



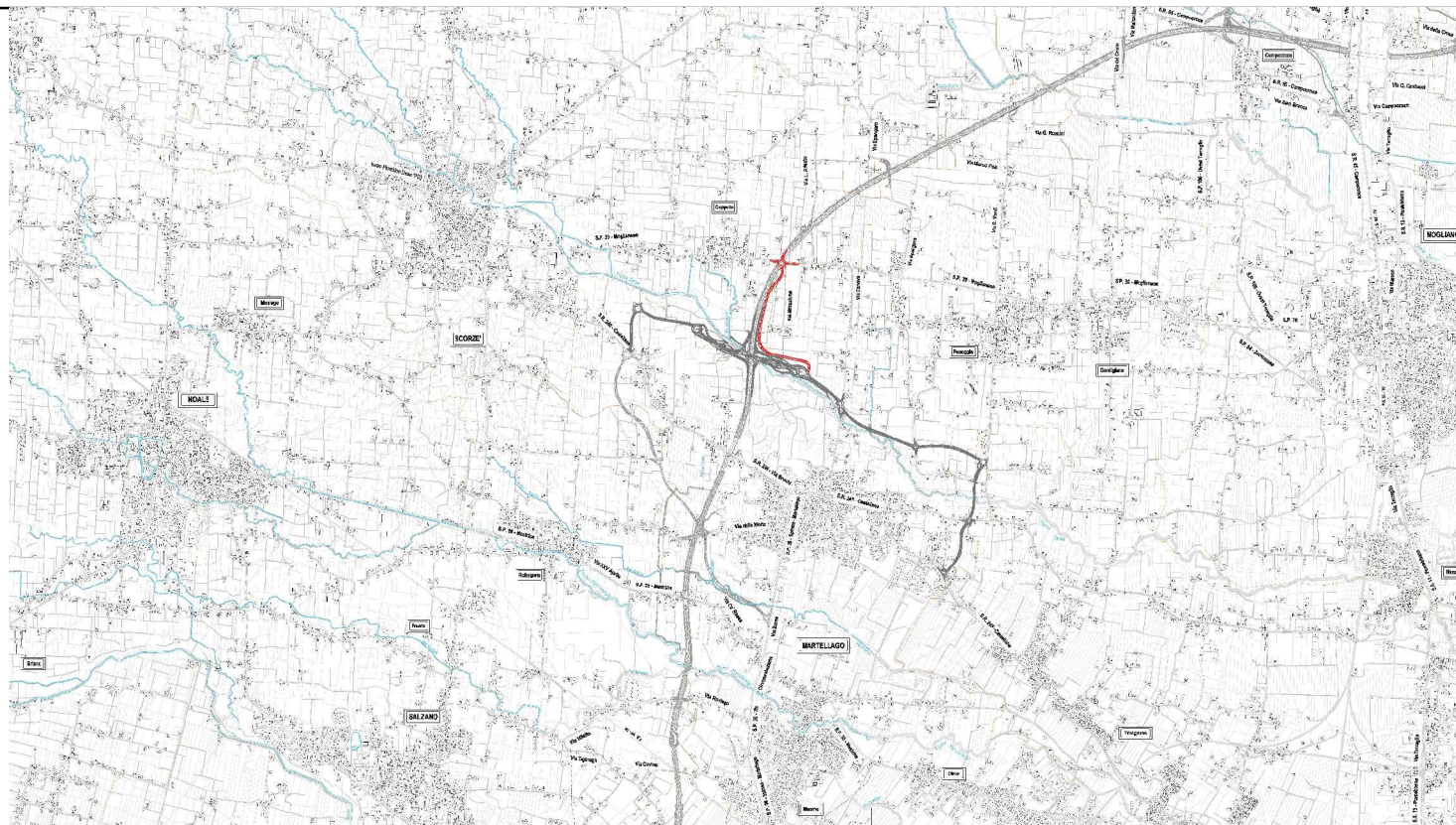
REGIONE DEL VENETO

GIUNTA REGIONALE

SEGRETERIA REGIONALE ALLE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'
DIREZIONE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO



VENETO STRADE S.P.A.



OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
ING. GABRIELLA MANGINELLI

COORDINATORE DEL PROGETTO
DOTT. URB. ENRICO VESCOVO

PROGETTISTI
ING. LUCIO ZOLLET
Progettazione generale infrastrutture

CONTROLLATO ED APPROVATO
ING. GABRIELLA MANGINELLI

CITTÀ METROPOLITANA DI VENEZIA
COMUNI DI: MARTELLAGO E SCORZÈ

OPERA: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI
MARTELLAGO-SCORZÈ E LA S.P. N. 39 "Moglianesa"

INTERVENTO N.
LD6000

ELABORATO N.

SCALA:

DATA:

SETTEMBRE 2020 00

REVISIONE:

NOME FILE

2C010101A.doc

- PROGETTO DEFINITIVO -

OPERE D'ARTE
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI
Relazioni
Relazione di calcolo

PROGETTAZIONE GENERALE
INFRASTRUTTURA

ZOLLET INGEGNERIA Srl
Viale Stazione, 40
32035 S. Giustina (BL)

☐ VALIDAZIONE:

PROTOCOLLO _____

DEL _____

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE	7
3.1	CAVALCAVIA	7
3.2	MURI D'ALA	12
3.3	MURETTI D'ALA ALL'INGRESSO/USCITA DEI TOMBOTTI IDRAULICI	14
4	DESCRIZIONE DEI MATERIALI	15
5	ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI	17
5.1	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA.....	17
5.2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	18
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	19
6.1	VITA NOMINALE	19
6.2	CLASSE D'USO	20
6.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	20
6.4	AZIONI DI PROGETTO	20
6.4.1	Categoria di sottosuolo e categoria topografica	24
6.4.2	Sintesi dei parametri caratterizzanti l'azione sismica	25
7	ANALISI DEI CARICHI	29
7.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI	29
7.2	CARICHI VARIABILI.....	29
7.2.1	Carichi mobili.....	29
7.2.2	Azione longitudinale di frenamento	30
7.2.3	Azione sui parapetti e urto di veicolo in svio	30
7.2.4	Azione del vento.....	31
7.2.5	Azione della neve	33
8	COMBINAZIONI DI CARICO.....	35
9	VERIFICA DELL'IMPALCATO.....	38
9.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	38

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 1 di 109
---------------------------------	--------------	------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

9.2	PROCEDURA DI CALCOLO E TIPOLOGIA DI ANALISI ADOTTATA.....	39
9.3	VERIFICA DELLE TRAVI IN C.A.P. PRE-TESO.....	40
9.3.1	Introduzione.....	40
9.3.2	Perdite di tensione.....	40
9.3.2.1	Cadute di tensione per rilassamento.....	41
9.3.2.2	Cadute di tensione per ritiro del calcestruzzo	41
9.3.2.3	Cadute di tensione per viscosità del calcestruzzo	42
9.3.2.4	Cadute di tensione per elasticità	42
9.3.2.5	Verifiche a $t=0$	43
9.3.2.6	Verifiche a $t=\infty$	43
9.3.2.7	Verifica a flessione agli SLU	43
9.4	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI.....	44
9.4.1	Sezione netta di calcestruzzo.....	45
9.5	VERIFICA A FLESSIONE SLU TRAVE IN C.A.P	45
9.6	VERIFICHE SOLETTA.....	46
10	VERIFICA DELLE SPALLE IN CALCESTRUZZO ARMATO	49
10.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	49
10.2	VERIFICHE SPALLA.....	51
10.2.1.1	Paramento verticale	51
10.3	FONDAZIONE	52
10.4	VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE	54
10.4.1.1	Verifica a carico limite verticale di compressione.....	57
10.4.1.2	Verifiche strutturali	58
11	VERIFICA DEI MURI D'ALA.....	62
11.1	CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	62
11.2	MODELLO DI CALCOLO	64
11.3	RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE	71

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 2 di 109
---------------------------------	--------------	------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

11.4	RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI	83
12	VERIFICA DEI MURETTI D'ALA ALL'INGRESSO/USCITA DEI TOMBOTTI	88
12.1	CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO.....	88
12.2	MODELLO DI CALCOLO	90
12.3	RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE	91
12.4	RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI	104
13	CONTROLLO AFFIDABILITA' CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO E VERIFICA ATTENDIBILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (AI SENSI DEL § 10.2 DEL d.m. 17.01.2018).....	108

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZÈ E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

1 PREMESSA

La presente relazione illustra i calcoli delle strutture per i manufatti da realizzarsi nell'ambito del progetto per la costruzione della "Bretella di collegamento tra la stazione di Martellago-Scorzè e la S.P. n.39 Moglianese".

Il progetto prevede la realizzazione di una bretella di collegamento tra la rotatoria est del casello Martellago-Scorzè, attualmente in fase costruttiva, e la SP39 "moglianese", in corrispondenza della quale verrà realizzata una nuova rotatoria a 6 bracci, 4 per viabilità principale e 2 per viabilità secondarie.



Figura 1: Planimetria d'insieme su CTR

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 4 di 109
---------------------------------	--------------	------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Nell'ambito del tracciato stradale, tra le progressive 765.70 e 748.50 è prevista la realizzazione di un manufatto di scavalco per superare l'esistente opera di imbocco del sottopasso del passante, che collega l'abitato di via Mezzaluna con Cappella.

La presente relazione di calcolo delle strutture ha per oggetto le verifiche del cavalcavia, e in particolare, dei seguenti elementi:

- Opere di fondazione su pali;
- Spalle;
- Impalcato composto da travi prefabbricate in cap e soletta superiore in c.a.;
- Muri d'ala per il contenimento del rilevato stradale;
- Muri d'ala all'ingresso/uscita dei tombotti di attraversamento idraulico;

All'interno del presente documento si riportano anche le verifiche strutturali di alcuni manufatti secondari quali muretti d'ala in corrispondenza degli imbocchi e sbocchi di tombotti idraulici per l'attraversamento de tracciato stradale.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 5 di 109
---------------------------------	--------------	------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- D.M. 17/01/2018, "Nuove norme tecniche per le costruzioni 2018".
- Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 7 del 21 gennaio 2019, Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE

3.1 CAVALCAVIA

Il manufatto sarà realizzato tra le progressive 765.70 e 748.50 del tracciato stradale in progetto, per superare l'esistente opera di imbocco del sottopasso del passante che collega l'abitato di via Mezzaluna con Cappella.

L'opera ha una lunghezza totale compresa tra gli assi di appoggio delle travi pari a 16.50 m realizzata in un'unica campata e larghezza complessiva di 11.10 m.

L'impalcato è così costituito:

- 9 travi longitudinali a sezione rettangolare di altezza 70 cm e base 70 cm poste ad interasse di 1.21 m, vincolate mediante semplice appoggio alle estremità al fine di schematizzare una struttura isostatica e in senso trasversale, mediante traversi di testata di sezione 45 x 65 cm.
- Soletta in calcestruzzo armato di spessore 0,24 m estesa lungo tutta la superficie dell'impalcato. La soletta ha il compito di sopportare localmente i carichi, trasferirli alle strutture principali e poi collaborare con le travi stesse per riportare i carichi sugli appoggi; tuttavia la soletta funge anche da traverso pertanto bisognerà tenere conto anche dei momenti in soletta indotti dalla ripartizione trasversale dei carichi mobili sull'impalcato.
- Cordoli laterali in calcestruzzo armato ai quali saranno ancorate le barriere stradali e le barriere antirumore con barriera stradale integrata.

Caratteristiche geometriche dell'impalcato

• Larghezza impalcato fuori tutto	11,20m
• Larghezza impalcato strutturale	11,10m
• Larghezza piano carrabile	9,70m
• Larghezza fuori tutto cordolo sinistro	0,70m
• Larghezza fuori tutto cordolo destro	0,70m
• Lunghezza travi	17,60m
• Luce di calcolo	16,50m

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 7 di 109
---------------------------------	--------------	------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

- Interasse travi 1,21m
- Sbalzo dall'asse trave di bordo sinistra (escluse velette) 0,55m
- Sbalzo dall'asse trave di bordo destra (escluse velette) 0,55m
- Spessore soletta 0,24m
- Obliquità 0°
- Traversi
 - Base 0,40m ○ Altezza 0,55m ○ Lunghezza 10,90m
- Travi
 - Base 0,70m ○ Altezza 0,70m ○ Lunghezza 17,60m

Le spalle laterali avranno le seguenti caratteristiche:

- Paramento verticale di altezza 4.50 m e spessore 1,20m;
- Fondazione di larghezza 3,50m, lunghezza 13,10 m e spessore 1,50m;
- N°14 pali di fondazione cilindrici, a sezione costante, aventi diametro esterno $\Phi 600\text{mm}$ e lunghezza d'infissione 10,50m;
-

Essi sono disposti su due file, a distanza di 2,10m, con interasse longitudinale pari a 1.86 m.

In corrispondenza del cavalcavia la carreggiata presenta una piattaforma di larghezza 9.50 m, con una pendenza trasversale variabile con valore massimo pari a 2,5%.

Ai lati dell'impalcato sono stati previsti due cordoli, ai quali saranno ancorate le barriere di sicurezza di tipo H3 (eventualmente integrata con barriera fonoassorbente se necessario sul cordolo di destra).

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 8 di 109
---------------------------------	--------------	------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale



Figura 2: Planimetria dell'opera

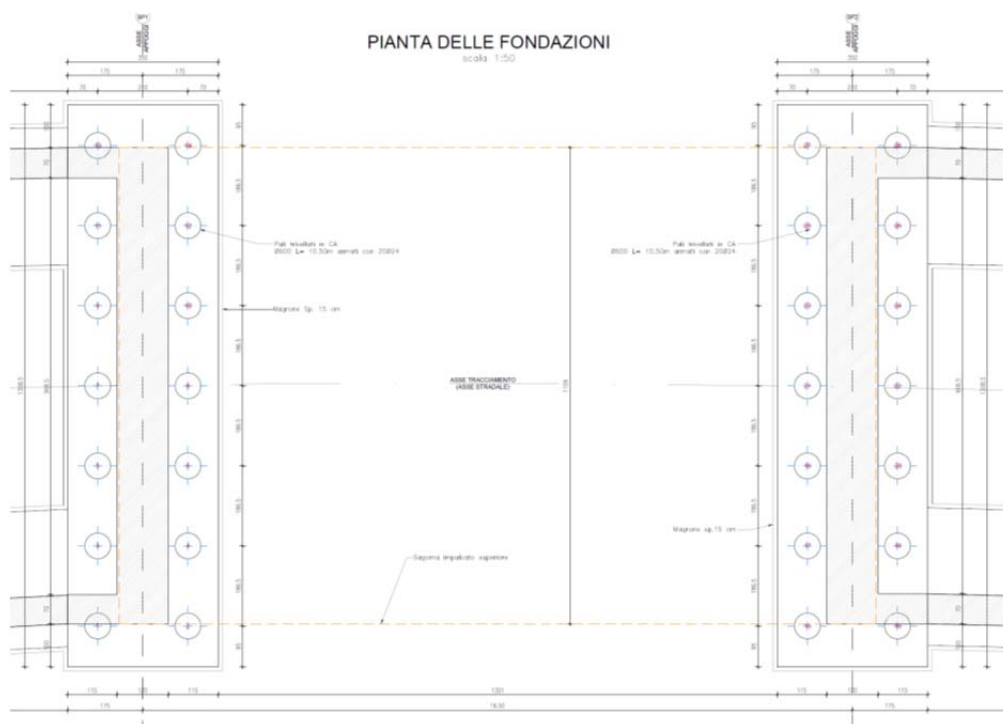


Figura 3: Pianta delle fondazioni

Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianesa" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

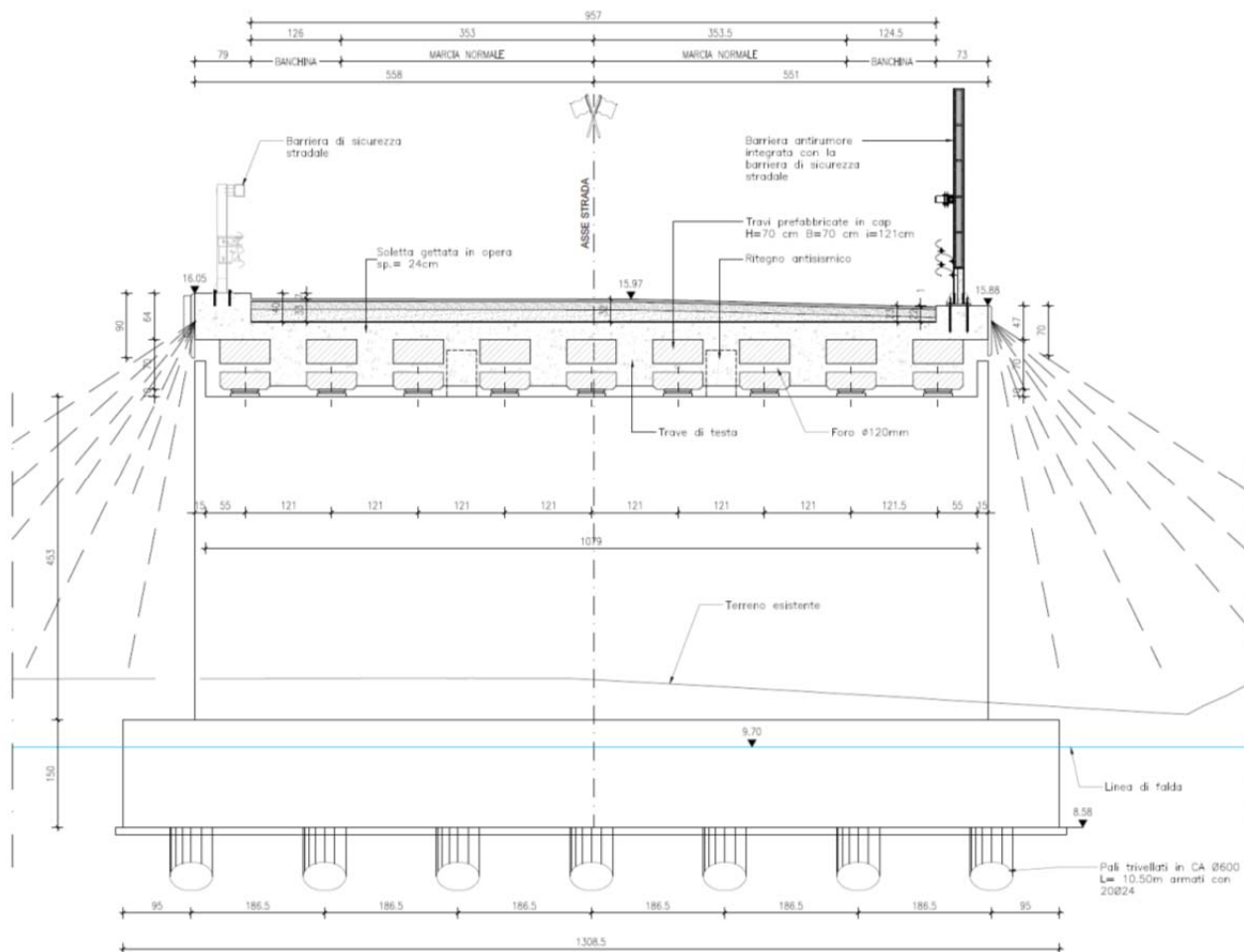


Figura 6: Sezione trasversale in asse spalle

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

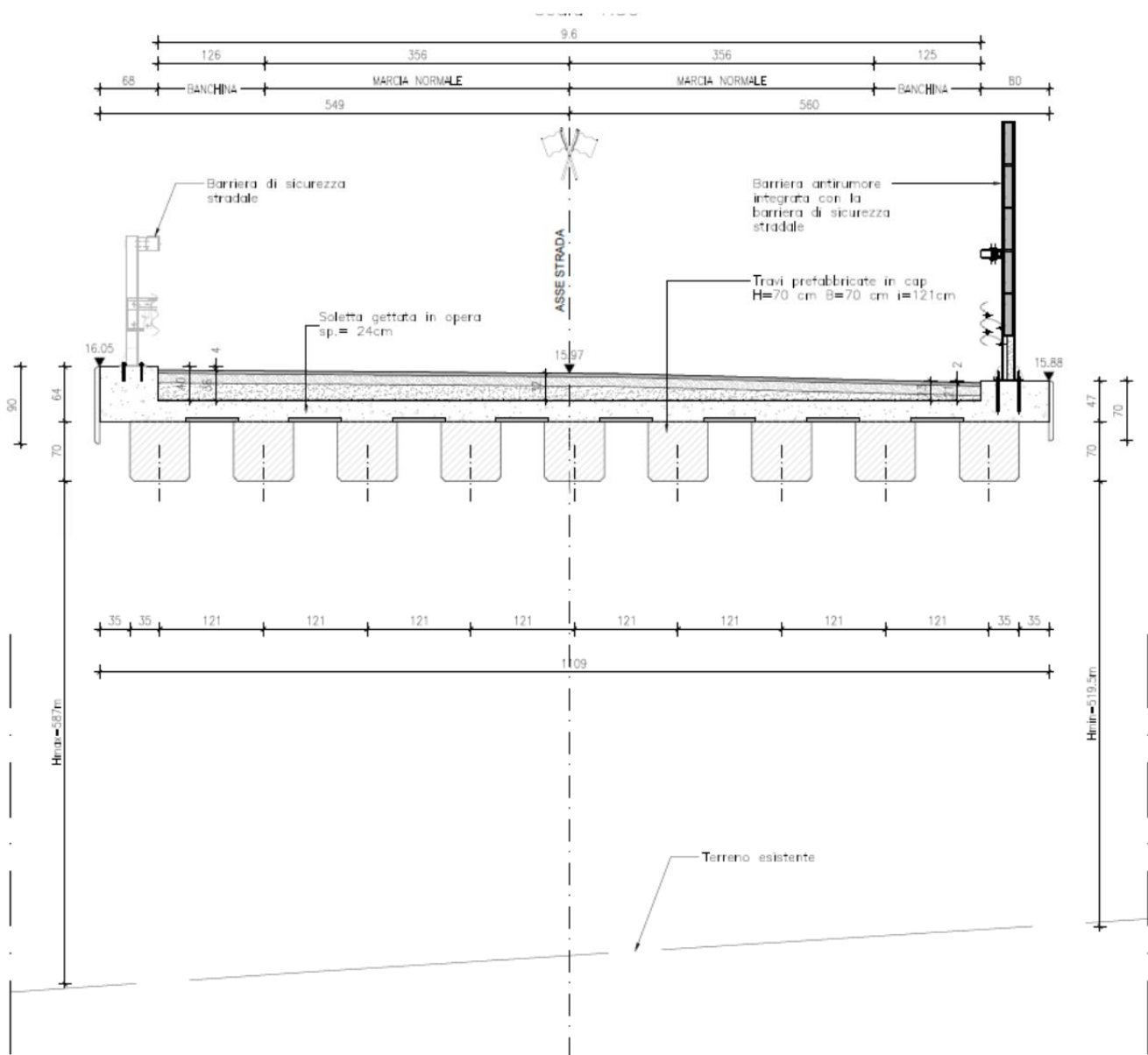


Figura 7: Sezione trasversale in asse all'opera

3.2 MURI D'ALA

A partire dagli spigoli delle spalle del cavalcavia saranno realizzati n°4 muri d'ala per il contenimento del rilevato stradale, paralleli all'andamento del tracciato. I due muri posti sul lato est della bretella, dove la scarpata del rilevato stradale ha un ingombro trasversale maggiore, avranno una lunghezza di circa 10 m, mentre i due muri sul lato ovest, dove la scarpata ha un ingombro più limitato, si estenderanno per circa la metà della lunghezza (per maggiori dettagli si vedano gli elaborati grafici).

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 12 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

I muri avranno le seguenti caratteristiche geometriche:

- Paramento verticale di altezza 5.75 m e spessore 70 cm;
- Fondazione di larghezza 3,50m, lunghezza 13,10 m e spessore 1,50m; il piano di appoggio delle fondazioni è previsto alla stessa quota delle spalle del cavalcavia.

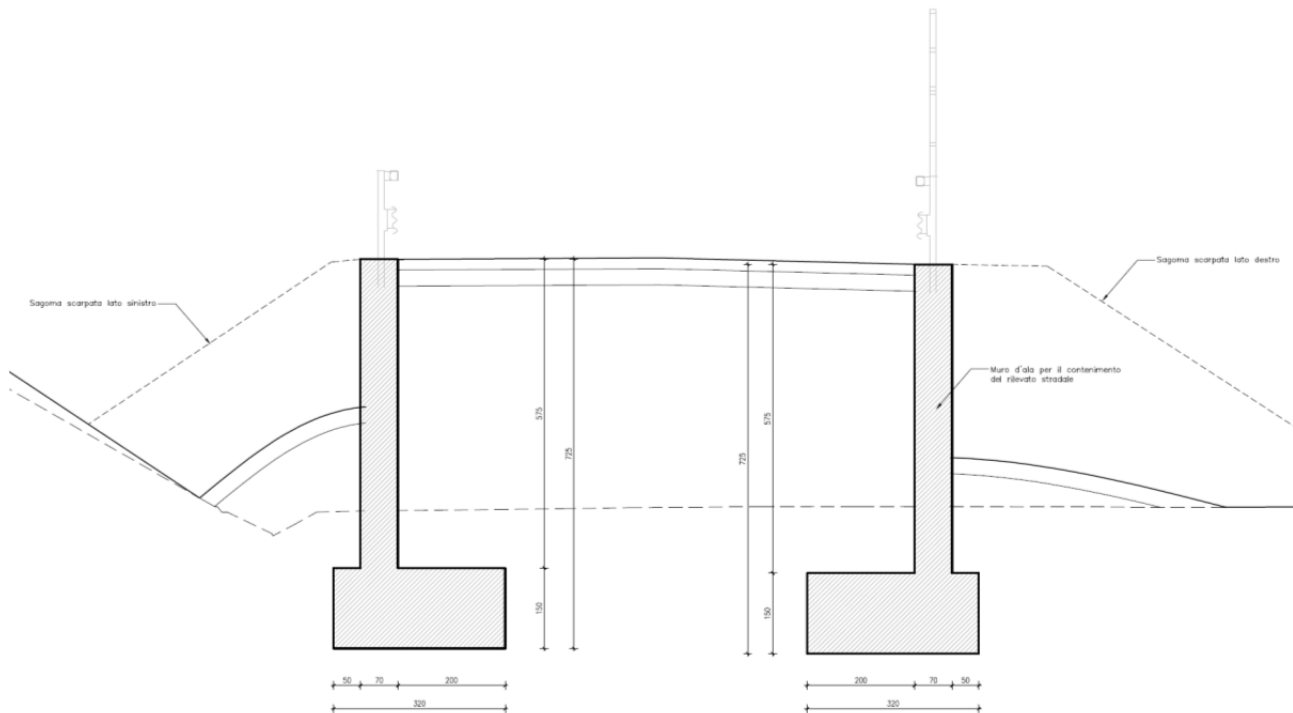


Figura 8: Sezione tipo muri d'ala

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

3.3 MURETTI D'ALA ALL'INGRESSO/USCITA DEI TOMBOTTI IDRAULICI

Nell'ambito degli interventi in progetto saranno realizzati una serie di manufatti prefabbricati di attraversamento idraulico (tombotti o tubazioni di scarico). All'imbotto e sbocco di tali manufatti saranno realizzati dei muretti d'ala in cemento armato di dimensioni variabili.

Nei capitoli seguenti si riportano le verifiche strutturali e geotecniche degli elementi con massima altezza, che risultano dunque dimensionanti.

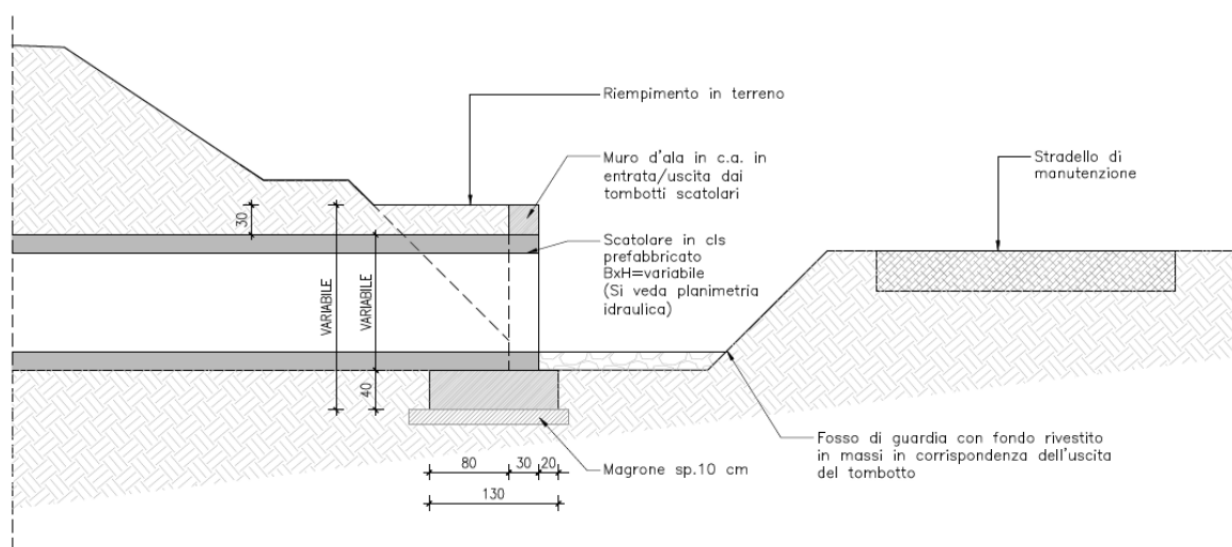


Figura 9: Sezione tipo d'imbocco/sbocco attraversamenti idraulici

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

4 DESCRIZIONE DEI MATERIALI

Calcestruzzo magro per posa fondazioni

Classe di resistenza		C12/15	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	12,00	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	15,00	MPa
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	7,00	MPa

Calcestruzzo per pali di fondazione

Classe di esposizione		XC4	
Classe di resistenza		C45/55	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	45,65	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	55,00	MPa
Resistenza cilindrica media	f_{cm}	53,65	MPa
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3,83	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctfm}	4,60	MPa
Modulo elastico medio	E_{cm}	36416	MPa
Coefficiente di Poissn	ν	0,1	
Coefficiente di dilatazione termica	α	0,00001	°C ⁻¹
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	25,87	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1,79	MPa

Calcestruzzo per strutture delle spalle

Classe di esposizione		XC4+XF2+XF3	
Classe di resistenza		C32/40	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	33,20	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	40,00	MPa
Resistenza cilindrica media	f_{cm}	41,20	MPa
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3,10	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctfm}	3,72	MPa
Modulo elastico medio	E_{cm}	33643	MPa
Coefficiente di Poissn	ν	0,1	
Coefficiente di dilatazione termica	α	0,00001	°C ⁻¹
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18,81	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1,45	MPa

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	15 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Calcestruzzo per soletta impalcato, cordoli, traversi e soletta di transizione

Classe di esposizione		XC4+XF4	
Classe di resistenza		C32/40	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	33,20	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	40,00	MPa
Resistenza cilindrica media	f_{cm}	41,20	MPa
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3,10	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctfm}	3,72	MPa
Modulo elastico medio	E_{cm}	33643	MPa
Coefficiente di Poissn	ν	0,1	
Coefficiente di dilatazione termica	α	0,00001	°C ⁻¹
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18,81	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1,45	MPa

Calcestruzzo per travi prefabbricate

Classe di esposizione		XC3	
Classe di resistenza		C45/55	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	f_{ck}	45,65	MPa
Resistenza caratteristica cubica a compressione	R_{ck}	55,00	MPa
Resistenza cilindrica media	f_{cm}	53,65	MPa
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	3,83	MPa
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctfm}	4,60	MPa
Modulo elastico medio	E_{cm}	36416	MPa
Coefficiente di Poissn	ν	0,1	
Coefficiente di dilatazione termica	α	0,00001	°C ⁻¹
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	25,87	MPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	1,79	MPa

Acciaio in barre ad aderenza migliorata per c.a.

Tipo		B450C	
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} >$	450	MPa
Tensione caratteristica rottura	$f_{yk} >$	540	MPa
Modulo elastico	E_s	210	GPa
Resistenza di calcolo a trazione	f_{yd}	391	MPa

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	16 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Acciaio da precompressione per elementi prefabbricati

Tensione caratteristica all'1% di deformazione	$f_{yk} >$	1670	MPa
Tensione caratteristica rottura	$f_{yk} >$	1860	MPa
Allungamento sotto carico massimo	$A_{gt} >$	3,5	
Classe di armatura	Classe 2 - $\rho_{1000} = 2,5$		

5 ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

Per quanto concerne la definizione degli aspetti geologici, geomorfologici e di caratterizzazione sismica del sito si fa riferimento alla Relazione geologica-geotecnica che è parte integrante del presente progetto e alla quale si rimanda per maggiori dettagli sulle stratigrafie.

L'area in esame è stata caratterizzata dal punto di vista geognostico, mediante l'esecuzione delle seguenti indagini in corrispondenza della zona di realizzazione del cavalcavia in progetto:

- N°1 prova penetrometrica statica SCPTU (piezocono sismico) fino ad una profondità di 27,36 m, con acquisizione sismica durante la fase di discesa;
- N° 1 prova penetrometrica statica CPTU fino ad una profondità di 25,25 m;
- N° 1 sondaggio a carotaggio continuo fino ad una profondità di 25 m;

Nell'ambito dei sondaggi sono stati eseguiti i seguenti rilievi:

- N°1 prova di permeabilità a carico variabile tipo Lefranc, nel tratto di profondità tra 4 e 4,5 m;
- N°1 prova SPT, nel tratto tra 8,50 e 8,95 m;
- N°1 prelievo di terreno a carattere disturbato, corrispondente al terreno attraversato dalla prova SPT;
- N°1 prelievo di terreno a carattere indisturbato, nel tratto di profondità tra 16,65 e 17,25 m;

5.1 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

Si prendono come riferimento i risultati del sondaggio effettuato più in prossimità del manufatto in progetto. Si riporta il modello stratigrafico semplificato ed i parametri geotecnici caratteristici relativi ad ogni strato litologico individuato.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	17 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Prof. da p.c. (m)	Litologia	γ' (kN/m ³)	c_u (kPa)	ϕ' (gradi)	M (MPa)	E (MPa)
00,00 – 01,90	Argilla, argilla limosa	13	10	-	0,36	-
01,90 – 02,60	Sabbia limosa	11	-	40	-	8,86
02,60 – 04,10	Argilla limosa, limo argilloso	11	21	-	1,04	-
04,10 – 15,40	Sabbia, sabbia limosa con intercalato livello di argilla limosa, limo argilloso da 8.90 a 10.40 m	11	46	30	1,74	6,88
15,40 – 18,50	Limo passante ad argilla limosa	11	86	27	3,52	6,70
18,50 – 21,00	Sabbia, sabbia limosa con intercalazioni di limo	11	-	29	-	15,60
21,00 – 29,70	Limo e argilla limosa	11	84	19	4,58	8,13
29,70 – 30,00	Ghiaia sabbiosa	14	-	38	-	79,00

Profondità falda da piano campagna = - 1,50 m

Classificazione sismica del terreno = **CLASSE C**

	Prevalente coesivo (torbe, terreni organici, da argille ad argille limose)
	Misto e/o alternanza coesivo, incoerente (da argille limose a limi argillosi, limi, da limi sabbiosi a sabbie limose)
	Prevalente incoerente (sabbie limose, sabbie, ghiaie sabbiose)

I SEGUENTI PARAMETRI SONO STATI ESTRAPOLATI DAI VALORI DI RESISTENZA DELLE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

γ'	Peso di volume efficace
c_u	Resistenza al taglio non drenata
ϕ'	Angolo di attrito interno effettivo (Jambu and Senneset, 1974 – Beta = -15°)
M	Modulo edometrico di deformazione (=1/m _v)
E	Modulo di deformazione secondo Schmertmann

5.2 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Il sottosuolo su cui insiste la struttura oggetto di verifica è assimilabile ad un **sottosuolo di categoria C** in conformità a quanto previsto nella Tabella 3.2.II delle N.T.C. di cui al D.M. 17/01/2018.

La categoria topografica è invece classificabile come **Categoria T1** secondo la Tabella 3.2.III delle suddette norme.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 18 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso.

In riferimento alla tipologia e all'importanza dell'opera in progetto, nelle presenti verifiche si considerano i seguenti stati limite:

Stati limite di esercizio:

- **Stato limite di danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso da parte delle apparecchiature.

Stati limite ultimi:

- **Stato limite di salvaguardia della vita (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

6.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in oggetto, l'opera ricade all'interno del tipo di costruzione 2: "Opere ordinarie, ponti opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale (§. 2.4.1 D.M. 17.01.2018). La vita nominale risulta pertanto $V_N > 50$ anni.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 19 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

6.2 CLASSE D'USO

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un'eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla Classe III ai sensi del §2.4.2 del D.M. 17/01/2018: "Costruzione il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

6.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Tale coefficiente è funzione della classe d'uso e nel caso specifico assume valore paria a 1,5 per la classe d'uso III.

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \text{ anni} \times 1,5 = 75 \text{ anni.}$$

6.4 AZIONI DI PROGETTO

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione massima orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_C^* periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati della pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo ad a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica, F_0 e T_C^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	20 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{VR} associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche;

A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R , espresso in anni. Fissata la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{VR} sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

I valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC 2018, in funzione di prefissati valori del periodo di ritorno T_R . L'accelerazione al sito a_g è espressa in $g/10$; F_0 è adimensionale, T_C^* è espresso in secondi.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☐ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
12,1617

LATITUDINE
45,5451

☒ Ricerca per comune

REGIONE
Veneto

PROVINCIA
Venezia

COMUNE
Martellago

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

50

info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_d

1,5

info

Valori di progetto

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

75

info

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

info

Stati limite di esercizio - SLE

SLO - $P_{VR} = 81\%$

45

SLD - $P_{VR} = 63\%$

75

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$

712

SLC - $P_{VR} = 5\%$

1462

Elaborazioni

Grafici parametri azione
 Grafici spettri di risposta
 Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

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

Strategia di progettazione

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Qualora la attuale pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contempli il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e alla P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p (a_g , F_0 , T_C^*) ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left(\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right)^{-1}$$

Nel caso in esame si utilizzano i valori dei quattro punti del reticolo, sopra definiti, all'interno del quale si trova il punto considerato. Di seguito si riporta l'interpolazione e il calcolo dei differenti parametri principali:

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0,038	2,581	0,248
SLD	75	0,048	2,537	0,281
SLV	712	0,120	2,554	0,353
SLC	1462	0,157	2,570	0,367

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE	
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

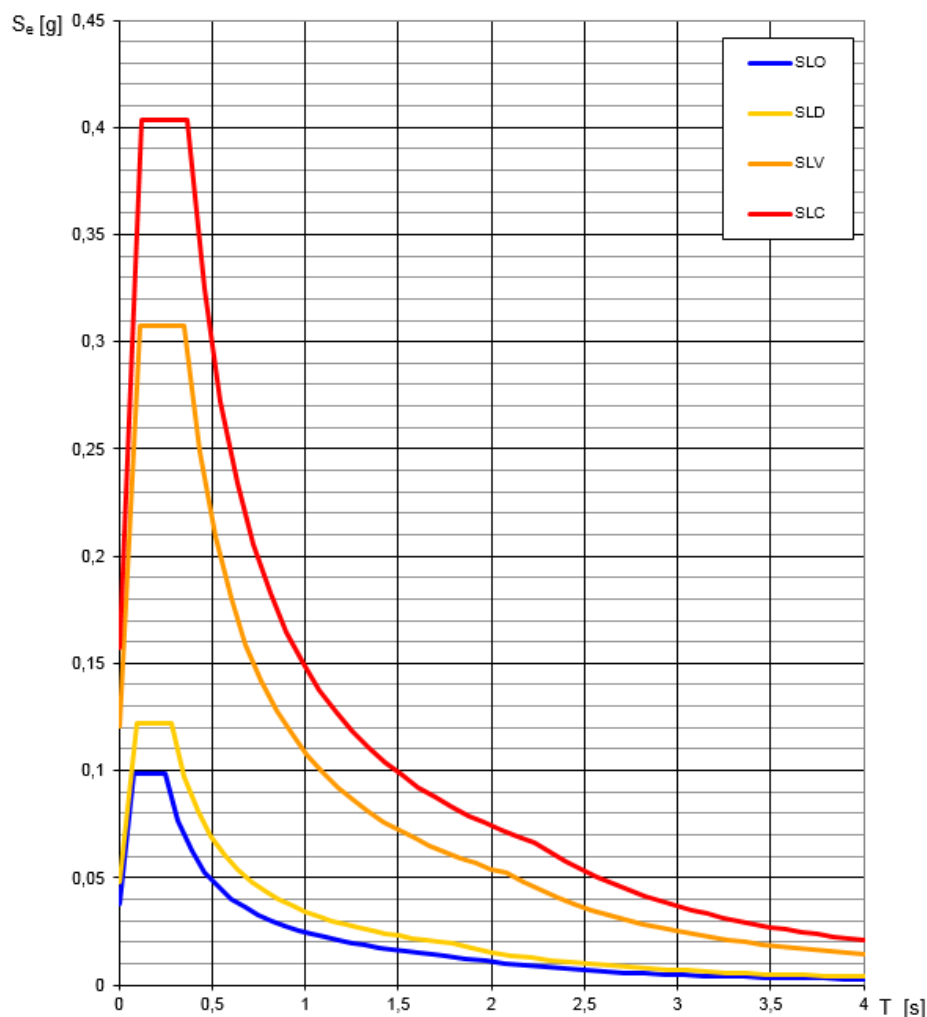


Figura 10: Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite

6.4.1 Categoria di sottosuolo e categoria topografica

In base alla natura del terreno ed ai parametri individuati, il suolo presente, è classificabile con la Categoria C: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Il sito si trova in categoria topografica T1: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$ ".

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 24 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

6.4.2 Sintesi dei parametri caratterizzanti l'azione sismica

Si riassumono nella tabella seguente i parametri considerati per il calcolo delle azioni sismiche orizzontali:

Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento

vita nominale	V_N	50	anni
classe d'uso		III	
coefficiente d'uso	C_u	1,5	
periodo di riferimento	V_R	75	anni

SLD (Stato Limite di Danno)

zona sismica		3	
probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento	P_{VR}	63%	
periodo di ritorno azione sismica	T_R	75	anni
accelerazione sismica al suolo	a_g	0,048	g
valore massimo del fattore di amplificazione	F_o	2,537	
periodo di inizio del tratto a velocità costante	T^*_C	0,281	s
categoria sottosuolo		C	
coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S	1,50	
categoria topografica		T1	
coefficiente di amplificazione topografica	S_T	1,00	
coefficiente categoria di sottosuolo	C_c	1,596	

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita)

zona sismica		2	
probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento	P_{VR}	10%	
periodo di ritorno azione sismica	T_R	712	anni
accelerazione sismica al suolo	a_g	0,120	g
valore massimo del fattore di amplificazione	F_o	2,554	
periodo di inizio del tratto a velocità costante	T^*_C	0,353	s
categoria sottosuolo		C	
coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S	1,369	
categoria topografica		T1	
coefficiente di amplificazione topografica	S_T	1,00	
coefficiente categoria di sottosuolo	C_c	1,481	

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

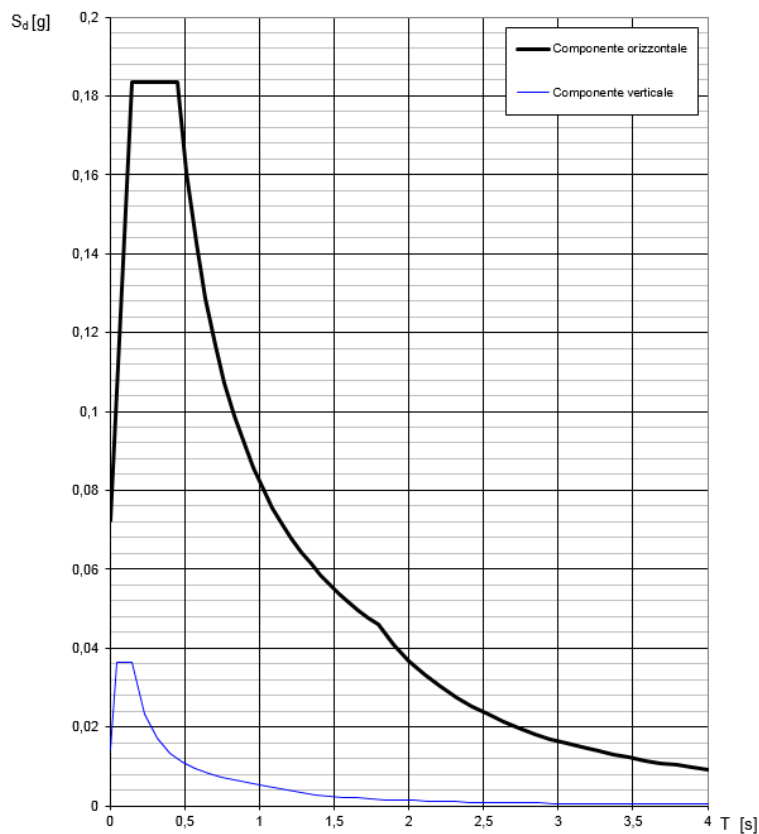


Figura 11: Spettro di risposta componente orizzontale e verticale allo Stato limite SLD

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

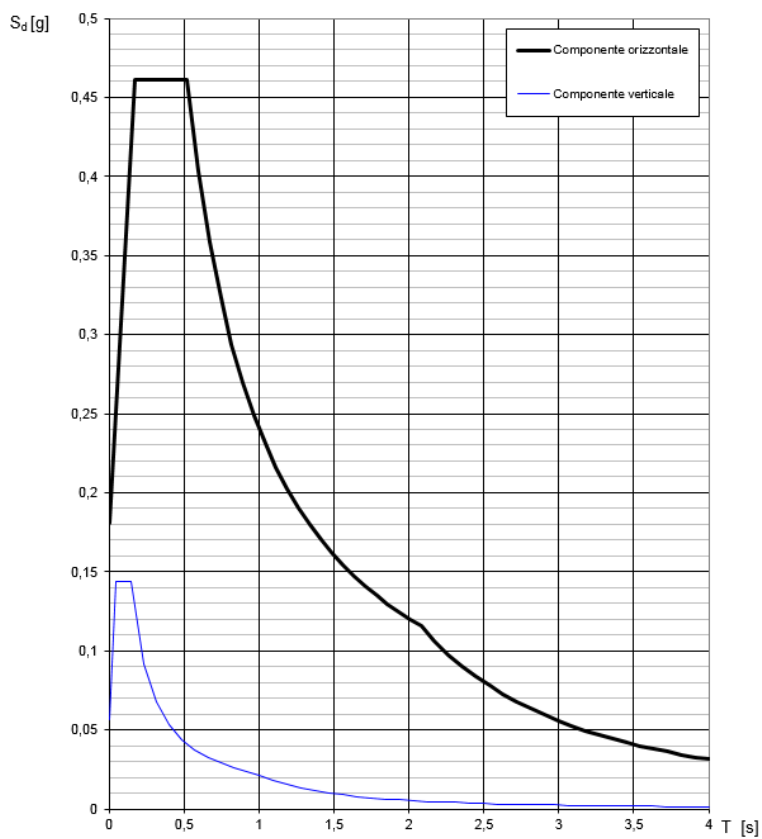


Figura 12: Spettro di risposta componente orizzontale e verticale allo Stato limite SLV

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

7 ANALISI DEI CARICHI

7.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI

Trave	$0,70 \times 0,70 \times 26,00 =$	12,74 kN/m
Soletta		
Sopra trave interna	$0,24 \times 1,21 \times 25,00 =$	7,26 kN/m
Sopra trave di bordo	$0,24 \times (1,21 \times 0,5 + 0,70) \times 25,00 =$	7,83 kN/m
Traverso di testata	$0,55 \times 0,40 \times 25,00 =$	5,50 kN/m

7.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI (NON STRUTTURALI)

Pacchetto stradale (h = 29cm)	$0,29 \times 9,70 \times 21,00 =$	59,10 kN/m
Cordolo di sinistra (h = 65cm)	$0,65 \times 0,7 \times 25,00 =$	11,40 kN/m
Cordolo di destra (h = 65cm)	$0,65 \times 0,7 \times 25,00 =$	11,40 kN/m
Barriere sicurvia	$2 \times 1,00 =$	2,00 kN/m
Rete		0,50 kN/m
Velette	$2 \times 0,05 \times 0,55 \times 25,00 =$	1,38 kN/m
		Tot. = 85,78 kN/m

Su una larghezza strutturale di 11,10m corrispondono a $7,73 \text{ kN/m}^2$; tuttavia, nei calcoli, si assume un carico uniformemente distribuito di intensità $7,80 \text{ kN/m}^2$ (85,78 kN/m).

7.2 CARICHI VARIABILI

7.2.1 Carichi mobili

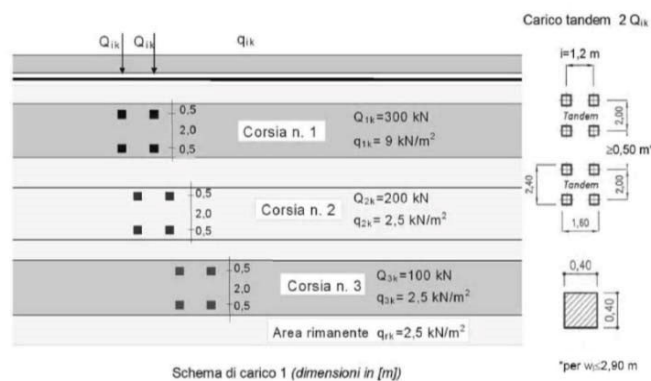
I carichi variabili da traffico per i ponti di 1° categoria, sono dati in base al D.M. 17/01/2018 gennaio 2008 - Capitolo 5.

La larghezza della sede stradale è di 9,60 m e il numero di colonne di carico da considerare è 3 di larghezza pari a 3,00m, poste a distanza di 0,43m una dall'altra, caricate nel modo seguente:

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 29 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE	
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

- 1^a colonna di carico costituita da carichi concentrati su due assi in tandem con valore per asse pari a $Q_{1k} = 300\text{kN}$ e un carico liberamente distribuito di valore pari a $q_{1k} = 9,00 \cdot 3,00 = 27\text{kN/m}$.
- 2^a colonna di carico costituita da carichi concentrati su due assi in tandem con valore per asse pari a $Q_{2k} = 200\text{kN}$ e un carico liberamente distribuito di valore pari a $q_{2k} = 2,50 \cdot 3,00 = 7,50\text{kN/m}$.
- 3^a colonna di carico costituita da carichi concentrati su due assi in tandem con valore per asse pari a $Q_{3k} = 100\text{kN}$ e un carico liberamente distribuito di valore pari a $q_{3k} = 2,50 \cdot 3,00 = 7,50\text{kN/m}$.
- Un carico distribuito di valore pari a $q_{rk} = 2,50 \text{ kN/m}^2$ nell'area rimanente (al di sopra del cordolo destro).



7.2.2 Azione longitudinale di frenamento

Secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018, la forza orizzontale dovuta al frenamento dei veicoli viene identificata come:

$$180\text{kN} \leq 0,60 \cdot 2 \cdot Q_{1k} + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900\text{kN}$$

$$q_3 = 0,60 \cdot (2 \times 300) + 0,10 \cdot 9,00 \cdot 3,00 \cdot 16,50 = 404,55\text{kN}$$

7.2.3 Azione sui parapetti e urto di veicolo in svio

Secondo quanto riportato nel D.M. 17/01/2018, si considera una forza orizzontale sulle barriere di sicurezza dovuta all'urto di un veicolo in svio pari a 200 kN

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 30 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

7.2.4 Azione del vento

Poiché sulla sommità dei cordoli sarà disposta una barriera fonoassorbente di altezza pari a 3m, devono essere valutati gli effetti del vento su di essa. Secondo le NTC 2018, la pressione del vento è determinabile mediante l'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

in cui

q_b è la pressione cinetica di riferimento

c_e è il coefficiente di esposizione

c_p il coefficiente di forma, funzione della tipologia e della geometria dell'elemento (in questo caso è stato posto $c_p = 1,80$, valore suggerito dalla CNR – DT 207/2008 per insegne e tabelloni)

c_d il coefficiente dinamico (posto unitario).

Vengono riportati i calcoli effettuati per la determinazione dell'azione in oggetto.

CALCOLO DELL'AZIONE DEL VENTO

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	25	1000	0,01
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			14
T_R (Tempo di ritorno)			75
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])			25,000
α_R (T_R)			1,02346
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s])			25,586

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
 q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 c_e (coefficiente di esposizione)
 c_p (coefficiente di forma)
 c_d (coefficiente dinamico)



OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	409,17
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati sufragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto autorelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innestate o ghiacciate, mare, laghi,....)

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

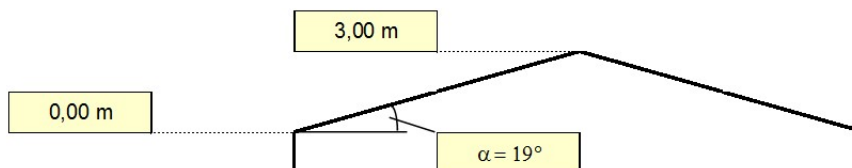
Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
1	D	14

$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
II	0,19	0,05	4	1

z [m]	c_e
$z \leq 4$	1,801
$z = 0$	1,801
$z = 3$	1,801



Sulla base del calcolo, il valore del carico del vento è posto pari a $q_{vento} = 0.75 \text{ kN/m}^2$.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

7.2.5 Azione della neve

CALCOLO DELL'AZIONE DELLA NEVE

	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbania, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
	Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
	Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Bari, Campobasso, Chieti, Ferrara, Firenze, Foggia, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
	Zona III Agrigento, Avelino, Benevento, Brindisi, Cagliari, Callianisetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Frosinone, Grosseto, L'Aquila, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastro, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Rieti, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

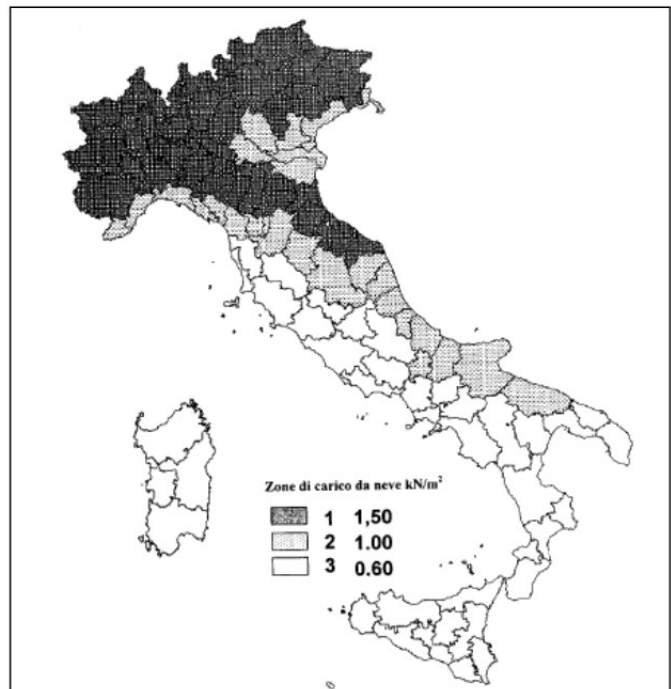
q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $\mu_i q_{sk} C_E C_t$
 μ_i (coefficiente di forma)
 q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
 C_E (coefficiente di esposizione)
 C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	14
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	1,00

Coefficiente termico

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1$.



Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre	1

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 33 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

costruzioni o alberi.

Valore del carico della neve al suolo

q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])

1,00

Sulla base del calcolo, il valore del carico della neve è posto pari a $q_{neve} = 1.00 \text{ kN/m}^2$.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Conformemente alla Normativa vigente, sono state considerate le seguenti combinazioni di carico significative:

- combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

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

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

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

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

- combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

- combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d :

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

I coefficienti parziali di sicurezza ed i coefficienti di combinazione definiti dalla norma sono riportati di seguito:

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 35 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli sfavorevoli	γ_{G1}	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli sfavorevoli	γ_{G2}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	γ_Q	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Carichi variabili	favorevoli sfavorevoli	γ_{Qi}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90 1,00 ⁽³⁾	1,00 1,00 ⁽⁴⁾	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequent)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanent)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_5	5	0,0	0,0	0,0
	Vento a ponte scarico			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
Neve q_5	Vento a ponte carico	0,6		
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

I coefficienti parziali di sicurezza ed i coefficienti di combinazione utilizzati per le verifiche della costruzione sono riportati di seguito:

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	36 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Coefficienti parziali di Sicurezza γ					
		γ	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi Permanenti	Effetti favorevoli	$\gamma_{G1.inf}$	0,90	1,00	1,00
	Effetti sfavorevoli	$\gamma_{G1.sup}$	1,10	1,35	1,00
Carichi Permanenti non strutturali compiutamente definiti	Effetti favorevoli	$\gamma_{G2.inf}$	0,90	1,00	1,00
	Effetti sfavorevoli	$\gamma_{G2.sup}$	1,10	1,35	1,00
Carichi Variabili da traffico	Effetti favorevoli	$\gamma_{Q.inf}$	0	0	0
	Effetti sfavorevoli	$\gamma_{Q.sup}$	1,35	1,35	1,15
Carichi Variabili	Effetti favorevoli	$\gamma_{Q.inf}$	0	0	0
	Effetti sfavorevoli	$\gamma_{Q.sup}$	1,50	1,50	1,30
Ritiro e viscosità, Variazioni Termiche	Effetti favorevoli	$\gamma_{\epsilon i.inf}$	0	0	0
	Effetti sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon i.sup}$	1,20	1,20	1,00

Per le verifiche delle fondazioni si sono analizzate le condizioni

- SL di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- SL di resistenza della struttura in condizione sismica: **SIS**
- SL di resistenza del terreno: **GEO**

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

9 VERIFICA DELL'IMPALCATO

Si riportano a seguire le **analisi ed i risultati delle verifiche tecniche** condotte sulle strutture allo stato di fatto, in accordo con **le N.T.C. di cui al D.M. 17/01/2018** secondo il metodo agli stati limite.

9.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Per la verifica delle strutture, sia dal punto di vista statico, sia sismico è stato realizzato un modello di calcolo agli elementi finiti con l'ausilio del Software in licenza MidasGen 2018, distribuito in Italia dalla ditta CSPFEA di Padova.

La geometria implementata nel modello di calcolo ricalca fedelmente le geometrie di progetto.

L'impalcato è così costituito:

- 9 travi longitudinali di sezione 0,7mx0,7m e lunghezza 16,5m, vincolate mediante semplice appoggio alle estremità al fine di schematizzare una struttura isostatica e in senso trasversale, mediante traversi di testata (sezione 0,45mx0,55m). Entrambi gli elementi sono stati modellati come elementi bidimensionali tipo *BEAM*;
- Soletta in calcestruzzo armato di spessore 0,24m estesa lungo tutta la superficie dell'impalcato, modellata come elemento *Shell-sottile*;
- Cordoli laterali in calcestruzzo armato, modellati come elementi *Shell-sottile*. Lo spessore dei cordoli in fase di progetto risulta variabile; nel programma tuttavia si è preferito modellarlo pari a quello della soletta e aggiungere, in fase di calcolo, il valore del carico dovuto allo spessore superiore.

Con il modello FEM si vuole cogliere il comportamento globale della struttura. Il peso proprio della trave in calcestruzzo armato, della soletta e dei traversi è computato direttamente dal programma in fase di calcolo. Il peso del pacchetto stradale, dello spessore aggiuntivo del cordolo e degli elementi accessori (quali rete, velette e barriere stradali) sono stati aggiunti in fase successiva e computati come carichi permanenti non strutturali.

I carichi accidentali sono stati inseriti secondo gli schemi previsti nell'analisi dei carichi per simulare la corretta posizione dei carichi tandem nelle 3 corsie rispettive.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 38 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Al modello sopra descritto sono stati applicati i carichi accidentali, distribuiti e concentrati, dovuti al traffico e alla presenza di affollamento lungo i marciapiedi laterali in base a quanto definito in precedenza nel Capitolo 6.

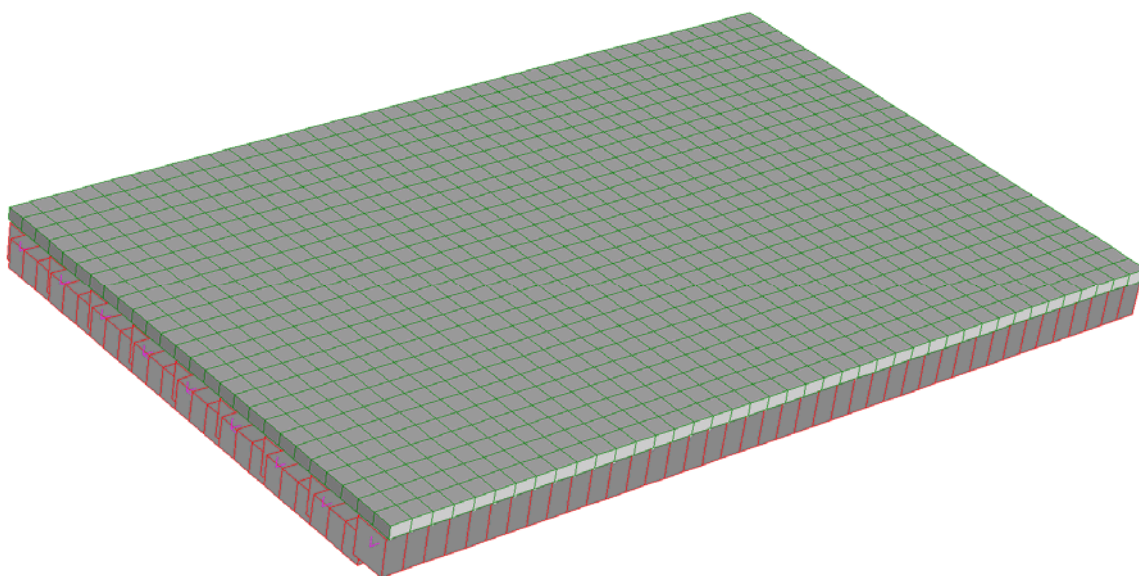


Figura 13: *Modello di calcolo dell'impalcato del cavalcavia*

9.2 PROCEDURA DI CALCOLO E TIPOLOGIA DI ANALISI ADOTTATA

L'intero processo di verifica strutturale può essere riassunto nei punti che seguono:

1. Preparazione del modello di calcolo una volta definiti tutti i dati di input relativi alla geometria della struttura, alle condizioni di vincolo, alle caratteristiche dei materiali, alle condizioni elementari di carico.
2. Definizione delle combinazioni di carico previste dalla normativa vigente.
3. Esecuzione della fase di soluzione del problema con le seguenti analisi:
 - a. analisi lineare statica;
 - b. analisi dei modi di vibrare che permette di determinare i periodi fondamentali di vibrazione della struttura e la massa partecipante ad essi associata;
 - c. analisi dinamica lineare con fattore di struttura q
4. Esecuzione delle verifiche tecniche statiche e sismiche previste ai sensi delle NTC di cui al

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 39 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

D.M. 17/01/2018.

Il calcolo sismico è stato effettuato mediante **analisi dinamica modale con fattore di struttura $q=1$** , così come previsto dalla normativa per **strutture non dissipative**. Essendo l'impalcato realizzato con elementi precompressi si considera anche la componente verticale dell'azione sismica.

9.3 VERIFICA DELLE TRAVI IN C.A.P. PRE-TESO

9.3.1 Introduzione

Le verifiche dell'impalcato sono state condotte in due differenti fasi di getto, la prima delle quali coincide, abitualmente, con la prefabbricazione in stabilimento ($t=0$) e la seconda con il successivo getto integrativo della soletta, realizzato in opera ($t=\infty$).

In entrambi i casi è stato fatto riferimento alla sezione ideale omogeneizzata calcestruzzo-acciaio, in quanto, di fatto, al momento del taglio dei trefoli in stabilimento, data la parziale maturazione del calcestruzzo, è già stata stabilita una quasi perfetta aderenza tra armatura e conglomerato.

9.3.2 Perdite di tensione

Le perdite di tensione nel calcestruzzo armato precompresso vengono suddivise in perdite istantanee e differite nel tempo: le prime si manifestano già durante la fase di tesatura e di trasferimento della precompressione dall'acciaio al calcestruzzo, le seconde si manifestano a causa degli effetti secondari dipendenti dalle caratteristiche di acciaio e calcestruzzo e dai carichi applicati.

Le perdite che si verificano in fase di tesatura sono dovute a:

Scivolamento dei cavi all'interno dei martinetti di tesatura

Rientro dei cunei di ancoraggio all'interno del calcestruzzo

Le cadute di tensione che avvengono in fase di trasferimento della precompressione sono dovute alla deformazione elastica del calcestruzzo conseguente all'azione delle armature che, dapprima ancorate in corrispondenza delle testate, vengono poi rilasciate.

Le perdite differite nel tempo, avvengono dopo la messa in opera dell'elemento precompresso e sono dovute sia al ritiro e alla viscosità del calcestruzzo, che al rilassamento dell'acciaio.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	40 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Nella verifica, in fase iniziale ($t=0$) è stata considerata un'aliquota di perdita elastica pari al 5% della tensione di tiro dell'acciaio; nella fase finale ($t=\infty$) è stata conteggiata la seconda parte di tale perdita di tensione, sommata a quelle differite.

9.3.2.1 Cadute di tensione per rilassamento

In accordo a quanto prescritto al punto 11.3.3.3 del D.M. 14 gennaio 2008, la caduta di tensione per rilassamento, a tempo t , ad una temperatura di 20°C, può assumersi, per i trefoli, pari al valore calcolato con la seguente relazione:

in cui:

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 0,66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9,1\mu} \cdot \left(\frac{t}{1000}\right)^{0,75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}$$

σ_{pi} tensione iniziale del trefolo

ρ_{1000} perdita di rilassamento (in percentuale) a 1000 ore dopo la messa in tensione, a 20°C e a partire da una tensione iniziale pari a 0,7 volte la resistenza f_p del campione provato

$$\mu = \frac{\sigma_{pi}}{f_{ptk}}$$

t tempo misurato in ore dalla messa in tensione ($t_{\infty}=500000$ ore).

La normativa, nella tabella 11.3.VIII, fornisce i valori di ρ_{1000} in funzione della classe di armatura; per il caso in esame, trattandosi di trefoli stabilizzati, si ha $\rho_{1000}=2,50$.

9.3.2.2 Cadute di tensione per ritiro del calcestruzzo

La vigente normativa, al punto 11.2.10.6 fornisce indicazioni in merito alla valutazione della deformazione assiale per ritiro del calcestruzzo. La deformazione totale per ritiro può essere espressa mediante due contributi:

in cui:

ϵ_{cs} deformazione totale per ritiro

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 41 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

ε_{cd} deformazione per ritiro da essiccamento

ε_{ca} deformazione per ritiro autogeno

Nei calcoli è stata adottata una deformazione totale per ritiro (fornita da letteratura) pari a $\varepsilon_{cs}=0,0003$.

La perdita di tensione dovuta al ritiro del calcestruzzo è, quindi:

$$\Delta\sigma_{ps} = E_{ap} \cdot \varepsilon_{cs}$$

9.3.2.3 Cadute di tensione per viscosità del calcestruzzo

Ai fini della determinazione degli effetti della viscosità sulle cadute di precompressione, si assume un coefficiente di viscosità $\Phi(\infty,t)=2,30$.

La perdita per effetto delle viscosità è determinabile con la seguente relazione:

$$\Delta\sigma_{pv} = \Phi(\infty, t) \cdot \frac{E_{ap}}{E_{c(t=\infty)}} \cdot \sigma_{c,qp}$$

in cui $\sigma_{c,qp}$ è il valore della tensione nel calcestruzzo in quasi permanente a livello del baricentro dei trefoli.

9.3.2.4 Cadute di tensione per elasticità

Tali perdite sono dovute alla deformazione elastica del calcestruzzo conseguente all'azione delle armature da precompressione che, dapprima ancorate in corrispondenza delle testate, vengono poi rilasciate.

Il valore di tale perdita è calcolabile con la seguente relazione:

$$\Delta\sigma_{el,t=\infty} = \frac{\Delta P_{el,t=\infty}}{A_p} = N_{PCP} \cdot \frac{E_p \cdot A_p}{E_p \cdot A_p + E_{c,t=\infty} \cdot A_c} \cdot \frac{1}{A_p}$$

in cui

A_p area totale dell'armatura

E_p modulo elastico dell'acciaio

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	42 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

A_c area della sezione in calcestruzzo
 $E_{c,t=\infty}$ modulo elastico del calcestruzzo finale a $t=\infty$
 $N_{PCP} = \sigma_{pi} \cdot A_p$ la forza di precompressione applicata ai trefoli

9.3.2.5 Verifiche a $t=0$

Verifica delle tensioni iniziali nel calcestruzzo e nell'acciaio

La normativa vigente prescrive che vengano soddisfatte le seguenti condizioni:

Per il calcestruzzo

$$\sigma_{c,max} \leq 0,7 \cdot f_{ckj,t=0} \quad (\text{in combinazione quasi permanente})$$

Per l'acciaio

$$\sigma_{p,max} \leq \min\{0,80 \cdot f_{ptk}; 0,90 \cdot f_{p(0,1)k}\}$$

9.3.2.6 Verifiche a $t=\infty$

Verifica delle tensioni nel calcestruzzo e nell'acciaio

La normativa vigente prescrive che vengano soddisfatte le seguenti condizioni:

Per il calcestruzzo

Comb. Rara $\sigma_{c,max} \leq 0,6 \cdot f_{ck,t=\infty}$

Per l'acciaio

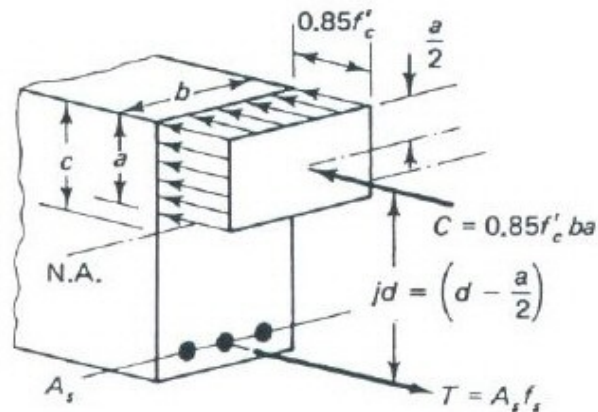
Comb. Quasi permanente $\sigma_{c,max} \leq 0,45 \cdot f_{ck,t=\infty}$

Comb. Rara $\sigma_{p,rara} \leq 0,8 \cdot f_{fp(0,1)k}$

9.3.2.7 Verifica a flessione agli SLU

E' stato ipotizzando un legame costitutivo di tipo rettangolare per il calcestruzzo (stress-block) ed elasto-perfettamente-plastico per l'acciaio, come mostrato dalla seguente figura.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale



In tal modo è possibile calcolare il momento resistente della sezione, impostando prima un equilibrio alla traslazione ponendo che la risultante C delle tensioni di compressione nel calcestruzzo sia equivalente alla risultante C delle tensioni nell'acciaio:

$$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = A_p \cdot f_p$$

In cui

- f'_c resistenza a compressione di calcolo
- $a = 0,8 \cdot c$ con c profondità dell'asse neutro della sezione
- A_p area della sezione in calcestruzzo
- f_p tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio
- b larghezza sezione

Dalla precedente formula è possibile ricavare la profondità dell'asse neutro c e impostare l'equilibrio alla rotazione per risalire al momento resistente M_{rd} della sezione armata:

$$M_{Rd} = T \cdot J_d$$

9.4 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI

Sezione di calcestruzzo:

- base $b_c = 700\text{mm}$
- altezza $h_c = 700\text{mm}$

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 44 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

- area $A_c = b_c \cdot h_c = 490000 \text{ mm}^2$
- coordinata y baricentro $y_c = h_c \cdot 0,5 = 350 \text{ mm}$
- momento di inerzia rispetto asse x-x $J_c = b_c \cdot h_c^3 / 12 = 700 \cdot 700^3 / 12 = 2,00 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$

Sezione di acciaio:

- diametro nominale $\Phi = 0,6''$
- area singolo trefolo $A_{\text{trefolo}} = 140 \text{ mm}^2$
- area totale $A_p = 30 \cdot A_{\text{trefolo}} = 4200 \text{ mm}^2$
- coordinata y baricentro

$$y_p = \Sigma(A_{pi} \cdot d_{xi}) / A_p = (4 \cdot 140 \cdot 450 + 4 \cdot 140 \cdot 165 + 10 \cdot 140 \cdot 95 + 12 \cdot 140 \cdot 55) / 4200 = 135,67 \text{ mm}$$

9.4.1 Sezione netta di calcestruzzo

- Area netta

$$A_{\text{netta}} = A_c - A_p = 490000 - 4200 = 485800 \text{ mm}^2$$

- Coordinata y baricentro

$$y_{\text{netta}} = [A_c \cdot d_{cx} - \Sigma(A_{pi} \cdot d_{xi})] / A_{\text{netta}} =$$

$$= [490000 \cdot 350 - (4 \cdot 140 \cdot 450 + 4 \cdot 140 \cdot 165 + 10 \cdot 140 \cdot 95 + 12 \cdot 140 \cdot 55)] / 485800 = 351,85 \text{ mm}$$

- Momento di inerzia

$$J_{\text{netta}} = J_c + A_c \cdot (y_{\text{netta}} - y_c)^2 - A_p \cdot (y_{\text{netta}} - y_p)^2 =$$

$$= 2,00 \cdot 10^{10} + 490000 \cdot (351,85 - 350)^2 - 4200 \cdot (351,85 - 135,67)^2 = 1,98 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

9.5 VERIFICA A FLESSIONE SLU TRAVE IN C.A.P

Dal modello di calcolo è stato determinato il momento massimo agente sulla sezione agli **SLU nella combinazione più onerosa**:

Il momento (SLU) massimo agente vale: $M_{\text{SLU}} = 2557,00 \text{ kNm}$

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 45 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

	MIN	MAX
SF2(kN)	-659,9661	650,7940
	[Bm:41]	[Bm:1]
BM2(kN.m)	-79,2138	2556,5735
	[Bm:41]	[Bm:21]

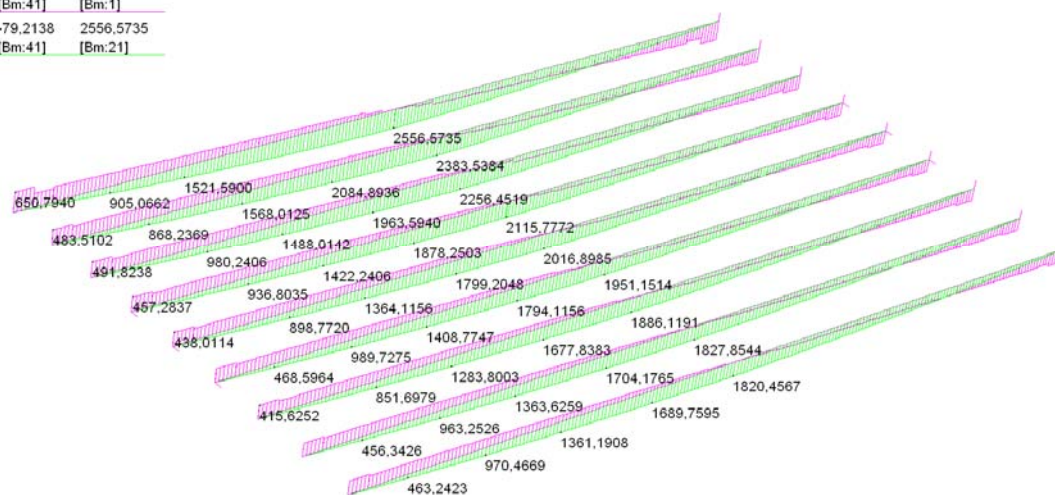


Figura 14: Sollecitazioni di Momento flettente (M_{SLU}) e taglio (V_{SLU}) su travi dell'impalcato

Dall'equilibrio alla traslazione in direzione orizzontale

$$0,85 \cdot f'_c \cdot b \cdot a = A_p \cdot f_p$$

$$0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{1,50} \cdot b \cdot 0,80 \cdot c = A_p \cdot 0,90 \cdot \frac{f_{ptk}}{1,15}$$

dalla quale $c = 464,24$.

Dall'equilibrio alla rotazione

$$M_{Rd} = T \cdot J_d$$

$$M_{Rd} = A_p \cdot 0,90 \cdot \frac{f_{ptk}}{1,15} \cdot (d - 0,4c) = 2808 kNm > M_{SLU}$$

La verifica risulta soddisfatta.

9.6 VERIFICHE SOLETTA

L'impalcato del ponte oggetto di studio è completato in opera con una soletta di spessore 24cm.

La soletta ha il compito di sopportare localmente i carichi, trasferirli alle strutture principali e poi collaborare con le travi stesse per riportare i carichi sugli appoggi; tuttavia la soletta funge

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

anche da trasverso pertanto bisognerà tenere conto anche dei momenti in soletta indotti dalla ripartizione trasversale dei carichi mobili sull'impalcato. La verifica viene condotta considerando la somma dei momenti dovuti agli effetti di ripartizione (carico distribuito per ciascuna corsia) e agli effetti locali.

I momenti indotti in soletta dagli effetti di ripartizione dei carichi mobili si leggono dal modello agli elementi finiti e valgono, per combinazione a SLU, rispettivamente:

$$M_{Sd,xx} = 66,1 \text{ kNm} ; M_{Sd,yy} = 29,7 \text{ kNm}$$

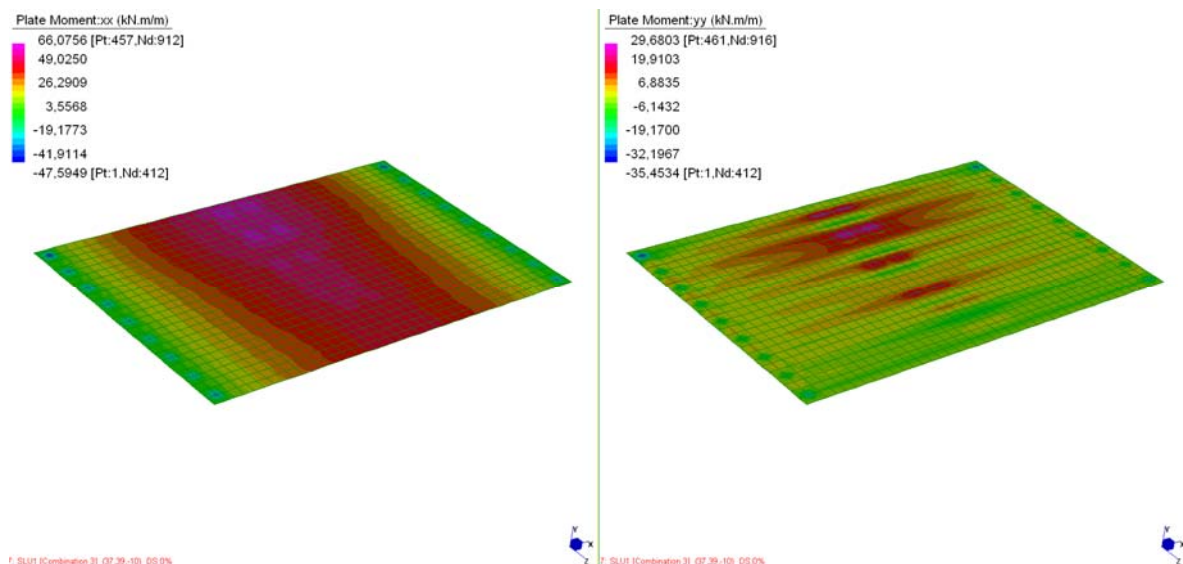


Figura 15: Sollecitazioni di Momenti flettenti $M_{xx,SLU}$ e $M_{yy,SLU}$ sulla soletta dell'impalcato

Di seguito si riportano le verifiche, a flessione, eseguite per la combinazione di calcolo SLU mediante il programma VCASLU del Prof. Gelfi. Ponendo $5\Phi 20$ al lembo superiore (con baricentro a 4cm dall'intradosso) e $5\Phi 20$ al lembo inferiore (con baricentro a 4 cm dall'intradosso) si ottiene, rispettivamente:

$$M_{Rd} = 112,5 \text{ kNm} > 66,1 \text{ kNm} = M_{Sd}$$

Le verifiche risultano pertanto soddisfatte.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	47 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	24

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	4
2	15.71	20

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
S.L.U.+ S.L.U.-
Metodo n

Tipo flessione
Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C C32/40

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 18.7 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
 τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 112.5 kN m

σ_c -18.7 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 13.91 ‰
d 20 cm
x 4.021 x/d 0.201
 δ 0.7

Figura 16: Verifiche a flessione, SLU

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

10 VERIFICA DELLE SPALLE IN CALCESTRUZZO ARMATO

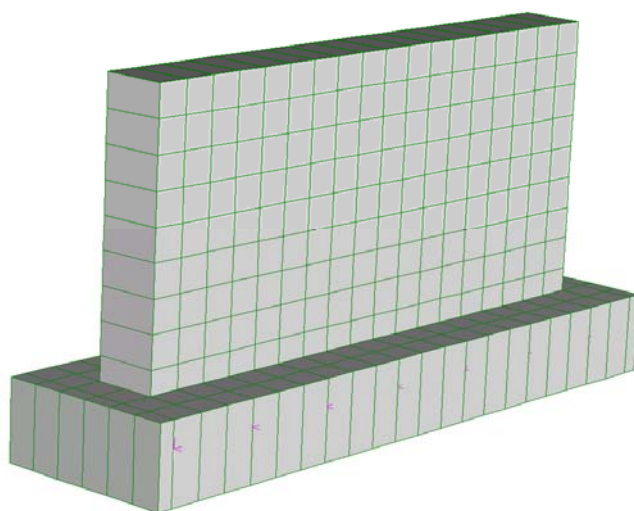
10.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

L'analisi della struttura è stata anch'essa condotta, come nel caso dell'impalcato soprastante, in campo elastico lineare. Si è optato per modellare le spalle in calcestruzzo armato separatamente dal resto della struttura riportandovi le sollecitazioni provenienti dall'impalcato.

La spalla è così costituita:

- Paramento verticale di altezza 4,53m. Il programma, in fase di modellazione, considera le sezioni baricentriche pertanto il valore precedentemente ricavato è stato maggiorato di metà altezza della fondazione, pari a 75 cm, e di metà altezza della trave in precompresso, pari a 35 cm (al fine di garantire continuità con la modellazione precedente). L'altezza complessiva, in fase di modellazione, è pari a 5,63. Il paramento è stato modellato come elemento *Shell-Spesso*, di spessore pari a 1,20m.
- Fondazione di sezione 3,50mx1,50m, modellata come elemento *Shell-Spesso*.
- Si è omessa la modellazione del palo di fondazione al cui posto, in corrispondenza dei nodi di attacco palo-fondazione, è stato inserito un vincolo puntuale (incastro).

Si è optato per eseguire poi a parte la verifica e il progetto dei pali in base ai valori di reazione alla base ricavati dal modello.



OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Figura 17: *Modello di calcolo della spalla in calcestruzzo armato*

Il contributo del **terreno spingente** retrostante le spalle è stato modellato come carico uniformemente distribuito, di tipo triangolare, sugli elementi "shell" costituenti il paramento. In base alle caratteristiche del terreno da rilevato, considerando le tradizionali formulazioni presenti in letteratura, è stato ricavato il seguente valore di spinta:

$$\frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot k_a \cdot H^2 = \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 0,307 \cdot 4,53^2 = 62,99 kN$$

in cui:

$\gamma = 20 kN/m^3$ peso specifico del terreno di costituente il rilevato a tergo

H altezza reale del paramento

$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ coefficiente di spinta del terreno, per angolo di attrito $\varphi = 32^\circ$.

In **fase sismica** si considera il contributo di una spinta aggiuntiva, ricavata mediante la formula di Wood:

$$\Delta P_{aE} = \gamma \cdot k_h \cdot H^2 = 20 \cdot 0,0365 \cdot 4,53^2 = 14,98 kN$$

In cui

$\gamma = 20 kN/m^3$ peso specifico del terreno di costituente il rilevato a tergo;

H altezza reale del paramento

$$k_h = \beta_m \cdot S \cdot \frac{a_g}{g} = 60,18 \cdot 1,495 \cdot 0,136 = 0,0365$$

Il contributo della spinta aggiuntiva viene dunque modellato come un carico uniformemente distribuito lungo l'altezza del paramento della spalla.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 50 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

10.2 VERIFICHE SPALLA

Di seguito si riportano, in analogia a quanto descritto per la soletta dell'impalcato, le verifiche flessionali sugli elementi costituenti la spalla del cavalcavia.

10.2.1.1 Paramento verticale

Il paramento verticale viene considerato, in fase di verifica, come una trave di sezione rettangolare di lati 1,00*1,20m sulla quale agiscono i seguenti valori di sollecitazione, ricavati dal programma FEM in corrispondenza della sezione di attacco fra paramento e fondazione:

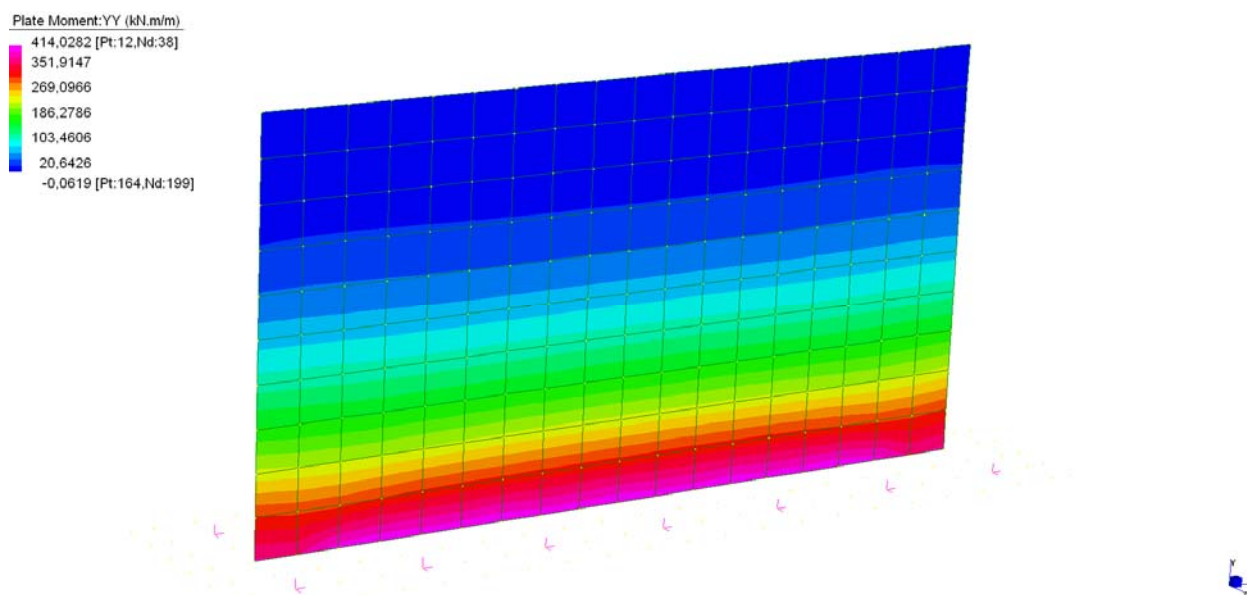


Figura 18: *Momento Myy su paramento verticale in calcestruzzo armato*

Il momento (SLU) massimo agente alla base vale: $M_{Ed} = 414 \text{ kNm}$

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Verifica SLU a flessione

Verifica C.A. S.L.U. - File: [] [x]

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : []

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	15.71	7
			2	15.71	113

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{Ed} 0 kNm
M_{yEd} 0

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord. [cm]: xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali: B450C C32/40

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18.7 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 12.25 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.7333
τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 691.5 kNm
σ_c -18.7 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 65.99 ‰
d 113 cm
x 5.691 x/d 0.05036
δ 0.7

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U. + S.L.U. - Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
Precompresso

Figura 19: Verifica per combinazione SLU

Ponendo 5Φ20 sia in zona tesa che compressa, si ottiene un momento di resistente M_{Rd} pari a $M_{Rd} = 691,50 \text{ kNm} > M_{Ed} = 414 \text{ kNm}$. La verifica si ritiene dunque soddisfatta.

10.3 FONDAZIONE

La fondazione viene considerata, in fase di verifica, come una trave di sezione rettangolare di lati 1,00x1,50m sulla quale agiscono i seguenti valori di sollecitazione, ricavati dal programma FEM in delle sezioni più sollecitate.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 52 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Plate Moment:ZZ (kN.m/m)
232.7004 [Pt:126.Nd:41]
163.5117
71.2602
-20.9914
-113.2429
-205.4945
-228.5574 [Pt:106.Nd:152]

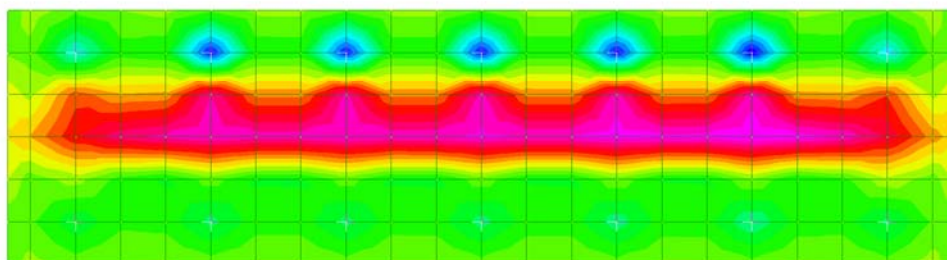


Figura 20: Momento M_{zz} su dado di fondazione in calcestruzzo armato

Il momento (SLU) massimo agente vale: $M_{Ed} = 232,7 \text{ kNm}$

Verifica SLU a flessione

Verifica C.A. S.L.U. - File: VERIFICA SPALLA FONDAZIONE

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	22.62	7
			2	22.62	143

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
Centro Baricentro cls
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{Rd} 1.246 kN m

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200,000 N/mm²	f_{cd}	18.7 N/mm²
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12.25 N/mm²
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.7333
		τ_{c1}	2.114

Metodo di calcolo S.L.U. + S.L.U. - Metodo n

Tipo flessione Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L₀ 0 cm Col. modello

Precompresso

σ_c -18.7 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.248 ‰
 ϵ_s 67.5 ‰
d 143 cm
x 6.564 x/d 0.04591
 δ 0.7

Figura 21: Verifica per combinazione SLU

Ponendo 5 Φ 24 sia in zona tesa che compressa, si ottiene un momento di resistente M_{Rd} pari a $M_{Rd} = 1246 \text{ kNm} > M_{Ed} = 232,7 \text{ kNm}$. La verifica si ritiene dunque soddisfatta.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

10.4 VERIFICHE PALI DI FONDAZIONE

La fondazione della spalla è sostenuta da n° 2 file di pali trivellati per un totale di $n^{\circ}7+7=14$ pali.

Si riportano le azioni agli SLU risultanti sulla testa dei pali.

Carico assiale N:

Si fa notare che tutti i pali sono soggetti ad azione di compressione.

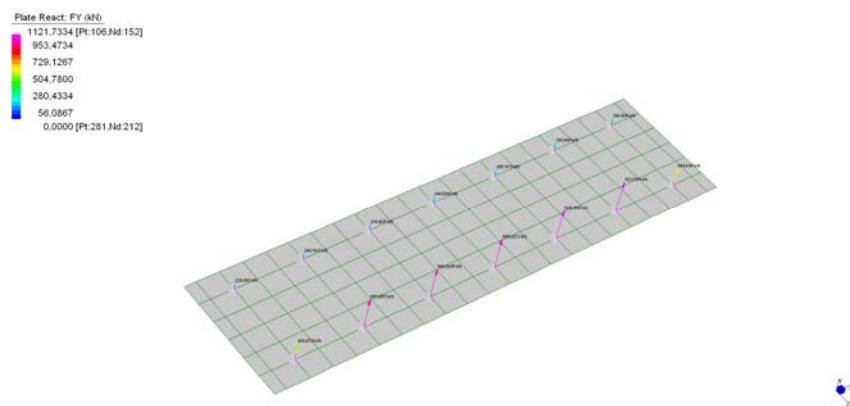


Figura 22: Sollecitazioni su pali di fondazione - Carico Assiale N – SLU

Il carico assiale (SLU) massimo agente vale: $N_{SLU,Max} = 1122 \text{ kN}$

Momento Mx:

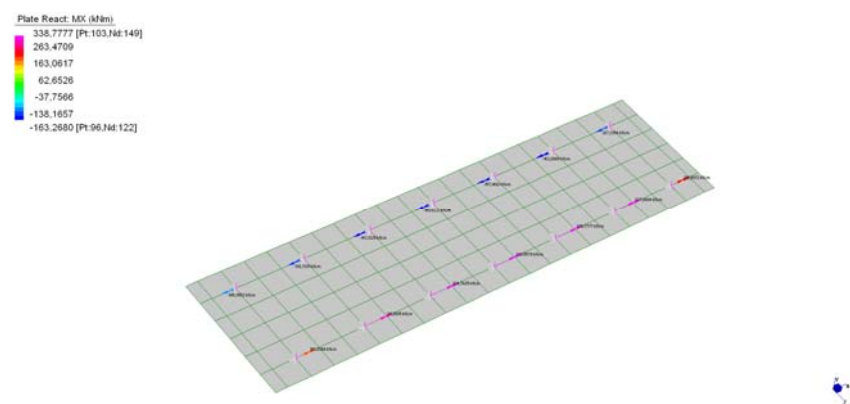


Figura 23: Sollecitazioni su pali di fondazione – Momento Mx - SLU

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	54 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Il momento (SLU) massimo agente vale $M_{X\ SLU,Max} = 339\text{kNm}$

Momento Mz

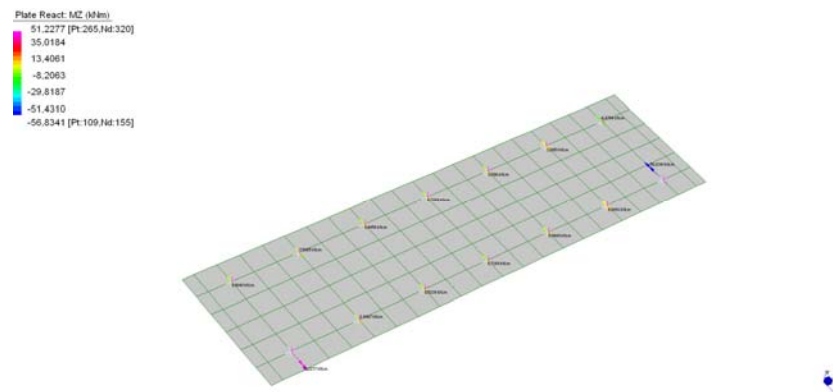


Figura 24: Sollecitazioni su pali di fondazione – Momento Mz - SLU

Il momento (SLU) massimo agente vale $M_{Z\ SLU,Max} = 56,8\text{kNm}$

Taglio Vx

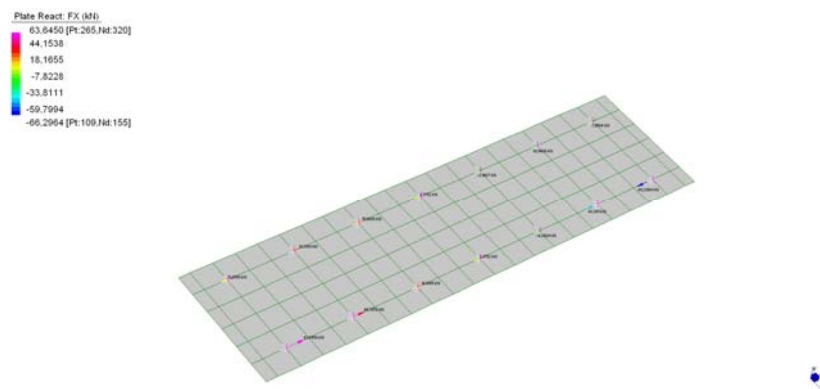


Figura 25: Sollecitazioni su pali di fondazione – Taglio Vx - SLU

Il taglio (SLU) massimo agente vale $V_{X\ SLU,Max} = 66,3\text{kN}$

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	55 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Taglio Vz

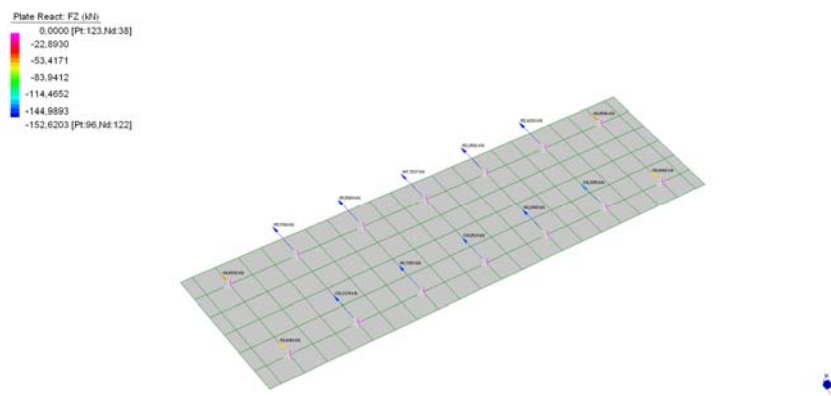


Figura 26: Sollecitazioni su pali di fondazione – Taglio Vz - SLU

Il taglio (SLU) massimo agente vale $V_{z,SLU,Max} = 152,6kN$

Per le verifiche geotecniche relative alla capacità portante dei pali trivellati verrà adottato il carico assiale in combinazione SLU GEO A2

Carico assiale N:

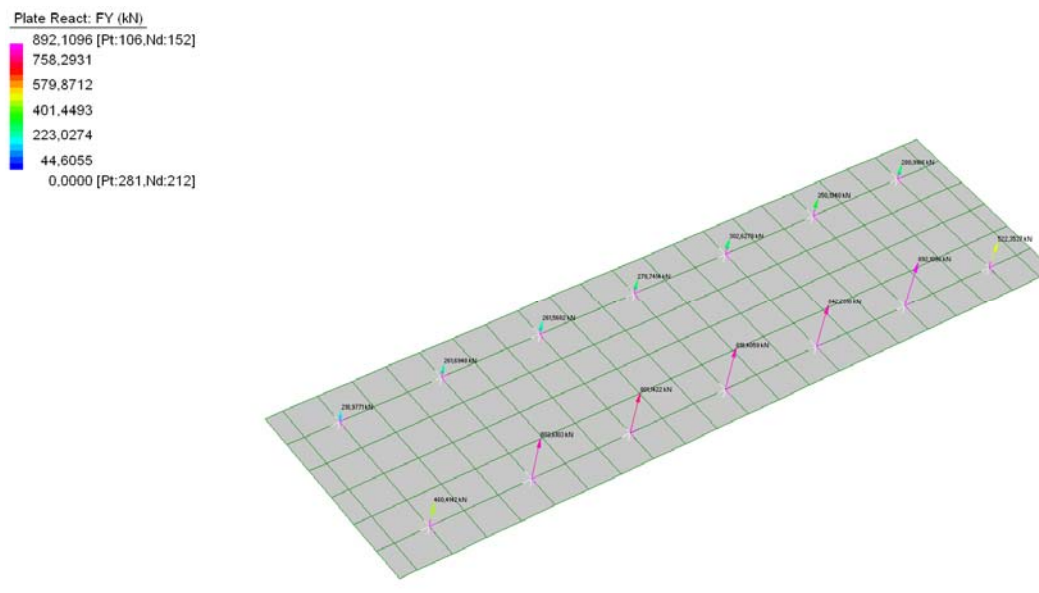


Figura 27: Sollecitazioni su pali di fondazione - Carico Assiale N – SLU GEO A2

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

10.4.1.1 Verifica a carico limite verticale di compressione

Di seguito vengono riportati i calcoli eseguiti per la verifica a carico limite del palo più sollecitato e il dimensionamento dello stesso.

Il terreno al di sotto del piano campagna è stato schematizzato con i 4 strati di differenti composizioni, come indicati precedentemente, desunti dalle indagini stratigrafiche.

DATI DI INGRESSO

D	di diametro del palo	0,60	[m]	FS	coefficiente di sicurezza	2,50	H
L	lunghezza massima di calcolo	10,50	[m]				
z _u	profondità della falda dal p.c.	1,60	[m]	NOTA			
f _{cd}	resistenza di calcolo del c.l.s.	13,20	[Mpa]	Devono essere compilati tutti i campi in azzurro			

NOTA: è sempre necessario inserire uno strato areale profondità uguale alla falda

n° strato	tipo terreno	ΔH _i [m]	H _f [m]	γ _n [kN/m³]	γ' [kN/m³]	N _{SPT} [-]	φ [°]	K [-]	c _u [kPa]	α [-]	c _a [kPa]
1	Argilla	1,90	1,90	23,00	13,00		0,00	1,00	10,00	0,70	7,00
2	Sabbia	0,70	2,60	21,00	11,00		40,00	1,00	0,00	0,00	0,00
3	Argilla	1,50	4,10	21,00	11,00		0,00	1,00	21,00	0,70	14,70
4	Sabbia	11,30	15,40	21,00	11,00		30,00	1,00	46,00	0,53	24,47
5					0,00					0,00	0,00

LEGENDA	
ΔH _i	spessore dello strato
H _f	profondità dello strato dal p.c.
γ _n	peso specifico del terreno naturale
γ'	peso specifico efficace
N _{SPT}	Numero colpi al piede (solo granuli)
φ	angolo di attrito (solo granuli)
K	rapporto tra σ _v /σ _h
c _u	coesione non drenata (solo coesivi)
c _a	adesione (solo coesivi)

Congruenza dei dati

Congruenza sulla lunghezza:
Congruenza sulla stratigrafia

la lunghezza del palo non coincide con il fondo scavo
OK

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

PORTATA ALLA BASE - protocollo di Berenzantzev

n° strato	tipo terreno	ΔH_i [m]	H_f [m]	γ_n [kN/m³]	γ' [kN/m³]	N_{SP} [°]	ϕ [°]	K [°]	c_u [kPa]	α [°]	c_o [kPa]
4		11,30	15,40	21,00	11,00	0,00	30,00	1,00	46,00	0,53	24,47
A_b	Area della base del palo			0,28	[m²]						
σ_{vL}	Pressione geostatica di base			173,2	[kPa]						
$N_b = \sigma_{vL}$	Coef. di pressione geostatica			38,71							
c	Coesione alla base			46,00	[kPa]						
N_c	Coef. di coesione			9							
$Q_{b,lim}$	Portata limite di base			2012,73	[kN]						
$Q_{b,amm}$	Portata amm. di base			805,09	[kN]						

Tabella per il calcolo di B_k

Tabella per il calcolo di σ

PORTATA LATERALE - protocollo di Viggiani

$\sigma_{v,i}$	$\sigma_{v,i+1}$	$\sigma_{v,med}$	$\sigma_{v,med}$	C_0	s	$s = C_{a,i} + \sigma_{v,med,i} \tan \phi$	
$\sigma_{v,1}$	0	24,7	12,35	12,35	[kPa]	7,00	13,33
$\sigma_{v,2}$	24,7	32,4	28,55	28,55	[kPa]	0,00	23,96
$\sigma_{v,3}$	32,4	48,9	40,65	40,65	[kPa]	14,70	22,115
$\sigma_{v,4}$	48,9	173,2	111,05	111,05	[kPa]	24,47	118,113
$\sigma_{v,5}$	0	0	0	0	[kPa]	0,00	0
$\sigma_{v,6}$	0	0	0	0	[kPa]	0,00	0
$\sigma_{v,7}$	0	0	0	0	[kPa]	0,00	0
$\sigma_{v,8}$	0	0	0	0	[kPa]	0,00	0
$\sigma_{v,9}$	0	0	0	0	[kPa]	0,00	0

$Q_{l,lim}$	Portata limite laterale	1985,14	[kN]	Peso proprio palo	74,22	[kN]	<input checked="" type="radio"/> tenere in conto nel calcolo della portata
$Q_{l,amm}$	Portata amm. laterale	794,06	[kN]				<input type="radio"/> non tenere in conto nel calcolo della portata

PORTATA TOTALE LIMITE	3924	[kN]
PORTATA TOTALE AMMISSIBILE	1549	[kN]

EFFETTO DI GRUPPO SULLE PORTATE - protocollo di Converse Labarre

m	numero di file di pali	2	
n	numero di pali per fila	7	
i	interasse fra i pali	1,21	[m]
E	fattore di efficienza	0,60	
N	numero pali totali	14	
PORTATA TOTALE LIMITE DI GRUPPO		33084	[kN]
PORTATA TOTALE AMM. DI GRUPPO		13233	[kN]

La portata totale ammissibile del palo, tenendo conto dell'effetto di gruppo vale: $N_{Rd} = 945$ kN

Il palo maggiormente sollecitato ha uno sforzo di compressione pari a :

$$N_{ED,SLU\ GEO\ A2} = 892 \text{ kN}$$

Essendo $892 \text{ kN} < 945 \text{ kN}$

La verifica è soddisfatta.

10.4.1.2 Verifiche strutturali

Di seguito si riportano le verifiche agli SLU (flessione e taglio) dei i pali di fondazione della spalla del ponte per le combinazioni di carico precedentemente riportate. Si è scelta di modellare il palo come un elemento trave su suolo elastico di lunghezza 10,5m e con costante di Winkler media pari a $k = 2,37 \text{ kg/cm}^3$

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

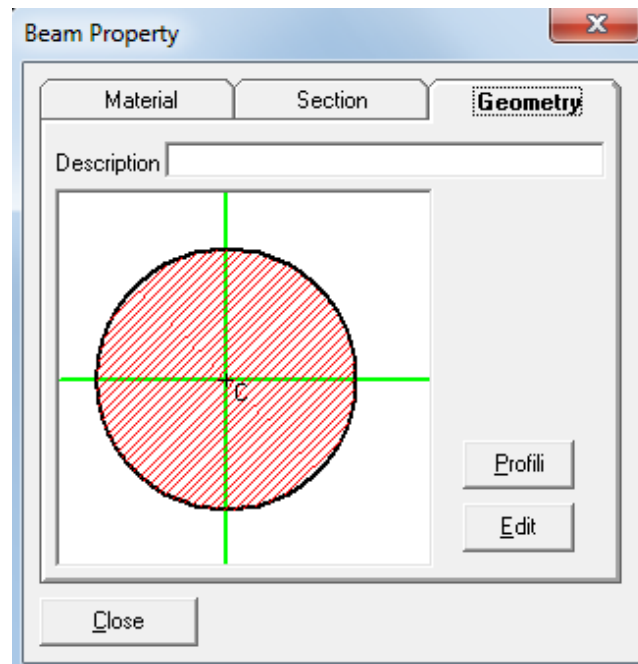


Figura 28: Dati di input (sezione) per il palo oggetto di analisi, 1CAMP.

Le sollecitazioni agenti in sommità al palo sono state ricavate dal programma agli Elementi Finiti (FEM) per il nodo più sollecitato in combinazione SLU (Stato Limite Ultimo):

$$M_{Ed} = 339 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed} = 153 \text{ kN}$$

Verifica SLU a flessione

La verifica è stata eseguita mediante i programmi VCASLU e 1CAMP del Prof. Gelfi. Di seguito si riportano delle istantanee dei citati programmi.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 59 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Trave 1 Campata - File: Palo L=10,5m

File Unità Opzioni ?

Titolo :

Vincoli
☐ App. - App.
☐ Inc. - Inc.
☐ Inc. - App.
☐ Mensola
☒ Fondazione

N° Carichi dist. TRAPEZI kN/m Zoom

N° Carichi CONCENTRATI kN Zoom

N°	F	d
1	153	10.5

N° Coppie CONCENTRATE kNm Zoom

N°	W	d
1	339	10.5

Fondazione
☒ Rigida
☐ Winkler
 K = daN/cm³
 b = m
☒ Reag. traz.

Luce mm J cm⁴ Sezione
 E MPa ☒ Distanze parziali

Risultati

σ _{tA}	MPa	σ _{tB}	MPa
-0.04759		0.07673	

max M	MNm	x max M	
-512.5		8.085	

max V	kN	x max V	
153		10.5	

f max	mm	x f max	
3.238E-05		10.5	

σ _{tmax}	MPa	x σ _{tmax}	
0.07673		10.5	

Diagrammi
☒ Visualizza
☐ M ☐ V ☐ C

Risultati all'ascissa x

x	M(x)	V(x)	f(x)	σ _t (x)
10.4	-353.9	145.4	3.188E-05	0.07555

N° sezioni di calcolo

Figura 29: Dati di input, 1CAMP.

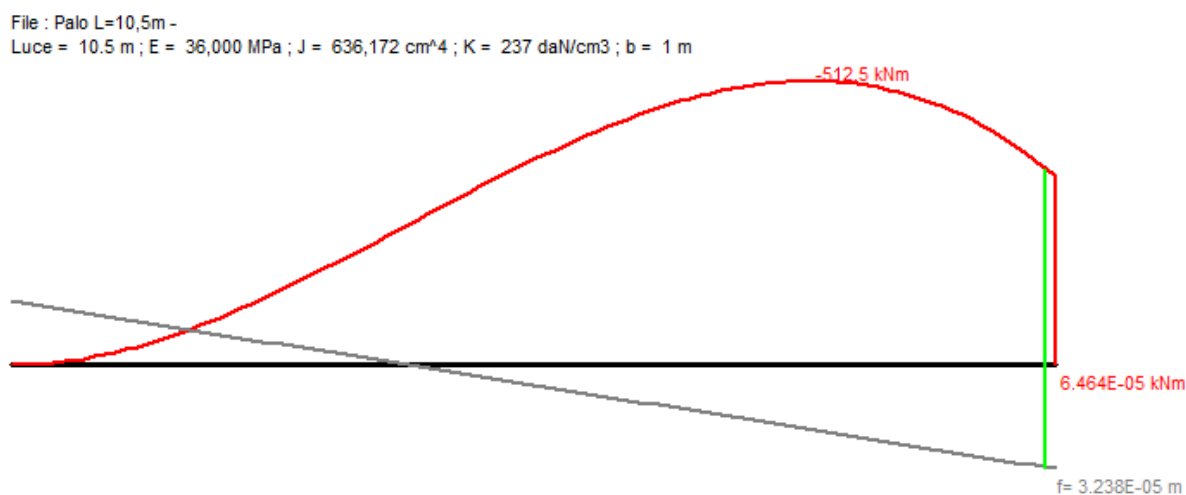


Figura 30: Momento flettente risultante, SLU.

I pali sono armati con una gabbia composta da n°20 ϕ 24. Si riporta nella tabella seguente la verifica a flessione, trascurando, a favore di sicurezza, lo sforzo assiale di compressione.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 60 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Verifica C.A. S.L.U. - File:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

Sezione circolare cava

Raggio esterno: 30 [cm]
Raggio interno: _____ [cm]
N° barre uguali: 20
Diametro barre: 2,4 [cm]
Copriferro (baric.): 4 [cm]

N° barre: 0 Zoom

Tipo Sezione

☐ Rettan.re ☐ Trapezi
☐ a T ☒ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: 0 kN
M_{xEd}: 0 kNm
M_{yEd}: 0 kNm

P.to applicazione N

☒ Centro ☐ Baricentro cls
☐ Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Tipo rottura

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

B450C C45/55

ϵ_{su} : 67,5 ‰ ϵ_{c2} : 2 ‰
 f_{yd} : 391,3 N/mm² ϵ_{cu} : 3,5 ‰
 E_s : 200 000 N/mm² f_{cd} : 25,5 N/mm²
 E_s/E_c : 15 f_{cc}/f_{cd} : 0,8
 ϵ_{syd} : 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$: 16 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm² τ_{co} : 0,9333
 τ_{c1} : 2,543

Metodo di calcolo

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-
☐ Metodo n

Tipo flessione

☒ Retta ☐ Deviata

Vertici: 52 N° rett.: 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o: 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Calcoli:

M_{xRd}: 750,3 kN m
 σ_c : -25,5 N/mm²
 σ_s : 391,3 N/mm²
 ϵ_c : 3,5 ‰
 ϵ_s : 8,153 ‰
d: 56 cm
x: 16,82 x/d: 0,3004
 δ : 0,8155

Figura 31: Verifica a flessione, SLU.

Il momento (SLU) massimo agente vale: $M_{Ed} = 512 \text{ kNm}$

Il momento resistente vale: $M_{Rd} = 750 \text{ kNm}$

$M_{Ed} = 512 \text{ kNm} < M_{Rd} = 911 \text{ kNm}$

La verifica è soddisfatta.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

11 VERIFICA DEI MURI D'ALA

11.1 CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

I carichi considerati nelle analisi sono i seguenti:

Carichi permanenti

- Peso proprio del muro e del terreno;
- Spinta attiva del terreno di monte;

Carichi accidentali

- Carico del traffico stradale sul profilo di monte;
- Carico della neve sul profilo di monte;

Le verifiche sono condotte in accordo con il §6.5.3.1.1 delle NTC di cui al D.M. 17/01/2018 in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno terreno [Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)];
 - scorrimento sul piano di posa [Approccio 2 (A1+M1+R3)];
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno [Approccio 2 (A1+M1+R3)];
 - ribaltamento (Combinazione EQU);
- SLU di tipo strutturale (STR):
 - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali [Approccio 2 (A1+M1+R3)];

I coefficienti amplificativi o riduttivi delle forze, i coefficienti riduttivi dei parametri geotecnici ed i coefficienti riduttivi delle resistenze sono riassunti nelle tabelle seguenti:

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 62 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno

Nelle verifiche tecniche riportate dettagliatamente all'interno dei tabulati di calcolo che seguono, sono state analizzate **diverse combinazioni di calcolo** tali da considerare le combinazioni dei carichi che vadano a massimizzare le azioni nelle combinazioni statiche e sismiche.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

11.2 MODELLO DI CALCOLO

Le verifiche tecniche del muro sono state condotte con l'ausilio del software di calcolo in licenza Max – Analisi e calcolo muri di sostegno Versione 14.01, prodotto dalla Ditta Aztec Informatica Srl.

L'opera è stata schematizzata nella sezione di massima altezza, inserendo nel modello di calcolo le esatte geometrie previste da progetto, le stratigrafie e le caratteristiche dei terreni illustrate nella relazione geologica, i carichi variabili e l'azione sismica di progetto.

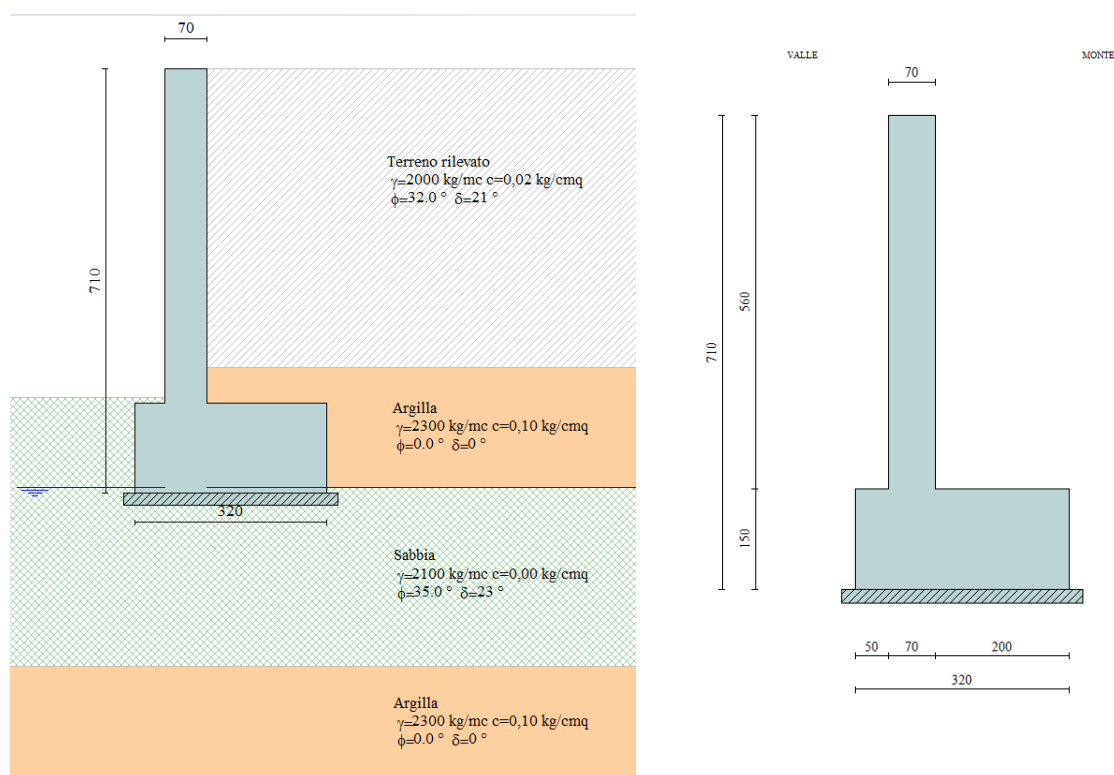


Figura 32: *Modello di calcolo del muro d'ala*

Una volta definito il modello alla base del problema fisico, il calcolo della spinta e le verifiche strutturali avvengono con le seguenti modalità.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 64 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Metodo di Culmann

Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. 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 coefficiente di 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). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

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.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

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

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 65 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Spinta in presenza di sisma

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana). La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(kh/(1 \pm kv))$ essendo kh il coefficiente sismico orizzontale e kv il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di kh .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 66 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

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

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

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

I coefficienti K_h e K_v , utilizzati per determinare gli incrementi di spinta sismica, sono rispettivamente i coefficienti di intensità sismica orizzontale e verticale definiti come:

$$K_h = a_g / g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \beta_m$$

$$K_v = 0,5 K_h$$

a_g , S_s , S_t sono i parametri dell'azione sismica definiti al precedente paragrafo.

β_m è un coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito che è possibile introdurre nel caso di opere di sostegno che hanno la possibilità di traslare o ruotare e nel caso in cui tali spostamenti siano ritenuti accettabili.

Verifica a ribaltamento

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

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	67 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Deve quindi essere verificata la seguente disequaglianza

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

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

Verifica a scorrimento

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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s \geq 1.0$

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

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

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

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	68 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

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

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

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

Verifica al carico limite

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

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

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q \geq 1.0$

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

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

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

In questa espressione

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

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

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

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 69 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

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

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

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

Indichiamo con K_p il coefficiente di spinta passiva espresso da:

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

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

Fattori di profondità

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

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

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

Fattori di inclinazione

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

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

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

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

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 70 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Verifica alla stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Il coefficiente di sicurezza fornito da Fellenius si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i^n \left(\frac{c_i b_i}{\cos \alpha_i} + [W_i \cos \alpha_i - u_i l_i] \tan \phi_i \right)}{\sum_i^n W_i \sin \alpha_i}$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i e α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia iesima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia iesima e c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia.

Inoltre u_i ed l_i rappresentano la pressione neutra lungo la base della striscia e la lunghezza della base della striscia ($l_i = b_i / \cos \alpha_i$).

Quindi, assunto un cerchio di tentativo lo si suddivide in n strisce e dalla formula precedente si ricava η . Questo procedimento viene eseguito per il numero di centri prefissato e viene assunto come coefficiente di sicurezza della scarpata il minimo dei coefficienti così determinati.

11.3 RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Di seguito si riportano i risultati dei tabulati di calcolo. Per non appesantire eccessivamente la presente trattazione, si riporta nelle pagine seguenti una tabella di sintesi riassuntiva dei risultati in termini di coefficienti di sicurezza per le n°16 combinazioni di calcolo analizzate e successivamente

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 71 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

si riportano i tabulati completi per le n°4 combinazioni più gravose nei confronti di ogni meccanismo di rottura analizzato.

Si osserva che tutti i coefficienti di sicurezza sono superiori all'unità dunque le verifiche di sicurezza sono soddisfatte nei confronti degli stati limite a scorrimento, ribaltamento, carico ultimo in fondazione e stabilità globale del sistema.

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,30	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>A1</i>	<i>A2</i>	<i>EQU</i>	<i>HYD</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	72 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

Verifica

Coefficienti parziali

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 73 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Geometria muro e fondazione

Descrizione	Muro a mensola in c.a.
Altezza del paramento	5,60 [m]
Spessore in sommità	0,70 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,70 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	10,00 [m]
<u>Fondazione</u>	
Lunghezza mensola fondazione di valle	0,50 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	2,00 [m]
Lunghezza totale fondazione	3,20 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	1,50 [m]
Spessore magrone	0,20 [m]

Materiali utilizzati per la struttura

<i>Calcestruzzo</i>	
Peso specifico	2500,0 [kg/mc]
Classe di Resistenza	C32/40
Resistenza caratteristica a compressione R_{ck}	407,9 [kg/cm ²]
Modulo elastico E	343054,09 [kg/cm ²]
<i>Acciaio</i>	
Tipo	B450C
Tensione di snervamento σ_{fa}	4588,0 [kg/cm ²]

Geometria profilo terreno a monte del muro

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

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

N	X	Y	A
1	10,00	0,00	0,00

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,10	[m]

Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione	0,10	[m]
Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	0,10	[m]

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 74 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm ²]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Terreno rilevato	2000	2000	32.00	21.33	0,020	0,014
Argilla	2300	2300	25.00	16.67	0,100	0,070
Sabbia	2100	2100	35.00	23.33	0,000	0,000

Stratigrafia

Simbologia adottata

N	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
a	Inclinazione espressa in [°]
K _w	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm ² /cm
K _s	Coefficiente di spinta
Terreno	Terreno dello strato

Nr.	H	a	K _w	K _s	Terreno
1	5,00	0,00	6,78	0,00	Terreno rilevato
2	2,00	0,00	0,00	0,00	Argilla
3	3,00	0,00	10,15	0,00	Sabbia
4	2,00	0,00	0,00	0,00	Argilla

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kg]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kg]
M	Momento espresso in [kgm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kg/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kg/m]
D/C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Traffico)

D	Profilo	X _i =0,00	X _f =10,00	Q _i =2000,00	Q _r =2000,00
---	---------	----------------------	-----------------------	-------------------------	-------------------------

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

Codice elaborato: 2C010101A.doc

Revisione:

0

Pagina:

75 di 109

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Traffico	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Traffico	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Traffico	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
--	-----	----------	--------	-----------------

Codice elaborato: 2C010101A.doc

Revisione:

0

Pagina:

76 di 109

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Traffico	SFAV	1,00	0,75	0,75

Combinazione n° 16 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Traffico	SFAV	1,00	1,00	1,00

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali
Armatura ad aderenza migliorata

Aggressive

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature
Valori limite delle aperture delle fessure

Poco sensibile

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

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

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

Calcolo della portanza

metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su N_γ per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 77 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianesa" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Terreno a monte a elevata permeabilità
Diagramma correttivo per eccentricità negativa con aliquota di parzializzazione pari a 0.00

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{SCO}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{RIB}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{ULM}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{STAB}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kg]	Incr. sism.[kg]
1	A1-M1 - [1]	--	--	1,29	4,32	--	17603,77	0,00
2	EQU - [1]	--	2,59	--	--	--	17603,77	0,00
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,45	16612,06	0,00
4	A1-M1 - [2]	--	--	1,11	2,83	--	23912,75	0,00
5	EQU - [2]	--	2,05	--	--	--	23912,75	0,00
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1,26	23302,31	0,00
7	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	1,17	3,37	--	12807,24	3854,58
8	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1,16	3,52	--	12807,24	2760,74
9	EQU - [3]	SismaH + SismaV positivo	1,87	--	--	--	12807,24	5505,98
10	EQU - [3]	SismaH + SismaV negativo	1,74	--	--	--	12807,24	3894,82
11	STAB - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1,62	12807,24	3854,58
12	STAB - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1,61	12807,24	2760,74
13	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1,17	3,37	--	12807,24	3854,58
14	SLEQ - [1]	--	--	1,72	6,03	--	12807,24	0,00
15	SLEF - [1]	--	--	1,50	4,74	--	15937,39	0,00
16	SLER - [1]	--	--	1,45	4,39	--	16995,45	0,00

Figura 33: Tabella riassuntiva delle verifiche

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
Origine in testa al muro (spigolo di monte)
Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte
Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta	metodo di Culmann
Calcolo del carico limite	metodo di Meyerhof
Calcolo della stabilità globale	metodo di Fellenius
Calcolo della spinta in condizioni di	Spinta attiva

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine	45.546052
Longitudine	12.160206
Comune	Martellago
Provincia	Venezia
Regione	Veneto

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 78 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Punti di interpolazione del reticolo

12302 - 12303 - 12081 - 12080

Tipo di opera

Tipo di costruzione
Vita nominale
Classe d'uso
Vita di riferimento

Opera ordinaria
50 anni
III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose
75 anni

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g 1.19 [m/s²]
 Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.50
 Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.00
 Coefficiente riduzione (β_m) 0.38
 Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50
 Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 6.93$
 Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h = 3.46$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g 0.48 [m/s²]
 Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.50
 Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.00
 Coefficiente riduzione (β_m) 0.47
 Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50
 Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento) $k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 3.43$
 Coefficiente di intensità sismica verticale (percento) $k_v=0.50 * k_h = 1.72$

Forma diagramma incremento sismico

Stessa forma diagramma statico

Partecipazione spinta passiva (percento)
Lunghezza del muro

0,0
10,00 [m]

Peso muro
Baricentro del muro

21800,00 [kg]
X=0,06 Y=-4,75

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta X = 2,00 Y = -7,10
 Punto superiore superficie di spinta X = 2,00 Y = 0,00
 Altezza della superficie di spinta 7,10 [m]
 Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale) 0,00 [°]

COMBINAZIONE n° 4

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	23912,75	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	22579,40	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	7873,39	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,00	[m]	Y = -4,62	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,22	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53,69	[°]		
Spinta falda	6,50	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2,00	[m]	Y = -7,07	[m]
Sottospinta falda	416,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	28760,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,00	[m]	Y = -2,84	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	22585,90	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	58017,39	[kg]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	58017,39	[kg]

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 79 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	22585,90	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,58	[m]
Lunghezza fondazione reagente	3,07	[m]
Risultante in fondazione	62258,66	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,27	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	33519,09	[kgm]
Carico ultimo della fondazione	164396,64	[kg]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	3,07	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	3,7836	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,0000	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 46.12$	$N_q = 33.30$	$N_\gamma = 37.15$
Fattori forma	$s_c = 1,00$	$s_q = 1,00$	$s_\gamma = 1,00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0,58$	$i_q = 0,58$	$i_\gamma = 0,15$
Fattori profondità	$d_c = 1,19$	$d_q = 1,10$	$d_\gamma = 1,10$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 32.07$	$N'_q = 21.28$	$N'_\gamma = 6.27$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.11
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	2.83

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kgm
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kg
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kg

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,00	0,00	0,00
2	0,28	490,00	25,14	188,31
3	0,56	980,00	110,36	429,21
4	0,84	1470,00	270,37	722,37
5	1,12	1960,00	519,76	1067,72
6	1,40	2450,00	873,16	1465,27
7	1,68	2940,00	1345,19	1915,02
8	1,96	3430,00	1950,45	2416,97
9	2,24	3920,00	2703,56	2971,13
10	2,52	4410,00	3619,15	3577,51
11	2,80	4900,00	4711,84	4236,09
12	3,08	5390,00	5996,24	4946,88
13	3,36	5880,00	7486,97	5709,89
14	3,64	6370,00	9198,64	6525,10
15	3,92	6860,00	11145,90	7392,54
16	4,20	7350,00	13343,34	8312,19
17	4,48	7840,00	15805,60	9284,05
18	4,76	8330,00	18547,28	10308,13
19	5,04	8820,00	21582,30	11389,91
20	5,32	9310,00	24947,61	12669,02
21	5,60	9800,00	28684,48	14031,01

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 4

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso monte con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di valle
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kgm

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 80 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

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

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,00	0,00
2	0,05	42,35	1688,88
3	0,10	168,37	3346,92
4	0,15	376,53	4974,12
5	0,20	665,27	6570,47
6	0,25	1033,06	8135,98
7	0,30	1478,36	9670,65
8	0,35	1999,61	11174,47
9	0,40	2595,29	12647,45
10	0,45	3263,84	14089,58
11	0,50	4003,73	15500,88

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W	peso della striscia espresso in [kg]
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]
b	larghezza della striscia espressa in [m]
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]

Metodo di Fellenius

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -2,28 Y[m]= 0,00

Raggio del cerchio R[m]= 8,29

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -8,49

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 6,01

Larghezza della striscia dx[m]= 0,58

Coefficiente di sicurezza C= 1.26

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	Wsin α	b/cos α	ϕ	c	u
1	3276,04	79.22	3218,21	3,10	26.56	0,02	0,00
2	5730,06	63.88	5144,79	1,32	26.56	0,02	0,00
3	6911,61	55.75	5713,35	1,03	25.97	0,02	0,00
4	7866,88	49.12	5948,35	0,89	20.46	0,08	0,00
5	8678,93	43.30	5952,44	0,80	20.46	0,08	0,00
6	9346,18	38.00	5754,22	0,74	20.46	0,08	0,00
7	9929,48	33.06	5417,10	0,69	23.49	0,05	0,00
8	10688,54	28.39	5082,08	0,66	29.26	0,00	0,03
9	11035,85	23.92	4473,97	0,63	29.26	0,00	0,06
10	11318,06	19.59	3795,51	0,62	29.26	0,00	0,08
11	11433,30	15.39	3033,32	0,60	29.26	0,00	0,10
12	8090,19	11.26	1579,75	0,59	29.26	0,00	0,11
13	3595,20	7.19	450,24	0,58	29.26	0,00	0,12
14	3551,25	3.16	196,04	0,58	29.26	0,00	0,13
15	3565,55	-0.85	-52,87	0,58	29.26	0,00	0,13
16	3530,21	-4.87	-299,57	0,58	29.26	0,00	0,13
17	3444,70	-8.91	-533,55	0,59	29.26	0,00	0,12
18	3307,70	-13.00	-743,99	0,60	29.26	0,00	0,11
19	3117,01	-17.16	-919,41	0,61	29.26	0,00	0,09
20	2869,34	-21.41	-1047,35	0,62	29.26	0,00	0,07

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 81 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

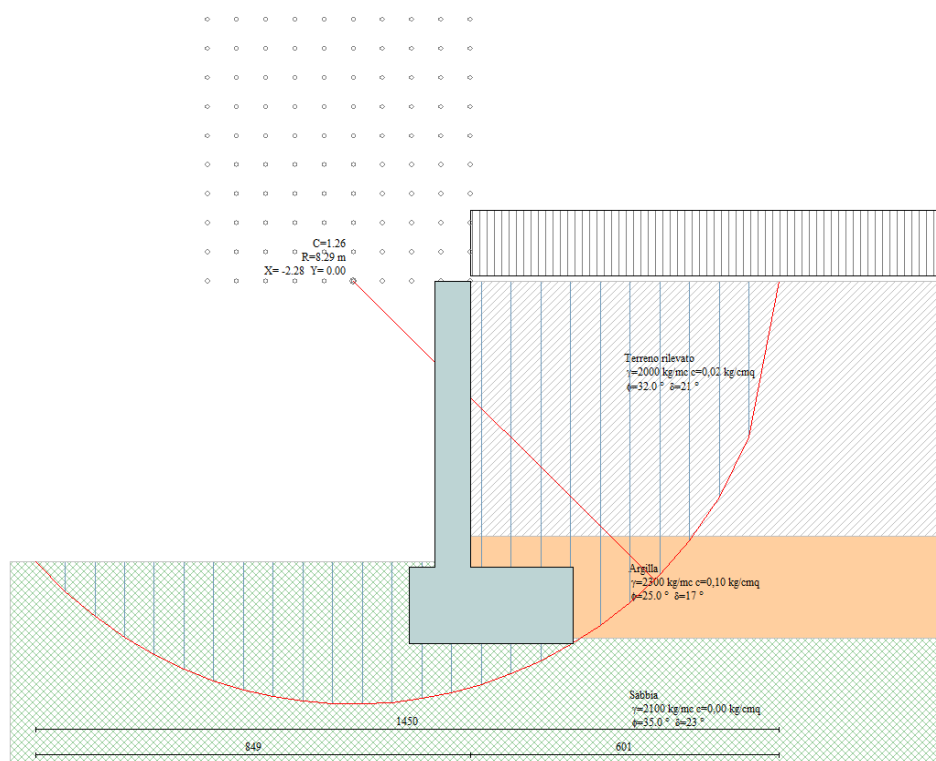
21	2559,99	-25.79	-1113,78	0,64	29.26	0,00	0,05
22	2182,27	-30.34	-1102,37	0,67	29.26	0,00	0,01
23	1700,77	-35.12	-978,36	0,71	20.46	0,08	0,00
24	1101,50	-40.19	-710,89	0,76	20.46	0,08	0,00
25	377,90	-45.69	-270,42	0,83	20.46	0,08	0,00

$\Sigma W_i = 139208,51$ [kg]

$\Sigma W_i \sin \alpha_i = 47986,80$ [kg]

$\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 59719,46$ [kg]

$\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 5074,07$ [kg]



COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	12807,24	[kg]		
Componente orizzontale della spinta statica	12106,39	[kg]		
Componente verticale della spinta statica	4178,61	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 2,00	[m]	Y = -4,91	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19,04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	54,13	[°]		
Incremento sismico della spinta	3894,82	[kg]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 2,00	[m]	Y = -4,91	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	46,88	[°]		
Spinta falda	5,00	[kg]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 2,00	[m]	Y = -7,07	[m]

Codice elaborato: 2C010101A.doc

Revisione: 0

Pagina: 82 di 109

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Sottospinta falda	320,00	[kg]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	22760,00	[kg]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 1,00	[m]	Y = -2,84	[m]
Inerzia del muro	2264,96	[kg]		
Inerzia verticale del muro	-1132,48	[kg]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2364,70	[kg]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-1182,35	[kg]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	20422,73	[kg]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	47374,54	[kg]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	54482,62	[kgm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	95039,96	[kgm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	47374,54	[kg]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	20422,73	[kg]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,74	[m]
Lunghezza fondazione reagente	2,57	[m]
Risultante in fondazione	51589,09	[kg]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23,32	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	35241,91	[kgm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.74
--	------

11.4 RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI

Le immagini seguenti mostrano le massime sollecitazioni in fondazione e sul paramento murario in combinazione SLU di tipo strutturale [Approccio 2 (A1+M1+R3)].

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 83 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

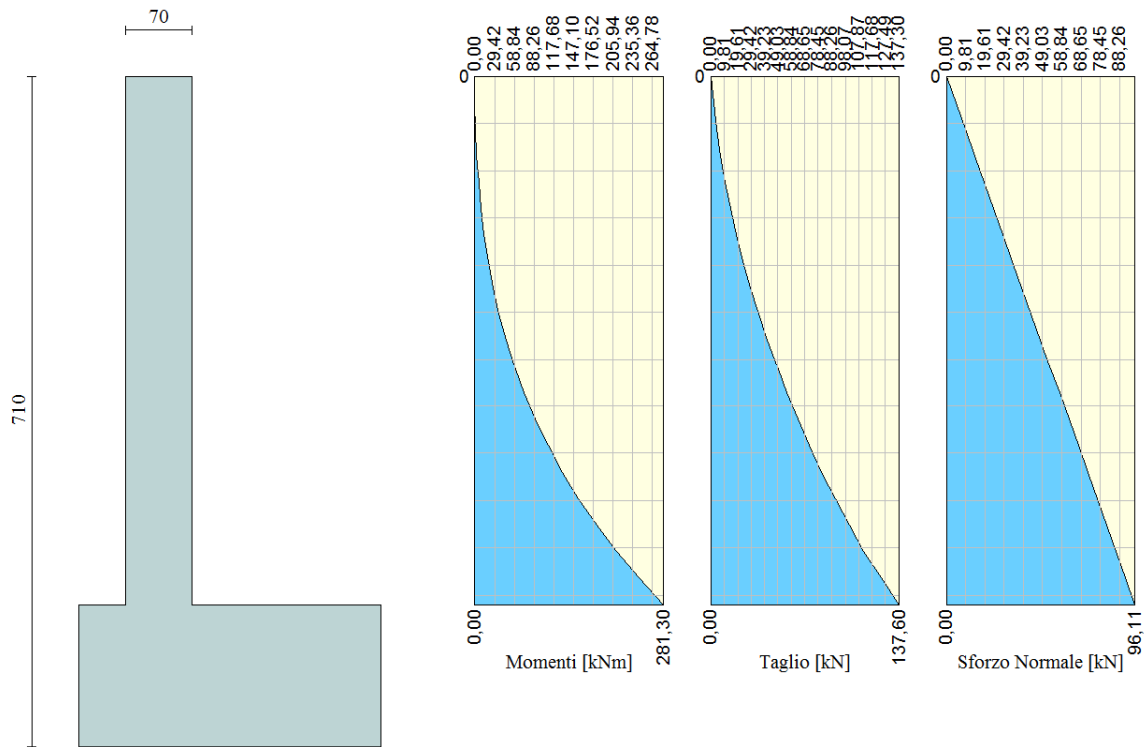


Figura 34 – Massime sollecitazioni sul paramento del muro

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

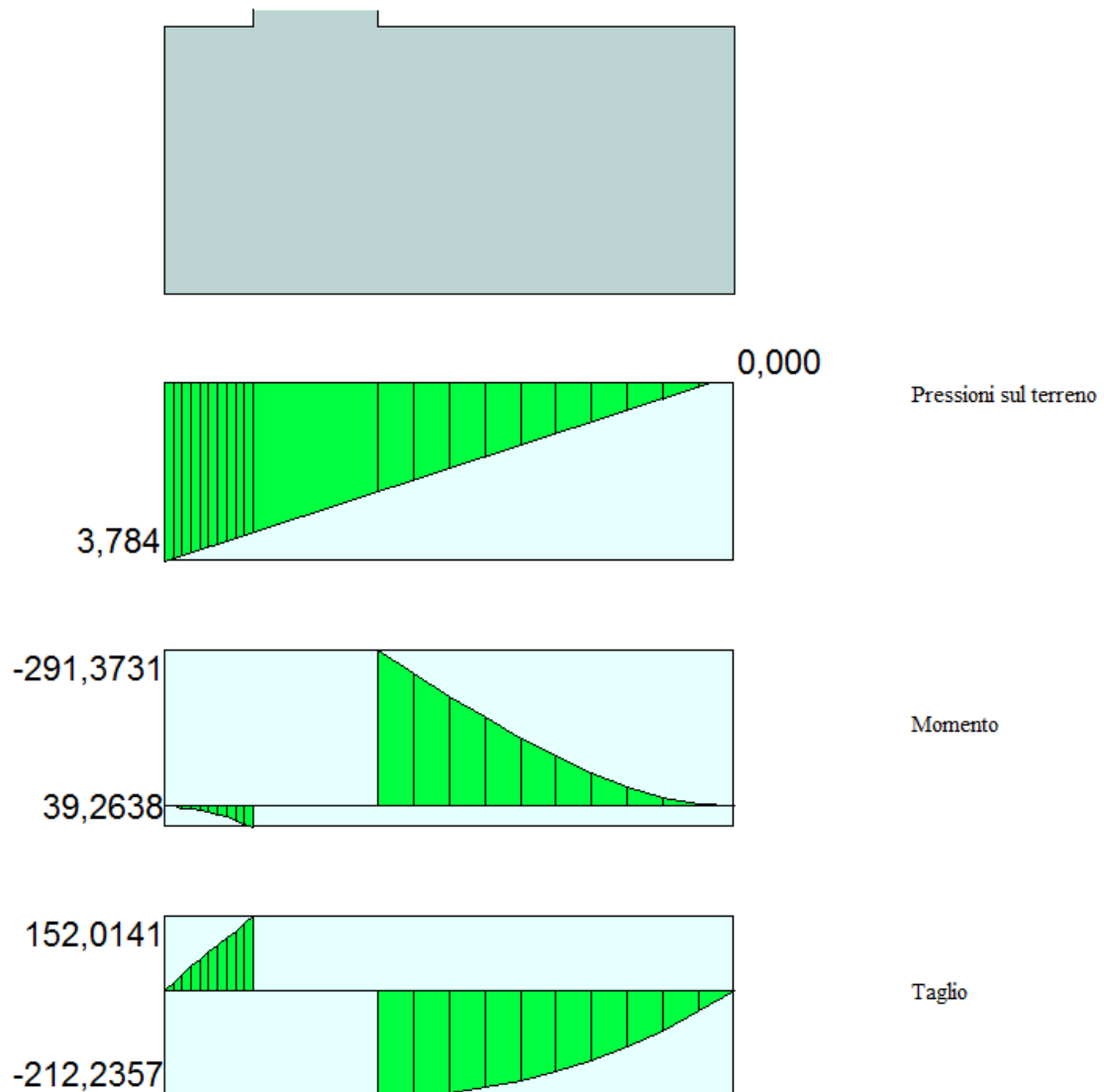


Figura 35 – Massime sollecitazioni in fondazione del muro

Il massimo momento flettente agente alla base del paramento verticale risulta di 281 kNm/m. La sezione strutturale del muro avrà uno spessore di 70 cm ed sarà armata con barre verticali $\phi 20/20$ interne ed esterne che forniscono un momento resistente di 389 kNm/m: la verifica di resistenza è dunque soddisfatta.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Verifica sezione c.a. agli SLU ed agli SLE secondo D.M. 14/01/2008

dimensione sezione

☒ Rettangolare ☐ Sezione a T

base: 100 cm

altezza: 70 cm

sollecitazioni

C.D.C. e durata carichi: breve durata k_t 0,6

	SLU	SLE (r)	SLE (f)	SLE (qp)
M^*_{Ed} (kgm)	0,00			
M^*_{Ed} (kgm)	28130,00			
V_{Ed} (kg)	13760			

materiali e limitazioni

calcestruzzo: C32/40

acciaio: B450C - a.m.

S. L. di fessurazione: ☐ ordinarie - quasi permanente ☒ tensioni max in eserc. ☐ quasi permanente

coefficiente di omogeneizzazione: n 15

verifiche in caso di incendio: ☐

F.C. cls: 1,00 (nuove cost)

F.C. acciaio: 1,00 (nuove cost)

	f_{cd}	f_{yd}	k_f	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{s,lim}$
	181,3	3913	0,8	0,30	144
	[kgf/cm ²]	[kgf/cm ²]		[mm]	[kgf/cm ²]

grafico sezione SLU

☒ Sez. a M positivo ☐ Sez. a M negativo

comb. taglio e mom. (per sez. non armate a T)

☒ T e M positivo ☐ T e M negativo

sezione a momento positivo - S. L. U. ☒

n° barre	ϕ (mm)	A_s (cm ²)	y (cm)
1	5	20	15,71
2	5	20	15,71
3			
4			

☐ fila di barre di diverso acciaio

M^*_{Rd} 38978 kgm

κ/d	κ (cm)	σ_s	σ_s
0,072	4,69	-3,50 %	45,04 %

sezione a momento positivo - S. L. E.

y_a (cm) 14,05 J_a (cm⁴) 723393,1

	SLE (r)	SLE (f)	SLE (qp)
σ_s (kgf/cm ²)			
σ_s (kgf/cm ²)			
W_a (mm)			

sezione a momento negativo - S. L. U. ☒

n° barre	ϕ (mm)	A_s (cm ²)	y (cm)
1	5	20	15,71
2	5	20	15,71
3			
4			

☐ fila di barre di diverso acciaio

M^*_{Rd} -38978 kgm

κ/d	κ (cm)	σ_s	σ_s
0,072	65,31	-3,50 %	45,04 %

sezione a momento negativo - S. L. E.

y_a (cm) 55,35 J_a (cm⁴) 723393,1

	SLE (r)	SLE (f)	SLE (qp)
σ_s (kgf/cm ²)			
σ_s (kgf/cm ²)			
W_a (mm)			

verifica sezione a taglio

n° barre	ϕ (mm)	A_s (cm ²)	y (cm)
1	5	20	15,71
2	5	20	15,71
3			
4			

V_{Rd} 24947 kg VERIF.

☒ sezione non armata a taglio

☐ armatura costituita solo da staffe

☐ armatura costituita da staffe e barre piegate

pos. asse neutro y_a 14,05 cm

A_{su} (cm²) staffe A_{sp} (cm²) barre piegate

passo (cm) passo (cm)

Figura 36 – Verifica strutturale del muro

Per quanto riguarda la scarpa di fondazione il massimo momento flettente agente risulta di 1291 kNm/m. La fondazione avrà uno spessore di 150 cm ed sarà armata con barre $\phi 24/20$ inferiori + superiori che forniscono un momento resistente di 1260 kNm/m: la verifica di resistenza è ampiamente soddisfatta.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Verifica sezione c.a. agli SLU ed agli SLE secondo D.M. 14/01/2008

dimensione sezione

☒ Rettangolare ☐ Sezione a T

base cm

altezza cm

sollecitazioni

C.D.C. e durata carichi k_s 0,6

	SLU	SLE (r)	SLE (f)	SLE (qp)
M^*_{Ed} (kgm)	3926,00			
M'_{Ed} (kgm)	29137,00			
V_{Ed} (kg)	21223			

grafico sezione SLU

☒ Sez. a M positivo ☐ Sez. a M negativo

materiale e limitazioni

calcestruzzo S.L. di fissurazione

acciaio tensioni max in eserc.

verifiche in caso di incendio ☐ coefficiente di omogeneizzazione n 15

	f_{cd}	f_{yd}	k_s	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{s,lim}$
	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]		[mm]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]
F.C. cls	181,3	3913	0,8	0,30	144	
F.C. acciaio						

comb. taglio e mom. (per sez. non armate a T)

☒ T e M positivo ☐ T e M negativo

sezione a momento positivo - S. L. U.

	n° barre	\varnothing (mm)	A_s (cm ²)	y (cm)
1	5	24	22,62	5
2	5	24	22,62	145
3				
4				

☐ fila di barre di diverso acciaio

M^*_{Rd} 126099 kgm

	ω	κ (cm)	ϵ_s	ϵ_s
	0,037	5,41	-2,62 %	67,50 %

sezione a momento positivo - S. L. E.

y_s (cm) 25,83 J_s (cm⁴) 5540116,3

	SLU (r)	SLE (f)	SLE (qp)
σ_s (kg/cm ²)			
σ_s (kg/cm ²)			
W_s (mm)			

sezione a momento negativo - S. L. U.

	n° barre	\varnothing (mm)	A_s (cm ²)	y (cm)
1	5	24	22,62	5
2	5	24	22,62	145
3				
4				

☐ fila di barre di diverso acciaio

M^*_{Rd} -126099 kgm

	ω	κ (cm)	ϵ_s	ϵ_s
	0,037	144,59	-2,62 %	67,50 %

sezione a momento negativo - S. L. E.

y_s (cm) 124,17 J_s (cm⁴) 5540116,3

	SLU (r)	SLE (f)	SLE (qp)
σ_s (kg/cm ²)			
σ_s (kg/cm ²)			
W_s (mm)			

verifica sezione a taglio

	n° barre	\varnothing (mm)	A_s (cm ²)	y (cm)
1	5	24	22,62	5
2	5	24	22,62	145
3				
4				

V_{Rd} 46106 kg VERIF.

☒ sezione non armata a taglio

☐ armatura costituita solo da staffe

☐ armatura costituita da staffe e barre piegate

pos. asse neutro y_s 25,83 cm

$A_{s,u}$ (cm²) $A_{s,p}$ (cm²)

passo (cm) passo (cm)

Figura 37 – Verifica strutturale della fondazione

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

12 VERIFICA DEI MURETTI D'ALA ALL'INGRESSO/USCITA DEI TOMBOTTI

12.1 CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

I carichi considerati nelle analisi sono i seguenti:

Carichi permanenti

- Peso proprio del muro e del terreno;
- Spinta attiva del terreno di monte;

Carichi accidentali

- Carico del traffico stradale sul rilevato;
- Carico della neve sul profilo di monte;

Le verifiche sono condotte in accordo con il §6.5.3.1.1 delle NTC di cui al D.M. 17/01/2018 in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di equilibrio di corpo rigido (EQU):
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno terreno [Approccio 1 – Combinazione 2 (A2+M2+R2)];
 - scorrimento sul piano di posa [Approccio 2 (A1+M1+R3)];
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno [Approccio 2 (A1+M1+R3)];
 - ribaltamento (Combinazione EQU);
- SLU di tipo strutturale (STR):
 - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali [Approccio 2 (A1+M1+R3)];

I coefficienti amplificativi o riduttivi delle forze, i coefficienti riduttivi dei parametri geotecnici ed i coefficienti riduttivi delle resistenze sono riassunti nelle tabelle seguenti:

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	88 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno

Nelle verifiche tecniche riportate dettagliatamente all'interno dei tabulati di calcolo che seguono, sono state analizzate **diverse combinazioni di calcolo** tali da considerare le combinazioni dei carichi che vadano a massimizzare le azioni nelle combinazioni statiche e sismiche.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

12.2 MODELLO DI CALCOLO

Le verifiche tecniche del muro sono state condotte con l'ausilio del software di calcolo in licenza Max – Analisi e calcolo muri di sostegno Versione 14.01, prodotto dalla Ditta Aztec Informatica Srl.

L'opera è stata schematizzata nella per il muro di massima altezza, inserendo nel modello di calcolo le geometrie previste da progetto, le stratigrafie e le caratteristiche dei terreni illustrate nella relazione geologica, i carichi variabili e l'azione sismica di progetto.

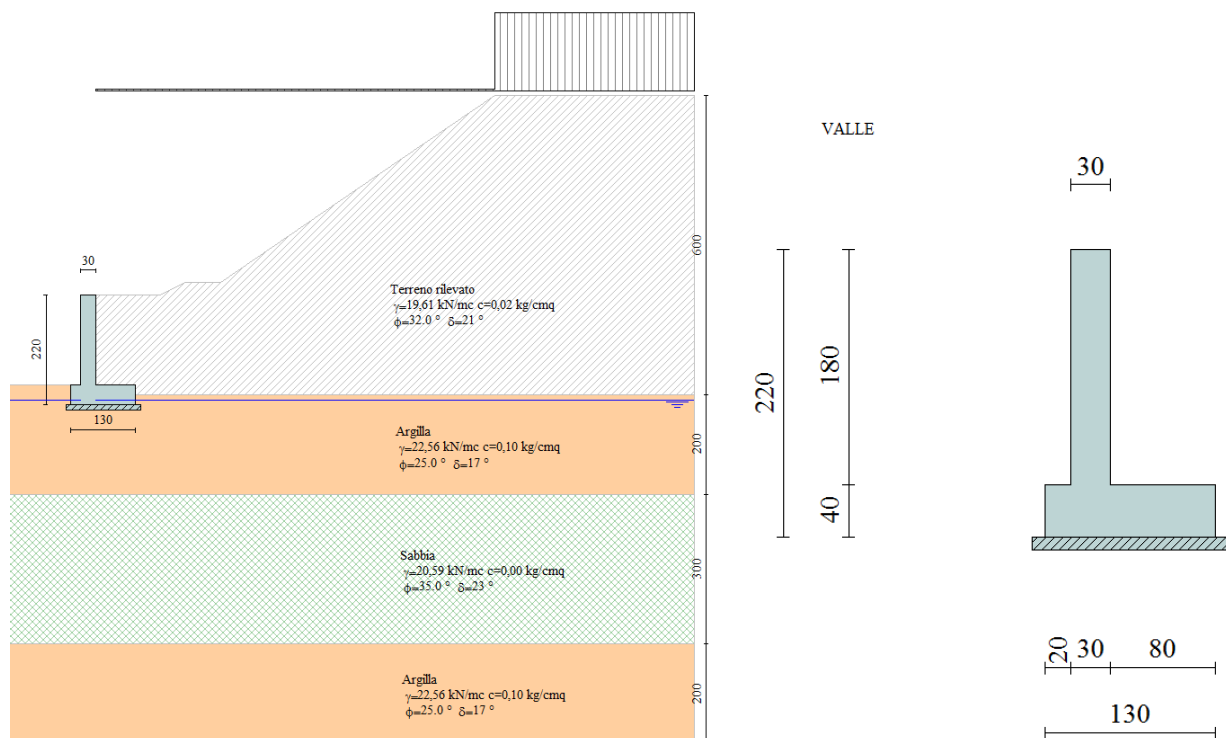


Figura 38: *Modello di calcolo del muretto*

Una volta definito il modello alla base del problema fisico, il calcolo della spinta e le verifiche strutturali avvengono con le seguenti modalità già descritte al § 11 della presente relazione.

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 90 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianesa" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

12.3 RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Di seguito si riportano i risultati dei tabulati di calcolo. Per non appesantire eccessivamente la presente trattazione, si riporta nelle pagine seguenti una tabella di sintesi riassuntiva dei risultati in termini di coefficienti di sicurezza per le n°16 combinazioni di calcolo analizzate e successivamente si riportano i tabulati completi per le n°4 combinazioni più gravose nei confronti di ogni meccanismo di rottura analizzato.

Si osserva che tutti i coefficienti di sicurezza sono superiori all'unità dunque le verifiche di sicurezza sono soddisfatte nei confronti degli stati limite a scorrimento, ribaltamento, carico ultimo in fondazione e stabilità globale del sistema.

Normativa

N.T.C. 2018

Simbologia adottata

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

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

Carichi	Effetto		A1	A2	EQU	HYD
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,30	1,00	1,30	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,50	1,30	1,50	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

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

Carichi	Effetto	A1	A2	EQU	HYD
---------	---------	----	----	-----	-----

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	91 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1,00	1,00	1,00	0,90
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1,00	1,00	1,00	1,10
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0,00	0,00	0,00	0,00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1,00	1,00	1,00	1,50

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

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

FONDAZIONE SUPERFICIALE

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

Verifica

Coefficienti parziali

	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1,00	1,00	1,40
Scorrimento	1,00	1,00	1,10
Resistenza del terreno a valle	1,00	1,00	1,40
Stabilità globale		1,10	

Geometria muro e fondazione

Descrizione

Muro a mensola in c.a.

Altezza del paramento	1,80 [m]
Spessore in sommità	0,30 [m]
Spessore all'attacco con la fondazione	0,30 [m]
Inclinazione paramento esterno	0,00 [°]
Inclinazione paramento interno	0,00 [°]
Lunghezza del muro	5,00 [m]

Fondazione

Lunghezza mensola fondazione di valle	0,20 [m]
Lunghezza mensola fondazione di monte	0,80 [m]
Lunghezza totale fondazione	1,30 [m]
Inclinazione piano di posa della fondazione	0,00 [°]
Spessore fondazione	0,40 [m]
Spessore magrone	0,10 [m]

Geometria profilo terreno a monte del muro

Simbologia adottata e sistema di riferimento

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

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

N	X	Y	A
1	1,30	0,00	0,00
2	1,80	0,25	26,57
3	2,50	0,25	0,00
4	5,25	2,13	34,29
5	8,00	4,00	34,29
6	12,00	4,00	0,00

Codice elaborato: 2C010101A.doc

Revisione:

0

Pagina:

92 di 109

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Terreno a valle del muro

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale	0,00	[°]
Altezza del rinterro rispetto all'attacco fondaz.valle-paramento	0,00	[m]

Falda

Quota della falda a monte del muro rispetto al piano di posa della fondazione	0,10	[m]
Quota della falda a valle del muro rispetto al piano di posa della fondazione	0,10	[m]

Descrizione terreni

Simbologia adottata

Nr.	Indice del terreno
Descrizione	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kg/cm ²]
c_a	Adesione terra-muro espressa in [kg/cm ²]

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	c	c_a
Terreno rilevato	19,61	19,61	32,00	21,33	0,020	0,014
Argilla	22,56	22,56	25,00	16,67	0,100	0,070
Sabbia	20,59	20,59	35,00	23,33	0,000	0,000

Stratigrafia

Simbologia adottata

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

Nr.	H	a	Kw	Ks	Terreno
1	2,00	0,00	6,78	0,00	Terreno rilevato
2	2,00	0,00	1,90	0,00	Argilla
3	3,00	0,00	10,15	0,00	Sabbia
4	2,00	0,00	0,00	0,00	Argilla

Condizioni di carico

Simbologia e convenzioni di segno adottate

Carichi verticali positivi verso il basso.	
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.	
Momento positivo senso antiorario.	
X	Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]
F_x	Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]
F_y	Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]
M	Momento espresso in [kNm]
X_i	Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]
X_f	Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]
Q_i	Intensità del carico per $x=X_i$ espressa in [kN/m]
Q_f	Intensità del carico per $x=X_f$ espressa in [kN/m]
D / C	Tipo carico : D=distribuito C=concentrato

Condizione n° 1 (Traffico)

D	Profilo	$X_i=8,00$	$X_f=12,00$	$Q_i=20,0000$	$Q_f=20,0000$
---	---------	------------	-------------	---------------	---------------

Condizione n° 2 (Neve)

D	Profilo	$X_i=0,00$	$X_f=12,00$	$Q_i=1,0000$	$Q_f=1,0000$
---	---------	------------	-------------	--------------	--------------

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	93 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S	Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)
γ	Coefficiente di partecipazione della condizione
Ψ	Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Traffico	SFAV	1,50	1,00	1,50
Neve	SFAV	1,50	0,50	0,75

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Traffico	SFAV	1,50	1,00	1,50
Neve	SFAV	1,50	0,50	0,75

Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Traffico	SFAV	1,30	1,00	1,30
Neve	SFAV	1,30	0,50	0,65

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Traffico	SFAV	1,50	0,75	1,12
Neve	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 8 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,30	1,00	1,30
Traffico	SFAV	1,50	0,75	1,12
Neve	SFAV	1,50	1,00	1,50

Combinazione n° 9 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 94 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Traffico	SFAV	1,30	0,75	0,98
Neve	SFAV	1,30	1,00	1,30

Combinazione n° 10 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 11 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 12 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 13 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 14 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 15 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 16 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	FAV	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	SFAV	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 17 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00

Combinazione n° 18 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Traffico	SFAV	1,00	0,75	0,75

Combinazione n° 19 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00

Codice elaborato: 2C010101A.doc

Revisione:

0

Pagina:

95 di 109

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Neve	SFAV	1,00	0,20	0,20

Combinazione n° 20 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Traffico	SFAV	1,00	1,00	1,00
Neve	SFAV	1,00	0,50	0,50

Combinazione n° 21 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1,00	1,00	1,00
Peso proprio terrapieno	--	1,00	1,00	1,00
Spinta terreno	--	1,00	1,00	1,00
Neve	SFAV	1,00	1,00	1,00
Traffico	SFAV	1,00	0,75	0,75

Impostazioni di analisi

Metodo verifica sezioni

Stato limite

Impostazioni verifiche SLU

Coefficienti parziali per resistenze di calcolo dei materiali

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

Impostazioni verifiche SLE

Condizioni ambientali
Armatura ad aderenza migliorata

Aggressive

Verifica fessurazione

Sensibilità delle armature
Valori limite delle aperture delle fessure

Poco sensibile

$w_1 = 0.20$

$w_2 = 0.30$

$w_3 = 0.40$

Metodo di calcolo aperture delle fessure

Circ. Min. 252 (15/10/1996)

Verifica delle tensioni

Combinazione di carico

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

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

Calcolo della portanza

metodo di Meyerhof

Coefficiente correttivo su N_y per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLU): 1,00

Coefficiente correttivo su N_y per effetti cinematici (combinazioni sismiche SLE): 1,00

Impostazioni avanzate

Terreno a monte a elevata permeabilità

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

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	96 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	-----------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

Simbologia adottata

C	Identificativo della combinazione
Tipo	Tipo combinazione
Sisma	Combinazione sismica
CS _{SCO}	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
CS _{RIB}	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
CS _{QLM}	Coeff. di sicurezza a carico limite
CS _{STAB}	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (qult)	FS (stab)	Spinta[kN]	Incr. sism.[kN]
1	A1-M1 - [1]	--	--	2,05	5,29	--	13,5339	0,0000
2	EQU - [1]	--	4,79	--	--	--	13,5339	0,0000
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,65	15,6567	0,0000
4	A1-M1 - [2]	--	--	2,00	5,15	--	13,9997	0,0000
5	EQU - [2]	--	4,66	--	--	--	13,9997	0,0000
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1,63	22,2390	0,0000
7	A1-M1 - [3]	--	--	1,96	5,03	--	14,4652	0,0000
8	EQU - [3]	--	4,55	--	--	--	14,4652	0,0000
9	STAB - [3]	--	--	--	--	1,61	21,6363	0,0000
10	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	1,77	4,63	--	9,0053	2,3434
11	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1,73	4,35	--	9,0053	3,3886
12	EQU - [4]	SismaH + SismaV negativo	2,39	--	--	--	9,0053	8,9807
13	EQU - [4]	SismaH + SismaV positivo	2,68	--	--	--	9,0053	10,4792
14	STAB - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	1,81	9,0053	3,3886
15	STAB - [4]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	1,83	9,0053	2,3434
16	A1-M1 - [5]	SismaH + SismaV positivo	--	1,73	4,35	--	9,0053	3,3886
17	SLEQ - [1]	--	--	3,04	6,47	--	9,0053	0,0000
18	SLEF - [1]	--	--	3,04	6,47	--	9,0053	0,0000
19	SLEF - [1]	--	--	3,01	6,42	--	9,1250	0,0000
20	SLER - [1]	--	--	2,96	6,36	--	9,3043	0,0000
21	SLER - [1]	--	--	2,89	6,24	--	9,6031	0,0000

Figura 39: Tabella riassuntiva delle verifiche

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :
Origine in testa al muro (spigolo di monte)
Ascisse X (esprese in [m]) positive verso monte
Ordinate Y (esprese in [m]) positive verso l'alto
Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle
Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta
Calcolo del carico limite
Calcolo della stabilità globale
Calcolo della spinta in condizioni di

metodo di Culmann
metodo di Meyerhof
metodo di Fellenius
Spinta attiva

Sisma

Identificazione del sito

Latitudine 45.546052
Longitudine 12.160206
Comune Martellago
Provincia Venezia

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 97 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Regione	Veneto	
Punti di interpolazione del reticolo	12302 - 12303 - 12081 - 12080	
Tipo di opera	Opera ordinaria	
Tipo di costruzione	50 anni	
Vita nominale	III - Affollamenti significativi e industrie non pericolose	
Classe d'uso	75 anni	
Vita di riferimento		
Combinazioni SLU		
Accelerazione al suolo a_g	1.19 [m/s^2]	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50	
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00	
Coefficiente riduzione (β_m)	0.38	
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 6.93$	
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 3.46$	
Combinazioni SLE		
Accelerazione al suolo a_g	0.48 [m/s^2]	
Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)	1.50	
Coefficiente di amplificazione topografica (St)	1.00	
Coefficiente riduzione (β_m)	0.47	
Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale	0.50	
Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)	$k_h=(a_g/g*\beta_m*St*S) = 3.43$	
Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)	$k_v=0.50 * k_h = 1.72$	
Forma diagramma incremento sismico	Stessa forma diagramma statico	
Partecipazione spinta passiva (percento)	0,0	
Lunghezza del muro	5,00	[m]
Peso muro	25,9880 [kN]	
Baricentro del muro	X=0,00 Y=-1,44	
<u>Superficie di spinta</u>		
Punto inferiore superficie di spinta	X = 0,80	Y = -2,20
Punto superiore superficie di spinta	X = 0,80	Y = 0,00
Altezza della superficie di spinta	2,20	[m]
Inclinazione superficie di spinta(rispetto alla verticale)	0,00	[°]

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 9		
Le ascisse X sono considerate positive verso monte		
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto		
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)		
W	peso della striscia espresso in [kN]	
α	angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)	
ϕ	angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia	
c	coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]	
b	larghezza della striscia espressa in [m]	
u	pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kg/cmq]	
 Metodo di Fellenius		
Numero di cerchi analizzati	36	
Numero di strisce	25	
 Cerchio critico		
Coordinate del centro X[m]=	0,00	Y[m]= 1,66
Raggio del cerchio R[m]=	3,94	

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 98 di 109
---------------------------------	--------------	-------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Ascissa a valle del cerchio $X_i[m] = -1,91$
Ascissa a monte del cerchio $X_s[m] = 3,93$
Larghezza della striscia $dx[m] = 0,23$
Coefficiente di sicurezza $C = 1,61$
Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

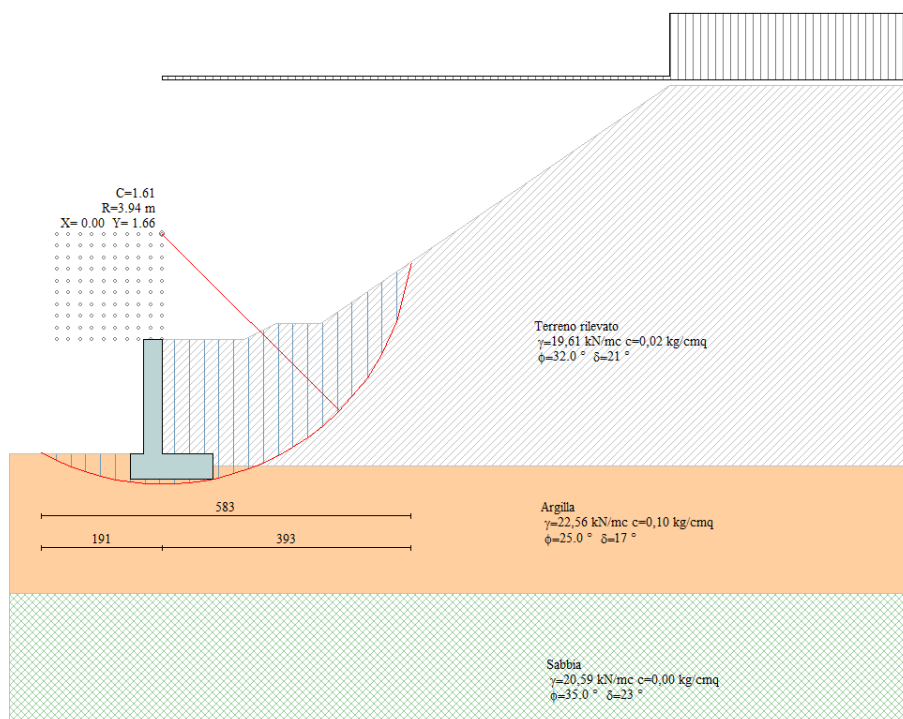
Striscia	W	$\alpha(^{\circ})$	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	ϕ	c	u
1	2,0908	76.06	2,0293	0,0095	26.56	0,02	0,00
2	4,6843	65.47	4,2614	0,0055	26.56	0,02	0,00
3	5,9863	58.16	5,0856	0,0043	26.56	0,02	0,00
4	6,8062	52.18	5,3764	0,0037	26.56	0,02	0,00
5	7,3373	46.93	5,3597	0,0034	26.56	0,02	0,00
6	7,6638	42.15	5,1434	0,0031	26.56	0,02	0,00
7	8,1169	37.72	4,9661	0,0029	26.56	0,02	0,00
8	8,8793	33.54	4,9062	0,0027	26.56	0,02	0,00
9	9,5364	29.56	4,7041	0,0026	26.56	0,02	0,00
10	9,8874	25.72	4,2914	0,0025	26.56	0,02	0,00
11	9,8359	22.01	3,6864	0,0025	23.97	0,04	0,00
12	9,8909	18.39	3,1211	0,0024	20.46	0,08	0,00
13	10,2403	14.85	2,6248	0,0024	20.46	0,08	0,00
14	10,7863	11.37	2,1258	0,0023	20.46	0,08	0,01
15	11,1637	7.92	1,5390	0,0023	20.46	0,08	0,01
16	11,2949	4.51	0,8881	0,0023	20.46	0,08	0,02
17	11,6307	1.11	0,2257	0,0023	20.46	0,08	0,02
18	12,9478	-2.28	-0,5156	0,0023	20.46	0,08	0,02
19	3,7379	-5.68	-0,3702	0,0023	20.46	0,08	0,02
20	2,1293	-9.11	-0,3370	0,0023	20.46	0,08	0,01
21	1,8940	-12.56	-0,4119	0,0023	20.46	0,08	0,01
22	1,5802	-16.07	-0,4373	0,0024	20.46	0,08	0,00
23	1,1842	-19.63	-0,3978	0,0024	20.46	0,08	0,00
24	0,7291	-23.28	-0,2881	0,0025	26.56	0,02	0,00
25	0,2264	-27.03	-0,1029	0,0026	26.56	0,02	0,00

$\Sigma W_i = 170,2605$ [kN]
 $\Sigma W_i \sin \alpha_i = 57,4734$ [kN]
 $\Sigma W_i \cos \alpha_i \tan \phi_i = 62,7061$ [kN]
 $\Sigma c_i b_i / \cos \alpha_i = 30,7879$ [kN]

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale



COMBINAZIONE n° 11

Valore della spinta statica	9,0053	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,4113	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	3,2166	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,80	[m]	Y = -1,56	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,93	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53,19	[°]		
Incremento sismico della spinta	3,3886	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,80	[m]	Y = -1,56	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	51,44	[°]		
Spinta falda	0,0490	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,80	[m]	Y = -2,17	[m]
Sottospinta falda	1,2749	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	28,2436	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,40	[m]	Y = -0,90	[m]
Inerzia del muro	1,8001	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0,9000	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1,9563	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0,9781	[kN]		
Risultanti				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	15,3817	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	59,2619	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	59,2619	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	15,3817	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,09	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Risultante in fondazione	61,2256	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	14,55	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	5,2935	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	257,9575	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	0,6565	[kg/cm ²]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0,2732	[kg/cm ²]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 20.72$	$N_q = 10.66$	$N_\gamma = 6.77$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_\gamma = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.70$	$i_q = 0.70$	$i_\gamma = 0.17$
Fattori profondità	$d_c = 1.10$	$d_q = 1.05$	$d_\gamma = 1.05$
I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.			
	$N'_c = 15.97$	$N'_q = 7.86$	$N'_\gamma = 1.24$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.73
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	4.35

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 11

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm
Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN
Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000	0,0000
2	0,09	0,6620	0,0021	0,0459
3	0,18	1,3239	0,0083	0,0917
4	0,27	1,9859	0,0186	0,1376
5	0,36	2,6478	0,0331	0,1871
6	0,45	3,3098	0,0530	0,2613
7	0,54	3,9718	0,0816	0,3824
8	0,63	4,6337	0,1234	0,5550
9	0,72	5,2957	0,1830	0,7791
10	0,81	5,9576	0,2652	1,0550
11	0,90	6,6196	0,3745	1,3826
12	0,99	7,2816	0,5156	1,7620
13	1,08	7,9435	0,6932	2,1931
14	1,17	8,6055	0,9119	2,6761
15	1,26	9,2674	1,1764	3,2109
16	1,35	9,9294	1,4914	3,7975
17	1,44	10,5914	1,8615	4,4360
18	1,53	11,2533	2,2915	5,1263
19	1,62	11,9153	2,7858	5,8684
20	1,71	12,5772	3,3493	6,6625
21	1,80	13,2392	3,9864	7,5000

Sollecitazioni fondazione di valle

Combinazione n° 11

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

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione:	0	Pagina:	101 di 109
---------------------------------	------------	---	---------	------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,02	0,0109	1,0857
3	0,04	0,0433	2,1598
4	0,06	0,0972	3,2223
5	0,08	0,1722	4,2733
6	0,10	0,2680	5,3127
7	0,12	0,3846	6,3406
8	0,14	0,5216	7,3568
9	0,16	0,6788	8,3616
10	0,18	0,8560	9,3547
11	0,20	1,0529	10,3363

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 11

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0,00	0,0000	0,0000
2	0,08	-0,0562	-1,3730
3	0,16	-0,2147	-2,5609
4	0,24	-0,4610	-3,5638
5	0,32	-0,7800	-4,3816
6	0,40	-1,1571	-5,0144
7	0,48	-1,5774	-5,4622
8	0,56	-2,0261	-5,7249
9	0,64	-2,4884	-5,8026
10	0,72	-2,9496	-5,6952
11	0,80	-3,3947	-5,4028

Armature e tensioni nei materiali del muro

Combinazione n° 11

L'ordinata Y(espressa in [m]) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro
B base della sezione espressa in [cm]
H altezza della sezione espressa in [cm]
A_{fs} area di armatura in corrispondenza del lembo di monte in [cmq]
A_{fi} area di armatura in corrispondenza del lembo di valle in [cmq]
N_u sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M_u momento ultimo espresso in [kNm]
CS coefficiente sicurezza sezione
VR_{cd} Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
VR_{sd} Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
VR_d Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Red}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 30	7,70	7,70	0,00	0,00	1000,00	139,65	--	--
2	0,09	100, 30	7,70	7,70	5083,56	-15,84	7679,56	139,74	--	--
3	0,18	100, 30	7,70	7,70	5050,08	-31,48	3814,49	139,83	--	--
4	0,27	100, 30	7,70	7,70	5017,04	-46,91	2526,36	139,92	--	--
5	0,36	100, 30	7,70	7,70	4984,07	-62,31	1882,32	140,01	--	--
6	0,45	100, 30	7,70	7,70	4947,87	-79,22	1494,92	140,10	--	--

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 102 di 109
---------------------------------	--------------	--------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE										
PROGETTO DEFINITIVO					Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.				
					Elaborato:	BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianesa" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale				

7	0,54	100, 30	7,70	7,70	4901,93	-100,67	1234,20	140,19	--	--
8	0,63	100, 30	7,70	7,70	4841,50	-128,90	1044,84	140,28	--	--
9	0,72	100, 30	7,70	7,70	4729,63	-163,45	893,11	140,36	--	--
10	0,81	100, 30	7,70	7,70	4367,32	-194,38	733,06	140,45	--	--
11	0,90	100, 30	7,70	7,70	3950,16	-223,46	596,74	140,54	--	--
12	0,99	100, 30	7,70	7,70	3502,18	-247,98	480,97	140,63	--	--
13	1,08	100, 30	15,39	15,39	3528,93	-307,95	444,25	162,90	--	--
14	1,17	100, 30	7,70	7,70	2602,16	-275,75	302,38	140,81	--	--
15	1,26	100, 30	7,70	7,70	2098,25	-266,36	226,41	140,90	--	--
16	1,35	100, 30	7,70	7,70	1616,04	-242,73	162,75	140,99	--	--
17	1,44	100, 30	7,70	7,70	1212,86	-213,17	114,51	141,08	--	--
18	1,53	100, 30	7,70	7,70	905,03	-184,29	80,42	141,17	--	--
19	1,62	100, 30	7,70	7,70	688,59	-160,99	57,79	141,26	--	--
20	1,71	100, 30	7,70	7,70	535,33	-142,56	42,56	141,35	--	--
21	1,80	100, 30	7,70	7,70	431,97	-130,07	32,63	141,44	--	--

Armature e tensioni nei materiali della fondazione

Combinazione n° 11

Simbologia adottata

B	base della sezione espressa in [cm]
H	altezza della sezione espressa in [cm]
A _{fi}	area di armatura in corrispondenza del lembo inferiore in [cmq]
A _{fs}	area di armatura in corrispondenza del lembo superiore in [cmq]
N _u	sforzo normale ultimo espresso in [kN]
M _u	momento ultimo espresso in [kNm]
CS	coefficiente sicurezza sezione
V _{Rcd}	Aliquota di taglio assorbito dal cls, espresso in [kN]
V _{Rsd}	Aliquota di taglio assorbito dall'armatura, espresso in [kN]
V _{Rd}	Resistenza al taglio, espresso in [kN]

Fondazione di valle

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 40	7,70	7,70	0,00	0,00	1000,00	172,35	--	--
2	0,02	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	9871,86	172,35	--	--
3	0,04	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	2476,75	172,35	--	--
4	0,06	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	1104,71	172,35	--	--
5	0,08	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	623,62	172,35	--	--
6	0,10	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	400,55	172,35	--	--
7	0,12	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	279,17	172,35	--	--
8	0,14	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	205,84	172,35	--	--
9	0,16	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	158,17	172,35	--	--
10	0,18	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	125,43	172,35	--	--
11	0,20	100, 40	7,70	7,70	0,00	107,37	101,97	172,35	--	--

Fondazione di monte

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

Nr.	Y	B, H	A _{fs}	A _{fi}	N _u	M _u	CS	V _{Rd}	V _{Rcd}	V _{Rsd}
1	0,00	100, 40	7,70	7,70	0,00	0,00	1000,00	172,35	--	--
2	0,08	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	1912,05	172,35	--	--
3	0,16	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	499,98	172,35	--	--
4	0,24	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	232,92	172,35	--	--
5	0,32	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	137,65	172,35	--	--
6	0,40	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	92,79	172,35	--	--
7	0,48	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	68,07	172,35	--	--
8	0,56	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	52,99	172,35	--	--
9	0,64	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	43,15	172,35	--	--
10	0,72	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	36,40	172,35	--	--
11	0,80	100, 40	7,70	7,70	0,00	-107,37	31,63	172,35	--	--

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 103 di 109
---------------------------------	--------------	--------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione: Elaborato:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l. BRETTELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

COMBINAZIONE n° 12

Valore della spinta statica	9,0053	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	8,4113	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	3,2166	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0,80	[m]	Y = -1,56	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	20,93	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	53,19	[°]		
Incremento sismico della spinta	8,9807	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0,80	[m]	Y = -1,56	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	31,63	[°]		
Spinta falda	0,0490	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta della falda	X = 0,80	[m]	Y = -2,17	[m]
Sottospinta falda	1,2749	[kN]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	28,2436	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0,40	[m]	Y = -0,90	[m]
Inerzia del muro	2,7001	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-1,3500	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	2,9344	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-1,4672	[kN]		
Risultanti				
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	22,4831	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	56,5639	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	19,5065	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	46,6915	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	56,5639	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	22,4831	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0,17	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1,30	[m]		
Risultante in fondazione	60,8684	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	21,68	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	9,5816	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.39
--	------

12.4 RISULTATI DELLE VERIFICHE STRUTTURALI

Le immagini seguenti mostrano le massime sollecitazioni in fondazione e sul paramento murario in combinazione SLU di tipo strutturale [Approccio 2 (A1+M1+R3)].

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 104 di 109
---------------------------------	--------------	--------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

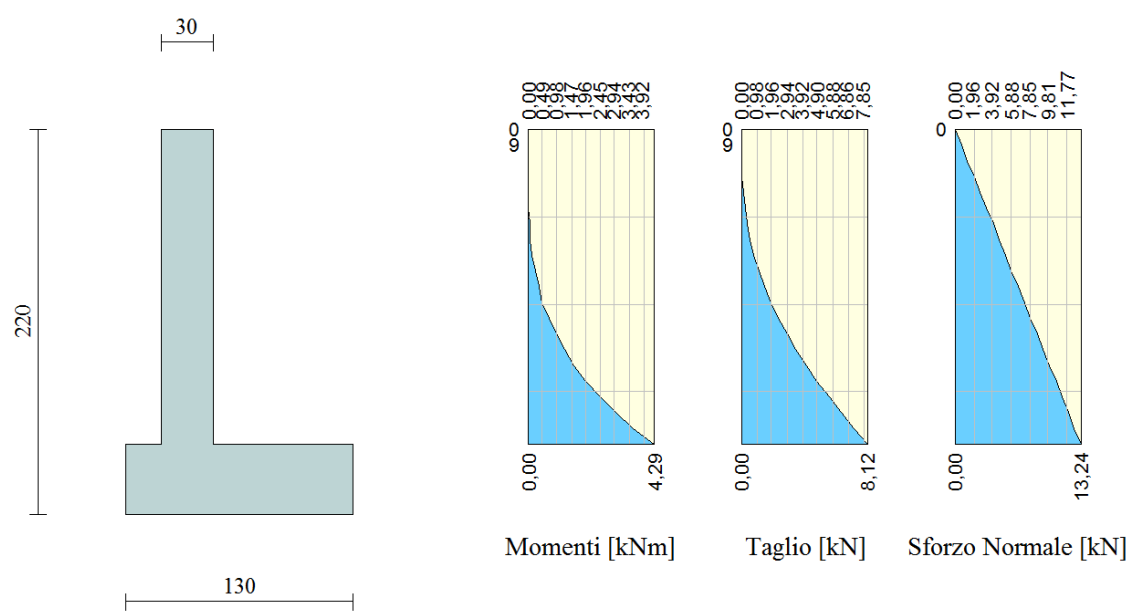


Figura 40 – Massime sollecitazioni sul paramento del muro

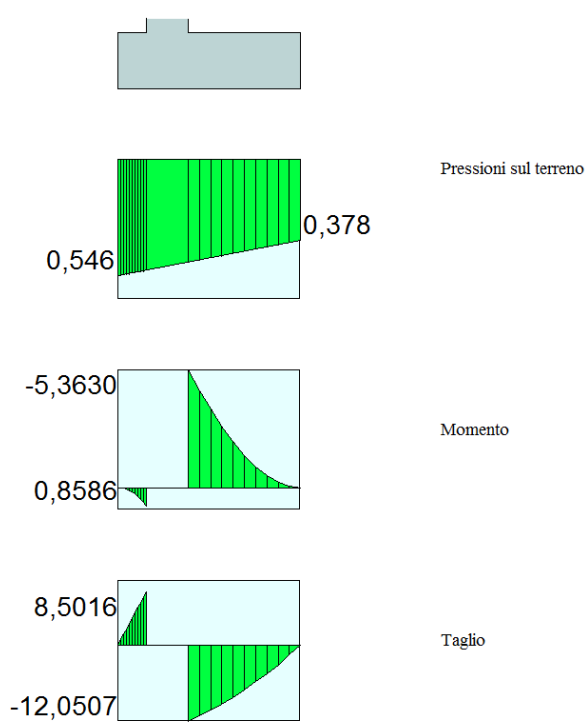


Figura 41 – Massime sollecitazioni in fondazione del muro

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

Il massimo momento flettente agente alla base del paramento verticale risulta di 8,12 kNm/m. La sezione strutturale del muro avrà uno spessore di 30 cm e sarà armata con barre verticali $\phi 14/20$ interne ed esterne che forniscono un momento resistente di 76 kNm/m: la verifica di resistenza è dunque soddisfatta.

dimensione sezione

☒ Rettangolare ☐ Sezione a T

base cm

altezza cm

sollecitazioni

C.D.C. e durata carichi k_1 0,6

	SLU	SLE (r)	SLE (f)	SLE (qp)
M^+_{Ed} (kgm)	0,00			
M^-_{Ed} (kgm)	28130,00			
V_{Ed} (kg)	13760			

materiali e limitazioni

calcestruzzo S. L. di fessurazione

acciaio tensioni max in eserc.

verifiche in caso di incendio ☐ coefficiente di omogeneizzazione n 15

	f_{cd}	f_{td}	k_1	W_{lim}	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{s,lim}$
	181,3	3913	0,8	0,30	144	
	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]		[mm]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]

F.C. cls F.C. acciaio

grafico sezione SLU

☒ Sez. a M positivo ☐ Sez. a M negativo

comb. taglio e mom. (per sez. non armate a T)

☒ T e M positivo ☐ T e M negativo

sezione a momento positivo - S. L. U. ☒

n° barre	ϕ (mm)	A_s (cm ²)	y (cm)
1	5	14	7,70
2	5	14	7,70
3			
4			

☐ fila di barre di diverso acciaio

M^+_{Rd} 7860 kgm

ρ/d	κ (cm)	ϵ_s	ϵ_s
0,142	3,55	-3,50 ‰	21,15 ‰

sezione a momento positivo - S. L. E.

y_a (cm) 6,33 J_a (cm⁴) 48902,3

	SLE (r)	SLE (f)	SLE (qp)
σ_s (kg/cm ²)			
σ_s (kg/cm ²)			
W_s (mm)			

sezione a momento negativo - S. L. U. ☒

n° barre	ϕ (mm)	A_s (cm ²)	y (cm)
1	5	14	7,70
2	5	14	7,70
3			
4			

☐ fila di barre di diverso acciaio

M^-_{Rd} -7860 kgm

ρ/d	κ (cm)	ϵ_s	ϵ_s
0,142	26,45	-3,50 ‰	21,15 ‰

sezione a momento negativo - S. L. E.

y_a (cm) 23,67 J_a (cm⁴) 48902,3

	SLE (r)	SLE (f)	SLE (qp)
σ_s (kg/cm ²)			
σ_s (kg/cm ²)			
W_s (mm)			

verifica sezione a taglio

V_{Rd} 15454 kg VERIF.

☒ sezione non armata a taglio

☐ armatura costituita solo da staffe

☐ armatura costituita da staffe e barre piegate

pos. asse neutro y_a 8,08 cm

A_{su} (cm²) staffe A_{sp} (cm²) barre pieg.

passo (cm) passo (cm)

Figura 42 – Verifica strutturale del muro

Per quanto riguarda la scarpa di fondazione il massimo momento flettente agente risulta di 5,36 kNm/m. La fondazione avrà uno spessore di 40 cm ed sarà armata con barre $\phi 14/20$ inferiori + superiori che forniscono un momento resistente di 108 kNm/m: la verifica di resistenza è ampiamente soddisfatta.

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione: ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
Elaborato: BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese"
PONTE E OPERE D'ARTE MINORI –
Relazione di calcolo strutturale

dimensione sezione

☒ Rettangolare ☐ Sezione a T

base cm

altezza cm

sollecitazioni

C.D.C. e durata carichi k_s 0,6

	SLU	SLE (i)	SLE (f)	SLE (qp)
M^+_{Ed} (kgm)	0,00			
M^-_{Ed} (kgm)	28130,00			
V_{Ed} (kg)	13760			

grafico sezione SLU

☒ Sez. a M positivo ☐ Sez. a M negativo

materiali e limitazioni

calcestruzzo S. L. di fissurazione

acciaio tensioni max in eserc.

verifiche in caso di incendio ☐ coefficiente di omogeneizzazione n 15

	f_{cd}	f_{yd}	k_1	w_{lim}	$\sigma_{c,lim}$	$\sigma_{s,lim}$
	181,3	3913	0,8	0,30	144	
	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]		[mm]	[kg/cm ²]	[kg/cm ²]

F.C. cls F.C. acciaio

comb. taglio e mom. (per sez. non armate a T)

☒ T e M positivo ☐ T e M negativo

sezione a momento positivo - S. L. U. ☒

	n° barre	\varnothing (mm)	A_s (cm ²)	ρ (%)
1	5	14	7,70	5
2	5	14	7,70	35
3				
4				

☐ fila di barre di diverso acciaio

M^+_{Ed} 10872 kgm

	w (mm)	ρ (%)	ρ_s (%)
	0,101	3,55	-3,50 %

sezione a momento positivo - S. L. E.

y_a (cm) 7,57 J_a (cm⁴) 102090,3

	SLE (i)	SLE (f)	SLE (qp)
σ_o (kg/cm ²)			
σ_s (kg/cm ²)			
w_o (mm)			

sezione a momento negativo - S. L. U. ☒

	n° barre	\varnothing (mm)	A_s (cm ²)	ρ (%)
1	5	14	7,70	5
2	5	14	7,70	35
3				
4				

☐ fila di barre di diverso acciaio

M^-_{Ed} -10872 kgm

	w (mm)	ρ (%)	ρ_s (%)
	0,101	36,45	-3,50 %

sezione a momento negativo - S. L. E.

y_a (cm) 32,43 J_a (cm⁴) 102090,3

	SLE (i)	SLE (f)	SLE (qp)
σ_o (kg/cm ²)			
σ_s (kg/cm ²)			
w_o (mm)			

verifica sezione a taglio

	n° barre	\varnothing (mm)	A_s (cm ²)	ρ (%)
1	5	20	15,71	5
2	5	20	15,71	35
3				
4				

V_{Ed} 17926 kg VERIF.

☒ sezione non armata a taglio
☐ armatura costituita solo da staffe
☐ armatura costituita da staffe e barre piegate

pos. asse neutro y_a 9,80 cm

	A_{sv} (cm ²)	A_{sv} (cm ²)
	staffe	barre piegate

passo (cm) passo (cm)

Figura 43 – Verifica strutturale della fondazione

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

13 CONTROLLO AFFIDABILITA' CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO E VERIFICA ATTENDIBILITA' DEI RISULTATI OTTENUTI (AI SENSI DEL § 10.2 DEL D.M. 17.01.2018)

Tipo di analisi svolta

Per le verifiche della struttura del ponte è stata svolta un'analisi modale con spettro di risposta, mentre per le verifiche dei muri un'analisi statica lineare. Per le diverse combinazioni di carico si sono verificati gli elementi strutturali come previsto dalle NTC 17/01/2018.

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo

Le strutture sono state calcolate con l'ausilio dei software in licenza Midas GEN 2019, della ditta CSPFea e del software in licenza Max – Analisi e calcolo muri di sostegno Versione 14.01, prodotto dalla Ditta Aztec Informatica Srl. Sono stati inoltre utilizzati programmi con licenza freeware e fogli di calcolo appositamente programmati all'interno dello studio per l'esecuzione di specifiche verifiche tecniche.

Affidabilità dei codici utilizzati

I software utilizzati sono in uso da parecchi anni all'interno dello studio ed hanno dimostrato di fornire risultati corretti per i casi simili al presente per tipologia strutturale, materiali e metodi di calcolo.

Validazione dei codici

I software sono stati testati dalle case produttrici che forniscono i manuali di validazione. I software sono stati più volte testati confrontando i risultati dei modelli con quelli ottenuti da elaborazioni numeriche mediante programmi simili e con analisi di casi studio ampiamente trattati in letteratura. Sono state inoltre eseguite semplici verifiche manuali sui valori ottenuti (somma delle reazioni vincolari alla base, sforzi agenti su travi e pilastri ecc..), riscontrando un'ottima corrispondenza con i risultati forniti dal codice di calcolo.

Modalità di presentazione dei risultati

Per una più comprensibile lettura del presente elaborato, i risultati sono presentati attraverso tabelle di sintesi ed immagini rappresentative, corredate dalla relativa spiegazione delle sigle utilizzate per riassumere in maniera completa ed efficace il comportamento delle strutture per il tipo di analisi sviluppate. Per non appesantire eccessivamente la presente trattazione si omette l'esibizione dei

Codice elaborato: 2C010101A.doc	Revisione: 0	Pagina: 108 di 109
---------------------------------	--------------	--------------------

OPERE COMPLEMENTARI AL PASSANTE DI MESTRE		
PROGETTO DEFINITIVO	Progettazione:	ZOLLET INGEGNERIA S.r.l.
	Elaborato:	BRETELLA DI COLLEGAMENTO TRA LA STAZIONE DI MARTELLAGO-SCORZE' E LA S.P. N. 39 "Moglianese" PONTE E OPERE D'ARTE MINORI – Relazione di calcolo strutturale

tabulati di calcolo completi che sono comunque conservati e consultabili presso gli archivi dello studio.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

In conclusione, viste le valutazioni e le considerazioni di cui sopra, considerati i confronti dei risultati con verifiche semplificate, si può, a ragione, ritenere affidabili ed accettare i risultati esposti nella presente relazione.