



COMUNE DI SANTA TERESA DI RIVA
Città Metropolitana di Messina



**REALIZZAZIONE DEL NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE
DI SANTA TERESA VAL D'AGRO' DELL'AUTOSTRADA A18 MESSINA**
CATANIA E CORRISPONDENTI COLLEGAMENTI ALLA VIABILITA' ORDINARIA
CUP: F91B13000720001 CIG: 8059580FCD



PROGETTAZIONE

Mandataria:



PROGER S.p.A.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI

Mandante:



PROGIN S.p.A.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE



DINAMICA s.r.l.
DIRETTORE TECNICO
Dott. Ing. Antonino SUTERA

PROJECT MANAGER DELL'R.T.I.: Dott. Ing. Carlo LISTORTI	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Dott. Ing. Antonio GRIMALDI
PROJECT MANAGER ASSISTANT: PROGETTAZIONE INFRASTRUTTURALE:	Dott. Ing. Salvatore RUSSO Dott. Ing. Lorenzo INFANTE Dott. Ing. Michele PIRRO
PROGETTAZIONE STRUTTURALE:	Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI Dott. Ing. Paolo IORIO
PROGETTAZIONE IMPIANTI TECNOLOGICI:	Dott. Ing. Enrico D'ARGENZIO
GEOLOGO:	Dott. Geol. Marco SANDRUCCI
RESPONSABILE GEOTECNICA:	Dott. Ing. Ylenia MASCARUCCI
ESPERTO IDROLOGIA ED IDRAULICA:	Dott. Ing. Umberto RICCI
COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:	Dott. Ing. Davide FERLAZZO
RESPONSABILE INTERFERENZE E ESPROPRI:	Geom. Antonino CHILLE'
RESPONSABILE DELLA QUALITA':	Dott. Ing. Jacopo BENEDETTI
GIOVANE PROFESSIONISTA:	Dott. Ing. Domenico DICUNZO

PROGETTO DEFINITIVO

**CASELLO AD ELEVATA AUTOMAZIONE
CUNICOLO DI STAZIONE**
Relazione di calcolo

Questo elaborato è di proprietà della Proger S.p.A. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta dello stesso. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.	Commessa	Nome File	Codice Elaborato			Rev	Scala		
	P20062	D0504-SRL01_00_Rel calc.dwg	D	05	04	S	RL	01	00

REVISIONI	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	00	25/01/2021	EMISSIONE	GRASSO	PALLAVICINI	LISTORTI
	REV.	DATA	MOTIVAZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

R.U.P.: Dott. Ing. Onofrio CRISAFULLI
Supp. R.U.P.: Dott. Ing. Adriano GRASSI

VISTI/APPROVAZIONI:



Mandataria



Mandante



Comune di Santa Teresa di Riva - Città Metropolitana di Messina
Realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Val
d'Agrò dell'autostrada A18 Messina - Catania e corrispondenti
collegamenti alla viabilità ordinaria - CUP: F91B13000720001 - CIG:
8059580FCD

RELAZIONE DI CALCOLO

CUNICOLO DI STAZIONE



Comune di Santa Teresa di Riva - Città Metropolitana di Messina

Realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Val d'Agrò dell'autostrada A18 Messina - Catania e corrispondenti collegamenti alla viabilità ordinaria - CUP: F91B13000720001 - CIG: 8059580FCD

RELAZIONE DI CALCOLO

CUNICOLO DI STAZIONE

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
3	QUADRO NORMATIVO	3
4	CRITERI GENERALI DI PROGETTO E VERIFICA	4
4.1	SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE	4
4.2	AZIONI SULLE COSTRUZIONI.....	4
4.2.1	CLASSIFICAZIONE E DETERMINAZIONE DELLE AZIONI	4
4.2.2	COMBINAZIONE DELLE AZIONI.....	5
4.3	AZIONI SISMICHE.....	6
4.3.1	STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO	7
4.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	7
4.5	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	9
4.6	VITA NOMINALE DI PROGETTO.....	11
4.7	CLASSI D'USO	12
4.8	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	12
4.9	VALORI CARATTERISTICI DELL'AZIONE SISMICA PER IL SITO D'INTERESSE	13
5	MATERIALI IMPIEGATI	14
5.1	CALCESTRUZZO.....	14
5.2	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO.....	14
6	CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO	15
7	DIMENSIONAMENTO CUNICOLO DI STAZIONE - SEZIONE TIPO	15
7.1	Geometria	15
7.2	Caratteristiche strati terreno.....	15
7.3	Condizioni di carico.....	16
7.4	Impostazioni di progetto.....	16
7.5	Descrizione combinazioni di carico.....	17
7.6	Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)	18
7.7	Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE).....	19
7.8	Verifiche geotecniche.....	21
8	DIMENSIONAMENTO CUNICOLO DI STAZIONE - SEZIONE SOTTO ISOLE	21
8.1	Geometria	21
8.2	Caratteristiche strati terreno.....	22
8.3	Condizioni di carico.....	22
8.4	Impostazioni di progetto.....	22
8.5	Descrizione combinazioni di carico.....	23
8.6	Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)	24
8.7	Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE).....	25
8.8	Verifiche geotecniche.....	27



RELAZIONE DI CALCOLO

1 PREMESSA

La presente relazione descrive, coerentemente con la progettazione di livello definitivo, i calcoli strutturali relativi al cunicolo di servizio interrato da realizzarsi nel piazzale di stazione del nuovo svincolo autostradale. Costituiscono parte integrante della progettazione strutturale delle opere gli elaborati grafici, i particolari costruttivi ed ogni altro documento sussidiario delle relazioni tecniche e di calcolo.

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE

Il cunicolo di servizio, situato sotto le isole del piazzale di stazione, è realizzato in conglomerato cementizio armato gettato in opera.

La sezione trasversale tipo del cunicolo presenta larghezza di 240,00 cm e dimensioni nette interne pari a 180 x 280 cm (**CUNICOLO DI STAZIONE - SEZIONE TIPO**). Esso presenta una lunghezza complessiva di 4260 cm.

In corrispondenza delle isole il cunicolo ha dimensioni in pianta pari a 347,50 x 225 cm e sezione trasversale di dimensioni nette pari a 165 x 280 cm (**CUNICOLO DI STAZIONE - SEZIONE SOTTO ISOLE**).

All'inizio e alla fine del cunicolo si realizzano delle scale di servizio a doppia rampa sempre in conglomerato cementizio gettato in opera.

Le dimensioni in pianta dei vani scala sono rispettivamente:

- 1590 x 300 cm in corrispondenza dell'edificio di servizio;
- 605 x 300 cm dall'altra parte del piazzale.

Lo spessore della soletta di fondazione e delle pareti è di 30 cm, lo spessore della soletta di copertura è di 20 cm. L'altezza del ricoprimento è, in media, pari a 65 cm.

3 QUADRO NORMATIVO

- Legge n. 1086 del 05/11/1971.
- Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Legge n. 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 n.7 del 21/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

4 CRITERI GENERALI DI PROGETTO E VERIFICA

4.1 SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dal D.M. 17/01/2018. La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per le quali era stata progettata.

In particolare, le opere devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di **stati limite ultimi** (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di **stati limite di esercizio** (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- sicurezza **antincendio**: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;
- **durabilità**: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;
- **robustezza**: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile. superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

4.2 AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Si definisce azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura.

4.2.1 CLASSIFICAZIONE E DETERMINAZIONE DELLE AZIONI

Le azioni agenti sulle strutture possono essere classificate:

- **in base al modo di esplicarsi:**
 - dirette (forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili);
 - indirette (spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincoli, ecc.);
 - degrado.
- **secondo la risposta strutturale:**



- statiche;
- pseudo statiche;
- dinamiche.

◆ **secondo la variazione della loro intensità nel tempo:**

- permanenti (azioni che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità);
- variabili (azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura);
- eccezionali (azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura);
- sismiche (azioni derivanti dai terremoti).

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- ◆ carichi verticali uniformemente distribuiti q_k [kN/m²]
- ◆ carichi verticali concentrati Q_k [kN]
- ◆ carichi orizzontali lineari H_k [kN/m]

I valori nominali e/o caratteristici q_k , Q_k ed H_k di riferimento sono riportati nella Tab. 3.1.II delle NTC 2018. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

4.2.2 COMBINAZIONE DELLE AZIONI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- ◆ **Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

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

Le azioni si combinano applicando i coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} definiti nella Tabella 2.5.I del D.M. 17/01/2018 ed i valori dei coefficienti parziali γ_{Gi} e γ_{Qi} dati nella Tabella 2.6.I del D.M. 17/01/2018).



Categoria/Azione variabile	Ψ_0	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

Tabella 4-1 - Valori dei coefficienti di combinazione
Rif. Tab. 2.5.I D.M. 17/01/2018

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_f			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(4)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qs}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽⁴⁾ 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.

Tabella 4-2-Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU
Rif. Tab. 2.6.I D.M. 17/01/2018

4.3 AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A come definita al § 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica locale dell'area della costruzione.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



4.3.1 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni del manufatto nel suo complesso.

Gli **Stati limite di esercizio (SLE)** comprendono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione 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 e 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 e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli **Stati limite ultimi (SLU)** comprendono:

- **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;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tab. 3.2.I (D.M. 17/01/2018).

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

Tabella 4-3 Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato
Rif. Tab. 3.2.I D.M. 17/01/2018

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{VR} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R si ricava il periodo di ritorno T_R del sisma utilizzando la relazione:

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

4.4 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II del D.M. 17/01/2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:



$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- h_i spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II (D.M. 17/01/2018).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 4-4 Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato
Rif. Tab. 3.2.II D.M. 17/01/2018

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle norme (D.M. 17/01/2018). Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III D.M. 17/01/2018):

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

Tabella 4-5 Categorie topografiche
Rif. Tab. 3.2.III D.M. 17/01/2018

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



4.5 VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti. Per le opere e i sistemi geotecnici, la componente verticale verrà considerata ove espressamente specificato e purché il sito nel quale sorge la costruzione sia caratterizzato da un'accelerazione al suolo pari ad $a_g \geq 0,15g$.

Le componenti possono essere descritte, in funzione del tipo di analisi adottata, mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- accelerazione massima in superficie;
- accelerazione massima e relativo spettro di risposta in superficie;
- storia temporale del moto del terreno.

Sulla base di apposite analisi di risposta sismica locale si può poi passare dai valori in superficie ai valori sui piani di riferimento definiti nel § 3.2.2 (D.M. 17/01/2018); in assenza di tali analisi l'azione in superficie può essere assunta come agente su tali piani.

Le due componenti ortogonali indipendenti che descrivono il moto orizzontale sono caratterizzate dallo stesso spettro di risposta o dalle due componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

La componente che descrive il moto verticale è caratterizzata dal suo spettro di risposta o dalla componente accelerometrica verticale.

In mancanza di documentata informazione specifica, in via semplificata l'accelerazione massima e lo spettro di risposta della componente verticale attesa in superficie possono essere determinati sulla base dell'accelerazione massima e dello spettro di risposta delle due componenti orizzontali. La componente accelerometrica verticale può essere correlata alle componenti accelerometriche orizzontali del moto sismico.

Quale che sia la probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento V_R , la definizione degli spettri di risposta elastici, degli spettri di risposta di progetto e delle storie temporali del moto del terreno è fornita ai paragrafi successivi.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. Per strutture con periodi fondamentali superiori lo spettro deve essere definito da apposite analisi oppure l'azione sismica deve essere descritta mediante storie temporali del moto del terreno.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle espressioni seguenti:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

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

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

nelle quali:

- T è il periodo proprio di vibrazione;
- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_S \cdot S_T$ essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV D.M. 17/01/2018) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V D.M. 17/01/2018);
- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione



$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base dei materiali, della tipologia strutturale e del terreno di fondazione;

- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato dalla relazione

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

- dove: T_C^* è definito al § 3.2 e C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.IV D.M. 17/01/2018);
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione

$$T_B = T_C / 3$$

- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Per categorie speciali di sottosuolo, per determinati sistemi geotecnici o se si intenda aumentare il grado di accuratezza nella previsione dei fenomeni di amplificazione, le azioni sismiche da considerare nella progettazione possono essere determinate mediante più rigorose analisi di risposta sismica locale. Queste analisi presuppongono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni e, in particolare, delle relazioni sforzi-deformazioni in campo ciclico, da determinare mediante specifiche indagini e prove. In mancanza di tali determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di sottosuolo di fondazione definite nel § 3.2.2 (D.M. 17/01/2018), la forma spettrale su sottosuolo di categoria A è modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_C che modifica il valore del periodo T_C .

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_C valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV (D.M. 17/01/2018), nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_C^* è espresso in secondi.

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

Tabella 4-6 Espressioni di S_s e di C_C
Rif. Tab. 3.2.IV D.M. 17/01/2018

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V (D.M. 17/01/2018), in funzione delle categorie topografiche definite nel § 3.2.2 (D.M. 17/01/2018) e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.



Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Tabella 4-7 Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T
Rif. Tab. 3.2.V D.M. 17/01/2018

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella Tab. 3.2.V (D.M. 17/01/2018), fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve} , è definito dalle espressioni:

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

nelle quali:

- T è il periodo proprio di vibrazione (in direzione verticale);
- F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno a_g su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_o \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di a_g , F_o , S , η sono definiti nel § 3.2.3.2.1 del D.M. 17/01/2018 per le componenti orizzontali del moto sismico; i valori di S_s , T_B , T_C e T_D , salvo più accurate determinazioni, sono riportati nella Tab. 3.2.VI (D.M. 17/01/2018).

Categoria di sottosuolo	S_s	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Tabella 4-8 Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale
Rif. Tab. 3.2.VI D.M. 17/01/2018

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati in Tab. 3.2.V (D.M. 17/01/2018).

4.6 VITA NOMINALE DI PROGETTO

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I (D.M. 17/01/2018). Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.



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

Tabella 4-9 Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto
Rif. Tab. 2.4.I D.M. 17/01/2018

Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate.

Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a P_N , la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a P_N e comunque non inferiore a 5 anni.

Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

4.7 CLASSI D'USO

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

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- **Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5/11/2001, n. 6792, "*Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade*", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

4.8 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II (D.M. 17/01/2018).



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

Tabella 4-10 Valori del coefficiente d'uso C_U
 Rif. Tab. 2.4.II D.M. 17/01/2018

4.9 VALORI CARATTERISTICI DELL'AZIONE SISMICA PER IL SITO D'INTERESSE

Al fine di valutare la sicurezza e le prestazioni attese delle opere in progetto si assume:

Identificazione del sito

Latitudine	37.941863
Longitudine	15.362465
Comune	Santa Teresa Di Riva
Provincia	Messina
Regione	Sicilia

Punti di interpolazione del reticolo 46095 - 45873 - 45872 - 46094

Tipo di opera

Tipo di costruzione	Opera ordinaria
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV - Opere strategiche ed industrie molto pericolose
Vita di riferimento	100 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo $a_g =$	3.13 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.23
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 39.21$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 19.60$

Combinazioni SL

Accelerazione al suolo $a_g =$	1.15 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	1.00
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 17.54$
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v = 0.50 * k_h = 8.77$
Forma diagramma incremento sismico	Rettangolare

Parametri T_r , a_g , F_0 , T_c^* :



Parametri sismici				
	T_R [anni]	a_g [m/s ²]	F_0 [...]	T_C^* [s]
SLO	60	0,884	2,379	0,291
SLD	101	1,147	2,355	0,308
SLV	949	3,132	2,464	0,369
SLC	1950	4,143	2,477	0,404

●	ID Punto 1 = 46095	
○	ID Punto 2 = 45873	
○	ID Punto 3 = 45872	
○	ID Punto 4 = 46094	
Dati sismici rilevati correttamente.		

<< Indietro
Avanti >>

Stato Limite Ultimo	Stato Limite Esercizio
<input checked="" type="radio"/> SLV <input type="radio"/> Nessun valore <input type="radio"/> SLC	<input type="radio"/> SLO <input type="radio"/> Nessun valore <input checked="" type="radio"/> SLD

Categoria sottosuolo:

C - "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s".

Categoria topografica:

T1 "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ".

Coefficiente amplificazione topografica:

$S_T = 1,00$.

5 MATERIALI IMPIEGATI

5.1 CALCESTRUZZO

CLASSE C 28/35					
Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	350,00	kg/cm ²	35,00	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	290,50	kg/cm ²	29,05	N/mm ²
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	164,62	kg/cm ²	16,46	N/mm ²
Resistenza a trazione media	f_{ctm}	28,35	kg/cm ²	2,83	N/mm ²
Resistenza media cilindrica	f_{cm}	387,10	kg/cm ²	38,71	N/mm ²
Modulo Elastico	E_{cm}	330194,35	kg/cm ²	33019,43	N/mm ²

5.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

ACCIAIO B450C					
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	4500,00	kg/cm ²	450,00	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}	5400,00	kg/cm ²	540,00	N/mm ²
Modulo elastico	E_s	2100000,00	kg/cm ²	210000,00	N/mm ²
Resistenza di calcolo	f_{yd}	3913,04	kg/cm ²	391,30	N/mm ²

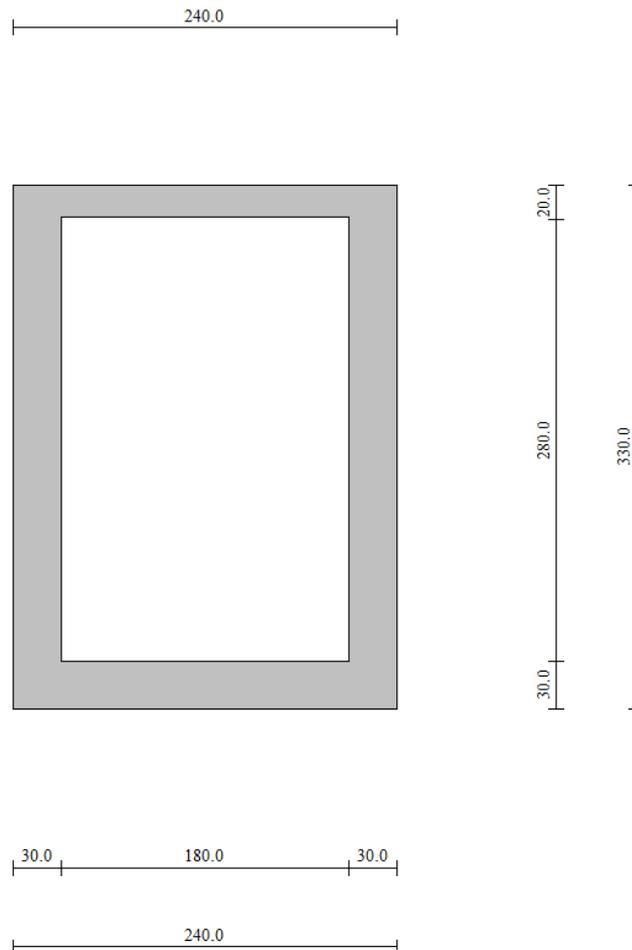


6 CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO

Il calcolo è stato effettuato con l'ausilio del software **SCAT 14.0 - Analisi Strutture Scatolari** (Licenza AIU4426E4) prodotto da Aztec Informatica - Corso Umberto, 43 - 87050 casali del Manco - Loc. Casole Bruzio (CS).

In merito alla verifica di affidabilità e applicabilità del software sono stati effettuati dei test che hanno evidenziato la corrispondenza tra i risultati ottenuti utilizzando il software Aztec e i risultati della soluzione teorica riportata nei testi di riferimento.

7 DIMENSIONAMENTO CUNICOLO DI STAZIONE - SEZIONE TIPO



7.1 Geometria

Altezza esterna	3,30	[m]
Larghezza esterna	2,40	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0,30	[m]
Spessore piedritto destro	0,30	[m]
Spessore fondazione	0,30	[m]
Spessore traverso	0,20	[m]

7.2 Caratteristiche strati terreno

Strato di rifianco

Descrizione	Unità S	
Peso di volume	1900,00	[kg/mc]
Peso di volume saturo	1900,00	[kg/mc]
Angolo di attrito	35,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	23,33	[°]
Coesione	0,00	[kg/cm ²]
Costante di Winkler	3,00	[kg/cm ² /cm]

Strato di base

Descrizione	Unità S	
Peso di volume	1900,00	[kg/mc]
Peso di volume saturo	1900,00	[kg/mc]
Angolo di attrito	35,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	23,33	[°]
Coesione	0,00	[kg/cm ²]
Costante di Winkler	3,00	[kg/cm ² /cm]
Tensione limite	1,80	[kg/cm ²]

7.3 Condizioni di caricoCondizione di carico n°1 (Peso Proprio)Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)Condizione di carico n°7 (Ricoprimento)

Distr	Traverso	$X_i = 0,00$	$X_f = 2,40$	$V_{ni} = 1430$	$V_{nf} = 1430$	$V_{ti} = 0$	$V_{tf} = 0$
-------	----------	--------------	--------------	-----------------	-----------------	--------------	--------------

Condizione di carico n°8 (Azione variabile da traffico)

Distr	Traverso	$X_i = 0,00$	$X_f = 2,40$	$V_{ni} = 6000$	$V_{nf} = 6000$	$V_{ti} = 0$	$V_{tf} = 0$
-------	----------	--------------	--------------	-----------------	-----------------	--------------	--------------

Condizione di carico n°9 (Azione frenatura/accelerazione)

Conc	Pied_S	$Y = 3,30$	$F_y = 0$	$F_x = 6000$	$M = 0$
------	--------	------------	-----------	--------------	---------

Condizione di carico n°10 (Carico a tergo accidentale)

Distr	Terreno	$X_i = -3,30$	$X_f = 0,00$	$V_{ni} = 6000$	$V_{nf} = 6000$
Distr	Terreno	$X_i = 2,40$	$X_f = 5,70$	$V_{ni} = 6000$	$V_{nf} = 6000$

7.4 Impostazioni di progettoVerifica materiali:**Stato Limite Ultimo**

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

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio



$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100.0 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d > (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}(\theta) + \text{ctg}(\alpha)) / (1.0 + \text{ctg} \theta^2)$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b _w	larghezza minima sezione [mm]
σ _{cp}	tensione media di compressione [N/mm ²]
ρ _l	rapporto geometrico di armatura
A _{sw}	area armatura trasversale [mm ²]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α _c	coefficiente maggiorativo, funzione di f _{cd} e σ _{cp}

$$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

Stato Limite di Esercizio

Criteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente poco aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare) 0.60 f_{ck}

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.) 0.45 f_{ck}

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare) 0.80 f_{yk}

Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure w₁=0,20 w₂=0,30 w₃=0,40

Metodo di calcolo aperture delle fessure:

- NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5

Resistenza a trazione per **Flessione**

Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2018 - Approccio 1

Copriferro sezioni 3,00 [cm]

7.5 Descrizione combinazioni di carico

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2	
Permanenti	Favorevole	γ _{G1fav}	1,00	1,00	
Permanenti	Sfavorevole	γ _{G1sfav}	1,30	1,00	
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ _{G2fav}		0,80	0,80
Permanenti non strutturali	Sfavorevole	γ _{G2sfav}		1,50	1,30
Variabili	Favorevole	γ _{Qifav}	0,00	0,00	
Variabili	Sfavorevole	γ _{Qisfav}	1,50	1,30	
Variabili da traffico	Favorevole	γ _{Qfav}	0,00	0,00	
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ _{Qsfav}	1,35	1,15	
Termici	Favorevole	γ _{efav}	0,00	0,00	
Termici	Sfavorevole	γ _{esfav}	1,20	1,20	

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:



<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{G1fav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1,00	1,00
Permanenti	Favorevole	γ_{G2fav}	0,00	0,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Q1fav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Q1sfav}	1,00	1,00
Variabili da traffico	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili da traffico	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00
Termici	Favorevole	γ_{efav}	0,00	0,00
Termici	Sfavorevole	γ_{esfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

7.6 Involuppo verifiche stato limite ultimo (SLU)

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

X	A_{fi}	A_{fs}	CS
0,15	12,57	12,57	4,12
0,66	12,57	12,57	4,41
1,20	12,57	12,57	3,79
1,74	12,57	12,57	3,79
2,25	12,57	12,57	4,12

X	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	A_{sw}
0,15	15032	0	0	0,00
0,66	15032	0	0	0,00
1,20	15032	0	0	0,00
1,74	15032	0	0	0,00
2,25	15032	0	0	0,00

Verifica sezioni traverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 20,00 cm



X	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,15	12,57	12,57	2,29
0,69	12,57	12,57	4,91
1,20	12,57	12,57	4,24
1,71	12,57	12,57	8,97
2,25	12,57	12,57	1,94

X	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	A _{sw}
0,15	11759	0	0	0,00
0,69	11759	0	0	0,00
1,20	11759	0	0	0,00
1,71	11759	0	0	0,00
2,25	11759	0	0	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,15	12,57	12,57	5,92
1,67	12,57	12,57	14,99
3,20	12,57	12,57	5,09

Y	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	A _{sw}
0,15	15548	0	0	0,00
1,67	15347	0	0	0,00
3,20	15147	0	0	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,15	12,57	12,57	4,34
1,67	12,57	12,57	11,74
3,20	12,57	12,57	3,87

Y	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	A _{sw}
0,15	15548	0	0	0,00
1,67	15347	0	0	0,00
3,20	15147	0	0	0,00

7.7 Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

X	A _{fi}	A _{fs}	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
0,15	12,57	12,57	22,22	693,65	221,53
0,66	12,57	12,57	14,97	143,73	502,41
1,20	12,57	12,57	25,32	246,16	904,11
1,74	12,57	12,57	14,97	143,73	502,41
2,25	12,57	12,57	23,37	739,45	229,48



X	τ_c	A_{sw}
0,15	-4,2	0,00
0,66	-2,2	0,00
1,20	0,2	0,00
1,74	2,6	0,00
2,25	4,7	0,00

Verifica sezioni trasverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 20,00 cm

X	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
0,15	12,57	12,57	34,80	299,57	969,84
0,69	12,57	12,57	20,98	382,57	198,74
1,20	12,57	12,57	33,65	838,31	291,27
1,71	12,57	12,57	14,70	382,57	114,13
2,25	12,57	12,57	61,42	490,33	1521,21

X	τ_c	A_{sw}
0,15	5,3	0,00
0,69	2,3	0,00
1,20	-0,6	0,00
1,71	-3,3	0,00
2,25	-6,2	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
0,15	12,57	12,57	22,85	251,09	531,34
1,67	12,57	12,57	7,13	147,82	78,63
3,20	12,57	12,57	20,54	220,70	478,18

Y	τ_c	A_{sw}
0,15	1,8	0,00
1,67	-0,1	0,00
3,20	-1,1	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A_{fi}	A_{fs}	σ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
0,15	12,57	12,57	24,15	268,46	517,30
1,67	12,57	12,57	12,48	212,20	148,25
3,20	12,57	12,57	29,45	308,56	760,86

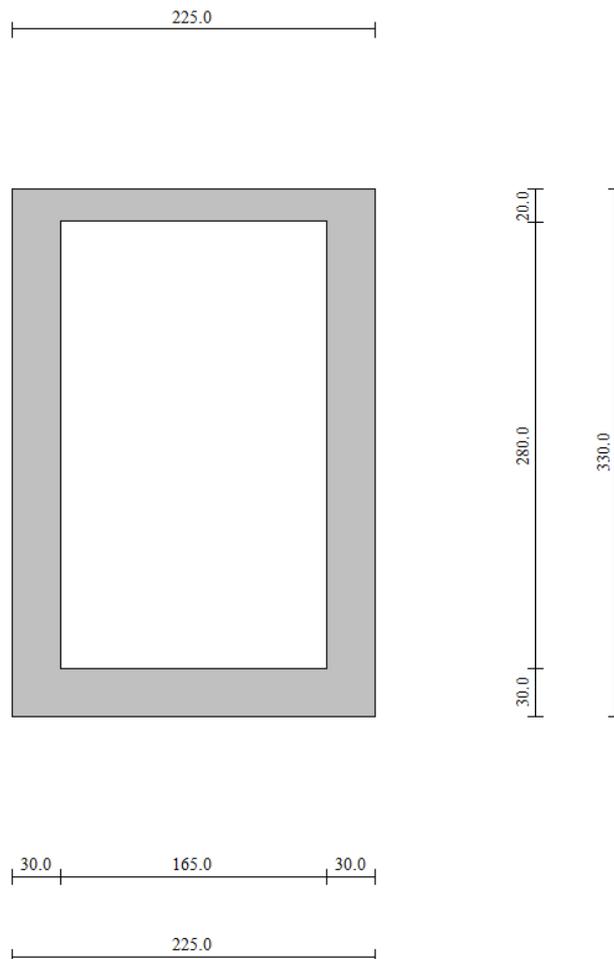
Y	τ_c	A_{sw}
0,15	-2,0	0,00
1,67	-0,2	0,00
3,20	3,1	0,00



7.8 Verifiche geotecniche

IC	N _c	N _q	N _γ	N' _c	N' _q	N' _γ	q _u	Q _U	Q _Y	FS
1	46,12	33,30	33,92	63,50	41,28	33,92	33,62	806843	13865	58,19
2	28,42	16,92	13,38	39,13	21,59	13,38	16,59	398075	11104	35,85
3	46,12	33,30	33,92	34,73	23,14	14,78	16,92	406029	30874	13,15
4	28,42	16,92	13,38	20,21	11,77	5,59	8,16	195885	25594	7,65
5	46,12	33,30	33,92	23,97	16,36	8,79	11,22	269300	26622	10,12
6	28,42	16,92	13,38	13,20	8,13	3,21	5,30	127302	21971	5,79
7	46,12	33,30	33,92	31,27	20,96	12,77	15,03	360740	26622	13,55
8	28,42	16,92	13,38	17,90	10,57	4,77	7,19	172604	21971	7,86
9	46,12	33,30	33,92	12,18	8,92	3,38	6,33	151821	11614	13,07
10	46,12	33,30	33,92	5,31	4,59	1,08	3,10	74383	8792	8,46
11	46,12	33,30	33,92	12,18	8,92	3,38	6,33	151821	11614	13,07
12	46,12	33,30	33,92	5,31	4,59	1,08	3,10	74383	8792	8,46
13	46,12	33,30	33,92	5,31	4,59	1,08	3,10	74383	8792	8,46
14	46,12	33,30	33,92	12,18	8,92	3,38	6,33	151821	11614	13,07
15	46,12	33,30	33,92	12,18	8,92	3,38	6,33	151821	11614	13,07
16	46,12	33,30	33,92	5,31	4,59	1,08	3,10	74383	8792	8,46

8 DIMENSIONAMENTO CUNICOLO DI STAZIONE - SEZIONE SOTTO ISOLE



8.1 Geometria



Altezza esterna	3,30	[m]
Larghezza esterna	2,25	[m]
Lunghezza mensola di fondazione sinistra	0,00	[m]
Lunghezza mensola di fondazione destra	0,00	[m]
Spessore piedritto sinistro	0,30	[m]
Spessore piedritto destro	0,30	[m]
Spessore fondazione	0,30	[m]
Spessore traverso	0,20	[m]

8.2 Caratteristiche strati terreno

Strato di rinfianco

Descrizione	Unità S	
Peso di volume	1900,00	[kg/mc]
Peso di volume saturo	1900,00	[kg/mc]
Angolo di attrito	35,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	23,33	[°]
Coesione	0,00	[kg/cm ²]
Costante di Winkler	3,00	[kg/cm ² /cm]

Strato di base

Descrizione	Unità S	
Peso di volume	1900,00	[kg/mc]
Peso di volume saturo	1900,00	[kg/mc]
Angolo di attrito	35,00	[°]
Angolo di attrito terreno struttura	23,33	[°]
Coesione	0,00	[kg/cm ²]
Costante di Winkler	3,00	[kg/cm ² /cm]
Tensione limite	1,80	[kg/cm ²]

8.3 Condizioni di carico

Condizione di carico n°1 (Peso Proprio)

Condizione di carico n°2 (Spinta terreno sinistra)

Condizione di carico n°3 (Spinta terreno destra)

Condizione di carico n°4 (Sisma da sinistra)

Condizione di carico n°5 (Sisma da destra)

Condizione di carico n° 7 (Ricoprimento)

Distr	Traverso	$X_i = 0,00$	$X_f = 2,25$	$V_{ni} = 1430$	$V_{nf} = 1430$	$V_{ti} = 0$	$V_{tf} = 0$
-------	----------	--------------	--------------	-----------------	-----------------	--------------	--------------

Condizione di carico n° 8 (Azione variabile da traffico)

Distr	Traverso	$X_i = 0,00$	$X_f = 2,25$	$V_{ni} = 2000$	$V_{nf} = 2000$	$V_{ti} = 0$	$V_{tf} = 0$
-------	----------	--------------	--------------	-----------------	-----------------	--------------	--------------

Condizione di carico n° 9 (Azione frenatura/accelerazione)

Conc	Pied_S	$Y = 3,30$	$F_y = 0$	$F_x = 0$	$M = 0$
------	--------	------------	-----------	-----------	---------

Condizione di carico n° 10 (Carico a tergo accidentale)

Distr	Terreno	$X_i = -3,30$	$X_f = 0,00$	$V_{ni} = 6000$	$V_{nf} = 6000$
Distr	Terreno	$X_i = 2,25$	$X_f = 5,55$	$V_{ni} = 6000$	$V_{nf} = 6000$

8.4 Impostazioni di progetto

Verifica materiali:**Stato Limite Ultimo**

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

Verifica Taglio - Metodo dell'inclinazione variabile del traliccio

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100.0 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d > (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

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

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f_{cd}' \cdot (\text{ctg}(\theta) + \text{ctg}(\alpha)) / (1.0 + \text{ctg} \theta^2)$$

con:

d	altezza utile sezione [mm]
b_w	larghezza minima sezione [mm]
σ_{cp}	tensione media di compressione [N/mm ²]
ρ_l	rapporto geometrico di armatura
A_{sw}	area armatura trasversale [mm ²]
s	interasse tra due armature trasversali consecutive [mm]
α_c	coefficiente maggiorativo, funzione di f_{cd} e σ_{cp}

$$f_{cd}' = 0.5 \cdot f_{cd}$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

Stato Limite di EsercizioCriteri di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente poco aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare) 0.60 f_{ck} Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.) 0.45 f_{ck} Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare) 0.80 f_{yk} Criteri verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure w1=0,20 w2=0,30 w3=0,40

Metodo di calcolo aperture delle fessure:

- NTC 2018 - C4.1.2.2.4.5

Resistenza a trazione per **Flessione**Verifiche secondo :

Norme Tecniche 2018 - Approccio 1

Copriferro sezioni 3,00 [cm]**8.5 Descrizione combinazioni di carico****Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche**Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2	
Permanenti	Favorevole	γ_{G1fav}	1,00	1,00	
Permanenti	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1,30	1,00	
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2fav}		0,80	0,80



Permanenti non strutturali	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1,50	1,30
Variabili Favorevole	Favorevole	γ_{Qifav}	0,00	0,00
Variabili Sfavorevole	Sfavorevole	γ_{Qisfav}	1,50	1,30
Variabili da traffico Favorevole	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili da traffico Sfavorevole	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,35	1,15
Termici Favorevole	Favorevole	γ_{efav}	0,00	0,00
Termici Sfavorevole	Sfavorevole	γ_{esfav}	1,20	1,20

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche
Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti Favorevole	Favorevole	γ_{G1fav}	1,00	1,00
Permanenti Sfavorevole	Sfavorevole	γ_{G1sfav}	1,00	1,00
Permanenti Favorevole	Favorevole	γ_{G2fav}	0,00	0,00
Permanenti Sfavorevole	Sfavorevole	γ_{G2sfav}	1,00	1,00
Variabili Favorevole	Favorevole	γ_{Qifav}	0,00	0,00
Variabili Sfavorevole	Sfavorevole	γ_{Qisfav}	1,00	1,00
Variabili da traffico Favorevole	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili da traffico Sfavorevole	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00
Termici Favorevole	Favorevole	γ_{efav}	0,00	0,00
Termici Sfavorevole	Sfavorevole	γ_{esfav}	1,00	1,00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>		<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$	1,00	1,00
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$	1,00	1,00
Resistenza non drenata	γ_{cu}	1,00	1,00
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}	1,00	1,00
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}	1,00	1,00

8.6 Inviluppo verifiche stato limite ultimo (SLU)
Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

X	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,15	12,57	12,57	7,07
0,67	12,57	12,57	10,17
1,13	12,57	12,57	9,77
1,58	12,57	12,57	9,77
2,10	12,57	12,57	7,07

X	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	A _{sw}
0,15	15026	0	0	0,00

0,67	15026	0	0	0,00
1,13	15026	0	0	0,00
1,58	15026	0	0	0,00
2,10	15026	0	0	0,00

Verifica sezioni traverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 20,00 cm

X	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,15	12,57	12,57	5,24
0,58	12,57	12,57	20,20
1,13	12,57	12,57	10,32
1,68	12,57	12,57	20,20
2,10	12,57	12,57	5,24

X	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	A _{sw}
0,15	11754	0	0	0,00
0,58	11754	0	0	0,00
1,13	11754	0	0	0,00
1,68	11754	0	0	0,00
2,10	11754	0	0	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,15	12,57	12,57	7,69
1,67	12,57	12,57	11,95
3,20	12,57	12,57	6,97

Y	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	A _{sw}
0,15	15520	0	0	0,00
1,67	15319	0	0	0,00
3,20	15118	0	0	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	CS
0,15	12,57	12,57	7,69
1,67	12,57	12,57	11,95
3,20	12,57	12,57	6,97

Y	V _{Rd}	V _{Rsd}	V _{Rcd}	A _{sw}
0,15	15520	0	0	0,00
1,67	15319	0	0	0,00
3,20	15118	0	0	0,00

8.7 Inviluppo verifiche stato limite esercizio (SLE)

Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)



Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

X	A _{fi}	A _{fs}	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
0,15	12,57	12,57	15,53	441,25	158,09
0,67	12,57	12,57	7,02	71,12	202,93
1,13	12,57	12,57	11,48	116,39	374,12
1,58	12,57	12,57	7,02	71,12	202,93
2,10	12,57	12,57	15,53	441,25	158,09

X	τ _c	A _{sw}
0,15	-2,6	0,00
0,67	-1,1	0,00
1,13	0,1	0,00
1,58	1,4	0,00
2,10	2,6	0,00

Verifica sezioni trasverso (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 20,00 cm

X	A _{fi}	A _{fs}	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
0,15	12,57	12,57	22,27	175,12	566,23
0,58	12,57	12,57	2,90	55,99	25,99
1,13	12,57	12,57	12,39	276,56	104,52
1,68	12,57	12,57	2,90	55,99	25,99
2,10	12,57	12,57	22,27	175,12	566,23

X	τ _c	A _{sw}
0,15	2,7	0,00
0,58	1,5	0,00
1,13	0,0	0,00
1,68	-1,5	0,00
2,10	-2,7	0,00

Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
0,15	12,57	12,57	15,68	165,03	397,48
1,67	12,57	12,57	8,86	188,31	97,23
3,20	12,57	12,57	10,76	114,97	256,49

Y	τ _c	A _{sw}
0,15	1,6	0,00
1,67	0,0	0,00
3,20	-1,1	0,00

Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm
 Altezza sezione H = 30,00 cm

Y	A _{fi}	A _{fs}	σ _c	σ _{fi}	σ _{fs}
0,15	12,57	12,57	15,68	165,03	397,48
1,67	12,57	12,57	8,86	188,31	97,23
3,20	12,57	12,57	10,76	114,97	256,49

Y	τ _c	A _{sw}
0,15	-1,6	0,00
1,67	0,0	0,00
3,20	1,1	0,00

8.8 Verifiche geotecniche

IC	N _c	N _q	N _y	N' _c	N' _q	N' _y	qu	Q _U	Q _Y	FS
1	46,12	33,30	33,92	64,06	41,54	33,92	33,30	749173	13299	56,33
2	28,42	16,92	13,38	39,48	21,74	13,38	16,49	371030	10638	34,88
3	46,12	33,30	33,92	64,06	41,54	33,92	33,30	749173	18564	40,36
4	28,42	16,92	13,38	39,48	21,74	13,38	16,49	371030	15123	24,53
5	46,12	33,30	33,92	64,06	41,54	33,92	33,30	749173	15405	48,63
6	28,42	16,92	13,38	39,48	21,74	13,38	16,49	371030	12432	29,85
7	46,12	33,30	33,92	64,06	41,54	33,92	33,30	749173	15405	48,63
8	28,42	16,92	13,38	39,48	21,74	13,38	16,49	371030	12432	29,85
9	46,12	33,30	33,92	11,61	8,55	3,12	6,00	134894	11176	12,07
10	46,12	33,30	33,92	4,75	4,23	0,93	2,83	63702	8426	7,56
11	46,12	33,30	33,92	11,61	8,55	3,12	6,00	134894	11176	12,07
12	46,12	33,30	33,92	4,75	4,23	0,93	2,83	63702	8426	7,56
13	46,12	33,30	33,92	4,75	4,23	0,93	2,83	63702	8426	7,56
14	46,12	33,30	33,92	11,61	8,55	3,12	6,00	134894	11176	12,07
15	46,12	33,30	33,92	11,61	8,55	3,12	6,00	134894	11176	12,07
16	46,12	33,30	33,92	4,75	4,23	0,93	2,83	63702	8426	7,56