



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:
Ing. Claudio Lamberti

- PERIZIA DI VARIANTE N.1 -

BOLOGNETTA S.c.p.a.

Titolo elaborato:

MODIFICA TECNICA N. 147

PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA - SVINCOLI E ROTATORIE

Svincolo di Cefalà Diana

Relazione tecnica descrittiva della modifica tecnica n. 147

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	P E	MT147	R T 0 1	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
0 7	PEMT147RT01_50_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE		Novembre 2015	A. Cecchelli S. Fortino D. Tironi
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO VERIFICATO APPROVATO

A.T.I. Progettisti :

Capogruppo:

Mandante:

POLITECNICA

INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Viale Amendola, 6 - 50121 Firenze
tel 055/2001660 fax 055/2344856
e-mail polifi@politecnica.it

ACS ingegneri

Via Catani, 28/c - 59100 Prato
tel 0574.527864 fax 0574.568066
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile
Ing. Marcello Mancone

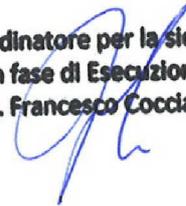


Il Geologo
dott. Pietro Accolti Gil



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Ing. Francesco Cocciante

Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di Esecuzione
Ing. Francesco Cocciante



Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori
Ing. Sandro Favero

ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **LO410C E 1101**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais



COMMITTENTE: A N A S S.p.A.

*** * * * ***

CONTRAENTE GENERALE: BOLOGNETTA S.C.p.A.

SS 189 e SS 121

ITINERARIO PALERMO - AGRIGENTO

PA 17/08

Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km 0,0 del lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km 33,6 del lotto 2 - svincolo Manganaro incluso), compresi i raccordi con le attuali S.S. n. 189 e S.S. n. 121

CUP F41B03000230001

Contratto per affidamento a Contraente Generale, stipulato in Roma il 19/10/2009 c/o Notaio Paolo Cerasi rep. n. 7953 racc. n. 4132, registrato in Roma il 27/10/2009.

Succ. Atto Aggiuntivo n. 1 stipulato in data 02.11.2011 rep. n. 9879 racc. n. 5275,

succ. Atto Aggiuntivo n. 2 stipulato in data 30.05.2013 rep. n. 20888 racc. n. 5938

e succ. Atto Aggiuntivo n. 3 stipulato in data 23.01.2014 rep. n. 21091 racc. n. 6057.

MODIFICA TECNICA N.147

WBS: Svincolo Cefalà Diana

OGGETTO: Modifiche di dettaglio alla nuova viabilità dello svincolo di Cefalà Diana

DATA: 31/08/2015

**VISTO: Il Contraente Generale
Ing. Pierfrancesco Paglini**

**p. A.T.I. Progettisti- POLITECNICA – A.C.S.
Ing. Marcello Mancone**



Sommario

1	OGGETTO DELLA NOTA.....	3
2	REVISIONE QUADERNO DELLE SEZIONI TRASVERSALI.....	3
3	ESTENSIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI A DUE ULTERIORI TRATTI DI VIAB. ESISTENTE.....	3
4	REALIZZAZIONE NUOVO TRATTO DI MURO DI SOSTEGNO	5
5	CONCLUSIONI	7
6	ALLEGATO 1– FASCICOLO DELLE VERIFICHE DEL NUOVO MURO DI SOTTOSCARPA SU RAMPA 5	8

1 OGGETTO DELLA NOTA

La presente modifica tecnica, emessa nell'attuale fase di Progetto Esecutivo di Dettaglio (PED), si rende necessaria per apportare alcune rettifiche/modifiche al Progetto Esecutivo Approvato (PEA) dello svincolo di Cefalà Diana.

Si riportano a seguire, in forma sintetica, le variazioni apportate agli elaborati di PEA che saranno diffusamente dettagliate nei paragrafi successivi:

- Revisione del quaderno delle sezioni trasversali, per rettificare alcune incongruenze riscontrate tra gli elaborati grafici del progetto consegnato in fase di PEA;
- Estensione del rifacimento del pacchetto stradale a due ulteriori tratti di viabilità esistente in prossimità della Contrada San Lorenzo (Rotatoria 3, viabilità di collegamento tra la Rotatoria 3 e la Rampa 8);
- Riduzione dell'interferenza tra il rilevato di progetto ed il parcheggio di un'attività commerciale adiacente alla attuale SS121, mediante la demolizione di un tratto del muro di cinta esistente e la successiva realizzazione ex-novo, in continuità all'opera esistente, di una porzione di muro di sottoscarpa.

2 REVISIONE QUADERNO DELLE SEZIONI TRASVERSALI

Nella presente fase di PED ed in occasione delle analisi di dettaglio condotte preliminarmente all'inizio dei lavori sull'area di svincolo in esame, sono emerse alcune incongruenze fra le sezioni trasversali prodotte in sede di PEA rispetto alle informazioni riportate sulle planimetrie e sui profili di progetto, che risultano corrette e coerenti con il progetto implementato all'interno del software per la modellazione stradale (Prost).

Tale difformità è certamente addebitabile ad un non completo aggiornamento, in sede di emissione esecutiva, del file in formato pdf delle sezioni trasversali, a partire dal corrispondente file del Progetto Definitivo.

Come detto la rettifica riguarda, dunque, il solo quaderno delle sezioni trasversali, che pertanto viene rettificato e rimesso nella presente fase in coerenza agli altri elaborati stradali.

3 ESTENSIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI A DUE ULTERIORI TRATTI DI VIAB. ESISTENTE

Il C.G. ha ritenuto opportuno procedere al rifacimento della pavimentazione stradale di due tratti di viabilità esistente non inclusi nel Progetto Esecutivo Approvato ma ricadenti nell'ambito dello svincolo in oggetto.

Tale intervento è da intendersi quale modifica migliorativa volta a dotare lo svincolo di Cefalà Diana, con particolare riferimento al collegamento esistente tra la Rampa 5 e la Rampa 8 di progetto, di una più marcata continuità funzionale ed a garantire una migliore "lettura" dell'area di svincolo da parte degli utenti in percorrenza.

Rispetto alle previsioni di PEA, sono state apportate le seguenti modifiche di dettaglio:

- Rifacimento del cassonetto della Rotatoria 3: nel progetto esecutivo approvato, per il tratto di strada in cui era stata prevista la rotatoria in parola, non erano contemplati interventi di rifacimento della pavimentazione esistente; di fatto la stessa rotatoria doveva essere soltanto "disegnata a terra" a seguito del rifacimento della segnaletica orizzontale afferente al nuovo svincolo. Tuttavia, al fine di uniformare per l'intero sviluppo dello svincolo in progetto la realizzazione di una nuova pavimentazione e per meglio raccordare la nuova livelletta della Rampa 5 con la viabilità esistente, si è deciso di procedere al rifacimento dell'intero cassonetto della pavimentazione esistente, uniformandolo alle previsioni di progetto per il tratto in esame, previa bonifica di 50 cm del piano di posa della sovrastruttura di progetto;
- Rifacimento della pavimentazione nel tratto compreso tra la Rotatoria 3 e la Rampa 8: nel progetto esecutivo approvato, per il tratto di svincolo compreso tra la Rotatoria 3 e la Rampa 8, non era stato previsto alcun intervento di rifacimento della pavimentazione esistente, tuttavia, viste le condizioni di deterioramento dell'attuale pavimentazione, al fine di uniformare per l'intero sviluppo dello svincolo in progetto la realizzazione di una nuova pavimentazione, si è deciso di procedere al rifacimento del manto stradale nel tratto in oggetto, in termini di posa di un nuovo strato di binder ed usura, previa scarifica dell'attuale pacchetto di asfalto.

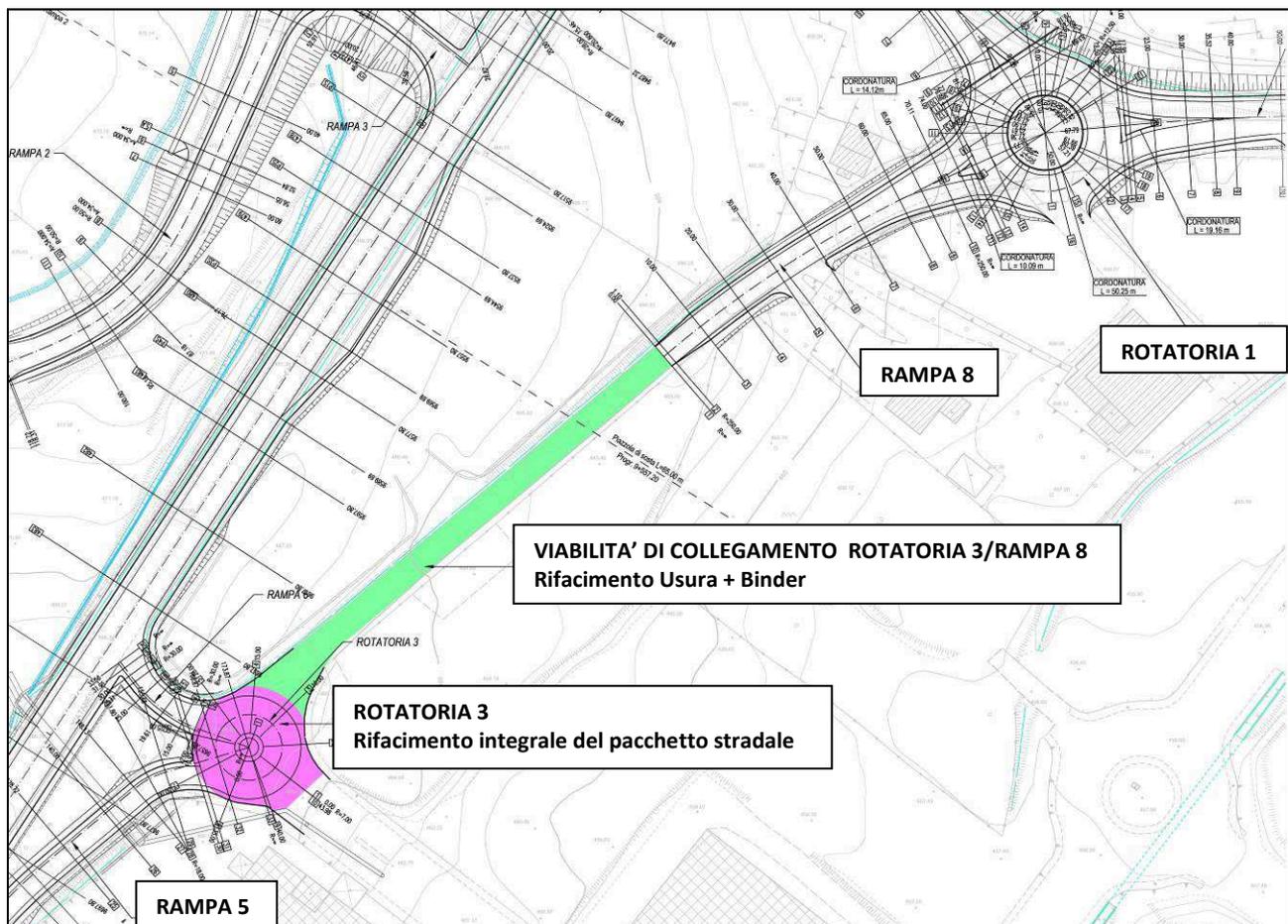


Figura 1 – Stralcio planimetrico delle aree interessate dal rifacimento stradale (non incluse nel PEA)

Si sottolinea che i rifacimenti in questione saranno eseguiti mantenendo esattamente la stessa geometria (larghezza della carreggiata, posizionamento dei cigli, conformazione dei tratti di innesto) e le stesse quote

al finito della piattaforma attuale, configurandosi quindi a tutti gli effetti come interventi di manutenzione stradale della pavimentazione esistente.

4 REALIZZAZIONE NUOVO TRATTO DI MURO DI SOSTEGNO

Nella presente fase di Progetto Esecutivo di Dettaglio (PED) si è provveduto a studiare in maniera più approfondita l'interferenza dovuta alla presenza di un muro di sostegno che cinge il piazzale di un'attività commerciale posta in adiacenza alla attuale SS121, manufatto parzialmente interferente con il nuovo rilevato della Rampa 5 di progetto, che come si evince dagli elaborati di PEA, si spinge all'interno della suddetta area adibita a parcheggio.

Al fine di ridurre l'interferenza tra il rilevato di progetto ed il piazzale dell'attività commerciale ed al contempo per eliminare l'interferenza puntuale del muro esistente con il corpo stradale di progetto (si veda cuneo tra sez.18 e sez.19), si prevede la demolizione di un tratto di muro esistente e la successiva realizzazione ex-novo della porzione di muro in posizione non interferente, leggermente spostato, quindi, rispetto al manufatto originale e con funzione di opera di sostegno per il rilevato di progetto.

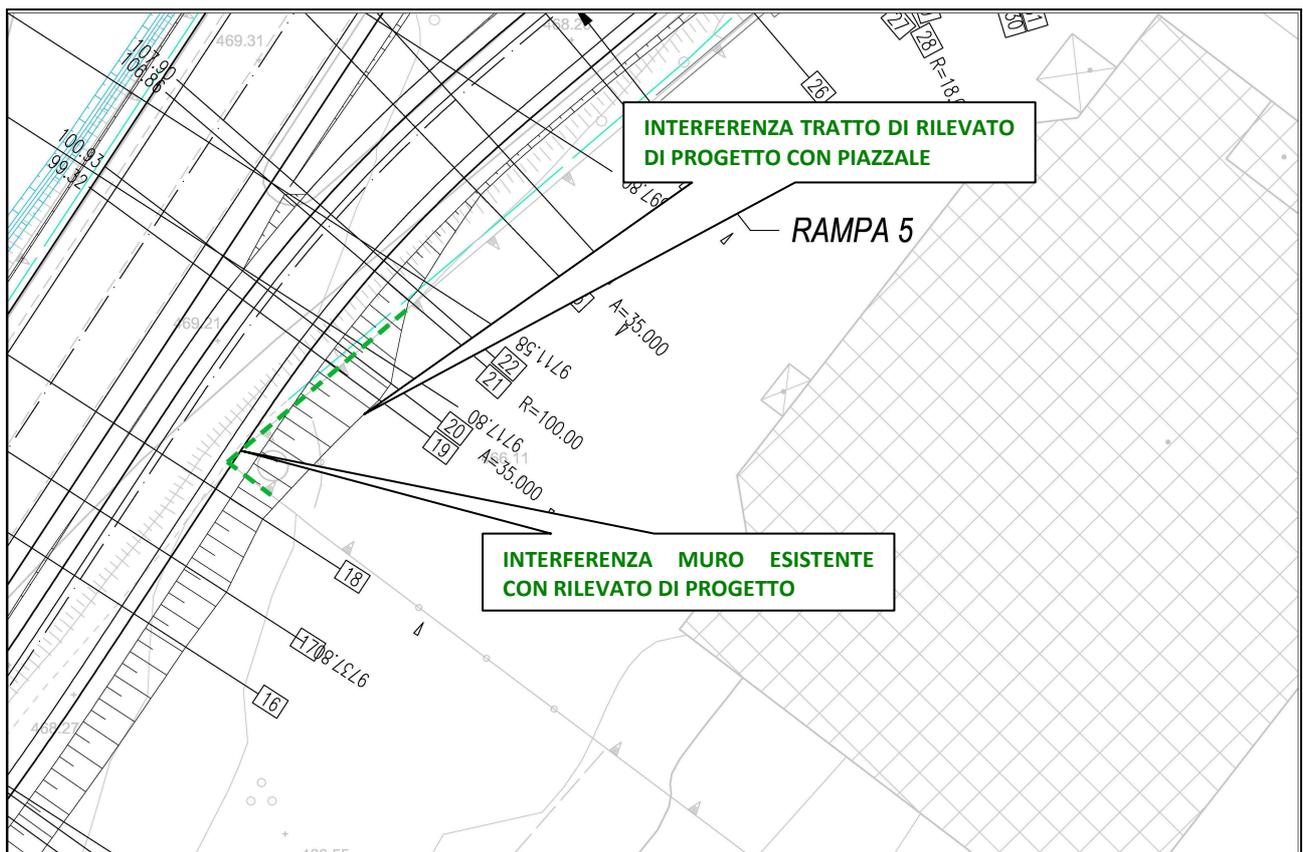


Figura 2 – Stralcio planimetrico interferenza piazzale – rilevato di progetto (PEA)

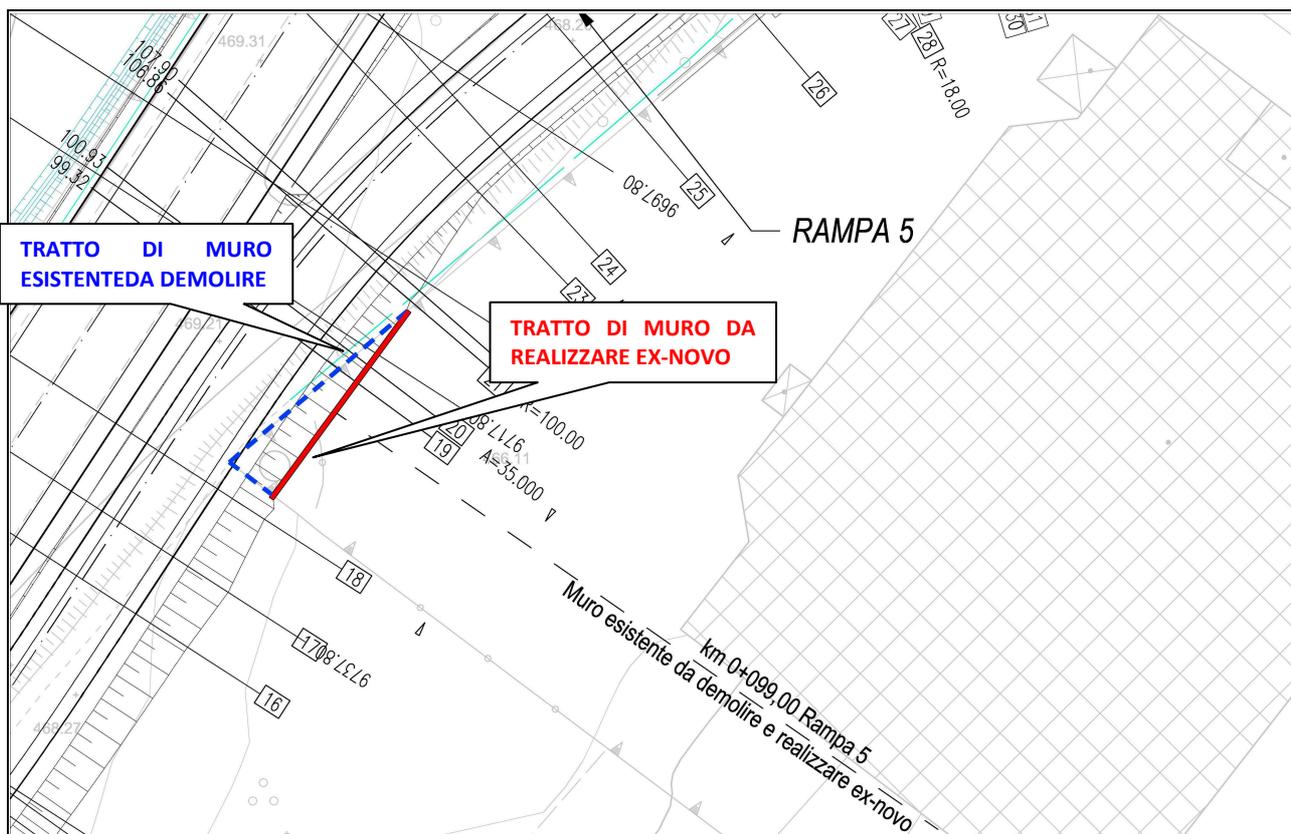


Figura 3 – Stralcio planimetrico realizzazione tratto di muro di sostegno sulla Rampa 5 (PED)

Il tratto di muro di sostegno da realizzare ex-novo, per il contenimento del rilevato di progetto, ha un'estensione di circa 17,00 m ed un'altezza fuori terra di circa 2,00 m, pari a quella del muro esistente, a cui il nuovo manufatto si andrà a raccordare per ripristinare la continuità della cinta attorno al piazzale privato.

Di seguito si riporta la sezione tipo del muro in esame:

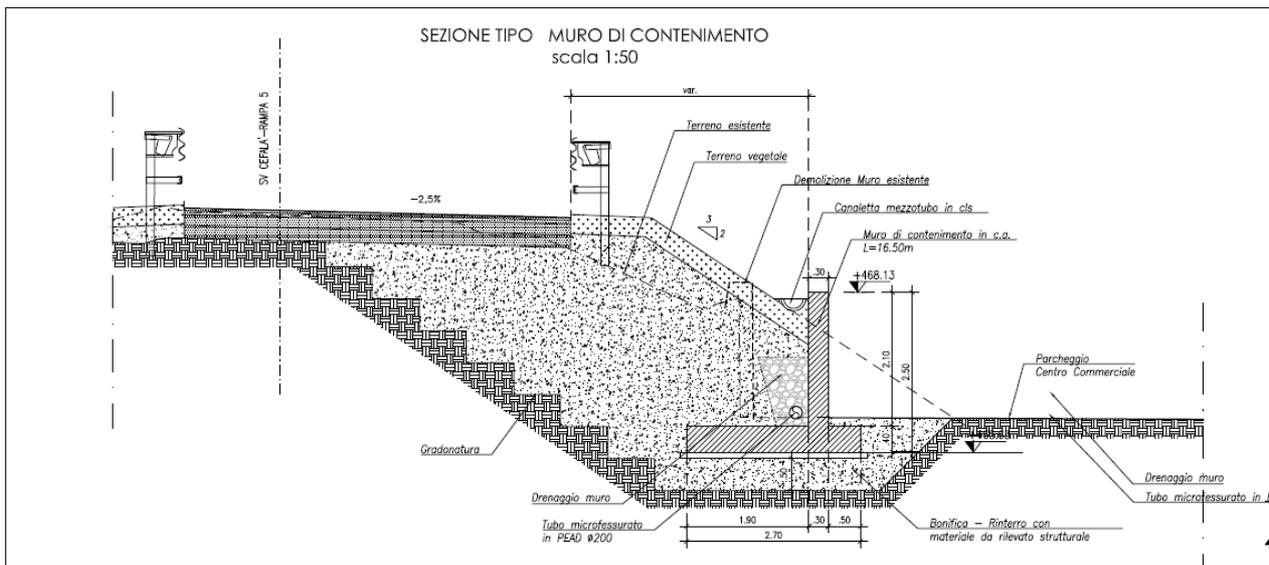


Figura 4 – Sezione tipo nuovo muro di sostegno

Per i particolari costruttivi ed i dettagli del nuovo muro si rimanda allo specifico elaborato grafico di PED, emesso con la presente Modifica Tecnica, rimandando, altresì, all'allegato di calcolo posto in calce per i dettagli riguardanti il dimensionamento e le verifiche strutturali del nuovo manufatto.

5 CONCLUSIONI

Oltre alla rettifica apportata all'elaborato grafico di PEA, di cui al paragrafo 2, le modifiche previste nell'ambito della presente modifica tecnica si configurano certamente come migliorative e volte ad un ottimale inserimento dell'area di svincolo nel contesto preesistente.

Per maggiori dettagli circa le modifiche si rimanda ai seguenti elaborati grafici emessi contestualmente alla presente nota di accompagnamento.

Svincolo di Cefalà Diana - Planimetria di progetto	1:500	PESVP006	_	40	_	4137
Svincolo di Cefalà Diana - Sezioni trasversali	1:200	PESVM005	_	40	_	4137
Svincolo di Cefalà Diana - Muro esistente da demolire e realizzare ex-novo - Planimetria, sezioni, sezione tipo e particolari	VARIE	PESVW001	_	40	_	4137

**p. A.T.I. Progettisti- POLITECNICA – A.C.S.
Ing. Marcello Mancone**



6 ALLEGATO 1- FASCICOLO DELLE VERIFICHE DEL NUOVO MURO DI SOTTOSCARPA SU RAMPA 5

SEZIONE DI CALCOLO

Di seguito si riporta la geometria della sezione di calcolo del manufatto in esame

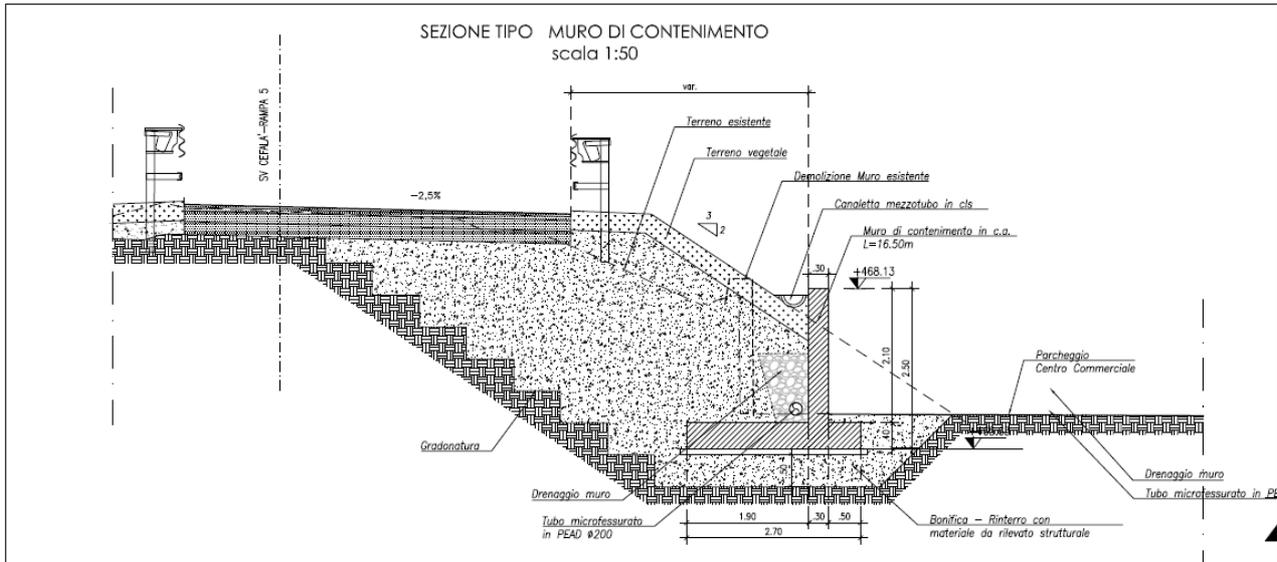


Figura 5 – Sezione tipo nuovo muro di contenimento lato monte

STRATIGRAFIA E MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO

Per il muro oggetto della presente nota di calcolo, sono stati considerati tre tipi di terreno:

- Terreno in sito
- Rilevato strutturale
- Materiale di Bonifica

Stratigrafia

tipo	γ (kN/m ³)	φ' (°)	c' [kPa]
Terreno in sito	20	20	5
Rilevato	19	35	0
Bonifica	19	33	0

c' = coesione efficace;

γ = peso di volume;

φ' = angolo d'attrito efficace;

ANALISI DEI CARICHI

Si riportano nel seguito i vari gruppi di condizioni elementari di carico suddivise in pesi propri e azioni variabili, azioni eccezionali dovute al sisma. Successivamente le CCE vengono combinate come prescritto

dalla normativa per ottenere le combinazioni di carico con le quali eseguire le verifiche in condizioni statiche e sismiche, agli stati ultimi e di esercizio.

Condizioni di Carico Elementari (CCE)

Oltre al peso proprio del muro (25 kN/m^3), si riportano le azioni considerate nel dimensionamento e nelle verifiche della struttura di progetto:

- a) Spinta statica del terreno (carico permanente): Il calcolo delle spinte basato sul "metodo del cuneo di tentativo" (*Trial Wedge Method*), può essere considerato una generalizzazione della *teoria di Coulomb* (1776). Le equazioni derivano dall'equilibrio limite globale di diversi cunei di rottura di forma variabile a seconda delle condizioni di equilibrio al contorno. Esse dipendono dall'angolo di rottura delle superfici di scorrimento; la spinta si ottiene per tentativi, facendo variare l'angolo di rottura fino a determinare quello critico che rende massima la spinta attiva o minima la spinta passiva sull'opera di sostegno;
- b) Sovraccarico sulla carreggiata stradale , $q = 20 \text{ kN/m}^2$ sovraccarico carico accidentale. Nel metodo iterativo del cuneo di tentativo, che per la sua formulazione mette in conto le azioni esterne direttamente nell'equazione risolutiva, le forze che in un dato istante risultano esterne al cuneo di calcolo non partecipano a tale soluzione, quelle interne partecipano invece in modo diretto alla determinazione della risultante della spinta del terreno e non vengono quindi sovrapposte a posteriori;
- a) Azione sismica del terreno (carico eccezionale): In zona sismica, per l'opera di sostegno, viene condotta una analisi pseudo-statica secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni, paragrafo 7.11.6). Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, pari al prodotto delle forze di gravità moltiplicate per un coefficiente sismico. I coefficienti sismici orizzontali e verticali, applicati a tutte le masse potenzialmente instabili, sono calcolati rispettivamente come:
- $k_h = \beta_m \cdot (a_{\max}/g)$ per verifiche geotecniche locali
 - $k_h = \beta_s \cdot (a_{\max}/g)$ per verifiche geotecniche di stabilità globale
 - $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$
 - $a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$

Dove:

$\beta_{m/s}$ è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{\max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g è l'accelerazione di gravità;

S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;

S_T è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

- $k_h = \beta_m a_{\max} / g = 0.527$
- $a_{\max} = S_s S_T a_g = 1.2 \times 1.0 \times 1.83 = 2.196$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- $A_g/g = 0.183$
- $S_s = 1.20$ (categoria suolo di fondazione B)
- $S_T = 1.0$
- $g =$ accelerazione di gravità

- $\beta_m = 0.24$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito
- $\beta_s = 0.24$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

I coefficienti sismici sopra definiti sono considerati costanti lungo l'altezza del muro. L'incremento di spinta dovuto al sisma può venire assunto agente nello stesso punto di quella statica, nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, oppure a metà altezza dell'opera, negli altri casi. La spinta totale di progetto E_d agente sull'opera di sostegno è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot h^2 + E_{ws}$$

dove: γ è il peso specifico del terreno;
 K è il coefficiente di spinta del terreno;
 h è l'altezza del muro;
 E_{ws} è la spinta idrostatica;

L'incremento di spinta dovuto al sisma è assunto agente nello stesso punto di quella statica (caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede).

- b) Azione sismica della struttura (carico eccezionale): le forze d'inerzia orizzontali F_i delle pareti verticali, dovute al sisma, sono state valutate come: $F_i = k_h W_i$, dove k_h è il coefficiente di accelerazione sismica di cui al paragrafo precedente e W_i è il peso dell'elemento strutturale considerato.

Combinazioni di carico (C.C.)

Le varie azioni F_x , F_y , F_z , M_x , M_y ed M_z per le varie condizioni elementari di carico (CCE: pesi, carico di esercizio, vento+, vento- etc). queste sono state sommate in una serie di "combinazioni di carico" (C.C.) di tipo SLU (Stato Limite Ultimo) e SLE (Stato Limite di Esercizio), statiche e sismiche.

La normativa, in sintesi, prevede due differenti approcci per la valutazione della sicurezza delle costruzioni:

Approccio 1: si determinano sollecitazioni e resistenze applicando le seguenti combinazioni (il segno "+" indica semplicemente "combinazione" e non "somma") di coefficienti parziali e verificando che i requisiti di sicurezza siano soddisfatti contemporaneamente per entrambe:

- Combinazione 1 (A1) + (M1) + (R1)
- Combinazione 2 (A2) + (M2) + (R2)

Approccio 2: si determinano sollecitazioni e resistenze applicando la seguente combinazione di coefficienti parziali e verificando che i requisiti di sicurezza siano soddisfatti:

- Combinazione 1 (A1) + (M1) + (R3)

Secondo l'Approccio 1, i valori dei coefficienti parziali utilizzati, desunti dal DM, sono stati i seguenti:

Gruppo A1 – Azioni

Azioni permanenti	favorevoli alla sicurezza	$\gamma_G = 1.00$
	sfavorevoli alla sicurezza	$\gamma_G = 1.30$
Azioni permanenti (non strutturali)	favorevoli alla sicurezza	$\gamma_G = 0.00$
	sfavorevoli alla sicurezza	$\gamma_G = 1.50$
Azioni accidentali	favorevoli alla sicurezza	$\gamma_Q = 0.00$
	sfavorevoli alla sicurezza	$\gamma_Q = 1.50$

Gruppo A2 – Azioni

Azioni permanenti	favorevoli alla sicurezza	$\gamma_G = 1.00$
	sfavorevoli alla sicurezza	$\gamma_G = 1.00$
Azioni permanenti (non strutturali)	favorevoli alla sicurezza	$\gamma_G = 0.00$
	sfavorevoli alla sicurezza	$\gamma_G = 1.30$
Azioni accidentali	favorevoli alla sicurezza	$\gamma_Q = 0.00$
	sfavorevoli alla sicurezza	$\gamma_Q = 1.30$

Gruppo M1 – Materiali

Resistenza caratteristica calcestruzzo	$\gamma_{cls} = 1.50$
Resistenza caratteristica acciaio armatura	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza caratteristica acciaio da carpenteria	$\gamma_{M0} = 1.05$
Tangente angolo di resistenza al taglio del terreno	$\gamma_\phi = 1.00$
Coesione efficace	$\gamma_{c'} = 1.00$
Coesione non drenata	$\gamma_{cu} = 1.00$
Peso di volume terreno	$\gamma_Y = 1.00$

Gruppo M2 – Materiali

Resistenza caratteristica calcestruzzo	$\gamma_{cls} = 1.50$
Resistenza caratteristica acciaio armatura	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza caratteristica acciaio da carpenteria	$\gamma_{M0} = 1.05$
Tangente angolo di resistenza al taglio del terreno	$\gamma_\phi = 1.25$
Coesione efficace	$\gamma_{c'} = 1.25$
Coesione non drenata	$\gamma_{cu} = 1.40$
Peso di volume terreno	$\gamma_Y = 1.00$

Gruppo R1 – Coefficienti di sicurezza

Capacità portante fondazioni superficiali	$\gamma_R = 1.00$
Scorrimento fondazioni superficiali	$\gamma_R = 1.00$

Gruppo R2 – Coefficienti di sicurezza

Capacità portante fondazioni superficiali	$\gamma_R = 1.80$
Scorrimento fondazioni superficiali	$\gamma_R = 1.10$

Per la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno viene effettuata secondo l'approccio 1 combinazione 2 (A2-M2-R2). Per le rimanenti verifiche geotecniche e strutturali, le combinazioni di carico vengono formulate secondo l'Approccio 2 della vigente normativa NTC '08 (per la verifica a ribaltamento vengono considerati i coefficienti EQU e M2). Per le verifiche di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno si utilizza la combinazione 2 dell'Approccio 1 (punto 6.5.3.1.1 delle NTC 2008).

Si riporta una tabella riassuntiva delle combinazioni di carico considerate.

Famiglia	A	M	R	Indice	Nome	Perm.	Variabili	Sisma H	Sisma V
EQU	A3	M2	R0	1	EQU-1	0.9	1.5	0	0

EQU	A3	M2	R0	2	EQU-2	1.1	1.5	0	0
EQU	A0	M2	R0	3	EQU-3	1	0	1	1
EQU	A0	M2	R0	4	EQU-4	1	0	1	-1
STR	A1	M1	R3	1	STR-1	1.3	0	0	0
STR	A1	M1	R3	2	STR-2	1.3	1.5	0	0
GEO	A2	M2	R2	1	GEO-1	1	1.3	0	0
SIS	A0	M1	R3	1	SIS-1	1	0	1	1
SIS	A0	M1	R3	2	SIS-2	1	0	1	-1
SIS	A0	M2	R2	3	SIS-3	1	1.3	1	1
SIS	A0	M2	R2	4	SIS-4	1	1.3	1	-1
SLE	A0	M0	R0	1	SLE-1	1	1	0	0

ANALISI DELLA STRUTTURA

Il dimensionamento del muro è stato effettuato in corrispondenza della sezione con altezza maggiore $h = 1.45$. Il muro con fondazione superficiale è stato analizzato con il metodo dell'equilibrio limite. Per questa struttura di sostegno, il fattore di struttura q è stato preso uguale a 1. L'analisi e le verifiche geotecniche strutturali sono state eseguite con l'ausilio del software WallCad+ dalla Concrete s.r.l., versione 7.12.

Si tratta di un programma di calcolo strutturale dedicato al progetto e verifica di Opere di Sostegno in cemento armato e a gravità. Il programma permette il calcolo delle spinte nelle diverse combinazioni di calcolo analizzate, l'esecuzione di verifiche di stabilità locale e globale di natura geotecnica, la progettazione delle parti in cemento armato e la verifica di resistenza strutturale. Nella determinazione delle sollecitazioni strutturali può utilizzare un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Nella relazione di calcolo vengono riportati i dati di input, le combinazioni di calcolo adottate, le pressioni e le spinte trovate, nonché i risultati delle verifiche geotecniche e strutturali. Vengono anche prodotte le tavole con i prospetti e le distinte di armatura, ed il computo metrico delle principali grandezze.

SPECIFICHE TECNICHE

Denominazione del software: WallCAD 7

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: 7.12

Identificatore licenza: WP-3765625

Intestatario della licenza: POLITECNICA - INGEGNERIA ED ARCHITETTURA - MODENA

Versione regolarmente licenziata

VERIFICHE GEOTECNICHE

Sono state eseguite le seguenti verifiche geotecniche

- a) VERIFICHE geotecniche DI STABILITÀ LOCALE

Le verifiche previste dalla normativa vigente e quindi quelle eseguite dal programma *WallCAD* per la verifica delle opere di sostegno sono:

- verifica allo scorrimento (traslazione sul piano di posa);
- verifica al ribaltamento;
- verifica alla capacità portante.

Verifica allo scorrimento

Lo scorrimento dell'opera di sostegno avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito ed eventuale coesione terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la frazione della spinta passiva.

Il coefficiente di sicurezza si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti e mobilizzanti:

$$v = \frac{F_{stab}}{F_{mob}} = \frac{(N_y + T_y) \cdot \vartheta + N_x + \alpha \cdot S_p + c_a \cdot B}{T_x}$$

dove:

N_x, T_x = componenti delle forze normali e di taglio lungo il piano di scorrimento;

N_y, T_y = componenti delle forze normali e di taglio normali al piano di scorrimento;

ϑ = coefficiente di attrito terreno-fondazione;

α = fattore di riduzione della spinta passiva;

S_p = spinta passiva dell'eventuale terreno a valle dell'opera di sostegno;

c_a = aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione propria;

B = larghezza della fondazione.

Verifica al ribaltamento

Il ribaltamento consiste nella possibilità di rotazione dell'opera di sostegno attorno ad un centro di rotazione, convenzionalmente preso nel punto più a valle della fondazione. Il coefficiente di sicurezza si ottiene dal rapporto tra i momenti stabilizzanti e quelli ribaltanti.

$$v = \frac{M_{stab}}{M_{rib}} = \frac{\sum F_v \cdot b + \sum S_y \cdot d}{\sum F_h \cdot h}$$

dove:

F_v = forze verticali agenti sull'opera di sostegno;

F_h = forze orizzontali agenti sull'opera di sostegno;

S_y = componenti verticali delle spinte agenti sull'opera di sostegno;

b, h, d = relativi bracci delle forze rispetto al punto di rotazione.

Verifica di capacità portante

La capacità portante di una fondazione rappresenta il carico ultimo trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura del terreno. Le normative prevedono che il fattore di sicurezza alla capacità portante, espresso come rapporto tra il carico ultimo della fondazione ed il carico agente, sia non minore di un prefissato limite. Le formule di calcolo presenti in letteratura sono nate per la fondazione nastriforme indefinita ma aggiungono una serie di termini correttivi per considerare le effettive condizioni al contorno della fondazione, esprimendo la capacità portante ultima in termini di pressione limite. Nel caso in oggetto la fondazione del muro può essere considerata nastriforme.

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è fatta con il metodo di Brinch-Hansen.

Metodo di Brinch-Hansen

La capacità portante valutata attraverso la formula di Brinch-Hansen risulta, nel caso generale*:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ($\phi = 0$) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

γ' = peso di volume efficace dello strato di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione

- (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $B = B_f - 2e$);
- L = lunghezza efficace della fondazione
(depurata dell'eventuale eccentricità del carico $L = L_f - 2e$);
- c = coesione dello strato di fondazione;
- c_u = coesione non drenata dello strato di fondazione;
- q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
- N_y, N_c, N_q = fattori di capacità portante;
- s_y, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione;
- d_y, d_c, d_q = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.
- i_y, i_c, i_q = fattori di inclinazione del carico;
- b_y, b_c, b_q = fattori di inclinazione della base della fondazione;
- g_y, g_c, g_q = fattori di inclinazione del piano campagna;

Per la teoria di Brinch-Hansen i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\phi; \quad N_q = tg^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{(\pi \cdot tg\phi)}; \quad N_y = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot tg\phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg\phi; \quad s_y = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot tg\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2; \quad d_y = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{B \cdot L \cdot c_a}}; \quad i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^5;$$

$$i_y = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^5 \quad (\text{se } \eta=0); \quad i_y = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 45^\circ) \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^5 \quad (\text{se } \eta>0)$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - 0.5 \cdot tg\beta)^\circ; \quad g_y = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^o}{147^o}; \quad b'_c = \frac{\eta^o}{147^o}; \quad b_q = e^{(-2 \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi)}; \quad b_\gamma = e^{(-2.7 \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi)}$$
$$\text{dove: } k = \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = \text{arctg} \left(\frac{D}{B_f} \right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1)$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

ϕ = angolo di attrito dello strato di fondazione;

c_a = aderenza alla base della fondazione;

η = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ($\eta = 0$ se orizzontale);

β = inclinazione del pendio;

H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

D = profondità della fondazione.

*** Come indicato da alcuni autori per essere maggiormente a favore di sicurezza, il programma non utilizza contemporaneamente i coeff. s_i insieme ai coeff. i_i .**

b) VERIFICHE geotecniche DI STABILITÀ globale

Oltre alle verifiche di stabilità locali la normativa vigente prevede per tutte le opere geotecniche una verifica globale della zona adiacente all'opera di sostegno. L'ampiezza della zona ed i meccanismi di rottura indagati devono essere tali da racchiudere il muro di sostegno stesso ed eventuali opere vicine, lungo le superfici di minimo coefficiente di sicurezza. Tali analisi vengono normalmente condotte con i metodi all'equilibrio limite della analisi di stabilità dei pendii.

I metodi all'equilibrio limite implementati da WALLCAD per eseguire l'analisi di stabilità globale dell'opera sono i tradizionali:

- Metodo di Fellenius;
- Metodo di Bishop;

Tali metodi sono stati scelti sia perché sono notoriamente tra i più cautelativi, sia perché permettono di considerare anche il caso di analisi sismica. Nella presente relazione vengono presentate le verifiche di stabilità globale eseguite con il metodo di Bishop.

Metodo di Bishop

Si assume che la superficie di scivolamento possa essere assimilata ad un arco di circonferenza. Se si considera la massa interessata dallo scivolamento suddivisa in n conci, il fattore di sicurezza può essere espresso in termini di momenti generati dalle forze agenti sui singoli conci rispetto al centro della circonferenza stessa

$$FS = \frac{M_S}{M_R}$$

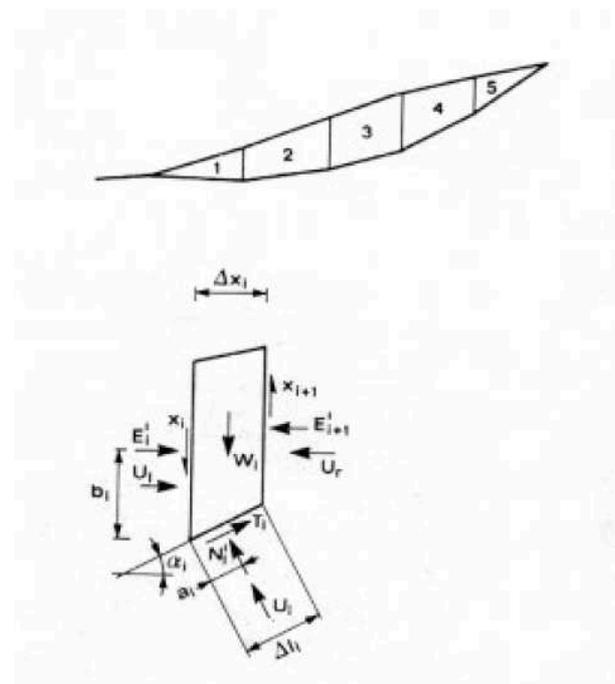
In cui M_R è il momento delle forze ribaltanti pari a

$$M_R = r \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i$$

M_S è il momento stabilizzante dato da

$$M_S = \sum_{i=1}^n (c + \sigma_i \cdot \tan \varphi_i) \cdot \Delta l_i$$

dove r e Δl_i sono rispettivamente il raggio e la lunghezza della base del concio considerato. Nel metodo di Bishop si assume che le azioni agenti all'interfaccia dei conci abbiano risultante orizzontale, perciò, se si esprime la resistenza mobilizzata T_i come un'aliquota della resistenza al taglio tramite il fattore di sicurezza FS (assunto uguale a quello dell'equazione generale), e si ricava N dall'equilibrio alla traslazione verticale:



$$N_i = \frac{W_i - u_i \cdot \Delta x_i - (1/FS) \cdot c \cdot \Delta x_i \cdot \tan \alpha_i}{\cos \alpha_i \cdot [1 + (\tan \alpha_i \cdot \tan \phi_i) / FS]}$$

ottenendo:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c \cdot \Delta x_i + (W_i - u_i \cdot \Delta x_i) \cdot \tan \phi_i] \cdot [1 / M_i(\alpha)]}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

con

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha_i \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha_i \cdot \tan \phi_i}{FS} \right)$$

Per la determinazione di FS è richiesta una procedura per successive approssimazioni: si fissa dapprima un valore di tentativo di FS pari ad 1 a secondo membro e si ricava un successivo valore da introdurre nelle sommatorie, fino a raggiungere attraverso iterazioni un grado di approssimazione pari a 0.001.

In presenza di sisma viene condotta una analisi pseudo-statica secondo NTC 2008, paragrafo 7.11.3.5, secondo cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso del volume di terreno instabile ed ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$k_h = \beta_s \cdot (a_{max}/g)$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

$$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

Dove:

β_s è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, in funzione della zona sismica;

g è l'accelerazione di gravità;

S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;

S_T è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.I, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima a_g .

Il coefficiente S_s di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di S_s sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V.

Il coefficiente S_T di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture su pendii con inclinazione maggiore di 15° e dislivello superiore a 30m, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di S_T sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.VI, in funzione della categoria topografica della superficie.

Il calcolo viene condotto nelle combinazioni stabilite dall'utente, con i coefficienti parziali sulle azioni, sui materiali e resistenze indicati; di default vengono create combinazioni per il caso statico e sismico.

Il margine di sicurezza alla stabilità del pendio ottenuto deve essere valutato e motivato dal progettista.

VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali agli SLU e SLE vengono condotte come prescritto dalla normativa italiana NTC '08 e relativa circolare esplicativa.

FASCICOLO DEI CALCOLI

Muro h=2.20 m

Rappresentazione analitica

Il muro viene convenzionalmente suddiviso in blocchi principali ed eventuali accessori.

Ingombro globale

Larghezza totale del muro	: 270 cm
Altezza totale del muro	: 250 cm
Peso specifico del muro	: 2500 daN/m ³
Peso specifico delle falde	: 1000 daN/m ³

Paramento

Base inf.	: 30 cm
Base sup.	: 30 cm
Altezza	: 210 cm
Disassamento	: 0 cm

Mensola sinistra in fondazione

Larghezza	: 190 cm
Alt.interna	: 40 cm
Alt.esterna	: 40 cm
Disassamento	: 0 cm

Zoccolo centrale in fondazione

Larghezza	: 30 cm
Altezza a sx	: 40 cm
Altezza a dx	: 40 cm
Sfalsamento	: 0 cm

Mensola destra in fondazione

Larghezza	: 50 cm
Alt.interna	: 40 cm
Alt.esterna	: 40 cm
Disassamento	: 0 cm

Caratteristiche dei terreni

Significato dei simboli e unità di misura:

Gsat: Peso specifico saturo del terreno, utilizzato nelle zone immerse (daN/m³)

Gnat: Peso specifico naturale del terreno, utilizzato nelle zone non immerse (daN/m³)

Fi: Angolo di attrito interno del terreno (deg)

C': Coesione drenata del terreno (daN/cm²)

Cnd: Coesione non drenata del terreno (daN/cm²)

Delta: Angolo di attrito all'interfaccia terreno/paramento (deg)

Al: Adesione della coesione all'interfaccia terreno/cls (-)

OCR: Coefficiente di sovraconsolidazione del terreno (-)

Ko: Coefficiente di spinta a riposo del terreno (-)

E: Modulo elastico longitudinale del terreno (daN/cm²)

G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm²)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

N	Denominazione	Gsat	Gnat	Fi	C'	Cnd	Delta	AI	OCR	Ko	E	G	Perm
1	Rilevato	1900	1900	35,00	0,000	0,000	0,00	0,00	1,00	0,43	900	345	3,30E-01
2	Terreno in sito	2000	2000	20,00	0,050	0,000	0,00	0,50	1,00	0,66	40	15	1,00E-05
3	Bonifica	1900	1900	33,00	0,000	0,000	0,00	0,00	1,00	0,46	500	200	3,30E-01

Geometria degli strati

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligoni di separazione degli strati di terreno.

Strato n.1, materiale sottostante: Bonifica

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	2	15	15
2	8	210	15

Strato n.2, materiale sottostante: Bonifica

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	-	-205	-40
2	-	-15	-40
3	-	15	-40
4	-	65	-40

Strato n.3, materiale sottostante: Rilevato

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	7	-1137	333
2	6	-980	330

3	5	-380	313
4	4	-265	310
5	3	-15	144

Strato n.4, materiale sottostante: Terreno in sito

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	7	-1137	333
2	11	-766	250
3	10	-255	-100
4	9	95	-100
5	8	210	15

Strato n.5, materiale sottostante: Terreno in sito

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	8	210	15
2	1	999	15

Geometria dei carichi

Le coordinate e le componenti dei carichi stampate in questo paragrafo sono riferite al sistema di riferimento relativo alla sezione trasversale, dove gli assi X e Y locali coincidono rispettivamente con gli assi X e Z globali. L'asse Y globale si sviluppa nella profondità del muro. Tutte le tipologie di carico, esclusa quella puntuale, hanno componenti e coordinate diverse da zero solo lungo gli assi locali X e Y. Nel caso di carichi puntuali viene indicata anche la posizione in profondità (P), riferita rispetto alla sezione trasversale iniziale dell'intervento e quindi lungo l'asse Y globale.

Carico n.1

Tipo di carico: distribuito

Punto di inserimento:

X (asse X globale): -980 cm

Y (asse Z globale): 330 cm

Ampiezza: 600 cm

Condizione: Permanenti

Valore iniziale: 0,00 daN/cm²

Valore finale: 0,00 daN/cm²

Condizione: Variabili

Valore iniziale: -0,20 daN/cm²

Valore finale: -0,20 daN/cm²

Distribuzioni di spinte e pressioni

Pressioni

Le distribuzioni delle pressioni esercitate dai terreni circostanti il muro sono date attraverso un insieme di segmenti generalmente coincidenti i profili laterali dell'intervento murario. Ogni segmento presenta una distribuzione lineare di pressione che può variare vettorialmente da un valore (VX1, VY1) sino ad un valore (VX2, VY2). Le distribuzioni di pressione sono fornite per causa originante (pressione del terreno o pressione dell'acqua) e sommate globalmente.

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.1	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0
4	15	96	15	48	-0.12	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.12	0
5	15	48	15	0	-0.16	0	-0.16	0	0	0	0	0	-0.16	0	-0.16	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂	Vx ₁	Vy ₁	Vx ₂	Vy ₂
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.12	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.12	0
4	15	96	15	48	-0.15	0	-0.15	0	0	0	0	0	-0.15	0	-0.15	0
5	15	48	15	0	-0.2	0	-0.2	0	0	0	0	0	-0.2	0	-0.2	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.12	0	-0.19	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.19	0	0
4	15	96	15	48	-0.22	0	-0.29	0	0	0	0	0	-0.22	0	-0.29	0	0
5	15	48	15	0	-0.34	0	-0.41	0	0	0	0	0	-0.34	0	-0.41	0	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.1	0	-0.16	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.16	0	0
4	15	96	15	48	-0.18	0	-0.24	0	0	0	0	0	-0.18	0	-0.24	0	0
5	15	48	15	0	-0.28	0	-0.34	0	0	0	0	0	-0.28	0	-0.34	0	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0	0
4	15	96	15	48	-0.1	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0	0
5	15	48	15	0	-0.14	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.14	0	-0.14	0	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0	0
4	15	96	15	48	-0.1	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0	0
5	15	48	15	0	-0.14	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.14	0	-0.14	0	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.07	0	0
4	15	96	15	48	-0.13	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.13	0	-0.13	0	0
5	15	48	15	0	-0.18	0	-0.18	0	0	0	0	0	-0.18	0	-0.18	0	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.07	0	-0.07	0	0
4	15	96	15	48	-0.13	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.13	0	-0.13	0	0
5	15	48	15	0	-0.18	0	-0.18	0	0	0	0	0	-0.18	0	-0.18	0	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
----	-------------------	--	--	--	---------	--	--	--	-------	--	--	--	--------	--	--	--

	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.11	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.11	0
4	15	96	15	48	-0.13	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.13	0	-0.13	0
5	15	48	15	0	-0.18	0	-0.18	0	0	0	0	0	-0.18	0	-0.18	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.11	0	-0.11	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.11	0
4	15	96	15	48	-0.13	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.13	0	-0.13	0
5	15	48	15	0	-0.18	0	-0.18	0	0	0	0	0	-0.18	0	-0.18	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.06	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.07	0
4	15	96	15	48	-0.12	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.12	0	-0.13	0
5	15	48	15	0	-0.17	0	-0.18	0	0	0	0	0	-0.17	0	-0.18	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}

1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.05	0	-0.07	0	0	0	0	0	-0.05	0	-0.07	0
4	15	96	15	48	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0
5	15	48	15	0	-0.16	0	-0.17	0	0	0	0	0	-0.16	0	-0.17	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.11	0	-0.13	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.13	0	0
4	15	96	15	48	-0.15	0	-0.17	0	0	0	0	0	-0.15	0	-0.17	0	0
5	15	48	15	0	-0.21	0	-0.23	0	0	0	0	0	-0.21	0	-0.23	0	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.11	0	-0.12	0	0	0	0	0	-0.11	0	-0.12	0	0
4	15	96	15	48	-0.15	0	-0.16	0	0	0	0	0	-0.15	0	-0.16	0	0
5	15	48	15	0	-0.2	0	-0.22	0	0	0	0	0	-0.2	0	-0.22	0	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
4	15	96	15	48	-0.1	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0
5	15	48	15	0	-0.14	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.14	0	-0.14	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	15	210	15	177	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	177	15	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	15	144	15	96	-0.06	0	-0.06	0	0	0	0	0	-0.06	0	-0.06	0
4	15	96	15	48	-0.1	0	-0.1	0	0	0	0	0	-0.1	0	-0.1	0
5	15	48	15	0	-0.14	0	-0.14	0	0	0	0	0	-0.14	0	-0.14	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.03	0	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0	0.03	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0.04	0	

Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.04	0	0.03	0	0	0	0	0	0.04	0	0.03	0	

Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.03	0	0.02	0	0	0	0	0	0.03	0	0.02	0	

Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0	0	0.05	0	0.05	0	

Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0	0	0.05	0	0.05	0	

Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.06	0	0.06	0	0	0	0	0	0.06	0	0.06	0	

Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5	-15	15	-15	0	0.06	0	0.06	0	0	0	0	0	0.06	0	0.06	0
---	-----	----	-----	---	------	---	------	---	---	---	---	---	------	---	------	---

Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0	0	0.05	0	0.05	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.05	0	0.04	0	0	0	0	0	0.05	0	0.04	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	V _{X1}	V _{Y1}	V _{X2}	V _{Y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.04	0	0.04	0	0	0	0	0	0.04	0	0.04	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0	0	0.05	0	0.05	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	V _{x1}	V _{y1}	V _{x2}	V _{y2}	
1	-15	210	-15	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	161	-15	113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	-15	113	-15	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	-15	64	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-15	15	-15	0	0.05	0	0.05	0	0	0	0	0	0.05	0	0.05	0	0

Risultante delle azioni agenti sul muro

Vengono riportate le combinazioni di calcolo ed il riepilogo delle azioni risultanti agenti sul muro per le verifiche geotecniche.

Combinazioni di calcolo

La seguente tabella mostra i coefficienti moltiplicatori delle azioni utilizzati nelle combinazioni ed i relativi gruppi di coefficienti di sicurezza parziale, definiti nella normativa.

Con l'indice stampato n uguale a 0 (A0, M0 e R0), si intendono le situazioni in cui non sono definiti dei gruppi specifici da parte della normativa (cfr. par.7.11.1) ed i coefficienti moltiplicatori sono da intendersi implicitamente unitari.

Famiglia	A	M	R	Indice	Nome	Perm.	Variabili	Sisma H	Sisma V
EQU	A3	M2	R0	1	EQU-1	0.9	1.5	0	0
EQU	A3	M2	R0	2	EQU-2	1.1	1.5	0	0
EQU	A0	M2	R0	3	EQU-3	1	0	1	1
EQU	A0	M2	R0	4	EQU-4	1	0	1	-1
STR	A1	M1	R3	1	STR-1	1	0	0	0
STR	A1	M1	R3	2	STR-2	1	1.5	0	0
STR	A1	M1	R3	3	STR-3	1.3	0	0	0
STR	A1	M1	R3	4	STR-4	1.3	1.5	0	0
GEO	A2	M2	R2	1	GEO-1	1	0	0	0
GEO	A2	M2	R2	2	GEO-2	1	1.3	0	0
SIS	A0	M1	R3	1	SIS-1	1	0	1	1
SIS	A0	M1	R3	2	SIS-2	1	0	1	-1
SIS	A0	M2	R3	3	SIS-3	1	0	1	1
SIS	A0	M2	R3	4	SIS-4	1	0	1	-1
SLE	A0	M0	R0	1	SLE-1	1	0	0	0
SLE	A0	M0	R0	2	SLE-2	1	0.3	0	0

9.1.1 Combinazione di carico EQU-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-38.48
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-67.28
Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.28
Spinta del terreno a monte	0	80	41.43	0
Spinta del terreno a valle	0	1	-1.75	0
Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-14.58

Combinazione di carico EQU-2

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-47.03
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-82.23
Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.57
Spinta del terreno a monte	0	80	50.64	0
Spinta del terreno a valle	0	1	-2.14	0
Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-17.82

Combinazione di carico EQU-3

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-42.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-74.76
Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.43
Spinta del terreno a monte	-205	75	69.89	-0.17
Spinta del terreno a valle	0	1	-2.16	0
Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-16.2
Forza di inerzia dovuta al muro	-44	26	9.39	-4.69
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	-120	107	16.42	-8.21
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a valle	40	8	0.31	-0.16

Combinazione di carico EQU-4

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-42.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-74.76

Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.43
Spinta del terreno a monte	-205	76	57.83	-0.17
Spinta del terreno a valle	0	1	-1.73	0
Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-16.2
Forza di inerzia dovuta al muro	-44	26	9.39	4.69
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	-120	107	16.42	8.21
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a valle	40	8	0.31	0.16

Combinazione di carico STR-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-42.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-74.76
Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.43
Spinta del terreno a monte	0	80	36.32	0
Spinta del terreno a valle	0	1	-2.44	0
Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-16.2

Combinazione di carico STR-2

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-42.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-74.76
Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.43
Spinta del terreno a monte	0	80	36.32	0
Spinta del terreno a valle	0	1	-2.44	0
Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-16.2

Combinazione di carico STR-3

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-55.58
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-97.18
Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.85
Spinta del terreno a monte	0	80	47.21	0
Spinta del terreno a valle	0	1	-3.17	0
Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-21.06

Combinazione di carico STR-4

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-55.58
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-97.18
Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.85
Spinta del terreno a monte	0	80	47.21	0
Spinta del terreno a valle	0	1	-3.17	0
Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-21.06

Combinazione di carico SIS-1

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-42.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-74.76
Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.43
Spinta del terreno a monte	-205	78	40.92	0
Spinta del terreno a valle	0	2	-2.43	0

Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-16.2
Forza di inerzia dovuta al muro	-44	26	2.25	-1.13
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	-120	107	3.94	-1.97
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a valle	40	8	0.08	-0.04

Combinazione di carico SIS-2

Descrizione	x_p	y_p	F_x	F_y
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	-44	26	0	-42.75
Peso proprio del terreno/acqua a monte	-120	107	0	-74.76
Peso proprio del terreno/acqua a valle	40	8	0	-1.43
Spinta del terreno a monte	-205	79	39.14	0
Spinta del terreno a valle	0	2	-2.3	0
Carichi su terreno a monte	-70	0	0	-16.2
Forza di inerzia dovuta al muro	-44	26	2.25	1.13
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	-120	107	3.94	1.97
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a valle	40	8	0.08	0.04

Tensioni trasmesse sul terreno

Moltiplicatore spinta passiva per equilibrio	: 1
Pressione limite sul terreno per abbassamento	: 2 daN/cm ²
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	: 21.9 cm (comb. SIS-2)
Momento rispetto al baricentro della fondazione	: 2951 daN cm (comb. SIS-1)
Larghezza reagente minima in fondazione	: 270 cm (comb. STR-1)
Tensione max sul terreno allo spigolo di valle	: 0.84 daN/cm ² (comb. STR-4)
Tensione max sul terreno allo spigolo di monte	: 0.46 daN/cm ² (comb. STR-4)

Verifica allo scorrimento (traslazione del muro)

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-2	
Verifica condotta in condizioni drenate (a lungo termine)	
Moltiplicatore spinta passiva per traslazione	: 0
Coefficiente di attrito caratteristico terreno-fondazione	: 0.4
Coefficiente di attrito di progetto terreno-fondazione	: 0.4
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	: 132 daN
Sforzo tangenziale positivo all'intradosso della fondazione	: 45 daN
Sforzo tangenziale negativo all'intradosso della fondazione	: 0 daN
Coefficiente limite verifica alla traslazione	: 1
Coefficiente di sicurezza alla traslazione	: 1.07

Verifica a ribaltamento (come equilibrio del corpo rigido)

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: EQU-4
 Moltiplicatore spinta passiva per ribaltamento : 0
 Momento ribaltante rispetto allo spigolo di valle : 11714 daN cm
 Momento stabilizzante rispetto a spigolo di valle : -20695 daN cm
 Coefficiente limite verifica al ribaltamento : 1
 Coefficiente di sicurezza al ribaltamento : 1.77

Verifica di capacità portante del suolo

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-1
 Verifica condotta in condizioni drenate (a lungo termine)
 Moltiplicatore spinta passiva per portanza terreno : 0
 Inclinazione media del pendio circostante la fondazione : 0 °
 Profondità del piano di posa : 55 cm
 Sovraccarico agente sul piano di posa : 0.105 daN/cm²
 Angolo di attrito di progetto del suolo di fondazione : 33 °
 Peso specifico di progetto del suolo di fondazione : 0.0019 daN/cm³
 Inclinazione della risultante rispetto alla normale : 18.8 °
 Base efficace : 226 cm
 Carico tangenziale al piano di posa : 47.1 daN/cm
 Carico di progetto della fondazione (normale al P.P.) : 138.3 daN/cm
 Carico ultimo della fondazione : 558.5 daN/cm
 Lunghezza Fondazione per verifica carico limite : 1000 cm
 Coefficiente limite verifica al carico limite : 1
 Coefficiente di sicurezza al carico limite : 2.89

Tabella dei coefficienti di capacità portante

Coefficienti	Coesione	Sovraccarico	Attrito
Coefficienti di capacità portante	$N_c = 39$	$N_q = 26$	$N_g = 24$
Coefficienti di forma	$s_c = 1$	$s_q = 1$	$s_g = 1$
Coefficienti di profondità	$d_c = 1.08$	$d_q = 1.05$	$d_g = 1$
Coefficienti di inclinazione del carico	$i_c = 0.37$	$i_q = 0.39$	$i_g = 0.26$
Coefficienti di inclinazione del piano di posa della fondazione	$b_c = 1$	$b_q = 1$	$b_g = 1$
Coefficienti di inclinazione del pendio	$g_c = 1$	$g_q = 1$	$g_g = 1$

Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: GEO-2
 Metodo di analisi di stabilità del pendio : Bishop
 Passo dei conci : 50 cm
 Coefficiente di stabilità globale pendio : 1.2
 Coefficiente limite suggerito dalla normativa : 1.1
 X centro della superficie critica : -104 cm
 Y centro della superficie critica : 575 cm
 Raggio della superficie critica : 696 cm
 Forza di bilancio : -19.92 daN/cm

Volume spostato dalla superficie critica : 25.35 m³/m
Peso spostato dalla superficie critica : 49504 daN/m

Parametri per dimensionamento armatura

Metodo di calcolo: D.M. 14-01-2008 Norme Tecniche per le Costruzioni

Rck (resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo) : 300 daN/cm²
Modulo elastico longitudinale Ec : 311769 daN/cm²
Rapporto Ea/Ec per calcolo tensioni in esercizio : 15
Rapporto Ea/Ec per calcolo ampiezza fessure : 7
Fyk (tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio): 4400 daN/cm²
Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio : 1.15
Fattore parziale di sicurezza del calcestruzzo : 1.6
Coefficiente Beta2 per calcolo ampiezza fessure : 0.5
Riduzione della tau di aderenza per cattiva aderenza : 0.7
fct,eff/fctm per calcolo ampiezza fessure : 1.2
Limite sigmac/fck : 0.45
Limite sigmaf/fyk : 0.7
Ampiezza limite delle fessure : 0.1 mm
Coefficiente Beta per punzonamento pali sul bordo : 1.4
Coefficiente Beta per punzonamento pali interni : 1.15

Sollecitazioni e verifiche strutturali

La fondazione è armata con f 16/200 come armatura principale e f12/200 come armatura di ripartizione; per il paramento sono previsti f 16/200 come armatura verticale e f12/200 come armatura orizzontale di ripartizione. Tutte le verifiche strutturali della fondazione del paramento muro risultano soddisfatte e sono riportate nel seguente fascicolo di calcolo.

Tutte le verifiche sono riferite su sezioni di profondità nominale di un metro.

Significato dei simboli:

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

A_s: area efficace dello strato superiore per metro

C_s: copriferro medio dello strato superiore

A_i: area efficace dello strato inferiore per metro

C_i: copriferro medio dello strato inferiore

v_{mi}: soddisfacimento delle percentuali minime di armatura

c_{res}: combinazione di carico critica per la verifica di resistenza in pressoflessione retta

M_d: momento di calcolo

N_d: sforzo normale di calcolo

M_U: momento ultimo

N_u : sforzo normale ultimo

c.s.: coefficiente di sicurezza

v_{res} : soddisfacimento della resistenza alla pressoflessione retta

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

c_{es} : combinazione di carico critica delle tensioni in esercizio in pressoflessione retta

M_e : momento in esercizio

N_e : sforzo normale in esercizio

σ_f : trazione massima sull'armatura

σ_c : compressione massima sul calcestruzzo

v_{es} : soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione retta

c_f : combinazione di carico critica per la verifica di fessurazione

M_f : momento di calcolo per la verifica di fessurazione

N_f : sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazione

S_{rm} : interasse delle fessure

W_k : ampiezza caratteristica delle fessure

v_f : soddisfacimento verifica fessurazione

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

c_t : combinazione di carico critica per la verifica a taglio

V_{Sd}: taglio di calcolo

V_{Rdc}: taglio resistente in assenza di armatura a taglio

V_{Rdmax}: taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

V_{Rds}: taglio resistente in presenza di armatura a taglio

v_t : soddisfacimento verifica taglio

Paramento (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A_s	C_s	A_i	C_i	v_{ml}	c_{res}	M_d	N_d	M_u	N_u	c.s.	v_{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		

0	0	30	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	SIS-1	104862	-1617	1156705	-17832	11	ok
0	30	30	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	SIS-1	59904	-1386	1290724	-29854	21.5	ok
0	60	30	18.4	3.8	18.4	3.8	ok	SIS-1	29744	-1155	2742090	-106446	92.2	ok
0	90	30	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	SIS-1	11750	-924	2335538	-183604	199	ok
0	120	30	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	STR-3	2076	-878	941874	-398187	454	ok
0	150	30	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	STR-3	0	-585	0	-473772	810	ok
0	180	30	8	3.8	8	3.8	ok	STR-3	0	-293	0	-458360	>999	ok

X	Y	H	c _{es}	M _e	N _e	σ _f	σ _c	v _{es}	c _f	M _f	N _f	S _{rm}	W _k	v _f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	30	SLE-1	82606	-1575	273	-9	ok	SLE-1	82606	-1575	-	-	ok
0	30	30	SLE-1	46752	-1350	133	-5	ok	SLE-1	46752	-1350	-	-	ok
0	60	30	SLE-1	22574	-1125	26	-2	ok	SLE-1	22574	-1125	-	-	ok
0	90	30	SLE-1	8167	-900	3	-1	ok	SLE-1	8167	-900	-	-	ok
0	120	30	SLE-1	1597	-675	0	0	ok	SLE-1	1597	-675	-	-	ok
0	150	30	SLE-1	0	-450	0	0	ok	SLE-1	0	-450	-	-	ok
0	180	30	SLE-1	0	-225	0	0	ok	SLE-1	0	-225	-	-	ok

X	Y	H	c _f	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v _f
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	30	STR-4	-1753	12004	-	-	ok
0	30	30	STR-4	-1307	11966	-	-	ok
0	60	30	STR-4	-823	14516	-	-	ok
0	90	30	STR-4	-425	11889	-	-	ok
0	120	30	SIS-1	-177	11827	-	-	ok
0	150	30	SIS-2	-24	11793	-	-	ok
0	180	30	SIS-2	-12	11765	-	-	ok

Mensola di fondazione a monte (mensola sinistra) (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	A _s	C _s	A _i	C _i	v _{ml}	c _{res}	M _d	N _d	M _u	N _u	c.s.	v _{res}
---	---	---	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	------	------------------

cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
-175	-20	40	9.7	3.8	9.7	3.8	ok	SIS-2	-17561	-832	-3467523	-164332	197	ok
-145	-20	40	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	SIS-2	-64679	-848	-1698978	-22277	26.3	ok
-115	-20	40	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	SIS-2	-133231	-864	-1489872	-9660	11.2	ok
-85	-20	40	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	SIS-2	-215057	-880	-1425498	-5831	6.63	ok
-55	-20	40	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	SIS-2	-301995	-896	-1396989	-4142	4.63	ok
-25	-20	40	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	SIS-2	-385883	-911	-1382128	-3264	3.58	ok
-15	-20	40	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	SIS-2	-411758	-917	-1378830	-3069	3.35	ok

X	Y	H	C _{es}	M _e	N _e	σ _f	σ _c	v _{es}	C _f	M _f	N _f	S _{rm}	W _k	v _f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
-175	-20	40	SLE-1	-13410	-747	10	-1	ok	SLE-1	-13410	-747	-	-	ok
-145	-20	40	SLE-1	-49384	-747	113	-3	ok	SLE-1	-49384	-747	-	-	ok
-115	-20	40	SLE-1	-101540	-747	268	-6	ok	SLE-1	-101540	-747	-	-	ok
-85	-20	40	SLE-1	-163495	-747	454	-10	ok	SLE-1	-163495	-747	-	-	ok
-55	-20	40	SLE-1	-228866	-747	649	-14	ok	SLE-1	-228866	-747	-	-	ok
-25	-20	40	SLE-1	-291271	-747	836	-18	ok	SLE-1	-291271	-747	-	-	ok
-15	-20	40	SLE-1	-310310	-747	893	-19	ok	SLE-1	-310310	-747	-	-	ok

X	Y	H	c _t	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v _t
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
-175	-20	40	SIS-2	1123	14665	-	-	ok
-145	-20	40	SIS-2	1973	14667	-	-	ok
-115	-20	40	SIS-2	2552	14670	-	-	ok
-85	-20	40	SIS-2	2858	14672	-	-	ok
-55	-20	40	SIS-2	2893	14674	-	-	ok
-25	-20	40	SIS-2	2655	14676	-	-	ok
-15	-20	40	SIS-2	2515	14677	-	-	ok

Mensola di fondazione a valle (mensola destra) (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

Modifica Tecnica Svincolo Cefalà Diana

X	Y	H	A _s	C _s	A _i	C _i	V _{ml}	C _{res}	M _d	N _d	M _u	N _u	c.s.	V _{res}
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm			daN cm	daN		daN cm		
15	-20	40	10.1	3.8	10.1	3.8	ok	STR-3	83626	-144	1366712	-2354	16.3	ok
45	-20	40	8	3.8	8	3.8	ok	STR-3	15330	-144	1274774	-11977	83.2	ok

X	Y	H	C _{es}	M _e	N _e	σ _f	σ _c	v _{es}	C _f	M _f	N _f	S _{rm}	W _k	v _f
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
15	-20	40	SLE-1	64328	-111	187	-4	ok	SLE-1	64328	-111	-	-	ok
45	-20	40	SLE-1	11793	-111	37	-1	ok	SLE-1	11793	-111	-	-	ok

X	Y	H	c _t	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	v _f
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
15	-20	40	STR-4	-3206	14572	-	-	ok
45	-20	40	STR-4	-1325	14572	-	-	ok

Fascicolo di calcolo