



COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO

**Lavori di messa in sicurezza della viabilità mediante costruzione di una
pista ciclabile in località Malafesta in comune di San Michele al
Tagliamento**

**Relazione tecnica di dimensionamento di un muro
di sostegno ubicato in Via Scuole**

IL TECNICO:



Ing. Andrea de Götzen
Via dei Paleoveneti, 66
30023 Concordia Sagittaria (VE)
studio@degoetzeningegneria.it

 <p>COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>  <p>ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE</p>	<p>LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>	<p>RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO</p>
--	--	--

Indice

1	Descrizione della struttura	3
2	Normative di riferimento.....	5
3	Materiali	5
4	Analisi dei carichi	6
4.1	Classificazione del terreno.....	6
4.2	Sovraccarico.....	6
5	Combinazioni delle azioni.....	7
5.1	Combinazione per gli stati limite ultimi (SLU)	7
5.2	Combinazione per l'analisi sismica	7
6	Verifiche degli elementi strutturali	9
6.1	Condizioni statiche: stato limite di ribaltamento	9
6.2	Condizioni statiche: stato limite di scorrimento.....	10
6.3	Condizioni statiche: capacità portante del muro	10
6.4	Condizioni sismiche: stato limite di ribaltamento	11
6.5	Condizioni sismiche: stato limite di scorrimento	12
6.6	Verifica della sezione in c.a. della mensola verticale	12
6.6.1	Verifica a flessione semplice.....	12
6.6.2	Verifica a taglio	13
6.7	Verifica della sezione in c.a. della soletta orizzontale.....	13
6.7.1	Verifica a flessione semplice.....	14
6.7.2	Verifica a taglio	14



COMUNE DI
SAN MICHELE
AL TAGLIAMENTO

AG ANDREA DE GÖTZEN
INGEGNERE

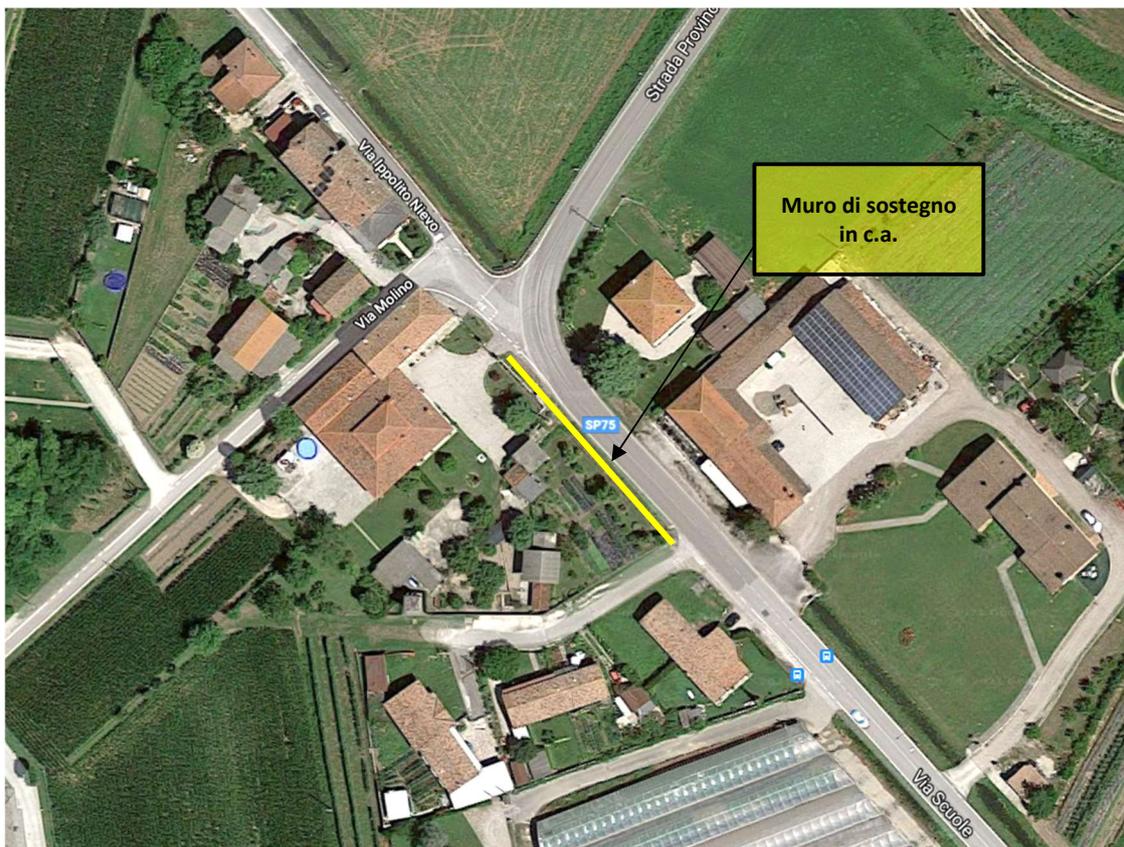
**LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA'
MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE
IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN
MICHELE AL TAGLIAMENTO**

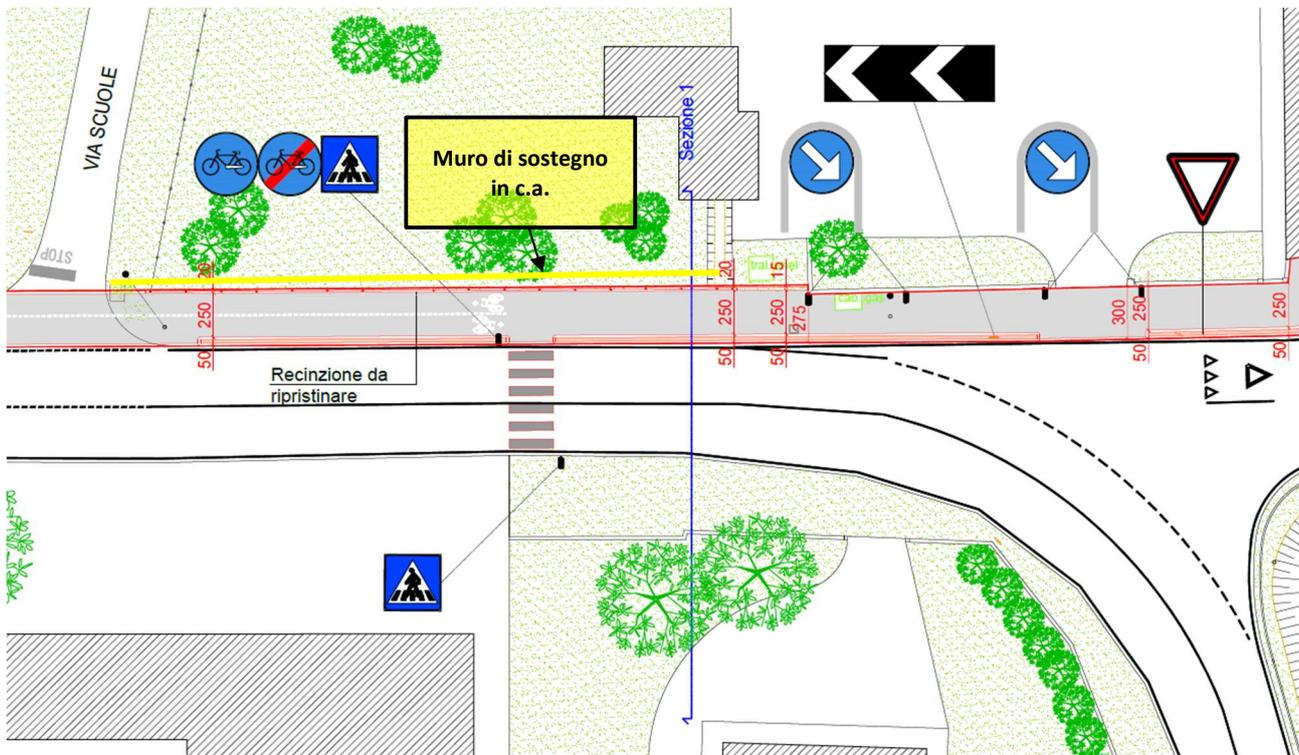
**RELAZIONE
TECNICA MURO DI
SOSTEGNO**

1 Descrizione della struttura

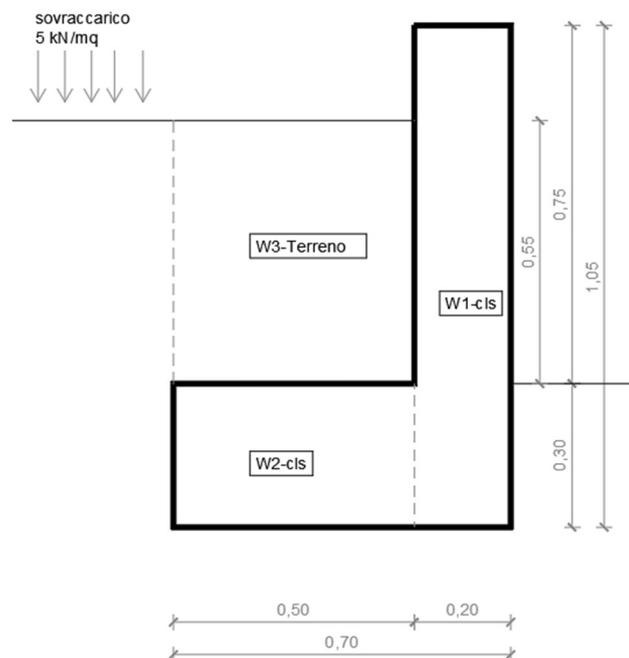
La presente relazione riguarda la verifica di un muro di sostegno in calcestruzzo armato in località Malafesta di San Michele al Tagliamento (VE) lungo via Scuole (SP75), in relazione al progetto di "Lavori di messa in sicurezza della viabilità mediante costruzione di una pista ciclabile in località Malafesta in comune di San Michele al Tagliamento".

Si riporta di seguito l'ubicazione dell'opera su ortofoto Google e l'estratto da planimetria di progetto.





La struttura è dimensionata in calcestruzzo armato Classe C25/30, costituita da una soletta di fondazione di larghezza 70 cm e spessore 30 cm, e una mensola verticale costituente il paramento di spessore 20 cm ed altezza 105 cm. Lo sviluppo lineare della struttura è di 33,0 m. Il muro presenta un dislivello tra la quota del piano di progetto della pista ciclabile a monte della scarpata, e la quota del piano campagna al piede della stessa pari a 55 cm. Si allega nell'elaborato grafico T01 la sezione verticale di progetto.



 <p>COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>  <p>ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE</p>	<p>LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>	<p>RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO</p>
--	--	--

2 Normative di riferimento

Si riportano le normative adottate per le verifiche delle singole componenti strutturali:

- D.M. 17.01.2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Circolare N.7 CSLPP 21.01.2019 Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

3 Materiali

CALCESTRUZZO PER FONDAZIONI Classe C25/30		
Resistenza a compressione cubica caratteristica	R_{ck}	30,00 MPa
Resistenza a compressione cilindrica ($0.83 R_{ck}$)	f_{ck}	25,00 MPa
Resistenza a trazione media	f_{ctm}	2,77 MPa
Resistenza a trazione caratteristica	f_{ctk}	1,94 MPa
Modulo elastico	E_{cm}	32300 MPa
Resistenza a compressione cilindrica di calcolo	f_{cd}	14,17 MPa

ACCIAIO - BARRE D'ARMATURA Denominazione B 450C		
resistenza a trazione caratteristica	f_{tk}	540 MPa
tensione di snervamento caratteristica	f_{yk}	450 MPa
allungamento uniforme al carico massimo	ϵ_{uk}	> 75 ‰
rapporto tra resistenza e tensione di snervamento		$1.15 < (f_t / f_y)_k < 1.35$
modulo elastico	E_s	210 GPa
coefficiente di sicurezza parziale	γ_s	1,15
tensione di snervamento di calcolo f_{yd} 391 MPa	f_{yd}	391 MPa
deformazione di snervamento di calcolo ϵ_{syd} 1.87 ‰	ϵ_{syd}	1.87 ‰
deformazione limite allo SLU $\epsilon_{ud} = 0.90 \epsilon_{uk}$	ϵ_{uk}	67.5 ‰

PRESCRIZIONI DURABILITÀ E CLASSI DI ESPOSIZIONE

Classe di esposizione: **XC2**

Classe di consistenza: **S3**

Quantità kg/mc: **>300**

Cmin (copriferro): **$C = 25 \text{ mm} + 10 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$**

Dmax aggregato (mm): **<20 mm**

Rapporto A/C: **0,60**

 <p>COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>	<p>LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>	<p>RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO</p>
 <p>ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE</p>		

4 Analisi dei carichi

4.1 Classificazione del terreno

In considerazione della modesta rilevanza strutturale della costruzione, che la zona è ampiamente edificata e non si conoscono situazioni di cedimenti fondazionali, sul lotto di interesse non si ritiene necessaria una specifica indagine geologica ma ci si è basati su indagini eseguite in aree circostanti.

La classificazione del terreno considerato è di tipo sabbioso, su cui si sviluppa interamente lo stato tensionale, con i seguenti parametri:

- angolo di attrito $\phi = 32^\circ$
- peso specifico $\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
- coesione $C_u = 0 \text{ kPa}$

Non viene considerata ai fini di verifica la presenza di falda.

4.2 Sovraccarico

Si considera un sovraccarico relativo ad affollamento della pista ciclabile pari a $5,00 \text{ kN/m}^2$, agente su tutta la superficie della pista ciclabile.

 COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO

5 Combinazioni delle azioni

I coefficienti di combinazione, e i coefficienti parziali per le azioni sono di seguito riportati.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

5.1 Combinazione per gli stati limite ultimi (SLU)

Si riporta la combinazione fondamentale da considerare per gli stati limite ultimi applicata:

$$F_d = \gamma_{G1} * G_1 + \gamma_{G2} * G_2 + \gamma_P * P + \gamma_{Q1} * Q_{k1} + \gamma_{Q1} * \psi_{02} * Q_{k2} + \dots$$

5.2 Combinazione per l'analisi sismica

La combinazione da considerare per l'azione sismica è definita secondo l'equazione:

$$F_d = E + G_1 + G_2 + p + \psi_{2,1} Q_{k1}$$

Tramite il documento Excel Spettri NTC ver.1.0.3 viene determinata l'accelerazione al suolo per la località di San Michele al Tagliamento (VE), considerando la classificazione topografica T1 e la categoria di sottosuolo C.



COMUNE DI
SAN MICHELE
AL TAGLIAMENTO

ANDREA DE GÖTZEN
INGEGNERE

**LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA'
MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE
IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN
MICHELE AL TAGLIAMENTO**

RELAZIONE
TECNICA MURO DI
SOSTEGNO

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 12,9942 LATITUDINE: 45,7685

Ricerca per comune REGIONE: Veneto PROVINCIA: Venezia COMUNE: San Michele al Tag

Elaborazioni grafiche
Grafici spettri di risposta |>>>
Variabilita' 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 cosi individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato: SLV info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: C info $S_S = 1,500$ $C_C = 1,447$ info
 Categoria topografica: T1 info $h/H = 0,000$ $S_T = 1,000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): 5 $\eta = 1,000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_0 : 3 Regol. in altezza: si info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q : 1,5 $\eta = 1/q = 0,667$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta |>>>
 Parametri e punti spettri di risposta |>>>

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

	COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO
	 ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE		

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,095 g
F_{0_s}	2,598
T_C	0,378 s
S_S	1,500
C_C	1,447
S_T	1,000
q	1,000

6 Verifiche degli elementi strutturali

La struttura in c.a. viene dimensionata considerando una sezione tipologica individuata di lunghezza unitaria pari a 1m, considerata valida per tutta l'estensione del muro di sostegno.

I pesi relativi ai carichi G1 presenti sono i seguenti:

W1	5,3 kN/m	Peso setto verticale del muro
W2	3,8 kN/m	Peso soletta orizzontale muro
W3	5,0 kN/m	Peso terreno sopra soletta orizzontale

6.1 Condizioni statiche: stato limite di ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante MR) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante MS) e verificare che il rapporto MS/MR sia maggiore o uguale a 1.

Verifica ribaltamento (EQU+M2)

$\phi_{,rid}$	0,463 rad	26,6 °
$K_{a,rid}$	0,382	Coefficiente di spinta attiva ridotto
St	2,73 kN/m	Spinta terreno interno applicata a h/3
Sq	2,43 kN/m	Spinta del sovraccarico applicata ad h/2
Mr	1,81 kNm/m	Momento ribaltante dovuto a spinta terreno e sovraccarico
Ms	4,44 kNm/m	Momento Stabilizzante dovuto al peso del muro e terreno soprastante la soletta interna
FS	2,46	Coefficiente di sicurezza al ribaltamento

VERIFICA
SODDISFATTA

 <p>COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>  <p>ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE</p>	<p>LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>	<p>RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO</p>
--	--	---

6.2 Condizioni statiche: stato limite di scorrimento

La verifica allo scorrimento è la verifica alla traslazione del muro sul suo piano di posa. La verifica 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 o uguale a 1.1

Verifica a scorrimento (A1+M1+R3)

Ka	0,307 rad	Coefficiente di spinta attiva
$\tan\delta, d$	0,624	Coefficiente di attrito fondazione-terreno
γR	1,1	Coefficiente di sicurezza sulle resistenze (R3)
St	2,59 kN/m	Spinta terreno interno applicata a h/3
Sq	1,96 kN/m	Spinta del sovraccarico applicata ad h/2
Ed	4,55 kN/m	Azione di progetto orizzontale
Rd	8,71 kN/m	Resistenza di progetto dovuta al peso del muro e del terreno
FS	1,91	Coefficiente di sicurezza a scorrimento

VERIFICA SODDISFATTA

6.3 Condizioni statiche: capacità portante del muro

La capacità portante di progetto viene determinata secondo l'Approccio2 NTC2018, in base ai coefficienti A1, M1, R3, con applicazione della soluzione di Terzaghi.

Verifica capacità portante fondazione. (A1+M1+R3)

Mr	1,57 kNm/m	Momento ribaltante dovuto alla spinta
Ms	5,77 kNm/m	Momento Stabilizzante dovuto al peso del muro e terreno soprastante la soletta interna
N	18,14 kN/m	Risultante forze verticali
e	0,23 m	Eccentricità della risultante, rispetto al centro di rotazione a ribaltamento
u	0,07 m	Eccentricità della risultante, rispetto al baricentro della fondazione
B/6	0,12 m	
B*	0,56 m	Larghezza equivalente per carico non centrato
Da tabella:		
N'c	20	Coefficiente di capacità portante
N'q	12	Coefficiente di capacità portante
N'y	10	Coefficiente di capacità portante
vc,vq,vγ	1	Coeff. Forma fondazione nastriforme
D	0,3 m	Profondità posa fondazione
q,lim	115,5 kN/mq	carico limite (soluzione di Terzaghi)
N,Rd	46,5 kN/m	Resistenza di progetto del terreno
FS	2,57	Coefficiente di sicurezza carico limite

	COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO
	 ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE		

VERIFICA SODDISFATTA

6.4 Condizioni sismiche: stato limite di ribaltamento

Trattandosi di un meccanismo di rottura fragile e osservando che la maggior parte dei crolli in condizioni sismiche avvengono per ribaltamento è preferibile assumere $\beta_m=1$.

Il coefficiente di combinazione associato al sovraccarico di affollamento è imposto pari a 0,6 (Tab 2.5.I NTC).

a,max	0,095g	Accelerazione al suolo	
β_m	1		
kh	0,095		
kv	0,0475	v. caratt	v. progetto
θ (-)		0,0994	0,0994
θ (+)			
ψ	90 °	1,5700	1,5700 rad
β	0 °	0,0000	0,0000 rad
ϕ'	32 °	0,5582	0,4633 rad
δ	21,3	0,3721	0,3027 rad
$(\text{sen}(\psi))^2$		1,0000	1,0000
$(\text{sen}(\psi+\phi-\theta))^2$		0,8045	0,8738
$\text{sen}(\psi-\theta-\delta)$		0,8905	0,9199
$\text{sen}(\phi+\delta)$		0,8018	0,6932
$\text{sen}(\phi-\beta-\theta)$		0,4429	0,3559
$\text{sen}(\psi+\beta)$		1,0000	1,0000
$\text{cos}\theta$		0,9951	0,9951
K AE		0,341	0,414

Condizioni sismiche-Stato limite di ribaltamento

	Wi	Wv	braccio	Mv	Wh	braccio	Mh
			(1-kv)Wi	Wv*braccio	kh*Wi		Wh*braccio
	kN/m	kN/m	m	kNm/m	kN/m	m	kN/m/m
W1	5,3	5,00	0,1	0,50	0,50	0,525	0,26
W2	3,8	3,57	0,45	1,61	0,36	0,15	0,05
W3	5,2	4,98	0,45	2,24	0,50	0,725	0,36
Somma		13,55		4,35	1,35		0,68

Rd	3,67	kNm	Momento totale stabilizzante
Pa(γ)	2,71	kN	Risultante spinta terreno
Pa(γ)h	2,59	kN	Componente verticale spinta terreno
Pa(γ)v	0,81	kN	Componente orizzontale spinta terreno
Pa(q)	1,06	kN	Risultante spinta sovraccarico

	COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO
	 ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE		

Pa(q)h	1,01 kN	Componente verticale spinta sovraccarico
Pa(q)v	0,31 kN	Componente orizzontale spinta sovraccarico
Ed	0,38 kNm	Momento totale ribaltante
Rd/Ed	9,8	

VERIFICA SODDISFATTA

6.5 Condizioni sismiche: stato limite di scorrimento

Si considera $\beta_m=1$ a favore di sicurezza.

Condizioni sismiche-Stato limite di scorrimento (A1+M1+R3)

Ed	4,95 kN/m	Azione di progetto
Rd	8,33 kN/m	Resistenza di progetto
Rd/Ed	1,68	

VERIFICA SODDISFATTA

6.6 Verifica della sezione in c.a. della mensola verticale

Si verifica allo SLU la sezione orizzontale di base della mensola verticale del muro di sostegno.

Il momento massimo positivo sulla sezione orizzontale di base della mensola verticale, soggetta a momento causato dalla spinta del terreno e del sovraccarico è di seguito determinato, considerando una mensola incastrata di lunghezza 0,55 m.

Momento e taglio massimo sez.A-A. (combinazione A1, M1)

$\phi_{,rid}$	0,463 rad	26,6 °
Ka,rid	0,382	Coefficiente di spinta attiva ridotto
h	0,55 m	altezza libera mensola
St	1,35 kN/m	Spinta terreno interno applicata a h/3
Sq	1,57 kN/m	Spinta del sovraccarico applicata ad h/2
M,A-A	0,68 kNm/m	Momento ribaltante dovuto a spinta terreno e sovraccarico
T,A-A	2,92 kN/m	Taglio

6.6.1 Verifica a flessione semplice

Dimensionamento armatura tesa:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{0,9 \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{0,68 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 391 \cdot 160} = 12,1 \text{ mm}^2$$

Il valore secondo le prescrizioni di armatura minima NTC2018 4.1.6.1.1:

	COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO	RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO
	 ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE		

$$A_{s, \min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d > 0,0013 b_t \cdot d = 2,9 \text{ cmq}$$

Si dispone pertanto armatura minima $A_{s, \min}$, per ogni metro lineare, costituita da $5\phi 10=3,93 \text{ cmq}$, corrispondente a $1\phi 10 / 20 \text{ cm}$.

6.6.2 Verifica a taglio

Si valuta dapprima la resistenza che l'elemento è in grado di fornire in assenza di armatura trasversale, (4.1.2.3.5.1 NTC2018):

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[\frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d ; (V_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

d altezza utile della sezione

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$)

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$)

b_w larghezza minima della sezione in mm

A_{sl} di armatura tesa nella sezione pari a $5\phi 10=393 \text{ mm}^2$

$$k = 1 + (200/160)^{1/2} = 2,11$$

$$\rho_l = 393 / (1000 \cdot 160) = 0,0024$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot 2,11^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,20 \text{ MPa}$$

$$(V_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 0,20 \cdot 1000 \cdot 160 = 33 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[\frac{0,18}{1,5} \cdot 2,11 \cdot (100 \cdot 0,0024 \cdot 25)^{1/3} \right] \cdot 1000 \cdot 160 ; 33 \text{ kN} \right\} = \max \{ 74 \text{ kN} ; 33 \text{ kN} \} = 74 \text{ kN}$$

$V_{Rd} > V_{Sd}$ verifica soddisfatta. Non è necessaria specifica armatura resistente a taglio.

6.7 Verifica della sezione in c.a. della soletta orizzontale

Si verifica allo SLU la sezione verticale della soletta orizzontale del muro di sostegno.

Il momento massimo positivo sulla sezione, soggetta a momento causato dalla reazione del terreno è di seguito determinato, considerando l'azione della di reazione media del terreno.

Momento e taglio massimo sez.A-A. (combinazione A1, M1)

M,A-A 3,24 kNm/m

T,A-A 13,0 kN/m Taglio

 <p>COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>  <p>ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE</p>	<p>LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>	<p>RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO</p>
--	--	--

6.7.1 Verifica a flessione semplice

Dimensionamento armatura tesa:

$$A_s = \frac{M_{sd}}{0,9 \cdot f_{yd} \cdot d} = \frac{3,24 \cdot 10^6}{0,9 \cdot 391 \cdot 260} = 35,4 \text{ mm}^2$$

Il valore secondo le prescrizioni di armatura minima NTC2018 4.1.6.1.1:

$$A_{s, \min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t \cdot d > 0,0013 b_t \cdot d = 3,8 \text{ cm}^2$$

Si dispone pertanto armatura minima $A_{s, \min}$, per ogni metro lineare, costituita da $5\phi 10=3,93 \text{ cm}^2$, corrispondente a $1\phi 10 / 20 \text{ cm}$.

6.7.2 Verifica a taglio

Si valuta dapprima la resistenza che l'elemento è in grado di fornire in assenza di armatura trasversale, (4.1.2.3.5.1 NTC2018):

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[\frac{0,18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d ; (V_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

d altezza utile della sezione

$\rho_l = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$)

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$)

b_w larghezza minima della sezione in mm

A_{sl} di armatura tesa nella sezione pari a $5\phi 10=393 \text{ mm}^2$

$$k = 1 + (200/160)^{1/2} = 1,87$$

$$\rho_l = 393 / (1000 \cdot 260) = 0,0015$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot 1,87^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,14 \text{ MPa}$$

$$(V_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 0,14 \cdot 1000 \cdot 260 = 37 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[\frac{0,18}{1,5} \cdot 1,87 \cdot (100 \cdot 0,0015 \cdot 25)^{1/3} \right] \cdot 1000 \cdot 260 ; 37 \text{ kN} \right\} = \max \{ 91 \text{ kN}; 37 \text{ kN} \} = 91 \text{ kN}$$

$V_{Rd} > V_{Sd}$ verifica soddisfatta. Non è necessaria specifica armatura resistente a taglio.

 <p>COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>  <p>ANDREA DE GÖTZEN INGEGNERE</p>	<p>LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA DELLA VIABILITA' MEDIANTE COSTRUZIONE DI UNA PISTA CICLABILE IN LOCALITA' MALAFESTA IN COMUNE DI SAN MICHELE AL TAGLIAMENTO</p>	<p>RELAZIONE TECNICA MURO DI SOSTEGNO</p>
--	--	---

Concordia Sagittaria, lì 06.05.2021

Il Tecnico

Ing. Andrea de Götzen

