b_w	1000 mm
Altezza utile della sezione (in mm)		d	1714 mm
Area Calcestruzzo		A_c	1800000 mm ²
Armatura longitudinale tesa	n 10	\emptyset	24 mm
		A_{sI}	4521.6 mm ²
Rapporto geometrico di armatura longitudinale		ρ_1	0.0026 ≤ 0.02 ok
Tensione media di compressione nella sezione		σ_{cp}	0.0000 ≤ 0.2 f_{cd} ok
$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$		k	1.34 ≤ 2 ok
$v_{\min} = 0,035k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$		v_{\min}	0.21
		V_{Rd}	516.78 kN

Verifica:

$V_{Rd} > V_{Ed}$

VERIFICATA

Come si può vedere dai risultati del foglio di calcolo sopra riportato, non è necessaria armatura a taglio, dato che il valore del taglio limite non viene mai superato.

Per completezza, di seguito si riportano i relativi diagrammi di ricoprimento del taglio V23.

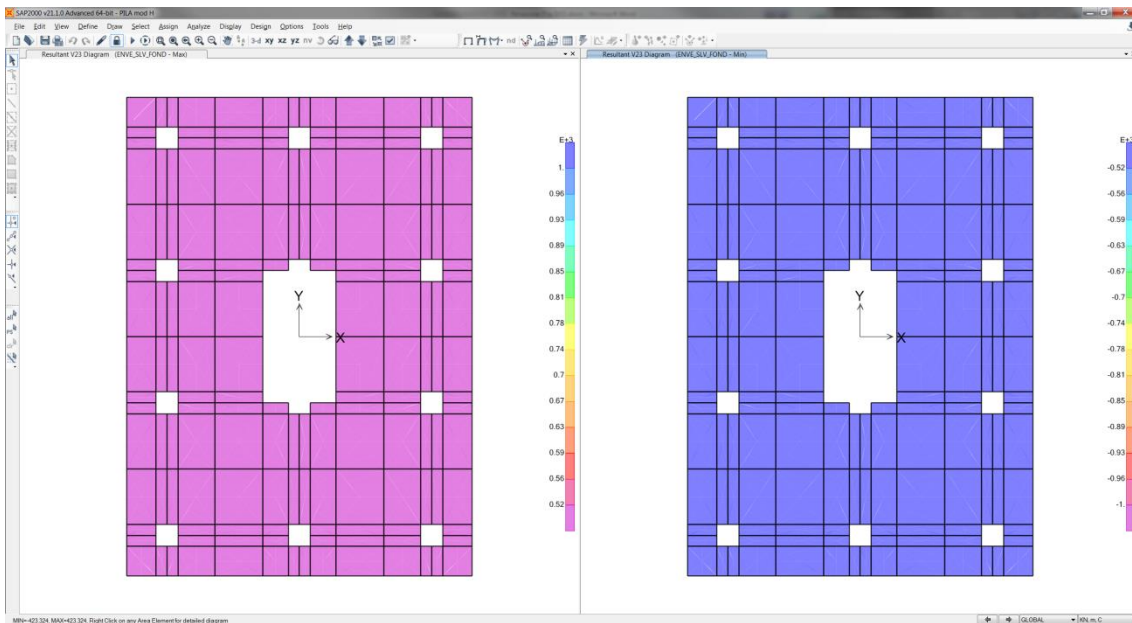


Figura 30: Ricoprimento taglio V23

Come si può vedere dai diagrammi sopra riportati il valore del taglio limite non viene mai superato.

12.3.2 Verificata a flessione M22 – Armatura corrente

CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

Dati Assegnati:

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	24	[mm]	
Diametro staffe:	24	[mm]	
Classe Calcestruzzo:	C25/30		
Condizioni ambientali:	Ordinarie		
Vita nominale costruzione:	75	[anni]	Incremento di 10 mm rispetto a vita nominale di 50 anni
Tolleranza di posa:	10	[mm]	
Copriferro staffe:			
Copriferro nominale Netto Staffe:	50	[mm]	
Copriferro barre longitudinali:			
Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	74	[mm]	
Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale:	86	[mm]	Dato da assegnare nell'input delle sezioni

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: fondazione M22

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica
	Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	13.750	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	15.000	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	10.000	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	180.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	8.6	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	8.6	cm

Coprif.Lat. (dal baric.barre): 5.0 cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	105.30	0.00	0.00
2	0.00	-144.40	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	75.80
2	0.00	-103.80

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

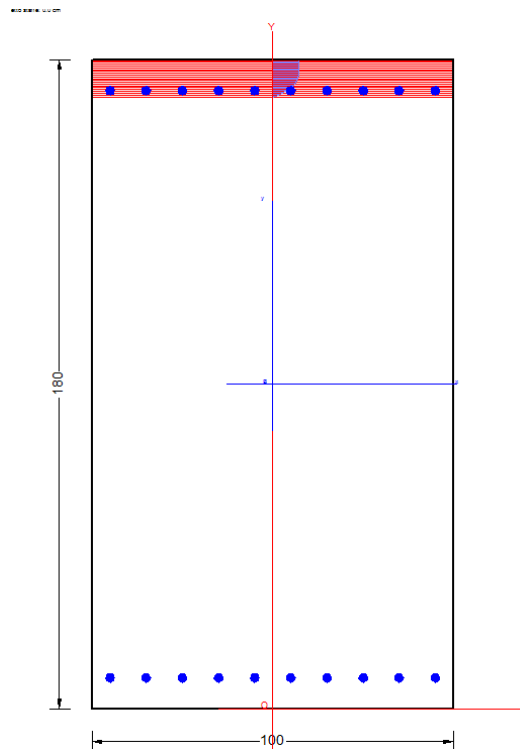
N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	75.80 (1638.19)
2	0.00	-103.80 (-1638.19)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	75.80 (1638.19)
2	0.00	-103.80 (-1638.19)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.4 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
 Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	105.30	-0.08	2932.74	27.851	169.5	0.06	0.70	45.2 (36.0)
2	S	0.00	-144.40	-0.08	-2932.74	20.310	10.5	0.06	0.70	45.2 (36.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	180.0	0.00063	171.4	-0.05374	8.6
2	0.00350	0.0	0.00063	8.6	-0.05374	171.4

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
	(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.20	180.0	0.00	141.0	-10.5	171.4	21.5	2150	45.2	9.2
2	S	0.28	0.0	0.00	39.0	-14.4	8.6	21.5	2150	45.2	9.2

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00006	0.00001	0.50	0.60	0.000031 (0.000031)	446	0.014 (990.00)	1638.19
2	S	-0.00008	0.00002	0.50	0.60	0.000043 (0.000043)	446	0.019 (990.00)	-1638.19

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.20	180.0	0.00	141.0	-10.5	171.4	21.5	2150	45.2	9.2
2	S	0.28	0.0	0.00	39.0	-14.4	8.6	21.5	2150	45.2	9.2

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00006	0.00001	0.50	0.60	0.000031 (0.000031)	446	0.014 (0.30)	1638.19
2	S	-0.00008	0.00002	0.50	0.60	0.000043 (0.000043)	446	0.019 (0.30)	-1638.19

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.20	180.0	0.00	141.0	-10.5	171.4	21.5	2150	45.2	9.2
2	S	0.28	0.0	0.00	39.0	-14.4	8.6	21.5	2150	45.2	9.2

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00006	0.00001	0.50	0.40	0.000031 (0.000031)	446	0.014 (0.30)	1638.19
2	S	-0.00008	0.00002	0.50	0.40	0.000043 (0.000043)	446	0.019 (0.30)	-1638.19

12.3.3 Verifica a flessione M11 – Armatura corrente

CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

Dati Assegnati:

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	24	[mm]	
Diametro staffe:	0	[mm]	
Classe Calcestruzzo:	C25/30		
Condizioni ambientali:	Ordinarie		
Vita nominale costruzione:	75	[anni]	Incremento di 10 mm rispetto a vita nominale di 50 anni
Tolleranza di posa:	10	[mm]	
Copriferro staffe:			
Copriferro nominale Netto Staffe:	50	[mm]	
Copriferro barre longitudinali:			
Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	50	[mm]	
Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale:	62	[mm]	Dato da assegnare nell'input delle sezioni

DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: fondazione M11

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave di fondazione in combinazione sismica
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicit�:	Zona non sismica Sezione appartenente a trave di fondazione (arm.minima ex §7.2.5NTC)

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	14.16	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	13.750	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	15.000	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	10.000	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$:	0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	337.50	MPa	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	180.0	cm
Barre inferiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	10Ø24	(45.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.2	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	5.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	75.20	0.00	0.00
2	0.00	-133.50	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	54.10
2	0.00	-96.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

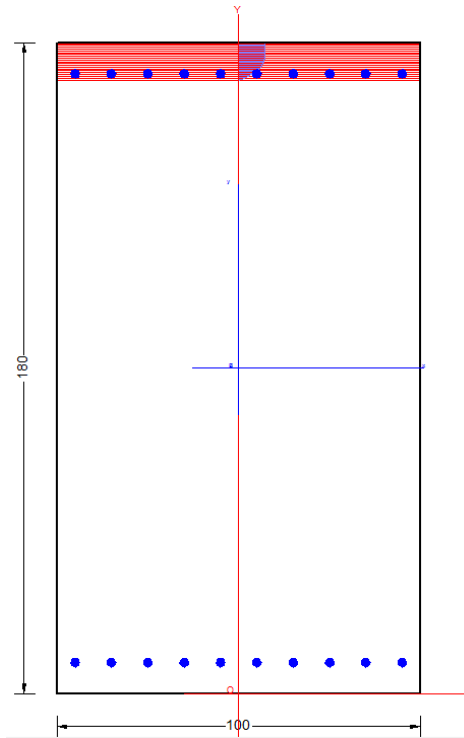
N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.0054.10	(1653.49)
2	0.00-96.00	(-1653.49)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.0054.10	(1653.49)
2	0.00-96.00	(-1653.49)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.0 cm

Interferro netto minimo barre longitudinali: 7.6 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1) NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.
1	S	0.00	75.20	-0.20	2992.71	39.797	171.6	0.05	0.70 45.2 (36.0)
2	S	0.00	-133.50	-0.20	-2992.71	22.417	8.4	0.05	0.70 45.2 (36.0)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X, Y, O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X, Y, O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X, Y, O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00343	180.0	0.00090	173.8	-0.06750	6.2

2 0.00343 0.0 0.00090 6.2 -0.06750 173.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\emptyset/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.14	180.0	0.00	141.0	-7.3	173.8	15.5	1550	45.2	9.7
2	S	0.25	0.0	0.00	39.0	-13.0	6.2	15.5	1550	45.2	9.7

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00004	0.00001	0.50	0.60	0.000022 (0.000022)	310	0.007 (990.00)	1653.49
2	S	-0.00007	0.00002	0.50	0.60	0.000039 (0.000039)	310	0.012 (990.00)	-1653.49

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.14	180.0	0.00	141.0	-7.3	173.8	15.5	1550	45.2	9.7
2	S	0.25	0.0	0.00	39.0	-13.0	6.2	15.5	1550	45.2	9.7

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00004	0.00001	0.50	0.60	0.000022 (0.000022)	310	0.007 (0.30)	1653.49
2	S	-0.00007	0.00002	0.50	0.60	0.000039 (0.000039)	310	0.012 (0.30)	-1653.49

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------

1	S	0.14	180.0	0.00	141.0	-7.3	173.8	15.5	1550	45.2	9.7
2	S	0.25	0.0	0.00	39.0	-13.0	6.2	15.5	1550	45.2	9.7

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00004	0.00001	0.50	0.40	0.000022 (0.000022)	310	0.007 (0.30)	1653.49
2	S	-0.00007	0.00002	0.50	0.40	0.000039 (0.000039)	310	0.012 (0.30)	-1653.49

12.4 PALI DI FONDAZIONE

12.4.1 Inquadramento geotecnico

La caratterizzazione geotecnica dei terreni che caratterizzano l'opera è stata già riportata al paragrafo 8.5.

12.4.2 Verifiche agli stati limite ultimi

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine. Gli stati limite ultimi delle fondazioni su pali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Le verifiche delle fondazioni su pali vengono effettuate con riferimento ai seguenti stati limite, accertando che la condizione $E_d \leq R_d$ sia soddisfatta per ogni stato limite considerato:

SLU di tipo geotecnico (GEO)

- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi assiali;
- collasso per carico limite della palificata nei riguardi dei carichi trasversali.

SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza dei pali.

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1 + M1 + R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 5.1.V, 6.2.II, 6.4.II e 6.4.VI delle NTC18. Nelle verifiche nei confronti di SLU di tipo strutturale il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

12.4.3 Verifica pali

La fondazione è costituita da 12 pali $\Phi 1200$ L=47m

La testa dei pali si trova alla profondità di 3.00 m da piano campagna.

12.4.4 Verifica strutturale

Si prevede di disporre un'armatura longitudinale costituita da uno strato di 36 ϕ 26.

12.4.5 Analisi dei carichi

I carichi assiali e trasversali agenti in testa ai pali per le varie combinazioni di carico sono riportati nelle tabelle che seguono. Tali valori derivano dal modello di calcolo della pila, nel quale sono stati inseriti anche i pali di fondazione.

Frame	OutputCase	P	V2	V3
Text	Text	KN	KN	KN
766	ENVE_SLU_STR	-1722.3	-143.2	79.2
946	ENVE_SLU_STR	-4004.7	-161.1	76.3
706	ENVE_SLU_STR	-2071.3	-138.0	79.2
766	ENVE_SLU_STR	-1809.2	-166.3	72.9
74	ENVE_SLU_STR	-3662.7	-141.5	82.6
14	ENVE_SLU_STR	-1935.1	-164.5	72.9

CARICO ORIZZONTALE

V1 = 159 KN
V2 = 182 KN
V3 = 164 KN
V4 = 180 KN
Vd = 182 KN

Tabella 2 – Sforzo assiale e taglio sul singolo palo in combinazione SLU STR.

Frame	OutputCase	P	V2	V3
Text	Text	KN	KN	KN
766	ENVE_SLV_FOND	2518.0	-106.0	630.5
946	ENVE_SLV_FOND	-5223.9	-660.8	99.3
706	ENVE_SLV_FOND	1475.2	-105.8	630.5
766	ENVE_SLV_FOND	-887.9	-661.3	99.1
74	ENVE_SLV_FOND	-929.1	-105.9	630.6
14	ENVE_SLV_FOND	-1114.6	-661.2	99.1

CARICO ORIZZONTALE

V1 = 639 KN
V2 = 669 KN
V3 = 639 KN
V4 = 669 KN
Vd = 669 KN

Tabella 3 – Sforzo assiale e taglio sul singolo palo in combinazione SLV.

Frame	OutputCase	P	V2	V3
Text	Text	KN	KN	KN
766	ENVE_SLER	-1231.66	-106.10	58.05
946	ENVE_SLER	-2906.40	-117.75	56.33
706	ENVE_SLER	-1488.27	-102.38	58.05
766	ENVE_SLER	-1289.59	-121.47	53.84
74	ENVE_SLER	-2662.46	-104.86	60.53
14	ENVE_SLER	-1381.53	-120.23	53.84

CARICO ORIZZONTALE

V1 = 118 KN
V2 = 133 KN
V3 = 121 KN
V4 = 132 KN
Vd = 133 KN

Tabella 4 – Sforzo assiale e taglio sul singolo palo in combinazione SLE Rara.

Frame	OutputCase	P	V2	V3
Text	Text	KN	KN	KN
766	ENVE_SLEF	-1291.98	-79.77	40.74
946	ENVE_SLEF	-2472.15	-80.85	41.23
706	ENVE_SLEF	-1475.52	-77.78	40.74
766	ENVE_SLEF	-1302.29	-82.84	39.90
74	ENVE_SLEF	-2335.21	-79.11	42.07
14	ENVE_SLEF	-1365.60	-82.18	39.90

CARICO ORIZZONTALE

V1 = 88 KN

V2 = 92 KN

V3 = 90 KN

V4 = 91 KN

Vd = 92 KN

Tabella 5 – Sforzo assiale e taglio sul singolo palo in combinazione SLE Frequente.

Frame	OutputCase	P	V2	V3
Text	Text	KN	KN	KN
946	SLEQP	-1361.31	-0.01	0.00
766	SLEQP	-1372.90	-0.01	0.00
14	SLEQP	-1372.62	-0.01	0.00
14	SLEQP	-1372.62	-0.01	0.00
74	SLEQP	-1361.87	-0.01	0.00
14	SLEQP	-1372.62	-0.01	0.00

CARICO ORIZZONTALE

V1 = 0.01 KN

V2 = 0.01 KN

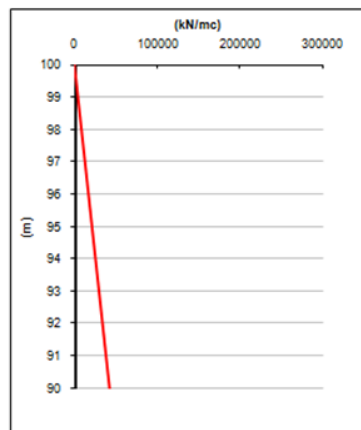
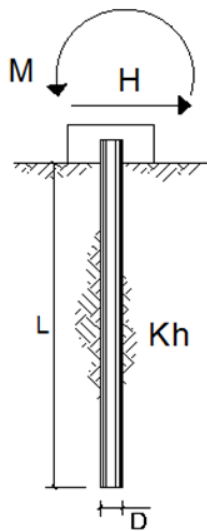
V3 = 0.01 KN

V4 = 0.01 KN

Vd = 0.0 KN

Tabella 6 – Sforzo assiale e taglio sul singolo palo in combinazione SLE Quasi Permanente.

I momenti massimi in testa al palo, sono ottenuti a partire dai massimi valori di taglio per le varie combinazioni di carico, sono pari a:



strati terreno	descrizione	quote (m)	k_h (kN/m ³)	n_h (kN/m ³)
p.c.=strato 1	U1	100.00	0	5000
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	U2	87.50	0	5000
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	U2a	83.00	15000	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	U2	66.00		5000
<input type="checkbox"/> strato 5				
<input type="checkbox"/> strato 6				

Diametro del palo 1.2 (m)
 J palo 0.10179 (m⁴)
 Lunghezza del palo 47 (m)
 Forza orizzontale in testa 182 (kN)
 Momento in testa 0 (kNm)
 E cls 31475.8 (Mpa)
 dimensione elementi 0.2 (m)

- palo impedito di ruotare
- palo impedito di traslare
- palo libero

Combo STR

Sollecitazioni			
nodo	z	M(z)	T(z)
	quota (m)	(kNm)	(kN)
1	100.00	-614.39	181.94

Diametro del palo 1.2 (m)
 J palo 0.10179 (m⁴)
 Lunghezza del palo 47 (m)
 Forza orizzontale in testa 669 (kN)
 Momento in testa 0 (kNm)
 E cls 31475.8 (Mpa)
 dimensione elementi 0.2 (m)

Combo SLU

Sollecitazioni			
nodo	z	M(z)	T(z)
	quota (m)	(kNm)	(kN)
1	100.00	-2258.51	668.76

Combo SLERARA

Diametro del palo 1.2 (m)
 J palo 0.10179 (m⁴)
 Lunghezza del palo 47 (m)
 Forza orizzontale in testa 133 (kN)
 Momento in testa 0 (kNm)
 E cls 31475.8 (Mpa)
 dimensione elementi 0.2 (m)

Sollecitazioni			
nodo	z	M(z)	T(z)
	quota (m)	(kNm)	(kN)
1	100.00	-449.00	132.95

Combo SLEFREQ

Diametro del palo	1.2	(m)
J palo	0.10179	(m ⁴)
Lunghezza del palo	47	(m)
Forza orizzontale in testa	92	(kN)
Momento in testa	0	(kNm)
E cls	31475.8	(Mpa)
dimensione elementi	0.2	(m)

Sollecitazioni			
nodo	z	M(z)	T(z)
	quota (m)	(kNm)	(kN)
1	100.00	-310.59	91.97

CALCOLO COPRIFERRO - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

Dati Assegnati:

Diametro (o diametro equivalente) barre longitudinali:	26	[mm]	
Diametro staffe:	12	[mm]	
Classe Calcestruzzo:	C25/30		
Condizioni ambientali:	Ordinarie		
Vita nominale costruzione:	75	[anni]	Incremento di 10 mm rispetto a vita nominale di 50 anni
Tolleranza di posa:	10	[mm]	

Copriferro staffe:

Copriferro nominale Netto Staffe:	70	[mm]
-----------------------------------	----	------

Copriferro barre longitudinali:

Copriferro nominale Netto barre longitudinali:	82	[mm]
--	----	------

Copriferro nominale dal Baricentro della Barra longitudinale: 95 [mm] Dato da assegnare nell'input delle sezioni

DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

NOME SEZIONE: palo_pila

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Pilastro
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi baric. X',Y' // assi coordinate.
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035

Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 31475.0 MPa
 Resis. media a trazione fctm: 2.560 MPa
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Sc limite S.L.E. comb. Frequenti: 150.00 daN/cm²
 Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti: 0.300 mm

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.00 MPa
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.00 MPa
 Resist. snerv. di progetto fyd: 391.30 MPa
 Resist. ultima di progetto ftd: 391.30 MPa
 Deform. ultima di progetto Epu: 0.068
 Modulo Elastico Ef 2000000 daN/cm²
 Diagramma tensione-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1*\beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$: 0.50
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 337.50 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Circolare
 Classe Conglomerato: C25/30

Raggio circ.: 60.0 cm
 X centro circ.: 0.0 cm
 Y centro circ.: 0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
 Xcentro Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Ycentro Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
 Raggio Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate
 N°Barre Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
 Ø Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	50.5	36	26

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X' // asse X coordinate con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse Y' // asse Y coord. con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse Y delle coord.
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse X delle coord.

N°Comb.	N	MX	MY	VY	VX
1	888.00	-2259.00	0.00	669.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

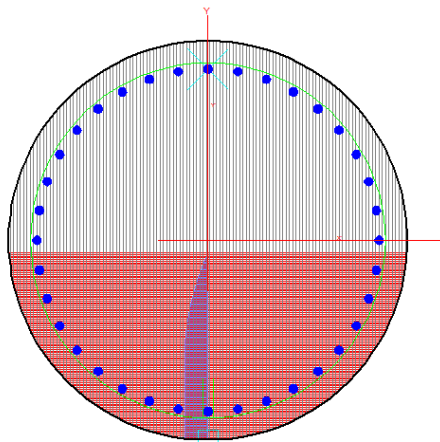
N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X delle coordinate (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse Y delle coordinate (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	MX	MY
1	1290.00	-449.00	0.00

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse X delle coordinate (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse Y delle coordinate (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	MX	MY
1	1302.00	-311.00 (-1849.86)	0.00 (0.00)



RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.2 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	6.2 cm
Copriferro netto minimo staffe:	7.0 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
 MX Componente X del momento assegnato [kNm] rifer. assi X,Y con origine nel baric. B del cls.
 MY Componente Y del momento assegnato [kNm] rifer. assi X,Y con origine nel baric. B del cls.
 N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls. (positivo se di compressione)
 MX Res Momento flettente resistente [kNm] rif. X,Y,B (tra parentesi rif. assi princ. inerzia)
 MY Res Momento flettente resistente [kNm] rif. X,Y,B (tra parentesi rif. assi princ. inerzia)
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 As Totale Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	MX	MY	N Res	MX Res	MY Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	888.00	-2259.00	0.00	888.09	-3372.93(-3372.93)	0.00(0.00)	1.49	191.1(33.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)

Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	-60.0	0.00261	0.0	-50.5	-0.00684	0.0	50.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000093586	-0.002115180	---	---

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
 Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
 Ved Taglio di progetto [kN] = proiezione di VX e VY sulla normale all'asse neutro
 Vcd Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
 Vwd Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
 d | z Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm]
 Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso.
 I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
 bw Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro
 E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
 Ctg Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
 Acw Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
 Ast Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
 A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m]
 Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature.
 L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta-
 ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	669.00	2270.53	1819.04	93.8 82.2	107.2	2.500	1.055	8.3	22.6(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver S = comb. verificata / N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.13	0.0	0.0	-18.9	0.0	50.5	695	26.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Esito della verifica
 e1 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 e2 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
 k1 = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
 kt = 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
 k2 = 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2*e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
 k3 = 3.400 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 k4 = 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
 Ø Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
 Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm - e cm Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]
 Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
 sr max Massima distanza tra le fessure [mm]

wk Apertura fessure in mm calcolata = $sr \max(e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
 Mx fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 My fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	MX fess	MY fess
1	S	-0.00012	0	0.500	26.0	82	0.00006 (0.00006)	395	0.022 (990.00)	-1108.05	0.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.31	0.0	0.0	-4.4	0.0	50.5	507	15.9

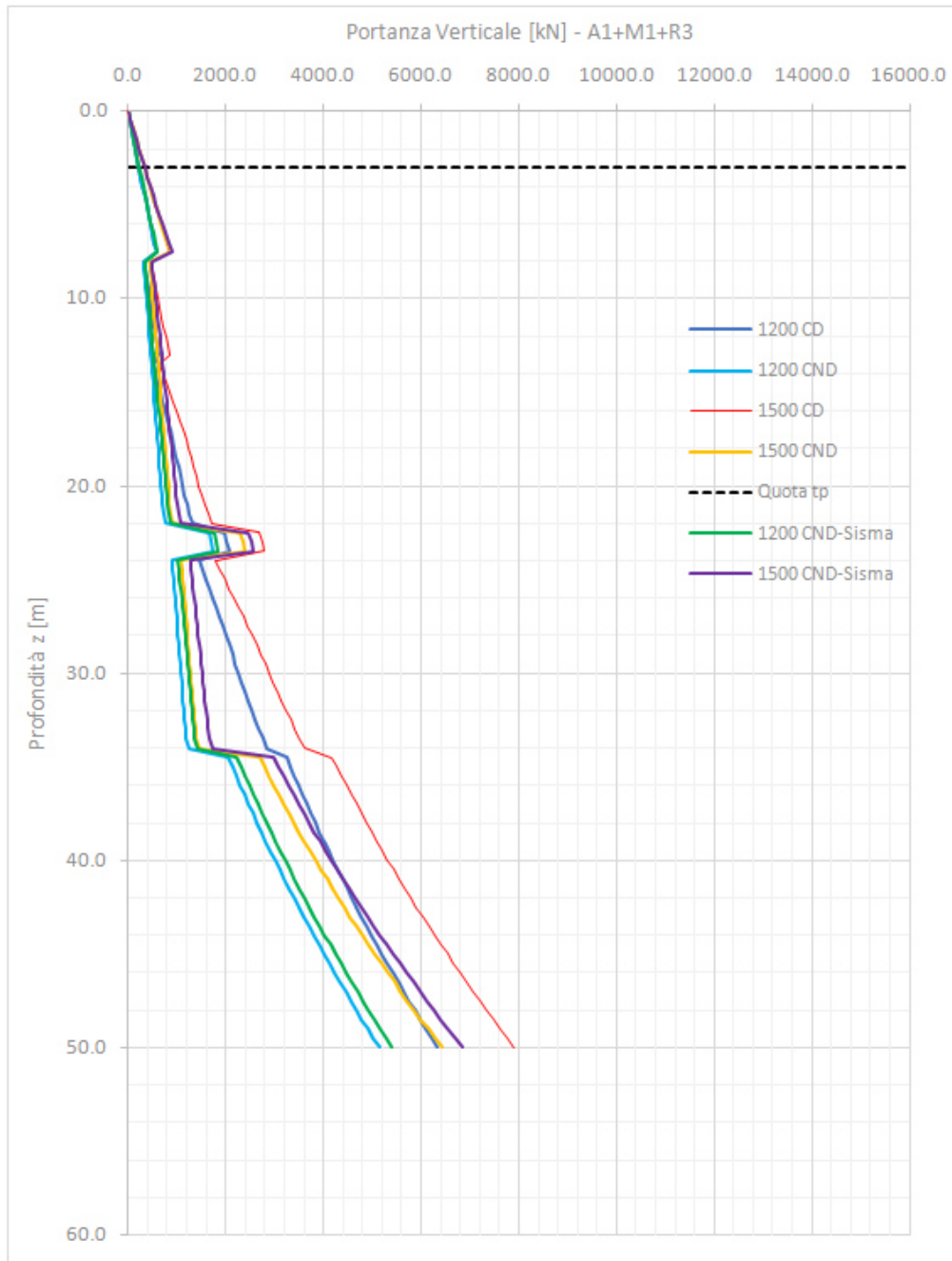
COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	MX fess	MY fess
1	S	-0.00004	0	0.500	26.0	82	0.00001 (0.00001)	419	0.006 (0.30)	-1849.86	0.00

12.4.6 Verifica a carico limite verticale

La verifica è stata effettuata considerando il valore massimo dello sforzo assiale di compressione e di trazione, se presente, agente sul palo.

Per la verifica si considerano le curve di capacità presenti nella relazione geotecnica che si riporta di seguito.



VERIFICA SISMICA IN CONDIZIONI NON DRENATE

$N_{max\ SLU} = 5225\ kN \Rightarrow L_{palo} = 47\ m$

VERIFICA STATICA IN CONDIZIONI NON DRENATE

$N_{max\ SLU} = 4005\ kN \Rightarrow L_{palo} = 42\ m$

VERIFICA STATICA IN CONDIZIONI DRENATE

$N_{max} SLU = 4005 \text{ kN} \Rightarrow L_{palo} = 36 \text{ m}$

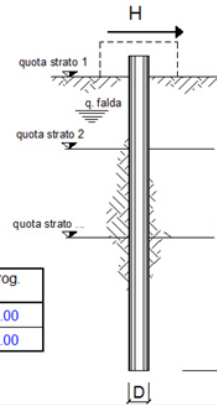
12.4.7 Verifica a carico limite orizzontale

La verifica è stata effettuata considerando il valore massimo dello sforzo trasversale agente sul palo.

VERIFICA SISMICA IN CONDIZIONI NON DRENATE

opera

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_R	γ_{su}	γ_T
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			●	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	U1	100.00	18.5	8.5	28	2.77		28	2.77	
☑ strato 2	U2	87.50	19.5	9.5	29	2.88		29	2.88	
☑ strato 3	U2a	83.00	19.5	9.5	20	2.04	45	20	2.04	45
☑ strato 4	U2	66.00	19.5	9.5	29	2.88		29	2.88	
☐ strato 5									1.00	
☐ strato 6						1.00			1.00	

Quota falda 98 (m)
 Diametro del palo D 1.20 (m)
 Lunghezza del palo L 47.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 3372.72 (kNm)
 Step di calcolo 0.2 (m)

- palo impedito di ruotare
 ○ palo libero

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	2069.0 (kN)		2069.0 (kN)	
Palo intermedio	18282.1 (kN)		18282.1 (kN)	
Palo corto	76976.4 (kN)		76976.4 (kN)	
	H_{med} 2069.0 (kN)	Palo lungo	H_{min} 2069.0 (kN)	Palo lungo

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 1217.06 \text{ (kN)}$$

EFFICIENZA E del gruppo di pali
 $H_d = E \cdot H_k / \gamma_T = 748.96 \text{ (kN)}$

Carico Assiale Permanente (G): $G = 669 \text{ (kN)}$
 Carico Assiale variabile (Q): $Q = 0 \text{ (kN)}$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 669.00 \text{ (kN)}$$

$$FS = H_d / F_d = 1.12$$

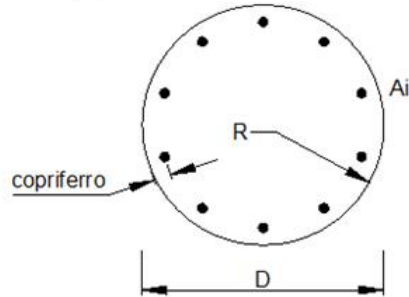
Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1200 (mm)
 Raggio = 600 (mm)
 Sforzo Normale = 888 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

Rck = 30 (Mpa)
 fck = 25 (Mpa)
 $\gamma_c = 1.5$
 $\alpha_{cc} = 0.85$



$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$ (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio

$f_{yk} = 450$ (Mpa)
 $\gamma_s = 1.15$
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s / \gamma_E = 391.3$ (Mpa)

$E_s = 210000$ (Mpa)

$\epsilon_{ys} = 0.186\%$
 $\epsilon_{uk} = 10.000\%$

Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
36	φ 26	19113.45	95
0	φ 8	0.00	
0	φ 8	0.00	

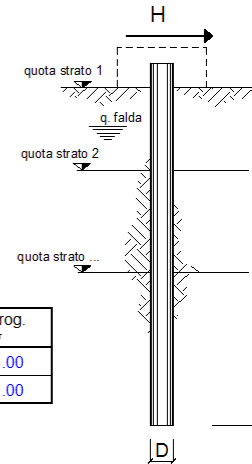
Momento di Plasticizzazione

$M_y = 3372.7$ (kN m)

VERIFICA STATICA IN CONDIZIONI NON DRENATE

opera

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_e	γ_{ov}	γ_r
			γ_G	γ_Q			
S	A1+M1+R1	⊙	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	⊙	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	⊙	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		⊙	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			⊕	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	U1	100.00	18.5	8.5	28	2.77		28	2.77	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 2	U2	87.50	19.5	9.5	29	2.88		29	2.88	
<input checked="" type="checkbox"/> strato 3	U2a	83.00	19.5	9.5	20	2.04	45	20	2.04	45
<input checked="" type="checkbox"/> strato 4	U2	66.00	19.5	9.5	29	2.88		29	2.88	
<input type="checkbox"/> strato 5						1.00			1.00	
<input type="checkbox"/> strato 6						1.00			1.00	

Quota falda 98 (m)
 Diametro del palo D 1.20 (m)
 Lunghezza del palo L 47.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 3583.99 (kNm)
 Step di calcolo 0.2 (m)

⊕ palo impedito di ruotare
 ⊙ palo libero

	<u>H medio</u>			<u>H minimo</u>	
Palo lungo	2069.0	(kN)		2069.0	(kN)
Palo intermedio	18282.1	(kN)		18282.1	(kN)
Palo corto	76976.4	(kN)		76976.4	(kN)
	H_{med}	2069.0 (kN)	Palo lungo	H_{min}	2069.0 (kN)
	$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$			1217.06	(kN)
	EFFICIENZA E del gruppo di pali			0.80	
	$H_d = E \cdot H_k / \gamma_r$			748.96	(kN)
	Carico Assiale Permanente (G):	G =	182	(kN)	
	Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0	(kN)	
	$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$		182.00	(kN)	
	FS = $H_d / F_d =$		4.12		

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1200 (mm)

Raggio = 600 (mm)

Sforzo Normale = 1809 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo C25/30

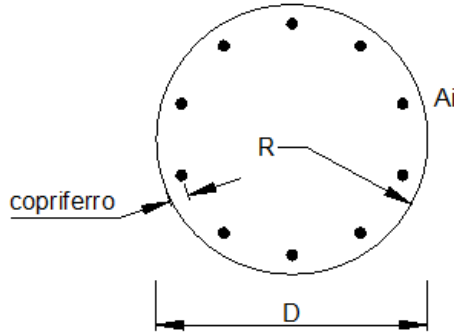
Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

γ_c = 1.5

α_{cc} = 0.85

fcd = $\alpha_{cc} fck / \gamma_c$ = 14.17 (Mpa)



Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

γ_s = 1.15

fyd = fyk / γ_s = 391.3 (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

ϵ_{ys} = 0.186%

ϵ_{uk} = 10.000%

Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
36	φ 26	19113.45	95
0	φ 8	0.00	
0	φ 8	0.00	

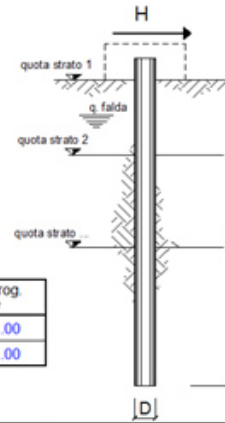
Momento di Plasticizzazione

My = 3584.0 (kN m)

VERIFICA STATICA IN CONDIZIONI DRENATE

opera

coefficienti parziali			A		M		R
Metodo di calcolo			permanenti	variabili	γ_v	γ_{ov}	γ_r
			γ_G	γ_Q			
C D	A1+M1+R1	C	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
	A2+M1+R2	C	1.00	1.30	1.00	1.00	1.60
	A1+M1+R3	C	1.30	1.50	1.00	1.00	1.30
	SISMA	C	1.00	1.00	1.00	1.00	1.30
DMB8			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista			1.00	1.00	1.00	1.00	1.30



n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
	*	C	C	C	C	C	C	C	C
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)	Parametri medi			Parametri minimi		
					φ (°)	k_p	c_u (kPa)	φ (°)	k_p	c_u (kPa)
p.c.=strato 1	U1	100.00	18.5	8.5	28	2.77		28	2.77	
☒ strato 2	U2	87.50	19.5	9.5	29	2.88		29	2.88	
☒ strato 3	U2a	83.00	19.5	9.5	20	2.04	45	20	2.04	45
☒ strato 4	U2	66.00	19.5	9.5	29	2.88		29	2.88	
☐ strato 5						1.00			1.00	
☐ strato 6						1.00			1.00	

Quota falda 98 (m)
 Diametro del palo D 1.20 (m)
 Lunghezza del palo L 47.00 (m)
 Momento di plasticizzazione palo M_y 3583.99 (kNm)
 Step di calcolo 0.2 (m)

* palo impedito di ruotare
 ☐ palo libero

	<u>H medio</u>		<u>H minimo</u>	
Palo lungo	2069.0 (kN)		2069.0 (kN)	
Palo intermedio	18282.1 (kN)		18282.1 (kN)	
Palo corto	76976.4 (kN)		76976.4 (kN)	
	H_{med} 2069.0 (kN)	Palo lungo	H_{min} 2069.0 (kN)	Palo lungo
	$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$		1217.06 (kN)	
	EFFICIENZA		0.80	
	$H_d = E \cdot I$		748.96 (kN)	
	Carico Assiale P_e		182 (kN)	
	Carico Assiale variabile (Q):	Q =	0 (kN)	
	$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q =$		182.00 (kN)	
	FS = $H_d / F_d =$		4.12	

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 1200 (mm)
Raggio = 600 (mm)
Sforzo Normale = 1809 (kN)

Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo

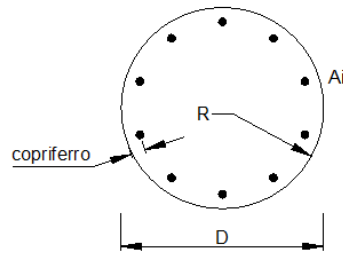
Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

$\gamma_c = 1.5$

$\alpha_{cc} = 0.85$

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$ (Mpa)



Acciaio

tipo di acciaio

$f_{yk} = 450$ (Mpa)

$\gamma_s = 1.15$

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.3$ (Mpa)

$E_s = 210000$ (Mpa)

$s_{ys} = 0.186\%$

$s_{uk} = 10.000\%$

Armature

numero	diametro (mm)	area (mm ²)	copriferro (mm)
36	φ 26	19113.45	95
0	φ 26	0.00	
0	φ 0	0.00	0

Momento di Plasticizzazione

$M_y = 3584.0$ (kN m)