

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.

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.
Il Direttore Tecnico: **Dott. Ing. Luca Bondanelli**

Il Geologo:

PROGETTAZIONE DI:



A.T.I.:

idroesse
engineering
MANDATARIA

ROCKSOIL S.p.A.
MANDANTE

VIA
INGEGNERIA S.r.l.
MANDANTE

Il Progettista:

Ing. Giovanna Cassani
ORDINE INGEGNERI DI MILANO
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano n. 20997

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:

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:

Impresa Pizzarotti & C. S.p.A.
Ing. Pietro Mazzoli
ISCRITTO ORDINE
INGEGNERI PARMA n. 821
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Titolo Elaborato:

**Asse principale
Galleria artificiale A1
Generale
Relazione descrittiva**

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	R	AP	GA	01	S	RE	002	A
A	27/06/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO				MASNAGHETTI	CASSANI	MAZZOLI			
Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE				Redatto	Controllato	Approvato			

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	Muri di protezione agli imbocchi	3
1.2	Muro di protezione interno ai conci finestrati	5
	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	7
2	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	8
3	CARATTERISTICHE DEI TERRENI	8
4	SOFTWARE DI CALCOLO.....	9
4.1	MAX 10.1	9
4.2	SAP 2000.....	9
5	MURI DI PROTEZIONE AGLI IMBOCCHI	10
5.1	Dati di calcolo.....	10
5.2	Analisi dei carichi	11
5.3	Combinazioni di carico.....	12
5.4	Analisi di stabilità del muro	12
5.4.1	Geometria del modello di calcolo.....	12
5.4.2	Criteri di verifica	13
5.4.2.1	Verifica a ribaltamento	13
5.4.2.2	Verifica a scorrimento	13
5.4.2.3	Verifica al carico limite	14
5.5	Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità.....	16
5.6	Verifiche strutture in c.a. – muri di imbocco.....	17
5.6.1	Muro centrale.....	17
5.6.2	Muro laterale.....	17
6	MURO DI PROTEZIONE INTERNO AI CONCI FINESTRATI	20
6.1	Dati di calcolo.....	20
6.2	Combinazioni di carico.....	20
6.3	Analisi numerica.....	20
6.3.1	Geometria del modello di calcolo.....	20
6.3.2	Carichi nel modello di calcolo.....	21
6.3.3	Risultati delle analisi	21
6.4	Verifiche strutture in c.a. gettate in opera	23
7	CONCLUSIONI	26
8	ALLEGATI.....	27
8.1	Muro centrale	27
8.2	Muro laterale	42

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione verranno analizzate le strutture poste a salvaguardia della galleria artificiale atte a ridurre i rischi e le conseguenze legate ad un possibile impatto veicolare. Nello specifico verranno realizzati dei muri di protezione in corrispondenza degli imbocchi ed un redirettivo a protezione degli elementi metallici posti a sostegno della copertura nel tratto di galleria finestrato. Le opere di protezione proposte risultano verificate, come in dettaglio descritto nel seguito, anche considerando le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. del 2008) e le norme UNI EN 1317-1, dove hanno proposto una variazione di quanto indicato nel D.M. del 1990, assunto come base contrattuale. Tali considerazioni sono state riportate nei rispettivi capitoli di verifica strutturale delle opere.

1.1 MURI DI PROTEZIONE AGLI IMBOCCHI

La possibilità che un veicolo in svio possa urtare i piedritti in prossimità dell'imbocco, a portato a realizzare degli appositi muri di protezione in corrispondenza degli ingressi in galleria, la cui particolare geometria permetta di ridurre le conseguenze dell'impatto. Le sezioni più rappresentative dei muri di protezione spartitraffico, sono state analizzate con dei modelli semplificati. Le considerazioni relative ai muri dell'imbocco Nord oggetto della presente relazione, sono da ritenersi valide anche per le strutture corrispondenti poste a protezione dell'imbocco Sud.

Secondo quanto indicato nel decreto ministeriale dei lavori pubblici del 4 maggio del 1990, i sicurvia e gli elementi strutturali a cui sono collegati devono essere dimensionati per una forza orizzontale trasversale non inferiore a 4500 kg applicata a 60 cm dal piano viario. I redirettivi posti al ciglio della strada, avranno la funzione di redistribuire le azioni dovute all'urto sui paramenti dei muri. A favore di sicurezza si è scelto di applicare le azioni di svio ai muri di sostegno, senza ridurre l'intensità del carico prevista da normativa.

La componente orizzontale dell'azione di svio risulta essere pari a:

$$U_{orizz} = 4500 \text{ kg} \approx 45 \text{ kN}$$

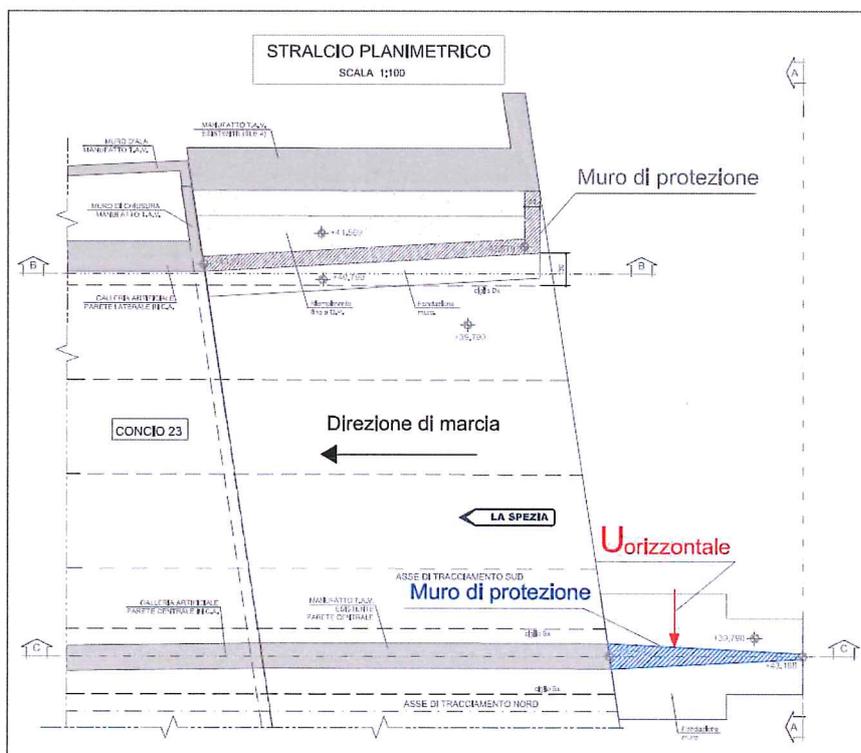


Figura 1 – Urto di veicolo in svio – planimetria di inquadramento – Muro Centrale

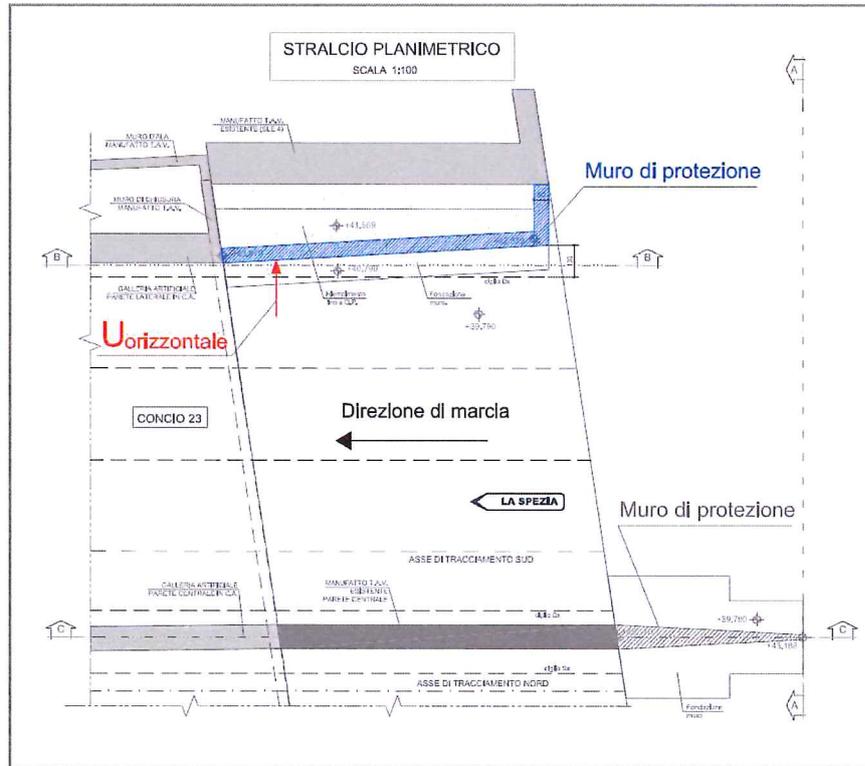


Figura 2 – Urto di veicolo in svio – planimetria di inquadramento – Muro Laterale

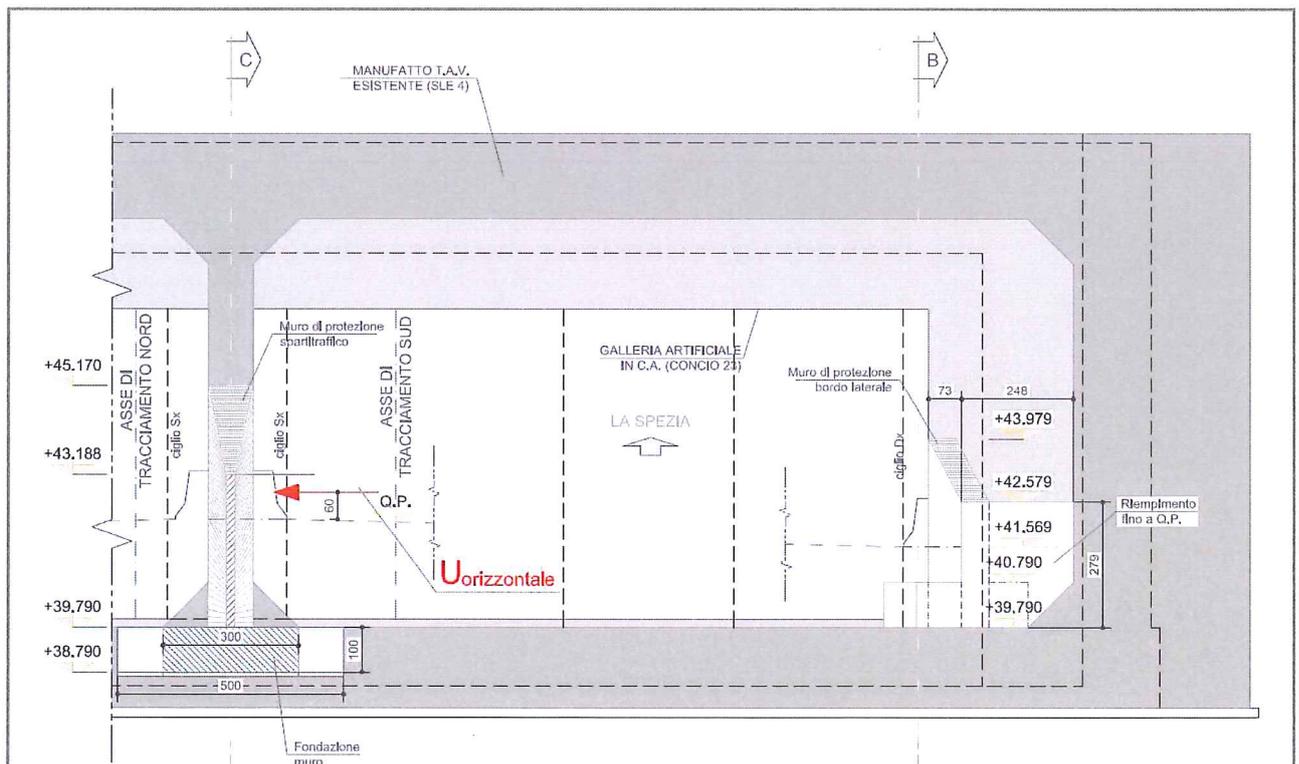


Figura 3 – Urto di veicolo in svio – Sezione – Muro Centrale

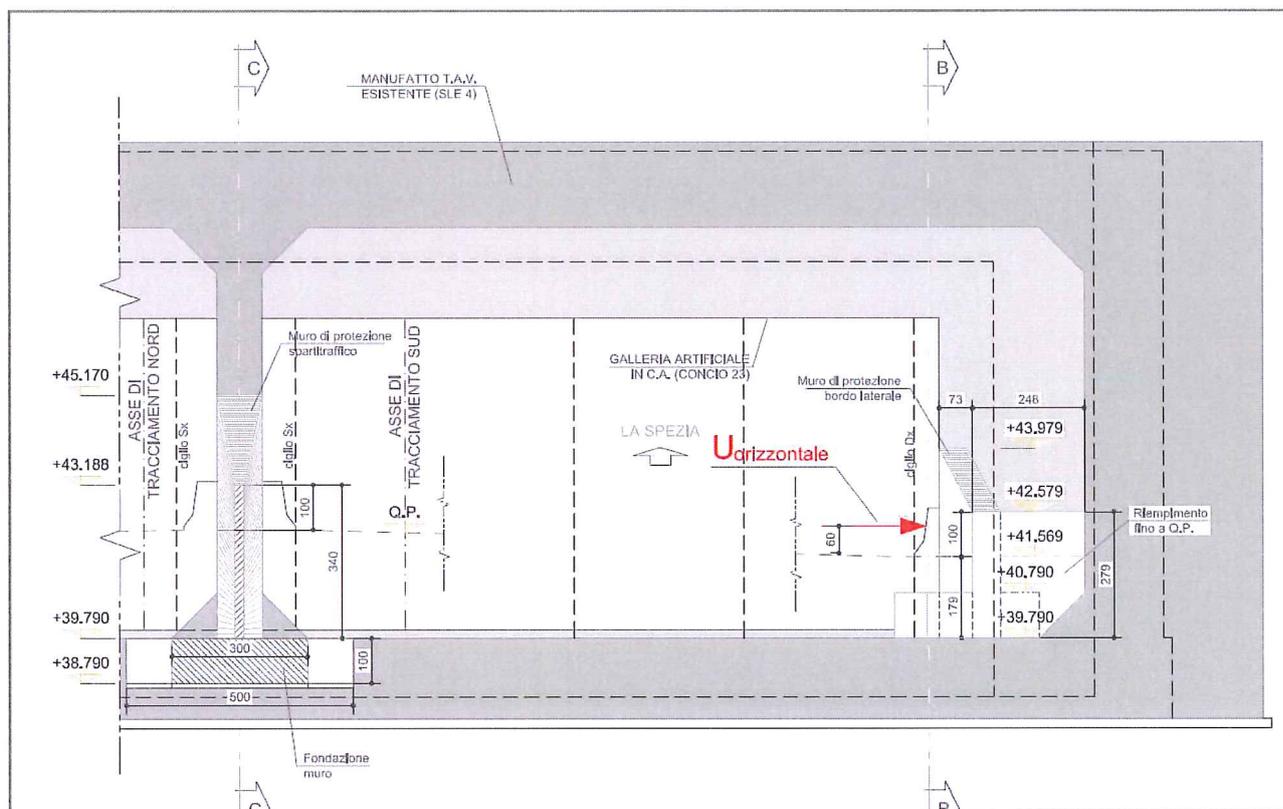


Figura 4 – Urto di veicolo in svio – Sezione – Muro Laterale

1.2 MURO DI PROTEZIONE INTERNO AI CONCI FINISTRATI

Nel presente documento è stata analizzata con un modello semplificato la possibilità che un veicolo in svio possa urtare i redirettivi posti a protezione dei piedritti laterali, nel tratto di galleria artificiale “finestrato”. Secondo quanto indicato nel decreto ministeriale dei lavori pubblici del 4 maggio del 1990 (paragrafo 3.11), la possibilità che un veicolo possa impattare con un elemento strutturale, è stata simulata applicando una forza concentrata di 50 t applicata a 1.0 m dal piano viario, con un’inclinazione massima di 30° rispetto alla direzione di marcia del veicolo.

Nello schema seguente viene evidenziato come l’intensità di tale forza possa vada a distribuirsi sulla sezione di 1 m di piedritto considerata nell’analisi. La componente orizzontale dell’azione di svio risulta essere pari a:

$$U_{\text{orizz}} = U_{\text{tot}} \times \cos 60^\circ = 25 \text{ t} \approx 250 \text{ kN}$$

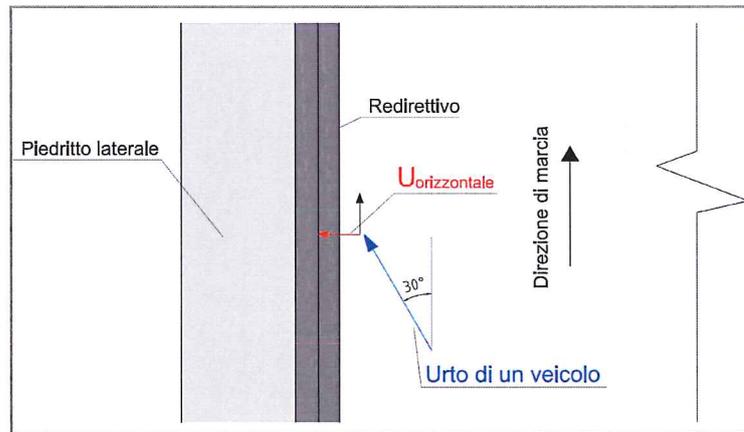


Figura 5 - Urto di veicolo in svio - schema di distribuzione del carico (pianta)

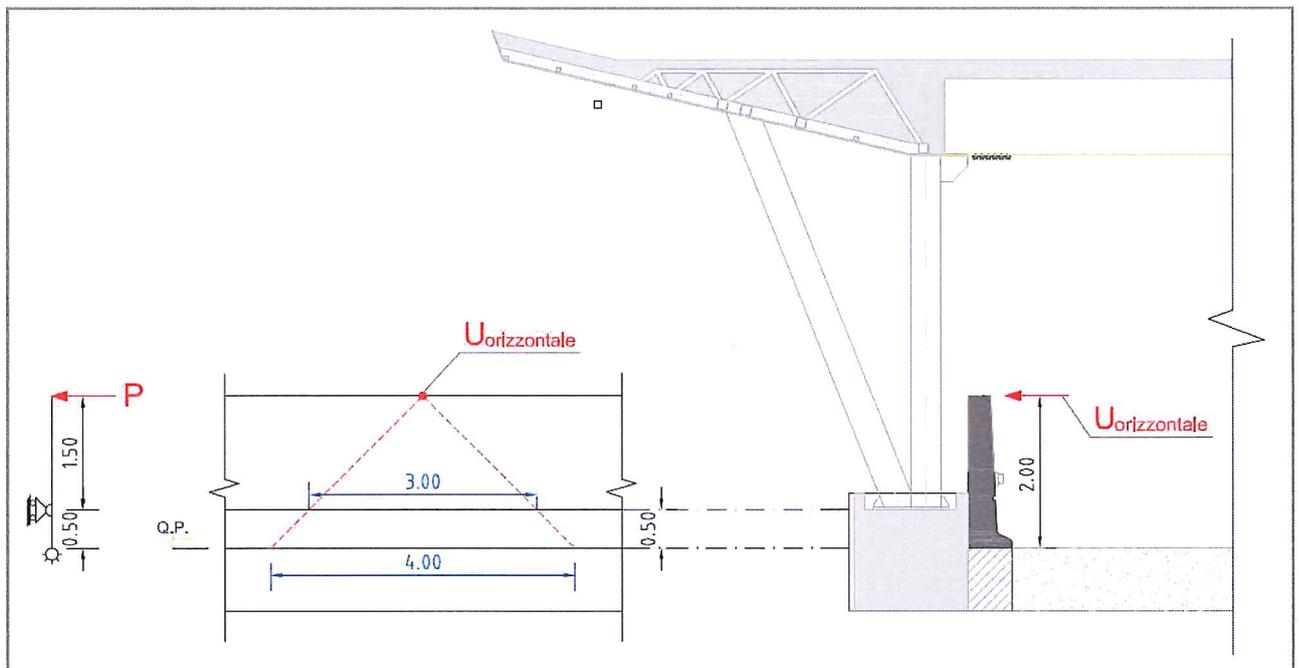


Figura 6 - Urto di veicolo in svio - punto di applicazione del carico (sezione)

NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato eseguito seguendo la logica degli Stati Limite nella definizione delle combinazioni di carico e nella verifica delle sezioni in calcestruzzo e acciaio.

- D.M. LL. PP. 9 gennaio 1996 - "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. LL. PP. 16 gennaio 1996 - Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi".
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 - "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 - "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica".
- Eurocodice 7 febbraio 2005 (UNI EN 1997-1) - "Progettazione geotecnica".
- Eurocodice 2 novembre 2005 (UNI EN 1992-1-1) - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo-Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici".
- UNI 9502 - "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso".
- UNI EN 206-1:2006 - "Calcestruzzo – Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità".
- UNI EN 20898-2 - "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento. Dadi con carichi di prova determinati. Filettatura a passo grosso".
- UNI EN 898-1 - "Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio. Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine".
- UNI EN 10083-2 - "Acciai da bonifica - Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura per acciai non legati".
- UNI EN 1992-1-2 - "Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Progettazione strutturale contro l'incendio".
- 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. 14 febbraio 1992 – "Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- 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".
- D.M. 03/12/1987 – "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- Circ. Min. LL. PP. 16/03/1989 – "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- Circ. Min. LL. PP. 24/09/1988 n° 30483 – "Istruzioni relative alle "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".
- O.P.C.M. n° 3316 del 02/10/2003 – "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 – recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"".
- Decreto 21/10/2003 – "Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4 dell' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 – recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"".
- Nota esplicativa Dip. Protezione Civile Uff. SSN 4 giugno 2003 – Nota esplicativa all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri – Ordinanza n°3274 del 20/03/2003 – recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"".
- O.P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 – "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento delle medesime zone".

2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Si riportano nel seguito le caratteristiche dei materiali per le tipologie di opere analizzate.

MURI:

Elevazioni

Classe di Resistenza: C32/40
Classe di esposizione: XC4+XD1+XF2
Contenuto in cloruri: 0.4%
Diametro massimo degli aggregati: 32 mm
Classe di consistenza: S4
Copriferro: 50 mm

Fondazioni

Classe di Resistenza: C32/40
Classe di esposizione: XC4+XD1+XF2
Contenuto in cloruri: 0.4%
Diametro massimo degli aggregati: 32 mm
Classe di consistenza: S4
Copriferro: 50 mm

3 CARATTERISTICHE DEI TERRENI

Il sito di costruzione presenta terreni con caratteristiche prevalentemente granulari, con uno strato superficiale limoso-sabbioso fino a 2.70 m circa dal p.c. e strati più profondi ghiaiosi.

Ai fini del calcolo delle strutture sono state considerate le seguenti caratteristiche dei terreni.

Strato 1 – Limoso-sabbioso

Angolo di attrito	φ	=	29°
Coesione drenata	c	=	3 kN/m ²
Coesione non drenata	c _u	=	50 - 60 kN/m ²
Peso specifico	γ	=	19.5 kN/m ³
Peso specifico – immerso	γ'	=	9.5 kN/m ³
Angolo di attrito terra-muro	δ	=	14.5°

Strato 2 – Ghiaie

Angolo di attrito	φ	=	40°
Coesione drenata	c	=	0 kN/m ²
Coesione non drenata	c _u	=	50 - 60 kN/m ²
Peso specifico	γ	=	21.5 kN/m ³
Peso specifico – immerso	γ'	=	11.5 kN/m ³
Angolo di attrito terra-muro	δ	=	20°

Il calcolo delle spinte litostatiche per le strutture è stato eseguito considerando un angolo di attrito di 30° e un peso specifico del materiale di 20 kN/m³. Tale assunzione considera caratteristiche medie del terreno adiacente alla galleria, tenendo in considerazione anche l'inevitabile rimaneggiamento del materiale dovuto alle operazioni di rinterro ad opera completata.

4 SOFTWARE DI CALCOLO

4.1 MAX 10.1

Il programma MAX 10.1 prodotto dalla Aztec Informatica® è stato impiegato per calcolare la stabilità dei muri di sostegno in c.a.. Il software di calcolo è dedicato all'analisi ed al calcolo di muri di sostegno a gravità, a semigravità e a mensola. L'interfaccia del programma permette di modellare il terreno a tergo del muro, con la possibilità di inserire eventuali carichi agenti su di esso. La stratigrafia del terreno, la geometria dell'opera ed i materiali posti in opera vengono definiti in maniera tale da ottenere un modello di calcolo in grado di effettuare le verifiche di scivolamento, ribaltamento, carico limite e stabilità globale secondo le normative vigenti (D.M. 1988 + D.M. 1996 o D.M. 14/01/2008).

4.2 SAP 2000

Per l'analisi dello stato tensionale e deformativo delle gallerie artificiali in esame sono stati realizzati appositi modelli matematici agli elementi finiti (F.E.M.), studiati per riprodurre in modo adeguato la geometria della struttura. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata eseguita con i metodi della scienza delle costruzioni mediante il metodo degli spostamenti, per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici, metodo che si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z) e la soluzione del problema stesso si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi $K * u = F$ (dove K = matrice di rigidezza, u = vettore spostamenti nodali, F = vettore forze nodali). Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso. Le strutture sono state schematizzate mediante aste (elementi "beam"), riportate con il loro reale spessore in modo da essere caratterizzate dall'esatta rigidezza, collegate fra loro in serie.

5 MURI DI PROTEZIONE AGLI IMBOCCHI

5.1 DATI DI CALCOLO

La sezione di progetto del muro ha le seguenti caratteristiche geometriche:

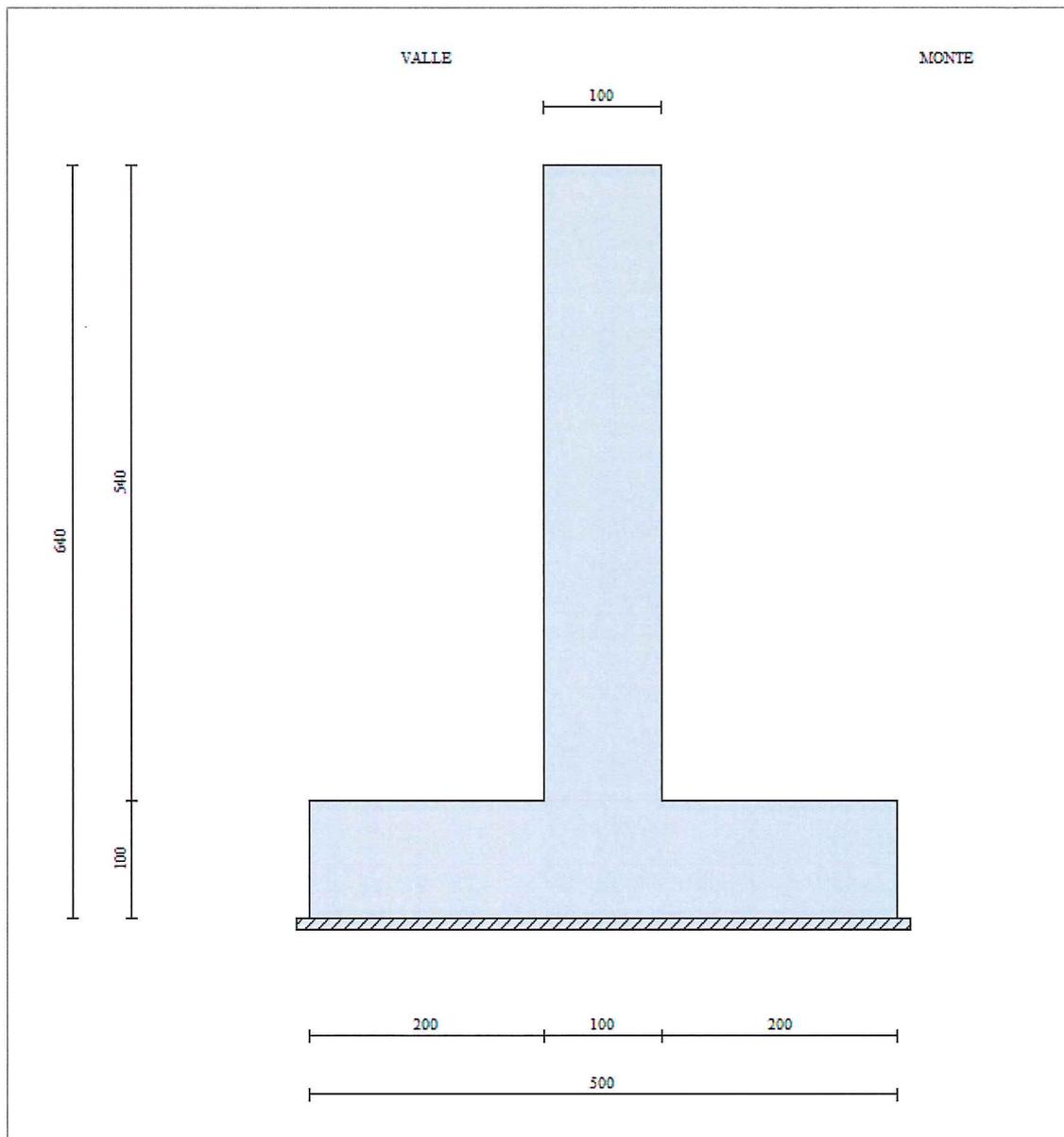


Figura 7 - Muro Centrale - Geometria

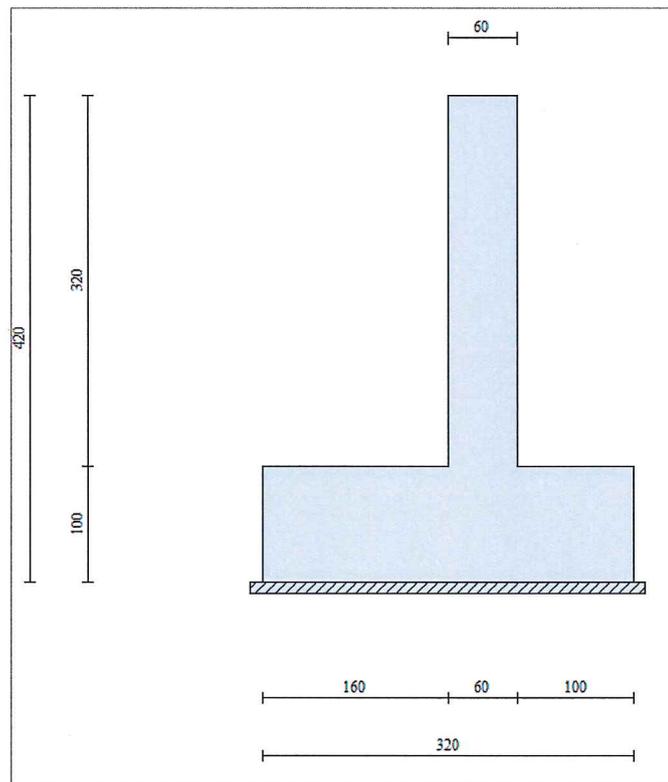


Figura 8 - Muro Laterale - Geometria

Le verifiche strutturali sono state condotte sulla base di una modellazione numerica realizzata con SAP2000, mentre quelle di stabilità ed equilibrio sono state eseguite con il programma MAX 10.1 della Aztec Informatica.

5.2 ANALISI DEI CARICHI

Peso proprio degli elementi strutturali

Il peso proprio degli elementi strutturali è stato valutato direttamente dal software considerando un peso specifico del calcestruzzo pari a 25 kN/mc.

Carichi litostatici e idrostatici

Il materiale di riempimento posto al di sotto della sede stradale su entrambe i lati dei muri analizzati, eserciterà una spinta orizzontale equilibrata sul paramento.

Carico permanente

Il carico permanente è dovuto al peso del terreno di riempimento posto al di sotto della sede stradale, il cui peso specifico risulta essere pari a 20 kN/mc.

Urto Veicolare

Il carico accidentale dovuto all'urto di un veicolo soggetto a svio risulta essere pari a 45 kN.

Carico sismico

Il carico sismico è stato valutato considerando l'accelerazione orizzontale di progetto prevista dalla normativa per la zona sismica 3.

5.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche strutturali sono state eseguite in accordo al metodo delle tensioni ammissibili e degli Stati Limite Ultimi, a tale scopo sono state utilizzate le seguenti combinazioni di carico principali.

SLE	=	PERMANENTI x 1.00 + URTO x 1.00
SLU	=	PERMANENTI x 1.50 + URTO x 1.50
SLV	=	PERMANENTI x 1.00 + SISIMA x 1.00

5.4 ANALISI DI STABILITÀ DEL MURO

In accordo ai dati di calcolo specificati in precedenza, è stato elaborato un modello di calcolo della sezione del muro con il programma MAX 10.1. Nel seguito si riportano i dati di input del programma di calcolo, i risultati numerici principali e le verifiche strutturali. La sezione analizzata si riferisce ad un tratto unitario (1 m) di struttura.

Le verifiche sono state condotte secondo le seguenti normative:

D.M. 1996 - Stati Limite (Spinte e verifiche secondo: D.M. 11/03/1988 e D.M. 16/01/1996).

5.4.1 GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO

Si riportano nel seguito alcune immagini rappresentative dei modelli di calcolo.

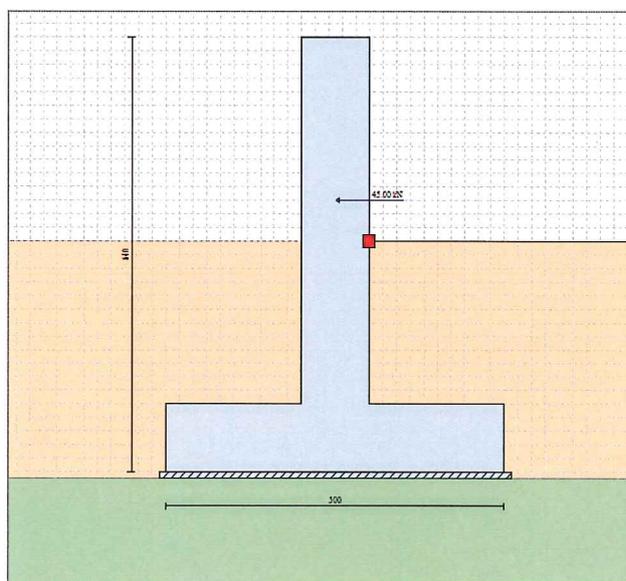


Figura 9 – Modello 1 – Muro centrale

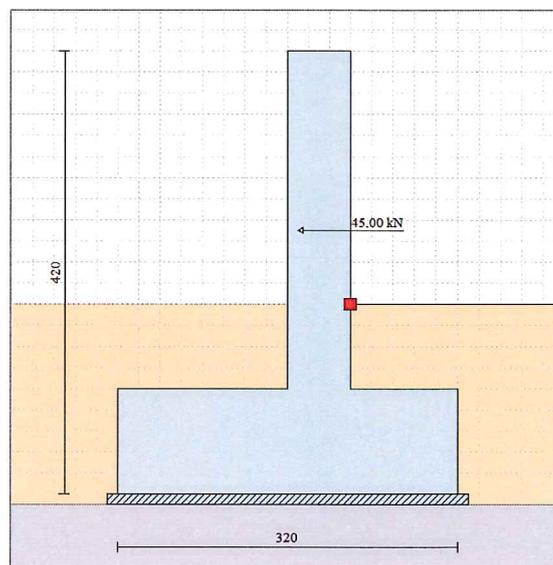


Figura 10 – Modello 2 – Muro laterale

5.4.2 CRITERI DI VERIFICA

5.4.2.1 VERIFICA A RIBALTAMENTO

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che sia $\eta_r \geq 1.5$.

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza:

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

5.4.2.2 VERIFICA A SCORRIMENTO

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s .

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che $\eta_s \geq 1.3$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

Nel caso di fondazione con dente, viene calcolata la resistenza passiva sviluppatasi lungo il cuneo passante per lo spigolo inferiore del dente, inclinato dell'angolo ρ (rispetto all'orizzontale). Tale cuneo viene individuato attraverso un procedimento iterativo. In dipendenza della geometria della fondazione e del dente, dei parametri geotecnici del terreno e del carico risultante in fondazione, tale cuneo può avere forma triangolare o trapezoidale. Detta N la componente normale del carico agente sul piano di posa della fondazione, Q l'aliquota di carico gravante sul cuneo passivo, S_p la resistenza passiva, L_c l'ampiezza del cuneo e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagente, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = (N-Q) \operatorname{tg} \delta_f + S_p + c_a L_r$$

con $L_r = B_r - L_c$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente. L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 %.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

5.4.2.3 VERIFICA AL CARICO LIMITE

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

La Normativa Italiana (D.M. 1988) impone che $\eta_q \geq 2.0$

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

- c coesione del terreno in fondazione;
- ϕ angolo di attrito del terreno in fondazione;
- γ peso di volume del terreno in fondazione;
- B larghezza della fondazione;
- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori d e i che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con θ l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale (espresso in gradi) e con ϕ l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_c = i_q = (1 - \theta/90)^2$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta}{\phi}\right)^2 \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$

5.5 SINTESI DEI RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ

Muro	COEFFICIENTI DI SICUREZZA	
CENTRALE	RIBALTAMENTO	5.43 > 1.50
	SCORRIMENTO	4.40 > 1.30
	CARICO LIMITE ULTIMO	13.90 > 2.00

Muro	COEFFICIENTI DI SICUREZZA	
LATERALE	RIBALTAMENTO	2.27 > 1.50
	SCORRIMENTO	1.80 > 1.30
	CARICO LIMITE ULTIMO	-

Tutte le verifiche risultano essere soddisfatte.

5.6 VERIFICHE STRUTTURE IN C.A. – MURI DI IMBOCCO

Le verifiche strutturali sono state condotte, tenendo conto delle sollecitazioni più elevate a cui siano soggetti i singoli elementi nelle due combinazioni statica (in cui agisce la forza d'urto dovuta allo svio di un veicolo) e sismica. Lo stato limite di esercizio non presenta azioni particolarmente significative, poiché in esso risulta agire sui muri solamente il peso proprio delle strutture e le spinte del materiale di riempimento, il cui livello ai due lati del paramento è lo stesso.

5.6.1 MURO CENTRALE

In accordo ai risultati numerici ricavati, è stata verificata la sezione maggiormente sollecitata.

Le verifiche si intendono soddisfatte se il coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo è maggiore di 1.00.

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	σ _c [Mpa]	σ _s [Mpa]
Paramento	100	Ø24/20	Ø24/20	194	150	1.5	40

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	σ _c [Mpa]	σ _s [Mpa]
Fondazione	100	Ø24/20	Ø24/20	-	146	1.4	76

Figura 11 – Verifiche di resistenza a flessione – SLE

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	F.S. [-]
Paramento	100	Ø24/20	Ø24/20	194	225	3.76

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	F.S. [-]
Fondazione	100	Ø24/20	Ø24/20	-	219	3.48

Figura 12 – Verifiche di resistenza a flessione – SLU

Sezione	Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V _s [kN/m]	V _R [kN/m]	F.S. [-]
Paramento	100	spilli Ø12/60x40	104	326	3.15

Sezione	Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V _s [kN/m]	V _R [kN/m]	F.S. [-]
Fondazione	100	spilli Ø12/60x40	194	326	1.68

Figura 13 – Verifiche di resistenza a taglio – SLU

Le verifiche al taglio sono state eseguite per sezione non armata. È stata comunque disposta un'armatura minima pari a spilli Ø12/60x40.

5.6.2 MURO LATERALE

In accordo ai risultati numerici ricavati, è stata verificata la sezione maggiormente sollecitata.

Le verifiche si intendono soddisfatte se il coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo è maggiore di 1.00.

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	σ _c [Mpa]	σ _s [Mpa]
Paramento	60	Ø20/20	Ø20/20	67	68	1.9	70

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	σ _c [Mpa]	σ _s [Mpa]
Fondazione	100	Ø24/20	Ø24/20	-	95	1.0	50

Figura 14 – Verifiche di resistenza a flessione – SLE

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	F.S. [-]
Paramento	60	Ø20/20	Ø20/20	67	102	3.14

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	F.S. [-]
Fondazione	100	Ø24/20	Ø24/20	-	143	5.33

Figura 15 – Verifiche di resistenza a flessione – SLU

Sezione	Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V _s [kN/m]	V _R [kN/m]	F.S. [-]
Paramento	60	spilli Ø12/60x40	72	220	3.06

Sezione	Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V _s [kN/m]	V _R [kN/m]	F.S. [-]
Fondazione	100	spilli Ø12/60x40	102	326	3.20

Figura 16 – Verifiche di resistenza a taglio – SLU

Le verifiche al taglio sono state eseguite per sezione non armata. È stata comunque disposta un'armatura minima pari a spilli Ø12/60x40.

Tutte le verifiche risultano essere soddisfatte.

Le opere di protezione proposte risultano verificate, come in dettaglio descritto nel seguito, anche considerando le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. del 2008), che hanno proposto una variazione di quanto indicato nel D.M. del 1990, assunto come base contrattuale.

NTC – D.M. 2008:

L'azione di urto è considerata secondo quanto riportato nel paragrafo 3.6.3.3.2 "eccezionale", per tale motivo le verifiche interessano solamente la combinazione eccezionale per gli stati limite ultimi avente i seguenti fattori di amplificazione (di cui al paragrafo 2.5.3):

$$SLU = PERMANENTI \times 1.00 + URTO \times 1.00$$

L'intensità della forza orizzontale equivalente di collisione è pari a 100 kN e deve essere considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 1 m sopra il livello del piano di marcia.

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche.

Muro Centrale:

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	F.S. [-]
Paramento	100	Ø24/20	Ø24/20	194	380	2.23

Sezione	Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	F.S. [-]
Fondazione	100	Ø24/20	Ø24/20	-	363	2.10

Figura 17 – Verifiche di resistenza a flessione – SLU

Sezione	Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V _s [kN/m]	V _R [kN/m]	F.S. [-]
Paramento	100	spilli Ø12/60x40	154	326	2.12

Sezione	Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V_s [kN/m]	V_R [kN/m]	F.S. [-]
Fondazione	100	spilli $\varnothing 12/60 \times 40$	287	326	1.14

Figura 18 – Verifiche di resistenza a taglio – SLU

Le verifiche al taglio sono state eseguite per sezione non armata. È stata comunque disposta un'armatura minima pari a spilli $\varnothing 12/60 \times 40$.

Muro Laterale:

Sezione	Spessore [cm]	A_s (tesa)	A'_s (compressa)	N_s [kN/m]	M_s [kNm/m]	F.S. [-]
Paramento	60	$\varnothing 20/20$	$\varnothing 20/20$	67	200	1.60

Sezione	Spessore [cm]	A_s (tesa)	A'_s (compressa)	N_s [kN/m]	M_s [kNm/m]	F.S. [-]
Fondazione	100	$\varnothing 24/20$	$\varnothing 24/20$	-	189	4.03

Figura 19 – Verifiche di resistenza a flessione – SLU

Sezione	Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V_s [kN/m]	V_R [kN/m]	F.S. [-]
Paramento	60	spilli $\varnothing 12/60 \times 40$	107	220	2.06

Sezione	Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V_s [kN/m]	V_R [kN/m]	F.S. [-]
Fondazione	100	spilli $\varnothing 12/60 \times 40$	151	326	2.16

Figura 20 – Verifiche di resistenza a taglio – SLU

Le verifiche al taglio sono state eseguite per sezione non armata. È stata comunque disposta un'armatura minima pari a spilli $\varnothing 12/60 \times 40$.

Tutte le verifiche risultano essere soddisfatte.

6 MURO DI PROTEZIONE INTERNO AI CONCI FINESTRATI

6.1 DATI DI CALCOLO

Il redirettivo in esame è presente nei conci A e B della G.A., a protezione degli elementi metallici posti a sostegno della copertura. La redistribuzione delle azioni all'interno della sezione in cls dell'elemento verificato, permette una riduzione dell'intensità dell'urto agente su un tratto unitario (1 m) di struttura, in funzione dell'angolo di diffusione pari a 45°. L'effetto della componente orizzontale dell'azione di svio applicata nel modello di calcolo, sarà quindi ridistribuito su un tratto di lunghezza pari a 3 m, corrispondente all'impronta di diffusione in corrispondenza del contrasto offerto dal piedritto laterale, ad un'altezza minima dalla Q.P. pari a 50 cm.

Le verifiche da condurre, con riferimento alla normativa sopra citata, sono limitate alla resistenza della sezione allo stato limite ultimo.

6.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Le verifiche strutturali sono state eseguite in accordo al metodo delle tensioni ammissibili e degli Stati Limite Ultimi, a tale scopo sono state utilizzate le seguenti combinazioni di carico principale.

$$\text{SLE} = \text{PERMANENTI} \times 1.00 + \text{URTO} \times 1.00$$

$$\text{SLU} = \text{PERMANENTI} \times 1.50 + \text{URTO} \times 1.50$$

6.3 ANALISI NUMERICA

In accordo ai dati di calcolo specificati in precedenza, è stato elaborato un modello di calcolo dell'elemento strutturale in esame tramite SAP2000. Nel seguito si riportano i dati di input del programma di calcolo, i risultati numerici principali e le verifiche strutturali. La sezione analizzata si riferisce ad un tratto unitario (1 m) di struttura.

6.3.1 GEOMETRIA DEL MODELLO DI CALCOLO

Si riportano nel seguito alcune immagini rappresentative del modello di calcolo.



Figura 21 – Modello SAP2000: schema statico

6.3.2 CARICHI NEL MODELLO DI CALCOLO

Si riportano nel seguito le immagini rappresentative dei carichi applicati alla sezione di calcolo. Le unità di riferimento sono [kN] e [m].



Figura 22 – Condizione di carico "Urto"

6.3.3 RISULTATI DELLE ANALISI

Si riportano nel seguito i diagrammi delle azioni interne per le combinazioni di carico analizzate. Le unità di riferimento sono [kN] e [m]. L'azione assiale è di compressione se negativa.



Figura 23 – Combinazione di carico "SLE" – Momento flettente M3 [kNm]

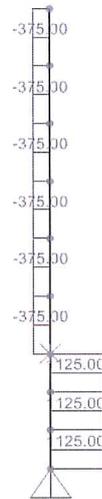


Figura 24 – Combinazione di carico "SLU" – Azione di taglio V2 [kN]



Figura 25 – Combinazione di carico "SLU" – Momento flettente M3 [kNm]

6.4 VERIFICHE STRUTTURE IN C.A. GETTATE IN OPERA

In accordo ai risultati numerici ricavati, è stata verificata la sezione maggiormente sollecitata.

Le azioni sollecitanti agenti sulla sezione in esame sono pari a:

$$M_{sle} = M_{sle,max} / 3 \text{ m} = 375 \text{ kN} / 3 \text{ m} = 125 \text{ kN/m}$$

$$M_{slu} = M_{slu,max} / 3 \text{ m} = 563 \text{ kN} / 3 \text{ m} = 188 \text{ kN/m}$$

$$V_{slu} = V_{slu,max} / 3 \text{ m} = 375 \text{ kNm} / 3 \text{ m} = 125 \text{ kNm/m}$$

Risultati verifiche c.a.

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo si intendono soddisfatte se il coefficiente di sicurezza è maggiore di 1.00.

Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	σ _c [Mpa]	σ _s [Mpa]
30	Ø24/10	Ø26/20	0	125	10.5	156

Figura 26 – Verifiche di resistenza a flessione – SLE

Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	F.S. [-]
30	Ø24/10	Ø26/20	0	187	1.59

Figura 27 – Verifiche di resistenza a flessione – SLU

Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V _s [kN/m]	V _R [kN/m]	F.S. [-]
30	spilli Ø12/30x20	125	364	2.91

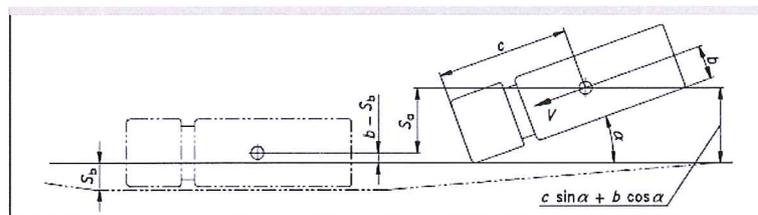
Figura 28 – Verifiche di resistenza a taglio – SLU

Tutte le verifiche risultano essere soddisfatte.

Le opere di protezione proposte risultano verificate, come in dettaglio descritto nel seguito, anche considerando le Nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. del 2008) e le norme UNI EN 1317-1, che hanno proposto una variazione di quanto indicato nel D.M. del 1990, assunto come base contrattuale.

UNI EN 1317-1:

il carico agente sulla struttura per effetto dell'ipotetico urto di un veicolo è stato determinato con riferimento allo schema seguente, estratto dal paragrafo B.3 dell'appendice B della norma UNI EN 1317-1 (figura B.1).



La forza teorica media in caso di urto è data dall'espressione:

$$\bar{F} = \frac{M(V \sin \alpha)^2}{2(c \sin \alpha + b(\cos \alpha - 1) + S_b)}$$

Nel caso di elemento rigido, come il muro in esame, la grandezza S_b assume il valore 0.

Sempre ai sensi della UNI EN 1317-1, il valore massimo significativo della forza che sollecita in fase dinamica il dispositivo durante l'urto è circa 2.5 volte maggiore di F .

Per il dimensionamento degli elementi in c.a. disposti parallelamente alla direzione di marcia, si ritiene possibile fare riferimento al livello minimo di protezione previsto dal DM 21.06.2004 per barriere da bordo laterale per infrastrutture autostradali in presenza di traffico di classe III, e cioè alle condizioni di sollecitazione tipiche di prove d'urto per l'omologazione di dispositivi in classe H2 (prova TB51). I valori delle variabili di calcolo sono riportati nella tabella seguente.

Grandezza	Simbolo	Unità di misura	Valori assunti nei calcoli
Massa del veicolo	M	kg	13.400
Velocità	V	m/s	19,4
Angolo di impatto	α	gradi	20°
Distanza baricentro – fronte veicolo (*)	c	m	6,24
Semilunghezza del veicolo	b	m	1,00
Deformazione del dispositivo	S_b	m	0,00

(*) Valore tipico desunto da una prova di crash reale di classe H2

Figura 29 – Variabili per il calcolo della Forza d'urto

Ai fini del dimensionamento degli elementi di protezione in c.a. si potrà fare riferimento al valore medio della forza agente in caso di analisi agli stati limite di esercizio ed al valore massimo dinamico in caso di analisi allo stato limite ultimo. La forza dovrà essere applicata a 1.50m di altezza dal piano viabile (o piano del marciapiede, se presente).

Le verifiche strutturali sono state eseguite utilizzando le seguenti combinazioni di carico principale.

$$\text{SLE} = \text{PERMANENTI} \times 1.00 + \text{URTO} \times 1.00$$

$$\text{SLU} = \text{PERMANENTI} \times 1.50 + \text{URTO} \times 2.50$$

I valori delle forze di calcolo per gli elementi di protezione degli spigoli in galleria, corrispondenti alle sollecitazioni di una prova TB51 ai sensi della UNI EN 1317-1, risultano pertanto i seguenti:

$$F_{\text{media}} = 148 \text{ KN}$$

$$F_{\text{max}} = 2.5 \times F_{\text{media}} = 370 \text{ KN}$$

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche.

Le verifiche allo Stato Limite Ultimo si intendono soddisfatte se il coefficiente di sicurezza è maggiore di 1.00.

Spessore [cm]	A_s (tesa)	A'_s (compressa)	N_s [kN/m]	M_s [kNm/m]	σ_c [Mpa]	σ_s [Mpa]
30	Ø24/10	Ø26/20	0	74	6.2	92

Figura 30 – Verifiche di resistenza a flessione – SLE

Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	F.S. [-]
30	Ø24/10	Ø26/20	0	185	1.60

Figura 31 – Verifiche di resistenza a flessione – SLU

Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V _s [kN/m]	V _R [kN/m]	F.S. [-]
30	spilli Ø12/30x20	123	364	2.95

Figura 32 – Verifiche di resistenza a taglio – SLU

Tutte le verifiche risultano essere soddisfatte.

NTC – D.M. 2008:

L'azione di urto è considerata secondo quanto riportato nel paragrafo 2.5.1.3 “eccezionale”, per tale motivo le verifiche interessano solamente la combinazione eccezionale per gli stati limite ultimi avente i seguenti fattori di amplificazione (di cui al paragrafo 2.5.3):

$$\text{SLU} = \text{PERMANENTI} \times 1.00 + \text{URTO} \times 1.00$$

L'intensità della forza applicata è pari a 500 kN, azione prevista per le autostrade e le strade extraurbane (tab. 3.6.III):

$$F_{d,y} \text{ (ortogonale alla direzione di marcia)} = 0.5 \times F_{d,x} \text{ (// al senso di marcia)} = 0.5 \times 1000 \text{ kN} = 500 \text{ kN}$$

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche.

Spessore [cm]	A _s (tesa)	A' _s (compressa)	N _s [kN/m]	M _s [kNm/m]	F.S. [-]
30	Ø24/10	Ø26/20	0	250	1.19

Figura 33 – Verifiche di resistenza a flessione – SLU

Spessore [cm]	Armatura a taglio [cm x cm]	V _s [kN/m]	V _R [kN/m]	F.S. [-]
30	spilli Ø12/30x20	167	364	2.18

Figura 34 – Verifiche di resistenza a taglio – SLU

7 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state esaminate le principali problematiche connesse con la realizzazione dei muri di sicurezza. I valori massimi delle sollecitazioni dei materiali riscontrati nei calcoli, nonché i massimi valori di ampiezza delle fessure (ove presenti), riportati nei rispettivi capitoli di verifica delle strutture, soddisfano quanto prescritto dalle normative.

I risultati ottenuti dal calcolo hanno confermato la validità delle scelte operate.

8 ALLEGATI

8.1 MURO CENTRALE

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

N	X	Y	A
1	0.00	-3.00	-89.98
2	7.00	-3.00	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]

Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 2.40 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr. Indice del terreno

Descrizione Descrizione terreno

γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [MPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [MPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Riempimento	20.00	20.00	30.00	20.00	0.0000	0.0000
Sottofondo	20.00	20.00	30.00	20.00	0.0000	0.0000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N Indice dello strato

<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]
<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>Kw</i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
<i>Ks</i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	6.50	0.00	20.66	0.00	Riempimento
2	8.40	0.00	20.66	0.00	Sottofondo

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

<i>X</i>	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
<i>F_x</i>	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
<i>F_y</i>	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
<i>M</i>	Momento espresso in [kNm]
<i>X_i</i>	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
<i>X_f</i>	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
<i>Q_i</i>	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
<i>Q_f</i>	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
<i>D / C</i>	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Condizione 1)

C	Paramento	X=-0.50	Y=-2.40	F _x =45.0000	F _y =0.0000	M=0.0000
---	-----------	---------	---------	-------------------------	------------------------	----------

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

<i>C</i>	Coefficiente totale di partecipazione della condizione
----------	--

Combinazione n° 1 - SLU

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Combinazione n° 2 - SLU

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Condizione 1	1.00

Combinazione n° 3 - SLU - Sismica

	C
Peso proprio	1.00

Spinta terreno 1.00

Combinazione n°4 - SLU - Sismica

C

Peso proprio 1.00

Spinta terreno 1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Coefficienti per le sollecitazioni sul muro

Coefficiente partecipazione spinta terreno	1.50
Coefficiente partecipazione peso proprio+terreno	1.40

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Impostazioni avanzate

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

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_{QLIM}	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	SLU-DM96 - [1]	--	10.55	32.14	20.93	15.45
2	SLU-DM96 - [2]	--	4.40	5.43	13.90	15.45
3	SLU-DM96 - [3]	Orizzontale	6.44	14.44	18.06	8.98
4	SLU-DM96 - [4]	Orizzontale	6.44	14.44	18.06	8.98

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 Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)	4.00
Forma diagramma incremento sismico	Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)	50.0
Lunghezza del muro	1.00 [m]

Peso muro	254.9770 [kN]
Baricentro del muro	X=-0.50 Y=-4.24

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 2.00 Y = -6.40
Punto superiore superficie di spinta	X = 2.00 Y = -3.00
Altezza della superficie di spinta	3.40 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]

COMBINAZIONE n° 1

Valore della spinta statica	34.3420	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.2709	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	11.7457	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.00	[m]	Y = -5.27	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	96.0300	[kN]		

Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte X = 1.00 [m] Y = -4.20 [m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	32.2709	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	458.7526	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-173.4000	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	36.6018	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1176.2606	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	458.7526	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	32.2709	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.02	[m]
Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Risultante in fondazione	459.8863	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	4.02	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7.2227	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	9603.6452	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.09348	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.09002	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 30.14$	$N_q = 18.40$	$N_\gamma = 15.67$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.91$	$i_q = 0.91$	$i_\gamma = 0.75$
Fattori profondità	$d_c = 1.24$	$d_q = 1.12$	$d_\gamma = 1.12$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 33.98$	$N'_q = 18.77$	$N'_\gamma = 13.13$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	32.14
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	10.55
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	20.93
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	15.45

Sollecitazioni paramento

Combinazione n°1

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	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.27	9.1531	0.0000	0.0003
3	0.53	18.3065	0.0000	0.0012
4	0.80	27.4601	0.0002	0.0027
5	1.07	36.6138	0.0008	0.0049
6	1.33	45.7679	0.0020	0.0076
7	1.60	54.9221	0.0039	0.0110
8	1.87	64.0766	0.0066	0.0149
9	2.13	73.2312	0.0103	0.0195
10	2.40	82.3861	0.0152	0.0247
11	2.40	82.3861	0.0152	0.0247
12	2.67	91.7494	0.0217	0.0306
13	2.95	101.1208	0.0267	0.0593
14	3.22	110.5772	0.0211	0.3213
15	3.49	120.2313	0.0576	1.1264
16	3.76	130.1142	0.2852	2.5602
17	4.04	140.2240	0.8754	4.6174
18	4.31	150.5607	1.9983	7.2981
19	4.58	161.1244	3.8237	10.6022
20	4.85	171.9149	6.5219	14.5297
21	5.13	182.9324	10.2627	19.0807
22	5.40	194.1412	15.2271	24.1573

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n°1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.20	0.5858	5.8513

3	0.40	2.3379	11.6638
4	0.60	5.2487	17.4375
5	0.80	9.3104	23.1723
6	1.00	14.5151	28.8684
7	1.20	20.8551	34.5255
8	1.40	28.3227	40.1439
9	1.60	36.9101	45.7234
10	1.80	46.6095	51.2641
11	2.00	57.4131	56.7660

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

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	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.20	0.4913	4.9194
3	0.40	1.9704	9.8777
4	0.60	4.4450	14.8748
5	0.80	7.9229	19.9107
6	1.00	12.4118	24.9855
7	1.20	17.9196	30.0990
8	1.40	24.4540	35.2514
9	1.60	32.0228	40.4427
10	1.80	40.6337	45.6727
11	2.00	50.2945	50.8996

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	34.3420	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.2709	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	11.7457	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.00	[m]	Y = -5.27	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	96.0300	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.00	[m]	Y = -4.20	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	45.00	[kN]
-------------------	-------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	77.2709	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	458.7526	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-173.4000	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	216.6018	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1176.2606	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	458.7526	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	77.2709	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.41	[m]
Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Risultante in fondazione	465.2147	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	9.56	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	187.2227	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	6374.9418	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.13668	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.04682	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 30.14$	$N_q = 18.40$	$N_\gamma = 15.67$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.80$	$i_q = 0.80$	$i_\gamma = 0.46$
Fattori profondità	$d_c = 1.24$	$d_q = 1.12$	$d_\gamma = 1.12$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 29.75$	$N'_q = 16.43$	$N'_\gamma = 8.13$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	5.43
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	4.40
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	13.90
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	15.45

Sollecitazioni paramento

Combinazione n°2

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	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.27	9.1531	0.0000	0.0003
3	0.53	18.3065	0.0000	0.0012
4	0.80	27.4601	0.0002	0.0027
5	1.07	36.6138	0.0008	0.0049
6	1.33	45.7679	0.0020	0.0076
7	1.60	54.9221	0.0039	0.0110
8	1.87	64.0766	0.0066	0.0149
9	2.13	73.2312	0.0103	0.0195
10	2.40	82.3861	0.0152	0.0247
11	2.40	82.3861	0.0152	45.0247
12	2.67	91.7494	12.2944	45.0306
13	2.95	101.1208	24.5722	45.0593
14	3.22	110.5772	36.8393	45.3213
15	3.49	120.2313	49.1485	46.1264
16	3.76	130.1142	61.6489	47.5602
17	4.04	140.2240	74.5118	49.6174
18	4.31	150.5607	87.9073	52.2981
19	4.58	161.1244	102.0056	55.6022
20	4.85	171.9149	116.9764	59.5297
21	5.13	182.9324	132.9900	64.0807
22	5.40	194.1412	150.2271	69.1573

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n°2

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.20	1.7631	17.4635
3	0.40	6.9183	33.9205
4	0.60	15.2642	49.3709

5	0.80	26.5996	63.8149
6	1.00	40.7231	77.2524
7	1.20	57.4334	89.6833
8	1.40	76.5293	101.1077
9	1.60	97.8094	111.5257
10	1.80	121.0725	120.9371
11	2.00	146.1171	129.3420

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n°2

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	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.20	-0.6860	-6.6927
3	0.40	-2.6100	-12.3789
4	0.60	-5.5705	-17.0587
5	0.80	-9.3664	-20.7319
6	1.00	-13.7962	-23.3985
7	1.20	-18.6587	-25.0587
8	1.40	-23.7526	-25.7124
9	1.60	-28.8765	-25.3596
10	1.80	-33.8293	-24.0002
11	2.00	-38.4095	-21.6764

COMBINAZIONE n°3

Valore della spinta statica	34.3420	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.2709	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	11.7457	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.00	[m]	Y = -5.27	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]		
Incremento sismico della spinta	2.9495	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.00	[m]	Y = -4.13	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53.92	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	96.0300	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.00	[m]	Y = -4.20	[m]
Inerzia del muro	10.1991	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	3.8412	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	52.9228	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	459.7614	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-173.4000	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	81.8312	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1181.3047	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	459.7614	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	52.9228	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Risultante in fondazione	462.7973	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6.57	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	49.9301	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	8304.3545	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.10394	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.07997	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 30.14$	$N_q = 18.40$	$N_\gamma = 15.67$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.86$	$i_q = 0.86$	$i_\gamma = 0.61$
Fattori profondità	$d_c = 1.24$	$d_q = 1.12$	$d_\gamma = 1.12$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 32.00$	$N'_q = 17.68$	$N'_\gamma = 10.69$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	14.44
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6.44
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	18.06
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	8.98

Sollecitazioni paramento

Combinazione n°3

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	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.27	9.2258	0.0393	0.5661
3	0.53	18.4482	0.2300	1.1228
4	0.80	27.6671	0.5697	1.6699
5	1.07	36.8825	1.0556	2.2075
6	1.33	46.0945	1.6855	2.7357
7	1.60	55.3030	2.4566	3.2543
8	1.87	64.5081	3.3665	3.7634
9	2.13	73.7097	4.4126	4.2630
10	2.40	82.9079	5.5924	4.7532
11	2.40	82.9079	5.5924	4.7532
12	2.67	92.3115	6.9347	5.2446
13	2.95	101.7195	8.4084	5.7482
14	3.22	111.2087	10.0015	6.4746
15	3.49	120.8916	11.7639	7.7335
16	3.76	130.7995	13.8416	9.6104
17	4.04	140.9305	16.4032	12.1002
18	4.31	151.2846	19.6159	15.2030
19	4.58	161.8617	23.6469	18.9185
20	4.85	172.6619	28.6632	23.2469
21	5.13	183.6851	34.8321	28.1882
22	5.40	194.8958	42.3314	33.6445

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n°3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.20	0.8708	8.6630
3	0.40	3.4473	17.0575
4	0.60	7.6759	25.1836
5	0.80	13.5028	33.0413

6	1.00	20.8745	40.6306
7	1.20	29.7372	47.9514
8	1.40	40.0372	55.0038
9	1.60	51.7208	61.7878
10	1.80	64.7344	68.3034
11	2.00	79.0243	74.5506

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n°3

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	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.20	0.2176	2.2208
3	0.40	0.9062	4.7100
4	0.60	2.1195	7.4676
5	0.80	3.9112	10.4937
6	1.00	6.3349	13.7882
7	1.20	9.4443	17.3511
8	1.40	13.2932	21.1824
9	1.60	17.9352	25.2822
10	1.80	23.4240	29.6503
11	2.00	29.8132	34.2449

COMBINAZIONE n°4

Valore della spinta statica	34.3420	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	32.2709	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	11.7457	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2.00	[m]	Y = -5.27	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]		
Incremento sismico della spinta	2.9495	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2.00	[m]	Y = -4.13	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53.92	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	96.0300	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1.00	[m]	Y = -4.20	[m]
Inerzia del muro	10.1991	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	3.8412	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	52.9228	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	459.7614	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-173.4000	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	81.8312	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	1181.3047	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	459.7614	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	52.9228	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.11	[m]
Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Risultante in fondazione	462.7973	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	6.57	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	49.9301	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	8304.3545	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	5.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.10394	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.07997	[MPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 30.14$	$N_q = 18.40$	$N_\gamma = 15.67$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.86$	$i_q = 0.86$	$i_\gamma = 0.61$
Fattori profondità	$d_c = 1.24$	$d_q = 1.12$	$d_\gamma = 1.12$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 32.00$	$N'_q = 17.68$	$N'_\gamma = 10.69$
----------------	----------------	---------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	14.44
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6.44
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	18.06
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	8.98

Sollecitazioni paramento

Combinazione n°4

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	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.27	9.2258	0.0393	0.5661
3	0.53	18.4482	0.2300	1.1228
4	0.80	27.6671	0.5697	1.6699
5	1.07	36.8825	1.0556	2.2075
6	1.33	46.0945	1.6855	2.7357
7	1.60	55.3030	2.4566	3.2543
8	1.87	64.5081	3.3665	3.7634
9	2.13	73.7097	4.4126	4.2630
10	2.40	82.9079	5.5924	4.7532
11	2.40	82.9079	5.5924	4.7532
12	2.67	92.3115	6.9347	5.2446
13	2.95	101.7195	8.4084	5.7482
14	3.22	111.2087	10.0015	6.4746
15	3.49	120.8916	11.7639	7.7335
16	3.76	130.7995	13.8416	9.6104
17	4.04	140.9305	16.4032	12.1002
18	4.31	151.2846	19.6159	15.2030
19	4.58	161.8617	23.6469	18.9185
20	4.85	172.6619	28.6632	23.2469
21	5.13	183.6851	34.8321	28.1882
22	5.40	194.8958	42.3314	33.6445

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n°4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.20	0.8708	8.6630
3	0.40	3.4473	17.0575

4	0.60	7.6759	25.1836
5	0.80	13.5028	33.0413
6	1.00	20.8745	40.6306
7	1.20	29.7372	47.9514
8	1.40	40.0372	55.0038
9	1.60	51.7208	61.7878
10	1.80	64.7344	68.3034
11	2.00	79.0243	74.5506

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n°4

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	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.20	0.2176	2.2208
3	0.40	0.9062	4.7100
4	0.60	2.1195	7.4676
5	0.80	3.9112	10.4937
6	1.00	6.3349	13.7882
7	1.20	9.4443	17.3511
8	1.40	13.2932	21.1824
9	1.60	17.9352	25.2822
10	1.80	23.4240	29.6503
11	2.00	29.8132	34.2449

8.2 MURO LATERALE

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	3.20 [m]
Spessore in sommità	0.60 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0.60 [m]
Inclinazione paramento esterno	0.00 [°]

Inclinazione paramento interno 0.00 [°]
Lunghezza del muro 1.00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle 1.60 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte 1.00 [m]
Lunghezza totale fondazione 3.20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione 0.00 [°]
Spessore fondazione 1.00 [m]
Spessore magrone 0.10 [m]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

N	X	Y	A
1	0.00	-2.40	-89.98
2	5.00	-2.40	0.00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.00 [°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento 0.80 [m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [MPa]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [MPa]
σ_g	Tensione di progetto espressa in [MPa]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a	d_d
Riempimento	20.00	20.00	30.00	20.00	0.0000	0.0000	0.000
Sottofondo	25.00	25.00	45.00	30.00	0.0000	0.0000	0.600

Stratigrafia

Simbologia adottata

<i>N</i>	Indice dello strato
<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]
<i>a</i>	Inclinazione espressa in [°]
<i>Kw</i>	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
<i>Ks</i>	Coefficiente di spinta
<i>Terreno</i>	Terreno dello strato

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	4.30	0.00	8.39	0.00	Riempimento
2	4.50	0.00	7.74	0.00	Sottofondo

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.

Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

Momento positivo senso antiorario.

X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
D/C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n°1 (Condizione 1)

C	Paramento	$X=-0.50$	$Y=-1.70$	$F_x=45.0000$	$F_y=0.0000$	$M=0.0000$
---	-----------	-----------	-----------	---------------	--------------	------------

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

C Coefficiente totale di partecipazione della condizione

Combinazione n°1 - SLU

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Combinazione n°2 - SLU

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Condizione 1	1.00

Combinazione n°3 - SLU - Sismica

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00

Combinazione n°4 - SLU - Sismica

	C
Peso proprio	1.00
Spinta terreno	1.00
Condizione 1	1.00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Coefficienti per le sollecitazioni sul muro

Coefficiente partecipazione spinta terreno	1.50
Coefficiente partecipazione peso proprio+terreno	1.40

Calcolo della portanza metodo di Meyerhof

Impostazioni avanzate

Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni

Influenza del terreno sulla fondazione di valle nelle verifiche e nel calcolo delle sollecitazioni

Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{sco}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{rib}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{qlim}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{stab}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	SLU-DM96 - [1]	--	12.23	53.26	0.00	19.48
2	SLU-DM96 - [2]	--	2.05	2.45	0.00	19.48
3	SLU-DM96 - [3]	Orizzontale	6.71	19.14	0.00	12.29
4	SLU-DM96 - [4]	Orizzontale	1.80	2.27	0.00	12.29

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 Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Coefficiente di intensità sismica (percento)	4.00
Forma diagramma incremento sismico	Triangolare con vertice in basso

Partecipazione spinta passiva (percento)	50.0
Lunghezza del muro	1.00 [m]

Peso muro	125.5271 [kN]
Baricentro del muro	X=-0.49 Y=-2.91

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta	X = 1.00 Y = -4.20
Punto superiore superficie di spinta	X = 1.00 Y = -2.40
Altezza della superficie di spinta	1.80 [m]
Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale)	0.00 [°]

COMBINAZIONE n°1

Valore della spinta statica	9.6253	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	9.0448	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	3.2920	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 1.00	[m]	Y = -3.60	[m]

Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	16.0240	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.50	[m]	Y = -2.80	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	9.0448	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	170.4431	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-48.6000	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	5.4310	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	289.2325	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	170.4431	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	9.0448	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.07	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3.20	[m]
Risultante in fondazione	170.6830	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	3.04	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-11.0924	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	0.0000	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.20	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.04676	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.05976	[MPa]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	53.26
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	12.23
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	0.00
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	19.48

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

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	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	3.1828	0.0000	0.0001
3	0.31	6.3657	0.0000	0.0005
4	0.46	9.5487	0.0001	0.0011
5	0.62	12.7318	0.0002	0.0020
6	0.77	15.9149	0.0005	0.0032
7	0.93	19.0982	0.0009	0.0046
8	1.08	22.2816	0.0016	0.0063
9	1.24	25.4650	0.0025	0.0082
10	1.39	28.6486	0.0037	0.0103
11	1.55	31.8322	0.0052	0.0128
12	1.70	35.0159	0.0071	0.0155
13	1.70	35.0159	0.0071	0.0155
14	1.87	38.4495	0.0095	0.0186
15	2.03	41.8836	0.0124	0.0216
16	2.20	45.3179	0.0157	0.0249
17	2.37	48.7554	0.0187	0.0337
18	2.53	52.2373	0.0146	0.1195
19	2.70	55.8282	0.0068	0.3941
20	2.87	59.5450	0.0252	0.8868
21	3.03	63.3858	0.1065	1.5941
22	3.20	67.3321	0.2905	2.4843

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 1

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.16	0.1158	1.4721
3	0.32	0.4788	3.0898
4	0.48	1.1123	4.8531
5	0.64	2.0396	6.7620
6	0.80	3.2840	8.8165
7	0.96	4.8687	11.0166
8	1.12	6.8170	13.3622
9	1.28	9.1523	15.8534
10	1.44	11.8979	18.4903
11	1.60	15.0770	21.2727

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n°1

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	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.10	0.1338	2.6660
3	0.20	0.5313	5.2751
4	0.30	1.1869	7.8274
5	0.40	2.0949	10.3228
6	0.50	3.2496	12.7613
7	0.60	4.6452	15.1429
8	0.70	6.2762	17.4677
9	0.80	8.1369	19.7356
10	0.90	10.2215	21.9466
11	1.00	12.5243	24.0672

COMBINAZIONE n°2

Valore della spinta statica	9.6253	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	9.0448	[kN]
Componente verticale della spinta statica	3.2920	[kN]

Punto d'applicazione della spinta	X = 1.00	[m]	Y = -3.60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	16.0240	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.50	[m]	Y = -2.80	[m]

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	45.00	[kN]		
-------------------	-------	------	--	--

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	54.0448	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	170.4431	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-48.6000	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	117.9310	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	289.2325	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	170.4431	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	54.0448	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.59	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	3.02	[m]		
Risultante in fondazione	178.8063	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	17.59	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	101.4076	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	0.0000	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.02	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.11306	[MPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.00000	[MPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.45
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.05
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	0.00
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	19.48

Sollecitazioni paramento

Combinazione n°2

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	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	3.1828	0.0000	0.0001
3	0.31	6.3657	0.0000	0.0005
4	0.46	9.5487	0.0001	0.0011
5	0.62	12.7318	0.0002	0.0020
6	0.77	15.9149	0.0005	0.0032
7	0.93	19.0982	0.0009	0.0046
8	1.08	22.2816	0.0016	0.0063
9	1.24	25.4650	0.0025	0.0082
10	1.39	28.6486	0.0037	0.0103
11	1.55	31.8322	0.0052	0.0128
12	1.70	35.0159	0.0071	0.0155
13	1.70	35.0159	0.0071	45.0155
14	1.87	38.4495	7.5095	45.0186
15	2.03	41.8836	15.0124	45.0216
16	2.20	45.3179	22.5157	45.0249
17	2.37	48.7554	30.0187	45.0337
18	2.53	52.2373	37.5146	45.1195
19	2.70	55.8282	45.0068	45.3941
20	2.87	59.5450	52.5252	45.8868
21	3.03	63.3858	60.1065	46.5941
22	3.20	67.3321	67.7905	47.4843

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n°2

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.16	1.2641	15.5775
3	0.32	4.9131	29.8112
4	0.48	10.7320	42.7009
5	0.64	18.5057	54.2467
6	0.80	28.0193	64.4486
7	0.96	39.0576	73.3065
8	1.12	51.4057	80.8206
9	1.28	64.8485	86.9907
10	1.44	79.1710	91.8169
11	1.60	94.1583	95.2992

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n°2

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	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.10	-0.2836	-5.6724
3	0.20	-1.1344	-11.3388
4	0.30	-2.5392	-16.6694
5	0.40	-4.4508	-21.4750
6	0.50	-6.8167	-25.7556
7	0.60	-9.5844	-29.5113
8	0.70	-12.7015	-32.7421
9	0.80	-16.1154	-35.4478
10	0.90	-19.7736	-37.6286
11	1.00	-23.6236	-39.3180

COMBINAZIONE n°3

Valore della spinta statica	9.6253	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	9.0448	[kN]
Componente verticale della spinta statica	3.2920	[kN]

Punto d'applicazione della spinta	X = 1.00	[m]	Y = -3.60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]		
Incremento sismico della spinta	0.8267	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1.00	[m]	Y = -3.00	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53.92	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	16.0240	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.50	[m]	Y = -2.80	[m]
Inerzia del muro	5.0211	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0.6410	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	16.5077	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	170.7259	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-48.6000	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	15.1600	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	290.1373	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	170.7259	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	16.5077	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	-0.01	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	3.20	[m]		
Risultante in fondazione	171.5221	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	5.52	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	-1.8159	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	0.0000	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3.20	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.05229	[MPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.05442	[MPa]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	19.14
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	6.71
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	0.00
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	12.29

Sollecitazioni paramento

Combinazione n°3

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	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	3.1912	0.0091	0.1504
3	0.31	6.3820	0.0415	0.2999
4	0.46	9.5725	0.0970	0.4485
5	0.62	12.7627	0.1755	0.5963
6	0.77	15.9526	0.2769	0.7431
7	0.93	19.1421	0.4010	0.8891
8	1.08	22.3314	0.5477	1.0342
9	1.24	25.5203	0.7168	1.1785
10	1.39	28.7089	0.9083	1.3218
11	1.55	31.8971	1.1220	1.4643
12	1.70	35.0851	1.3576	1.6059
13	1.70	35.0851	1.3576	1.6059
14	1.87	38.5229	1.6363	1.7575
15	2.03	41.9618	1.9398	1.9071
16	2.20	45.4002	2.2684	2.0557
17	2.37	48.8403	2.6215	2.2091
18	2.53	52.3120	2.9962	2.4440
19	2.70	55.8637	3.4012	2.8803
20	2.87	59.5087	3.8702	3.5490
21	3.03	63.2457	4.4420	4.4463
22	3.20	67.0601	5.1579	5.5387

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n°3

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.16	0.2116	2.6486
3	0.32	0.8488	5.3210
4	0.48	1.9156	8.0173
5	0.64	3.4156	10.7373
6	0.80	5.3528	13.4813
7	0.96	7.7309	16.2490
8	1.12	10.5537	19.0406
9	1.28	13.8251	21.8560
10	1.44	17.5489	24.6953
11	1.60	21.7289	27.5583

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n°3

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	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.10	0.0971	1.9412
3	0.20	0.3879	3.8730
4	0.30	0.8714	5.7956
5	0.40	1.5467	7.7089
6	0.50	2.4129	9.6128
7	0.60	3.4690	11.5074
8	0.70	4.7141	13.3927
9	0.80	6.1472	15.2688
10	0.90	7.7675	17.1355
11	1.00	9.5740	18.9592

COMBINAZIONE n°4

Valore della spinta statica	9.6253	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	9.0448	[kN]
Componente verticale della spinta statica	3.2920	[kN]

Punto d'applicazione della spinta	X = 1.00	[m]	Y = -3.60	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20.00	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.98	[°]		
Incremento sismico della spinta	0.8267	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 1.00	[m]	Y = -3.00	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	53.92	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	16.0240	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.50	[m]	Y = -2.80	[m]
Inerzia del muro	5.0211	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	0.6410	[kN]		

Risultanti carichi esterni

Componente dir. X	45.00	[kN]
-------------------	-------	------

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	61.5077	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	170.7259	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-48.6000	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	127.6600	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	290.1373	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	170.7259	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	61.5077	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.65	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2.86	[m]
Risultante in fondazione	181.4677	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19.81	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	110.6841	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	0.0000	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	2.86	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0.11960	[MPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.00000	[MPa]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.27
Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.80
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	0.00
Coefficiente di sicurezza a stabilità globale	12.29

Sollecitazioni paramento

Combinazione n°4

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	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.15	3.1912	0.0091	0.1504
3	0.31	6.3820	0.0415	0.2999
4	0.46	9.5725	0.0970	0.4485
5	0.62	12.7627	0.1755	0.5963
6	0.77	15.9526	0.2769	0.7431
7	0.93	19.1421	0.4010	0.8891
8	1.08	22.3314	0.5477	1.0342
9	1.24	25.5203	0.7168	1.1785
10	1.39	28.7089	0.9083	1.3218
11	1.55	31.8971	1.1220	1.4643
12	1.70	35.0851	1.3576	1.6059
13	1.70	35.0851	1.3576	46.6059
14	1.87	38.5229	9.1363	46.7575
15	2.03	41.9618	16.9398	46.9071
16	2.20	45.4002	24.7684	47.0557
17	2.37	48.8403	32.6215	47.2091
18	2.53	52.3120	40.4962	47.4440
19	2.70	55.8637	48.4012	47.8803
20	2.87	59.5087	56.3702	48.5490
21	3.03	63.2457	64.4420	49.4463
22	3.20	67.0601	72.6579	50.5387

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n°4

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

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

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

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.16	1.3771	16.9629
3	0.32	5.3481	32.4246
4	0.48	11.6728	46.3849
5	0.64	20.1112	58.8439
6	0.80	30.4228	69.8016
7	0.96	42.3676	79.2580
8	1.12	55.7053	87.2131
9	1.28	70.1957	93.6670
10	1.44	85.5987	98.6195
11	1.60	101.6739	102.0707

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n°4

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	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.10	-0.2836	-5.6724
3	0.20	-1.1345	-11.3448
4	0.30	-2.5526	-17.0171
5	0.40	-4.5363	-22.6006
6	0.50	-7.0540	-27.6569
7	0.60	-10.0481	-32.1268
8	0.70	-13.4598	-36.0102
9	0.80	-17.2306	-39.3071
10	0.90	-21.3017	-42.0176
11	1.00	-25.6146	-44.1753