



ANAS S.P.A.



AUTOSTRADA A4 - VARIANTE DI MESTRE

PASSANTE AUTOSTRADALE

(L.443/2001 D.Lgs. 20.08.2002 n°190)

PROGETTO ESECUTIVO
C.U.P D51B04000060001

IL RESPONSABILE
DEL PROCEDIMENTO

GENERAL CONTRACTOR

 **Passante di Mestre S.C.p.A.**

DIREZIONE LAVORI



PROGETTAZIONE ESECUTIVA



RESPONSABILE DEL PROGETTO:

DOTT. ING. LUCIO ZOLLET



INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
BARRIERE FONDOASSORBENTI - RELAZIONE TECNICA

CODICE DOCUMENTO

ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00

CODIFICA WBS

E2000

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	TAVOLA
00	06/14	EMISSIONE UFFICIALE	SPONGA	ZANCHETTIN	ZOLLET	E2000.PE.RT.001
01						SCALA
02						
03						CAD ACAD2004
04						NOME FILE ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.DOC

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO
DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA'
DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

INDICE

1	PREMESSA	3
2	INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RUMORE	5
3	DIMENSIONAMENTO	10
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	11
5	MATERIALI IMPIEGATI	12
	5.1 CALCESTRUZZI GETTATI IN OPERA.....	12
	5.2 ACCIAIO DA CARPENTERIA.....	12
	5.3 BULLONI, DADI, ROSETTE, PIASTRINE.....	12
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	13
7	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	14
8	ANALISI DEI CARICHI	18
	8.1 AZIONI PERMANENTI	18
	8.2 AZIONI DA VARIZIONE TERMICA.....	18
	8.3 AZIONI DEL VENTO.....	18
	8.4 AZIONE SISMICA.....	20
	8.5 TERRENO	22
	8.6 FORZA D'URTO	22
	8.7 COMBINAZIONI DI CALCOLO DELLA AZIONI	22
9	MODELLAZIONE	24
	9.1 SOFTWARE DI CALCOLO	24
	9.2 METODO DI ANALISI.....	25
	9.2.1 Calcolo della profondità di infissione	25
	9.2.2 Calcolo della spinte	25
	9.3 DESCRIZIONE DEL MODELLO	26
10	VERIFICHE ELEMENTI STRUTTURALI SISTEMA MONTANTE-OPERA	30
	10.1 SOLLECITAZIONI MONTANTE.....	30
	10.2 SOLLECITAZIONI PALO D355,6 S8	30
	10.3 SOLLECITAZIONI PALO D355,6 S12	30

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica
-----------------------------	------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

10.4	VERIFICHE PROFILATI D'ACCIAIO	31
10.4.1	SLU: verifica a flessione monoassiale, taglio e sforzo normale	31
10.4.1.1	Montante HEB 160	33
10.4.1.2	Palo D355,6 S8	34
10.4.1.3	Palo D355,6 S12.....	34
10.4.2	SLE: verifica di deformabilità	35
10.4.2.1	Montante HEB 160	35
10.5	VERIFICA COLLEGAMENTI MONTANTE-OPERA	36
10.5.1	VERIFICA SALDATURA A CORDONE D'ANGOLO HEB 160	36
10.5.2	VERIFICA A TAGLIO BULLONATURA PIASTRA-MURO	37
10.5.3	VERIFICA A RIFOLLAMENTO PIASTRA.....	39
10.5.4	VERIFICA LUNGHEZZA TIRAFONDI	40
11	ALLEGATI	41
11.1	ALLEGATO 1 (PALO D355,6 S8)	41
11.2	ALLEGATO 2 (PALO D355,6 S12)	41

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 2 di 41
------------------------------------------------------	--------------	-----------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

1 PREMESSA

L'intervento in oggetto si inquadra nel progetto del casello di Martellago - Scorzè del passante autostradale di Mestre (VE) e della relativa viabilità di collegamento situata tra i comuni di Scorzè ed il comuni di Martellago e tratta la progettazione esecutiva di barriere fonoassorbenti a compimento dell'opera infrastrutturale.

La progettazione è stata realizzata sulla base di quanto definito dallo specifico studio di Impatto Acustico condotto.

In merito all'analisi, la relazione Acustica tratta l'infrastruttura come costituita da:

- Passante di Mestre e dalle opere già realizzate;
- Casello di Martellago-Scorzè ed opere complementari di collegamento alla viabilità esistente;
- Bretella di collegamento del casello alla SP 39 "Moglianese".

In questi ambiti, la previsione del livello acustico è stata definita sulla base di un modello acustico tridimensionale opportunamente calibrato sul traffico in essere, capace di prevedere gli impatti del rumore nel lungo periodo in base agli sviluppi del traffico nel tempo.

I dati così ricavati dallo studio di Impatto Acustico sono stati implementati allo scopo di definire compiutamente il rumore base per ogni successiva verifica di compatibilità della rumorosità che la nuova infrastruttura verrà ad introdurre nelle condizioni in esercizio.

Il dimensionamento si basa sulla progettazione di barriere che permettano la riduzione del rumore in quantità tale da renderlo compatibile con quanto definito dalla normativa.

Gli interventi strutturali finalizzati all'attività di risanamento seguono la seguente scala di priorità:

- direttamente sulla sorgente;
- lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore;
- direttamente sul ricettore.

Il modello acustico tridimensionale ha altresì permesso la costruzione di:

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione:	0	Pagina:	3 di 41
------------------------------------------------------	------------	---	---------	---------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO
DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA'
DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

- mappe acustiche orizzontali dello stato attuale con riferimento al periodo diurno in scala 1:10.000 a quota di 4 m dal p.c.
- mappe acustiche orizzontali dello stato attuale con riferimento al periodo notturno in scala 1:10.000 a quota 4 m dal p.c. .

Allo scopo di valutare la compatibilità della nuova infrastruttura e delle infrastrutture esistenti con quanto previsto dalla normativa, le opere di mitigazione di progetto sono state opportunamente dimensionate sulla base dei limiti dettati nelle zone coinvolte.

Nella fattispecie, tali limiti sono da considerarsi di:

- 55 dB(A) di Leq in riferimento al periodo notturno;
- 65 dB(A) di Leq per le zone di industria e commercio;
- 50 dB(A) di Leq per le scuole;

E' da sottolineare come, sebbene la trattazione della Bretella di Martellago esuli dal campo di competenza di quanto richiesto nell'oggetto della progettazione, si è deciso di evidenziare, secondo il principio della progettazione di massima dettata dal buon senso, le caratteristiche richieste per le barriere acustiche in questi ambiti, nel rispetto di quanto definito nello studio di Impatto Acustico.

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO
DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA'
DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

2 INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RUMORE

Le tipologie progettuali scelte a mitigazione dei livelli ritenuti non soddisfacenti i limiti di cui la normativa per gli ambiti in oggetto, si dividono in quattro tipologie consistenti in:

- barriere acustiche infisse su rilevato;
- barriere acustiche integrate con sicurvia inghisate su opera d'arte;
- barriere acustiche inghisate su opera d'arte.

Per quanto concerne nel dettaglio la lunghezza e la tipologia di barriera scelta nelle diverse sezioni dell'infrastruttura, si rimanda alla consultazione del progetto nonché alla tabella di cui in calce.

Barriera	Altezza [m]	Lunghezza [m]	Superficie [mq]	Note
MT-01	4	246	984	
MT-02a	4	108	432	
MT-02b	4	24	96	
MT-03	4	23	92	
MT-03a	4	3	12	
MT-03b	4	3	12	
MT-04	4	237	948	
MT-05	3	99	297	
MT-06	3	21	63	
MT-07a	3	3	9	
MT-07	3	54	162	

Codice elaborato:
ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx

Revisione: 0 Pagina: 5 di 41

**CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO**

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

Barriera	Altezza [m]	Lunghezza [m]	Superficie [mq]	Note
MT-07b	3	3	9	
MT-08	3	153	459	
MT-09	3	252	756	
MT-10	3	276	828	
MT-11	3	105	315	
MT-12	3	50	150	
MT-12a	3	3	9	
MT-12b	3	3	9	
MT-13a	3	5.30	15.90	
MT-13b	3	6.00	18	
MT-14	3	324	972	riposizionamento della barriera esistente
MT-15	3	112	336	riposizionamento della barriera esistente
MT-16	3	126	378	riposizionamento della barriera esistente
MT-17	4	60	240	
MT-18a	3	120	360	riposizionamento della barriera esistente
MT-18b	3	15	45	riposizionamento della barriera esistente
MT-19	3	7	21	riposizionamento della barriera esistente
MT-20a	3	15	45	riposizionamento della barriera esistente
MT-20b	3	126	378	riposizionamento della barriera esistente

Codice elaborato:
ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx

Revisione: 0

Pagina: 6 di 41

**CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO**

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

Barriera	Altezza [m]	Lunghezza [m]	Superficie [mq]	Note
MT-21	3	111	333	riposizionamento della barriera esistente
MT-22	2	63	126	barriera sulla Bretella di Martellago *
MT-23	3	171	513	barriera sulla Bretella di Martellago *
MT-24	3	30,5	91,5	barriera sulla Bretella di Martellago *
MT-25	3	174	522	barriera sulla Bretella di Martellago *
MT-26	3	174	522	barriera sulla Bretella di Martellago *
MT-27	3	44,5	133,5	barriera sulla Bretella di Martellago *
MT-28	2	176	352	barriera sulla Bretella di Martellago *
totale		3544	11103	

(*): definizione delle geometrie e delle caratteristiche meccaniche solo di massima, non definiti compiutamente perché non in oggetto della specifica progettazione

Tabella. 1 – Tabella barriere antirumore previste per il Casello di Martellago e le opere complementari di collegamento alla viabilità esistente.

La progettazione delle barriere antirumore tiene in considerazione non solo i limiti evidenziati nella relazione di studio di Impatto Acustico, ma altresì le necessità di deflusso delle acque meteoriche e della realizzazione di opportune strutture di supporto per le barriere in oggetto.

Nello specifico, tenute in considerazione le particolari geometrie e distribuzioni della sovrastruttura viaria, e considerando che le barriere stesse costituiscono un ostacolo al libero defluire delle acque meteoriche, le tipologie legate alle opere idrauliche si dividono nelle seguenti casistiche:

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
 Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
 Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

- caditoia sull'argine stradale a coronamento di un pozzetto su cui è installata una tubazione di raccordo agli embrici di collegamento ai collettori;

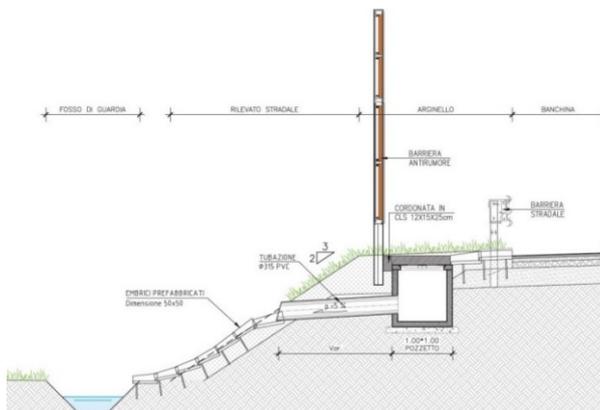


Figura 1 – Sezione della soluzione dell'opera idraulica adottata nella soluzione di raccordo con tubazione

- caditoia sulla pista ciclabile a coronamento di un pozzetto su cui è installata una tubazione di raccordo agli embrici di collegamento ai collettori. Tale soluzione si applica ai tratti MT-01 e MT-04 e prevede il dimezzamento dell'interasse tra i pozzetti per supplire ai maggiori quantitativi d'acqua da smaltire, provenienti anche dalla pista ciclabile stessa.

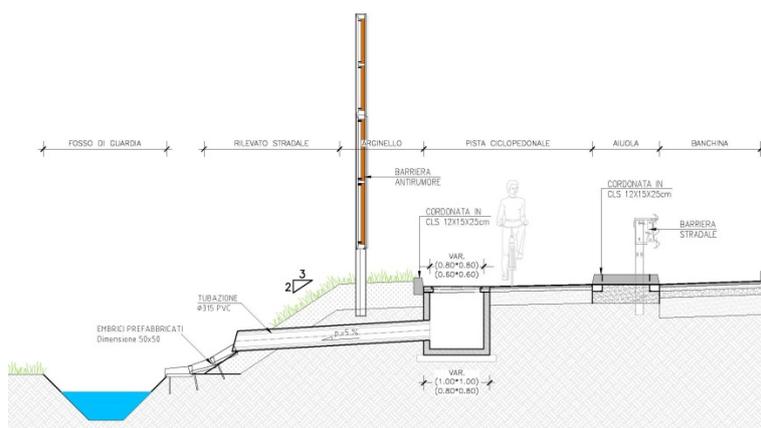


Figura 2 – Sezione della soluzione dell'opera idraulica adottata nella soluzione di raccordo con tubazione nelle zone di pista ciclabile

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 8 di 41
------------------------------------------------------	--------------	-----------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO
DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA'
DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

- caditoia collegata alla rete di prima pioggia della viabilità autostradale nelle tratte posizionate lungo l'autostrada e le relative rampe. Tale rete idraulica è già prevista nel progetto esecutivo.

La progettazione esecutiva condotta nello specifico per le barriere fono assorbenti oggetto di questa relazione risultano essere una diretta traduzione di quanto definito nello studio di Impatto Acustico il cui specifico dimensionamento è esposto nelle pagine a seguire.

Codice elaborato:
ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx

Revisione: 0

Pagina: 9 di 41

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

3 DIMENSIONAMENTO

Di seguito vengono riportati i criteri ed i calcoli di analisi e verifica delle strutture delle barriere acustiche.

Le barriere fonoassorbenti sono costituite da pannelli fonoassorbenti (parte in legno e parte in calcestruzzo o in pannelli di acciaio) sostenuti da montanti in acciaio, posti ad un interasse di 3,00 m, infissi all'interno dei tubolari di fondazione o inghisati su opera.

In base all'ubicazione delle barriere e al fatto che siano integrate con barriere di sicurezza sicurvia, la tipologia di fondazione varia:

- le fondazioni delle barriere collocate a bordo strada, non integrate, saranno costituite da profilati tubolari cavi, aventi diametro 355,60 mm, spessore 8 mm e lunghezza 3,00 m nella parte centrale dello sviluppo, mentre spessore 12 mm e lunghezza 4,00 m nelle parti di estremità per uno sviluppo di 18 m per parte;
- le barriere collocate al di sopra di un'opera saranno ancorate al cordolo di calcestruzzo tramite piastra saldata ai montanti e quindi bullonata ad esso mediante 6 tirafondi aventi diametro 24 mm e lunghezza minima di inghisaggio pari a 350 mm.

Il calcolo è eseguito per le sezioni maggiormente sollecitate.

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 10 di 41
------------------------------------------------------	-------------------------	---------------------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO	
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'analisi delle strutture e le relative verifiche strutturali sono state condotte in accordo con le seguenti normative vigenti:

- D.M. 14.01.2008 – “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare 02.02.2009, n. 617 – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- CNR – DT 207/2008 – “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”.

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 11 di 41
------------------------------------------------------	--------------	------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

5 MATERIALI IMPIEGATI

5.1 CALCESTRUZZI GETTATI IN OPERA

- Classe di resistenza: C32/40
- Resistenza caratteristica cubica a compressione: $R_{ck} = 40$ MPa
- Resistenza caratteristica cilindrica a compressione: $f_{ck} = 0,83 \times R_{ck} = 32,00$ MPa
- Resistenza di calcolo a compressione: $f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_c = 0,85 \times f_{ck} / 1,5 = 18,13$ MPa
- Classe di consistenza: S5
- Minimo contenuto in cemento 320 kg/m^3
- Massimo rapporto a/c 0,50
- Massima dimensione aggregato: 30 mm.

5.2 ACCIAIO DA CARPENTERIA

- S 275 JR
- Tensione caratteristica di rottura: $f_{tk} = 360$ MPa
- Tensione caratteristica di snervamento: $f_{yk} = 275$ MPa
- Modulo di Young: $E = 210000$ MPa.

5.3 BULLONI, DADI, ROSETTE, PIASTRINE

- Bulloni ad alta resistenza classe 10.9:
 - Tensione di snervamento $f_{yb} = 900$ MPa
 - Tensione di rottura $f_{tb} = 1000$ MPa
- Dadi ad alta resistenza classe 10
- Piastrine e rosette acciaio C50 temperato e rinvenuto HRC 32-40.

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 12 di 41
------------------------------------------------------	-------------------------	---------------------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica dell'area in oggetto, si fa riferimento alle indagini geognostiche a disposizione i cui risultati sono riportati nella "Relazione geologica e geotecnica" (documento ZLT.5E2.00000.PE.RK.001.00 e relativi allegati) cui si rimanda per ulteriori dettagli.

Trattandosi di un intervento esteso che coinvolge diverse prove, ed ipotizzando la presenza di almeno un rilevato di progetto dello spessore di un metro, sono stati assunti i seguenti parametri geotecnici:

- Rilevato (1 m sopra il piano campagna naturale)
 - peso per unità di volume naturale del terreno: $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 - peso per unità di volume saturo del terreno: $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 - angolo di resistenza al taglio: $\phi = 35^\circ$
 - angolo attrito terreno-profilato: $\delta = 20^{(*)}$
 - coesione $c = 0,00 \text{ kPa}$;
- Terreno naturale (da piano campagna)
 - peso per unità di volume naturale del terreno: $\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$
 - peso per unità di volume saturo del terreno: $\gamma = 21,00 \text{ kN/m}^3$
 - angolo di resistenza al taglio: $\phi = 24^\circ$
 - angolo attrito terreno-profilato: $\delta = 20^{(*)}$
 - coesione $c = 0,00 \text{ kPa}$;

La falda acquifera è considerata, in via cautelativa, a 1 m dal piano campagna.

(*) Il valore è stato desunto dalla trattazione di Viggiani ("Fondazioni", 2003) in quanto palo battuto costituito da tubo d'acciaio chiuso.

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 13 di 41
------------------------------------------------------	-------------------------	---------------------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Ai sensi delle NTC08, si fa riferimento ad una costruzione avente i seguenti parametri:

- $V_n = 50$ anni (vita nominale dell'opera di tipo 2: "Opere ordinarie")
- $C_u = 1,5$ (coefficiente d'uso per classe III)
- $V_r = V_n * C_u = 75$ anni (periodo di riferimento)

Conducendo il calcolo allo SLV (stato limite di salvaguardia della vita umana), si ha una probabilità del 10% di superamento nel periodo di riferimento pari a $V_r = 75$ anni ed un periodo di ritorno $T_r = 712$ anni.

I parametri sismici riportati in seguito non si riferiscono al comune di Martellago, nel cui territorio è ubicata l'opera in progetto, ma bensì al comune di Scorzè caratterizzato da maggiore pericolosità sismica.

Considerando l'opera in **categoria topografica T1 ($S_t = 1,0$)** e **categoria di sottosuolo C ($S_s = 1,495$)**, in relazione al sito in esame, nel Comune di Scorzè (VE), per lo stato limite di salvaguardia della vita risultano i seguenti parametri sismici:

- $F_o = 2,505$ (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro orizzontale)
- $T_c^* = 0,345$ s (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro orizzontale)
- $a_g = 0,136$ g (accelerazione orizzontale massima su sito di riferimento rigido)

Si è optato per eseguire un'analisi elastica; pertanto in base a quanto prescritto nel *Cap.7.3.1 delle NTC2008* gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q unitario.

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 14 di 41
------------------------------------------------------	-------------------------	---------------------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
 Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
 Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 12,1109 LATTITUDINE: 45,5699

Ricerca per comune REGIONE: Veneto PROVINCIA: Venezia COMUNE: Scorzè

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE: $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLO} - P_{VR} = 81\% \quad \text{45} \\ \text{SLD} - P_{VR} = 63\% \quad \text{75} \end{array} \right.$

Stati limite ultimi - SLU: $\left\{ \begin{array}{l} \text{SLV} - P_{VR} = 10\% \quad \text{712} \\ \text{SLC} - P_{VR} = 5\% \quad \text{1462} \end{array} \right.$

Elaborazioni
 Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

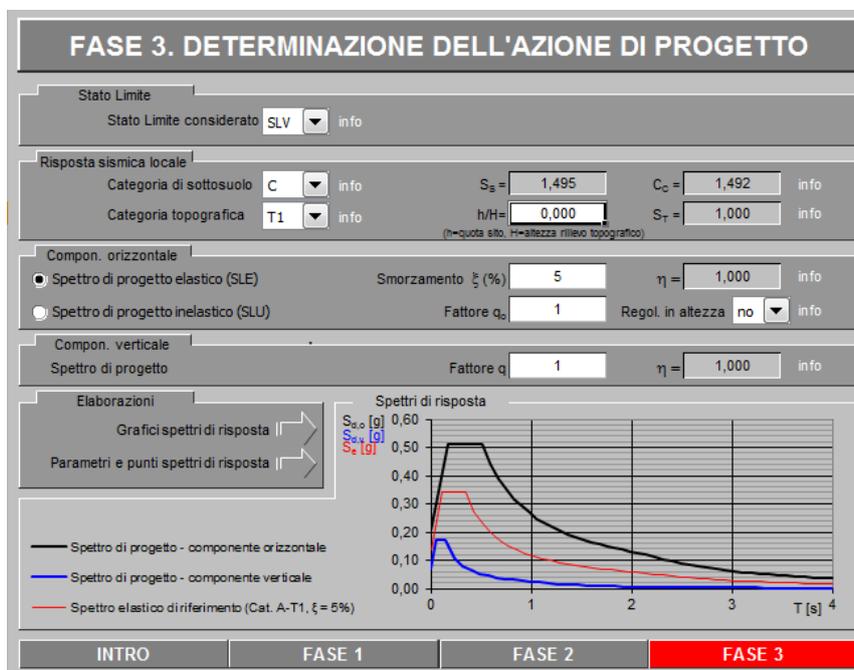
LEGENDA GRAFICO
 ----□---- Strategia per costruzioni ordinarie
 ----■---- Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_d	0,136 g
F_o	2,505
T_C^*	0,345 s
S_S	1,495
C_C	1,492
S_T	1,000
q	0,800

Parametri dipendenti

S	1,495
η	1,250
T_B	0,172 s
T_C	0,515 s
T_D	2,145 s

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO
DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA'
DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

I coefficienti sismici orizzontali e verticali k_H e k_V , sono determinati nel modo seguente:

$$k_H = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} = 0,049$$

$$k_V = \pm 0,5 \cdot k_H = 0,025$$

In cui:

- $\beta_s = 0,24$ è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, dipendente dalla categoria di sottosuolo e dal valore a_g dell'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.
- $a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 1,495 \cdot 1,00 \cdot 0,136 \cdot 9,80 = 1,99 \text{ m/s}^2$

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

8 ANALISI DEI CARICHI

8.1 AZIONI PERMANENTI

Il peso proprio di ogni montante in acciaio (G_1):

- Profilo HEB160: $G_1 = 0,426 \text{ kN/m}$

Il peso delle pannellature fonoassorbenti (G_2) viene assunto come riportato di seguito:

- Pannelli in calcestruzzo: $G_{2,1} = \gamma_{cls} \cdot S_p = 25,00 \cdot 0,125 = 3,13 \text{ kN/m}^2$
- Pannelli in legno composti da uno strato di lana di roccia da 80 mm (90 kg/m^3) e da diversi strati di legno (850 kg/m^3) aventi spessore complessivo pari a 85 mm (20 mm di perlinato, 65 di pannello interno e listelli a vista); il peso totale della pannellatura, vale, pertanto: $G_{2,2} = 0,79 \text{ kN/m}^2$

8.2 AZIONI DA VARIZIONE TERMICA

Si trascurano le azioni derivanti dalle variazioni termiche in quanto la struttura è isostatica.

8.3 AZIONI DEL VENTO

L'azione del vento viene calcolata in accordo alle istruzioni **CNR-DT 207/2008** mediante una forza orizzontale agente ortogonalmente alla superficie della barriera fonoassorbente (cfr. §G.5 – “Muri e parapetti”).

Le istruzioni CNR prevedono un'azione del vento differente tra la zona centrale delle barriere e le zone di estremità: ciò determina la necessità di suddividere le diverse barriere in esame in aree di uguale “pressione complessiva”, secondo lo schema illustrato dalla figura sottostante.

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 18 di 41
------------------------------------------------------	-------------------------	---------------------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

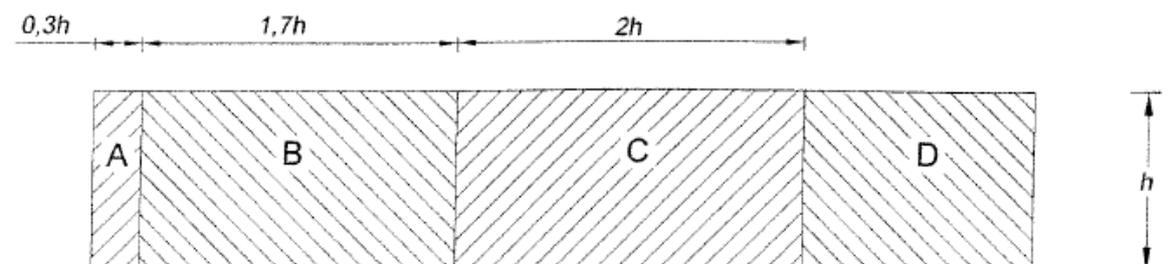


Figura 4 - Suddivisione delle barriere in aree di uguale pressione complessiva.

La sottostante tabella riporta i valori dei coefficienti di pressione complessiva c_{pn} per ciascuna fascia dell'elemento "barriera", in assenza di chiusure laterali di estremità ed in assenza di "finestrature".

φ	Chiusura laterale	l/h	A	B	C	D
1,0	no	<3	2,3	1,4	1,2	1,2
		5	2,9	1,8	1,4	
		>10	3,4	2,1	1,7	

Figura 5 - Coefficienti di pressione complessiva c_{pn}

Nelle ipotesi di cui sopra, con riferimento alla porzione centrale delle barriere (**area "D" con $l/h > 10$**), la pressione complessiva agente normalmente alla superficie risulta:

$$p_n(z) = q_p(z) \cdot c_{pn}$$

Dove:

q_p è la pressione cinetica di picco del vento;

c_{pn} è il coefficiente di pressione complessiva che agisce sulla superficie;

z è l'altezza di riferimento, associata alla definizione di c_{pn} .

In particolare:

$q_p(z) = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \cdot c_e$: pressione cinetica di picco;

$\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$: densità media dell'aria

$v_r = v_b \cdot c_r$: velocità di riferimento di progetto

$c_r = 1$: coefficiente di ritorno

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO	
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

$v_b = v_{bo} \cdot c_a$: velocità base di riferimento ($T_R = 50$ anni)

$v_{bo} = 25$ m/s : velocità base di riferimento al livello del mare (cfr. Tabella 3.I e fig. 3.1 dell'istruzione CNR-DT 207/2008)

$c_a = 1$ coefficiente di altitudine (cfr. Tab. 3.I sopra citata)

$c_e = k_r^2 \cdot c_t(z_{min}) \cdot \ln(z_{min}/z_0) \cdot [7 + c_t(z_{min}) \cdot \ln(z_{min}/z_0)]$: coefficiente di esposizione c_e

L'altezza massima z della barriera dal suolo è assunta pari a 4 m, in base alla Tabella 3.III e la Figura 3.1 dell'Istruzione CNR sopra citata, i manufatti ricadono in classe di rugosità D ed in categoria di esposizione II, dalla Tabella 3.II risulta quindi:

$$k_r = 0,19$$

$$z_0 = 0,05 \text{ m}$$

$$z_{min} = 4,00 \text{ m}$$

$$z = 4 \text{ m} \leq z_{min}$$

assumendo il coefficiente di topografia $c_t = 1,00$ il coefficiente di esposizione c_e risulta: $c_e(z) = 1,8$

La pressione cinetica di picco vale pertanto:

$$q_p = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

$$q_p(z) = 0,39 \cdot 1,8 = 0,71 \text{ kN/m}^2.$$

Nelle ipotesi sopra indicate, ipotizzando un interasse tra i montanti pari a 3,00 m e un'altezza massima esposta di 4,00 m, si deduce che il montante maggiormente sollecitato è il secondo più esterno, in quanto subisce l'azione di una forza incrementata da un'aliquota proveniente dal campo A; applicando gli schemi della Scienza delle Costruzioni tale forza è quantificabile nel modo seguente:

$$p_v = \left[\frac{p_A \cdot (0,3h)^2}{2l} + 2 \frac{p_B \cdot l}{2} \right] = \left[\frac{(3,40 - 2,10) \cdot 0,71 \cdot (1,20)^2}{6} + 2 \frac{2,1 \cdot 0,71 \cdot 3}{2} \right] = 4,70 \text{ kN/m}$$

In cui p_A e p_B sono rispettivamente le pressioni agenti sul campo A e B.

8.4 AZIONE SISMICA

Ai fini della determinazione delle sollecitazioni sismiche (E), si è fatto riferimento ai valori riportati nel paragrafo "caratterizzazione sismica".

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 20 di 41
------------------------------------------------------	--------------	------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

E' stata condotta una comparazione tra l'azione sismica e l'azione del vento (incompatibili tra di loro) sul singolo montante della barriera per determinare quale delle sia più gravosa, quindi dimensionante agli SLU.

Facendo riferimento al montante di una barriera antirumore (HEB160) incastrato alla base, di altezza totale 4,50 m, sul quale grava il peso di un pannello fonoassorbente di lunghezza 3,00 m, formato da calcestruzzo, per un'altezza di 1,00 m e da legno per i restanti 3,50 m, la sollecitazione flettente SLU alla base del montante risulta:

- Azione del vento

La forza di progetto esplicita dal vento sulla superficie di pannello esposta (4,00 m) è pari a:

$$F_{V,d} = 1,5 \cdot 470 \cdot 4 = 2818,50 \text{ kg}$$

Agente ad una distanza di 2,50m dalla base. Il momento sollecitante risulta pertanto:

$$M_{V,d} = 2442,70 \cdot 2,50 = 7046,25 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Azione del sisma

La forza peso di progetto del sistema montante+pannellatura risulta pari a:

$$P_d = 42,60 \cdot 4,50 + 313 \cdot 3,00 \cdot 1,00 + 79 \cdot 3,50 + 3,00 = 1960,20 \text{ kg}$$

Agente a metà dell'altezza del montante (2,25 m).

Il periodo T della struttura in esame è stato calcolato nel modo seguente:

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

in cui k è la rigidezza del montante e m la massa oscillante.

Per mensole incastrate alla base, soggette ad una forza concentrata, la precedente diventa:

$$T = 2 \cdot \pi \sqrt{\frac{\frac{P}{g} \cdot l^3}{3 \cdot EJ}} = 0,24 \text{ s}$$

Dove

$$g = 981 \text{ cm/s}^2$$

$$l = 225 \text{ cm}$$

$$E = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 21 di 41
------------------------------------------------------	--------------	------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO

INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
 Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
 Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

$J = 2492 \text{ cm}^4$ (HEB160).

Sulla base delle formulazioni del diagramma degli spettri di risposta forniti dalle NTC2008 ed essendo $T_B \leq T < T_C$ (con $T_B = 0,172 \text{ s}$ e $T_C = 0,515 \text{ s}$), l'accelerazione spettrale orizzontale $S_e(T)$ è pari a 0,637 cosicché la forza sismica agente, considerando anche il contributo del 30% de sisma nella direzione perpendicolare a quella considerata, risulta pari a:

$$F_{sisma,d} = \sqrt{1 + 0,3^2} \cdot 1960,20 \cdot 0,637 = 1303,6 \text{ kg}$$

E il momento alla base pari a:

$$M_{sisma,d} = 1303,6 \cdot 2,25 = 2933,1 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Dai risultati precedenti è visibile che al fine del dimensionamento strutturale, risulta più gravosa l'azione del vento pertanto l'azione sismica verrà trascurata.

8.5 TERRENO

La presenza del terreno sulle strutture interrato è tenuta in conto con l'applicazione sia della spinta attiva (K_A) che di quella passiva (K_P) tramite il metodo di Culmann.

8.6 FORZA D'URTO

Secondo quanto prescritto nelle NTC2008 al paragrafo 3.6.3.3.2, la forza d'urto $F_t = 150 \text{ kN}$ agisce perpendicolarmente alle barriere integrate ad un'altezza di 1,00 m dal piano viabile. Poiché i montanti di tali barriere sono caratterizzati da un comportamento meccanico non rigido, si può ipotizzare che tale azione venga assorbita cautelativamente da n°2 montanti HEB160.

Tale azione è considerata eccezionale, quindi viene combinata esclusivamente con i carichi permanenti considerando tutti i coefficienti amplificativi della azioni pari all'unità.

Alla luce di quanto sopra, alla base del singolo montante, agiscono la forza $F_{t, \text{mont.}} = 50 \text{ kN}$ e il momento di trasporto $M_{t, \text{mont.}} = 50 \cdot 1,50 = 75 \text{ kNm}$.

8.7 COMBINAZIONI DI CALCOLO DELLA AZIONI

Per la verifica agli SLU si utilizzano le seguenti combinazioni:

- Combinazione fondamentale

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2}$$

- Combinazione sismica

Codice elaborato:

ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx

Revisione:

0

Pagina:

22 di 41

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

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

- Combinazione eccezionale (azione dell'urto A)

$$A + G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2}$$

Per la verifica agli Stati Limite di Esercizio (SLE) si utilizzano le seguenti combinazioni:

- Combinazione caratteristica (rara)

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione frequente

$$G_1 + G_2 + \psi_{12} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

- Combinazione quasi permanente

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

Nelle combinazioni precedenti, i carichi variabili sono considerati alternativamente principali e secondari.

Si sono adottati i seguenti coefficienti di amplificazione:

Azione	EQU		A1 STR		A2 GEO	
	Fav.	Sfav.	Fav.	Sfav.	Fav.	Sfav.
Permanenti strutturali (γ_{G1})	0,90	1,10	1,00	1,30	1,00	1,00
Permanenti non strutturali (γ_{G2})	0,00	1,50	0,00	1,30	0,00	1,30
Variabili (γ_Q)	0,00	1,50	0,00	1,50	0,00	1,30

mentre i coefficienti di combinazione sono:

Categoria	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Vento	0,60	0,20	0,00

Sono state quindi considerate le combinazioni che provocano le condizioni più gravose.

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

9 MODELLAZIONE

9.1 SOFTWARE DI CALCOLO

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica non-lineare, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 14/01/2008.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Si riassumono le seguenti specifiche tecniche del software:

- denominazione: PAC – Analisi e calcolo Paratie
- produttore e rivenditore: Aztec Informatica srl – Casole Bruzio, Caserta.
- versione: 10.0
- identificatore licenza: AIU3847SS
- intestatario della licenza: ZOLLET INGEGNERIA SRL – viale Stazione, 40 - Santa Giustina (BL).

L'affidabilità del codice di calcolo utilizzato è stata desunta dalla documentazione messa a disposizione dal produttore del software. L'affidabilità del codice di calcolo è stata validata periodicamente durante le procedure per la certificazione ISO 9001 della Zollet Ingegneria.

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione:	0	Pagina:	24 di 41
------------------------------------------------------	------------	---	---------	----------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

9.2 METODO DI ANALISI

9.2.1 CALCOLO DELLA PROFONDITÀ DI INFISSIONE

9.2.2 CALCOLO DELLA SPINTE

Metodo di Culmann (metodo del cuneo di tentativo)

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb: cuneo di spinta a monte della parete che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea o spezzata (nel caso di terreno stratificato).

La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il valore della spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

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

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima nel caso di spinta attiva e minima nel caso di spinta passiva.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni si ricava il punto di applicazione della spinta.

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione:	0	Pagina:	25 di 41
------------------------------------------------------	------------	---	---------	----------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume efficace

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$$

dove γ_{sat} è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e γ_w è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione esercitata dall'acqua.

Il regime di filtrazione della falda può essere *idrostatico* o *idrodinamico*.

Nell'ipotesi di regime idrostatico sia la falda di monte che di valle viene considerata statica, la pressione in un punto a quota h al di sotto della linea freatica sarà dunque pari a:

$$\gamma_w \times h$$

9.3 DESCRIZIONE DEL MODELLO

Nel caso generale l'equilibrio della palificata è assicurato dal bilanciamento fra la spinta attiva agente da monte sulla parte fuori terra, la resistenza passiva che si sviluppa da valle verso monte nella zona interrata e la contropinta che agisce da monte verso valle nella zona interrata al di sotto del centro di rotazione.

Si suppone che la palificata sia infinitamente rigida e che possa subire una rotazione intorno ad un punto (*Centro di rotazione*) posto al di sotto della linea di fondo scavo.

Occorre pertanto costruire i diagrammi di spinta attiva e di spinta (resistenza) passiva agenti sulla palificata. A partire da questi si costruiscono i diagrammi risultanti.

Nella costruzione dei diagrammi risultanti si adotterà la seguente notazione:

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

Calcolati i diagrammi suddetti si costruiscono i diagrammi risultanti:

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione:	0	Pagina:	26 di 41
------------------------------------------------------	------------	---	---------	----------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO

INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
 Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
 Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

$$D_m = K_{pm} \cdot K_{av} \quad \text{e} \quad D_v = K_{pv} \cdot K_{am}$$

Questi diagrammi rappresentano i valori limiti delle pressioni agenti sulla palificata. La soluzione è ricercata per tentativi facendo variare la profondità di infissione e la posizione del centro di rotazione fino a quando non si raggiunge l'equilibrio sia alla traslazione che alla rotazione.

La paratia è considerata come una struttura a prevalente sviluppo lineare (si fa riferimento ad un metro di larghezza) con comportamento a trave. Come caratteristiche geometriche della sezione si assume il momento d'inerzia I e l'area A per metro lineare di larghezza della paratia. Il modulo elastico è quello del materiale utilizzato per la paratia.

La parte fuori terra della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza pari a circa 5 centimetri e più o meno costante per tutti gli elementi. La suddivisione è suggerita anche dalla eventuale presenza di tiranti, carichi e vincoli. Infatti questi elementi devono capitare in corrispondenza di un nodo. Nel caso di tirante è inserito un ulteriore elemento atto a schematizzarlo. Detta L la lunghezza libera del tirante, A_f l'area di armatura nel tirante ed E_s il modulo elastico dell'acciaio è inserito un elemento di lunghezza pari ad L, area A_f, inclinazione pari a quella del tirante e modulo elastico E_s. La parte interrata della paratia è suddivisa in elementi di lunghezza, come visto sopra, pari a circa 5 centimetri.

I carichi agenti possono essere di tipo distribuito (spinta della terra, diagramma aggiuntivo di carico, spinta della falda, diagramma di spinta sismica) oppure concentrati. I carichi distribuiti sono riportati sempre come carichi concentrati nei nodi (sotto forma di reazioni di incastro perfetto cambiate di segno).

La modellazione del terreno si rifà al classico schema di Winkler. Esso è visto come un letto di molle indipendenti fra di loro reagenti solo a sforzo assiale di compressione. La rigidità della singola molla è legata alla costante di sottofondo orizzontale del terreno (*costante di Winkler*). La costante di sottofondo, k, è definita come la pressione unitaria che occorre applicare per ottenere uno spostamento unitario. Dimensionalmente è espressa quindi come rapporto fra una pressione ed uno spostamento al cubo [F/L³]. È evidente che i risultati sono tanto migliori quanto più è elevato il numero delle molle che schematizzano il terreno. Se (m è l'interasse fra le molle (in cm) e b è la larghezza della paratia in direzione longitudinale (b=100 cm) occorre ricavare l'area equivalente, A_m, della molla (a cui si assegna una lunghezza pari a 100 cm). Indicato con E_m il modulo elastico del materiale costituente la paratia (in Kg/cm²), l'equivalenza, in termini di rigidità, si esprime come:

$$A_m = 10000 \cdot \frac{k \cdot \Delta_m}{E_m}$$

Codice elaborato:
 ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx

Revisione: 0 Pagina: 27 di 41

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO	
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

Per le molle di estremità, in corrispondenza della linea di fondo scavo ed in corrispondenza dell'estremità inferiore della paratia, si assume una area equivalente dimezzata. Inoltre, tutte le molle hanno, ovviamente, rigidità flessionale e tagliante nulla e sono vincolate all'estremità alla traslazione. Quindi la matrice di rigidità di tutto il sistema paratia-terreno sarà data dall'assemblaggio delle matrici di rigidità degli elementi della paratia (elementi a rigidità flessionale, tagliante ed assiale), delle matrici di rigidità dei tiranti (solo rigidità assiale) e delle molle (rigidità assiale).

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

$$Ku=p$$

Un sistema non lineare, invece, deve essere risolto mediante un'analisi al passo per tener conto della plasticizzazione delle molle. Quindi si procede per passi di carico, a partire da un carico iniziale p_0 , fino a raggiungere il carico totale p . Ogni volta che si incrementa il carico si controllano eventuali plasticizzazioni delle molle. Se si hanno nuove plasticizzazioni la matrice globale andrà riassembleta escludendo il contributo delle molle plasticizzate. Il procedimento descritto se fosse applicato in questo modo sarebbe particolarmente gravoso (la fase di decomposizione della matrice di rigidità è

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 28 di 41
------------------------------------------------------	--------------	------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO	
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

particolarmente onerosa). Si ricorre pertanto a soluzioni più sofisticate che escludono il riassetto e la decomposizione della matrice, ma usano la matrice elastica iniziale (*metodo di Riks*).

Senza addentrarci troppo nei dettagli diremo che si tratta di un metodo di Newton-Raphson modificato e ottimizzato. L'analisi condotta secondo questa tecnica offre dei vantaggi immediati. Essa restituisce l'effettiva deformazione della paratia e le relative sollecitazioni; dà informazioni dettagliate circa la deformazione e la pressione sul terreno. Infatti la deformazione è direttamente leggibile, mentre la pressione sarà data dallo sforzo nella molla diviso per l'area di influenza della molla stessa. Sappiamo quindi quale è la zona di terreno effettivamente plasticizzato. Inoltre dalle deformazioni ci si può rendere conto di un possibile meccanismo di rottura del terreno.

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 29 di 41
------------------------------------------------------	--------------	------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

10 VERIFICHE ELEMENTI STRUTTURALI SISTEMA MONTANTE-OPERA

Di seguito si riportano i risultati delle verifiche condotte sugli elementi strutturali.

10.1 SOLLECITAZIONI MONTANTE

Ipotizzando uno schema di trave a mensola incastrata ad una delle estremità, le sollecitazioni massime agenti a livello dell'incastro sono:

- Combinazione fondamentale SLU

$$M_{Ed} = 70,46 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 28,19 \text{ kN}$$

- Combinazione eccezionale SLU

$$M_{Ed} = 75 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 50 \text{ kN}$$

10.2 SOLLECITAZIONI PALO D355,6 S8

Questo tipo di palo è utilizzato come fondazione di barriere fonoassorbenti di tipo non integrato, quindi le sollecitazioni sono state calcolate in combinazione fondamentale agli SLU e agli SLE; i valori massimi di tali sollecitazioni sono (per la lettura di tutti i valori si rimanda agli output del software allegati):

- Combinazione fondamentale SLU

$$M_{Ed} = 156,24 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 132,56 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 78,98 \text{ kN}$$

10.3 SOLLECITAZIONI PALO D355,6 S12

Questo tipo di palo è utilizzato come fondazione di barriere fonoassorbenti di tipo non integrato, quindi le sollecitazioni sono state calcolate in combinazione fondamentale agli SLU e agli SLE; i valori massimi di tali sollecitazioni sono (per la lettura di tutti i valori si rimanda agli output del software allegati):

- Combinazione fondamentale SLU

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 30 di 41
------------------------------------------------------	-------------------------	---------------------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO
DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA'
DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

$$M_{Ed} = 306,39 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 183,24 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 81,12 \text{ kN}$$

10.4 VERIFICHE PROFILATI D'ACCIAIO

10.4.1 SLU: VERIFICA A FLESSIONE MONOASSIALE, TAGLIO E SFORZO NORMALE

Le Norme Tecniche (§4.2.4.1.2 e §4.2.4.1.3) disciplinano le verifiche dei profili in acciaio mediante le relazioni riportate in seguito.

Flessione monoassiale (retta)

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

in cui

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma_{M,0}}$$

con

W_{pl} modulo di resistenza plastico della sezione;

f_{yk} resistenza a snervamento dell'acciaio;

$\gamma_{M,0}$ coefficiente di sicurezza pari a 1,05.

Taglio

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

in cui

$$V_{c,Rd} = \frac{A_v \cdot f_{yk}}{\gamma_{M,0} \cdot \sqrt{3}}$$

e per sezioni ad I oppure H

$$A_v = A - 2 \cdot t_f \cdot b + (t_w + 2r)t_f$$

mentre per sezioni circolari

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO
DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA'
DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

$$A_v = \frac{2A}{\pi}$$

con

A area lorda della sezione del profilo;

b_i larghezza delle ali;

r raggio di raccordo tra anima e ala;

t_w spessore dell'anima;

t_f spessore delle ali;

f_{yk} resistenza a snervamento dell'acciaio;

γ_{M,0} coefficiente di sicurezza pari a 1,05.

Compressione

La forza di compressione di calcolo N_{Ed} deve rispettare la seguente disuguaglianza:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

dove la resistenza di calcolo a compressione della sezione N_{c,Rd} è calcolato nel modo seguente:

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma_{M,0}}$$

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO

INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE

PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
 Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
 Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

10.4.1.1 Montante HEB 160

The screenshot shows a software interface for designing double T laminated profiles. The window title is "Doppio T Laminati - F1 per aiuto". The interface includes a menu bar (File, Tipo Profilo, Collegamenti, Giunto Flangiato, AcciaioCl, Normativa: NTC), a list of profile types (HEB is selected), and a table of profile characteristics. The HE 160 B profile is highlighted in blue. To the right, a diagram shows the I-beam section with dimensions: height h , flange width b , flange thickness t_f , web thickness t_w , and radius r_1 . Below the table, design parameters for the HE 160 B profile are listed, including axial force $N_{by,Rd}$, bending moment $M_{cy,Rd}$, shear force $V_{plz,Rd}$, and other properties like weight g , height h , width b , and moments of inertia I_y , I_z .

designation	g (Kg/m)	h (mm)	b (mm)	tw (mm)	tf (mm)	r1 (mm)
HE 140 B	33,7	140	140	7,00	12,00	12,00
HE 160 B	42,6	160	160	8,00	13,00	15,00
HE 180 B	51,2	180	180	8,50	14,00	15,00
HE 200 B	61,3	200	200	9,00	15,00	18,00
HE 220 B	71,5	220	220	9,50	16,00	18,00
HE 240 B	83,2	240	240	10,00	17,00	21,00

Design parameters for HE 160 B:

- $N_{by,Rd}$ [kN]: 471,3
- $N_{bz,Rd}$ [kN]: 1.421
- $V_{ply,Rd}$ [kN]: 266,0
- $M_{cy,Rd}$ [kNm]: 92,71
- $M_{cz,Rd}$ [kNm]: 44,52
- $V_{plz,Rd}$ [kN]: 629,0

Other properties:

- g (Kg/m): 42,6
- h (mm): 160
- b (mm): 160
- tw (mm): 8
- tf (mm): 13
- r1 (mm): 15
- r2 (mm): 0
- A (cm²): 54,25
- I_y (cm⁴): 2.492
- I_z (cm⁴): 889,2
- IT (cm⁴): 31,24
- W_y (cm³): 311,5
- W_z (cm³): 111,2
- I_w (cm⁶): 47.940
- $W_{pl,y}$ (cm³): 354
- $W_{pl,z}$ (cm³): 170

Figura 6 - Caratteristiche di sollecitazione per profilo HEB 160, profili V6

Le sollecitazioni maggiori sono quelle derivanti dall'applicazione delle azioni in combinazione eccezionale.

Poiché, come si evince dalla schermata precedente, $M_{c,Rd} = 92,71 \text{ kNm} > M_{Ed} = 75 \text{ kNm}$, la verifica a flessione si ritiene soddisfatta.

Inoltre $V_{pl,Rd} = 629 \text{ kN} > V_{Ed} = 50 \text{ kN}$ quindi anche la verifica a taglio risulta soddisfatta.

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

10.4.1.2 Palo D355,6 S8

Le caratteristiche del profilo prescelto sono riportate nella figura seguente.

D	t	M	A	I	i	Wel	Wpl	It	Ct	Sup. est.	L per ton
[mm]	[mm]	[kg/m]	[cm ²]	[cm ⁴]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[m ² /m]	[m/t]
355,6	8	68,6	87,4	13201	12,3	742	967	26403	1485	1,12	14,6

Figura 1 – Caratteristiche del profilo D355,6 s8

Il momento resistente plastico caratteristico del profilo tubolare considerato è il seguente:

$$M_{c,Rd} = \frac{967 \cdot 10^3 \cdot 275}{1,05} \cdot 10^{-6} = 253,26 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poiché il momento sollecitante $M_{Ed} = 156,24 \text{ kNm} < M_{c,Rd} = 253,26 \text{ kNm}$, la verifica a flessione si ritiene soddisfatta.

Il taglio resistente ($A_v = 55,64 \text{ cm}^2$) è pari a:

$$V_{c,Rd} = \frac{55,64 \cdot 10^2 \cdot 275}{1,05 \cdot \sqrt{3}} \cdot 10^{-3} = 841,81 \text{ kN}$$

Essendo il taglio sollecitante $V_{Ed} = 132,56 \text{ kN} < V_{c,Rd} = 841,81 \text{ kN}$, la verifica a taglio si ritiene soddisfatta.

La resistenza a compressione ($A = 87,40 \text{ cm}^2$) è pari a:

$$N_{c,Rd} = \frac{87,40 \cdot 10^2 \cdot 275}{1,05} \cdot 10^{-3} = 2289,05 \text{ kN}$$

Dato che la compressione sollecitante $N_{Ed} = 78,98 \text{ kN} < N_{c,Rd} = 2289,05 \text{ kN}$, la verifica a compressione si ritiene soddisfatta.

10.4.1.3 Palo D355,6 S12

Le caratteristiche del profilo prescelto sono riportate nella figura seguente.

D	t	M	A	I	i	Wel	Wpl	It	Ct	Sup. est.	L per ton
[mm]	[mm]	[kg/m]	[cm ²]	[cm ⁴]	[cm]	[cm ³]	[cm ³]	[cm ⁴]	[cm ³]	[m ² /m]	[m/t]
355,6	12	102	130	19139	12,2	1076	1417	38279	2153	1,12	9,83

Figura 2 – Caratteristiche del profilo D355,6 s12

Codice elaborato:
ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx

Revisione: 0 Pagina: 34 di 41

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica
-----------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Il momento resistente plastico caratteristico del profilo tubolare considerato è il seguente:

$$M_{c,Rd} = \frac{1417 \cdot 10^3 \cdot 275}{1,05} \cdot 10^{-6} = 371,12 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Poiché il momento sollecitante $M_{Ed} = 306,39 \text{ kNm} < M_{c,Rd} = 371,12 \text{ kNm}$, la verifica a flessione si ritiene soddisfatta.

Il taglio resistente ($A_v = 82,76 \text{ cm}^2$) è pari a:

$$V_{c,Rd} = \frac{82,76 \cdot 10^2 \cdot 275}{1,05 \cdot \sqrt{3}} \cdot 10^{-3} = 1251,42 \text{ kN}$$

Essendo il taglio sollecitante $V_{Ed} = 183,24 \text{ kN} < V_{c,Rd} = 1251,42 \text{ kN}$, la verifica a taglio si ritiene soddisfatta.

La resistenza a compressione ($A = 130 \text{ cm}^2$) è pari a:

$$N_{c,Rd} = \frac{130 \cdot 10^2 \cdot 275}{1,05} \cdot 10^{-3} = 3404,76 \text{ kN}$$

Dato che la compressione sollecitante $N_{Ed} = 81,12 \text{ kN} < N_{c,Rd} = 3404,76 \text{ kN}$, la verifica a compressione si ritiene soddisfatta.

10.4.2 SLE: VERIFICA DI DEFORMABILITÀ

10.4.2.1 Montante HEB 160

Le Norme Tecniche (Tabella 4.2.X) impongono di effettuare un controllo sulla deformabilità della struttura in acciaio confrontando lo spostamento massimo orizzontale con un valore di riferimento. Il montante è stato assimilato, per un confronto normativo, ad un edificio monopiano pertanto suscettibile di spostamento massimo pari a

$$\frac{\delta_{max}}{h} = \frac{1}{300}$$

Per tanto risulta

$$\delta_{max} = \frac{h}{300} = \frac{450}{300} = 1,50 \text{ cm}$$

La freccia massima di calcolo, in combinazione frequente, viene calcolata mediante le relazioni derivanti dalla Scienza delle Costruzioni di seguito riportata:

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 35 di 41
------------------------------------------------------	--------------	------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

$$f = \frac{q \cdot h^4}{8EJ} = 0,92 \text{ cm}$$

in cui il carico uniformemente distribuito q è pari a:

$$q = \psi_1 \cdot q_v = 0,2 \cdot 0,047 = 0,0094 \text{ kN/cm}$$

La verifica pertanto risulta soddisfatta.

10.5 VERIFICA COLLEGAMENTI MONTANTE-OPERA

Qualora la barriera venga installata al di sopra di un'opera, è necessario prevedere il collegamento tra il montante e l'appoggio in calcestruzzo.

Il montante HEB 160 sarà saldato ad una piastra di acciaio S275 tramite saldature a cordone d'angolo dalle dimensioni seguenti:

- anima $100 \times 7 \text{ mm}^2$
- ali esternamente $160 \times 10 \text{ mm}^2$
- ali internamente $120 \times 10 \text{ mm}^2$

La piastra, di dimensioni $390 \times 330 \times 20 \text{ mm}^3$ sarà bullonata alla superficie di calcestruzzo tramite bullonatura, formata da n°6 tirafondi M24 cl.10.9, aventi lunghezza di inghisaggio pari a 30 cm.

10.5.1 VERIFICA SALDATURA A CORDONE D'ANGOLO HEB 160

Le Norme Tecniche (§4.2.8.2.3 e §4.2.8.2.4) disciplinano la resistenza della saldatura a cordone d'angolo in riferimento all'altezza di gola "a", ossia l'altezza del triangolo inscritto nella sezione trasversale del cordone stesso. La lunghezza di calcolo L del cordone viene scelta in funzione della resistenza richiesta affinché la verifica sia soddisfatta.

La verifica dei cordoni d'angolo viene condotta controllando che siano simultaneamente soddisfatte le due condizioni seguenti:

$$\sqrt{n_{perp}^2 + t_{perp}^2 + t_{parall}^2} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} = 192,50 \text{ MPa}$$

$$|n_{perp}| + |t_{perp}| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} = 233,75 \text{ MPa}$$

In cui

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione: 0	Pagina: 36 di 41
------------------------------------------------------	--------------	------------------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

$\beta_1 = 0,70$ (per acciaio S275)

$\beta_2 = 0,85$ (per acciaio S275).

In via semplificativa si assume che l'intera sollecitazione di taglio $V_{Ed} = 50$ kN agente sul collegamento venga assorbita dalle saldature d'anima e che le sollecitazioni di compressione $N_{Ed} = 14,54$ kN (considerando il pannello di legno siamo a favore di sicurezza poiché lo sgravio dovuto alla compressione è minore) e il momento flettente $M_{Ed} = 50$ kNm (il punto di applicazione della forza d'urto ubicato ad 1 m dal paino viabile) vengano assorbite dalle saldature sulle ali. Ipotizzando che le saldature dell'anima abbiano un'area di gola pari a $A_{gola} = 7 \cdot 100$ mm² cadauna, la tensione tangenziale agente risulta pari a:

$$t_{parall} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot A_{gola}} = 35,71 \text{ MPa}$$

Ponendo che le ali siano saldate sia esternamente (cordone d'angolo di dimensioni 160·10 mm²) che internamente (cordone d'angolo di dimensioni 120·10 mm²), il momento di inerzia totale delle saldature è pari a $J_{sal} = 3,25 \cdot 10^7$ mm⁴, la tensione normale massima di trazione si ha in corrispondenza delle saldature d'ala esterne e vale:

$$n_{perp} = \frac{N_{Ed}}{A_{tot}} - \frac{M_{Ed}}{J_{sal}} \cdot y_{ext} = 129,22 \text{ MPa}$$

Perciò la verifica della saldatura d'anima risulta:

$$t_{parall} = 35,71 \text{ MPa} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} = 192,50 \text{ MPa}$$

Mentre la verifica delle saldature d'ala:

$$\sqrt{129,22^2 + 35,71^2} = 134,06 \text{ MPa} \leq \beta_1 \cdot f_{yk} = 192,50 \text{ MPa}$$

$$|129,22| \leq \beta_2 \cdot f_{yk} = 233,75 \text{ MPa}$$

Si ritengono le verifiche soddisfatte.

10.5.2 VERIFICA A TAGLIO BULLONATURA PIASTRA-MURO

Le Norme Tecniche (§4.2.8.1.1) disciplinano la resistenza di progetto del bullone mediante la formula di interazione lineare:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

Codice elaborato:
ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx

Revisione: 0 Pagina: 37 di 41

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

in cui $F_{v,Rd}$ è la resistenza a taglio di progetto, per ogni faccia di taglio, che caratterizza il bullone e $F_{t,Rd}$ la resistenza a trazione; per bulloni di classe 10.9, i valori delle precedenti resistenza si calcolano mediante le relazioni seguenti:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}}$$

dove

f_{tb} è la resistenza a rottura del materiale impiegato per realizzare i bulloni

A_{res} è l'area resistente della vite

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

Ipotizzando l'utilizzo di n°6 bulloni di classe 10.9 e diametro nominale $\Phi_{nom} = 24$ mm ($A_{res} = 353$ mm² cad.), la resistenza a taglio e a trazione di progetto, per ogni singolo bullone, sono pari a:

$$F_{v,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,5 \cdot 1000 \cdot 353}{1,25} = 141,20 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0,9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 1000 \cdot 353}{1,25} = 254,16 \text{ kN}$$

La sollecitazione tagliante su ogni bullone, posto che $V_{Ed} = 50$ kN, per faccia di taglio è pari a:

$$F_{v,Sd} = \frac{V_{Ed}}{n_{bulloni} \cdot n_{facce}} = \frac{50}{6} = 8,34 \text{ kN}$$

mentre lo sforzo di trazione su ogni singolo bullone, posto che $M_{Ed} = 50$ kNm e $N_{Ed} = 14,54$ kN è pari a:

$$F_{t,Sd} = \sigma_s \cdot A_b = 120,9 \cdot 452 = 54,65 \text{ kN}$$

In cui la tensione è determinata come descritto di seguito:

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

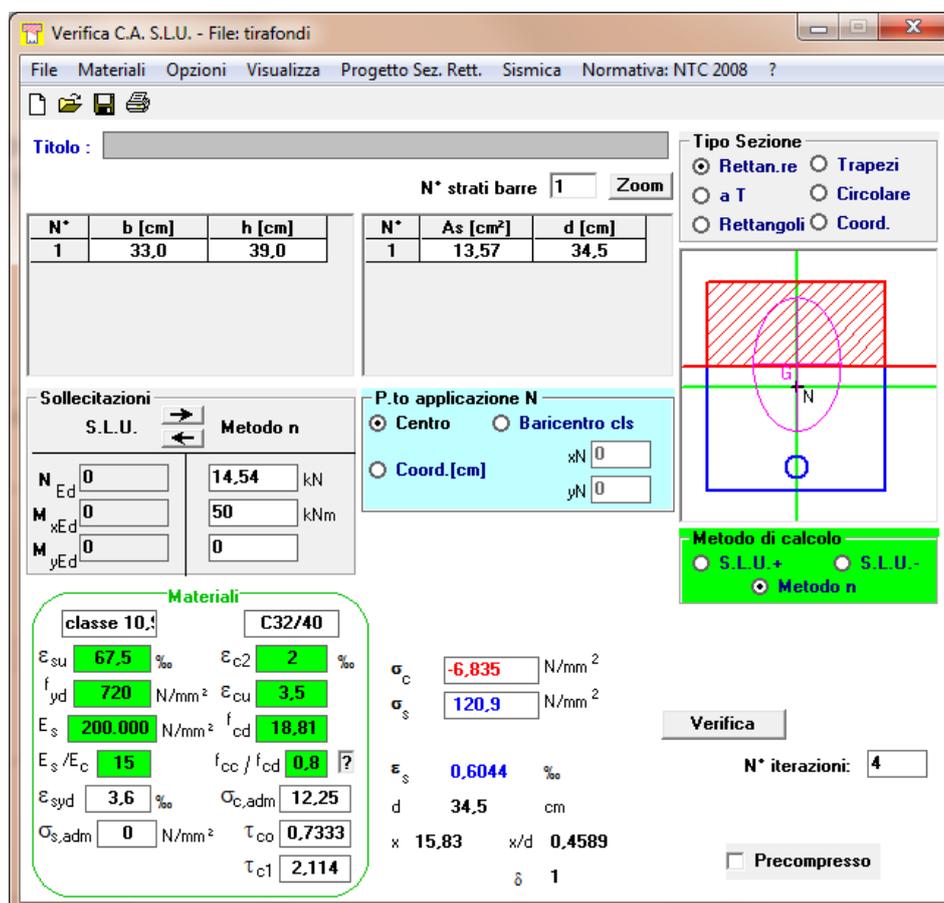


Figura 7 – Tensioni collegamento montante-muro

La verifica si ritiene soddisfatta.

10.5.3 VERIFICA A RIFOLLAMENTO PIASTRA

Le Norme Tecniche, sempre al paragrafo §4.2.8.1.1, impongono che la sollecitazione tagliante sia minore della resistenza a rifollamento della piastra d'unione; tale resistenza viene calcolata con la seguente relazione:

$$F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$$

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE PROGETTO ESECUTIVO		
PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA srl INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

In cui

f_{tk} è la resistenza a rottura del materiale impiegato per realizzare la piastra
 d il diametro nominale del gambo del bullone

t lo spessore della piastra

$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$ per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato

$\alpha = \min \left\{ \frac{p_1}{3d_0} - 0,25; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$ per bulloni interni nella direzione del carico applicato

$k = \min \left\{ \frac{2,8e_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$ per bulloni di bordo nella direzione perpendicolare al carico applicato

$k = \min \left\{ \frac{1,4p_2}{d_0} - 1,7; 2,5 \right\}$ per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico applicato

$\gamma_{M2} = 1,25$

(e_1 , p_1 , e_2 , p_2 sono riportati nella seguente figura).

La resistenza a rifollamento risulta pari a:

$$F_{b,Rd} = \frac{2,50 \cdot 0,60 \cdot 430 \cdot 24 \cdot 20}{1,25} = 227,04 \text{ kN}$$

La verifica si ritiene soddisfatta essendo la resistenza a rifollamento molto maggiore della sollecitazione di taglio agente.

10.5.4 VERIFICA LUNGHEZZA TIRAFONDI

Ponendo che i tirafondi siano inghisati per una lunghezza minima pari a 30 cm, la resistenza offerta allo sfilamento dalla singola barra viene determinata nel seguente modo:

$$N_{Rd} = \pi \cdot d \cdot h \cdot f_{bd} = 153,39 \text{ kN} > F_{t,Sd} = 149,90 \text{ kN}$$

con

d diametro del foro (25 mm)

h la lunghezza della barra (35 cm)

f_{bd} la tensione tangenziale di aderenza che si sviluppa tra acciaio e calcestruzzo, pari, per il C32/40, a 5,58 MPa (paragrafo 4.1.2.1.1.4).

Codice elaborato: ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx	Revisione:	0	Pagina:	40 di 41
------------------------------------------------------	------------	---	---------	----------

CASELLO DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA' DI COLLEGAMENTO
INTERVENTI DI MITIGAZIONE AMBIENTALE
PROGETTO ESECUTIVO

PASSANTE DI MESTRE S.C.p.A.

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA srl
Elaborato: INTERVENTI DI MITIGAZIONE - CASELLO
DI MARTELLAGO-SCORZE' E VIABILITA'
DI COLLEGAMENTO
Barriere fonoassorbenti – Relazione tecnica

11 ALLEGATI

11.1 ALLEGATO 1 (PALO D355,6 S8)

11.2 ALLEGATO 2 (PALO D355,6 S12)

Codice elaborato:
ZLT.5E2.E2000.PE.RT.001.00.docx

Revisione: 0

Pagina: 41 di 41

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti per singolo elemento da sagomario**

Altezza fuori terra	0,10	[m]
Profondità di infissione	3,40	[m]
Altezza totale della paratia	3,50	[m]
Lunghezza paratia	3,00	[m]

Tipo profilato del sagomario: **Tubi in Acciaio a sezione circolare**

Base del sagomario	35,56	[cm]
Altezza del sagomario	35,56	[cm]
Area del profilato	87,40	[cmq]
Inerzia del profilato	13201,00	[cm ⁴]
Modulo di resistenza del profilato	742,00	[cm ³]
Momento ultimo della sezione del profilato	253,2600	[kNm]
Fattore di taglio	1,20	
Numero di file di profilati	1	
Interasse fra i profilati della fila	3,00	[m]
Numero totale di profilati	1	
Numero di profilati per metro lineare	0.33	

Geometria cordoli

Simbologia adottata

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

Cordoli in calcestruzzo

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

Cordoli in acciaio

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

n°	Y	Tipo	B	H	A	W
1	0,00	Calcestruzzo	50,00	50,00	--	--

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

Profilo di monte

N	X	Y	A
2	10,00	0,00	0,00

Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10,00	-1,10	0,00
2	-1,50	-1,10	33,69
3	0,00	-0,10	0,00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kPa]

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	Rilevato	20,0000	21,0000	35,00	20,00	0,0
2	Terreno naturale	20,0000	21,0000	24,00	20,00	0,0

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

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

n°	sp	α	kw	Terreno
1	1,10	0,00	0,26	Rilevato
2	5,00	0,00	0,95	Terreno naturale

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	2,00	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	2,00	[m]
Regime delle pressioni neutre:	Idrostatico	

Caratteristiche materiali utilizzati

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450000	[kPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	Fe 360	
Tensione di snervamento f_{yk}	235363	[kPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia

F_x Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle

F_y Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso

M Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante

Q_i, Q_f Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]

V_i, V_s Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle

R Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1

Carico concentrato sulla paratia $Y=0,00$ $F_x=0,00$ $F_y=1,92$ $M=0,00$

Condizione n° 2

Carico concentrato sulla paratia $Y=0,00$ $F_x=0,00$ $F_y=17,73$ $M=0,00$

Condizione n° 3

Carico concentrato sulla paratia $Y=0,00$ $F_x=10,32$ $F_y=0,00$ $M=25,80$

Condizione n° 4

Carico concentrato sulla paratia $Y=0,00$ $F_x=-10,32$ $F_y=0,00$ $M=-25,80$

Combinazioni di carico

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

Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 1.00

Combinazione n° 2 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00

Combinazione n° 3 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 1.00

Combinazione n° 4 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00

Combinazione n° 5 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 1.00

Combinazione n° 6 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 1.00

Combinazione n° 7 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00

Combinazione n° 8 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00

Combinazione n° 9 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00

Combinazione n° 10 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00

Combinazione n° 11

Spinta terreno

Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00

Combinazione n° 12

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 0.20

Combinazione n° 13

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 0.20

Combinazione n° 14

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 0.60

Combinazione n° 15

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 0.60

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00

Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	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
Coazione 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

TIRANTI DI ANCORAGGIOCoefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		Tiranti
Laterale	γ_{st}	1,20

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

Numero di verticali indagate	1	$\xi_3=1,80$	$\xi_4=1,80$
------------------------------	---	--------------	--------------

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.Rottura del terreno: Pressione passivaInfluenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta K_a e K_p che nelle inclinazioni della spinta attiva e passivaStabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 2 elementi fuori terra e 68 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	0,10	[m]
Profondità di infissione	3,40	[m]
Altezza totale della paratia	3,50	[m]

Forze agenti sulla paratia

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

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
1	[A1-M1]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-53,07	1,49	37,57	3,13
2	[A1-M1]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,03	1,11	0,01	3,13
3	[A2-M2]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-57,64	1,92	44,20	3,26
4	[A2-M2]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,05	1,24	0,02	3,13
5	[A1-M1]	0,56	0,05	--	--	0,00	0,00	-25,33	2,99	40,26	0,92
6	[A2-M2]	0,27	0,05	--	--	0,00	0,00	-22,75	2,99	35,90	0,96
7	[A1-M1]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,05	1,11	0,02	3,13
8	[A1-M1]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,03	1,11	0,01	3,13
9	[A2-M2]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,05	1,24	0,02	3,13
10	[A2-M2]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,05	1,24	0,02	3,13
11	[SLEQ]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,03	1,11	0,01	3,13
12	[SLEF]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-5,88	1,09	3,79	3,05
13	[SLEF]	0,26	0,05	--	--	0,00	0,00	-3,26	2,98	5,07	0,90
14	[SLER]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-12,30	1,19	8,15	3,07
15	[SLER]	0,43	0,05	--	--	0,00	0,00	-6,57	2,98	10,27	0,90

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	Rc	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	15,48	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
3	[A2-M2]	13,42	0,00	--	--	--	--	--	--
4	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
5	[A1-M1]	-15,48	0,00	--	--	--	--	--	--
6	[A2-M2]	-13,42	0,00	--	--	--	--	--	--

7	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
8	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
9	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
10	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
11	[SLEQ]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
12	[SLEF]	2,06	0,00	--	--	--	--	--	--
13	[SLEF]	-2,06	0,00	--	--	--	--	--	--
14	[SLER]	4,13	0,00	--	--	--	--	--	--
15	[SLER]	-4,13	0,00	--	--	--	--	--	--

Simbologia adottata

n°	Indice della Combinazione/Fase
Tipo	Tipo della Combinazione/Fase
P _{NUL}	Punto di nullo del diagramma, espresso in [m]
P _{INV}	Punto di inversione del diagramma, espresso in [m]
C _{ROT}	Punto Centro di rotazione, espresso in [m]
MP	Percentuale molle plasticizzate, espressa in [%]
R/R _{MAX}	Rapporto tra lo sforzo reale nelle molle e lo sforzo che le molle sarebbero in grado di esplicitare, espresso in [%]

1	[A1-M1]	0,10	1,10	2,42	44.93	23,59
2	[A1-M1]	0,10	1,30	2,41	5.80	0,02
3	[A2-M2]	0,10	1,10	2,78	69.57	59,98
4	[A2-M2]	0,10	1,30	2,42	11.59	0,03
5	[A1-M1]	0,10	0,10	2,04	2.90	14,38
6	[A2-M2]	0,10	0,10	2,06	5.80	26,10
7	[A1-M1]	0,10	1,30	2,41	5.80	0,02
8	[A1-M1]	0,10	1,30	2,41	5.80	0,02
9	[A2-M2]	0,10	1,30	2,42	11.59	0,03
10	[A2-M2]	0,10	1,30	2,42	11.59	0,03
11	[SLEQ]	0,10	1,30	2,41	5.80	0,02
12	[SLEF]	0,10	1,30	2,19	15.94	3,13
13	[SLEF]	0,10	0,10	2,02	0.00	2,44
14	[SLER]	0,10	1,35	2,24	21.74	6,72
15	[SLER]	0,10	0,10	2,03	0.00	4,93

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[A1-M1]	52,08	1,10	15,51	0,10	26,33	3,50	MAX
--	--	0,00	3,50	-37,57	2,40	0,00	0,00	MIN
2	[A1-M1]	0,02	1,45	0,02	0,10	20,43	3,50	MAX
--	--	0,00	3,50	-0,01	2,40	0,00	0,00	MIN
3	[A2-M2]	48,41	1,55	13,45	0,30	20,43	3,50	MAX
--	--	0,00	3,50	-44,20	2,75	0,00	0,00	MIN
4	[A2-M2]	0,03	1,45	0,03	0,10	20,43	3,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,02	2,40	0,00	0,00	MIN
5	[A1-M1]	0,00	3,50	25,33	2,00	26,33	3,50	MAX
--	--	-44,15	0,65	-15,48	0,00	0,00	0,00	MIN
6	[A2-M2]	0,00	3,50	22,75	2,05	20,43	3,50	MAX
--	--	-39,03	0,70	-13,42	0,00	0,00	0,00	MIN
7	[A1-M1]	0,02	1,45	0,03	0,10	26,33	3,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,02	2,40	0,00	0,00	MIN
8	[A1-M1]	0,02	1,45	0,02	0,10	20,43	3,50	MAX
--	--	0,00	3,50	-0,01	2,40	0,00	0,00	MIN
9	[A2-M2]	0,03	1,45	0,03	0,10	20,43	3,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,02	2,40	0,00	0,00	MIN
10	[A2-M2]	0,03	1,45	0,03	0,10	20,43	3,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,02	2,40	0,00	0,00	MIN
11	[SLEQ]	0,02	1,45	0,02	0,10	20,43	3,50	MAX
--	--	0,00	3,50	-0,01	2,40	0,00	0,00	MIN
12	[SLEF]	6,24	0,80	2,09	0,10	20,43	3,50	MAX
--	--	0,00	3,50	-3,79	2,15	0,00	0,00	MIN
13	[SLEF]	0,00	3,50	3,26	2,00	20,43	3,50	MAX
--	--	-5,77	0,60	-2,06	0,00	0,00	0,00	MIN
14	[SLER]	12,91	0,90	4,15	0,10	20,43	3,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-8,15	2,20	0,00	0,00	MIN
15	[SLER]	0,00	3,50	6,57	2,00	20,43	3,50	MAX
--	--	-11,58	0,60	-4,13	0,00	0,00	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X _c ; Y _c)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X _v ; Y _v)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X _m ; Y _m)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X _c , Y _c)	R	(X _v , Y _v)	(X _m , Y _m)	FS
3	[A2-M2]	(-1,05; 0,00)	3,65	(-4,54; -1,07)	(2,60; 0,00)	2,04
4	[A2-M2]	(-1,05; 0,00)	3,65	(-4,54; -1,07)	(2,60; 0,00)	2,04
6	[A2-M2]	(-1,05; 0,00)	3,65	(-4,54; -1,07)	(2,60; 0,00)	2,04
9	[A2-M2]	(-1,05; 0,00)	3,65	(-4,54; -1,07)	(2,60; 0,00)	2,04
10	[A2-M2]	(-1,05; 0,00)	3,65	(-4,54; -1,07)	(2,60; 0,00)	2,04

Combinazione n° 3

Numero di strisce 49

Simbologia adottata

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

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	0,4796	-69,70	-45,87	0,42	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
2	1,4757	-63,85	-135,07	0,33	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
3	2,2541	-59,06	-197,14	0,28	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
4	2,9179	-54,87	-243,35	0,25	19,61	0,0	1,0	(0,00; 0,00)
5	3,5048	-51,09	-278,08	0,23	19,61	0,0	2,9	(0,00; 0,00)
6	4,0197	-47,59	-302,64	0,21	19,61	0,0	4,5	(0,00; 0,00)
7	4,4766	-44,32	-318,91	0,20	19,61	0,0	6,0	(0,00; 0,00)
8	4,8854	-41,22	-328,25	0,19	19,61	0,0	7,3	(0,00; 0,00)
9	5,2526	-38,26	-331,66	0,18	19,61	0,0	8,5	(0,00; 0,00)
10	5,5835	-35,42	-329,95	0,18	19,61	0,0	9,6	(0,00; 0,00)
11	5,8819	-32,67	-323,78	0,17	19,61	0,0	10,5	(0,00; 0,00)
12	6,1508	-30,01	-313,69	0,17	19,61	0,0	11,4	(0,00; 0,00)
13	6,3927	-27,42	-300,15	0,16	19,61	0,0	12,2	(0,00; 0,00)
14	6,6095	-24,88	-283,59	0,16	19,61	0,0	12,9	(0,00; 0,00)
15	6,8027	-22,40	-264,35	0,16	19,61	0,0	13,5	(0,00; 0,00)
16	6,9738	-19,96	-242,78	0,15	19,61	0,0	14,1	(0,00; 0,00)

17	7,1238	-17,56	-219,18	0,15	19,61	0,0	14,5	(0,00; 0,00)
18	7,2535	-15,19	-193,82	0,15	19,61	0,0	15,0	(0,00; 0,00)
19	7,3638	-12,85	-166,97	0,15	19,61	0,0	15,3	(0,00; 0,00)
20	7,4551	-10,53	-138,88	0,15	19,61	0,0	15,6	(0,00; 0,00)
21	7,5280	-8,22	-109,78	0,15	19,61	0,0	15,8	(0,00; 0,00)
22	7,9972	-5,89	-83,71	0,15	19,61	0,0	16,0	(0,00; 0,00)
23	8,3362	-3,53	-52,35	0,15	19,61	0,0	16,1	(0,00; 0,00)
24	8,6556	-1,18	-18,12	0,15	19,61	0,0	16,2	(0,00; 0,00)
25	8,9556	1,18	18,75	0,15	19,61	0,0	16,2	(0,00; 0,00)
26	9,2362	3,53	58,00	0,15	19,61	0,0	16,1	(0,00; 0,00)
27	9,4972	5,89	99,41	0,15	19,61	0,0	16,0	(0,00; 0,00)
28	9,7385	8,26	142,70	0,15	19,61	0,0	15,8	(0,00; 0,00)
29	9,9598	10,65	187,65	0,15	19,61	0,0	15,6	(0,00; 0,00)
30	10,1606	13,05	233,97	0,15	19,61	0,0	15,3	(0,00; 0,00)
31	10,3404	15,48	281,41	0,16	19,61	0,0	14,9	(0,00; 0,00)
32	10,2731	17,89	321,82	0,15	19,61	0,0	14,5	(0,00; 0,00)
33	10,1209	20,29	357,92	0,15	19,61	0,0	14,0	(0,00; 0,00)
34	9,9476	22,73	391,96	0,16	19,61	0,0	13,4	(0,00; 0,00)
35	9,7520	25,22	423,64	0,16	19,61	0,0	12,8	(0,00; 0,00)
36	9,5329	27,75	452,62	0,16	19,61	0,0	12,1	(0,00; 0,00)
37	9,2886	30,35	478,54	0,17	19,61	0,0	11,3	(0,00; 0,00)
38	9,0172	33,01	500,98	0,17	19,61	0,0	10,4	(0,00; 0,00)
39	8,7161	35,76	519,46	0,18	19,61	0,0	9,5	(0,00; 0,00)
40	8,3823	38,61	533,42	0,19	19,61	0,0	8,4	(0,00; 0,00)
41	8,0117	41,58	542,22	0,19	19,61	0,0	7,2	(0,00; 0,00)
42	7,5993	44,70	545,01	0,20	19,61	0,0	5,9	(0,00; 0,00)
43	7,1379	47,99	540,78	0,22	19,61	0,0	4,4	(0,00; 0,00)
44	6,6176	51,50	528,13	0,23	19,61	0,0	2,7	(0,00; 0,00)
45	6,0239	55,32	505,13	0,25	19,61	0,0	0,8	(0,00; 0,00)
46	5,3539	59,55	470,64	0,29	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
47	4,5606	64,42	419,46	0,34	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
48	3,5345	70,43	339,60	0,43	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
49	1,4728	81,91	148,69	1,03	29,26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 338,6058$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 37,4605$ [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 103,7614$ [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,0000$ [kN]

Geometria paratia

Tipo paratia: **Paratia in acciaio con parametri definiti per singolo elemento dall'Utente**

Altezza fuori terra	0,10	[m]
Profondità di infissione	4,40	[m]
Altezza totale della paratia	4,50	[m]
Lunghezza paratia	3,00	[m]

Tipo profilato: **Definito dall'Utente**

Base del sagomario	35,56	[cm]
Altezza del sagomario	35,56	[cm]
Area del profilato	130,00	[cmq]
Inerzia del profilato	38279,00	[cm ⁴]
Modulo di resistenza del profilato	1417,00	[cm ³]
Momento ultimo della sezione del profilato	371,1200	[kNm]
Fattore di taglio	1,20	
Numero di file di profilati	1	
Interasse fra i profilati della fila	3,00	[m]
Numero totale di profilati	1	
Numero di profilati per metro lineare	0.33	

Geometria profilo terreno

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

N numero ordine del punto

X ascissa del punto espressa in [m]

Y ordinata del punto espressa in [m]

A inclinazione del tratto espressa in [°]

Profilo di monte

N	X	Y	A
2	10,00	0,00	0,00

Profilo di valle

N	X	Y	A
1	-10,00	-1,10	0,00
2	-1,50	-1,10	33,69
3	0,00	-0,10	0,00

Descrizione terreni

Simbologia adottata

n°	numero d'ordine dello strato a partire dalla sommità della paratia
Descrizione	Descrizione del terreno
γ	peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	peso di volume saturo del terreno espresso [kN/mc]
ϕ	angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]
δ	angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]
c	coesione del terreno espressa in [kPa]

n°	Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c
1	Rilevato	20,000	21,000	35,00	20,00	0,0

2	Terreno naturale	20,0000	21,0000	24,00	20,00	0,0
---	------------------	---------	---------	-------	-------	-----

Descrizione stratigrafia

Simbologia adottata

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

n°	sp	α	kw	Terreno
1	1,10	0,00	0,26	Rilevato
2	5,00	0,00	0,95	Terreno naturale

Falda

Profondità della falda a monte rispetto alla sommità della paratia	2,00	[m]
Profondità della falda a valle rispetto alla sommità della paratia	2,00	[m]
Regime delle pressioni neutre:	Idrostatico	

Caratteristiche materiali utilizzati

Tipo	B450C	
Tensione di snervamento f_{yk}	450000	[kPa]

Caratteristiche acciaio cordoli in acciaio.

Tipo	Fe 360	
Tensione di snervamento f_{yk}	235363	[kPa]

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni adottate

Le ascisse dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia	
Le ordinate dei punti di applicazione del carico sono espresse in [m] rispetto alla testa della paratia	
F_x	Forza orizzontale espressa in [kN], positiva da monte verso valle
F_y	Forza verticale espressa in [kN], positiva verso il basso
M	Momento espresso in [kNm], positivo ribaltante
Q_i, Q_f	Intensità dei carichi distribuiti sul profilo espresse in [kN/mq]
V_i, V_s	Intensità dei carichi distribuiti sulla paratia espresse in [kN/mq], positivi da monte verso valle
R	Risultante carico distribuito sulla paratia espressa in [kN]

Condizione n° 1

Carico concentrato sulla paratia	Y=0,00	$F_x=0,00$	$F_y=1,92$	M=0,00
----------------------------------	--------	------------	------------	--------

Condizione n° 2

Carico concentrato sulla paratia	Y=0,00	$F_x=0,00$	$F_y=17,73$	M=0,00
----------------------------------	--------	------------	-------------	--------

Condizione n° 3

Carico concentrato sulla paratia	$Y=0,00$	$F_x=18,79$	$F_y=0,00$	$M=46,95$
<u>Condizione n° 4</u>				
Carico concentrato sulla paratia	$Y=0,00$	$F_x=-18,79$	$F_y=0,00$	$M=-46,95$

Combinazioni di carico

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

Combinazione n° 1 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 1.00

Combinazione n° 2 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00

Combinazione n° 3 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 1.00

Combinazione n° 4 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00

Combinazione n° 5 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 1.00

Combinazione n° 6 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 1.00

Combinazione n° 7 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00

Combinazione n° 8 [DA1 - A1M1]

Spinta terreno	
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00

Combinazione n° 9 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00

Combinazione n° 10 [DA1- A2M2]

Spinta terreno	
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00

Combinazione n° 11

Spinta terreno

Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00

Combinazione n° 12

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 0.20

Combinazione n° 13

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 0.20

Combinazione n° 14

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 0.60

Combinazione n° 15

Spinta terreno	
Condizione 1 (Montante in acciaio)	x 1.00
Condizione 2 (Barriere)	x 1.00
Condizione 4 (Vento2)	x 1.00
Condizione 3 (Vento1)	x 0.60

Impostazioni di progetto

Spinte e verifiche secondo :

Norme Tecniche sulle Costruzioni 14/01/2008

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		A1	A2
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00

Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	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
Coazione 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

TIRANTI DI ANCORAGGIOCoefficienti parziali γ_R per le verifiche dei tiranti

Resistenza		Tiranti
Laterale	γ_{st}	1,20

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

Numero di verticali indagate	1	$\xi_3=1,80$	$\xi_4=1,80$
------------------------------	---	--------------	--------------

Verifica materiali : Stato Limite Ultimo

Impostazioni di analisi

Analisi per Combinazioni di Carico.Rottura del terreno: Pressione passivaInfluenza δ (angolo di attrito terreno-paratia): Sia nel calcolo dei coefficienti di spinta K_a e K_p che nelle inclinazioni della spinta attiva e passivaStabilità globale: Metodo di Fellenius

Impostazioni analisi sismica

Non sono state analizzate Combinazioni/Fasi sismiche.

Analisi della paratia

L'analisi è stata eseguita per combinazioni di carico

La paratia è analizzata con il metodo degli elementi finiti.

Essa è discretizzata in 2 elementi fuori terra e 88 elementi al di sotto della linea di fondo scavo.

Le molle che simulano il terreno hanno un comportamento elastoplastico: una volta raggiunta la pressione passiva non reagiscono ad ulteriori incremento di carico.

Altezza fuori terra della paratia	0,10	[m]
Profondità di infissione	4,40	[m]
Altezza totale della paratia	4,50	[m]

Forze agenti sulla paratia

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

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	Pa	Y _{Pa}	Is	Y _{Is}	Pw	Y _{Pw}	Pp	Y _{Pp}	Pc	Y _{Pc}
1	[A1-M1]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-81,92	1,75	53,71	3,98
2	[A1-M1]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,03	1,37	0,01	3,99
3	[A2-M2]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-85,53	2,23	61,08	4,12
4	[A2-M2]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,05	1,48	0,02	3,99
5	[A1-M1]	0,56	0,05	--	--	0,00	0,00	-38,36	3,81	65,99	1,15
6	[A2-M2]	0,27	0,05	--	--	0,00	0,00	-34,16	3,82	58,32	1,19
7	[A1-M1]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,04	1,37	0,01	3,99
8	[A1-M1]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,03	1,37	0,01	3,99
9	[A2-M2]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,05	1,48	0,02	3,99
10	[A2-M2]	0,03	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,05	1,48	0,02	3,99
11	[SLEQ]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-0,03	1,37	0,01	3,99
12	[SLEF]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-9,45	1,33	5,67	3,87
13	[SLEF]	0,28	0,05	--	--	0,00	0,00	-4,98	3,80	8,46	1,13
14	[SLER]	0,02	0,06	--	--	0,00	0,00	-19,52	1,43	11,98	3,89
15	[SLER]	0,43	0,05	--	--	0,00	0,00	-10,02	3,80	17,11	1,13

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	Rc	Y _{Rc}	Rt	Y _{Rt}	Rv	Y _{Rv}	Rp	Y _{Rp}
1	[A1-M1]	28,18	0,00	--	--	--	--	--	--
2	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
3	[A2-M2]	24,43	0,00	--	--	--	--	--	--
4	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
5	[A1-M1]	-28,18	0,00	--	--	--	--	--	--
6	[A2-M2]	-24,43	0,00	--	--	--	--	--	--

7	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
8	[A1-M1]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
9	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
10	[A2-M2]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
11	[SLEQ]	0,00	0,00	--	--	--	--	--	--
12	[SLEF]	3,76	0,00	--	--	--	--	--	--
13	[SLEF]	-3,76	0,00	--	--	--	--	--	--
14	[SLER]	7,52	0,00	--	--	--	--	--	--
15	[SLER]	-7,52	0,00	--	--	--	--	--	--

Simbologia adottata

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

1	[A1-M1]	0,10	1,10	2,97	38.20	20,77
2	[A1-M1]	0,10	1,30	3,00	4.49	0,01
3	[A2-M2]	0,10	2,80	3,38	61.80	49,75
4	[A2-M2]	0,10	1,30	3,00	8.99	0,02
5	[A1-M1]	0,10	0,10	2,55	2.25	14,39
6	[A2-M2]	0,10	0,10	2,57	5.62	26,21
7	[A1-M1]	0,10	1,30	3,00	4.49	0,01
8	[A1-M1]	0,10	1,30	3,00	4.49	0,01
9	[A2-M2]	0,10	1,30	3,00	8.99	0,02
10	[A2-M2]	0,10	1,30	3,00	8.99	0,02
11	[SLEQ]	0,10	1,30	3,00	4.49	0,01
12	[SLEF]	0,10	1,35	2,70	13.48	3,03
13	[SLEF]	0,10	0,10	2,53	0.00	2,53
14	[SLER]	0,10	1,40	2,75	17.98	6,37
15	[SLER]	0,10	0,10	2,53	0.00	5,11

Valori massimi e minimi sollecitazioni per metro di paratia

Simbologia adottata

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

n°	Tipo	M	Y _M	T	Y _T	N	Y _N	
1	[A1-M1]	102,13	1,60	28,21	0,10	27,04	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-53,71	2,95	0,00	0,00	MIN
2	[A1-M1]	0,02	1,70	0,02	0,10	21,15	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,01	2,95	0,00	0,00	MIN
3	[A2-M2]	95,21	1,90	24,46	0,10	21,15	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-61,08	3,35	0,00	0,00	MIN
4	[A2-M2]	0,03	1,70	0,03	0,10	21,15	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,02	3,00	0,00	0,00	MIN
5	[A1-M1]	0,00	0,00	38,36	2,50	27,04	4,50	MAX
--	--	-86,29	1,10	-28,18	0,00	0,00	0,00	MIN
6	[A2-M2]	0,00	4,50	34,16	2,55	21,15	4,50	MAX
--	--	-76,39	1,15	-24,43	0,00	0,00	0,00	MIN
7	[A1-M1]	0,03	1,70	0,03	0,10	27,04	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,01	2,95	0,00	0,00	MIN
8	[A1-M1]	0,02	1,70	0,02	0,10	21,15	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,01	2,95	0,00	0,00	MIN
9	[A2-M2]	0,03	1,70	0,03	0,10	21,15	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,02	3,00	0,00	0,00	MIN
10	[A2-M2]	0,03	1,70	0,03	0,10	21,15	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,02	3,00	0,00	0,00	MIN
11	[SLEQ]	0,02	1,70	0,02	0,10	21,15	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-0,01	2,95	0,00	0,00	MIN
12	[SLEF]	12,10	1,30	3,78	0,10	21,15	4,50	MAX
--	--	0,00	0,00	-5,67	2,70	0,00	0,00	MIN
13	[SLEF]	0,00	0,00	4,98	2,50	21,15	4,50	MAX
--	--	-11,27	1,10	-3,76	0,00	0,00	0,00	MIN
14	[SLER]	25,08	1,35	7,54	0,10	21,15	4,50	MAX
--	--	0,00	4,50	-11,98	2,75	0,00	0,00	MIN
15	[SLER]	0,00	0,00	10,02	2,50	21,15	4,50	MAX
--	--	-22,64	1,10	-7,52	0,00	0,00	0,00	MIN

Stabilità globale

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 100

Simbologia adottata

n°	Indice della combinazione/fase
Tipo	Tipo della combinazione/fase
(X _c ; Y _c)	Coordinate centro cerchio superficie di scorrimento, espresse in [m]
R	Raggio cerchio superficie di scorrimento, espresso in [m]
(X _v ; Y _v)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a valle, espresse in [m]
(X _m ; Y _m)	Coordinate intersezione del cerchio con il pendio a monte, espresse in [m]
FS	Coefficiente di sicurezza

n°	Tipo	(X _c , Y _c)	R	(X _v , Y _v)	(X _m , Y _m)	FS
3	[A2-M2]	(-0,90; 0,00)	4,59	(-5,36; -1,06)	(3,69; 0,00)	2,37
4	[A2-M2]	(-0,90; 0,00)	4,59	(-5,36; -1,06)	(3,69; 0,00)	2,37
6	[A2-M2]	(-0,90; 0,00)	4,59	(-5,36; -1,06)	(3,69; 0,00)	2,37
9	[A2-M2]	(-0,90; 0,00)	4,59	(-5,36; -1,06)	(3,69; 0,00)	2,37
10	[A2-M2]	(-0,90; 0,00)	4,59	(-5,36; -1,06)	(3,69; 0,00)	2,37

Combinazione n° 3

Numero di strisce 49

Simbologia adottata

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

Caratteristiche delle strisce

N°	W	α(°)	Wsinα	L	φ	c	u	(Ctn; Ctt)
1	0,9555	-72,73	-93,04	0,62	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
2	2,8067	-66,03	-261,51	0,45	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
3	4,2169	-60,84	-375,50	0,38	19,61	0,0	2,3	(0,00; 0,00)
4	5,3893	-56,41	-457,76	0,33	19,61	0,0	5,3	(0,00; 0,00)
5	6,3869	-52,44	-516,30	0,30	19,61	0,0	7,8	(0,00; 0,00)
6	7,2555	-48,81	-556,80	0,28	19,61	0,0	10,0	(0,00; 0,00)
7	8,0228	-45,43	-582,82	0,26	19,61	0,0	12,0	(0,00; 0,00)
8	8,7065	-42,24	-596,86	0,25	19,61	0,0	13,7	(0,00; 0,00)
9	9,3194	-39,21	-600,74	0,24	19,61	0,0	15,2	(0,00; 0,00)
10	9,8706	-36,30	-595,89	0,23	19,61	0,0	16,6	(0,00; 0,00)
11	10,3671	-33,50	-583,44	0,22	19,61	0,0	17,9	(0,00; 0,00)
12	10,8142	-30,78	-564,37	0,21	19,61	0,0	19,0	(0,00; 0,00)
13	11,2161	-28,14	-539,47	0,21	19,61	0,0	20,1	(0,00; 0,00)
14	11,5764	-25,57	-509,45	0,20	19,61	0,0	21,0	(0,00; 0,00)
15	11,8977	-23,05	-474,92	0,20	19,61	0,0	21,8	(0,00; 0,00)
16	12,1824	-20,57	-436,46	0,20	19,61	0,0	22,5	(0,00; 0,00)

17	12,4322	-18,13	-394,57	0,19	19,61	0,0	23,1	(0,00; 0,00)
18	12,6488	-15,73	-349,71	0,19	19,61	0,0	23,7	(0,00; 0,00)
19	12,8333	-13,36	-302,33	0,19	19,61	0,0	24,2	(0,00; 0,00)
20	12,9869	-11,01	-252,84	0,19	19,61	0,0	24,6	(0,00; 0,00)
21	13,1103	-8,67	-201,63	0,19	19,61	0,0	24,9	(0,00; 0,00)
22	13,6899	-6,33	-154,03	0,19	19,61	0,0	25,1	(0,00; 0,00)
23	14,2253	-3,98	-100,77	0,19	19,61	0,0	25,3	(0,00; 0,00)
24	14,7304	-1,64	-42,97	0,19	19,61	0,0	25,4	(0,00; 0,00)
25	15,2051	0,70	19,01	0,19	19,61	0,0	25,4	(0,00; 0,00)
26	15,6497	3,05	84,78	0,19	19,61	0,0	25,3	(0,00; 0,00)
27	16,0640	5,39	153,96	0,19	19,61	0,0	25,2	(0,00; 0,00)
28	16,4477	7,75	226,18	0,19	19,61	0,0	25,0	(0,00; 0,00)
29	16,8003	10,12	301,04	0,19	19,61	0,0	24,7	(0,00; 0,00)
30	16,9830	12,49	374,51	0,19	19,61	0,0	24,3	(0,00; 0,00)
31	16,8091	14,86	439,58	0,19	19,61	0,0	23,9	(0,00; 0,00)
32	16,6033	17,26	502,27	0,19	19,61	0,0	23,4	(0,00; 0,00)
33	16,3645	19,69	562,14	0,20	19,61	0,0	22,8	(0,00; 0,00)
34	16,0913	22,15	618,72	0,20	19,61	0,0	22,1	(0,00; 0,00)
35	15,7818	24,66	671,53	0,20	19,61	0,0	21,3	(0,00; 0,00)
36	15,4339	27,23	720,01	0,21	19,61	0,0	20,4	(0,00; 0,00)
37	15,0451	29,85	763,56	0,21	19,61	0,0	19,4	(0,00; 0,00)
38	14,6122	32,54	801,50	0,22	19,61	0,0	18,3	(0,00; 0,00)
39	14,1311	35,32	833,06	0,23	19,61	0,0	17,1	(0,00; 0,00)
40	13,5968	38,20	857,33	0,23	19,61	0,0	15,7	(0,00; 0,00)
41	13,0031	41,19	873,23	0,25	19,61	0,0	14,2	(0,00; 0,00)
42	12,3414	44,33	879,43	0,26	19,61	0,0	12,6	(0,00; 0,00)
43	11,6004	47,65	874,24	0,27	19,61	0,0	10,7	(0,00; 0,00)
44	10,7642	51,20	855,41	0,29	19,61	0,0	8,6	(0,00; 0,00)
45	9,8087	55,05	819,79	0,32	19,61	0,0	6,2	(0,00; 0,00)
46	8,6956	59,32	762,54	0,36	19,61	0,0	3,3	(0,00; 0,00)
47	7,3632	64,22	676,10	0,42	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
48	5,7011	70,28	547,26	0,55	19,61	0,0	0,0	(0,00; 0,00)
49	2,3758	81,85	239,81	1,30	29,26	0,0	0,0	(0,00; 0,00)

Resistenza a taglio paratia= 0,0000 [kN]

$\Sigma W_i = 570,9136$ [kN]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 48,1790$ [kN]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 174,8504$ [kN]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 0,0000$ [kN]