

Committente:



AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Direttore Tecnico
Il Responsabile di Progetto
Dott. Ing. Luca Bondanelli

Il Geologo:

N / A

PROGETTAZIONE DI:



Il Progettista:

Ing. Fabio Nigrelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n.3581

A.T.I.:



Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

N/A

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:

Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.

Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Titolo Elaborato:

**Viabilità ordinaria e di adduzione all'Autostazione Trecasali - Terre Verdiane
Tombini Scatolari
Prolungamento tombino scatolare - 300x140 - raccordo S.P.10 Cremona - RPC2
Ramo A - progr. 0+172,581
Relazione tecnica e di calcolo**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N Progr. Doc.	REV.
	RAAA	1	E	I	VO	TS	37	G	RE	001	A

Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE	Redatto	Controllato	Approvato
A	14/05/2015	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	VALLI	NIGRELLI	MAZZOLI

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	4
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	5
3.1	Conglomerato cementizio per sottofondazioni	5
3.2	Conglomerato cementizio per fondazioni ed elevazioni	5
3.3	Conglomerato cementizio per cordoli	5
3.4	Acciaio per cemento armato	6
3.5	Copriferro minimo e copriferro nominale	6
4	PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE	7
5	CRITERI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA	8
5.1	Azioni sismiche	8
5.2	Caratteristiche fisico-meccaniche del terreno.....	8
5.3	Combinazione dell'Azione sismica	8
6	PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI	9
6.1	Max 10.0	9
7	ANALISI DELLO SCATOLARE	10
8	Analisi dei muri ad "L"	10
8.1	Geometria della struttura	10
8.2	Condizioni di carico elementari.....	11
8.2.1	PESO PERMANENTE DELLA STRUTTURA.....	11
8.2.2	SPINTA DEL TERRENO	11
8.2.3	Spinta del sisma	11
8.3	Combinazioni di carico.....	12
8.4	Analisi	15
8.4.1	Inviluppo Sollecitazioni paramento	15
8.4.2	Inviluppo Sollecitazioni fondazione di monte.....	15
8.5	Verifiche	16
8.5.1	Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati.....	16
8.5.2	Analisi della spinta e verifiche	17
8.5.3	Inviluppo armature e tensioni nei materiali del muro	19
8.5.4	Inviluppo armature e tensioni nei materiali della fondazione	20

1 PREMESSA

La presente relazione riguarda il dimensionamento del prolungamento dello scatolare idraulico esistente sito in via Torta, su canale Ottomulini e dei muri di testata con sezione trasversale ad "L" dell'opera denominata **"Prolungamento tombino scatolare - 300x140 - raccordo S.P.10 Cremona - RPC2 Ramo A - progr. 0+172,581"**, prevista nell'ambito dei lavori per il Progetto Esecutivo del "Raccordo autostradale A15/A22 Corridoio Plurimodale Tirreno-Brennero Raccordo autostradale tra l'Autostrada della Cisa – Fontevivo (PR) e l'Autostrada del Brennero – Nogarole Rocca (VR) – I Lotto".

L'opera è costituita da un tombino idraulico di dimensioni nette interne 3.00x1.40 e da muri di testata di valle con sezione trasversale ad "L".

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale, con applicazione del D. M. del 9 Gennaio 1996 sulle opere in cemento armato e del D.M. 4 Maggio 1990 sui ponti stradali.

L'opera ricade in zona sismica, pertanto, saranno applicate le azioni di rito previste dalla O.P.C.M. 3274 del 20 Marzo 2003 e successive integrazioni e modifiche, così come riportato nei capitoli successivi.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Le Normative di riferimento sono:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.
- Circolare 4 luglio 1996, n. 156AA.GG./STC – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al D.M. 16 gennaio 1996.
- D.M. 09.01.96 – “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. 04.05.90 – “Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali” ed annesse “Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali”, di cui alla circolare ministero LL.PP. n. 34233 del 25.02.91
- CNR 10011/97 – Costruzioni in acciaio – Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- CNR 10016/2000 – Strutture composte di acciaio e calcestruzzo – Istruzioni per l’impiego nelle costruzioni.
- O.P.C.M. 3274 20.03.2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- D.M. 03 dicembre 1987 – Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- Circ. Min. LL.PP. 16 marzo 1989 n°31104 – Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- D.M. LL. PP. 11 marzo 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”.
- Norma Italiana UNI EN 1794-1 “Dispositivi per la riduzione del rumore del traffico stradale – Prestazioni non acustiche”.
- Eurocodice 2 / UNI ENV 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici” come previsto dal D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) RIPORTATO NEL d.m. 09.01.96.
- Eurocodice 3 / UNI ENV 1993-1-1 “Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici” come previsto dal D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) riportato nel D.M. 09.01.96
- UNI EN 206-1:2001 “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali.

3.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER SOTTOFONDAZIONI

Classe	C12/15
Contenuto minimo di cemento	150 kg/mc

3.2 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER FONDAZIONI ED ELEVAZIONI

Classe	C28/35
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 35 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 28 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = f_{ck}/1,5 = 18,66 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,27 * \sqrt[3]{R_{ck}^2} = 2,89 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0,7 * f_{ctm} = 2,02 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)	$\sigma_c = 0,60 * f_{ck} = 16,80 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	$\sigma_c = 0,45 * f_{ck} = 12,60 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XC3+XF2
Classe di consistenza	S4

3.3 CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER CORDOLI

Classe	C32/40
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube} = 40 \text{ N/mm}^2$
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c = f_{ck}/1,5 = 21,33 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,27 * \sqrt[3]{R_{ck}^2} = 3,15 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0,7 * f_{ctm} = 2,21 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Rara)	$\sigma_c = 0,60 * f_{ck} = 19,20 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	$\sigma_c = 0,45 * f_{ck} = 14,40 \text{ N/mm}^2$
Classe di esposizione	XC4+XD1+XF2
Classe di consistenza	S4/S5

3.4 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450/1,15 = 391,30 \text{ N/mm}^2$
Deformazione caratteristica al carico massimo	$\epsilon_{uk} = 7,5 \%$
Deformazione di progetto	$\epsilon_{ud} = 6,75 \%$

3.5 COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature h , per le strutture gettate in opera, può essere assunta pari ad almeno 10 mm. Considerata la Classe di esposizione ambientale dell'opera, si adotta un copriferro minimo pari a 40mm, pertanto $c_{nom}=50$ mm, valore valido per tutte le parti di struttura.

4 PARAMETRI GEOTECNICI PER IL CALCOLO DELLE STRUTTURE

Di seguito si riportano le caratteristiche meccaniche dei terreni presenti in corrispondenza dell'opera.

I parametri necessari a definire le caratteristiche del terreno ai fini del calcolo delle strutture sono di seguito riportati:

Strato di ricoprimento e di rinfiacco

Spessore dello strato	1.20	[m]
Peso di volume	20.0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	20.0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	35.00	[°]
Coesione	0.000	[kN/mq]

Strato di fondazione

Spessore dello strato	12.50	[m]
Peso di volume	19.0000	[kN/mc]
Peso di volume saturo	19.0000	[kN/mc]
Angolo di attrito	22.00	[°]
Coesione	17.000	[kN/mq]

5 CRITERI DI CALCOLO E DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

In ottemperanza all'Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 e successive integrazioni e modifiche (**Ordinanze n. 3316, 3431, 3519**), **le verifiche vengono condotte secondo il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite.**

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti, sono calcolate in regime di spinta a riposo; per il calcolo delle spinte sismiche in tali condizioni così come riportato nel § 4.4.3 dell'ordinanza ministeriale, l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato come:

$$\Delta P_d = S \cdot a_g / g \cdot \gamma \cdot h_{tot}^2$$

Il punto di applicazione è posto $h_{tot} / 2$, con "h_{tot}" altezza del paramento su cui agisce la spinta delle terre.

La struttura a realizzarsi deve conservare sotto l'azione sismica il suo comportamento elastico, quindi senza innesco di sistemi dissipativi (cerniere plastiche stabili).

Il punto di applicazione è posto $h_{tot} / 2$, con "h_{tot}" altezza del paramento su cui agisce la spinta delle terre.

5.1 AZIONI SISMICHE

Come si evince dal documento "Relazione Sismica" tutti i comuni interessati dal tracciato della nuova infrastruttura sono stati attribuiti alla zona sismica 3, per cui l'accelerazione di progetto è pari a $a_g = 0,15$ g.

5.2 CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEL TERRENO

I terreni interessati dal tracciato della nuova infrastruttura sono classificabili come terreni di tipo C a partire dal piano campagna, talora come tipo B. Il parametro S può essere assunto pari a 1.25

5.3 COMBINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Gli effetti massimi generati dalle due componenti sismiche ai fini delle verifiche di resistenza allo SLU, possono essere ottenuti utilizzando come azione di progetto:

$$\gamma_1 \times E + G_k + P_k$$

dove $\gamma_1 = 1.30$

6 PROGRAMMI DI CALCOLO UTILIZZATI

6.1 MAX 10.0

Il calcolo del muro di sostegno viene condotto con il programma MAX 10.0 Analisi e calcolo dei muri di sostegno (prodotto dalla Aztec Informatica S.r.l, Corso Umberto, 43 – 87050 Casole Bruzio (CS)).

7 ANALISI DELLO SCATOLARE

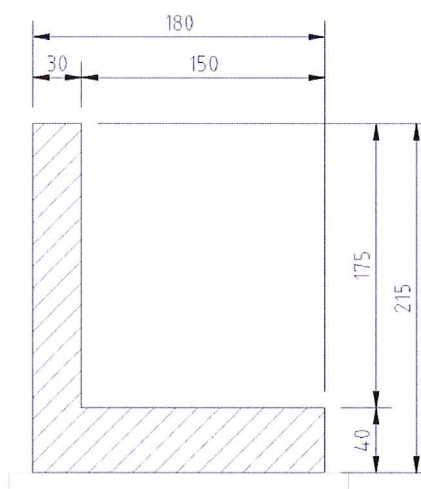
Il tombino scatolare prefabbricato, realizzato in conglomerato cementizio armato, deve consentire l'utilizzo per carichi mobili di prima categoria (D.M. 14/01/08) secondo le specifiche condizioni di ricoprimento e dei terreni di fondazioni.

8 ANALISI DEI MURI AD "L"

Nel presente capitolo, viene sviluppato il calcolo e la verifica degli elementi ad U di imbocco al tombino scatolare.

8.1 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

La figura seguente mostra la geometria della sezione trasversale dei muri ad L oggetto della presente relazione.



Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	1.75 [m]
Spessore in sommità	0.30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.30 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]
Inclinazione paramento interno	0.00 [°]
Lunghezza del muro	1.50 [m]
Fondazione	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0.00 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	1.50 [m]
Lunghezza totale fondazione	1.80 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0.00 [°]
Spessore fondazione	0.40 [m]
Spessore magrone	0.15 [m]

8.2 CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI

Tali Condizioni Elementari saranno opportunamente combinate secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

8.2.1 PESO PERMANENTE DELLA STRUTTURA

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

- calcestruzzo armato: 25 kN/m³
- acciaio 78.5 kN/m³

8.2.2 SPINTA DEL TERRENO

Le caratteristiche del terreno a ridosso del paramento:

- $\gamma=20.00$ kN/m³ (peso di volume del terreno);
- $c'=0.00$ Kpa;
- $\varphi =35^\circ$

da cui risulta un coefficiente di spinta a riposo $k_0 = 0.426$.

Si applicano, di conseguenza, i valori delle spinte secondo la profondità con

$$p_h = k_0 \gamma_t z$$

e con il diagramma trapezoidale delle pressioni orizzontali.

8.2.3 SPINTA DEL SISMA

L'incremento di spinta viene considerata con il metodo di Culmann.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_H W \quad F_{iV} = \pm k_V W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

I parametri sismici vengono di seguito riportati:

Accelerazione al suolo a_g	1.47 [m/s ²]
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.25
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00
Coefficiente riduzione (β_m)	0.24
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (per cento)	$kh=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 4.50$
Coefficiente di intensità sismica verticale (per cento)	$k_v=0.50 * kh = 2.25$

8.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Si individuano le condizioni di carico elementari, poi opportunamente combinate con i coefficienti parziali delle azioni, per la determinazione delle sollecitazioni agenti sulla struttura:

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
γ_c	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_γ	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	0.90	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.10	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.50	1.30

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	γ_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>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00

Variabili Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	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	1.25
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

FONDAZIONE SUPERFICIALE
Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

Coeff. di combinazione $\Psi_0=0.70$ $\Psi_1=0.50$ $\Psi_2=0.20$

Simbologia adottata

- γ Coefficiente di partecipazione della condizione
- Ψ Coefficiente di combinazione della condizione
- C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n° 1 SLU (Approccio 2)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.30	1.00	1.30
Spinta terreno	1.30	1.00	1.30
Parapetto + Trave	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 EQU

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.10	1.00	1.10
Spinta terreno	1.10	1.00	1.10
Parapetto + Trave	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 3 STAB

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00

Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00
-------------------	------	------	------

Combinazione n° 4 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00
Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 5 SLU (Approccio 2) - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00
Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 6 EQU - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00
Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 7 EQU - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00
Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 STAB - Sisma Vert. positivo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00
Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 STAB - Sisma Vert. negativo

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00
Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 SLE (Quasi Permanente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00
Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 SLE (Frequente)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00

Spinta terreno	1.00	1.00	1.00
Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 SLE (Rara)

	γ	Ψ	C
Peso proprio	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	1.00	1.00	1.00
Parapetto + Trave	1.00	1.00	1.00

8.4 ANALISI

8.4.1 INVILUPPO SOLLECITAZIONI PARAMENTO

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in [kNm]

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in [kN]

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in [kN]

Nr.	Y	Nmin	Nmax	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	4.3052	5.5967	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.09	4.9488	6.4334	0.0111	0.0173	0.2593	0.4029
3	0.17	5.5923	7.2700	0.0464	0.0720	0.5530	0.8555
4	0.26	6.2359	8.1067	0.1089	0.1684	0.8811	1.3577
5	0.35	6.8795	8.9433	0.2016	0.3110	1.2435	1.9094
6	0.44	7.5230	9.7800	0.3275	0.5040	1.6403	2.5107
7	0.52	8.1666	10.6166	0.4896	0.7518	2.0715	3.1616
8	0.61	8.8102	11.4532	0.6910	1.0587	2.5370	3.8620
9	0.70	9.4538	12.2899	0.9346	1.4291	3.0369	4.6120
10	0.79	10.0973	13.1265	1.2235	1.8673	3.5712	5.4116
11	0.88	10.7409	13.9632	1.5606	2.3776	4.1398	6.2607
12	0.96	11.3845	14.7998	1.9489	2.9644	4.7428	7.1595
13	1.05	12.0280	15.6365	2.3916	3.6319	5.3802	8.1077
14	1.14	12.6716	16.4731	2.8915	4.3847	6.0519	9.1056
15	1.22	13.3152	17.3097	3.4517	5.2269	6.7580	10.1530
16	1.31	13.9588	18.1464	4.0751	6.1629	7.4985	11.2500
17	1.40	14.6023	18.9830	4.7649	7.1971	8.2733	12.3966
18	1.49	15.2459	19.8197	5.5240	8.3337	9.0825	13.5927
19	1.57	15.8895	20.6563	6.3553	9.5772	9.9261	14.8384
20	1.66	16.5330	21.4930	7.2620	10.9319	10.8040	16.1337
21	1.75	17.1766	22.3296	8.2470	12.4021	11.7163	17.4785

8.4.2 INVILUPPO SOLLECITAZIONI FONDAZIONE DI MONTE

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in [kNm]

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in [kN]

Nr.	X	Mmin	Mmax	Tmin	Tmax
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	-0.3349	-0.1565	-4.3033	-1.9932
3	0.30	-1.2423	-0.5698	-7.6331	-3.4239
4	0.45	-2.5762	-1.1556	-9.9893	-4.2921
5	0.60	-4.1904	-1.8293	-11.3721	-4.5978
6	0.75	-5.9391	-2.5068	-11.7813	-4.3411
7	0.90	-7.6761	-3.1035	-11.2170	-3.5219
8	1.05	-9.2555	-3.5352	-9.6791	-2.1371
9	1.20	-10.5312	-3.7175	-7.1678	-0.1245
10	1.35	-11.3572	-3.5659	-3.6829	2.4676
11	1.50	-11.5874	-2.9961	0.7755	5.6760

8.5 VERIFICHE

Metodo verifica sezioni Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.60
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a trazione	1.60
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Fattore riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.50

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali Aggressive

Armatura ad aderenza migliorata

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature Sensibile

Valori limite delle aperture delle fessure $w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure E.C. 2

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

Rara $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ - $\sigma_f < 0.80 f_{yk}$

Quasi permanente $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$

8.5.1 QUADRO RIASSUNTIVO COEFF. DI SICUREZZA CALCOLATI

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento

CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento
 CS_{QLM} Coeff. di sicurezza a carico limite
 CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	2.34	--	3.61	--
2	EQU - [1]	--	--	4.94	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	2.66
4	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	1.77	--	3.13	--
5	A1-M1 - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	1.75	--	3.23	--
6	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	3.54	--	--
7	EQU - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	3.76	--	--
8	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	2.36
9	STAB - [2]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	2.40
10	SLEQ - [1]	--	2.33	--	4.16	--
11	SLEF - [1]	--	2.33	--	4.16	--
12	SLER - [1]	--	2.33	--	4.16	--

8.5.2 ANALISI DELLA SPINTA E VERIFICHE

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta

metodo di Culmann

Calcolo del carico limite

metodo di Hansen

Calcolo della stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta a riposo

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g

1.47 [m/s²]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.25

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione (β_m)

0.24

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h = (a_g/g * \beta_m * S_t * S) = 4.50$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v = 0.50 * k_h = 2.25$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)

0.0

Lunghezza del muro

1.50 [m]

Peso muro

30.5237 [kN]

Baricentro del muro

X=0.28 Y=-1.50

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1.50	Y = -2.15
Punto superiore superficie di spinta	X = 1.50	Y = 0.00
Altezza della superficie di spinta	2.15	[m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00	[°]

COMBINAZIONE n° 4

Valore della spinta statica	17.7870	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	16.3328	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	7.0441	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.50	[m]	Y = -1.30	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	58.94	[°]		
Incremento sismico della spinta	2.2919	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1.50	[m]	Y = -1.30	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	56.83	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	52.5000	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.75	[m]	Y = -0.88	[m]
Inerzia del muro	1.3727	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0.6863	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2.3610	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	1.1805	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. Y	4.31	[kN]
-------------------	------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	22.1709	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	97.1475	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	97.1475	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	22.1709	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.18	[m]
Risultante in fondazione	99.6453	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	12.86	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	17.4313	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	304.2649	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.80	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.08625	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.02169	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

$N_c = 16.88$	$N'_c = 8.81$
$N_q = 7.82$	$N'_q = 4.57$
$N_\gamma = 4.13$	$N'_\gamma = 1.73$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.77
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.13

8.5.3 INVILUPPO ARMATURE E TENSIONI NEI MATERIALI DEL MURO

L'ordinata Y (espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
σ _c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ _c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ _{fs}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di monte in [MPa]
σ _{fi}	tensione nell'armatura disposta sul lembo di valle in [MPa]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{cd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls
V _{wd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Inviluppo SLU

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{cd}	V _{wd}
1	0.00	100.00	30.00	10.05	5.65	3183.90	0.00	568.88	148.13	0.00
2	0.09	100.00	30.00	10.05	5.65	3158.93	-5.54	492.43	148.13	0.00
3	0.17	100.00	30.00	10.05	5.65	3096.35	-20.45	429.88	148.13	0.00
4	0.26	100.00	30.00	10.05	5.65	3009.48	-42.65	377.66	148.13	0.00
5	0.35	100.00	30.00	10.05	5.65	2778.18	-70.42	333.43	148.13	0.00
6	0.44	100.00	30.00	10.05	5.65	2446.13	-96.56	278.86	148.13	0.00
7	0.52	100.00	30.00	10.05	5.65	2121.05	-119.51	227.46	148.13	0.00
8	0.61	100.00	30.00	10.05	5.65	1821.51	-138.39	179.25	148.13	0.00
9	0.70	100.00	30.00	10.05	5.65	1566.26	-152.73	142.41	148.13	0.00
10	0.79	100.00	30.00	10.05	5.65	1354.73	-163.48	114.47	148.13	0.00
11	0.88	100.00	30.00	10.05	5.65	1139.59	-171.65	89.93	148.13	0.00
12	0.96	100.00	30.00	10.05	5.65	933.83	-165.86	69.13	148.13	0.00
13	1.05	100.00	30.00	10.05	5.65	764.82	-156.58	53.32	148.13	0.00
14	1.14	100.00	30.00	10.05	11.31	651.21	-151.94	42.89	148.13	0.00
15	1.22	100.00	30.00	10.05	11.31	536.59	-141.33	33.50	148.13	0.00
16	1.31	100.00	30.00	10.05	11.31	453.01	-133.60	26.88	148.13	0.00
17	1.40	100.00	30.00	10.05	11.31	386.92	-126.86	21.87	148.13	0.00
18	1.49	100.00	30.00	10.05	5.65	334.13	-121.03	18.03	148.13	0.00
19	1.57	100.00	30.00	10.05	5.65	293.89	-116.97	15.18	148.13	0.00
20	1.66	100.00	30.00	10.05	5.65	261.19	-113.68	12.93	148.13	0.00
21	1.75	100.00	30.00	10.05	5.65	234.16	-110.95	11.13	148.13	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	Y	B	H	A _{fs}	A _{fi}	σ _c	τ _c	σ _{fs}	σ _{fi}
1	0.00	100.00	30.00	10.05	5.65	0.014	0.000	-0.194	-0.205
2	0.09	100.00	30.00	10.05	5.65	0.017	0.001	-0.217	-0.242
3	0.17	100.00	30.00	10.05	5.65	0.021	0.003	-0.225	-0.295
4	0.26	100.00	30.00	10.05	5.65	0.027	0.004	-0.217	-0.364
5	0.35	100.00	30.00	10.05	5.65	0.034	0.006	-0.191	-0.452
6	0.44	100.00	30.00	10.05	5.65	0.044	0.008	-0.146	-0.560
7	0.52	100.00	30.00	10.05	5.65	0.057	0.010	-0.069	-0.694
8	0.61	100.00	30.00	10.05	5.65	0.075	0.012	0.119	-0.872
9	0.70	100.00	30.00	10.05	5.65	0.100	0.014	0.512	-1.100
10	0.79	100.00	30.00	10.05	5.65	0.134	0.017	1.187	-1.369

11	0.88	100.00	30.00	10.05	5.65	0.175	0.019	2.162	-1.665
12	0.96	100.00	30.00	10.05	5.65	0.222	0.022	3.425	-1.982
13	1.05	100.00	30.00	10.05	5.65	0.276	0.025	4.967	-2.322
14	1.14	100.00	30.00	10.05	11.31	0.322	0.028	6.800	-2.499
15	1.22	100.00	30.00	10.05	11.31	0.387	0.032	8.919	-2.857
16	1.31	100.00	30.00	10.05	11.31	0.459	0.035	11.330	-3.241
17	1.40	100.00	30.00	10.05	11.31	0.539	0.039	14.043	-3.655
18	1.49	100.00	30.00	10.05	5.65	0.653	0.043	16.993	-4.434
19	1.57	100.00	30.00	10.05	5.65	0.752	0.047	20.327	-4.955
20	1.66	100.00	30.00	10.05	5.65	0.859	0.051	23.997	-5.513
21	1.75	100.00	30.00	10.05	5.65	0.976	0.055	28.017	-6.111

8.5.4 INVILUPPO ARMATURE E TENSIONI NEI MATERIALI DELLA FONDAZIONE

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A_{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
σ_c	tensione nel calcestruzzo espressa in [MPa]
τ_c	tensione tangenziale nel calcestruzzo espressa in [MPa]
σ_{fi}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo inferiore in [MPa]
σ_{fs}	tensione nell'armatura disposta in corrispondenza del lembo superiore in [MPa]
N_u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
Vcd	Aliquota di taglio assorbito dal cls
Vwd	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura

Fondazione di monte

(L'ascissa X, espressa in [m], è positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte)

Inviluppo SLU

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	N_u	M_u	CS	Vcd	Vwd
1	0.00	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	0.00	1000.00	207.39	0.00
2	0.15	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	483.20	207.39	0.00
3	0.30	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	130.82	207.39	0.00
4	0.45	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	63.41	207.39	0.00
5	0.60	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	39.21	207.39	0.00
6	0.75	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	27.87	207.39	0.00
7	0.90	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	21.76	207.39	0.00
8	1.05	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	18.25	207.39	0.00
9	1.20	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	16.29	207.39	0.00
10	1.35	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	15.42	207.39	0.00
11	1.50	100.00	40.00	10.05	5.65	0.00	-124.18	15.57	207.39	0.00

Inviluppo SLE

Nr.	X	B	H	A_{fs}	A_{fi}	σ_c	τ_c	σ_{fi}	σ_{fs}
12	0.00	100.00	40.00	10.05	5.65	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.15	100.00	40.00	10.05	5.65	0.011	-0.007	-0.068	0.499
14	0.30	100.00	40.00	10.05	5.65	0.039	-0.012	-0.246	1.817
15	0.45	100.00	40.00	10.05	5.65	0.080	-0.015	-0.499	3.683

16	0.60	100.00	40.00	10.05	5.65	0.126	-0.016	-0.789	5.826
17	0.75	100.00	40.00	10.05	5.65	0.173	-0.015	-1.081	7.977
18	0.90	100.00	40.00	10.05	5.65	0.214	-0.012	-1.337	9.865
19	1.05	100.00	40.00	10.05	5.65	0.243	-0.007	-1.520	11.219
20	1.20	100.00	40.00	10.05	5.65	0.255	0.000	-1.595	11.769
21	1.35	100.00	40.00	10.05	5.65	0.243	0.008	-1.524	11.245
22	1.50	100.00	40.00	10.05	5.65	0.203	0.019	-1.270	9.376