Committente

COMUNE DI MONTONE

Piazza Fortebraccio, 3 - 06014 Montone (PG)

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA
COMPONENTE 1: POTENZIAMENTO DELL'OFFERTA DEI SERVIZI DI ISTRUZIONE: DAGLI ASILI NIDO ALL'UNIVERSITA'
INVESTIMENTO 1.1: PIANO PER ASILI NIDO E SCUOLE DELL'INFANZIA E SERVIZI DI EDUCAZIONE E CURA PER LA PRIMA INFANZIA

REV.	DATA	EMISSIONE/AGGIORNAMENTO	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C						
B						
A						
-	MAGGIO 2023	Emisisone		EXUP	EXUP	EXUP

Progetto

REALIZZAZIONE NUOVO POLO PER L'INFANZIA

CUP: G38H22000070006

Livello di progettazione

PROGETTO DEFINITIVO

EXUP s.r.l.
via S. Pertini, 12 - 06019 Umbertide (PG)
tel. 075 941 58 71 info@exup.it www.exup.it

UNI EN ISO 9001:2015
UNI EN ISO 14001:2015
UNI ISO 45001:2018

Socio N.887

ASSOCIATO

Il R.U.P.
Geom. Claudio MARIOTTI

Nome file	Commessa	Scala	Elab
23016_Impaginazione definitivo.pln	23_016	/	d-RE

Oggetto

RELAZIONI

Relazione di calcolo strutture

Tav

06

INDICE

1. RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE 2

1.1. OGGETTO 2
1.2. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA DELL'EDIFICIO 2
1.3. METODO DI ANALISI GLOBALE 2
1.4. FATTORE DI COMPORTAMENTO 3
1.5. ANALISI DEI CARICHI 4
1.5.1. Azioni verticali 4
1.5.1.1. Carichi gravanti sul solaio piano terra 4
1.5.1.2. Carichi gravanti sul solaio del piano primo 4
1.5.1.3. Carichi gravanti sul solaio di copertura 5
1.5.1.4. Carico Neve 5
1.5.1.5. Peso delle tamponature esterne 6
1.5.1.6. Scala esterna 6
1.5.2. Azioni orizzontali 6
1.5.2.1. Azione del vento 6
1.5.2.2. Azione sismica 7
1.5.2.3. Individuazione della pericolosità del sito 7
1.5.2.4. Scelta della strategia di progettazione 8
1.5.2.5. Determinazione dell'azione di progetto 8
1.6. COMBINAZIONI DELLE AZIONI 14
1.7. MODELLO DI CALCOLO E RISULTATI MODELLAZIONE 17
1.8. RISULTATI NUMERICI 21
1.9. RISULTATI DELLE VERIFICHE 26
1.10. VERIFICHE LOCALI 35

2. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI 40

3. AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO 41

4. RELAZIONE DI CALCOLO PARATIE 43

4.1. INDIVIDUAZIONE DEI TRATTI DI PARATIA 43
4.2. PARATIA TRATTO 1 44
4.2.1. Fase transitoria 44
4.2.2. Fase permanente 59
4.2.3. Verifica ancoraggio bielle palificata 72
4.3. PARATIA TRATTO 2 76
4.3.1. Fase transitoria 76
4.3.2. Fase permanente 76

1. RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

1.1.OGGETTO

La presente relazione riporta le valutazioni strutturali condotte per il Progetto Definitivo per la "Realizzazione del nuovo polo per l'infanzia" nel comune di Montone (PG)
La struttura portante della nuova costruzione è a pareti a più piani e più campate con setti in c.a. di spessore 30 cm.

1.2.DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA DELL'EDIFICIO

Le travi hanno sezioni rettangolari al piano primo pari a 30x80 ad eccezione di una trave a spessore longitudinale di sezione 160x29. Al piano copertura le travi longitudinali principali hanno sezione ad "L" in quanto è necessario l'appoggio per i solai prefabbricati alveolari di spessore 36+6 cm comprendente il getto di completamento. Al piano primo i solai sono a lastre prefabbricate con alleggerimento in polistirolo e getto di completamento armato con rete elettrosaldata. La struttura in elevazione verrà realizzata con calcestruzzo di classe C30/37.
La fondazione della struttura è costituita da plinti su pali di diametro 60 cm e lunghezza 10 m. i plinti sono collegati da travi a T rovescia (10+30+10)x60 cm in c.a. classe C30/37 e il solaio del piano terra sarà realizzato in laterocemento autoportante di spessore 24+5. Il collegamento interno verrà realizzato mediante una rampa in c.a. formata da una soletta piena di spessore 20 cm a sbalzo da un setto in c.a. di spessore 25 cm.
Le tamponature in muratura perimetrali saranno ritenute con sistema tipo "murfor" o equivalente.
La struttura ricade in zona sismica e la scelta dei parametri necessari per la determinazione dell'azione sismica è stata effettuata sulla base dell'allegato B alla normativa nazionale vigente e sulle coordinate del sito. Inoltre è stata eseguita una risposta sismica locale che ha fornito delle risposte in accelerazioni che sono state parametrizzate e confrontate con gli spettri delle NTC 2018. Essendo la RSL più gravosa si adotteranno i parametri di accelerazione in sito derivanti da quest'ultima. I calcoli sono stati condotti nel rispetto delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni", di cui al D.M. Infrastrutture del 17/01/2018 così come prescritto per le nuove costruzioni che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un loro eventuale collasso, in termini di perdite di vite umane.

1.3.METODO DI ANALISI GLOBALE

Il software utilizzato è Sismicad 12.20, prodotto dalla ditta Concrete S.r.l.. Il modello impiegato per l'analisi dell'edificio in oggetto, con struttura a pareti, è un modello agli elementi finiti a telaio tridimensionale, costituito da elementi monodimensionali tipo "beam" in grado di reagire alle sollecitazioni assiali, flettenti e di taglio, e elementi a guscio tipo "shell" per discretizzare le pareti in c.a.
Gli impalcati orizzontali sono stati modellati come piani rigidi paralleli al piano globale XY, in modo che tutti i punti di tali diaframmi rigidi non possano avere spostamenti relativi tra loro

nel piano XY. Ciò è stato possibile attraverso l'adozione del metodo detto "Master-Slave".
Ogni diaframma rigido ha un unico nodo, detto nodo Master, di cui vengono calcolati gli spostamenti nel piano rigido: tutti gli altri nodi del diaframma, detti nodi Slave, sono considerati connessi al nodo Master e ne condividono gli spostamenti nel piano rigido.
Per le strutture in esame, sono state condotte analisi: statica lineare non sismica e sismica dinamica lineare.

1.4.FATTORE DI COMPORTAMENTO

L'analisi sismica è stata condotta quindi tramite la tecnica dell'analisi modale con spettro di risposta con **comportamento non dissipativo e fattura di struttura pari a 1,5.** DI seguito si riporta uno studio sul valore del fattore di comportamento considerando che la struttura non è risultata deformabile torsionalmente. La struttura è non regolare in altezza in quanto alcuni setti non si estendono dalla base alla sommità.

Determinazione delle caratteristiche di regolarità strutturale:

Regolarità in pianta
Regolare in pianta.
Regolarità in altezza
Non regolare in altezza.

È stata condotta una valutazione del *fattore di comportamento relativo allo SLV* stimato nel seguente modo in base al 7.3.1 e al 7.4.3.2:
$\mathbf{q=q_0 \times k_R}$

dove $k_R = 0,8$ per costruzione non regolare in altezza
dove $q_0=3$ (strutture a pareti non accoppiate).

Tab. 7.3.II – *Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD*

	q_0	
Tipologia strutturale	CD"A"	CD"B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 α_u/α_1	3,0 α_u/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 α_u/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

Si ottiene:
$q_{CD"B"} = 3 \cdot 0,8 = 2,4$
poiché per le strutture a comportamento non dissipativo deve risultare
$1 \leq q_{ND} = 2/3\ q_{CD"B"} \leq 1,5$
Si ottiene $q_{ND} = 1,5$
si adotterà un fattore di struttura per i meccanismi duttili pari a **q=1,5**
e per i meccanismi fragili quali il taglio il fattore di struttura è assunto pari a **q=1,5**

Al termine dell'analisi lineare dinamica viene calcolato l'inviluppo dei contributi trovati per ogni modo di vibrare, secondo il metodo di combinazione modale.

1.5.ANALISI DEI CARICHI

Le verifiche vengono effettuate considerando i carichi verticali (permanenti strutturali e non strutturali, variabili) e le azioni orizzontali (vento e azione sismica). Si sono considerati lo stato limite di esercizio (SLE e SLD) e gli stati limite ultimi (SLU e SLV).

1.5.1.Azioni verticali

Il peso proprio delle due strutture, calcolato automaticamente dal programma agli elementi finiti, è stato considerato come carico permanente strutturale.

1.5.1.1.Carichi gravanti sul solaio piano terra

Permanente strutturale		
Peso proprio solaio 24+5	375	daN/mq
Permanente portato		
Pavimentazione	40	daN/mq
Massetto fibrorinforzato S = 5 cm (2000x0,05)	100	daN/mq
Pannello bugnato per impianto radiante e tappetino	10	daN/mq
Massetto isolante alleggerito S = 15 cm	150	daN/mq
Tramezzi	60	daN/mq
Totale	360	daN/mq
Accidentale		
Cat. C (scuole)	300	daN/mq

1.5.1.2.Carichi gravanti sul solaio del piano primo

Permanente strutturale		
Peso proprio solaio 4+20+5	375	daN/mq
Permanente portato		
Pavimentazione	40	daN/mq
Massetto fibrorinforzato S = 5 cm (2000x0,05)	100	daN/mq
Pannello bugnato per impianto radiante e tappetino	10	daN/mq
Massetto isolante alleggerito S = 10 cm	100	daN/mq
Controsoffitto	30	daN/mq
Tramezzi	60	daN/mq
Totale	340	daN/mq
Accidentale		
Cat. C (scuole)	300	daN/mq

1.5.1.3.Carichi gravanti sul solaio di copertura

Permanente strutturale		
Peso proprio solaio 36+6	550	daN/mq
Permanente portato		
Substrato minerale S = 10 cm	180	daN/mq
Pacchetto tetto verde (pannello drenante, geotessile, barriera al	15	daN/mq
Massetto alleggerito S_{MEDIO} = 11 cm	100	daN/mq
Controsoffitto	30	daN/mq
Totale	325	daN/mq
Accidentale		
Neve (vedi Carico neve)	125	daN/mq

1.5.1.4.Carico Neve

Secondo quanto riportato al §3.4 delle NTC2018, il carico della neve agente sulla copertura è valutato con la seguente espressione:

qs = μi qsk CE Ct (KN/m2)

dove:

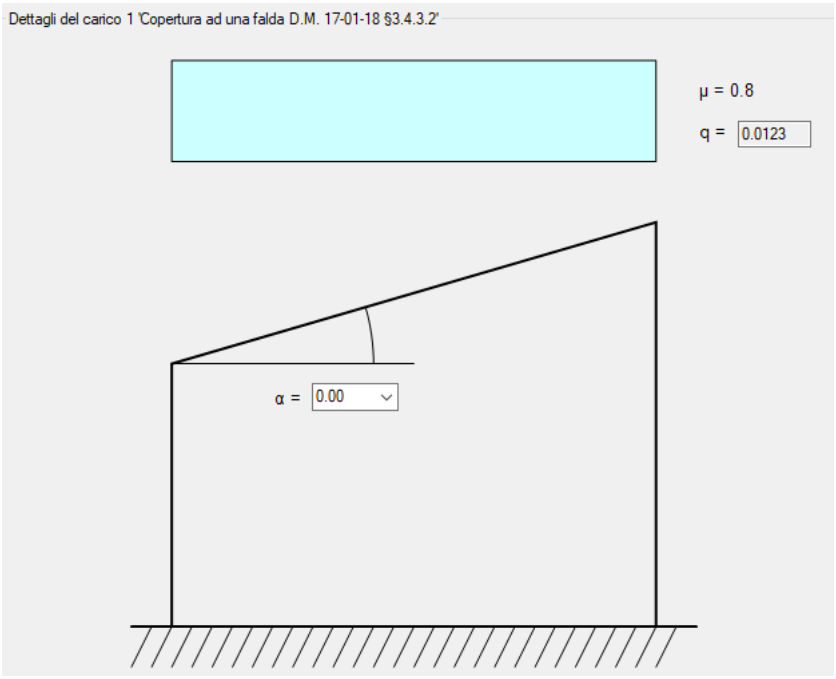
μi = coefficiente di forma della copertura

qsk = carico neve di riferimento

CE = coefficiente di esposizione

Ct = coefficiente termico

Zona	II	
topografia del sito	normale	
numero falde	1	
angolo di inclinazione falda	0	gradi
coefficiente di forma m1(alfa1)	0.8	alfa1
coefficiente di forma m2(alfa2)	0.8	alfa2
Carico neve al suolo qsk	1.54	kN/mq
Coefficiente di esposizione	1	
Coefficiente termico	1	



Carico neve assunto nella modellazione **q= 125 kg/m²**

1.5.1.5.Peso delle tamponature esterne

Il peso della tamponatura (in laterizio forato sp. 30 cm) è stato inserito come carico lineare (di tipo permanente portato) sulle travi di competenza considerando con valore pari a 800 daN/ml dove non sono presenti aperture e pari a 400 daN/ml nelle zone con aperture.

1.5.1.6.Scala esterna

La scala è stata tenuta in conto tramite l'inserimento del seguente carico lineare:

Permanente strutturale		
Peso proprio soletta	170	daN/m
Permanente portato		
Finitura	135	daN/m
Accidentale		
Cat. C – scale e balconi	400	daN/m

1.5.2.Azioni orizzontali

1.5.2.1.Azione del vento

Essendo la struttura in cemento armato e di modesta altezza si considera il sisma come azione orizzontale prevalente.

1.5.2.2.Azione sismica

Riguardo l'azione sismica, sono stati definiti gli spettri di risposta per gli stati limite SLD e SLV.
Nello spirito delle N.T.C., l'azione sismica di progetto viene definita mediante un approccio "sito dipendente".
Pertanto, la stima dei parametri spettrali, necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto, è stata effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni contenute nel reticolo di riferimento, (riportato nella tabella 1 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).
Partendo da una "pericolosità sismica di base", (allegato A delle N.T.C.), attraverso la quale si definisce il valore dell'accelerazione orizzontale massima del terreno ag, individuato il nodo nel reticolo di riferimento che caratterizza il sito dove sorge la costruzione, (mediante la longitudine e latitudine del baricentro dell'edificio in coordinate sessa decimali), si sono ricavati i parametri spettrali per la definizione dello spettro in accelerazione orizzontale, ag, Fo, e T*c.
Per definire i parametri delle forme spettrali occorre fissare la vita di riferimento V_R della costruzione e la probabilità di superamento nella vita di riferimento associata a ciascuno degli stati limite considerati.
Nella fattispecie, occorre calcolare il Tempo di Ritorno T_R , valutandolo per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita "SLV" e per lo Stato Limite di Danno "SLD".
Il tempo di ritorno T_R viene definito in relazione al periodo di riferimento V_R della costruzione, a sua volta dato dal prodotto della vita nominale V_N della costruzione per il suo coefficiente d'uso C_U.

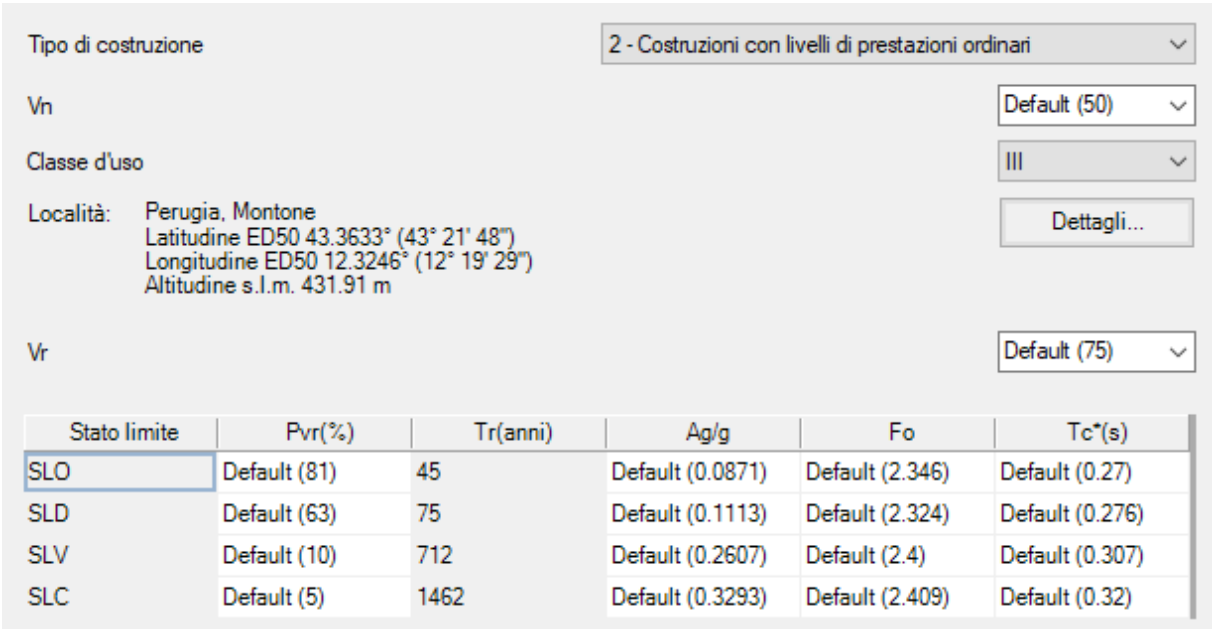
Inoltre è stata effettuata una valutazione della risposta sismica locale RSL per la valutazione degli accelerogrammi, dalla quale si sono ricavati gli spettri normalizzati che sono stati messi a confronto con quelli ricavati dalla NTC. Sono stati assunti quelli della RLS in quanto più penalizzanti.

1.5.2.3.Individuazione della pericolosità del sito

I parametri necessari per la valutazione dell'azione sismica sulle costruzioni, usati nel modello di calcolo, sono determinati in base alla *pericolosità sismica* del sito di progetto.

	Longitudine [°]	Latitudine [°]
Sito di Progetto	12.3246	43.3633

La *pericolosità sismica* è individuata dalla normativa in base ai nodi del *reticolo di riferimento*, per ogni nodo individuato in termini di Latitudine e Longitudine (nel sistema di riferimento ED50) sono noti i valori dei parametri a_g, F_0, T_C' in base al periodo di ritorno T_R.



Stato limite	Pvr(%)	Tr(anni)	Ag/g	Fo	Tc*(s)
SLO	Default (81)	45	Default (0.0871)	Default (2.346)	Default (0.27)
SLD	Default (63)	75	Default (0.1113)	Default (2.324)	Default (0.276)
SLV	Default (10)	712	Default (0.2607)	Default (2.4)	Default (0.307)
SLC	Default (5)	1462	Default (0.3293)	Default (2.409)	Default (0.32)

1.5.2.4.Scelta della strategia di progettazione

Vita nominale della costruzione (V_N) in anni	≥50
Classe d'uso della costruzione	III
Coefficiente d'uso della costruzione (C_U)	1.5
Periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R) in anni $V_R = V_N \cdot C_U$	75

T_R = *9,50* V_R = 712 anni periodo di ritorno per lo SLV;

T_R = V_R = 75 anni periodo di ritorno per lo SLD;

1.5.2.5.Determinazione dell'azione di progetto

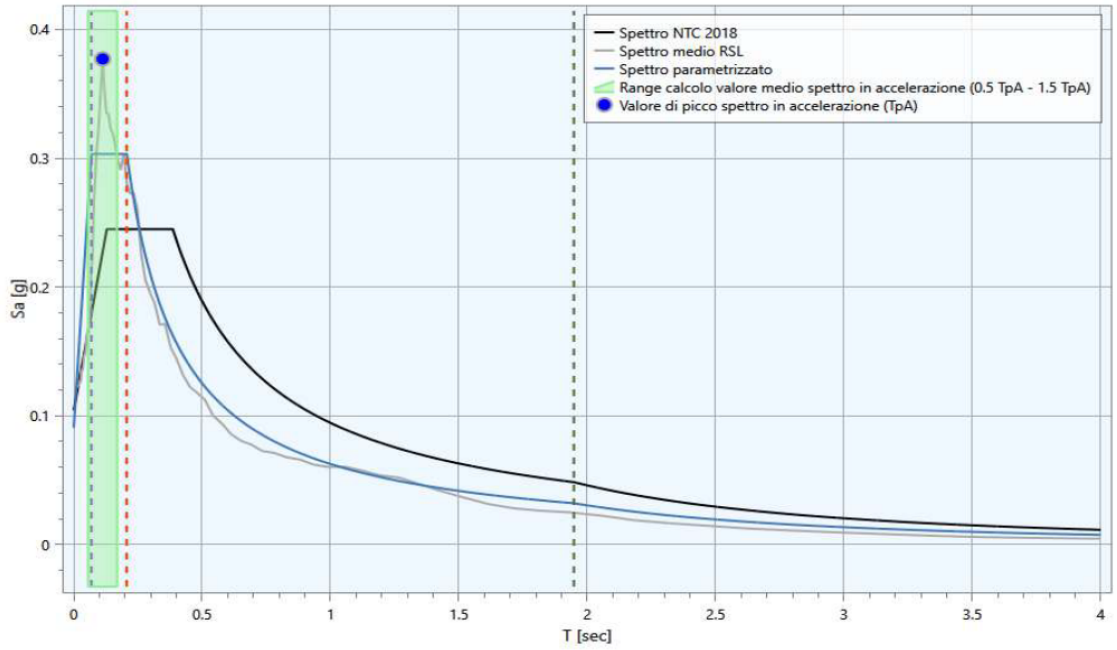
In base alle indagini geofisiche eseguite tramite indagine sismica a rifrazione superficiale tipo MASW e DOWN-HOLE, riportate nella indagine geologica e geofisica, si riscontra che in base alla Normativa attuale il modello geologico-stratigrafico del sito ha le seguenti caratteristiche dinamiche:

Tipo di suolo (360 m/s < $V_{s,30}$ < 800 m/s)	B
Condizioni Topografiche (superficie con inclinazione media i ≥ 10°)	T1
Coefficiente di amplificazione topografica (*ST*)	1.0

Mentre la risposta sismica locale ha fornito i seguenti spettri normalizzati:

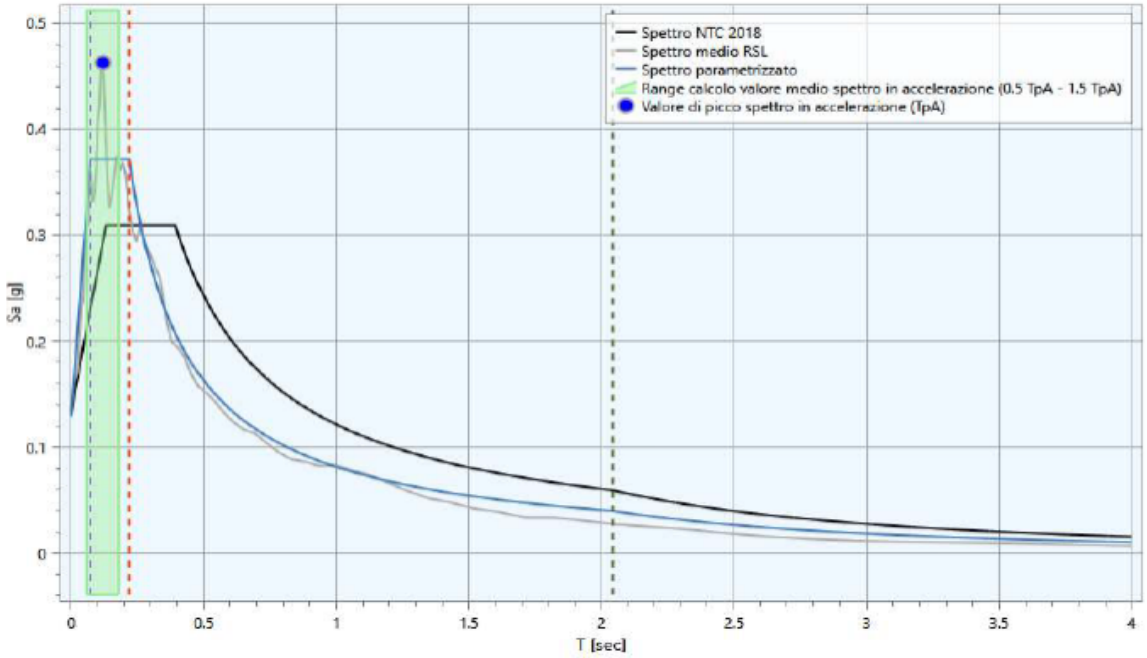
SLO

A_{max}	S	F_0	$T_B\ [sec]$	$T_C\ [sec]$	$T_D\ [sec]$
0.091	1.04	3.34	0.07	0.21	1.95



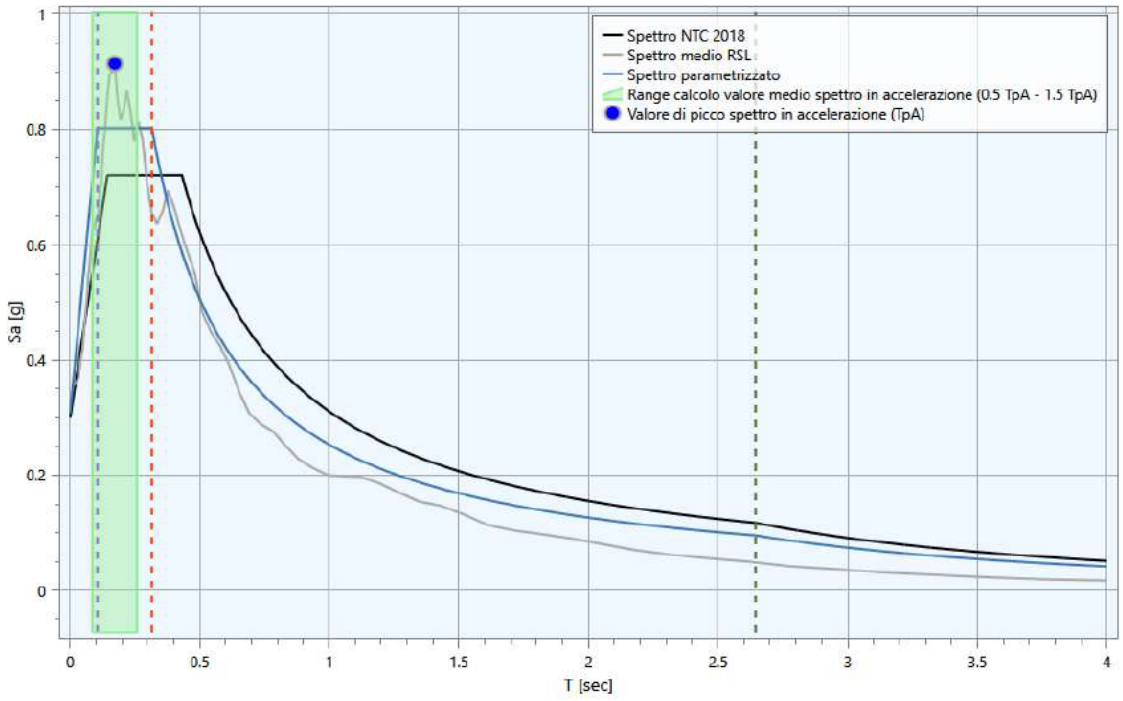
SLD

A_{max}	S	F_0	$T_B\ [sec]$	$T_C\ [sec]$	$T_D\ [sec]$
0.129	1.16	2.88	0.07	0.22	2.04

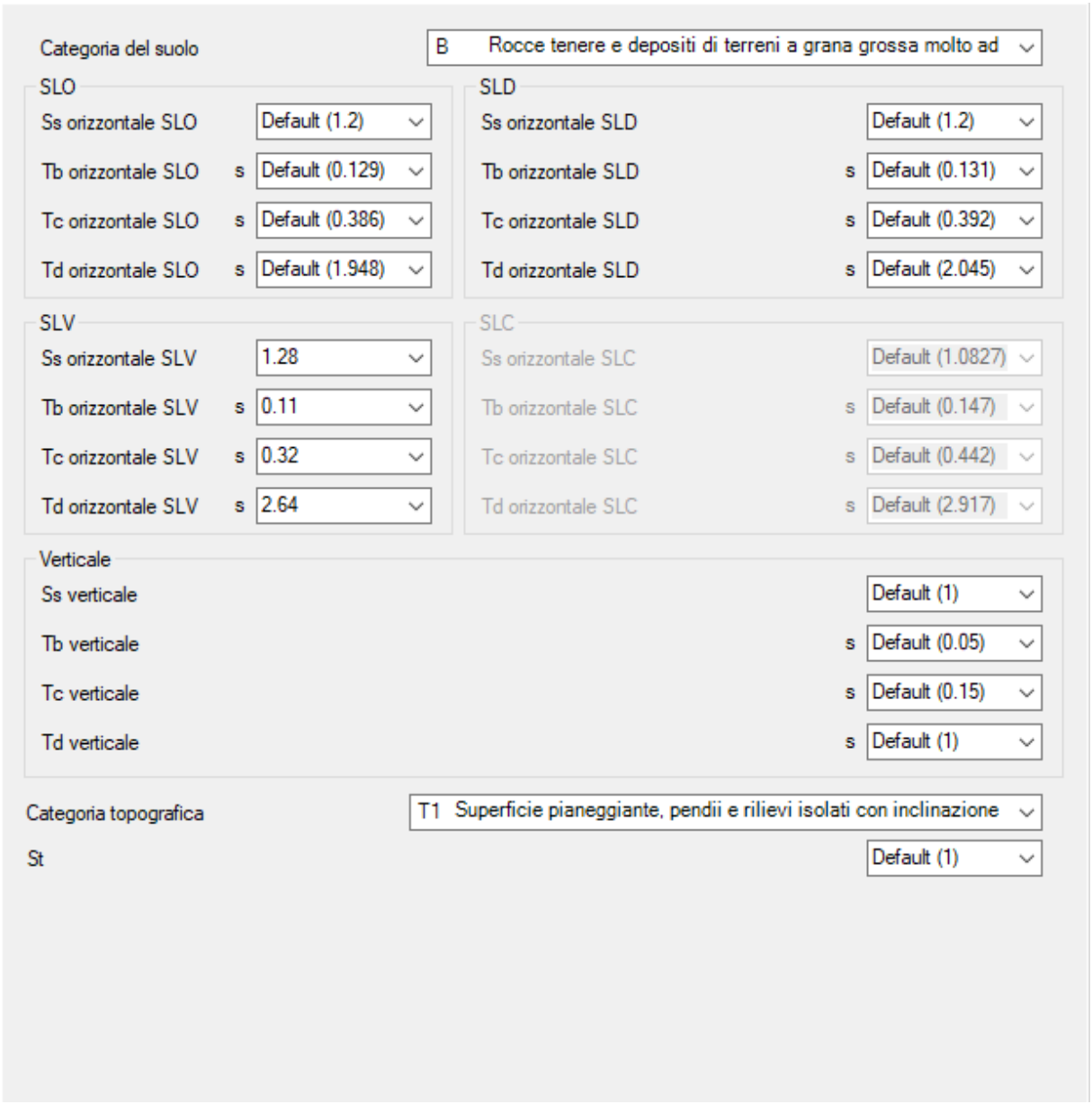


SLV

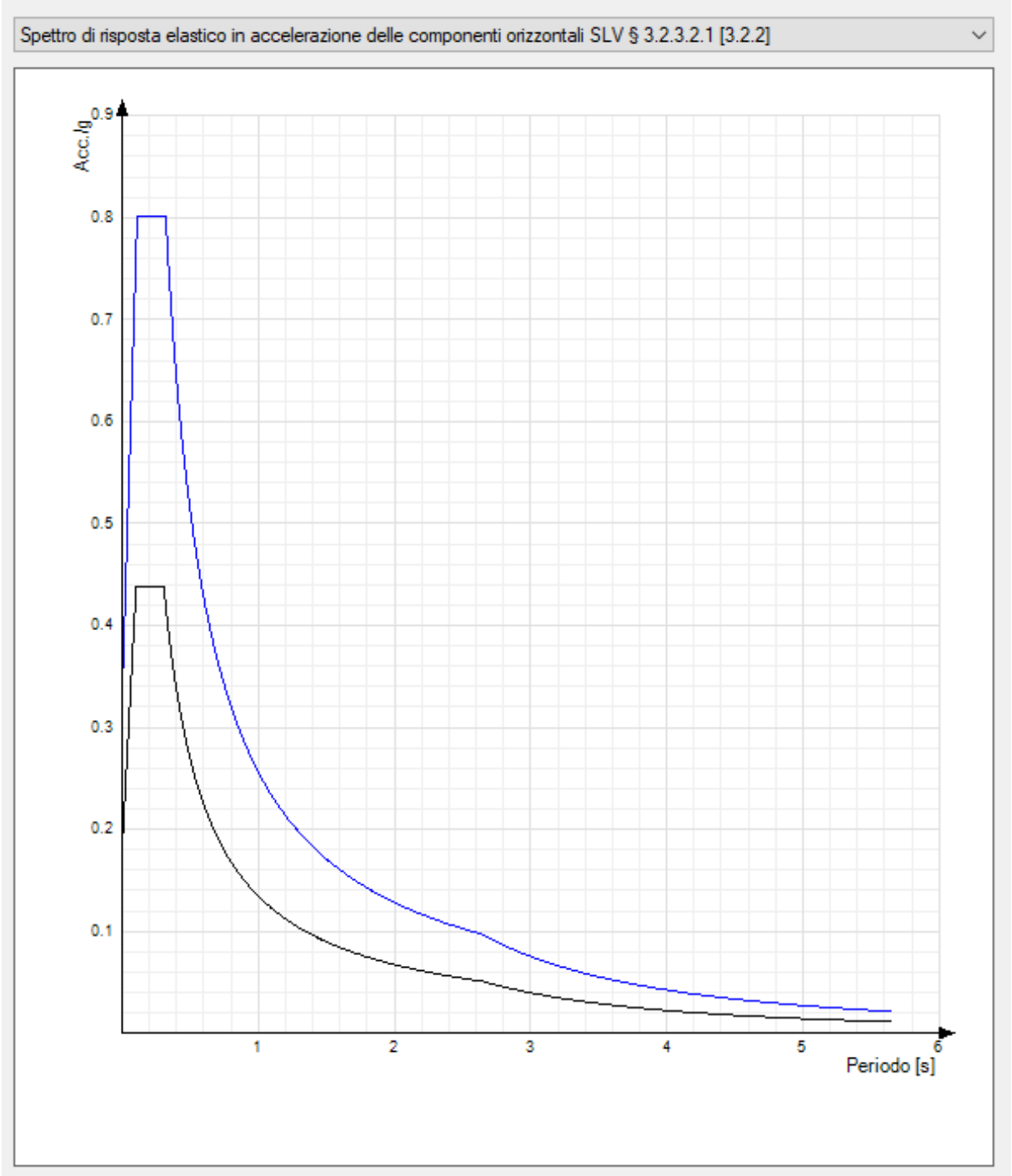
A_{max}	S	F_0	$T_B\ [sec]$	$T_C\ [sec]$	$T_D\ [sec]$
0.308	1.18	2.60	0.11	0.32	2.64



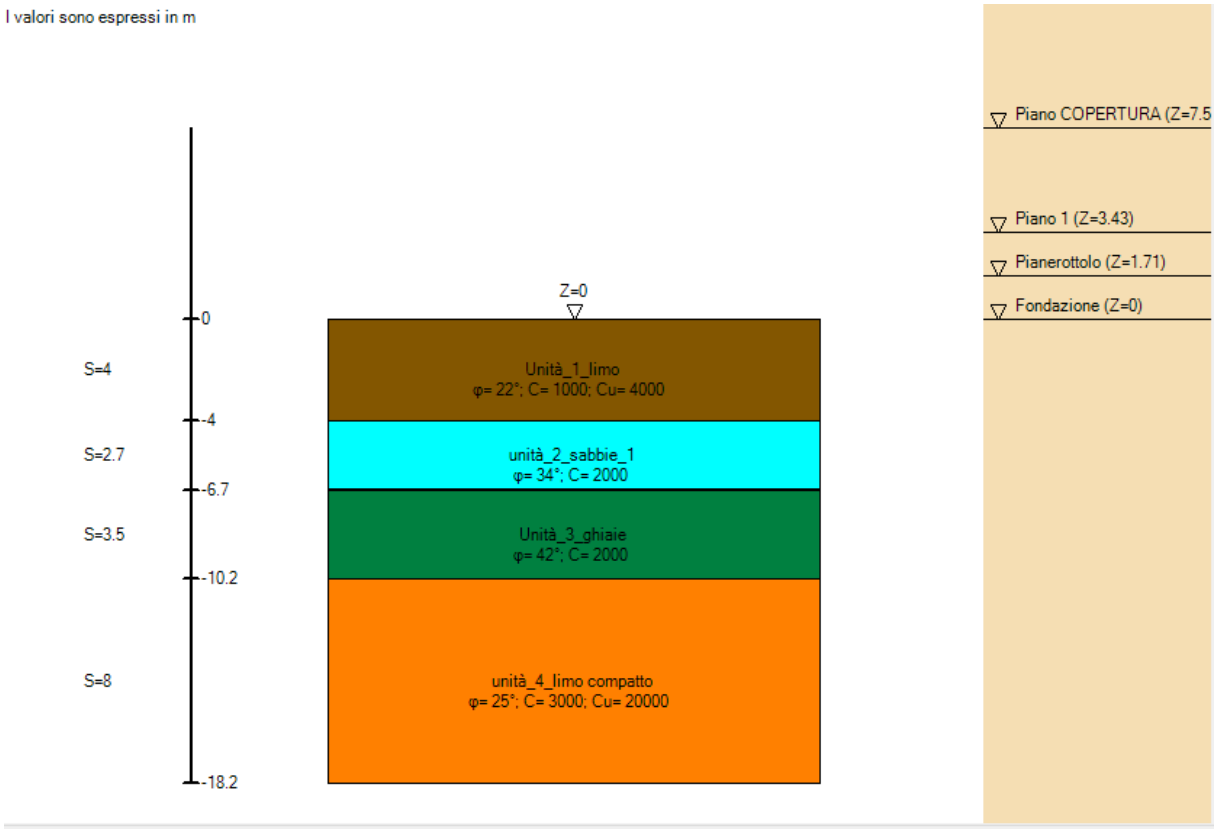
Essendo i modi principali periodi di vibrazione T della struttura compresi nell'intervallo di 0,23s e 0,32s, entrando nei grafici di confronto tra spettro RSL e spettro NTC con i seguenti valori, si nota come allo SLV lo spettro della RSL è sicuramente più gravoso. Mentre per l'SLD e l'SLO la condizione peggiore si ha per lo spettro da normativa.
Infine si inseriscono nella modellazione i suddetti parametri derivanti dalla valutazione appena svolta.


Categoria del suolo
B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto ad
SLO
Ss orizzontale SLO
Default (1.2)
Tb orizzontale SLO
s
Default (0.129)
Tc orizzontale SLO
s
Default (0.386)
Td orizzontale SLO
s
Default (1.948)
SLD
Ss orizzontale SLD
Default (1.2)
Tb orizzontale SLD
s
Default (0.131)
Tc orizzontale SLD
s
Default (0.392)
Td orizzontale SLD
s
Default (2.045)
SLV
Ss orizzontale SLV
1.28
Tb orizzontale SLV
s
0.11
Tc orizzontale SLV
s
0.32
Td orizzontale SLV
s
2.64
SLC
Ss orizzontale SLC
Default (1.0827)
Tb orizzontale SLC
s
Default (0.147)
Tc orizzontale SLC
s
Default (0.442)
Td orizzontale SLC
s
Default (2.917)
Verticale
Ss verticale
Default (1)
Tb verticale
s
Default (0.05)
Tc verticale
s
Default (0.15)
Td verticale
s
Default (1)
Categoria topografica
T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione
St
Default (1)

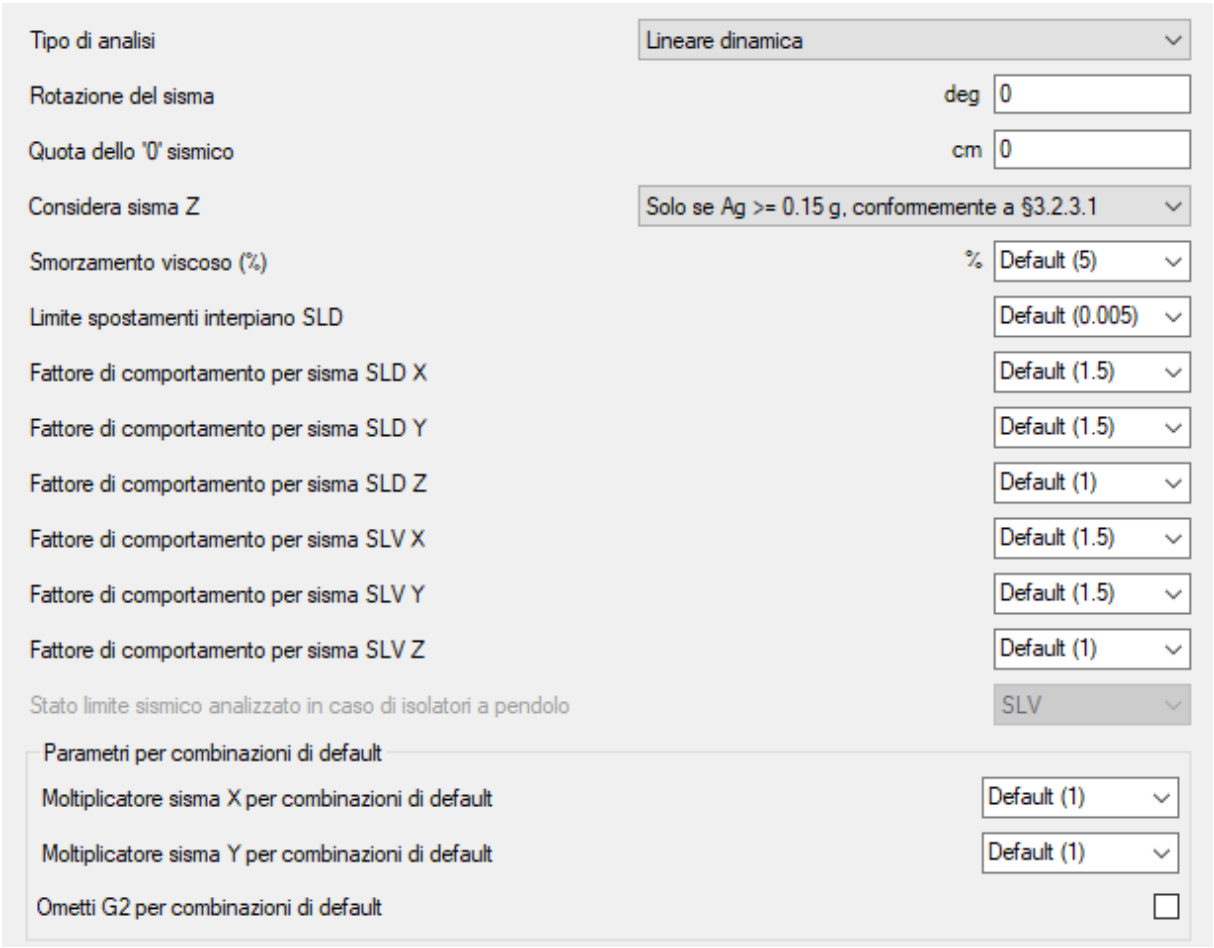
Si riporta in blu lo spettro allo SLV che è coerente con quello fornito dallo studio geologico.



Per quanto riguarda le proprietà meccaniche, sono stati considerati i parametri di seguito riportati.



La verifica allo stato limite ultimo SLV è stata condotta, come già detto, con analisi lineare dinamica. In questo caso, per il progetto delle strutture si è fatto riferimento agli spettri di risposta elastici, ottenuti dividendo lo spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali per i fattori di struttura q sopra specificato.



1.6.COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Al fine di condurre le verifiche strutturali sia allo stato limite ultimo sia allo stato limite di esercizio, sono state prese in considerazione le combinazioni di carico riportate al paragrafo 2.5.3 delle NTC2018.

Le **azioni statiche** agenti sulla struttura allo Stato Limite Ultimo (Fd) sono fornite dalla seguente combinazione fondamentale:

$$F_d = \gamma_{G1} G1 + \gamma_{G2} G2 + \gamma_{Q1} Q1 + \Sigma_j \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \ldots..$$

dove:

- G_1 carichi permanenti strutturali;
- G_2 carichi permanenti non strutturali;
- Q carichi variabili;
- γ_G coefficienti parziali per le azioni riportati nella tab. 2.6.I. delle NTC2018;
- ψ_{0j} coefficienti di combinazione riportati nella tabella 2.5.I. delle NTC18;

In particolare, sono stati assunti:
ψ_{0j} = 0,7 per gli ambienti ad uso residenziale, ψ_{0j} = 0,5 per la neve per neve a quota ≤ 1000 m s.l.m, ψ_{0j} = 0,0 per coperture accessibili per sola manutenzione.
All'espressione di cui sopra, oltre ai coefficienti parziali delle azioni γ_G e γ_Q, andranno inseriti i

coefficienti di combinazione ψ_{0j}, opportunamente combinati.
I coefficienti parziali corrispondenti allo stato STR della Tab 2.6.I..
Le azioni statiche agenti sulla struttura allo Stato Limite di Esercizio (Fd) sono fornite dalle seguenti combinazioni:

• Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili:

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

• Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE)reversibili:

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

• Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

Per le verifiche di sicurezza, sono state considerate le seguenti combinazioni dell'**azione sismica** con le altre azioni, (punto 2.5.3 DM2018):

$$G_1 + G_2 + E + \Sigma_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

dove:
G_1 carichi permanenti strutturali;
G_2 carichi permanenti non strutturali;
E azione sismica;
Q carichi variabili;
ψ_{2j} coefficienti di combinazione tabella 2.5.I.

In particolare, sono stati assunti:
$\psi_{2j} = 0{,}3$ per gli ambienti ad uso residenziale, $\psi_{2j} = 0{,}0$ per neve a quota ≤ 1000 m s.l.m .

Secondo il tipo di analisi adottato, l'azione sismica, per ciascuna delle due componenti (X e Y), è stata calcolata separatamente e combinata successivamente con rotazione dei coefficienti moltiplicativi.
Non si è ritenuto necessario tenere conto, per il caso in esame, della componente verticale del sisma.
Gli effetti dell'azione sismica sono stati valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G1+G2 + \Sigma_j \psi_{2j} Q_{kj}.$$

Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili della combinazione, con Q_{k1} azione variabile dominante e Q_{k2}, Q_{k3}, azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante.
I coefficienti parziali vengono ricavati dalla Tab. 2.6.I delle NTC 2018, ove, dovendo far riferimento ai carichi da applicare alla struttura, vengono presi quelli della colonna "STR" corrispondente allo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione.

Tab. 2.6.I – *Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU*

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali G_2[1]	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

[1] Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Per quanto riguarda i coefficienti di combinazione ψ0j, ψ1j e ψ2j i loro valori vengono forniti dalla Tab.2.5.I in funzione delle azioni considerate.

Tab. 2.5.I – *Valori dei coefficienti di combinazione*

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso. Dal paragrafo 3.2.1 delle NTC 2018 si ha che:

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita** (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

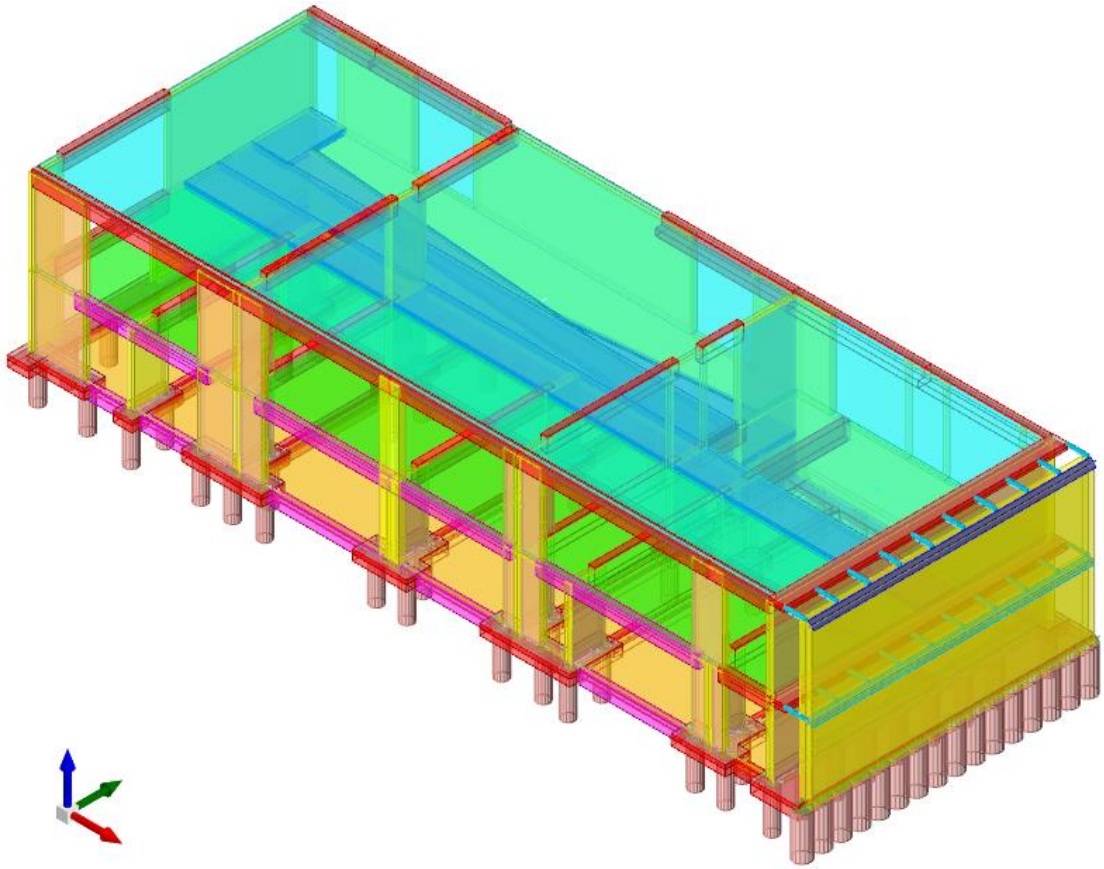
Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento cui riferirsi per individuare l'azione sismica sono:

Stati Limite		P_{V_R} : **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R**
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

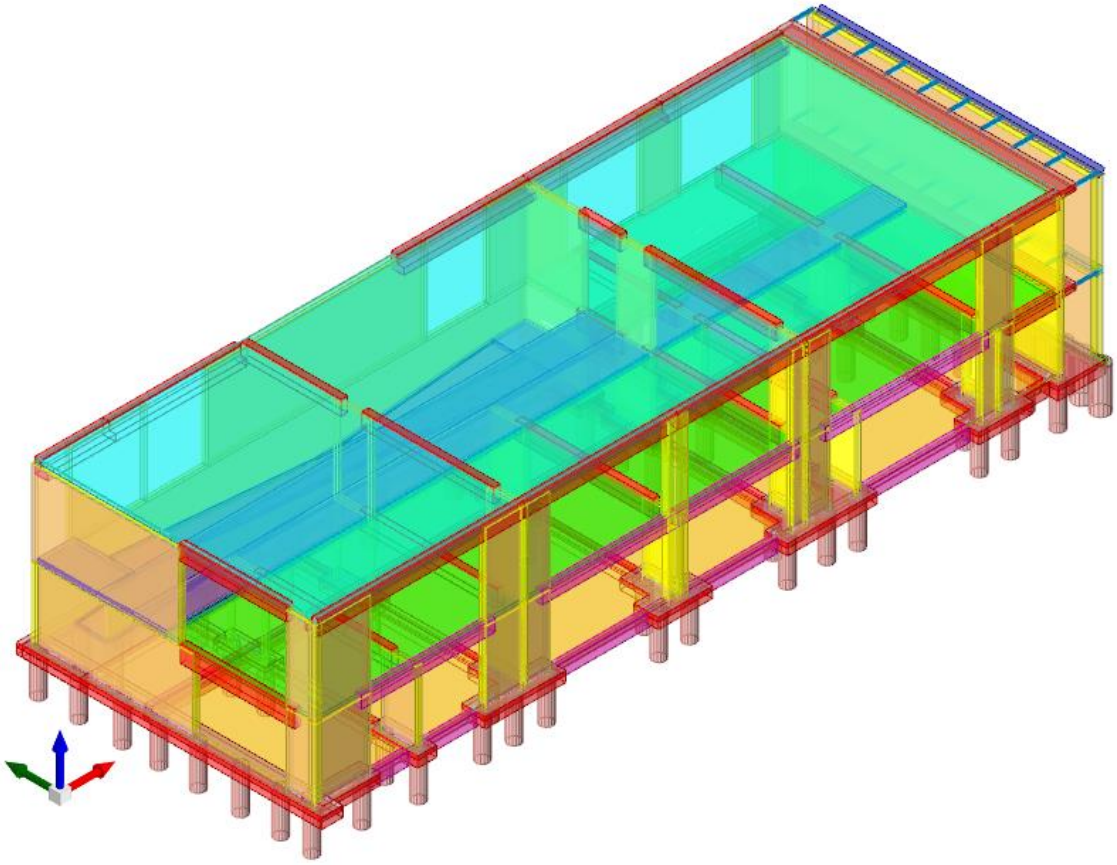
Il dettaglio di tutte le combinazioni di calcolo considerate è riscontrabile nel fascicolo dei calcoli, allegato alla presente relazione.

1.7.MODELLO DI CALCOLO E RISULTATI MODELLAZIONE

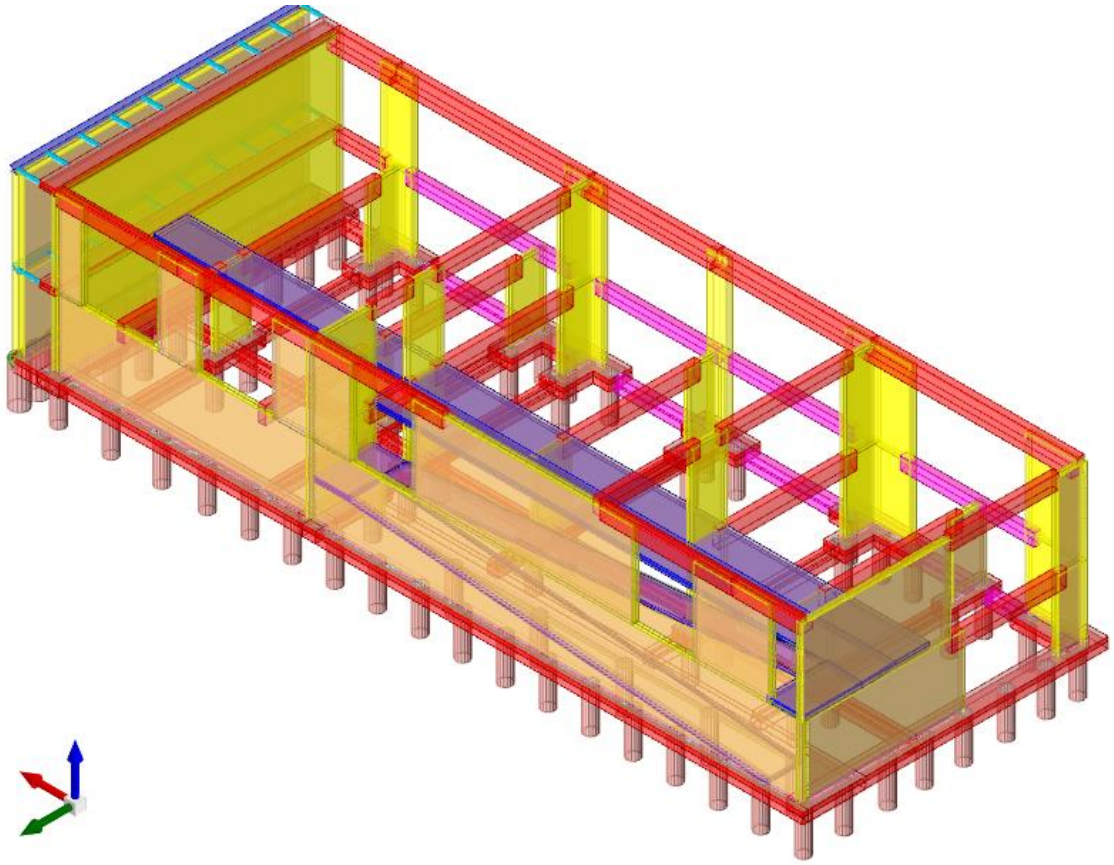
Il modello di calcolo è stato sviluppato con il software sismicad 12.20 della ditta Concrete.
Sono stati schematizzati gli elementi strutturali come una serie di aste "beam, per quanto riguarda le travi e i pali, e una serie di gusci "shell" per le pareti e le piastre in c.a.
Sono stati assegnati i materiali, i carichi e la stratigrafia del terreno, e dopo aver impostato i parametri di calcolo, le accelerazioni e quant'altro sono state svolte le analisi dinamiche lineari, e successivamente eseguite le verifiche secondo la NTC 2018.
Si specifica che le verifiche della paratia di pali sono state condotte con un altro programma specifico. Da esso sono state ricavate le sollecitazioni che questa eserciterà sulla struttura nella fase permanente, durante la quale si è ipotizzato a favore di sicurezza che i tiranti di ancoraggio non lavorino più. Tali sollecitazioni sono state inserite nel modello di calcolo della struttura dove comunque la paratia è stata modellata come un muro "equivalente" in modo da tener conto dell'interazione tra la struttura e la paratia e del contributo di rigidezza che essa fornisce in fase sismica.
L'interazione tra struttura e opera di sostegno avviene mediante bielle in acciaio disposte a quota degli impalcati costituite da tubolari in acciaio con cerniera alle estremità sul piano orizzontale. In questo modo la struttura può muoversi in direzione trasversale senza che la paratia crei un'eccentricità torsionale dovuta alla sua rigidezza.
Di seguito si riportano viste della struttura modellata agli elementi finiti e la numerazione dei nodi relativa agli elementi.



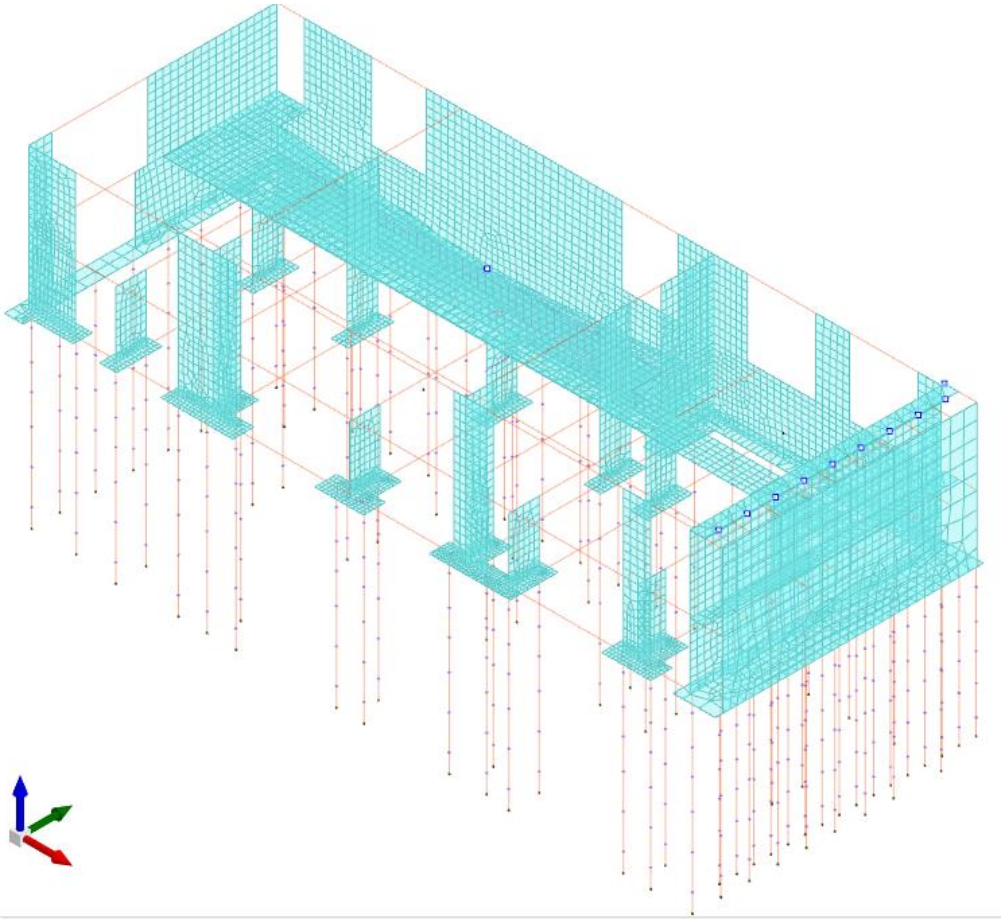
Vista del modello solido



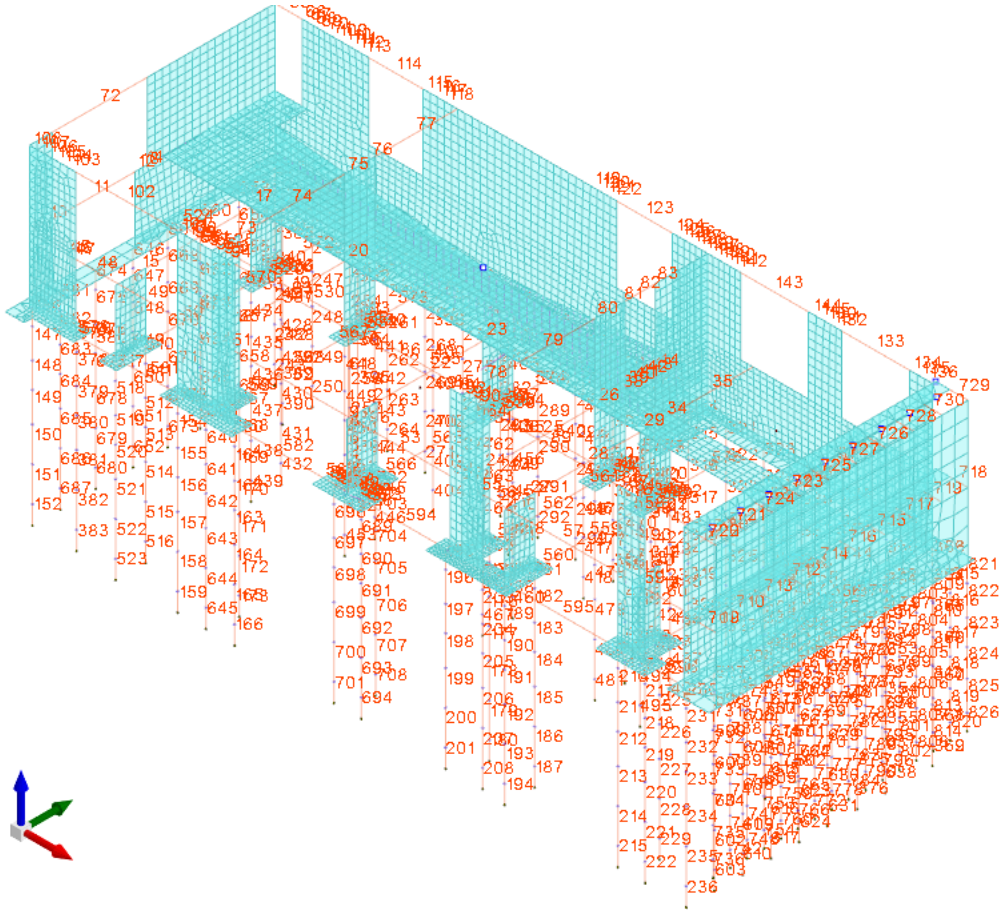
Vista del modello solido



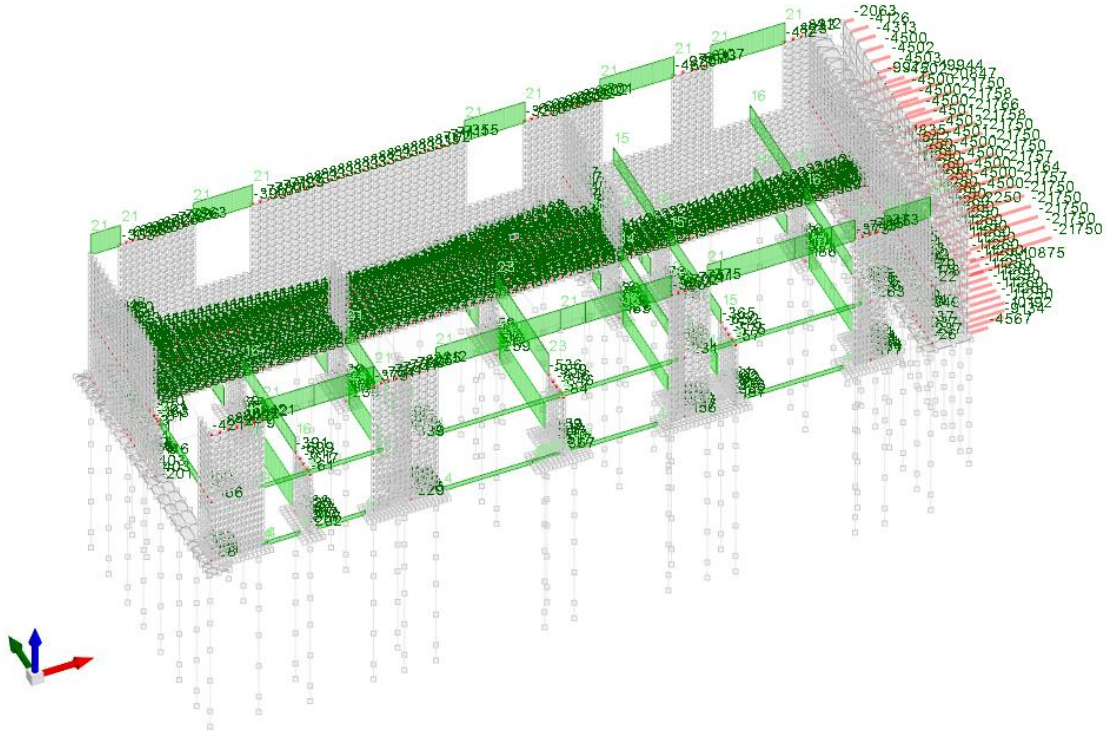
Vista del modello solido



Modello FEM



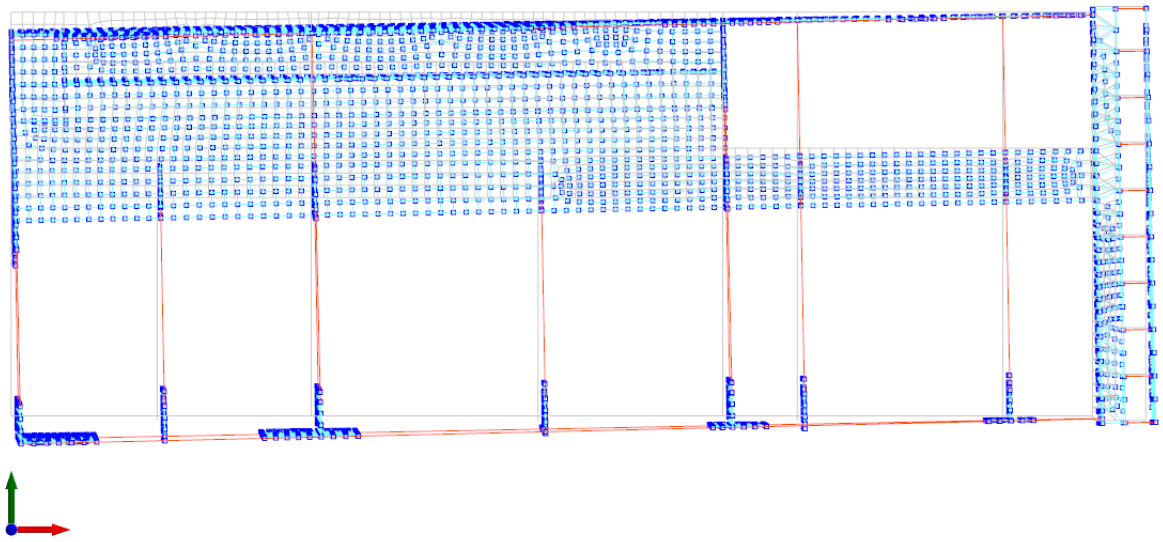
Numerazione aste



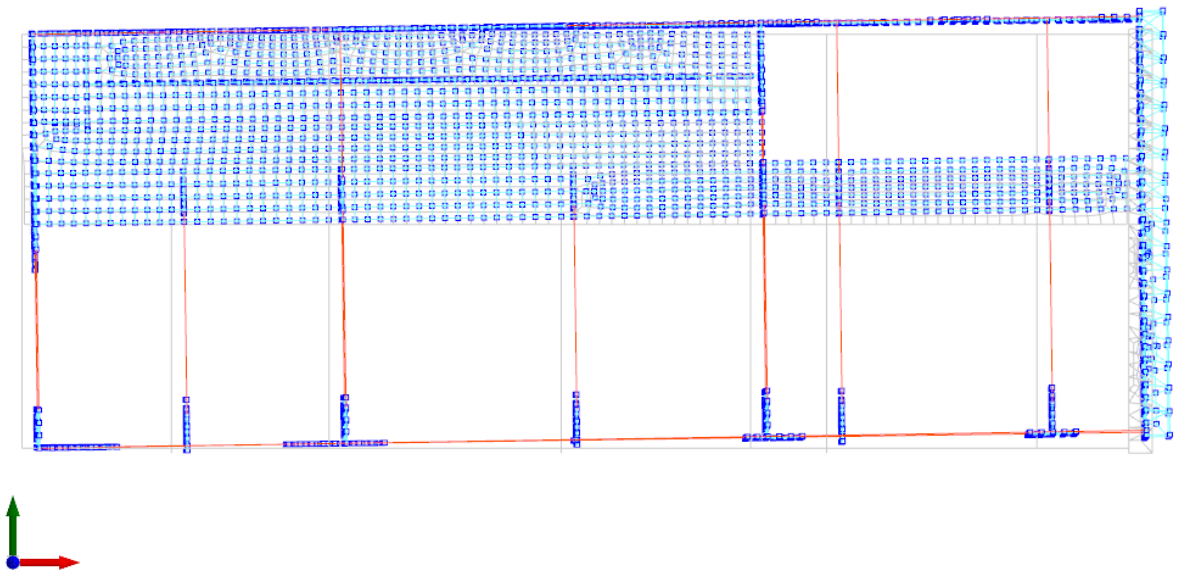
Distibuzione carichi in condizione Permanenti Portati

1.8.RISULTATI NUMERICI

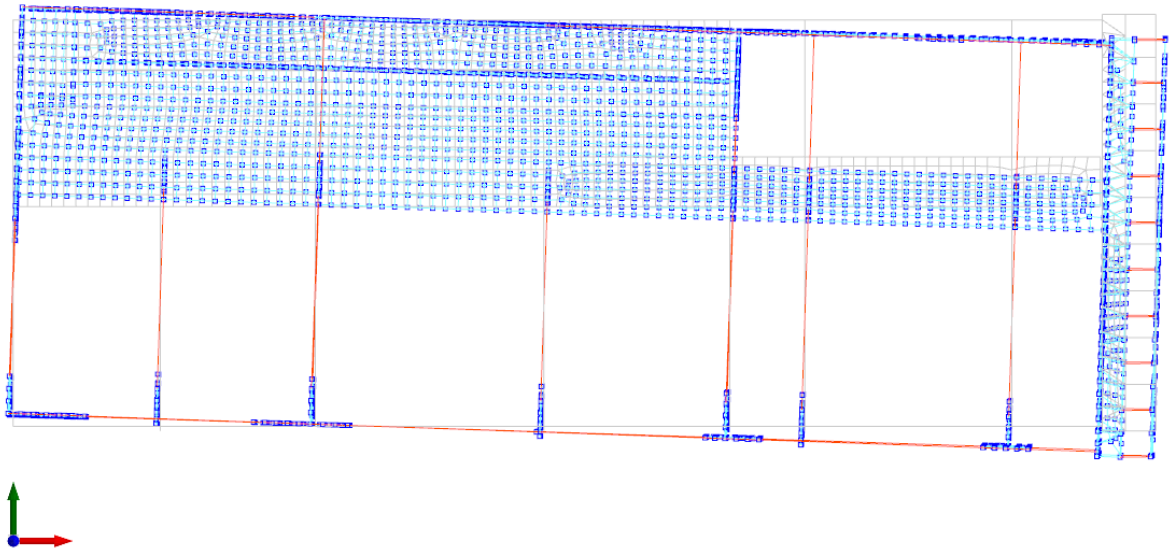
Tutte le verifiche sono state eseguite nel rispetto del 7.3.6 del D.M. 17/01/2018; in particolare per gli elementi strutturali sono state effettuate verifiche in termini di resistenza (SLV-RES) ed in termini di rigidezza (SLD-RIG).
Vengono di seguito riportati: forme modali principali, inviluppi dei diagrammi delle sollecitazioni e verifiche delle strutture in elevazione.



Primo modo di vibrare: T= 0,32s My= 0,64



Secondo modo di vibrare: T= 0, 27s Mx= 0,89



Terzo modo di vibrare: T=0,23s Mrot = 0,78

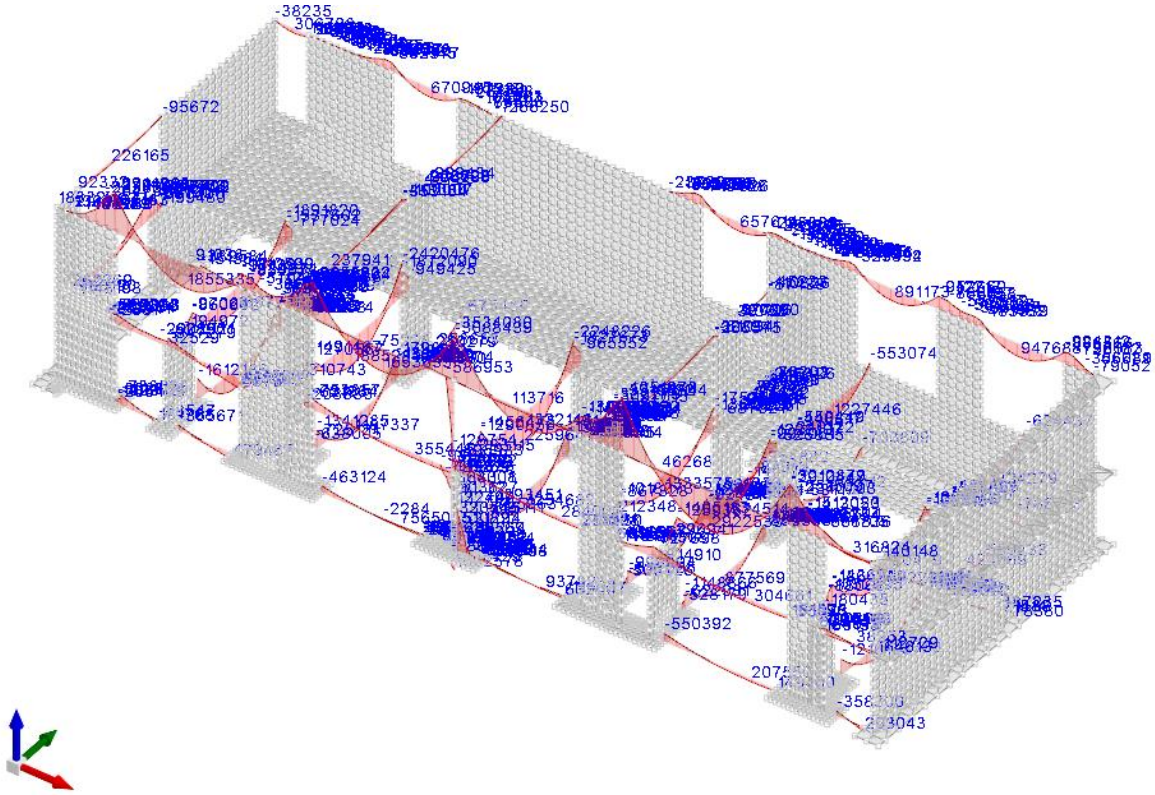
Risposta modale

***Modo**: identificativo del modo di vibrare.*
***Periodo**: periodo. [s]*
***Massa X**: massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.*
***Massa Y**: massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*
***Massa Z**: massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*
***Massa rot. X**: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.*
***Massa rot. Y**: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.*
***Massa rot. Z**: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.*
***Massa sX**: massa partecipante in direzione Sisma X. Il valore è adimensionale.*
***Massa sY**: massa partecipante in direzione Sisma Y. Il valore è adimensionale.*

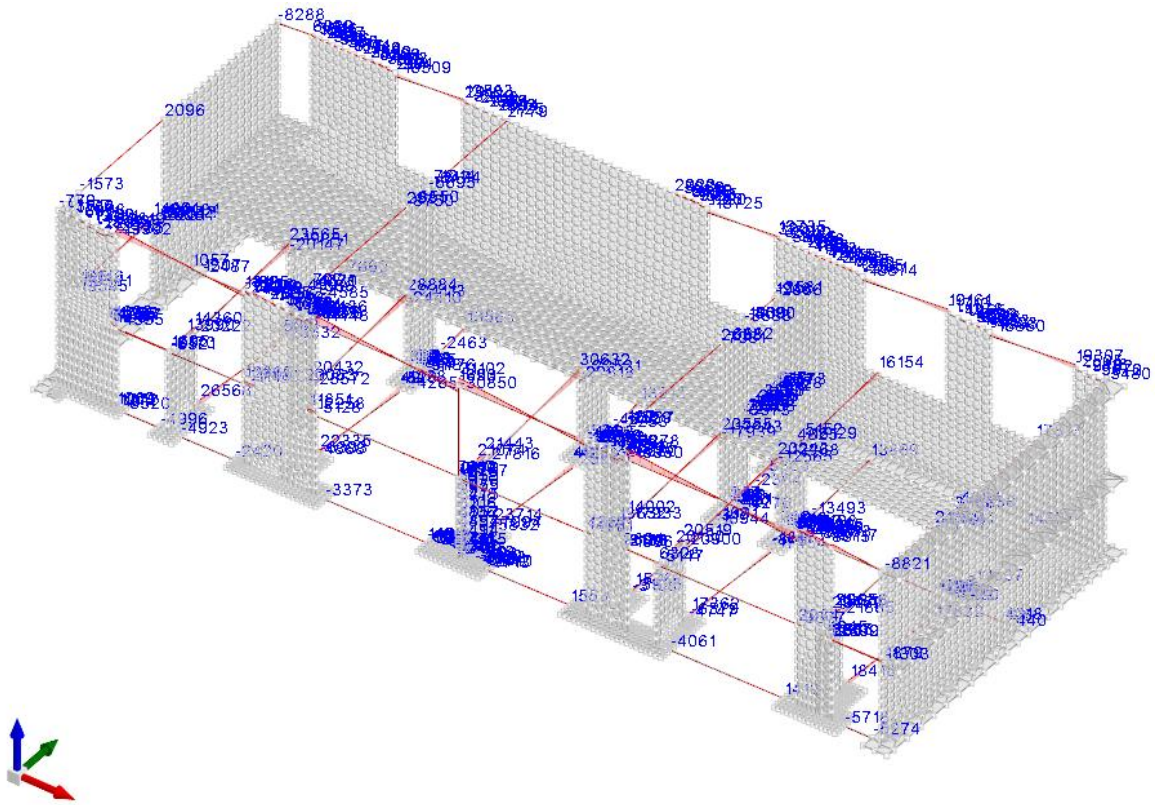
Totale masse partecipanti:

Traslazione X: 0.999938
Traslazione Y: 0.999935
Traslazione Z: 0
Rotazione X: 0.997698
Rotazione Y: 0.977531
Rotazione Z: 0.999955

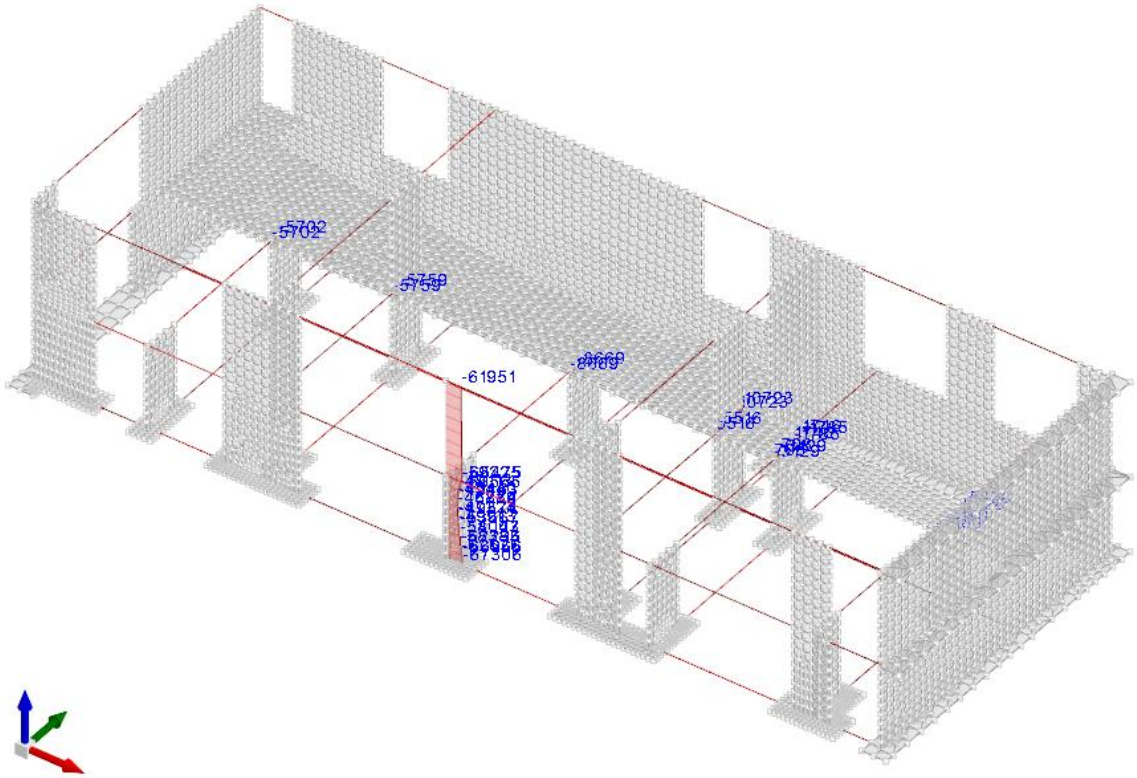
Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot. X	Massa rot. Y	Massa rot. Z	Massa sX	Massa sY
1	0.318720569	0.068157404	0.645681525	0	0.576168064	0.068258343	0.210736854	0.068157404	0.645681525
2	0.275005409	0.895159447	0.101488786	0	0.081787418	0.737752668	0.000000821	0.895159447	0.101488786
3	0.234007573	0.032172459	0.2449348	0	0.19010309	0.017769309	0.785687107	0.032172459	0.2449348



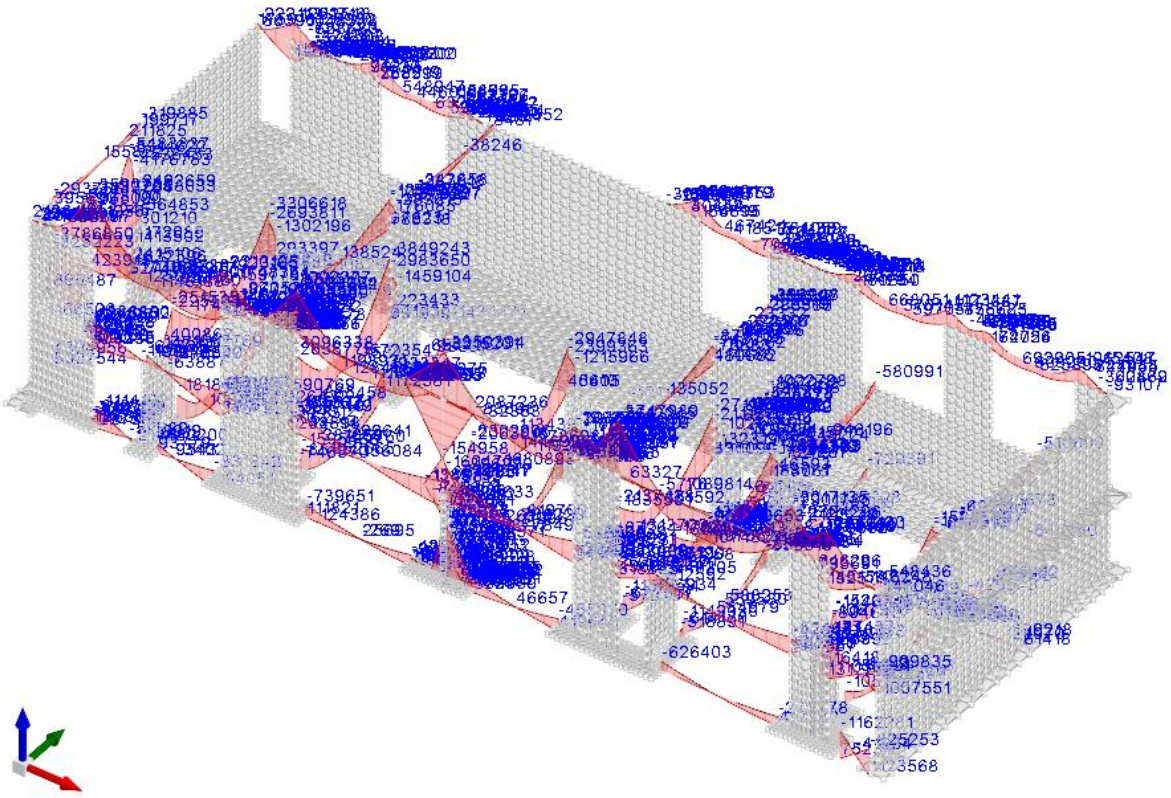
Valori inviluppo sollecitazioni momento flettente M3 (daN m) in SLU



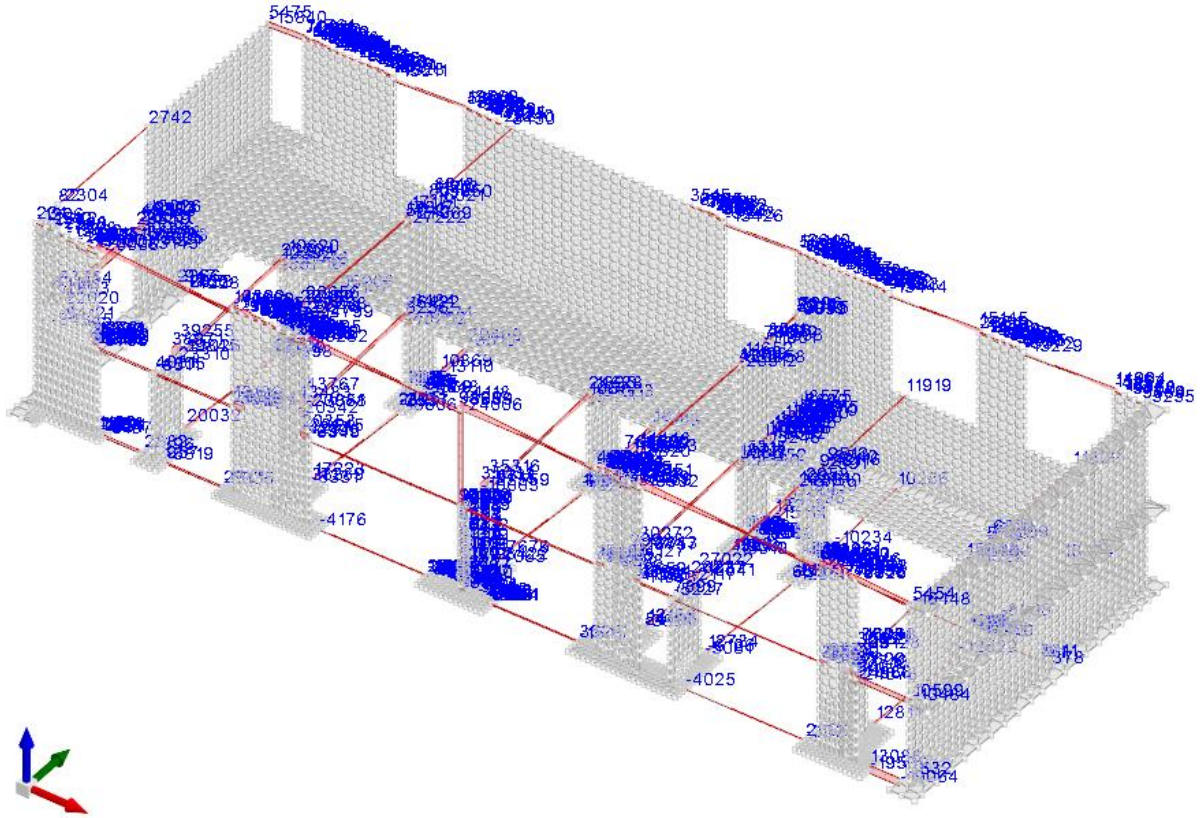
Valori inviluppo sollecitazioni taglio F2 (daN) in SLU



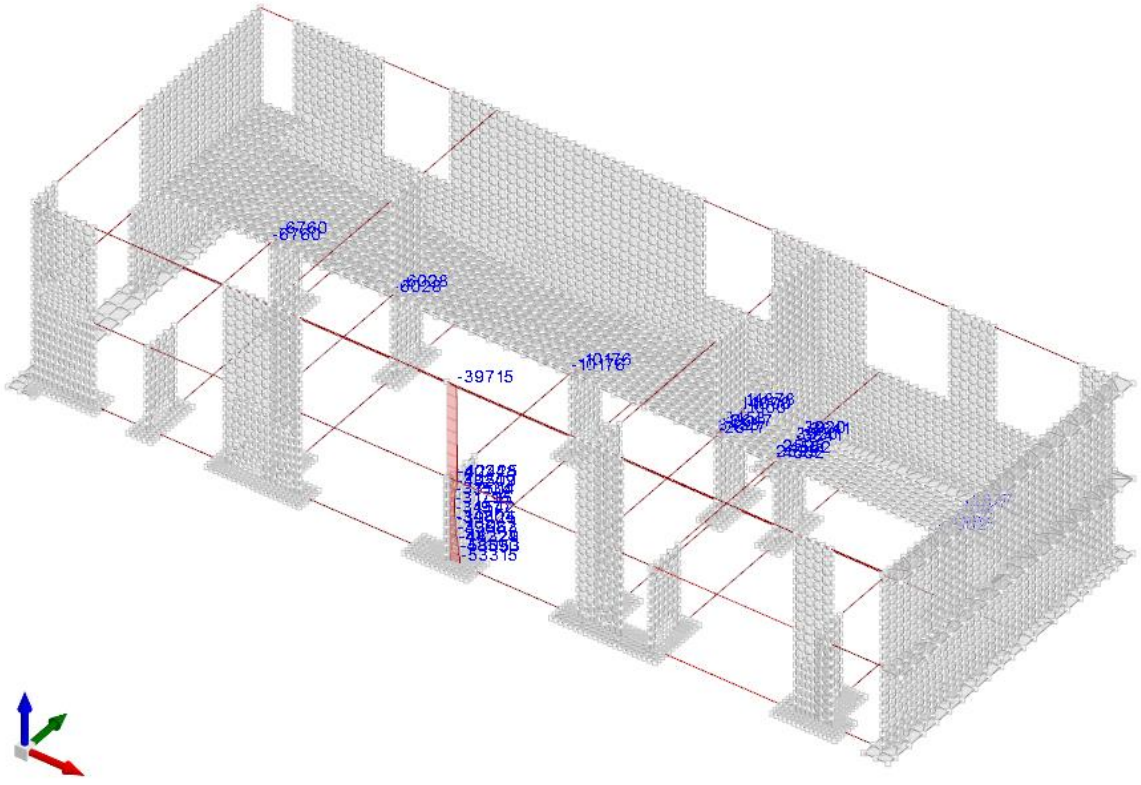
Valori inviluppo sollecitazioni sforzo normale F1 (daN) in SLU



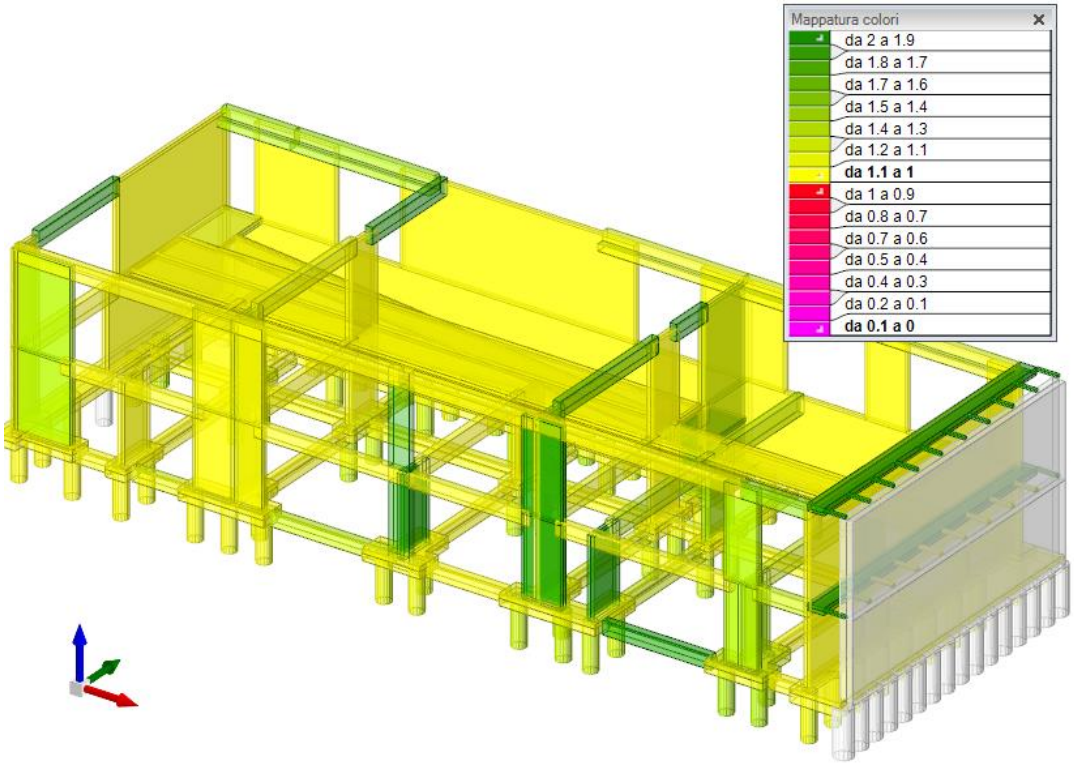
Valori inviluppo sollecitazioni momento flettente M3 (daN m) in SLV



Valori inviluppo sollecitazioni taglio F2 (daN) in SLV



Valori inviluppo sollecitazioni sforzo normale F1 (daN) in SLV



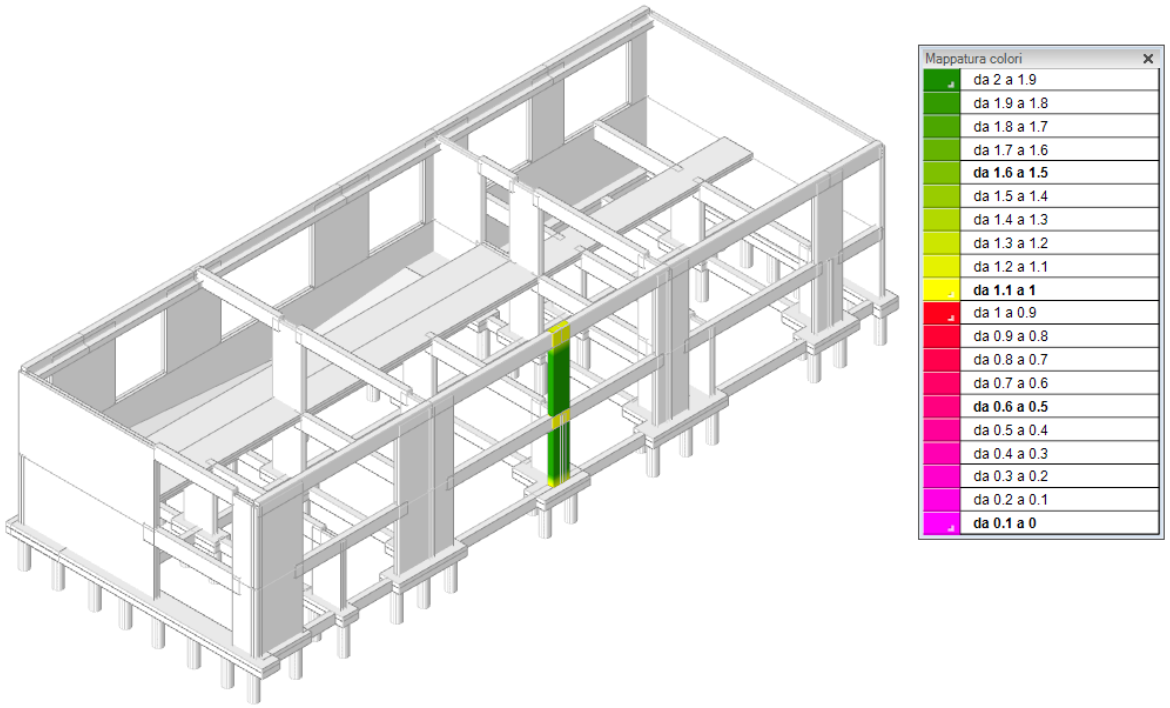
Coefficienti di sicurezza minimi

1.9.RISULTATI DELLE VERIFICHE

Verifiche consuntive pilastrate C.A.

***Verifica**: Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.*
***Sicurezza minima**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica a flessione**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a flessione tra tutte le verifiche a flessione condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica a taglio**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a taglio tra tutte le verifiche a taglio condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Nodo pilastri**: Visualizza il coefficiente di sicurezza per la verifica dei nodi. Il valore è adimensionale.*

Verifica	Sicurezza minima	Verifica a flessione	Verifica a taglio	Nodo pilastri
Default (Pilastrata 44)	1.078	1.875	4.028	1.078



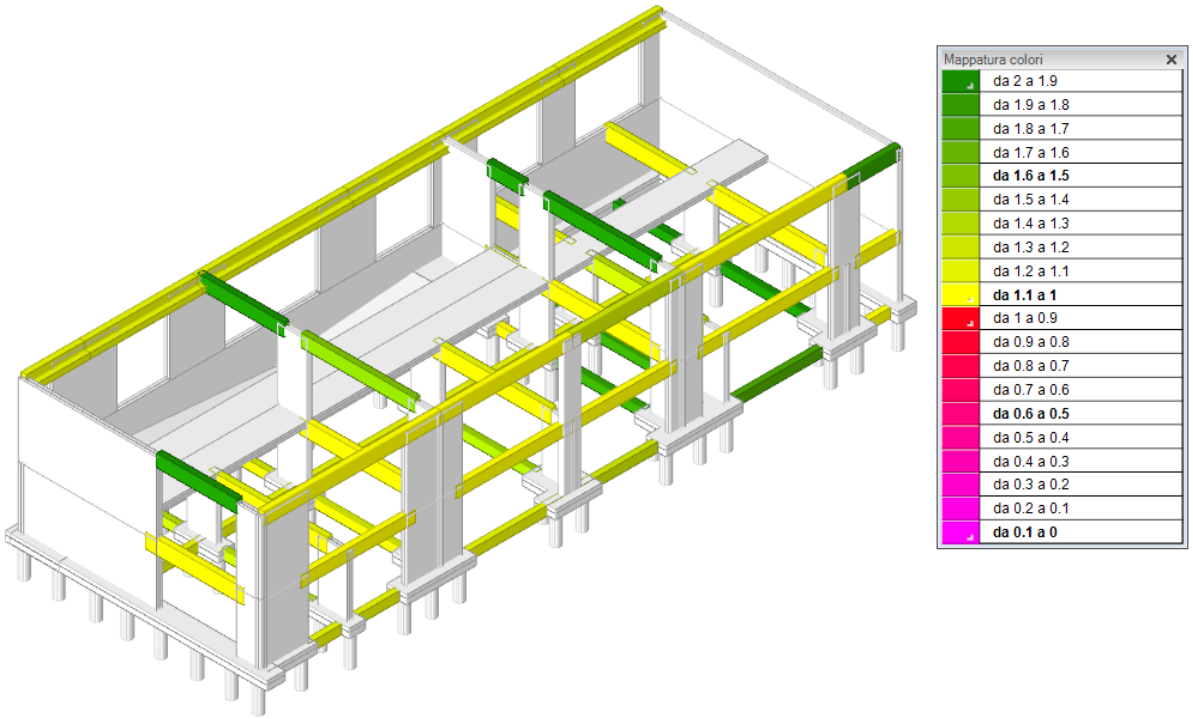
Coefficienti di sicurezza minimi pilastri

Verifiche consuntive travate C.A.

***Verifica**: Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.*
***Sicurezza minima**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica a flessione**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a flessione tra tutte le verifiche a flessione condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica a taglio**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a taglio tra tutte le verifiche a taglio condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica di portanza**: Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per portanza. Il valore è adimensionale.*
***Verifica di scorrimento**: Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per scorrimento. Il valore è adimensionale.*

Verifica	Sicurezza minima	Verifica a flessione	Verifica a taglio
Default (Trave a "Piano 1" 17-19)	1.007	1.007	1.185
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 67-100)	1.021	1.021	1.171
Default (Trave a "Piano 1" 5-6)	1.012	1.012	1.037
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 31-34)	2.083	2.083	4.678
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 28-30)	1.126	1.126	2.726
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 70-71)	2.938	3.565	2.938
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 61-63)	1.624	1.624	3.559
Default (Trave a "Piano 1" 61-63)	1.013	1.013	1.361
Default (Trave a "Piano 1" 92-95)	1.281	1.349	1.281
Default (Trave a "Piano 1" 78-81)	1.337	1.392	1.337
Default (Trave a "Piano 1" 96-99)	1.279	1.29	1.279
Default (Trave a "Piano 1" 10-27)	1.078	1.078	1.232
Default (Trave a "Piano 1" 39-45)	1.236	1.236	1.531
Default (Trave a "Piano 1" 45-59)	1.153	1.153	1.477
Default (Trave a "Piano 1" 73-91)	1.288	1.346	1.288
Default (Trave a "Piano 1" 104-109)	1.098	1.098	1.145
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 45-67)	1.017	1.017	1.052
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 35-45)	1.066	1.066	1.202
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 1-35)	1.141	1.141	1.162
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 100-109)	1.217	1.217	1.325
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 2-6)	3.576	3.576	5.621

Verifica	Sicurezza minima	Verifica a flessione	Verifica a taglio
Default (Trave a "Piano 1" 70-71)	1.117	1.117	1.151
Default (Trave a "Fondazione" 47-52)	1.009	1.009	1.02
Default (Trave a "Fondazione" 29-37)	1.014	1.122	1.014
Default (Trave a "Fondazione" 18-20)	1.007	1.028	1.007
Default (Trave a "Fondazione" 62-69)	1.042	1.042	1.404
Default (Trave a "Fondazione" 76-84)	1.004	1.054	1.004
Default (Trave a "Fondazione" 93-94)	1.005	1.068	1.005
Default (Trave a "Fondazione" 7-108)	1.341	1.626	1.341
Default (Trave a "Fondazione" 42-44)	1.229	1.288	1.229
Default (Trave a "Fondazione" 23-24)	1.215	1.422	1.215
Default (Trave a "Fondazione" 54-58)	1.87	2.175	1.87
Default (Trave a "Fondazione" 86-90)	2.007	2.007	2.037
Default (Trave a "Fondazione" 105-107)	1.382	1.382	1.39
Default (Trave a "Fondazione" 11-13)	1.01	1.128	1.01
Default (Trave a "Fondazione" 97-98)	1.161	1.257	1.161
Default (Trave a "Fondazione" 79-80)	1.223	1.299	1.223
Default (Trave a "Piano 1" 28-30)	1.043	1.043	1.107
Default (Trave a "Piano 1" 46-48)	1.002	1.247	1.002
Default (Trave a "Piano 1" 75-77)	1.336	1.867	1.336
Default (Trave a "Fondazione" 32-33)	1.021	1.08	1.021
Default (Trave a "Fondazione" 49-50)	1.028	1.028	1.046
Default (Trave a "Fondazione" 15-16)	1.015	1.161	1.015
Default (Trave a "Fondazione" 64-65)	1.154	1.519	1.154
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 43-110)	1.241	2.488	1.241
Default (Trave a "Piano COPERTURA" 4-34)	1.509	2.038	1.509

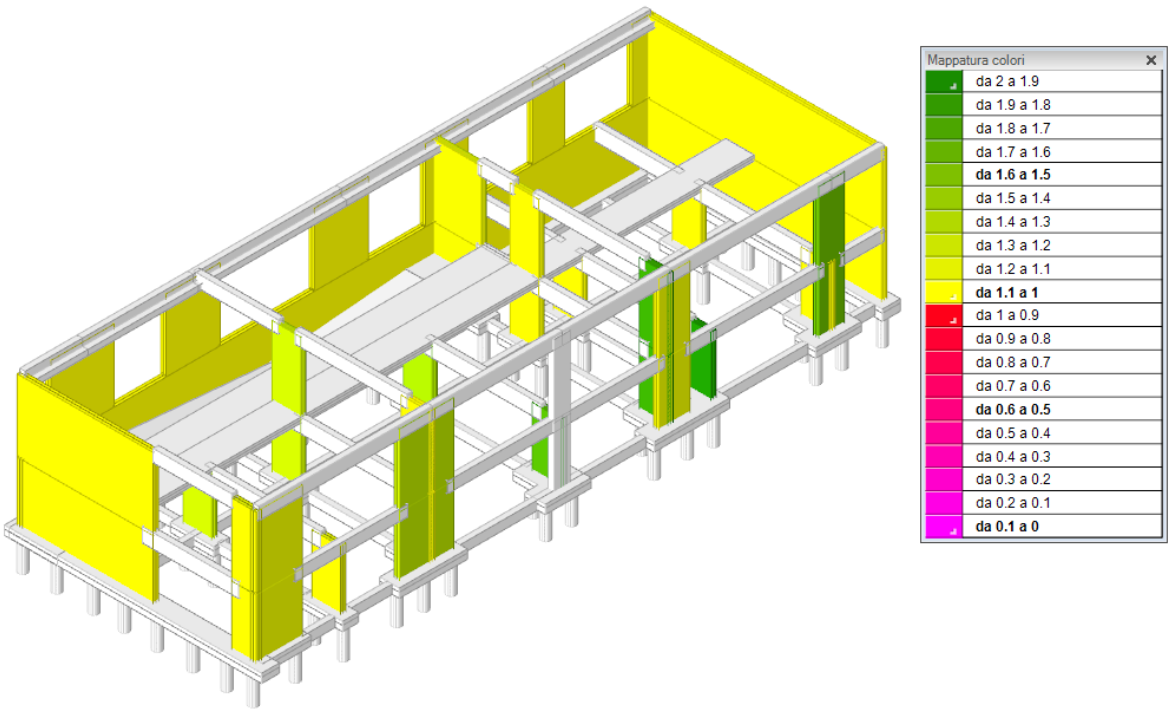


Coefficienti di sicurezza minimi travi

Verifiche consuntive pareti C.A.

***Verifica**: Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.*
***Sicurezza minima**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica a flessione**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a flessione tra tutte le verifiche a flessione condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica a taglio**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a taglio tra tutte le verifiche a taglio condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.*

Verifica	Sicurezza minima	Verifica a flessione	Verifica a taglio
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_1)	1.05	1.05	1.207
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_3)	1.403	1.484	1.403
Default (Parete Fondazione - Piano 1)	1.143	1.143	1.535
Default (Parete Fondazione - Piano 1)	1.17	1.17	1.493
Default (Parete Fondazione - Piano 1)	1.479	1.479	3.198
Default (Parete Fondazione - Piano 1)	2.601	2.601	5.761
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA)	1.035	1.035	1.599
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_4)	1.13	1.13	1.982
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_5)	1.367	1.367	5.18
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_6)	1.255	1.255	2.613
Default (Parete Fondazione - Piano 1)	2.161	2.161	2.727
Default (Parete Fondazione - Piano 1)	1.146	1.146	1.728
Default (Parete Fondazione - Piano 1)	2.8	2.8	2.892
Default (Parete Fondazione - Piano 1)	1.513	3.182	1.513
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_7)	1.657	1.657	2.084
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_8)	1.208	1.208	4.094
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_9)	1.621	1.621	4.279
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_10)	1.148	1.148	2.73
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_11)	1.211	1.211	1.361
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_12)	1.079	1.193	1.079
Default (Parete Fondazione - Falda 2)	1.182	1.182	2.81
Default (Parete Fondazione - Pianerottolo)	4.947	4.947	7.166
Default (Parete Fondazione - Piano COPERTURA_2)	1.015	1.015	1.091

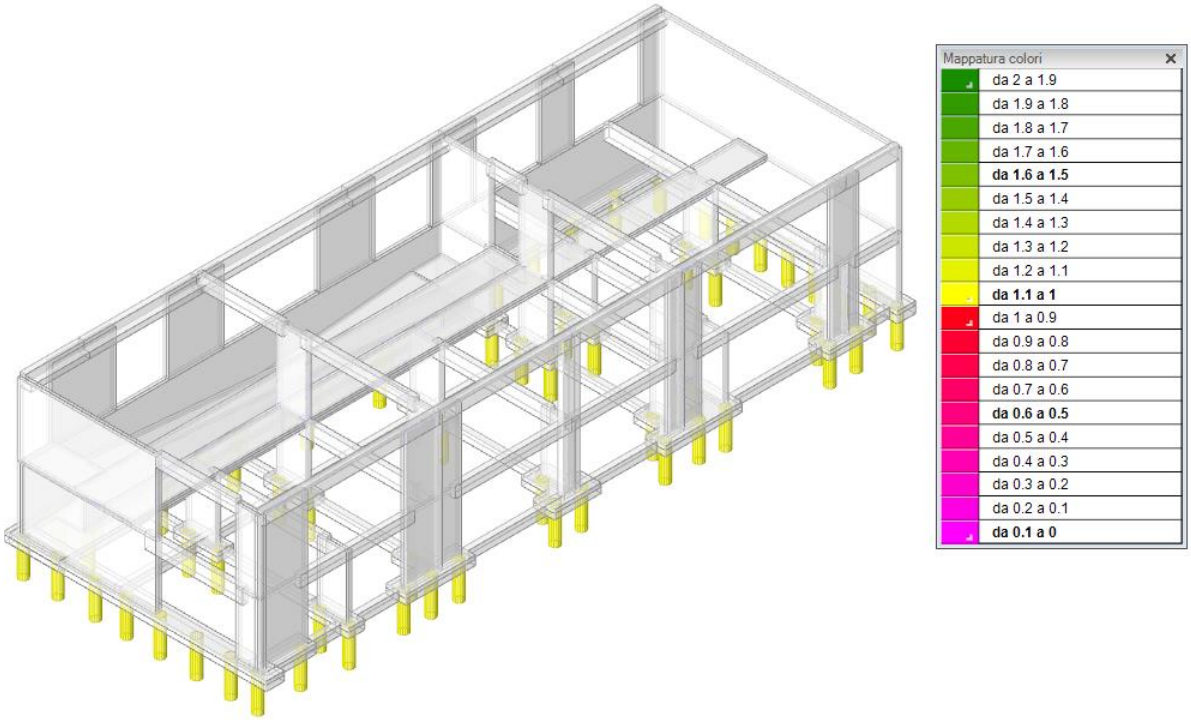


Coefficienti di sicurezza minimi pareti

Verifiche consuntive pali.

***Verifica**: Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.*
***Sicurezza minima**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica a flessione**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a flessione tra tutte le verifiche a flessione condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica a taglio**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza a taglio tra tutte le verifiche a taglio condotte per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica di portanza**: Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per portanza. Il valore è adimensionale.*

Verifica	Sicurezza minima	Verifica a flessione	Verifica a taglio	Verifica di portanza
Default (Trivellato D60 (113.1; 365.8) [cm])	1.029	1.029	1.285	1.676
Default (Trivellato D60 filo 25)	1.17	1.35	1.315	1.17
Default (Trivellato D60 filo 35)	1.202	1.314	1.351	1.202
Default (Trivellato D60 filo 40)	1.239	1.26	1.388	1.239
Default (Trivellato D60 filo 36)	1.141	1.502	1.387	1.141
Default (Trivellato D60 filo 37)	1.077	1.803	1.082	1.077
Default (Trivellato D60 filo 38)	1.115	1.842	1.636	1.115
Default (Trivellato D60 filo 20)	1.193	1.502	1.673	1.193
Default (Trivellato D60 filo 21)	1.226	1.596	1.534	1.226
Default (Trivellato D60 filo 53)	1.158	1.843	1.686	1.158
Default (Trivellato D60 filo 52)	1.115	1.896	1.117	1.115
Default (Trivellato D60 filo 51)	1.041	1.691	1.505	1.041
Default (Trivellato D60 filo 44)	1.123	1.619	1.617	1.123
Default (Trivellato D60 filo 54)	1.097	1.625	1.629	1.097
Default (Trivellato D60 filo 59)	1.183	1.669	1.66	1.183
Default (Trivellato D60 filo 73)	1.247	1.641	1.755	1.247
Default (Trivellato D60 filo 82)	1.381	1.576	1.752	1.381
Default (Trivellato D60 filo 83)	1.319	1.647	1.776	1.319
Default (Trivellato D60 filo 68)	1.158	1.816	1.777	1.158
Default (Trivellato D60 filo 84)	1.195	1.772	1.745	1.195
Default (Trivellato D60 filo 69)	1.332	1.716	1.738	1.332
Default (Trivellato D60 filo 85)	1.211	1.667	1.748	1.211
Default (Trivellato D60 filo 70)	1.385	1.625	1.736	1.385
Default (Trivellato D60 filo 71)	1.422	1.583	1.727	1.422
Default (Trivellato D60 filo 91)	1.276	1.842	1.752	1.276
Default (Trivellato D60 filo 104)	1.357	1.766	1.751	1.357
Default (Trivellato D60 filo 101)	1.28	1.798	1.773	1.28
Default (Trivellato D60 filo 102)	1.199	1.733	1.748	1.199
Default (Trivellato D60 filo 103)	1.23	1.655	1.755	1.23
Default (Trivellato D60 filo 13)	1.084	1.084	1.353	1.443
Default (Trivellato D60 filo 14)	1.268	1.268	1.378	1.343
Default (Trivellato D60 filo 11)	1.041	1.041	1.3	1.478
Default (Trivellato D60 filo 81)	1.453	1.453	1.714	1.498
Default (Trivellato D60 filo 87)	1.425	1.425	1.721	1.513
Default (Trivellato D60 filo 89)	1.391	1.391	1.726	1.489
Default (Trivellato D60 filo 99)	1.348	1.348	1.729	1.452
Default (Trivellato D60 filo 110)	1.327	1.327	1.728	1.507
Default (Trivellato D60 (3611.3; 1067.6) [cm])	1.402	1.402	1.75	1.751
Default (Trivellato D60 (3611.3; 917.6) [cm])	1.46	1.46	1.749	1.94
Default (Trivellato D60 filo 108)	1.549	1.549	1.743	1.947
Default (Trivellato D60 (3608.1; 611.7) [cm])	1.625	1.625	1.828	1.899
Default (Trivellato D60 (3608.1; 461.7) [cm])	1.677	1.677	1.812	1.884
Default (Trivellato D60 (3608.1; 311.7) [cm])	1.703	1.703	1.793	1.753
Default (Trivellato D60 (3608.1; 161.7) [cm])	1.555	1.726	1.772	1.555
Default (Trivellato D60 filo 109)	1.435	1.702	1.749	1.435
Default (Trivellato D60 filo 60)	1.392	1.593	1.647	1.392
Default (Trivellato D60 (2113.1; 1317.6) [cm])	1.39	1.604	1.647	1.39
Default (Trivellato D60 filo 55)	1.393	1.612	1.647	1.393
Default (Trivellato D60 (1913.1; 1159.7) [cm])	1.376	1.691	1.665	1.376
Default (Trivellato D60 filo 43)	1.388	1.722	1.647	1.388
Default (Trivellato D60 (1513.1; 1159.7) [cm])	1.376	1.745	1.666	1.376
Default (Trivellato D60 (1513.1; 1317.6) [cm])	1.378	1.667	1.648	1.378
Default (Trivellato D60 (1313.1; 1317.6) [cm])	1.306	1.599	1.648	1.306
Default (Trivellato D60 filo 34)	1.229	1.53	1.634	1.229
Default (Trivellato D60 (1113.1; 1159.7) [cm])	1.352	1.678	1.65	1.352
Default (Trivellato D60 filo 26)	1.153	1.458	1.581	1.153
Default (Trivellato D60 (713.1; 1317.6) [cm])	1.073	1.349	1.529	1.073
Default (Trivellato D60 (713.1; 1159.7) [cm])	1.328	1.507	1.551	1.328
Default (Trivellato D60 (113.1; 1127.6) [cm])	1.237	1.237	1.358	1.263
Default (Trivellato D60 filo 9)	1.244	1.337	1.432	1.244
Default (Trivellato D60 (113.1; 922) [cm])	1.231	1.231	1.354	1.359
Default (Trivellato D60 filo 2)	1.224	1.224	1.264	1.744
Default (Trivellato D60 filo 1)	1.145	1.145	1.246	1.534
Default (Trivellato D60 (2513.1; 1317.6) [cm])	1.427	1.476	1.563	1.427

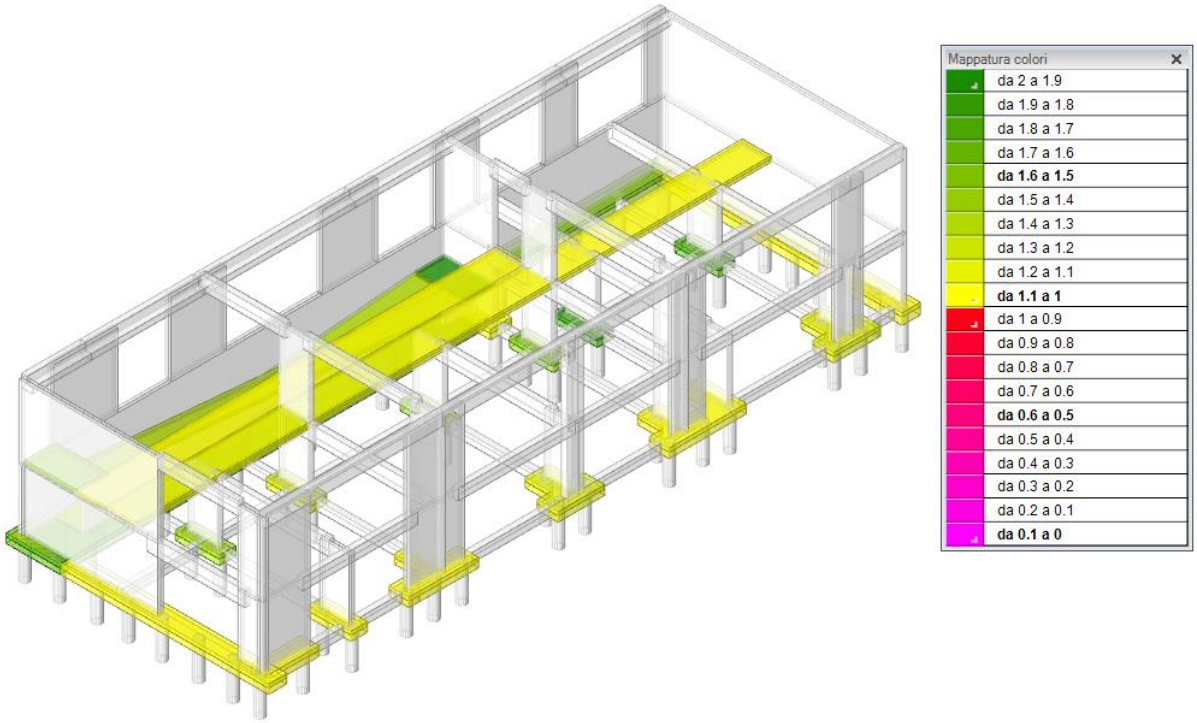


Verifiche consuntive piastre C.A.

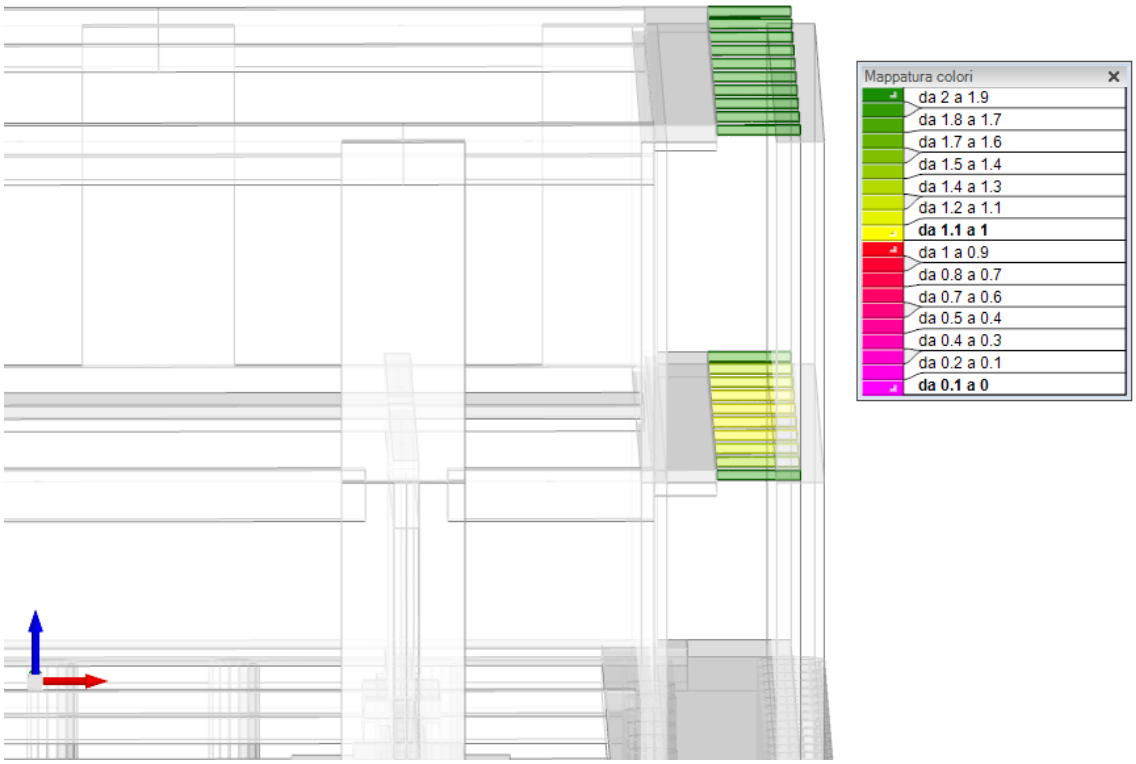
***Verifica**: Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.*
***Sicurezza minima**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Verifica di portanza**: Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per portanza. Il valore è adimensionale.*
***Verifica di scorrimento**: Visualizza per ciascun elemento di verifica di fondazione il valore minimo del coefficiente di sicurezza per scorrimento. Il valore è adimensionale.*
***Flessione piastre/platee**: Visualizza per le piastre/platee il valore minimo del coefficiente di sicurezza per flessione. Il valore è adimensionale.*
***Taglio piastre/platee**: Visualizza per le piastre/platee il valore minimo del coefficiente di sicurezza per taglio. Il valore è adimensionale.*
***Punzonamento piastre/platee**: Visualizza per le piastre/platee il valore minimo del coefficiente di sicurezza per punzonamento. Il valore è adimensionale.*

Verifica	Sicurezza minima	Flessione piastre/platee
Default (Piastra a "Piano 1")	1	1
Default (Piastra a "Falda 1")	1.003	1.003
Default (Piastra a "Piano 1")	1.046	1.046
Default (Piastra a "Pianerottolo")	2.791	2.791
Default (Piastra a "Piano 1")	1.029	1.029
Default (Piastra a "Fondazione")	1.088	1.088
Default (Piastra a "Fondazione")	1.036	1.036
Default (Piastra a "Fondazione")	1.058	1.058
Default (Piastra a "Fondazione")	1.309	1.309
Default (Piastra a "Fondazione")	1.132	1.132
Default (Piastra a "Fondazione")	1.01	1.01
Default (Piastra a "Fondazione")	1.142	1.142

Verifica	Sicurezza minima	Flessione piastre/platee
Default (Piastra a "Fondazione")	1.071	1.071
Default (Piastra a "Fondazione")	1.018	1.018
Default (Piastra a "Fondazione")	1.032	1.032
Default (Piastra a "Fondazione")	1.258	1.258
Default (Piastra a "Fondazione")	1.507	1.507
Default (Piastra a "Fondazione")	1.33	1.33
Default (Piastra a "Fondazione")	1.037	1.037
Default (Piastra a "Fondazione")	1.094	1.094
Default (Piastra a "Fondazione")	1.266	1.266
Default (Piastra a "Fondazione")	1.003	1.003
Default (Piastra a "Falda 2")	1.075	1.075
Default (Piastra a "Piano 1")	2.339	2.339
Default (Piastra a "Piano COPERTURA")	1.851	1.851



Verifiche bielle in acciaio



***Verifica**: Descrizione della verifica relativa che ne consente l'individuazione all'interno della struttura.*
***Sicurezza minima**: Visualizza per ciascun elemento di verifica il valore minimo del coefficiente di sicurezza relativamente alle verifiche visualizzabili per tale elemento. Il valore è adimensionale.*
***Minimo trazione**: Minimo coefficiente di sicurezza a trazione. Il valore è adimensionale.*
***Minimo compressione**: Minimo coefficiente di sicurezza a compressione. Il valore è adimensionale.*
***Minimo taglio**: Minimo coefficiente di sicurezza a taglio. Il valore è adimensionale.*
***Minimo torsione**: Minimo coefficiente di sicurezza a torsione. Il valore è adimensionale.*
***Minimo flessione semplice**: Minimo coefficiente di sicurezza a flessione semplice. Il valore è adimensionale.*
***Minimo flessione deviata**: Minimo coefficiente di sicurezza a flessione deviata. Il valore è adimensionale.*
***Minimo flessione semplice + N**: Minimo coefficiente di sicurezza a flessione semplice con sforzo normale. Il valore è adimensionale.*
***Minimo flessione deviata + N**: Minimo coefficiente di sicurezza a flessione deviata con sforzo normale. Il valore è adimensionale.*

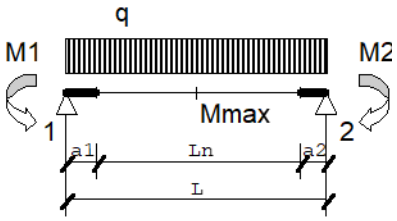
Verifica	Sicurezza minima	Minimo compressione	Minimo taglio	Minimo torsione	Minimo flessione semplice + N	Minimo flessione deviata + N
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 0)-(3780; 0))	2.552	3.108	42.881	152.819	2.552	2.596
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 150)-(3780; 150))	1.409	1.526	47.632	211.881	1.43	1.44
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 0)-(3780; 0))	2.552	3.108	42.881	152.819	2.552	2.596
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 450)-(3780; 450))	1.166	1.257	49.915	310.51	1.192	1.199
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 300)-(3780; 300))	1.215	1.309	48.263	288.205	1.243	1.251
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 600)-(3780; 600))	1.16	1.256	43.812	301.335	1.178	1.188
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 900)-(3780; 900))	1.168	1.27	38.378	347.22	1.181	1.192

Verifica	Sicurezza minima	Minimo compressione	Minimo taglio	Minimo torsione	Minimo flessione semplice + N	Minimo flessione deviata + N
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 750)-(3780; 750))	1.168	1.267	38.73	308.681	1.184	1.194
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 1050)-(3780; 1050))	1.225	1.335	39.141	326.588	1.235	1.246
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 1337)-(3780; 1337))	1.792	2.041	38.615	258.591	1.792	1.817
Default (Superelemento in acciaio a "Piano 1" (3682; 1200)-(3780; 1200))	1.349	1.49	37.39	304.569	1.349	1.365
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 0)-(3780; 0))	3.614	20.097	21.814	185.534	3.614	4.087
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 150)-(3780; 150))	2.388	4.875	20.52	217.312	2.388	2.599
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 0)-(3780; 0))	3.614	20.097	21.814	185.534	3.614	4.087
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 450)-(3780; 450))	2.097	3.753	19.929	331.704	2.097	2.263
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 300)-(3780; 300))	2.136	3.862	20.094	289.909	2.136	2.308
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 600)-(3780; 600))	2.109	3.804	19.887	340.161	2.109	2.278
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 900)-(3780; 900))	2.122	3.83	19.899	297.573	2.122	2.293
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 750)-(3780; 750))	2.12	3.831	19.89	324.723	2.12	2.291
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 1050)-(3780; 1050))	2.144	3.955	19.857	265.985	2.144	2.32
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 1337)-(3780; 1337))	2.674	8.204	20.009	231.85	2.674	2.949
Default (Superelemento in acciaio a "Piano COPERTURA" (3682; 1200)-(3780; 1200))	2.28	4.656	19.764	238.006	2.28	2.481

1.10.VERIFICHE LOCALI

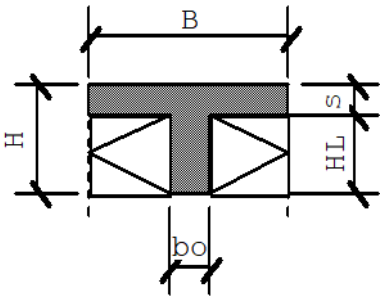
Verifica solaio piano terra - Laterocemento 25+5 autoportante

Luce di calcolo L	7.20	m
tratto rigido a	0.80	m
luce netta Ln	7.10	m
peso proprio G1	3.65	kN/m2
gamma_G1	1.30	
carico permanente Portato G2	3.90	kN/m2
gamma_G2	1.50	
carico di esercizio Q	3.00	kN/m2
gamma_Q	1.50	
Coefficiente momento in mezzeria	10	
Coefficiente momento all'incastro	12	



TRAVETTO

interasse travetti i	0.50	m	*verificato i<15s*
altezza totale h	300	mm	
base bo (travetto)	120	mm	*verificato bo>8cm*
base B (mezzeria)	500	mm	
spessore soletta s	50	mm	
copriferro c	20	mm	
diametro barre traliccio	5	mm	
diametro barre aggiunte mezzeria	16	mm	
numero barre aggiunte mezzeria	2		
diametro barre aggiunte incastro	16	mm	
numero barre aggiunte incastro	2		
As area acciaio mezzeria	441.39	mm2	
As area acciaio appoggio	402.12	mm2	
altezza utile d	280	mm	



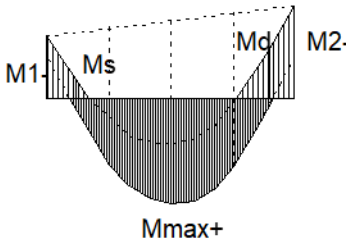
MATERIALI

Rck	35	MPa
fck	29.05	Mpa
gamma_c	1.5	
fcm	37.05	Mpa
fcd	16.46	Mpa
fctm	2.83	Mpa
fctm,fl	3.40	MPa
Ecm	32588	Mpa
fyk	450	Mpa
Es	200000	Mpa
gamma_s	1.15	
fyd	391.30	Mpa
n effettivo	6.14	

VERIFICHE SLU

Fd	7.55	kN/m	*combinazione fondamentale*
Msd-mezzeria	39.13	kNm	
Msd-appoggio	32.61	kN/m	

Msd-filo trave	30.19	kN/m	
Vsd-filo trave	24.15	kN	
SEZIONE DI MEZZERIA			
y	20.98	mm	*asse neutro cade nella soletta*
Mrd	46.55	kNm	
Mrd/Msd	1.19	*verificato*	
SEZIONE DI APPOGGIO			
y	79.66	mm	
Mrd-appoggio	37.79	kNm	
Mrd/Msd	1.16	*verificato*	
Vrd	24.28	kN	
Vrd,min	15.89	kN	
Vrd>Vrd,min		*verificato*	
Vrd/Vsd	1.01	*verificato*	



VERIFICHE SLE

psi_1	0.70		relativi alla categoria
psi_2	0.60		relativi alla categoria
Fd_r	5.28	kN/m	*combinazione rara*
Fd_fr	4.83	kN/m	*combinazione frequente*
			combinazione quasi
Fd_qp	4.68	kN/m	*permanente*

VERIFICA DELLE TENSIONI DI ESERCIZIO

tensioni limite	sigma_c Mpa	sigma_s MPa
comb. Rara	17.43	360
comb. Quasi perm.	13.07	360

SEZIONE DI MEZZERIA	M kNm	x mm	sigma_c Mpa	sigma_s Mpa	
comb. Rara	27.35	49.93	8.32	235.24	*verificato*
comb. Quasi perm.	24.24	49.93	7.37	208.49	*verificato*

SEZIONE DI APPOGGIO	M kNm	x mm	sigma_c Mpa	sigma_s Mpa	
comb. Rara	22.79	88.70	17.10	206.15	*verificato*
comb. Quasi perm.	20.20	88.70	15.15	182.70	*verificato*

VERIFICA DI FESSURAZIONE

SEZIONE DI MEZZERIA

condizioni ambientali	*ordinarie*
tipo di armatura	*poco sensibile*
aperture limite	
comb. Frequente w3	*0.4*
comb. Quasi perm w2	*0.3*

	M kNm	Mpr_fess kNm	sigma_s MPa	e_sm-e_cm	wk	
comb. Frequente	25.01	6.12	225	0.00101	0.0805	*verifica*
comb. Quasi perm.	24.24	6.12	218	0.00098	0.0778	*verifica*

VERIFICA DI DEFORMABILITA'

rapporto di snellezza	24.00	
k	1.5	
ro	0.0123	
As	441.39	mm2
valore limite	24.26	*verificato*

VERIFICA FRECCIA

Asse neutro sezione intera	600.86	mm	
Momento inerzia sezione intera	7866648758.78	mm3	
Freccia stadio 1	0.13	mm	
Asse neutro sezione fessurata	137.25	mm	
Momento inerzia sezione fessurata	158624419.34	mm3	
Freccia stadio 2	6.33	mm	(Mpr/M)^2 0.063841
Freccia effettiva	5.93	mm	
Rapporto L/f	1196.63		

Verifica solaio piano primo – lastre prefabbricate 4+20+5

SOLAIO PREDALLES: 4+20+5

Caselle da scegliere
Caselle da inserire

Geometria del Solaio

S Predalle [cm]	h Polistirolo [cm]	S Soletta [cm]	H totale [cm]	B Predalles [cm]	B Polistirolo [cm]	B Tot Anima [cm]	L [cm]	I [cm]
4	20	5	29	120	42	36	710	120

Materiali

γ Cls	Cls	fck [daN/cm2]	Acciaio	fyk [daN/cm2]
2500	C30/37	307.1	B450C	4500

Analisi Dei carichi

G1k [daN/m2]	G2k [daN/m2]	Qk [daN/m2]
375	340	300

SEZIONE APPOGGIO

Tipologia di struttura

		Grado di Vincolo
Nuova		Semi-Incastro

Sollecitazioni Appoggio

qsd [daN/m2]	qsd [daN/m]	Msd [daNm]	Tsd [daN]
1448	1737	7297	6166

Armatura Appoggio

Φ	N° Ferri	As

Armatura R.E.S.

Φ	N° Ferri	As	Φ	N°	As

Pos.1	Pos.1	Pos.1	Pos.2	Pos.2	Pos.1	Pos.2	Ferri Pos.2	Pos.1
16	6	12.06						

Momento resistente

c [cm]	As [cm2]	fcd [daN/cm2]	fyd [daN/cm2]	x [cm]	d_0 [cm]	Mrd [daNm]	s<1
2	12.06	174.0	3913	2.79	25.6	12087	0.60

Verifica a taglio senza armatura a taglio

k	vmin	ρ1	Vrd1 [daN]	Vrd2 [daN]		Vrd [daN]	s<1
1.86	0.49	0.012	7304	4785		7304	0.84

SEZIONE CAMPATA

Tipologia di struttura		Grado di Vincolo
Nuova		Semi-Incastro

Sollecitazioni Campata

qsd [daN/m2]	qsd [daN/m]	Msd [daNm]	Tsd [daN]
1448	1737	7297	6166

Armatura Campata Armatura di confezione

Φ Pos.1	N° Ferri Pos.1	As Pos.1	Φ Pos.2	N° Ferri Pos.2	As Pos.1	Φ Pos.3	N° Ferri Pos.2	As Pos.1
16	6	12.06				5	11	2.16

Momento resistente

c [cm]	As [cm2]	fcd [daN/cm2]	fyd [daN/cm2]	x [cm]	d_0 [cm]	Mrd [daNm]	s<1
2	14.22	174.0	3913	3.29	25.4	14112	0.52

Verifica SLE

fcm [daN/cm2]	Ecm [daN/cm2]	ψ	J [cm^4]	Freccia Perm. [cm]	Freccia Acc. [cm]	Freccia Totale [cm]	Limite [cm]	s<1
387.1	65882.43	0.3	187890	0.46	0.19	0.65	2.37	0.28

Verifica solaio piano copertura – solaio alveolare precompresso 36+6

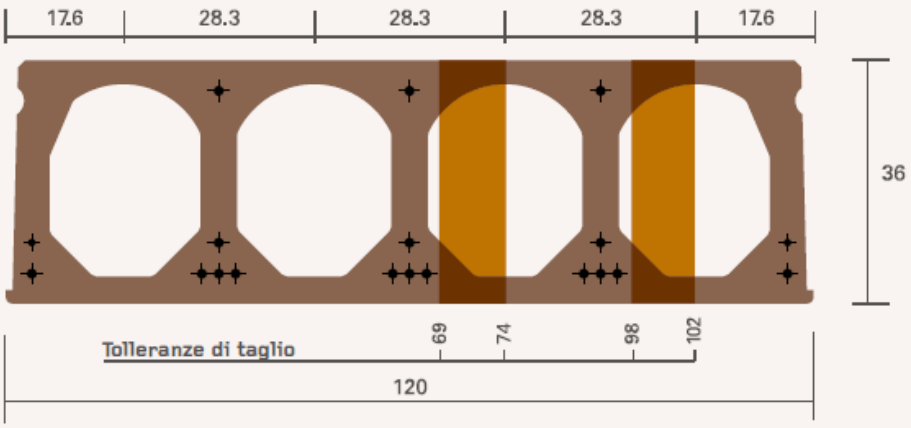
Per il solaio alveolare ci si è basati sulle schede tecniche di alcuni fornitori dove viene indicata la Portanza dei solai in funzione della luce e dei carichi permanenti portati e accidentali agenti sul solaio.
Pertanto in fase di esecuzione il solaio dovrà essere riverificato in funzione della tipologia fornita.
La luce netta in questione è pari a 12,15 m per un sovraccarico totale agente di 450 kg/mq oltre a 550 di peso proprio (solaio + soletta). Si sceglie un solaio alveolare da 36 più 6 cm di

soletta irrigidente valutato sulla base della tabella seguente con un sovraccarico totale di 600 kg/mq.

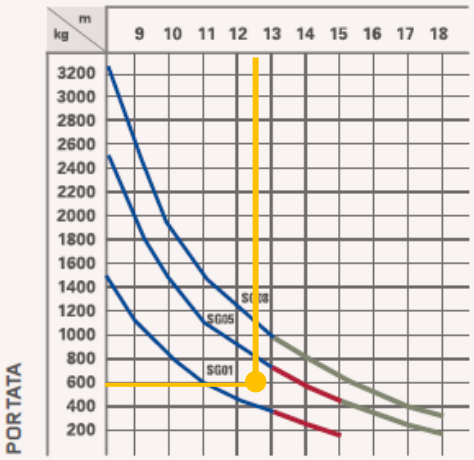
PREFABBRICATI

SPIROLL:

H 36 SG



LUCE



Peso proprio:	kg 395/m²
Trasporto:	m² 75/viaggio
Incidenza getto di testata *:	m³ 0,231/lastra
Incidenza getto longitudinale:	m³ 0,0116/m
Sottomoduli:	da 69 a 74 da 98 a 102

* se necessario

2. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo studio della struttura. 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.

Confronto azione su pali di fondazione setto

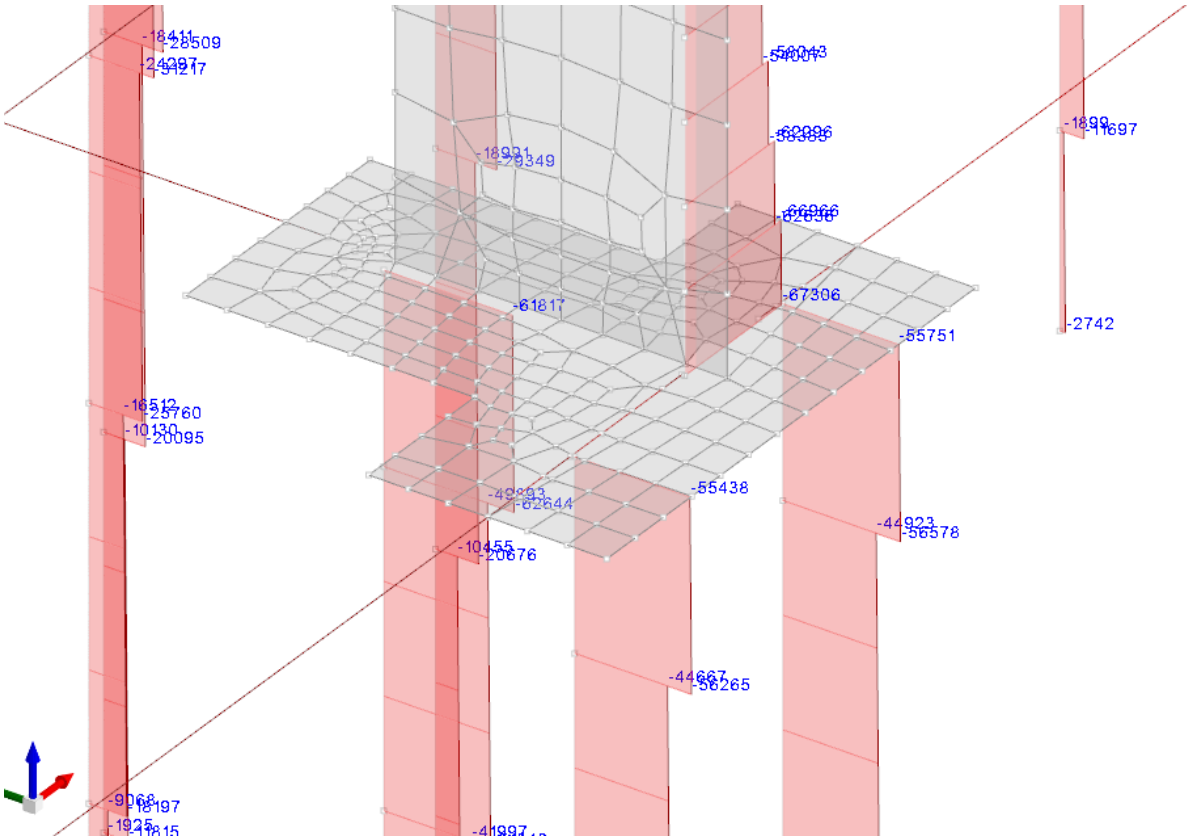
Si esegue un confronto tra l'azione di sollecitazione sul palo calcolata a mano e con il codice di calcolo

Carichi complessivi allo SLU per area di influenza pilastro
(Area di influenza 30 m^2)
G_{1k} (pil+travi+plinto) = 16m^3 · 2500 kg/m^3= 40 ton
G_{1k} (solai)=375+375+550kg/m^2= 1300 kg/m^2· 30 m^2= 40 ton
G_{2k} (solai)= 390+340+316 kg/m^2= 1046 kg/m^2· 38 m^2= 32 ton
Q_{1k} (scuola)= 300+300 kg/m^2· 30 m^2= 18 ton
Q_{2k} (neve)= 125 kg/m^2· 30 m^2= 4 ton

in combinazione fondamentale statica si ottiene
$\gamma_{G1}\cdot G_1 + \gamma_{G2}\cdot G_2 + \gamma_P\cdot P + \gamma_{Q1}\cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2}\cdot\psi_{02}\cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3}\cdot\psi_{03}\cdot Q_{k3} + \ldots$

Q_{tot} (pil)= 185 ton

Dopodichè si divide l'azione sui tre pali sottostanti che risulta quindi circa 60 ton ogni palo
Tale valore va confrontato con la sollecitazione assiale agente sul palo ricavate dal modello in condizioni SLU.



Per cui il valore calcolato a mano risulta compatibile con quello con quello ricavato dall'analisi.

3. AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO

Origine e caratteristiche del codice di calcolo

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:
Denominazione del software: *Sismicad 12.20*
Produttore del software: *Concrete*
Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy
http://www.concrete.it
Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720
Versione: 12.20
Identificatore licenza:
Intestatario della licenza: Versione regolarmente licenziata

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova

interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:
La società produttrice, Concrete s.r.l., ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Validazione dei codici di calcolo
La struttura in progetto NON è relativa ad un'opera di particolare importanza, ritenute tali dal committente, per questo NON sono stati eseguiti controlli incrociati sui risultati di calcolo attraverso l'esecuzione nuovamente dei calcoli da soggetto, prescelto dal Committente, diverso da quello originario mediante programmi di calcolo diversi da quelli usati originariamente.

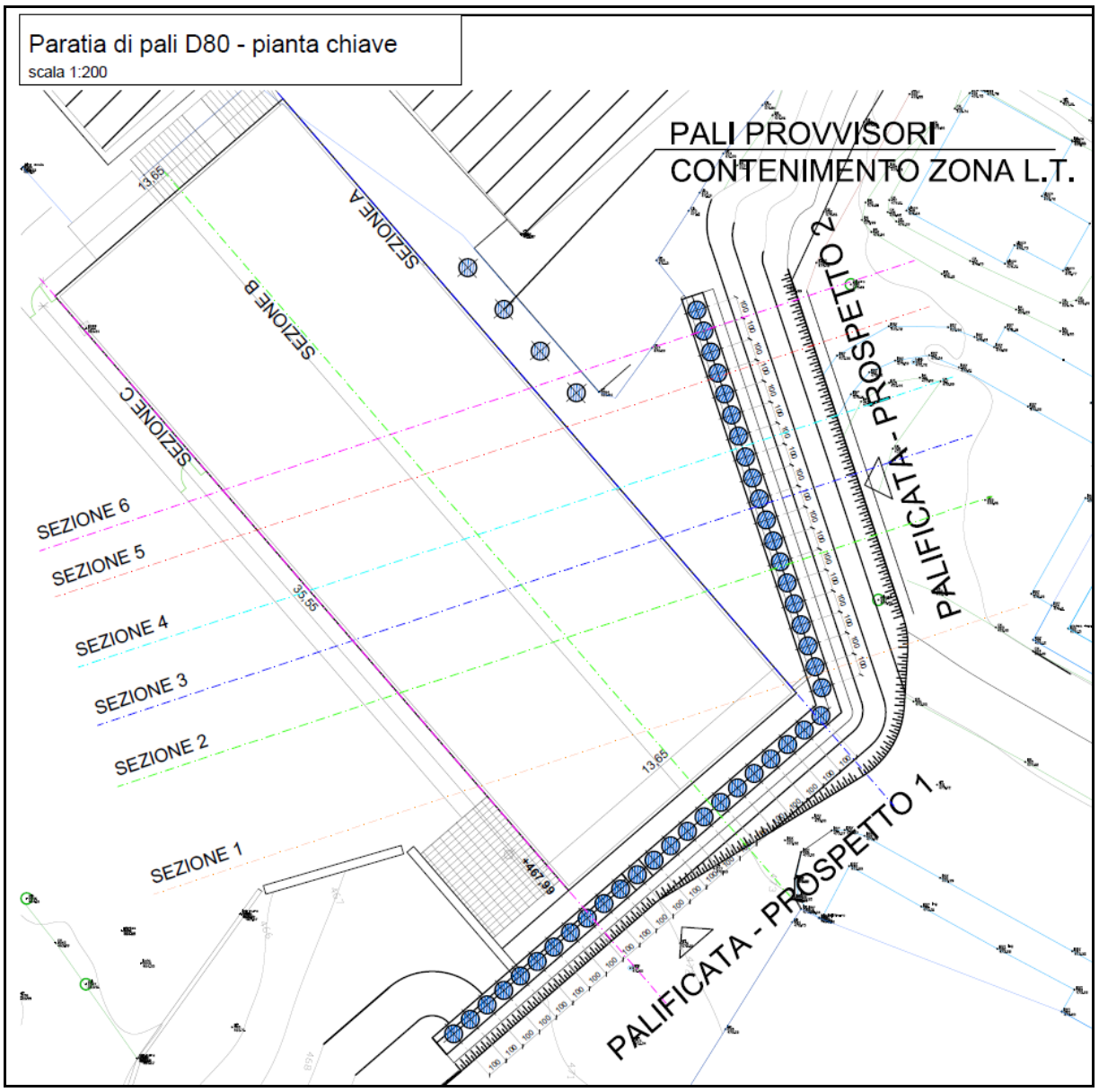
Modalità di presentazione dei risultati
La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. In particolare la relazione di calcolo oltre a illustrare in modo esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini, almeno per le parti più sollecitate della struttura, tale da avere una sintesi completa e efficace del comportamento della struttura per ogni tipo di analisi svolta.

Informazioni generali sull'elaborazione
Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione, del non rispetto delle limitazioni geometriche e di armatura e della presenza di elementi non verificati. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabulare, la quasi totalità dei dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

4. RELAZIONE DI CALCOLO PARATIE

4.1.INDIVIDUAZIONE DEI TRATTI DI PARATIA

Di seguito si riporta la pianta con l'individuazione dei tratti della palificata di contenimento.



In particolare i due tratti sono analizzati nei seguenti punti:

- PALIFICATA (prospetto 1) Tratto 1: vedi punto 4.2 della presente.
- PALIFICATA (prospetto 2) Tratto 2: vedi punto 4.3 della presente.

La struttura a sostegno del terreno si rende necessaria per poter effettuare lo scavo di sbancamento e realizzare la struttura dell'edificio principale a partire dalle fondazioni.

La palificata è costituita da pali D=80cm L=12,50m e 10,50m con doppio ordine di tiranti ancorati su altrettanti cordoli in C.A.

Una volta realizzato l'edificio parte della palificata sarà ancorata alla struttura di quest'ultimo (TRATTO 1) e parte sarà interrata fino a livello del cordolo di secondo ordine (TRATTO 2): i tiranti hanno infatti carattere provvisorio.

I tratti della palificata sono stati pertanto dimensionati in 2 fasi distinti, ovvero nelle due fasi in cui le condizioni al contorno sono essenzialmente distinte:

- FASE TRANSITORIA
- FASE PERMANENTE

4.2.PARATIA TRATTO 1

La palificata è costituita da pali D=80cm L=12,50m e 10,50m con doppio ordine di tiranti ancorati su altrettanti cordoli in C.A.
Una volta realizzato l'edificio buona parte del tratto di palificata sarà ancorata alla struttura di quest'ultimo. I tiranti hanno carattere provvisorio.

Tale struttura è stata dimensionata in 2 fasi distinti, ovvero nelle due fasi in cui le condizioni al contorno sono essenzialmente distinte.

Fase 1: durante la fase di realizzazione della struttura la paratia, con luce libera di circa 8,50m, necessita l'inserimento di 2 ordini di tiranti posti in corrispondenza del cordolo sommitale (quota approssimativamente pari a quella del solaio di copertura dell'edificio) e di quello a quota inferiore (pari a quella del solaio di primo ordine dell'edificio).
I 2 ordini di tiranti permettono di mettere in sicurezza lo scavo durante le fasi di realizzazione. I tiranti, quindi avranno una funzione prettamente temporanea per consentire lo sbancamento per la realizzazione dell'edificio a partire dalle fondazioni e la loro funzione non viene più considerata durante la successiva fase, ovvero quella permanente.

Fase 2: è la fase finale con la struttura realizzata e quindi permanente. In questa configurazione, come detto precedentemente, la funzione dei tiranti non sarà più necessaria in quanto in buona parte di questo tratto di palificata sarà ancorata all'edificio principale (che offrirà adeguato contrasto) con elementi metallici con funzione di tiranti-puntoni posti a livello dei solai strutturali dell'edificio.

4.2.1.Fase transitoria

Normative di riferimento

- Legge nr. 1086 del 05/11/1971.
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge nr. 64 del 02/02/1974.
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. LL.PP. del 11/03/1988.
Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e

le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. LL.PP. del 14/02/1992.
Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 9 Gennaio 1996
Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche relative ai 'Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi'.
- D.M. 16 Gennaio 1996
Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.
- Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.
Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.
Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018).
- Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018

Richiami teorici

Metodo di analisi

Calcolo della profondità di infissione

Nel caso generale l'equilibrio della paratia è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la controspinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.
Nel caso di paratia tirantata nell'equilibrio della struttura intervengono gli sforzi dei tiranti (diretti verso monte); in questo caso, se la paratia non è sufficientemente infissa, la controspinta sarà assente.
Pertanto il primo passo da compiere nella progettazione è il calcolo della profondità di infissione necessaria ad assicurare l'equilibrio fra i carichi agenti (spinta attiva, resistenza passiva, controspinta, tiro dei tiranti ed eventuali carichi esterni).
Nel calcolo classico delle paratie si suppone che essa sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo (per paratie non tirantate).
Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla paratia. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.
Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

K_{am} diagramma della spinta attiva agente da monte
K_{av} diagramma della spinta attiva agente da valle sulla parte interrata
K_{pm} diagramma della spinta passiva agente da monte
K_{pv} diagramma della spinta passiva agente da valle sulla parte interrata.

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti

$D_m = K_{pm} - K_{av}$ e $D_v = K_{pv} - K_{am}$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla paratia. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.
Per mettere in conto un fattore di sicurezza nel calcolo delle profondità di infissione
si può agire con tre modalità :
1. applicazione di un coefficiente moltiplicativo alla profondità di infissione strettamente necessaria per l'equilibrio
2. riduzione della spinta passiva tramite un coefficiente di sicurezza
3. riduzione delle caratteristiche del terreno tramite coefficienti di sicurezza su tan(ϕ) e sulla coesione

Calcolo della spinte

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).
La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente.
Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).
I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:
- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio *(W)*, carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura *(R e C)* e resistenza per coesione lungo la parete *(A)*;
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.
Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata *z*. Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Spinta in presenza di sisma

Per tenere conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di **Mononobe-Okabe** (cui fa riferimento la Normativa Italiana).
Il metodo di Mononobe-Okabe considera nell'equilibrio del cuneo spingente la forza di inerzia dovuta al sisma. Indicando con *W* il peso del cuneo e con *C* il coefficiente di intensità sismica la forza di inerzia valutata come

$$F_i = W * C$$

Indicando con *S* la spinta calcolata in condizioni statiche e con S_s la spinta totale in condizioni sismiche l'incremento di spinta è ottenuto come

$$DS = S - S_s$$

L'incremento di spinta viene applicato a 1/3 dell'altezza della parete stessa(diagramma triangolare con vertice in alto).

Tiranti di ancoraggio

Le paratie possono essere tirantate, con tiranti attivi o con tiranti passivi, realizzati entrambi tramite perforazione e iniezione del foro con malta in pressione previa sistemazione delle armature opportune.
I tiranti attivi, contrariamente ai tiranti passivi, sono sottoposti ad uno sforzo di pretensione prendendo il contrasto sulla struttura stessa. Il tiro finale sul tirante attivo dipende sia dalla pretensione che dalla deformazione della struttura oltre che dalle cadute di tensione. Nel caso di tiranti passivi il tiro dipende unicamente dalla deformabilità della struttura. L'armatura dei tiranti attivi è costituita da trefoli ad alta resistenza (trefoli per c.a.p.), viceversa i tiranti passivi possono essere armati con trefoli o con tondini o, in alcuni casi, con profilati tubolari.
La capacità di resistenza dei tiranti è legata all'attrito e all'aderenza fra superficie del tirante e terreno.

Calcolo della lunghezza di ancoraggio

La lunghezza di ancoraggio (fondazione) del tirante si calcola determinando la lunghezza massima atta a soddisfare le tre seguenti condizioni:

1. Lunghezza necessaria per garantire l'equilibrio fra tensione tangenziale che si sviluppa fra la superficie laterale del tirante ed il terreno e lo sforzo applicato al tirante;
2. Lunghezza necessaria a garantire l'aderenza malta-armatura;
3. Lunghezza necessaria a garantire la resistenza della malta.

Siano **N** lo sforzo nel tirante, δ l'angolo d'attrito tirante-terreno, c_a l'adesione tirante-terreno, γ il peso di volume del terreno, **D** ed L_f il diametro e la lunghezza di ancoraggio (o lunghezza efficace) del tirante ed **H** la profondità media al di sotto del piano campagna abbiamo la relazione

$$N = \pi D L_f \gamma H K_s tg \delta + \pi D L_f c_a$$

da cui si ricava la lunghezza di ancoraggio L_f

$$L_f = \frac{N}{\pi D \gamma H K_s tg \delta + \pi D c_a}$$

K_s rappresenta il coefficiente di spinta che si assume pari al coefficiente di spinta a riposo

$$K_s = K_0 = 1 - \sin \phi$$

Per quanto riguarda la seconda condizione, la lunghezza necessaria atta a garantire l'aderenza malta-armatura è data dalla relazione

$$L_f = \frac{N}{\pi d \tau_{c0} \omega}$$

dove **d** è la somma dei diametri dei trefoli disposti nel tirante, τ_{c0} è la resistenza tangenziale limite della malta ed ω è un coefficiente correttivo dipendente dal numero di trefoli (ω **= 1 - 0.075 [n trefoli - 1]**).
Per quanto riguarda la verifica della terza condizione si impone che la tensione tangenziale limite tirante-terreno non possa superare la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo $f1_{bd}$.
Alla lunghezza efficace determinata prendendo il massimo valore di L_f si deve aggiungere la lunghezza di franco L_l che rappresenta la lunghezza del tratto che compreso fra la paratia e la superficie di ancoraggio.
La lunghezza totale del tirante sarà quindi data da

$$L = L_f + L_l$$

Nel caso di tiranti attivi, cioè tiranti soggetti ad uno stato di pretensione, bisogna considerare le cadute di tensione. A tale scopo è stato introdotto il coefficiente di caduta di tensione, β, che rappresenta il rapporto fra lo sforzo N_0 al momento del tiro e lo sforzo **N** in esercizio

$$\beta = N_0 / N$$

Analisi ad elementi finiti

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.
La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.
I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

Schematizzazione del terreno

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidezza della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L^3]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) l'area equivalente della molla sarà A_m=m*b.
Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidezza flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidezza di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidezza degli elementi della paratia (elementi a rigidezza flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidezza dei tiranti (solo rigidezza assiale) e delle molle (rigidezza assiale).

Modalità di analisi e comportamento elasto-plastico del terreno

A questo punto vediamo come è effettuata l'analisi. Un tipo di analisi molto semplice e veloce sarebbe l'analisi elastica (peraltro disponibile nel programma ***PAC***). Ma si intuisce che considerare il terreno con un comportamento infinitamente elastico è una approssimazione alquanto grossolana. Occorre quindi introdurre qualche correttivo che meglio ci aiuti a modellare il terreno. Fra le varie soluzioni possibili una delle più praticabili e che fornisce risultati soddisfacenti è quella di considerare il terreno con comportamento elasto-plastico perfetto. Si assume cioè che la curva sforzi-deformazioni del terreno abbia andamento bilatero. Rimane da scegliere il criterio di plasticizzazione del terreno (molle). Si può fare riferimento ad un criterio di tipo cinematico: la resistenza della molla cresce con la deformazione fino a quando lo spostamento non raggiunge il valore X_{max}; una volta superato tale spostamento limite non si ha più incremento di resistenza all'aumentare degli spostamenti. Un altro criterio può essere di tipo statico: si assume che la molla abbia una resistenza crescente fino al raggiungimento di una pressione p_{max}. Tale pressione p_{max} può essere imposta pari al valore della pressione passiva in corrispondenza della quota della molla. D'altronde un ulteriore criterio si può ottenere dalla combinazione dei due descritti precedentemente: plasticizzazione o per raggiungimento dello spostamento limite o per raggiungimento della pressione passiva. Dal punto di vista strettamente numerico è chiaro che l'introduzione di criteri di plasticizzazione porta ad analisi di tipo non lineare (non linearità meccaniche). Questo comporta un aggravio computazionale non indifferente. L'entità di tale aggravio dipende poi dalla particolare tecnica adottata per la soluzione. Nel caso di analisi elastica lineare il problema si risolve immediatamente con la soluzione del sistema fondamentale (K matrice di rigidezza, u vettore degli spostamenti nodali, p vettore dei carichi nodali)

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p0, fino a raggiungere il carico totale p. Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassemblata escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidezza è particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassemblaggio e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).
Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Analisi per fasi di scavo

L'analisi della paratia per fasi di scavo consente di ottenere informazioni dettagliate sullo stato di sollecitazione e deformazione dell'opera durante la fase di realizzazione. In ogni fase lo stato di sollecitazione e di deformazione dipende dalla 'storia' dello scavo (soprattutto nel caso di paratie tirantate o vincolate).
Definite le varie altezze di scavo (in funzione della posizione di tiranti, vincoli, o altro) si procede per ogni fase al calcolo delle spinte inserendo gli elementi (tiranti, vincoli o carichi) attivi per quella fase, tendendo conto delle deformazioni dello stato precedente. Ad esempio, se sono presenti dei tiranti passivi si inserirà nell'analisi della fase la 'molla' che lo rappresenta. Indicando con u ed u_0 gli spostamenti nella fase attuale e nella fase precedente, con s ed s_0 gli sforzi nella fase attuale e nella fase precedente e con K la matrice di rigidezza della 'struttura' la relazione sforzi-deformazione è esprimibile nella forma

$$s=s_0+K(u-u_0)$$

Le modalità di analisi sono più complicate nel caso di tiranti attivi in quanto è importante conoscere la modalità di tiro: infatti il tirante può essere tesato prima dello scavo, oppure tesato alla fine della corrispondente fase di scavo, oppure al termine di tutto lo scavo. Nella fase in cui il tirante è tesato verra inserita una molla con uno stato di pretensione pari allo sforzo di tesatura. Nelle fasi successive il tirante verrà considerato come una semplice molla che 'ricorda', naturalmente, lo sforzo della fase precedente.
Ovviamente si otterranno soluzioni differenti in funzione della modalità di tiro selezionata.
Nel caso di tiranti attivi, inoltre, è analizzata un fase ulteriore (a lungo termine) nella quale il tiro iniziale è depurato delle cadute di tensione.
In sostanza analizzare la paratia per fasi di scavo oppure 'direttamente' porta a risultati abbastanza diversi sia per quanto riguarda lo stato di deformazione e sollecitazione dell'opera sia per quanto riguarda il tiro dei tiranti.

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso paratia+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 1,10.
È usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento è supposta circolare.
In particolare il programma esamina, per un dato centro 3 cerchi differenti: un cerchio passante per la linea di fondo scavo, un cerchio passante per il piede della paratia ed un cerchio passante per il punto medio della parte interrata. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità della paratia. Il numero di strisce è pari a 50.

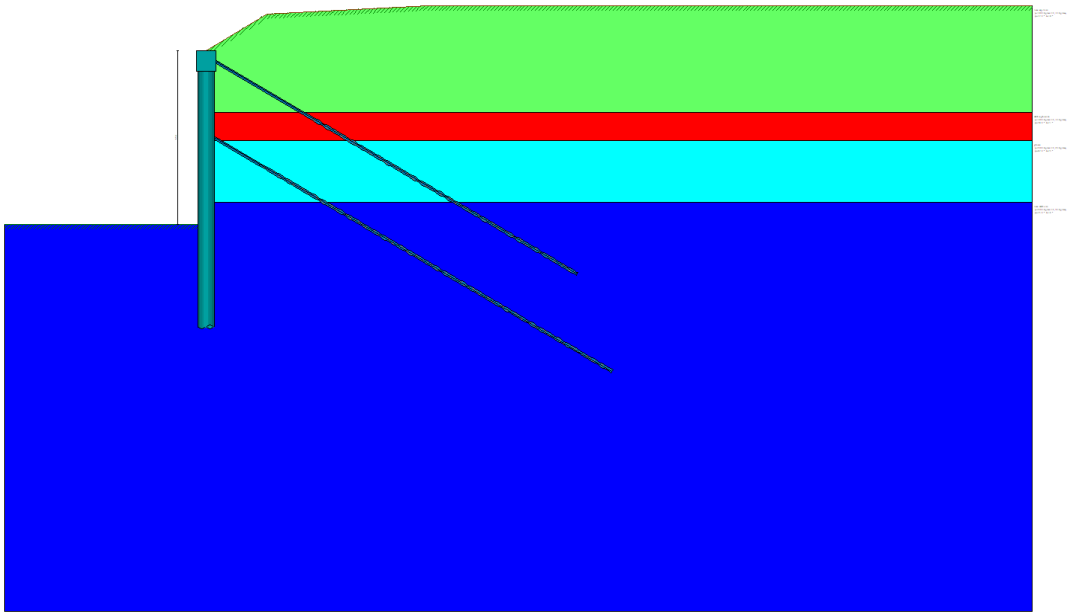
Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\Sigma_i \left(\frac{c_i b_i}{\cos\alpha_i} + [W_i \cos\alpha_i - u_i l_i] \mathrm{tg}\phi_i \right)}{\Sigma_i W_i \sin\alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i_{esima} rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i_{esima} e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.
Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i/\cos\alpha_i$).
Quindi, assunto un cerchio di tentativo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η. Questo procedimento è eseguito per il numero di centri prefissato e è assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

PARATIA FASE TRANSITORIA

Dati



Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	8,50	[m]
Profondità di infissione	5,00	[m]
Altezza totale della paratia	13,50	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,00	[m]
Diametro dei pali	80,00	[cm]
Numero totale di pali	9	
Numero di pali per metro lineare	0.90	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo

B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio

A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		*[cm]*	*[cm]*	*[cmq]*	*[cm^3]*
1	0,00	Calcestruzzo	100,00	100,00	--	--
2	4,25	Calcestruzzo	50,00	100,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
2	3,00	1,80	30.96
3	11,00	2,20	2.86
4	40,00	2,20	0.00
5	41,00	2,20	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
1	-10,00	-8,50	0.00
2	0,00	-8,50	30.96

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	limo argilloso	1900,0	2100,0	22.00	14.00	0,100
2	sabbia ghiaiosa	1900,0	2000,0	34.00	21.00	0,100
3	ghiaia	2000,0	2100,0	42.00	25.00	0,200
4	limo sabbioso	2000,0	2000,0	25.00	16.00	0,300

Parametri per il calcolo dei tiranti

Simbologia adottata

ϕ_{min} angolo d'attrito minimo interno del terreno espresso in [°]
δ_{min} angolo d'attrito minimo terreno/paratia espresso in [°]
c_{min} coesione minima del terreno espressa in [kg/cmq]
ϕ_{med} angolo d'attrito medio interno del terreno espresso in [°]
δ_{med} angolo d'attrito medio terreno/paratia espresso in [°]
c_{med} coesione media del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	ϕ_{min}	ϕ_{med}	δ_{min}	δ_{med}	c_{min}	c_{med}
		[°]	*[°]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*
1	limo argilloso	22.00	22.00	14.00	14.00	0,100	0,100
2	sabbia ghiaiosa	34.00	34.00	21.00	21.00	0,100	0,100
3	ghiaia	42.00	42.00	25.00	25.00	0,200	0,200
4	limo sabbioso	25.00	25.00	16.00	16.00	0,300	0,300

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	K_{WM}	K_{WV}	Terreno M	Terreno V
	[m]	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq/cm]*	*[kg/cmq/cm]*		
1	3,00	0.00	0.00	0.62	0.62	limo argilloso	limo argilloso
2	1,40	0.00	0.00	1.85	1.85	sabbia ghiaiosa	sabbia ghiaiosa
3	3,00	0.00	0.00	4.39	4.39	ghiaia	ghiaia
4	20,00	0.00	0.00	5.60	5.60	limo sabbioso	limo sabbioso

Caratteristiche tiranti di ancoraggio

Tipologia tiranti n° 1 - Tirante attivo (trefoli)

Calcolo tiranti:	PROGETTO	
Diametro della perforazione	12,00	[cm]
Coeff. di espansione laterale	1.00	
Malta utilizzata per i tiranti		
Classe di Resistenza	Rck 250	
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	250	[kg/cmq]
Acciaio utilizzato per i tiranti		
Tipo	Precomp	
Tensione di snervamento f_{yk}	16000	[kg/cmq]
Tiranti attivi armati con trefoli		
Area del singolo trefolo:	0,93	[cmq]
Numero di trefoli del tirante:	6	
Coefficiente cadute di tensione:	1.30	
Coeff. correttivo ω:	SI	

I parametri di interazione tiranti-terreno sono stati definiti come percentuale di angolo di attrito e coesione dello strato:

- Aliquota angolo di attrito	50.00	[%]
- Aliquota coesione	30.00	[%]
Superficie di ancoraggio	Angolo di rottura	
Coefficiente di spinta	Spinta a riposo	
Tensione limite resistenza malta	Tensione tangenziale aderenza acciaio-cls f_{bd}	

Descrizione tiranti di ancoraggio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della fila
Tipologia	Descrizione tipologia tirante
Y	ordinata della fila espressa in [m] misurata dalla testa della paratia
I	interasse tra le file di tiranti espressa in [m]
f	franco laterale espressa in [m]
alfa	inclinazione dei tiranti della fila rispetto all'orizzontale espressa in [°]
ALL	allineamento dei tiranti della fila (CENTRATI o SFALSATI)
nr	numero di tiranti della fila
Lt	lunghezza totale del tirante espresso in [m]
Lf	lunghezza di fondazione del tirante espresso in [m]
T	tiro iniziale espresso in [kg]

n°	Tipo	Y	I	f	Alfa	ALL	nr	Lt	Lf	T
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[°]*			*[m]*	*[m]*	*[kg]*
1	Tirante attivo (trefoli)	0,50	2,00	0,20	30.00	Centrati	5	---	--	5000,00
2	Tirante attivo (trefoli)	4,25	2,00	0,20	30.00	Centrati	5	---	--	5000,00

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls}	Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls	Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck	Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
E	Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
Acciaio	Tipo di acciaio
n	Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls}	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kg/mc]		*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*		
Paratia	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Descrizione	$\gamma_{acciaio}$	E
	[kg/mc]	*[kg/cmq]*
Paratia	7850	2100000

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	

Combinazione n° 2 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	**Effetto**		**A1**	**A2**	**A1**	**A2**
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

TIRANTI DI ANCORAGGIO

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		**R3**
Laterale	γ_{st}	1,20

Coefficienti di riduzione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica dei tiranti.

Numero di verticali indagate 1 ξ_3=1,80 ξ_4=1,80

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio
Sezione in c.a.

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$
$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$
con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]

fcd'=0.5*fcd

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 170 elementi fuori terra e 100 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	8,50	[m]
Profondità di infissione	5,00	[m]
Altezza totale della paratia	13,50	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kg]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLU - STR	17942	5,54	--	--	--	--	-10746	9,61	2468	12,92
2	SLU - GEO	18405	5,50	--	--	--	--	-10541	9,95	2671	12,98

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLU - STR	0	0,00	9661	2,89	0	0,00	0	0,00
2	SLU - GEO	0	0,00	10532	2,93	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pd
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[%]*	*[%]*	*[m]*
1	SLU - STR	8,50	9,00	11,77	9,90	6,06	33449
2	SLU - GEO	8,50	9,80	11,94	26,73	10,18	---

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]

N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	Y_M	T	Y_T	N	Y_N	
		[kgm]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	
1	SLU - STR	5487	10,20	8279	8,50	20846	13,50	MAX
		-8581	6,20	-3506	1,30	0	0,00	MIN
2	SLU - GEO	5419	10,45	7871	8,50	21349	13,50	MAX
		-10167	6,40	-4073	4,25	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	Y_U	V	Y_V	
		[cm]	*[m]*	*[cm]*	*[m]*	
1	SLU - STR	0,2719	3,95	0,0112	0,00	MAX
		-0,0501	13,50	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - GEO	0,3119	4,35	0,0115	0,00	MAX
		-0,0605	13,50	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata
n° Indice combinazione/Fase
Tipo Tipo combinazione/Fase
Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	*[cm]*
1	SLU - STR	6,2300	0,2719
2	SLU - GEO	6,2300	0,3119

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T Reazione tiranti espresso in [kg]
P Reazione puntoni espresso in [kg]
V Reazione vincoli espresso in [kg]
C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento
I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della partia.
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS_{RIB}	FS_{SCO}
		[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kgm]*		
2	SLU - GEO	59815 9,46	89222 11,56	0 0,00	10532 2,93	0 0,00	0 0,00	0 0,00	234328	284011	1.212	1.718

Stabilità globale

Simbologia adottata
n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase

(X_C; Y_C)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza
R	Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X_C, Y_C	R	X_V, Y_V	X_M, Y_M	FS	R
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*		
2	SLU - GEO	-1,35; 0,00	13,57	-11,94; -8,48	12,05; -2,14	1.624	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle

N°	numero d'ordine della striscia
W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
L	sviluppo della base della striscia espressa in [m] (L=b/cosα)
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt	contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 2 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
1	254,03	-49.73	0,74	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
2	765,16	-46.70	0,70	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
3	1226,04	-43.83	0,66	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
4	1643,83	-41.10	0,63	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
5	2023,89	-38.47	0,61	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
6	2370,36	-35.94	0,59	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
7	2686,46	-33.48	0,57	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
8	2974,81	-31.10	0,56	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
9	3237,53	-28.77	0,54	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
10	3476,36	-26.49	0,53	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
11	3692,76	-24.26	0,52	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
12	3887,95	-22.07	0,52	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
13	4062,94	-19.91	0,51	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
14	4218,60	-17.78	0,50	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
15	4355,65	-15.67	0,50	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
16	4474,70	-13.58	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
17	4576,25	-11.52	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
18	4660,74	-9.47	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
19	4728,48	-7.43	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
20	4779,75	-5.40	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
21	4814,75	-3.38	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
22	4833,59	-1.36	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
23	4836,37	0.66	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
24	4823,08	2.68	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
25	4793,67	4.70	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
26	12403,99	6.70	0,47	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
27	12590,80	8.67	0,47	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
28	12762,42	10.66	0,47	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
29	12918,58	12.65	0,47	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
30	13058,93	14.67	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
31	13183,07	16.70	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
32	13259,52	18.76	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
33	13150,54	20.84	0,50	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
34	12998,33	22.95	0,50	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
35	12827,30	25.09	0,51	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
36	12636,50	27.27	0,52	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
37	12424,77	29.50	0,53	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
38	12190,75	31.77	0,55	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
39	11932,80	34.10	0,56	20.46	0,240	0,000	(0; 0)

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
40	11648,93	36.50	0,58	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
41	11336,72	38.98	0,60	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
42	10993,15	41.54	0,62	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
43	10614,40	44.22	0,65	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
44	10195,51	47.02	0,68	20.46	0,240	0,000	(3769; 869)
45	9729,90	49.97	0,72	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
46	9208,44	53.13	0,77	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
47	8617,85	56.53	0,84	28.11	0,200	0,000	(0; 0)
48	7937,39	60.28	0,93	35.77	0,160	0,000	(1789; 0)
49	7130,30	64.53	1,08	35.77	0,160	0,000	(0; 0)
50	6109,12	69.61	1,33	35.77	0,160	0,000	(0; 0)
51	4682,73	76.67	2,01	23.13	0,080	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
ΣW_i = 374740,48 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$ = 120125,01 [kg]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$ = 122104,32 [kg]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$ = 68900,39 [kg]

Risultati tiranti

Simbologia adottata

N	sforzo su ogni tirante della fila espresso in [kg]
A_f	area di armatura in ogni tirante espressa in [cmq]
L	lunghezza totale di progetto del tirante espressa in [m]
Lf	lunghezza di fondazione di progetto del tirante espressa in [m]
σ_f	tensione di trazione nell'acciaio del tirante espressa in [kg/cmq]
u	spostamento orizzontale del tirante della fila, positivo verso valle, espresso in [cm]
R1, R2, R3	resistenza nei tre meccanismi considerati (sfilamento della fondazione, aderenza malta-armatura, resistenza malta) espressa in [kg]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto min(R1, R2, R3)/N)

n°	N	Af	Lf	L	σ_f	u	R1	R2	R3	FS	cmb
	[kg]	*[cmq]*	*[m]*	*[m]*	*[kg/cmq]*	*[cm]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*		
1	8537	5,58	15,90	20,80	1529,92	0,23286	8599	315837	880748	1.007	2
2	14213	5,58	20,20	22,80	2547,16	0,27133	14217	439994	1226974	1.000	1

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura del palo espressa in [cmq]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N	sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
M_u	momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N_u	sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
Fs	coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	Af	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	*[cmq]*	*[kgm]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kg]*	
2 - SLU - GEO	6,25	31,42	-11273	14610	-56976	73844	5.054

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A_{sw}	area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V_{Ed}	taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V_{Rd}	taglio resistente, espresso in [kg]
FS	coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/ V_{Ed})
cotgθ	inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y	A_{sw}	s	V_{Ed}	V_{Rd}	FS	cotgθ
	[m]	*[cmq]*	*[cm]*	*[kg]*	*[kg]*		
1 - SLU - STR	8,50	1,57	15,00	9199	61377	6.672	2,50

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

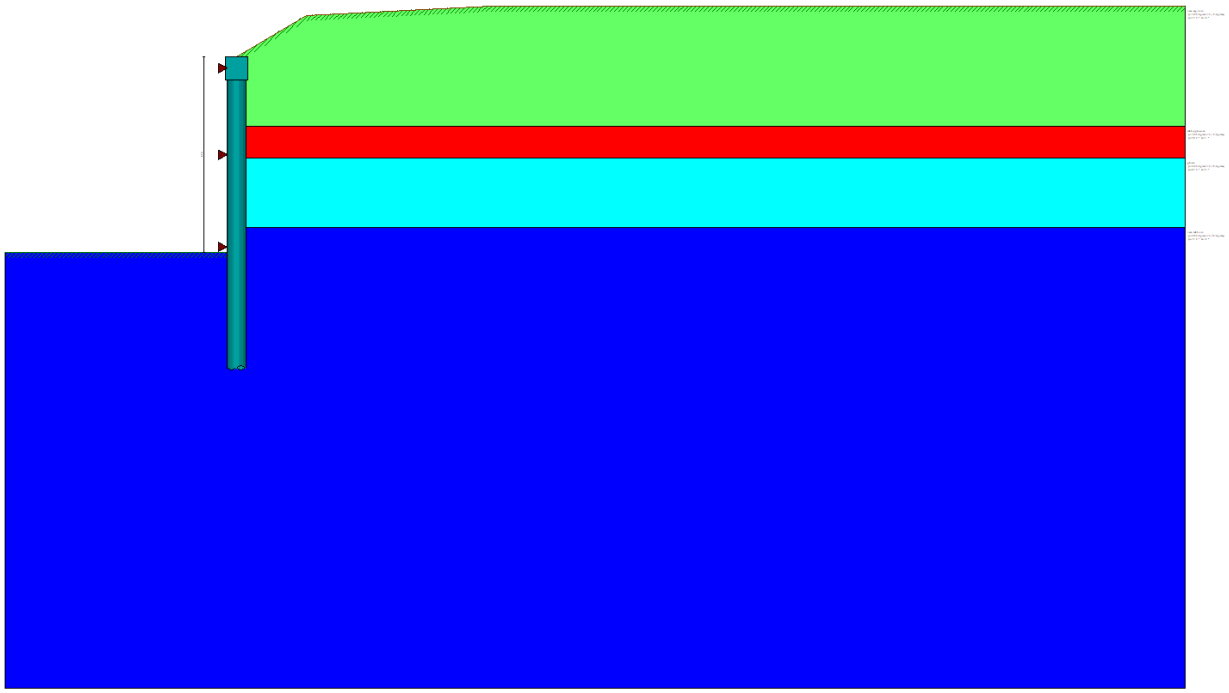
B=100,00 [cm]	H=100,00 [cm]		
A_{fv}=32,17 [cmq]	A_{fh}=28,15 [cmq]	Staffe ϕ10/10	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=1848 [kgm]	M_{uh}=120190 [kgm]	FS=65.03	
T_h=3697 [kg]	T_{Rh}=220983 [kg]	FS_T=59.78	cotgθh=2.50
M_v=1067 [kgm]	M_{uv}=120190 [kgm]	FS=112.63	
T_v=2134 [kg]	T_R=220983 [kg]	FS_{Tv}=103.54	cotgθv=2.50

Cordolo N° 2 (X=4,25 m) (Cordolo in c.a.)

B=50,00 [cm]	H=100,00 [cm]		
A_{fv}=16,08 [cmq]	A_{fh}=12,06 [cmq]	Staffe ϕ10/10	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=3418 [kgm]	M_{uh}=28660 [kgm]	FS=8.39	
T_h=6836 [kg]	T_{Rh}=117786 [kg]	FS_T=17.23	cotgθh=2.18
M_v=1973 [kgm]	M_{uv}=60095 [kgm]	FS=30.46	
T_v=3946 [kg]	T_R=110492 [kg]	FS_{Tv}=28.00	cotgθv=2.50

4.2.2.Fase permanente

Dati



Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**		
Altezza fuori terra	8,50	[m]
Profondità di infissione	5,00	[m]
Altezza totale della paratia	13,50	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,00	[m]
Diametro dei pali	80,00	[cm]
Numero totale di pali	9	
Numero di pali per metro lineare	0.90	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		*[cm]*	*[cm]*	*[cmq]*	*[cm^3]*
1	0,00	Calcestruzzo	100,00	100,00	--	--
2	4,25	Calcestruzzo	50,00	100,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
2	3,00	1,80	30.96
3	11,00	2,20	2.86
4	40,00	2,20	0.00
5	41,00	2,20	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
1	-10,00	-8,50	0.00
2	0,00	-8,50	30.96

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	γ	γ_{sat}	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	limo argilloso	1900,0	2100,0	22.00	14.00	0,100
2	sabbia ghiaiosa	1900,0	2000,0	34.00	21.00	0,100
3	ghiaia	2000,0	2100,0	42.00	25.00	0,200
4	limo sabbioso	2000,0	2000,0	25.00	16.00	0,300

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm^2/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	α_M	α_V	K_{WM}	K_{WV}	Terreno M	Terreno V
	[m]	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq/cm]*	*[kg/cmq/cm]*		
1	3,00	0.00	0.00	0.62	0.62	limo argilloso	limo argilloso
2	1,40	0.00	0.00	1.85	1.85	sabbia ghiaiosa	sabbia ghiaiosa
3	3,00	0.00	0.00	4.39	4.39	ghiaia	ghiaia
4	20,00	0.00	0.00	5.60	5.60	limo sabbioso	limo sabbioso

Vincoli lungo l'altezza della paratia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del vincolo
Y ordinata del vincolo rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
V_x Vincolo in direzione orizzontale
K_x Rigidezza vincolo in direzione orizzontale espresso in [Kg/cm]
V_r Vincolo alla rotazione
K_r Rigidezza vincolo alla rotazione espresso in [Kgm/°]

N°	Y	V_x	K_x	V_r	K_r
	[m]		*[Kg/cm]*		*[Kgm/°]*
1	0,50	V. RIGIDO	--	LIBERO	--
2	4,25	V. RIGIDO	--	LIBERO	--
3	8,25	V. RIGIDO	--	LIBERO	--

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γ_{cls} Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
E Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
Acciaio Tipo di acciaio
n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γ_{cls}	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kg/mc]		*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*		
Paratia	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Descrizione	$\gamma_{acciaio}$	E
	[kg/mc]	*[kg/cmq]*
Paratia	7850	2100000

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLV - STR (A1-M1-R3)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 2 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 4 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 5 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 6 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 7 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	**Effetto**		**A1**	**A2**	**A1**	**A2**
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio
Sezione in c.a.

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$
$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$
con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]

A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]

fcd'=0.5*fcd

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20
	w_2 = 0.30
	w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008-2018 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80\ f_{yk}$
	Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine	43.362370
Longitudine	12.327352
Comune	Montone
Provincia	Perugia
Regione	Umbria
Punti di interpolazione del reticolo	21850 - 22072 - 22073 - 21851

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera di importanza strategica
Vita nominale	100 anni
Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	150 anni

Combinazioni/Fase	**SLU**	**SLE**
Accelerazione al suolo [m/s^2]	3.205	1.456
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.410	2.345
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.320	0.283
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.200	1.200

Tipo di sottosuolo	B	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.085	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza Us [m]	0.062	0.062
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.583	0.583
Prodotto α β	0.583 > 0.2	0.583 > 0.2
Coefficiente di intensità sismica (percento)	24.795	12.457
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte
Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 170 elementi fuori terra e 100 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	8,50	[m]
Profondità di infissione	5,00	[m]
Altezza totale della paratia	13,50	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Pa Spinta attiva, espressa in [kg]
Is Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLV - STR	9637	5,61	16895	5,67	--	--	0	0,00	1077	10,83
2	SLU - STR	17948	5,54	--	--	--	--	0	0,00	556	10,83
3	SLV - GEO	9637	5,61	16895	5,67	--	--	0	0,00	1077	10,83
4	SLU - GEO	18412	5,50	--	--	--	--	0	0,00	595	10,83
5	SLE - Rara	10784	5,62	--	--	--	--	0	0,00	334	10,83
6	SLE - Frequente	10784	5,62	--	--	--	--	0	0,00	334	10,83
7	SLE - Quasi permanente	10784	5,62	--	--	--	--	0	0,00	334	10,83

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Rc Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLV - STR	0	0,00	0	0,00	-27609	5,85	0	0,00
2	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	-18504	5,70	0	0,00
3	SLV - GEO	0	0,00	0	0,00	-27609	5,85	0	0,00
4	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	-19007	5,66	0	0,00
5	SLE - Rara	0	0,00	0	0,00	-11118	5,78	0	0,00
6	SLE - Frequente	0	0,00	0	0,00	-11118	5,78	0	0,00
7	SLE - Quasi permanente	0	0,00	0	0,00	-11118	5,78	0	0,00

Simbologia adottata
n° Indice della Combinazione/Fase
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL} Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV} Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT} Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX} Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pd Portanza di progetto, espressa in [kg]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pd
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[%]*	*[%]*	*[m]*
1	SLV - STR	8,50	8,50	3,50	0,00	0,29	33449
2	SLU - STR	8,50	8,50	3,50	0,00	0,12	33449
3	SLV - GEO	8,50	8,50	3,50	0,00	0,29	---

n°	Tipo	PNUL	PINV	CROT	MP	R/RMAX	Pd
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[%]*	*[%]*	*[m]*
4	SLU - GEO	8,50	8,50	3,50	0,00	0,20	---
5	SLE - Rara	8,50	8,50	3,50	0,00	0,09	---
6	SLE - Frequente	8,50	8,50	3,50	0,00	0,09	---
7	SLE - Quasi permanente	8,50	8,50	3,50	0,00	0,09	---

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	YM	T	YT	N	YN	
		[kgm]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	
1	SLV - STR	5177	4,25	9301	8,25	15268	13,50	MAX
		-4036	6,55	-7606	4,25	0	0,00	MIN
2	SLU - STR	3515	4,25	5825	8,25	15268	13,50	MAX
		-2073	6,70	-4401	4,25	0	0,00	MIN
3	SLV - GEO	5177	4,25	9301	8,25	15268	13,50	MAX
		-4036	6,55	-7606	4,25	0	0,00	MIN
4	SLU - GEO	3665	4,25	5923	8,25	15268	13,50	MAX
		-2234	6,65	-4699	4,25	0	0,00	MIN
5	SLE - Rara	2061	4,25	3553	8,25	15268	13,50	MAX
		-1247	6,70	-2578	4,25	0	0,00	MIN
6	SLE - Frequente	2061	4,25	3553	8,25	15268	13,50	MAX
		-1247	6,70	-2578	4,25	0	0,00	MIN
7	SLE - Quasi permanente	2061	4,25	3553	8,25	15268	13,50	MAX
		-1247	6,70	-2578	4,25	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	YU	V	YV	
		[cm]	*[m]*	*[cm]*	*[m]*	
1	SLV - STR	0,0090	6,40	0,0071	0,00	MAX
		-0,0052	10,30	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,0042	6,55	0,0071	0,00	MAX
		-0,0027	10,30	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - GEO	0,0090	6,40	0,0071	0,00	MAX
		-0,0052	10,30	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - GEO	0,0046	6,50	0,0071	0,00	MAX
		-0,0029	10,30	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Rara	0,0025	6,55	0,0071	0,00	MAX
		-0,0016	10,30	0,0000	0,00	MIN
6	SLE - Frequente	0,0025	6,55	0,0071	0,00	MAX
		-0,0016	10,30	0,0000	0,00	MIN
7	SLE - Quasi permanente	0,0025	6,55	0,0071	0,00	MAX
		-0,0016	10,30	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
Tipo Tipo combinazione/Fase
Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	*[cm]*
1	SLV - STR	6,2300	0,0090
2	SLU - STR	6,2300	0,0042
3	SLV - GEO	6,2300	0,0090

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	*[cm]*
4	SLU - GEO	6,2300	0,0046
5	SLE - Rara	6,2300	0,0025
6	SLE - Frequente	6,2300	0,0025
7	SLE - Quasi permanente	6,2300	0,0025

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T Reazione tiranti espresso in [kg]
P Reazione puntoni espresso in [kg]
V Reazione vincoli espresso in [kg]
C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento
I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della partia.
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS_{RIB}	FS_{SCO}
		[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kgm]*		
4	SLU - GEO	59815 9,46	89222 11,56	0 0,00	0 0,00	0 0,00	19007 5,66	0 0,00	234328	321670	1.373	1.864

Stabilità globale

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza
R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X_C, Y_C	R	X_V, Y_V	X_M, Y_M	FS	R
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*		
3	SLV - GEO	-2,70; 4,05	17,76	-15,27; -8,49	14,97; 2,20	1.590	1.200
4	SLU - GEO	-2,70; 0,00	13,77	-13,54; -8,48	10,90; -2,16	1.589	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle
N° numero d'ordine della striscia
W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b larghezza della striscia espressa in [m]
L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 4 - SLU - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
1	267,36	-50.38	0,76	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
2	803,53	-47.31	0,71	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
3	1286,41	-44.42	0,68	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
4	1723,81	-41.66	0,65	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
5	2121,54	-39.02	0,62	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
6	2484,04	-36.47	0,60	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
7	2814,81	-34.01	0,58	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
8	3116,62	-31.61	0,57	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
9	3391,75	-29.28	0,55	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
10	3642,06	-26.99	0,54	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
11	3869,08	-24.76	0,53	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
12	4074,11	-22.56	0,52	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
13	4258,25	-20.39	0,52	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
14	4422,40	-18.26	0,51	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
15	4567,33	-16.15	0,50	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
16	4693,69	-14.07	0,50	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
17	4802,03	-12.00	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
18	4892,79	-9.95	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
19	4966,33	-7.91	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
20	5022,95	-5.88	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
21	5062,85	-3.86	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
22	5086,19	-1.85	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
23	5093,06	0.17	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
24	5083,48	2.18	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
25	5057,41	4.20	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
26	5014,76	6.22	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
27	4955,37	8.25	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
28	4879,01	10.29	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
29	12663,01	12.32	0,48	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
30	12812,48	14.35	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
31	12944,95	16.39	0,49	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
32	13059,90	18.46	0,50	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
33	13156,72	20.55	0,51	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
34	13234,69	22.67	0,51	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
35	13240,60	24.83	0,52	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
36	13056,51	27.02	0,53	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
37	12837,59	29.26	0,54	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
38	12595,36	31.54	0,56	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
39	12328,09	33.89	0,57	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
40	12033,73	36.30	0,59	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
41	11709,74	38.79	0,61	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
42	11352,96	41.37	0,63	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
43	10959,42	44.05	0,66	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
44	10523,94	46.87	0,69	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
45	10039,65	49.84	0,73	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
46	9497,00	53.01	0,79	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
47	8882,13	56.43	0,86	20.46	0,240	0,000	(0; 0)
48	8173,34	60.19	0,95	35.77	0,160	0,000	(0; 0)
49	7332,83	64.47	1,10	35.77	0,160	0,000	(0; 0)
50	6282,25	69.58	1,36	35.77	0,160	0,000	(0; 0)
51	4808,82	76.70	2,06	23.13	0,080	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
ΣW_i = 360978,73 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$ = 117327,99 [kg]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$ = 115846,92 [kg]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$ = 70631,23 [kg]

Risultati vincoli

Simbologia adottata

n° Indice del vincolo
R_x reazione in direzione orizzontale a metro lineare, positiva verso valle, espressa in [kg]
R_θ reazione momento a metro lineare, positiva antioraria, espressa in [kgm]
u spostamento orizzontale, positivo verso valle, espresso in [cm]

n°	$R_{x,min}$	$R_{x,max}$	$R_{\theta,min}$	$R_{\theta,max}$	u_{min}	u_{max}
	[kg]	*[kg]*	*[kgm]*	*[kgm]*	*[cm]*	*[cm]*
1	-1241	-535	--	--	0,00000	0,00000
2	-14178	-5831	--	--	0,00000	0,00000

n°	$R_{x,min}$ [kg]	$R_{x,max}$ [kg]	$R_{\theta,min}$ [kgm]	$R_{\theta,max}$ [kgm]	u_{min} [cm]	u_{max} [cm]
3	-12190	-4752	--	--	0,00000	0,00000

Reazioni vincolari

	Y [m]	Rmn/ml [kg]	Rmx/ml [kg]	Mmn/ml [kgm]	Mmx/ml [kgm]
✱	0,50	-1241	-535	0	0
	4,25	-14178	-5831	0	0
	8,25	-12190	-4752	0	0

Help

Dettagli vincolo nr. 1 (Y= 0,50 m)

	Comb n°	h [m]	R/ml [kg]	M/ml [kgm]	u [cm]
✱	1	8,50	-1241	0	0,0000
	2	8,50	-1139	0	0,0000
	3	8,50	-1241	0	0,0000
	4	8,50	-1204	0	0,0000
	5	8,50	-535	0	0,0000
	6	8,50	-535	0	0,0000
	7	8,50	-535	0	0,0000

Reazioni vincolari

	Y [m]	Rmn/ml [kg]	Rmx/ml [kg]	Mmn/ml [kgm]	Mmx/ml [kgm]
	0,50	-1241	-535	0	0
✱	4,25	-14178	-5831	0	0
	8,25	-12190	-4752	0	0

Help

Dettagli vincolo nr. 2 (Y= 4,25 m)

	Comb n°	h [m]	R/ml [kg]	M/ml [kgm]	u [cm]
✱	1	8,50	-14178	0	0,0000
	2	8,50	-9611	0	0,0000
	3	8,50	-14178	0	0,0000
	4	8,50	-9957	0	0,0000
	5	8,50	-5831	0	0,0000
	6	8,50	-5831	0	0,0000
	7	8,50	-5831	0	0,0000

Reazioni vincolari

	Y [m]	Rmn/ml [kg]	Rmx/ml [kg]	Mmn/ml [kgm]	Mmx/ml [kgm]
	0,50	-1241	-535	0	0
	4,25	-14178	-5831	0	0
✱	8,25	-12190	-4752	0	0

Help

Dettagli vincolo nr. 3 (Y= 8,25 m)

	Comb n°	h [m]	R/ml [kg]	M/ml [kgm]	u [cm]
✱	1	8,50	-12190	0	0,0000
	2	8,50	-7754	0	0,0000
	3	8,50	-12190	0	0,0000
	4	8,50	-7846	0	0,0000
	5	8,50	-4752	0	0,0000
	6	8,50	-4752	0	0,0000
	7	8,50	-4752	0	0,0000

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f area di armatura del palo espressa in [cmq]
M momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)
M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
Fs coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	Af	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	*[cmq]*	*[kgm]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kg]*	
1 - SLV - STR	4,25	31,42	5752	5341	50506	46896	8.781

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kg]
FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/ V_{Ed})
cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y	Asw	s	VEd	VRd	FS	cotgθ
	[m]	*[cmq]*	*[cm]*	*[kg]*	*[kg]*		
1 - SLV - STR	8,25	1,57	15,00	10334	61377	5.939	2,50

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
Af area di armatura espressa in [cmq]
σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_f tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

Af	σc	cmb	σf	cmb
[cmq]	*[kg/cmq]*		*[kg/cmq]*	
31,42	7,58	7	146,89	5

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto Muro/Paratia
Y Ordinata sezione, espresso in [m]
M Momento agente, espresso in [kgm]
M_f Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε_{sm} Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
w_{lim} Apertura limite fessure, espressa in [mm]
w_k Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	Mf	s	εsm	wlim	wk
		[m]	*[kgm]*	*[kgm]*	*[mm]*	*[%]*	*[mm]*	*[mm]*
Paratia	6 - SLE - Frequente	4,25	2290	12473	0,000	0.0000	0,400	0,000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=100,00 [cm]	H=100,00 [cm]		
A_{fv}=32,17 [cmq]	A_{fh}=28,15 [cmq]	Staffe ϕ10/10	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=13266 [kgm]	M_{uh}=120190 [kgm]	FS=9.06	
T_h=26532 [kg]	T_{Rh}=220983 [kg]	FS_T=8.33	cotgθh=2.50
M_v=1250 [kgm]	M_{uv}=120190 [kgm]	FS=96.15	
T_v=2500 [kg]	T_R=220983 [kg]	FS_{Tv}=88.39	cotgθv=2.50

4.2.3.Verifica ancoraggio bielle palificata

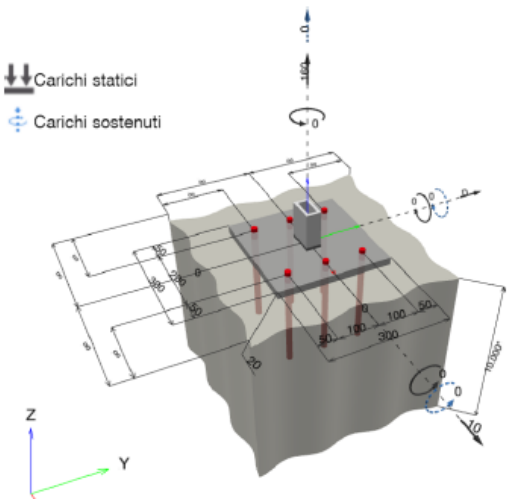
1 Dimensionamento ancorante

1.1 Dati da inserire

Tipo e dimensione dell'ancorante:	**HIT-RE 500 V3 100 anni + HAS-U 5.8 M16**
Periodo di ritorno (durata in anni):	100
Codice articolo:	2223870 HAS-U 5.8 M16x300 (inserire) / 2123403 HIT-RE 500 V3 (resina)
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,act}$ = 250,0 mm ($h_{ef,limit}$ = - mm)
Materiale:	5.8
Certificazione No.:	ETA 16/0143
Emesso I Valido:	14/05/2019 | -
Prova:	metodo di calcolo EN 1992-4, chimica
Fissaggio distanziato:	e_b = 0,0 mm (Senza distanziamento); t = 20,0 mm
Piastra d'ancoraggio[CBFEM]:	l_x x l_y x t = 300,0 mm x 300,0 mm x 20,0 mm;
Profilo:	Profilo cavo allungato, 70 x 40 x 8,0; (L x W x T) = 70,0 mm x 40,0 mm x 8,0 mm
Materiale base:	non fessurato calcestruzzo, C30/37, $f_{c,cyl}$ = 30,00 N/mm²; h = 10.000,0 mm, Temp. Breve/Lunga: 0/0 °C, Coefficiente parziale di sicurezza materiale definito dall'utente γ_c = 1,500
Installazione:	**Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto**
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature >= 150 mm (qualunque Ø) o >= 100 mm (Ø <= 10 mm)
	con armatura di bordo longitudinale d >= 12,0 [mm] + maglia chiusa (staffe) s <= 100,0 [mm]

[CBFEM] - Il calcolo dell'ancorante è basato su un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)

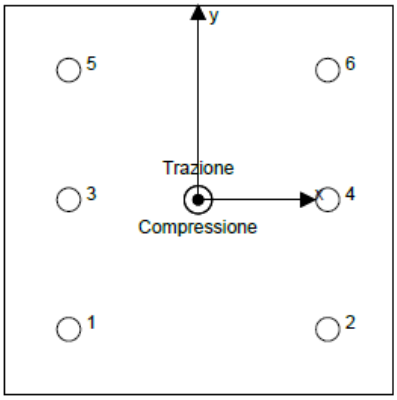
Geometria [mm] & Carichi [kN, kNm]



1.1.1 Combinazione carichi

Caso	Descrizione	Forze [kN] / Momenti [kNm]	Sismico	Fuoco	Util. max. Tassello [%]
1	Combinazione 1	N = 160,000; V_x = 10,000; V_y = 0,000; M_x = 0,000; M_y = 0,000; M_z = 0,000; N_{sus} = 0,000; $M_{x,sus}$ = 0,000; $M_{y,sus}$ = 0,000;	no	no	96

1.2 Condizione di carico/Carichi risultanti sull'ancorante



Carichi sull'ancorante [kN]
Trazione: (+ Trazione, - Compressione)

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	27,818	1,783	1,782	0,055
2	27,841	1,543	1,542	0,041
3	49,892	1,917	1,917	-0,000
4	49,942	1,435	1,435	0,000
5	27,823	1,782	1,782	-0,056
6	27,845	1,542	1,542	-0,040

risultante delle forze di trazione nel (x/y)=(0,0/0,0): 211,161 [kN]
risultante delle forze di compressione (x/y)=(-0,2/-0,1): 55,345 [kN]

Le forze di ancoraggio sono calcolate in base ad un Metodo ad Elementi Finiti basato sui componenti (CBFEM)

1.3 Carico di trazione (EN 1992-4, sezione 7.2.1)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	49,942	52,333	96	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	211,161	315,504	67	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	211,161	254,706	83	OK
Fessurazione**	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

1.3.1 Rottura dell'acciaio

$$N_{Ed} \leq N_{Rd,s} = \frac{N_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}}$$ EN 1992-4, Tabella 7.1

$N_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$N_{Rd,s}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
78,500	1,500	52,333	49,942

1.3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$$N_{Ed} \le N_{Rd,p} = \frac{N_{Rk,p}}{\gamma_{M,p}}$$ EN 1992-4, Tabella 7.1

$$N_{Rk,p} = N^0_{Rk,p} \cdot \frac{A_{p,N}}{A^0_{p,N}} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,Np} \cdot \psi_{ec2,Np}$$ EN 1992-4, Eq. (7.13)

$$N^0_{Rk,p} = \psi_{sus} \cdot \tau_{Rk} \cdot \pi \cdot d \cdot h_{ef}$$ EN 1992-4, Eq. (7.14)

$$\psi_{sus} = 1$$ EN 1992-4, Eq. (7.14a)

$$s_{cr,Np} = 7{,}3 \cdot d \cdot \sqrt{\psi_{sus} \cdot \tau_{Rk}} \le 3 \cdot h_{ef}$$ EN 1992-4, Eq. (7.15)

$$\psi_{g,Np} = \psi^0_{g,Np} - \left(\frac{s}{s_{cr,Np}}\right)^{0,5} \cdot \left(\psi^0_{g,Np} - 1\right) \ge 1{,}00$$ EN 1992-4, Eq. (7.17)

$$\psi^0_{g,Np} = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{\tau_{Rk}}{\tau_{Rk,c}}\right)^{1,5} \ge 1{,}00$$ EN 1992-4, Eq. (7.18)

$$\tau_{Rk,c} = \frac{k_3}{\pi \cdot d} \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ck}}$$ EN 1992-4, Eq. (7.19)

$$\psi_{s,Np} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \le 1{,}00$$ EN 1992-4, Eq. (7.20)

$$\psi_{ec1,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c1,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \le 1{,}00$$ EN 1992-4, Eq. (7.21)

$$\psi_{ec2,Np} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{c2,N}}{s_{cr,Np}}\right)} \le 1{,}00$$ EN 1992-4, Eq. (7.21)

$A_{p,N}$ [mm²]	$A^0_{p,N}$ [mm²]	$\tau_{Rk,ucr,20}$ [N/mm²]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	c_{min} [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm²]
464.550	231.918	17,00	481,6	240,8	∞	30,00

ψ_c	$\tau_{Rk,ucr}$ [N/mm²]	k_3	$\tau_{Rk,c}$ [N/mm²]	$\psi^0_{g,Np}$	$\psi_{g,Np}$
1,041	17,70	11,000	18,95	1,141	1,062

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000

ψ^0_{sus}	α_{sus}	ψ_{sus}
0,600	0,000	1,000

$N^0_{Rk,p}$ [kN]	$N_{Rk,p}$ [kN]	$\gamma_{M,p}$	$N_{Rd,p}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
222,468	473,257	1,500	315,504	211,161

1.3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$$N_{Ed} \le N_{Rd,c} = \frac{N_{Rk,c}}{\gamma_{M,c}}$$ EN 1992-4, Tabella 7.1

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec1,N} \cdot \psi_{ec2,N} \cdot \psi_{M,N}$$ EN 1992-4, Eq. (7.1)

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5}$$ EN 1992-4, Eq. (7.2)

$$A^0_{c,N} = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$$ EN 1992-4, Eq. (7.3)

$$\psi_{s,N} = 0{,}7 + 0{,}3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \le 1{,}00$$ EN 1992-4, Eq. (7.4)

$$\psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,1}}{s_{cr,N}}\right)} \le 1{,}00$$ EN 1992-4, Eq. (7.6)

$$\psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{N,2}}{s_{cr,N}}\right)} \le 1{,}00$$ EN 1992-4, Eq. (7.6)

$$\psi_{M,N} = 1$$ EN 1992-4, Eq. (7.7)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	$f_{c,cyl}$ [N/mm²]
902.500	562.500	375,0	750,0	30,00

$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000

z [mm]	$\psi_{M,N}$	k_1	$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c}$	$N_{Rd,c}$ [kN]	N_{Ed} [kN]
0,2	1,000	11,000	238,157	1,500	254,706	211,161

1.4 Carico di taglio (EN 1992-4, sezione 7.2.2)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_V [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	1,917	31,440	7	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	10,000	509,426	2	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

1.4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Ed} \le V_{Rd,s} = \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M,s}}$ EN 1992-4, Tabella 7.2

$V_{Rk,s} = k_7 \cdot V^0_{Rk,s}$ EN 1992-4, Eq. (7.35)

$V^0_{Rk,s}$ [kN]	k_7	$V_{Rk,s}$ [kN]	$\gamma_{M,s}$	$V_{Rd,s}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
39,300	1,000	39,300	1,250	31,440	1,917

1.4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$V_{Ed} \le V_{Rd,cp} = \frac{V_{Rk,cp}}{\gamma_{M,c,p}}$ EN 1992-4, Tabella 7.2

$V_{Rk,cp} = k_8 \cdot \min\{N_{Rk,c}; N_{Rk,p}\}$ EN 1992-4, Eq. (7.39c)

$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \Psi_{s,N} \cdot \Psi_{re,N} \cdot \Psi_{ec1,N} \cdot \Psi_{ec2,N} \cdot \Psi_{M,N}$ EN 1992-4, Eq. (7.1)

$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot h_{ef}^{1,5}$ EN 1992-4, Eq. (7.2)

$A^0_{c,N} = s_{cr,N} \cdot s_{cr,N}$ EN 1992-4, Eq. (7.3)

$\Psi_{s,N} = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,N}} \le 1,00$ EN 1992-4, Eq. (7.4)

$\Psi_{ec1,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{V,1}}{s_{cr,N}}\right)} \le 1,00$ EN 1992-4, Eq. (7.6)

$\Psi_{ec2,N} = \frac{1}{1 + \left(\frac{2 \cdot e_{V,2}}{s_{cr,N}}\right)} \le 1,00$ EN 1992-4, Eq. (7.6)

$\Psi_{M,N} = 1$ EN 1992-4, Eq. (7.7)

$A_{c,N}$ [mm²]	$A^0_{c,N}$ [mm²]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]	k_8	$f_{c,cyl}$ [N/mm²]
902.500	562.500	375,0	750,0	2,000	30,00

$e_{c1,V}$ [mm]	$\Psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\Psi_{ec2,N}$	$\Psi_{s,N}$	$\Psi_{re,N}$	$\Psi_{M,N}$
0,0	1,000	0,0	1,000	1,000	1,000	1,000

k_1	$N^0_{Rk,c}$ [kN]	$\gamma_{M,c,p}$	$V_{Rd,cp}$ [kN]	V_{Ed} [kN]
11,000	238,157	1,500	509,426	10,000

1.5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EN 1992-4, sezione 7.2.3)

Rottura dell'acciaio

β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,954	0,046	2,000	92	OK

$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \le 1,0$

Rottura del calcestruzzo

β_N	β_V	α	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0,829	0,020	1,000	71	OK

$(\beta_N + \beta_V) / 1.2 \le 1,0$

4.3.PARATIA TRATTO 2

La palificata è costituita da pali D=80cm L=12,50m con doppio ordine di tiranti ancorati su altrettanti cordoli in C.A.
Una volta realizzato l'edificio questo tratto di palificata verrà interrato fino a livello del cordolo inferiore. I tiranti hanno infatti carattere provvisorio.

Tale struttura è stata dimensionata in 2 fasi distinte, ovvero nelle due fasi in cui le condizioni al contorno sono essenzialmente distinte.

Fase 1: durante la fase di realizzazione della struttura la paratia, con luce libera di circa 8,50m, necessita l'inserimento di 2 ordini di tiranti posti in corrispondenza del cordolo sommitale (quota approssimativamente pari a quella del solaio di copertura dell'edificio) e di quello a quota inferiore (pari a quella del solaio di primo ordine dell'edificio).
I 2 ordini di tiranti permettono di mettere in sicurezza lo scavo durante le fasi di realizzazione. I tiranti, quindi avranno una funzione prettamente temporanea per consentire lo sbancamento per la realizzazione dell'edificio a partire dalle fondazioni e la loro funzione non viene più considerata durante la successiva fase, ovvero quella permanente.

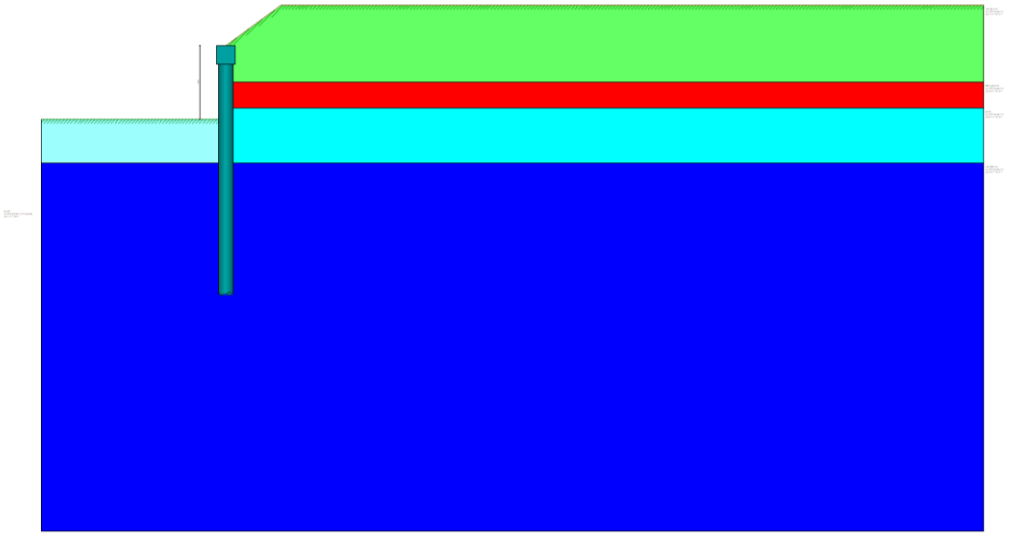
Fase 2: è la fase finale con la struttura realizzata e quindi permanente. In questa configurazione, come detto precedentemente, la funzione dei tiranti non sarà più necessaria in quanto questo tratto di palificata sarà rinterrata fino alla quota del secondo ordine di cordolo continuando a funzionare con un comportamento a "sbalzo".

4.3.1.Fase transitoria

Vale l'analisi riportata al punto 4.2.1 della presente.

4.3.2.Fase permanente

Dati



Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia di pali**

Altezza fuori terra	4,00	[m]
Profondità di infissione	9,50	[m]
Altezza totale della paratia	13,50	[m]
Lunghezza paratia	10,00	[m]
Numero di file di pali	1	
Interasse fra i pali della fila	1,00	[m]
Diametro dei pali	80,00	[cm]
Numero totale di pali	9	
Numero di pali per metro lineare	0.90	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

n° numero d'ordine del cordolo
Y posizione del cordolo sull'asse della paratia espresso in [m]

Cordoli in calcestruzzo
B Base della sezione del cordolo espresso in [cm]
H Altezza della sezione del cordolo espresso in [cm]

Cordoli in acciaio
A Area della sezione in acciaio del cordolo espresso in [cmq]
W Modulo di resistenza della sezione del cordolo espresso in [cm^3]

N°	Y	Tipo	B	H	A	W
	[m]		*[cm]*	*[cm]*	*[cmq]*	*[cm^3]*
1	0,00	Calcestruzzo	100,00	100,00	--	--
2	4,80	Calcestruzzo	50,00	100,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

(Sistema di riferimento con origine in testa alla paratia, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

N numero ordine del punto
X ascissa del punto espressa in [m]
Y ordinata del punto espressa in [m]
A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
2	3,00	2,20	36.25
3	11,00	2,20	0.00
4	40,00	2,20	0.00
5	41,00	2,20	0.00

Profilo di valle

N°	X	Y	A
	[m]	*[m]*	*[°]*
1	-10,00	-4,00	0.00
2	0,00	-4,00	36.25

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine
Descrizione Descrizione del terreno
γ peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_{sat} peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]
ϕ angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cmq]

N°	Descrizione	γ	γsat	ϕ	δ	c
		[kg/mc]	*[kg/mc]*	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq]*
1	limo argilloso	1900,0	2100,0	22.00	16.00	0,100
2	sabbia ghiaiosa	1900,0	2000,0	34.00	14.00	0,100
3	ghiaia	2000,0	2100,0	42.00	18.00	0,200
4	limo sabbioso	1800,0	2000,0	38.00	26.00	0,300
5	riporto	1800,0	2000,0	22.00	0.00	0,000

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

n° numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
sp spessore dello strato in corrispondenza dell'asse della paratia espresso in [m]
kw costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm²/cm
α inclinazione dello strato espressa in GRADI(°) (M: strato di monte V:strato di valle)
Terreno Terreno associato allo strato (M: strato di monte V:strato di valle)

N°	sp	αM	αV	KwM	KwV	Terreno M	Terreno V
	[m]	*[°]*	*[°]*	*[kg/cmq/cm]*	*[kg/cmq/cm]*		
1	2,00	0.00	0.00	0.51	0.21	limo argilloso	riporto
2	1,40	0.00	0.00	1.43	0.56	sabbia ghiaiosa	riporto
3	3,00	0.00	0.00	3.77	1.02	ghiaia	riporto
4	20,00	0.00	0.00	9.07	8.82	limo sabbioso	limo sabbioso

Caratteristiche materiali utilizzati

Simbologia adottata

γcls Peso specifico cls, espresso in [kg/mc]
Classe cls Classe di appartenenza del calcestruzzo
Rck Rigidezza cubica caratteristica, espressa in [kg/cmq]
E Modulo elastico, espresso in [kg/cmq]
Acciaio Tipo di acciaio
n Coeff. di omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo

Descrizione	γcls	Classe cls	Rck	E	Acciaio	n
	[kg/mc]		*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*		
Paratia	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00
Cordolo/Muro	2500	C25/30	306	320666	B450C	15.00

Coeff. di omogeneizzazione cls teso/compresso 1.00

Descrizione	γacciaio	E
	[kg/mc]	*[kg/cmq]*
Paratia	7850	2100000

Combinazioni di carico

Nella tabella sono riportate le condizioni di carico di ogni combinazione con il relativo coefficiente di partecipazione.

Combinazione n° 1 - SLV - STR (A1-M1-R3)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 2 - SLU - STR (A1-M1-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.30	

Combinazione n° 3 - SLV - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 4 - SLU - GEO (A2-M2-R1)

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 5 - SLE - Rara

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 6 - SLE - Frequente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Combinazione n° 7 - SLE - Quasi permanente

Condizione	Fav/Sfav	γ	Ψ
Spinta terreno	SFAV	1.00	

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 (17/01/2018)**

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

			Statici		Sismici	
Carichi	**Effetto**		**A1**	**A2**	**A1**	**A2**
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.30	1.00	1.00	1.00
Permanenti ns	Favorevole	γ_{Gfav}	0.80	0.80	0.00	0.00
Permanenti ns	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.30	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.35	1.15	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Verifica materiali : Stato Limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	1.50
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Verifica Taglio
Sezione in c.a.

$V_{Rsd}=0.9*d*A_{sw}/s*fyd*(ctg\alpha+ctg\theta)*sin\alpha$
$V_{Rcd}=0.9*d*b_w*\alpha_c*fcd'*(ctg(\theta)+ctg(\alpha)/(1.0+ctg\theta^2)$
con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
A_{sw}	area armatuta trasversale [mmq]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di fcd e σ_{cp}
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mmq]

fcd'=0.5*fcd

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali	Ordinarie
Armatura ad aderenza migliorata	
Sensibilità delle armature	Poco sensibile
Valori limite delle aperture delle fessure	w_1 = 0.20
	w_2 = 0.30
	w_3 = 0.40
Metodo di calcolo aperture delle fessure	NTC 2008-2018 - I° Formulazione
Verifica delle tensioni	
Combinazione di carico	Rara $\sigma_c < 0.60\ f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80\ f_{yk}$
	Quasi permanente $\sigma_c < 0.45\ f_{ck}$

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.

Rottura del terreno: Pressione passiva

Influenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Nel calcolo del coefficiente di spinta attiva Ka e nell'inclinazione della spinta attiva (non viene considerato per la spinta passiva)

Stabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Identificazione del sito

Latitudine	43.362370
Longitudine	12.327352
Comune	Montone
Provincia	Perugia
Regione	Umbria
Punti di interpolazione del reticolo	21850 - 22072 - 22073 - 21851

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera di importanza strategica
Vita nominale	100 anni

Classe d'uso	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
Vita di riferimento	150 anni

Combinazioni/Fase	**SLU**	**SLE**
Accelerazione al suolo [m/s^2]	3.205	1.456
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale F_0	2.410	2.345
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante Tc*	0.320	0.283
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.000	1.000
Tipo di sottosuolo	B	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (Ss)	1.085	1.200
Coefficiente di riduzione per tipo di sottosuolo (α)	1.000	1.000
Spostamento massimo senza riduzione di resistenza Us [m]	0.068	0.068
Coefficiente di riduzione per spostamento massimo (β)	0.572	0.572
Prodotto α β	0.572 > 0.2	0.572 > 0.2
Coefficiente di intensità sismica (percento)	20.285	10.191
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale (kv)	0.00	

Influenza sisma nella spinta attiva da monte
Forma diagramma incremento sismico : Triangolare con vertice in alto.

Risultati

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico
La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.
Essa è discretizzata in 80 elementi fuori terra e 190 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.
Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	4,00	[m]
Profondità di infissione	9,50	[m]
Altezza totale della paratia	13,50	[m]

Forze agenti sulla paratia

Tutte le forze si intendono positive se dirette da monte verso valle. Esse sono riferite ad un metro di larghezza della paratia. Le Y hanno come origine la testa della paratia, e sono espresse in [m]

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Pa	Spinta attiva, espressa in [kg]
Is	Incremento sismico della spinta, espressa in [kg]
Pw	Spinta della falda, espressa in [kg]
Pp	Resistenza passiva, espressa in [kg]
Pc	Controspinta, espressa in [kg]

n°	Tipo	Pa	Y_{Pa}	Is	Y_{Is}	Pw	Y_{Pw}	Pp	Y_{Pp}	Pc	Y_{Pc}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLV - STR	2784	3,24	4410	2,67	--	--	-13309	6,52	6116	10,78
2	SLU - STR	5235	2,78	--	--	--	--	-9715	6,46	4481	10,75
3	SLV - GEO	2784	3,24	4410	2,67	--	--	-13309	6,52	6116	10,78
4	SLU - GEO	5837	2,77	--	--	--	--	-11330	6,66	5493	10,80
5	SLE - Rara	2784	2,89	--	--	--	--	-4985	6,36	2202	10,74
6	SLE - Frequente	2784	2,89	--	--	--	--	-4985	6,36	2202	10,74
7	SLE - Quasi permanente	2784	2,89	--	--	--	--	-4985	6,36	2202	10,74

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
Rc	Risultante carichi esterni applicati, espressa in [kg]
Rt	Risultante delle reazioni dei tiranti (componente orizzontale), espressa in [kg]
Rv	Risultante delle reazioni dei vincoli, espressa in [kg]
Rp	Risultante delle reazioni dei puntoni, espressa in [kg]

n°	Tipo	Rc	Y_{Rc}	Rt	Y_{Rt}	Rv	Y_{Rv}	Rp	Y_{Rp}
		[kg]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*
1	SLV - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
2	SLU - STR	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
3	SLV - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
4	SLU - GEO	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
5	SLE - Rara	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	SLE - Frequente	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
7	SLE - Quasi permanente	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P_{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P_{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C_{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R_{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicare, espresso in [%]
Pd	Portanza di progetto, espressa in [kg]

n°	Tipo	P_{NUL}	P_{INV}	C_{ROT}	MP	R/R_{MAX}	Pd
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[%]*	*[%]*	*[m]*
1	SLV - STR	4,37	6,45	8,49	10,99	2,89	193151
2	SLU - STR	4,31	6,45	8,46	8,90	1,68	193151
3	SLV - GEO	4,37	6,45	8,49	10,99	2,89	---

n°	Tipo	PNUL	PINV	CROT	MP	R/RMAX	Pd
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[%]*	*[%]*	*[m]*
4	SLU - GEO	4,55	6,45	8,52	14,14	3,34	---
5	SLE - Rara	4,20	6,45	8,46	6,28	1,07	---
6	SLE - Frequente	4,20	6,45	8,46	6,28	1,07	---
7	SLE - Quasi permanente	4,20	6,45	8,46	6,28	1,07	---

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
M momento flettente massimo e minimo espresso in [kgm]
N sforzo normale massimo e minimo espresso in [kg] (positivo di compressione)
T taglio massimo e minimo espresso in [kg]

n°	Tipo	M	YM	T	YT	N	YN	
		[kgm]	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	*[kg]*	*[m]*	
1	SLV - STR	21557	6,75	7193	4,35	15268	13,50	MAX
		0	0,00	-6116	8,45	0	0,00	MIN
2	SLU - STR	15797	6,70	5233	4,30	15268	13,50	MAX
		0	1,40	-4481	8,45	0	0,00	MIN
3	SLV - GEO	21557	6,75	7193	4,35	15268	13,50	MAX
		0	0,00	-6116	8,45	0	0,00	MIN
4	SLU - GEO	19359	6,75	5837	4,50	15268	13,50	MAX
		0	1,30	-5493	8,50	0	0,00	MIN
5	SLE - Rara	7763	6,70	2782	4,20	15268	13,50	MAX
		0	1,80	-2202	8,45	0	0,00	MIN
6	SLE - Frequente	7763	6,70	2782	4,20	15268	13,50	MAX
		0	1,80	-2202	8,45	0	0,00	MIN
7	SLE - Quasi permanente	7763	6,70	2782	4,20	15268	13,50	MAX
		0	1,80	-2202	8,45	0	0,00	MIN

Spostamenti massimi e minimi della paratia

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa della paratia espressa in [m]
U spostamento orizzontale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso valle
V spostamento verticale massimo e minimo espresso in [cm] positivo verso il basso

n°	Tipo	U	YU	V	YV	
		[cm]	*[m]*	*[cm]*	*[m]*	
1	SLV - STR	1,1258	0,00	0,0071	0,00	MAX
		-0,0203	10,30	0,0000	0,00	MIN
2	SLU - STR	0,8252	0,00	0,0071	0,00	MAX
		-0,0149	10,25	0,0000	0,00	MIN
3	SLV - GEO	1,1258	0,00	0,0071	0,00	MAX
		-0,0203	10,30	0,0000	0,00	MIN
4	SLU - GEO	1,0126	0,00	0,0071	0,00	MAX
		-0,0183	10,30	0,0000	0,00	MIN
5	SLE - Rara	0,4034	0,00	0,0071	0,00	MAX
		-0,0073	10,25	0,0000	0,00	MIN
6	SLE - Frequente	0,4034	0,00	0,0071	0,00	MAX
		-0,0073	10,25	0,0000	0,00	MIN
7	SLE - Quasi permanente	0,4034	0,00	0,0071	0,00	MAX
		-0,0073	10,25	0,0000	0,00	MIN

Verifica a spostamento

Simbologia adottata

n° Indice combinazione/Fase
Tipo Tipo combinazione/Fase
Ulim spostamento orizzontale limite, espresso in [cm]
U spostamento orizzontale calcolato, espresso in [cm] (positivo verso valle)

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	*[cm]*
1	SLV - STR	6,7500	1,1258
2	SLU - STR	6,7500	0,8252
3	SLV - GEO	6,7500	1,1258

n°	Tipo	Ulim	U
		[cm]	*[cm]*
4	SLU - GEO	6,7500	1,0126
5	SLE - Rara	6,7500	0,4034
6	SLE - Frequente	6,7500	0,4034
7	SLE - Quasi permanente	6,7500	0,4034

Verifiche di corpo rigido

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
S Spinta attiva da monte (risultante diagramma delle pressioni attive da monte) espressa in [kg]
R Resistenza passiva da valle (risultante diagramma delle pressioni passive da valle) espresso in [kg]
W Spinta netta falda (positiva da monte verso valle), espresso in [kg]
T Reazione tiranti espresso in [kg]
P Reazione puntoni espresso in [kg]
V Reazione vincoli espresso in [kg]
C Risultante carichi applicati sulla paratia (positiva da monte verso valle) espresso in [kg]
Y Punto di applicazione, espresso in [m]
Mr Momento ribaltante, espresso in [kgm]
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kgm]
FS_{RIB} Fattore di sicurezza a ribaltamento
FS_{SCO} Fattore di sicurezza a scorrimento
I punti di applicazione delle azioni sono riferite alla testa della partia.
La verifica a ribaltamento viene eseguita rispetto al centro di rotazione posto alla base del palo.

n°	Tipo	S Y	R Y	W Y	T Y	P Y	V Y	C Y	Mr	Ms	FS_{RIB}	FS_{SCO}
		[kg]	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kgm]*		
4	SLU - GEO	38666 8,65	325145 10,43	0 0,00	0 0,00	0 0,00	0 0,00	0 0,00	180139	998292	5.542	8.748

Stabilità globale

Simbologia adottata

n° Indice della combinazione/fase
Tipo Tipo della combinazione/fase
(X_C; Y_C) Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X_V; Y_V) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X_M; Y_M) Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS Coefficiente di sicurezza
R Coefficiente di sicurezza richiesto

Numero di cerchi analizzati 100

n°	Tipo	X_C, Y_C	R	X_V, Y_V	X_M, Y_M	FS	R
		[m]	*[m]*	*[m]*	*[m]*		
3	SLV - GEO	-1,35; 8,10	21,64	-19,30; -3,99	19,48; 2,20	3.514	1.200
4	SLU - GEO	-1,35; 5,40	12,64	-9,81; -3,99	10,88; 2,20	4.042	1.100

Dettagli superficie con fattore di sicurezza minimo

Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto
Origine in testa alla paratia (spigolo contro terra)
Le strisce sono numerate da monte verso valle
N° numero d'ordine della striscia
W peso della striscia espresso in [kg]
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in gradi (positivo antiorario)
ϕ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b larghezza della striscia espressa in [m]
L sviluppo della base della striscia espressa in [m] ($L=b/\cos\alpha$)
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
Ctn, Ctt contributo alla striscia normale e tangenziale del tirante espresse in [kg]

Combinazione n° 3 - SLV - GEO

Numero di strisce 51

Caratteristiche delle strisce

N°	Wi	α	L	ϕ	c	u	(Ctn; Ctt)
	[kg]	*[°]*	*[m]*	*[°]*	*[kg/cmq]*	*[kg/cmq]*	*[kg]*
1	728,87	-54.30	1,32	22.00	0,000	0,000	(0; 0)
2	2136,09	-50.92	1,22	22.00	0,000	0,000	(0; 0)
3	3388,06	-47.78	1,15	30.00	0,150	0,000	(0; 0)
4	4512,45	-44.82	1,09	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
5	5528,66	-42.00	1,04	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
6	6450,97	-39.31	1,00	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
7	7290,22	-36.71	0,96	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
8	8054,85	-34.20	0,93	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
9	8751,58	-31.76	0,91	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
10	9385,86	-29.39	0,89	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
11	9962,12	-27.07	0,87	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
12	10484,05	-24.79	0,85	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
13	10954,73	-22.56	0,84	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
14	11376,72	-20.36	0,82	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
15	11752,19	-18.20	0,81	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
16	12082,95	-16.06	0,80	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
17	12370,53	-13.94	0,80	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
18	12616,19	-11.84	0,79	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
19	12820,98	-9.76	0,78	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
20	12985,74	-7.69	0,78	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
21	13111,13	-5.63	0,78	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
22	13197,65	-3.58	0,77	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
23	13245,64	-1.54	0,77	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
24	13255,27	0.51	0,77	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
25	13226,59	2.55	0,77	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
26	19263,42	4.57	0,75	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
27	19947,18	6.56	0,75	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
28	20595,22	8.57	0,76	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
29	21207,04	10.58	0,76	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
30	21393,69	12.60	0,77	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
31	21148,64	14.65	0,77	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
32	20864,92	16.71	0,78	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
33	20541,32	18.79	0,79	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
34	20176,42	20.90	0,80	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
35	19768,56	23.04	0,81	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
36	19315,71	25.21	0,83	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
37	18815,53	27.43	0,84	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
38	18265,21	29.69	0,86	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
39	17661,38	32.00	0,88	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
40	17000,03	34.37	0,91	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
41	16276,24	36.81	0,94	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
42	15483,98	39.33	0,97	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
43	14615,74	41.95	1,01	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
44	13661,91	44.68	1,05	38.00	0,300	0,000	(0; 0)
45	12601,49	47.54	1,11	40.00	0,250	0,000	(0; 0)
46	11329,18	50.57	1,18	42.00	0,200	0,000	(0; 0)
47	9878,71	53.82	1,27	42.00	0,200	0,000	(0; 0)
48	8240,79	57.33	1,39	38.00	0,150	0,000	(0; 0)
49	6418,80	61.23	1,56	28.00	0,100	0,000	(0; 0)
50	4265,57	65.71	1,82	22.00	0,100	0,000	(0; 0)
51	1541,95	70.92	2,29	22.00	0,100	0,000	(0; 0)

Resistenza a taglio paratia = 0,00 [kg]
ΣW_i = 649948,71 [kg]
$\Sigma W_i \sin\alpha_i$ = 106945,11 [kg]
$\Sigma W_i \cos\alpha_i \tan\phi_i$ = 449486,24 [kg]
$\Sigma c_i b_i / \cos\alpha_i$ = 121770,17 [kg]

Verifica armatura paratia (Inviluppo sezioni critiche)

Verifica a flessione

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine della sezione
Y	ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
A_f	area di armatura del palo espressa in [cmq]
M	momento flettente agente sul palo espresso in [kgm]
N	sforzo normale agente sul palo espresso in [kg] (positivo di compressione)

M_u momento ultimo di riferimento espresso in [kgm]
N_u sforzo normale ultimo di riferimento espresso in [kg]
Fs coefficiente di sicurezza (rapporto fra la sollecitazione ultima e la sollecitazione di esercizio)

n° - Tipo	Y	Af	M	N	Mu	Nu	FS
	[m]	*[cmq]*	*[kgm]*	*[kg]*	*[kgm]*	*[kg]*	
1 - SLV - STR	6,70	31,42	23953	8419	42863	15067	1.790

Verifica a taglio

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Y ordinata della sezione rispetto alla testa, espressa in [m]
A_{sw} area dell'armatura trasversale, espressa in [cmq]
s interasse tra due armature trasversali consecutive, espressa in [cm]
V_{Ed} taglio agente sul palo, espresso in [kg]
V_{Rd} taglio resistente, espresso in [kg]
FS coefficiente di sicurezza (rapporto tra V_{Rd}/ V_{Ed})
cotgθ inclinazione delle bielle compresse, θ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo

La verifica a taglio del palo è stata eseguita considerando una sezione quadrata equivalente di lato B = 68,28 cm

n° - Tipo	Y	A_{sw}	s	V_{Ed}	V_{Rd}	FS	cotgθ
	[m]	*[cmq]*	*[cm]*	*[kg]*	*[kg]*		
1 - SLV - STR	4,35	1,57	15,00	7992	61377	7.680	2,50

Verifica tensioni

Simbologia adottata

n° numero d'ordine della sezione
Y ordinata della sezione rispetto alla testa espressa in [m]
Af area di armatura espressa in [cmq]
σ_c tensione nel calcestruzzo espressa in [kg/cmq]
σ_f tensione nell'acciaio espressa in [kg/cmq]

A_f	σ_c	cmb	σ_f	cmb
[cmq]	*[kg/cmq]*		*[kg/cmq]*	
31,42	30,89	7	928,40	5

Verifica fessurazione

Simbologia adottata

Tipo Tipo della Combinazione/Fase
Oggetto Muro/Paratia
Y Ordinata sezione, espresso in [m]
M Momento agente, espresso in [kgm]
M_f Momento prima fessurazione, espresso in [kgm]
s Distanza media tra le fessure, espressa in [mm]
ε_{sm} Deformazione nelle fessure, espressa in [%]
w_{lim} Apertura limite fessure, espressa in [mm]
w_k Ampiezza fessure, espressa in [mm]

Oggetto	n° - Tipo	Y	M	M_f	s	ε_{sm}	w_{lim}	w_k
		[m]	*[kgm]*	*[kgm]*	*[mm]*	*[%]*	*[mm]*	*[mm]*
Paratia	6 - SLE - Frequente	6,70	8625	12473	0,000	0.0000	0,400	0,000

Verifica sezione cordoli

Simbologia adottata

M_h momento flettente espresso in [kgm] nel piano orizzontale
T_h taglio espresso in [kg] nel piano orizzontale
M_v momento flettente espresso in [kgm] nel piano verticale
T_v taglio espresso in [kg] nel piano verticale

Cordolo N° 1 (X=0,00 m) (Cordolo in c.a.)

B=100,00 [cm]	H=100,00 [cm]		
A_{fv}=32,17 [cmq]	A_{fh}=28,15 [cmq]	Staffe ϕ10/10	Nbh=2 - Nbv=2
M_h=3597 [kgm]	M_{uh}=120190 [kgm]	FS=33.42	
T_h=7193 [kg]	T_{Rh}=220983 [kg]	FS_T=30.72	cotgθh=2.50
M_v=1250 [kgm]	M_{uv}=120190 [kgm]	FS=96.15	
T_v=2500 [kg]	T_R=220983 [kg]	FS_{Tv}=88.39	cotgθv=2.50