

**Comune di Adro - Provincia di Brescia
Costruzione di muri di contenimento in c.a. per la
nuova realizzazione parcheggio in via Cattaneo**

RELAZIONE TECNICA SULLE STRUTTURE

La presente relazione comprende i seguenti documenti:

**Relazione sui materiali impiegati
Relazione di calcolo delle strutture
Fascicolo dei calcoli delle strutture portanti
Relazione sulle opere di fondazione
Piano di manutenzione delle strutture**

Palazzolo sull'Oglio, 28/1/2020

Il progettista delle strutture

Ing. Francesco Rota
via Marconi, 78
25036 Palazzolo sull'Oglio (BS)
Ordine degli Ingegneri di Brescia n°3134



Descrizione della struttura

Le strutture in oggetto sono dei muri di contenimento del terreno realizzati interamente in c.a. in opera nell'ambito delle opere di nuova realizzazione di parcheggio sito in via Cattaneo a Adro (BS).

Metodo di calcolo

Le azioni interne vengono determinate mediante analisi dei singoli elementi strutturali nella condizione di carico più sfavorevole. Viene effettuata la verifica delle tensioni allo Stato Limite di Esercizio e la verifica della resistenza allo Stato Limite Ultimo.

Normativa di riferimento

Decreto Ministeriale 17/1/2018 "Norme tecniche per le costruzioni"

Accettabilità dei risultati

I calcoli vengono condotti mediante dei fogli di calcolo realizzati dal progettista con il software Microsoft Excel, applicando i metodi e le formule della tecnica delle costruzioni. Verificando la struttura con metodi semplificati, si ottengono valori compatibili con quelli ottenuti mediante gli strumenti di calcolo, pertanto si ritengono accettabili i risultati ottenuti nella presente relazione.

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

calcestruzzo

resistenza cubica caratteristica	classe	C25/30
resistenza cilindrica caratteristica	$R_{ck} =$	30 N/mm ²
diametro massimo degli inerti	$f_{ck} =$	25 N/mm ²
classe di esposizione	$d =$	30 mm
classe di consistenza		XC2
coeff. parziale per il materiale		S3
resistenza a compressione di progetto	$\gamma_m =$	1.5
	$f_{cd} =$	14.2 N/mm ²

acciaio per armature

tensione di snervamento	tipo	B450
tensione di rottura	$f_{yk} =$	450 N/mm ²
coeff. parziale per il materiale	$f_{tk} =$	540 N/mm ²
tensione di progetto	$\gamma_m =$	1.15
	$f_{yd} =$	391 N/mm ²

ANALISI DEI CARICHI

Analisi dei carichi del sistema muro-terrapieno

peso proprio della struttura in c.a.	G1 =	25.00 kN/m ³
sovraccarico accidentale lato monte	Q =	15.00 kN/m ²

PARAMETRI GEOTECNICI

Caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione

peso specifico	$\gamma_t =$	18 kN/mc
angolo di attrito interno medio	$\varphi =$	30 °
angolo di attrito terra-muro	$\delta =$	18 °
capacità portante di progetto (SLU)	$R_{d,SLU} =$	170 kN/m ²
capacità portante di progetto (sisma SLV)	$R_{d,SLV} =$	130 kN/m ²

AZIONE DEL SISMA

Caratteristiche del sito

località di costruzione		Adro
zona sismica di riferimento	zona	3
vita nominale di riferimento	$V_N =$	50 anni
classe d'uso		II
categoria del suolo	cat. =	B
coefficiente stratigrafico	$S_s =$	1.20
categoria topografica del sito	cat. =	T1
coefficiente topografico	$S_T =$	1.00
coefficiente di sottosuolo	$S =$	1.20

Parametri dello spettro SLV

$a_g =$	0.136 g
$F_o =$	2.46
$T^*_c =$	0.27 s
$T_B =$	0.13 s
$T_C =$	0.39 s
$T_D =$	2.14 s

Verifica di muro di sostegno sezione A-A

Caratteristiche del terreno

peso specifico	$\gamma_t =$	18 kN/mc
angolo di attrito interno	$\varphi =$	30 °
angolo di attrito terra-muro	$\delta =$	18 °
coefficiente di spinta attiva	$K_a =$	0.299

Parametri sismici

accelerazione massima SLV	$a_g =$	0.136 g
categoria del sottosuolo	cat =	B
coefficiente di sottosuolo	S =	1.20
coefficiente di spinta orizzontale	$K_h =$	0.062
coefficiente di spinta verticale	$K_v =$	0.031

Dimensioni della struttura

spessore del muro	S =	0.30 m
altezza del muro	$H_m =$	2.84 m
altezza della fondazione	$H_f =$	0.40 m
altezza della muro+fondazione	$H_{tot} =$	3.24 m
larghezza piede lato monte	$B_m =$	0.30 m
larghezza piede lato valle	$B_v =$	0.90 m
larghezza totale fondazione	$B_{tot} =$	1.50 m

Carichi di progetto

larghezza del cuneo attivo	$L_a =$	1.87 m
sovraccarico accidentale sul terreno	Q =	15.00 kN/mq
coefficiente di combinazione sismica	$\Psi_2 =$	0.30

Calcolo delle spinte sul muro

spinta sul muro per peso del terreno	$P_G =$	21.68 kN/m
spinta sul muro per sovraccarico	$P_Q =$	12.72 kN/m
spinta sul muro per azione sismica	$P_E =$	5.84 kN/m
posizione del centro delle spinte	$Z_P =$	1.12 m

Calcolo delle spinte sul muro+fondazione

spinta per peso del terreno	$P_G =$	28.21 kN/m
spinta per sovraccarico	$P_Q =$	14.51 kN/m
spinta per azione sismica	$P_E =$	6.59 kN/m
posizione del centro delle spinte	$Z_P =$	1.26 m
peso totale fondazione+muro+terreno	G =	51.64 kN/m
posizione del baricentro dei pesi	$X_G =$	1.05 m

Verifica a ribaltamento in condizioni statiche (SLU EQU)

spinta totale di progetto in condizioni statiche	$P_{(G+Q)d} =$	52.80 kN/m
momento stabilizzante di progetto	$M_{STA} =$	42.51 kNm/m
momento ribaltante di progetto	$M_{RIB} =$	38.97 kNm/m
verifica a ribaltamento	$M_{RIB} / M_{STA} =$	0.917 < 1.000 OK

Verifica a ribaltamento in condizioni sismiche (SLU EQU)

spinta totale di progetto in condizioni sismiche	$P_{(G+Q+E)d} =$	42.44 kN/m
momento stabilizzante di progetto	$M_{STA} =$	54.32 kNm/m
momento ribaltante di progetto	$M_{RIB} =$	26.52 kNm/m
verifica a ribaltamento	$M_{RIB} / M_{STA} =$	0.488 < 1.000 OK

Verifica delle pressioni sul terreno (SLU GEO)

risultante di progetto sul terreno	$R_{Ed} =$	85.19 kN/m
eccentricità della risultante	$e_R =$	-0.43 m = 0.28 B_{tot}
pressione sul terreno SLU	$q_d =$	132 kN/m ² < 170 OK

Verifica di resistenza della parete (SLU STR)

spinta totale di progetto in condizioni statiche	$P_{(G+Q)d} =$	47.26 kN/m
spinta totale di progetto in condizioni sismiche	$P_{(G+Q+E)d} =$	40.24 kN/m
armatura del muro lato terreno		1*12/20
spessore del muro	$s =$	30 cm
copriferro	$c =$	3 cm
azione assiale di progetto	$N_{Ed} =$	21.30 kN/m
momento di progetto	$M_{Ed} =$	53.01 kNm/m
momento resistente	$M_{Rd} =$	60.83 kNm/m > M_{Ed}

Verifica di resistenza della fondazione (SLU STR)

armatura della platea di fondazione		1*12/20
spessore della fondazione	$s =$	40 cm
copriferro	$c =$	5 cm
momento di progetto	$M_{Ed} =$	53.01 kNm/m
momento resistente	$M_{Rd} =$	75.68 kNm/m > M_{Ed}

Verifica di muro di sostegno sezione B-B

Caratteristiche del terreno

peso specifico	$\gamma_t =$	18 kN/mc
angolo di attrito interno	$\varphi =$	30 °
angolo di attrito terra-muro	$\delta =$	18 °
coefficiente di spinta attiva	$K_a =$	0.299

Parametri sismici

accelerazione massima SLV	$a_g =$	0.136 g
categoria del sottosuolo	cat =	B
coefficiente di sottosuolo	S =	1.20
coefficiente di spinta orizzontale	$K_h =$	0.062
coefficiente di spinta verticale	$K_v =$	0.031

Dimensioni della struttura

spessore del muro	S =	0.30 m
altezza del muro	$H_m =$	1.92 m
altezza della fondazione	$H_f =$	0.40 m
altezza della muro+fondazione	$H_{tot} =$	2.32 m
larghezza piede lato monte	$B_m =$	0.30 m
larghezza piede lato valle	$B_v =$	0.50 m
larghezza totale fondazione	$B_{tot} =$	1.10 m

Carichi di progetto

larghezza del cuneo attivo	$L_a =$	1.34 m
sovraccarico accidentale sul terreno	Q =	15.00 kN/mq
coefficiente di combinazione sismica	$\Psi_2 =$	0.30

Calcolo delle spinte sul muro

spinta sul muro per peso del terreno	$P_G =$	9.91 kN/m
spinta sul muro per sovraccarico	$P_Q =$	8.60 kN/m
spinta sul muro per azione sismica	$P_E =$	3.43 kN/m
posizione del centro delle spinte	$Z_P =$	0.79 m

Calcolo delle spinte sul muro+fondazione

spinta per peso del terreno	$P_G =$	14.47 kN/m
spinta per sovraccarico	$P_Q =$	10.39 kN/m
spinta per azione sismica	$P_E =$	3.95 kN/m
posizione del centro delle spinte	$Z_P =$	0.93 m
peso totale fondazione+muro+terreno	G =	35.77 kN/m
posizione del baricentro dei pesi	$X_G =$	0.71 m

Verifica a ribaltamento in condizioni statiche (SLU EQU)

spinta totale di progetto in condizioni statiche	$P_{(G+Q)d} =$	31.50 kN/m
momento stabilizzante di progetto	$M_{STA} =$	19.77 kNm/m
momento ribaltante di progetto	$M_{RIB} =$	17.30 kNm/m
verifica a ribaltamento	$M_{RIB} / M_{STA} =$	0.875 < 1.000 OK

Verifica a ribaltamento in condizioni sismiche (SLU EQU)

spinta totale di progetto in condizioni sismiche	$P_{(G+Q+E)d} =$	23.51 kN/m
momento stabilizzante di progetto	$M_{STA} =$	25.26 kNm/m
momento ribaltante di progetto	$M_{RIB} =$	10.20 kNm/m
verifica a ribaltamento	$M_{RIB} / M_{STA} =$	0.404 < 1.000 OK

Verifica delle pressioni sul terreno (SLU GEO)

risultante di progetto sul terreno	$R_{Ed} =$	57.13 kN/m
eccentricità della risultante	$e_R =$	-0.31 m = 0.28 Btot
pressione sul terreno SLU	$q_d =$	117 kN/m ² < 170 OK

Verifica di resistenza della parete (SLU STR)

spinta totale di progetto in condizioni statiche	$P_{(G+Q)d} =$	25.78 kN/m
spinta totale di progetto in condizioni sismiche	$P_{(G+Q+E)d} =$	21.94 kN/m
armatura del muro lato terreno		1*10/20
spessore del muro	$s =$	30 cm
copriferro	$c =$	5 cm
azione assiale di progetto	$N_{Ed} =$	14.40 kN/m
momento di progetto	$M_{Ed} =$	20.33 kNm/m
momento resistente	$M_{Rd} =$	39.56 kNm/m > M_{Ed}

Verifica di resistenza della fondazione (SLU STR)

armatura della platea di fondazione		1*8/20
spessore della fondazione	$s =$	40 cm
copriferro	$c =$	5 cm
momento di progetto	$M_{Ed} =$	20.33 kNm/m
momento resistente	$M_{Rd} =$	34.06 kNm/m > M_{Ed}

Verifica di muro di sostegno sezione C-C

Caratteristiche del terreno

peso specifico	$\gamma_t =$	18 kN/mc
angolo di attrito interno	$\varphi =$	30 °
angolo di attrito terra-muro	$\delta =$	18 °
coefficiente di spinta attiva	$K_a =$	0.299

Parametri sismici

accelerazione massima SLV	$a_g =$	0.136 g
categoria del sottosuolo	cat =	B
coefficiente di sottosuolo	S =	1.20
coefficiente di spinta orizzontale	$K_h =$	0.062
coefficiente di spinta verticale	$K_v =$	0.031

Dimensioni della struttura

spessore del muro	S =	0.30 m
altezza del muro	$H_m =$	1.19 m
altezza della fondazione	$H_f =$	0.40 m
altezza della muro+fondazione	$H_{tot} =$	1.59 m
larghezza piede lato monte	$B_m =$	0.30 m
larghezza piede lato valle	$B_v =$	0.30 m
larghezza totale fondazione	$B_{tot} =$	0.90 m

Carichi di progetto

larghezza del cuneo attivo	$L_a =$	0.92 m
sovraccarico accidentale sul terreno	Q =	15.00 kN/mq
coefficiente di combinazione sismica	$\Psi_2 =$	0.30

Calcolo delle spinte sul muro

spinta sul muro per peso del terreno	$P_G =$	3.81 kN/m
spinta sul muro per sovraccarico	$P_Q =$	5.33 kN/m
spinta sul muro per azione sismica	$P_E =$	1.90 kN/m
posizione del centro delle spinte	$Z_P =$	0.51 m

Calcolo delle spinte sul muro+fondazione

spinta per peso del terreno	$P_G =$	6.79 kN/m
spinta per sovraccarico	$P_Q =$	7.12 kN/m
spinta per azione sismica	$P_E =$	2.32 kN/m
posizione del centro delle spinte	$Z_P =$	0.67 m
peso totale fondazione+muro+terreno	G =	24.35 kN/m
posizione del baricentro dei pesi	$X_G =$	0.53 m

Verifica a ribaltamento in condizioni statiche (SLU EQU)

spinta totale di progetto in condizioni statiche	$P_{(G+Q)d} =$	18.16 kN/m
momento stabilizzante di progetto	$M_{STA} =$	10.08 kNm/m
momento ribaltante di progetto	$M_{RIB} =$	6.44 kNm/m
verifica a ribaltamento	$M_{RIB} / M_{STA} =$	0.639 < 1.000 OK

Verifica a ribaltamento in condizioni sismiche (SLU EQU)

spinta totale di progetto in condizioni sismiche	$P_{(G+Q+E)d} =$	12.42 kN/m
momento stabilizzante di progetto	$M_{STA} =$	12.89 kNm/m
momento ribaltante di progetto	$M_{RIB} =$	2.81 kNm/m
verifica a ribaltamento	$M_{RIB} / M_{STA} =$	0.218 < 1.000 OK

Verifica delle pressioni sul terreno (SLU GEO)

risultante di progetto sul terreno	$R_{Ed} =$	37.69 kN/m
eccentricità della risultante	$e_R =$	-0.19 m = 0.21 Btot
pressione sul terreno SLU	$q_d =$	72 kN/m ² < 170 OK

Verifica di resistenza della parete (SLU STR)

spinta totale di progetto in condizioni statiche	$P_{(G+Q)d} =$	12.94 kN/m
spinta totale di progetto in condizioni sismiche	$P_{(G+Q+E)d} =$	11.04 kN/m
armatura del muro lato terreno		1*8/20
spessore del muro	$s =$	30 cm
copriferro	$c =$	3 cm
azione assiale di progetto	$N_{Ed} =$	8.93 kN/m
momento di progetto	$M_{Ed} =$	6.63 kNm/m
momento resistente	$M_{Rd} =$	27.47 kNm/m > M_{Ed}

Verifica di resistenza della fondazione (SLU STR)

armatura della platea di fondazione		1*8/20
spessore della fondazione	$s =$	40 cm
copriferro	$c =$	5 cm
momento di progetto	$M_{Ed} =$	6.63 kNm/m
momento resistente	$M_{Rd} =$	34.06 kNm/m > M_{Ed}

PIANO DI MANUTENZIONE DELLE STRUTTURE

Premessa

Il piano di manutenzione delle strutture è il documento complementare al progetto delle opere strutturali, che ne pianifica e programma l'attività di manutenzione, al fine di mantenerne nel tempo la funzionalità e le caratteristiche di efficienza. Al termine dei lavori e del relativo certificato di collaudo le opere verranno consegnate al Committente dei Lavori. Restano a carico del Committente le attività di ispezione, gestione e manutenzione delle opere realizzate, rimanendo altresì a carico dell'appaltatore la garanzia per le difformità e i vizi dell'opera. Il livello minimo delle prestazioni che gli elementi strutturali devono garantire è quello indicato nel progetto strutturale, e comunque non inferiore alle prestazioni prescritte dalle normative vigenti. Gli interventi di controllo e manutenzione delle strutture devono essere effettuati da personale tecnico qualificato.

Travi di fondazione in c.a.

Descrizione

Elementi strutturali in conglomerato cementizio armato a sviluppo lineare orizzontale o sub-orizzontale con superfici a contatto con il terreno o magrone di cls.

Anomalie riscontrabili

- Cedimenti differenziali con conseguenti abbassamenti del piano di imposta delle fondazioni
- Distacchi murari
- Lesioni in elementi direttamente connessi
- Comparsa di risalite di umidità
- Corrosione delle armature degli elementi verticali spiccati

Controlli

- Periodicità: annuale
- Forma di controllo: visivo, integrato da eventuali prove non distruttive

Pareti controterra in c.a.

Descrizione

Elementi strutturali in conglomerato cementizio armato a sviluppo superficiale verticale o sub-verticale con superfici a contatto con il terreno.

Anomalie riscontrabili

- Distacchi dal terreno circostante
- Cedimenti differenziali con conseguenti abbassamenti del piano di imposta delle fondazioni
- Distacchi
- Lesioni
- Cavillature
- Comparsa di macchie di umidità
- Difetti di verticalità

Controlli

- Periodicità: annuale
- Forma di controllo: visivo, integrato da eventuali prove non distruttive