

Regione Piemonte

Città Metropolitana di Torino

COMUNE DI INVERSO PINASCA

SISTEMAZIONE IDRAULICA FINALE DEL RIO COMBA MARQUETTA IN LOCALITÀ FLECCIA

PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

COMMITTENTE

RELAZIONE GEOTECNICA E DI DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE

Elaborato	Scala
3	-
CODICE: 18037-E15-0_STR	
REVISIONE	DATA
0	DIC. 2019



PROGETTISTI:

Dott. Ing. Bartolomeo VISCONTI

Dott. Ing. Luca GATTIGLIA

Dott. Ing. Chiara PALESE



EDes Ingegneri Associati P.IVA 10759750010
Via Postumia 49, 10142 Torino Tel. +39 011.0262900 Fax. +39 011.0262902
www.edesconsulting.eu edes@edesconsulting.eu

COMUNE DI INVERSO PINASCA

**SISTEMAZIONE IDRAULICA FINALE
DEL RIO COMBA MARQUETTA IN LOCALITÀ FLECCIA**

RELAZIONE GEOTECNICA E DI DIMENSIONAMENTO STRUTTURALE

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	1
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	1
4.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	2
5.	MODULO DI WINKLER	5
6.	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL MANUFATTO DI IMBOCCO DELL'ATTRAVERSAMENTO 3.....	6
6.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
6.2	ANALISI DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA	6
6.3	INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	6
6.4	DEFINIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	7
6.5	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI	7
6.6	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE PIASTRE IN C.A. - STATO LIMITE DI ESERCIZIO.....	13
6.7	VERIFICA A CAPACITÀ PORTANTE.....	14
7.	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL MURO SPONDALE DEL TRATTO C.....	15
7.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	15
7.2.	ANALISI DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA	15
7.3.	INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO.....	15

7.4.	VERIFICHE GEOTECNICHE	15
7.5.	VERIFICHE STRUTTURALI - SLU	19
7.6.	VERIFICHE STRUTTURALI - SLE.....	20

ALLEGATO 1 - STATO LIMITE ULTIMO

ALLEGATO 2 - STATO LIMITE DI ESERCIZIO

1. PREMESSA

La presente relazione di progetto esecutivo ha per oggetto il dimensionamento e le verifiche di carattere geotecnico e strutturale dei manufatti in c.a. che risultano maggiormente sollecitati, ovvero lo scatolare a cielo aperto di imbocco dell'attraversamento n. 3, previsto in calcestruzzo armato gettato in opera, e il muro previsto in sponda sinistra nel tratto C. Gli altri manufatti gettati in opera (scatolare a cielo aperto di valle dell'attraversamento 3, scatolare di monte e valle dell'attraversamento 2, muro dell'attraversamento 1 e muri d'argine), avendo dimensioni e carichi inferiori rispetto ai due analizzati, sono stati dimensionati secondo gli stessi criteri di seguito illustrati.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda le informazioni contenute si fa riferimento alla seguente normativa:

- ◆ D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni 2018"
- ◆ Eurocodice 7 – "Progettazione geotecnica"
- ◆ OPCM 3274: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" e successive modifiche ed integrazioni.

3. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Data la modesta entità dell'intervento non si è ritenuto necessario effettuare indagini geotecniche mirate; per la redazione della presente si è fatto riferimento a dati stratigrafici e piezometrici presenti in bibliografia, correlati con quanto riscontrato in sito attraverso la realizzazione di un pozzetto geognostico spinto fino alla profondità di circa -4.50 m dal piano campagna.

Nella figura seguente è riportata l'ubicazione del saggio esplorativo effettuato.





La caratterizzazione geotecnica dei materiali coinvolti dalla nuova realizzazione può pertanto essere stimata sulla scorta di acquisizioni tecniche legate a precedenti esperienze professionali con terreni che presentano caratteristiche simili, ed in via cautelativa adottando fattori di sicurezza elevati.

I terreni in esame sono di natura prevalentemente ghiaiosa/sabbiosa riconducibili a depositi alluvionali.

- Angolo di resistenza al taglio in condizioni di picco: 29 – 31 gradi
- Angolo di resistenza al taglio in condizioni di volume costante: 26 – 28 gradi
- Peso di volume: 18 kN/m³
- Coesione nulla.

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La normativa vigente, riprende i principi sulla classificazione sismica dei suoli dell'OPCM 3274 e successive modifiche, ed individua come parametro di riferimento per la classificazione la velocità media di propagazione delle onde di taglio ($V_{s,eq}$). Il parametro di riferimento viene calcolato con la seguente formula:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Nella quale:

h_i = spessore dello strato i-esimo;

V_i = velocità di propagazione delle onde di taglio nello strato i-esimo;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Non è stata eseguita alcuna indagine sismica ma dall'analisi dei dati disponibili ed in via del tutto cautelativa è possibile classificare terreno in esame come **suolo C**.

Sulla base della classificazione sismica ottenuta e sulla base delle coordinate geografiche del sito in esame nonché delle caratteristiche topografiche, ed altri parametri relativi alla nuova costruzione in esame, è possibile definire gli spettri di risposta in accelerazione per ogni stato limite (di esercizio e ultimo) considerato. Sulla base dello spettro di risposta sarà quindi possibile determinare l'azione sismica, ai sensi del D.M. 17/01/2018.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. (§ 3.2 NTC-18).

Individuata la categoria del sottosuolo, altro parametro richiesto è quello riguardante le condizioni topografiche al fine di valutare l'amplificazione sismica locale (tabella seguente).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Il sito in esame appartiene alla categoria T1.

E' necessario inoltre, al fine di valutare gli spettri di risposta per i diversi stati limite, fare alcune considerazioni di carattere generale sulla struttura di futura costruzione.

In primo luogo deve essere definita la vita nominale della struttura V_N "La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto." (§ 2.4.1 NTC-18).

Si riporta di seguito la tabella utilizzata per la definizione di V_N .

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Le strutture in esame rientrano nella seconda categoria, pertanto si considera una vita nominale pari a 50 anni.

Per valutare il periodo di riferimento per l'azione sismica è necessario definire il coefficiente d'uso funzione della classe di uso della struttura in progetto (§ 2.4.3 NTC-08)

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0,7	1,0	1,5	2,0

Si considera $C_u=1$.

La pericolosità sismica, con riferimento al D.M. 17/01/2018, è definita in base ai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento orizzontale, determinabili sulla base delle considerazioni fino ad ora esplicitate.

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono forniti per una serie di punti sul territorio, e possono essere opportunamente interpolati. Si riportano di seguito i parametri di progetto relativi all'azione sismica per i diversi stati limite, inerenti il sito indagato ubicato nel Comune di Inverso Pinasca (TO).

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0,040	2,453	0,206
Danno (SLD)	50	0,053	2,425	0,226
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,134	2,466	0,263
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,169	2,493	0,272
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

- Muri di sostegno
 Paratie
 Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,50"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,50"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,50"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,45"/>
Cc * Coeff. funz categoria	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,77"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,72"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,63"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,61"/>
St * Amplificazione topografica	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,20"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,20"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,20"/>	<input style="width: 40px;" type="text" value="1,20"/>

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,017	0,058	0,070
kv	0,006	0,009	0,029	0,035
Amax [m/s ²]	0,702	0,934	2,365	2,876
Beta	0,180	0,180	0,240	0,240

In ambito geotecnico, i parametri sopra esplicitati si utilizzano per il calcolo dei coefficienti sismici (k_h e k_v) il quale a sua volta rientra nella definizione dei coefficienti correttivi per calcolo della capacità portante e della spinta attiva.

5. MODULO DI WINKLER

Un'analisi rigorosa delle strutture di fondazione richiede lo studio dell'iterazione tra la fondazione, la struttura in elevazione e il terreno.

Il modello suggerito da Winkler (1867), per tener conto dell'iterazione terreno-struttura è quello di suolo elastico, caratterizzato dal coefficiente di reazione o modulo di Winkler (K).

Il modulo di Winkler lega il cedimento di un punto alla reazione del terreno agente unicamente su quel punto.

Nella presente, in mancanza di indagini più approfondite atte a determinare la rigidità del terreno, e in mancanza di più precise indicazioni sui carichi agenti, si suggerisce per terreni con caratteristiche di quelli in esame di adottare un coefficiente K pari a 1.5 – 2.5 kg/cm³.

6. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL MANUFATTO DI IMBOCCO DELL'ATTRAVERSAMENTO 3

Nei seguenti paragrafi si illustrano i procedimenti di calcolo e le analisi condotte rispetto al manufatto di imbocco dell'attraversamento 3. Tale struttura è composta da uno scatolare a cielo aperto, con platea di spessore 0,50 m, larghezza compresa tra 2 e 3 m e lunghezza di 10,40 m, e muri di spessore 0,40 m e altezza compresa tra i 2,10 m e i 3,80 m. La struttura poggia su due livelli, presentando un salto di altezza 1,20 m e spessore 0,30 m.

Per le caratteristiche geometriche si rimanda alla tavola dei particolari costruttivi.

6.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

- CIs per piastre C28/35
- Acciaio ordinario per armatura piastre: B450C controllato in stabilimento ad aderenza migliorata.

6.2 ANALISI DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

Oltre alle azioni sismiche i carichi coinvolti nell'analisi sono il peso proprio degli elementi strutturali e dei permanenti portati, la spinta del terreno, le pressioni idrostatiche, i carichi variabili di manutenzione e la neve.

La spinta della terra, agente sulle pareti laterali, viene valutata considerando il coefficiente di spinta a riposo pari a $k_0 = 1 - \tan\phi'$. I parametri del terreno considerati nei calcoli sono i seguenti:

- peso specifico terreno: 18 kN/m³;
- $\phi' = 30^\circ$
- $c' = 0$ kPa.

Per una più precisa simulazione del comportamento della struttura si è deciso di considerare due diversi casi di carico:

- Assenza di acqua: si considera come carico permanente unicamente la spinta del terreno;
- Presenza di acqua: si considera la presenza di acqua con il massimo livello idrometrico possibile.

Si considera un carico variabile pari a 10 kN/m² agente sulla platea per simulare i carichi di manutenzione.

Per il carico neve si considera un carico pari a $q_{neve} = 2.2$ kN/m²

6.3 INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

In conformità alle norme C.N.R. – UNI 10024/86, si riportano alcune informazioni sul codice di calcolo usato per l'analisi degli elementi strutturali esaminati.

Tale codice è il programma DOLMENWIN, prodotto, distribuito e assistito dalla società CDM Dolmen S.r.l., con sede in Torino, via Drovetti n° 9.

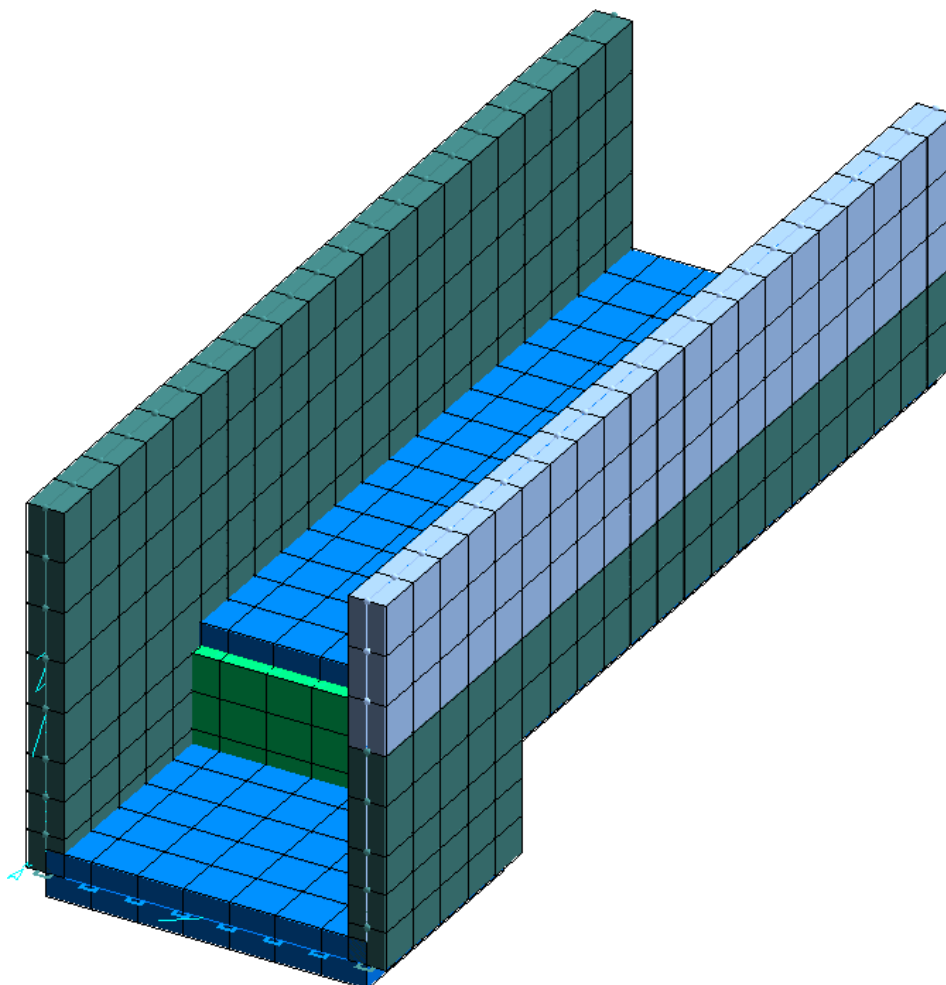
Il codice esegue l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà, utilizzando un solutore ad elementi finiti. Gli elementi considerati sono di tipo trave, con eventuali svincoli interni, e guscio, sia rettangolare sia triangolare, aventi comportamento di membrana o di piastra. I carichi possono essere applicati ai nodi (forze o coppie concentrate), alle travi (forze distribuite, trapezie, concentrate, coppie e distorsioni termiche) e agli elementi guscio (carichi d'area). I vincoli esterni sono definiti da sei costanti di rigidezza elastica.

6.4 DEFINIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni e per il dimensionamento degli elementi resistenti è stato predisposto un modello tridimensionale ad elementi finiti elaborato con il codice di calcolo descritto precedentemente.

I muri e la piastra di fondazione sono stati modellati con elementi bidimensionali, denominati "gusci". Per gli spessori degli elementi e le caratteristiche geometriche si rimanda alle tavole grafiche allegate.

Il modello utilizzato è il seguente:



Modello utilizzato nei calcoli

Il programma restituisce il dimensionamento degli elementi strutturali, conducendo un'analisi dinamica, generando le condizioni sismiche e svolgendo i calcoli per tutte le combinazioni di carico a stato limite ultimo (SLU) e a stato limite di esercizio (SLE) imposte dal D.M. 17/01/2018.

6.5 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

Il calcolo dell'armatura necessaria a flessione viene effettuato tramite l'utilizzo del programma ad elementi finiti precedentemente descritto in particolare si riportano ora gli output grafici in cui sono indicati i quantitativi di armatura espressi in $[cm^2/ml]$ da disporsi rispettivamente lungo le due direzioni per ogni parete/piastra considerata.

Nell'allegato 1 è riportato l'involuppo delle sollecitazioni e le rispettive deformazioni a SLU.

PLATEA INFERIORE

La platea a valle del salto intermedio ha uno spessore di 50 cm.

Armatura orizzontale inferiore necessaria

0.44	0.04					0.63
0.58	0.30	0.12				0.35 0.87
0.48	0.06					0.55
0.51	0.07					0.52
0.66	0.30	0.16				0.29 0.75
0.57	0.09					0.48
0.60	0.10					0.47
0.76	0.46	0.20				0.26 0.68
0.67	0.11					0.42
0.69	0.12					0.37
0.83	0.50	0.22				0.15 0.51
0.74	0.14					0.28
0.76	0.16					0.25
0.92	0.56	0.27				0.11 0.39
0.83	0.18					0.26

Armatura verticale inferiore necessaria

0.05					0.11	0.22
				0.02	0.05	0.10 0.17 0.27
					0.08	0.21
					0.07	0.21
					0.04	0.08 0.19
						0.06
0.03						
0.07						
0.07	0.01					
0.09	0.01					
0.13						
0.14	0.00	0.03				
0.13						
0.10						
0.07	0.03	0.01				
0.04						

Armatura orizzontale superiore necessaria

0.36	0.84	0.93	0.82	0.76	0.79	0.42
0.17	0.49	0.73 0.85	0.90 0.84	0.70 0.70	0.76 0.82	0.76 0.65 0.42
0.35	0.86	0.99	0.91	0.83	0.87	0.60
0.34	0.86	1.01	0.95	0.86	0.91	0.68
0.40	0.73	0.80	0.96 0.99	0.95 0.79	0.80 0.92	0.88 0.83 0.68
0.31	0.87	1.06	1.03	0.92	0.99	0.83
0.30	0.87	1.08	1.06	0.96	1.03	0.90
0.40	0.73	0.91	1.00 1.05	0.91 1.00	0.94 0.92	1.00 0.99 0.91
0.28	0.89	1.14	1.15	1.03	1.11	1.06
0.28	0.89	1.17	1.20	1.06	1.15	1.14
0.40	0.74	0.95	1.08 1.16	1.15 0.7	1.04 1.11	1.12 1.18 1.18
0.27	0.91	1.22	1.28	1.15	1.23	1.31
0.26	0.91	1.24	1.32	1.20	1.27	1.38
0.40	0.74	0.98	1.13 1.28	1.26 1.20	1.18 1.21	1.25 1.35 1.43
0.23	0.92	1.28	1.38	1.29	1.35	1.53

Armatura verticale superiore necessaria

0.56	0.45	0.31	0.08	0.13	0.22	0.31
0.63	0.59	0.55 0.48	0.43 0.32	0.25 0.08	0.14 0.22	0.25 0.30 0.33 0.37
0.62	0.53	0.40	0.17	0.18	0.26	0.34
0.63	0.55	0.43	0.20	0.12	0.19	0.26
0.68	0.65	0.62 0.57	0.53 0.44	0.36 0.19	0.14 0.22	0.24 0.29 0.31 0.36
0.61	0.55	0.45	0.26	0.16	0.24	0.32
0.53	0.49	0.40	0.25	0.11	0.19	0.26
0.54	0.50	0.53 0.50	0.48 0.43	0.39 0.27	0.18 0.22	0.25 0.30 0.33 0.37
0.47	0.45	0.39	0.29	0.15	0.24	0.32
0.37	0.36	0.32	0.24	0.09	0.17	0.25
0.36	0.38	0.37	0.36 0.34	0.33 0.26	0.21 0.20	0.23 0.28 0.31 0.37
0.30	0.30	0.27	0.23	0.09	0.18	0.27
0.23	0.22	0.20	0.15	0.02	0.08	0.15
0.25	0.26	0.26 0.25	0.24 0.22	0.21 0.10	0.12 0.08	0.10 0.16 0.18 0.24
0.26	0.23	0.18	0.10			0.01 0.09

Disponendo un'armatura verticale Φ16 a doppio strato e un'armatura orizzontale Φ16 con un passo di 20 cm, la platea risulta verificata.

Armatura orizzontale superiore necessaria

0.80	1.59	2.20	2.60	2.77	2.66	2.22
0.56	0.94	1.35	1.66	1.97	2.20	2.41
0.79	1.59	2.20	2.60	2.77	2.66	2.23
0.79	1.59	2.20	2.60	2.76	2.66	2.23
0.54	0.94	1.34	1.66	1.97	2.20	2.40
0.78	1.58	2.19	2.59	2.76	2.66	2.24
0.77	1.58	2.19	2.59	2.76	2.66	2.24
0.52	0.92	1.33	1.66	1.96	2.19	2.40
0.76	1.57	2.19	2.59	2.76	2.66	2.26
0.75	1.57	2.18	2.59	2.75	2.66	2.27
0.49	0.90	1.32	1.66	1.95	2.18	2.39
0.72	1.55	2.18	2.58	2.75	2.66	2.28
0.71	1.54	2.17	2.58	2.75	2.66	2.29
0.43	0.86	1.28	1.61	1.93	2.17	2.37
0.67	1.52	2.15	2.57	2.75	2.67	2.30
0.65	1.51	2.14	2.56	2.75	2.67	2.31
0.37	0.81	1.24	1.58	1.90	2.13	2.35
0.61	1.47	2.12	2.55	2.74	2.68	2.33
0.59	1.46	2.11	2.54	2.74	2.68	2.34
0.30	0.75	1.18	1.58	1.85	2.12	2.32
0.54	1.41	2.07	2.52	2.73	2.69	2.35
0.51	1.39	2.05	2.50	2.72	2.69	2.36
0.13	0.67	1.11	1.46	1.79	2.02	2.28
0.46	1.34	2.01	2.47	2.71	2.70	2.39
0.42	1.31	1.98	2.45	2.70	2.70	2.40
0.58	1.37	2.02	2.48	2.72	2.71	2.41
0.35	1.24	1.91	2.40	2.68	2.70	2.43
0.31	1.20	1.87	2.37	2.66	2.71	2.44
0.48	1.26	1.93	2.42	2.70	2.69	2.42
0.24	1.11	1.78	2.29	2.62	2.71	2.48
0.20	1.05	1.73	2.25	2.59	2.71	2.51
0.36	1.10	1.81	2.40	2.67	2.69	2.45
0.23	0.94	1.60	2.14	2.53	2.71	2.57
0.25	0.87	1.53	2.07	2.49	2.71	2.61
0.40	1.00	1.70	2.35	2.64	2.69	2.46
0.29	0.83	1.36	1.92	2.39	2.71	2.70
0.31	0.81	1.27	1.83	2.32	2.70	2.77
0.11	0.43	0.80	1.09	1.28	1.47	1.66
0.36	0.74	1.07	1.62	2.16	2.67	2.92
0.39	0.71	0.95	1.50	2.05	2.63	3.04
0.33	0.45	0.67	0.71	0.91	1.18	1.42
0.43	0.65	0.78	1.32	1.89	2.57	3.22
0.44	0.64	0.73	1.26	1.84	2.56	3.27
0.39	0.47	0.53	0.60	0.75	1.01	1.26
0.47	0.60	0.65	1.14	1.73	2.53	3.38
0.48	0.57	0.60	1.07	1.67	2.51	3.44
0.46	0.48	0.52	0.51	0.57	0.82	1.06
0.51	0.52	0.51	0.92	1.53	2.46	3.59

Armatura verticale superiore necessaria

0.08	0.10	0.12	0.16	0.21	0.23	0.26
0.18	0.20	0.21	0.23	0.24	0.25	0.28
0.14	0.16	0.18	0.21	0.24	0.26	0.28
0.19	0.21	0.23	0.27	0.29	0.31	0.32
0.27	0.30	0.31	0.33	0.34	0.36	0.38
0.22	0.24	0.26	0.31	0.33	0.34	0.35
0.25	0.27	0.30	0.34	0.36	0.38	0.38
0.31	0.35	0.36	0.38	0.39	0.42	0.45
0.26	0.29	0.32	0.36	0.38	0.40	0.40
0.27	0.31	0.33	0.38	0.40	0.41	0.42
0.34	0.37	0.39	0.41	0.43	0.46	0.48
0.28	0.32	0.34	0.40	0.41	0.43	0.43
0.29	0.33	0.35	0.41	0.43	0.44	0.44
0.34	0.38	0.40	0.44	0.46	0.50	0.54
0.29	0.33	0.36	0.42	0.44	0.45	0.45
0.29	0.33	0.37	0.42	0.45	0.46	0.47
0.34	0.39	0.41	0.45	0.49	0.52	0.55
0.29	0.34	0.37	0.43	0.46	0.47	0.48
0.29	0.34	0.37	0.44	0.47	0.49	0.49
0.34	0.38	0.40	0.46	0.50	0.53	0.57
0.28	0.33	0.37	0.45	0.48	0.50	0.50
0.28	0.34	0.38	0.46	0.50	0.52	0.53
0.32	0.38	0.40	0.46	0.51	0.54	0.59
0.27	0.33	0.38	0.46	0.51	0.53	0.54
0.27	0.34	0.39	0.48	0.53	0.56	0.57
0.30	0.36	0.39	0.46	0.52	0.56	0.62
0.26	0.33	0.39	0.49	0.54	0.58	0.59
0.24	0.32	0.39	0.51	0.58	0.62	0.64
0.24	0.32	0.35	0.44	0.52	0.58	0.68
0.23	0.32	0.39	0.52	0.59	0.64	0.66
0.18	0.29	0.38	0.55	0.64	0.69	0.72
0.21	0.30	0.34	0.45	0.54	0.61	0.70
0.17	0.28	0.38	0.56	0.66	0.72	0.75
0.16	0.30	0.40	0.60	0.72	0.79	0.83
0.18	0.27	0.31	0.45	0.56	0.63	0.70
0.15	0.27	0.39	0.60	0.73	0.82	0.87
0.23	0.28	0.41	0.64	0.80	0.89	0.95
0.30	0.30	0.29	0.39	0.44	0.56	0.65
0.26	0.24	0.38	0.62	0.80	0.92	0.99
0.34	0.29	0.38	0.66	0.85	0.98	1.07
0.40	0.38	0.36	0.33	0.37	0.52	0.62
0.35	0.27	0.31	0.59	0.82	0.97	1.09
0.35	0.27	0.27	0.58	0.82	0.98	1.12
0.36	0.30	0.27	0.21	0.19	0.35	0.46
0.26	0.15	0.11	0.40	0.69	0.88	1.06
0.03			0.28	0.58	0.79	1.02
			0.01	0.29	0.41	0.56
			0.40	0.60	0.91	1.08

Disponendo un'armatura verticale $\Phi 16$ a doppio strato e un'armatura orizzontale $\Phi 16$ con un passo di 20 cm, la platea risulta verificata.

Armatura verticale superiore necessaria

0.02																	0.01	0.01																			
0.03	0.03	0.03	0.02							0.01	0.01	0.01																									
0.08	0.05	0.01																																			
0.10	0.08	0.03																																			
0.10	0.07	0.02																																			
0.13	0.06																																				
0.16	0.10	0.04																																			
0.16	0.09																																				
0.13	0.02																																				
0.19	0.10	0.07																																			
0.17	0.05									0.02	0.08																										
0.04										0.06	0.23	0.16	0.04																								
										0.07	0.31	0.30	0.26	0.20	0.17	0.14	0.13	0.10	0.09	0.09	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.10	0.14	0.14	0.10	0.09	0.09	0.07
										0.24	0.34	0.25	0.19	0.15	0.15	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.11	0.13	0.16	0.18	0.16	0.15										
0.37	0.17					0.18	0.32																														
0.57	0.46	0.39	0.21	0.23	0.49	0.59	0.69	0.76	1.04																												
0.54	0.31	0.49	0.81	1.10																																	

Disponendo un'armatura verticale Φ 16 a doppio strato e un'armatura orizzontale Φ 12 con un passo di 20 cm, le pareti risultano verificate.

SALTO

Il salto ha uno spessore pari a 30 cm.

Armatura orizzontale inferiore necessaria

1.07	0.61	0.64	0.87	1.13	1.36	1.43							
0.95	0.83	0.62	0.51	0.58	0.50	0.85	0.82	1.13	1.05	0.39	1.28	2.20	1.37
0.83	0.53	0.59	0.86	1.13	1.38	1.52							
0.70	0.44	0.55	0.85	1.14	1.42	1.56							
0.81	0.66	0.53	0.40	0.52	0.50	0.83	0.81	1.14	1.07	0.41	1.39	3.33	1.47
0.70	0.44	0.55	0.85	1.14	1.42	1.56							
0.66	0.43	0.56	0.86	1.15	1.43	1.50							
0.75	0.59	0.49	0.40	0.53	0.50	0.84	0.84	1.19	1.17	0.50	1.56	6.39	1.62
0.58	0.44	0.56	0.86	1.24	1.68	1.66							

Armatura verticale inferiore necessaria

2.15	1.90	1.73	2.18	2.67	2.32	2.16							
2.04	1.87	1.74	2.18	2.47	2.58	2.88	2.78	2.77	2.66				
1.60	1.46	1.65	2.19	2.65	2.37	2.22							
0.88	0.72	1.14	1.83	2.30	2.39	2.45							
0.89	0.95	0.76	0.80	0.91	1.24	4.2	2.00	1.6	2.42	4.1	2.32	3.4	2.23
0.90	0.54	0.83	1.67	2.20	2.26	2.23							
0.24	0.35	0.58	1.07	1.74	2.06	2.23							
0.21	0.20	0.22	0.20	0.36	0.55	0.68	1.10	1.34	1.74	1.87	2.02	1.0	2.14
0.21	0.22	0.38	0.68	1.37	1.90	2.17							

Armatura orizzontale superiore necessaria

0.65	0.41	0.38	0.64	0.85	1.00	2.44							
0.96	0.60	0.38	0.40	0.37	0.38	0.67	0.60	0.92	0.86	1.1	1.05	5.2	2.73
0.54	0.38	0.38	0.66	0.92	1.14	2.39							
0.46	0.33	0.37	0.67	0.95	1.22	2.35							
0.82	0.48	0.35	0.38	0.37	0.68	0.60	0.97	0.91	1.22	1.21	1.64	2.80	
0.46	0.33	0.37	0.67	0.95	1.22	2.35							
0.46	0.35	0.38	0.67	0.96	1.21	2.24							
0.83	0.45	0.42	0.42	0.38	0.38	0.69	0.67	0.99	0.97	1.25	1.31	1.75	2.62
0.58	0.36	0.38	0.68	1.01	1.38	2.24							

Armatura verticale superiore necessaria

0.84	0.73	0.80	1.14	1.66	1.74	2.05							
0.98	0.82	0.81	0.70	0.71	0.89	0.00	1.33	5.2	1.92	0.05	2.02	1.4	2.19
0.88	0.69	0.78	1.17	1.78	1.79	1.84							
0.53	0.42	0.55	0.95	1.57	1.98	2.21							
0.56	0.50	0.49	0.45	0.46	0.65	0.79	1.16	1.36	1.76	1.85	1.95	0.2	2.04
0.57	0.33	0.49	0.97	1.56	1.79	1.91							
0.20	0.30	0.36	0.68	1.25	1.67	1.88							
0.26	0.23	0.21	0.40	0.41	0.46	0.55	0.85	0.4	1.37	1.51	1.71	1.79	1.87
0.30	0.25	0.54	0.74	1.26	1.65	1.85							

Disponendo un'armatura verticale Φ 16 a doppio strato e un'armatura orizzontale Φ 16 con un passo di 20 cm, il salto risulta verificato.

6.6 DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DELLE PIASTRE IN C.A. - STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Avendo eseguito tutte le verifiche necessarie per il dimensionamento allo stato limite ultimo delle pareti / piastre che compongono il manufatto, intese come pareti in calcestruzzo armato, non rimane che analizzare le condizioni di esercizio.

In accordo con quanto riportato all'interno della normativa si procederà a valutare lo stato tensionale d'esercizio e l'apertura delle fessure.

Si verifica in particolar modo che:

- $\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck} = 0.6 \cdot 28 = 16.8 \text{ N/mm}^2$ per combinazione rara;
- $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 28 = 12.6 \text{ N/mm}^2$ per combinazione quasi permanente;
- $\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk} = 0.8 \cdot 391 = 312.8 \text{ N/mm}^2$ per combinazione rara;
- apertura delle fessure $< w_3 = 0.2 \text{ mm}$ per combinazione frequente;
- apertura delle fessure $< w_2 = 0.1 \text{ mm}$ per combinazione quasi permanente.

Introducendo nel modello di calcolo i campi di armatura precedentemente individuati si ottengono i risultati riportati all'interno dell'allegato 2 validi per stato limite di esercizio; tali valori dimostrano come tutte le condizioni precedentemente elencate siano rispettate per tutti i gusci costituenti il manufatto.

6.7 VERIFICA A CAPACITÀ PORTANTE

Nel seguente paragrafo si esegue la verifica a capacità portante dei manufatti per i quali è stata eseguita un'analisi con modello tridimensionale, nello specifico la platea del manufatto di imbocco.

Il calcolo della capacità portante viene eseguito secondo la formula trinomia, considerando separatamente i contributi dovuti alla coesione, al sovraccarico laterale ed al peso del terreno.

Per le verifiche in condizioni drenate, si utilizzano i coefficienti di capacità portante N_q (Prandtl, 1921), N_c (Reissner, 1924), N_γ (Vesic, 1973), i coefficienti correttivi dovuti alla forma della fondazione (s , Meyerhof, 1951 e 1963), all'approfondimento (d , Brinch Hansen, 1970), all'inclinazione del carico (i , Vesic, 1973), all'inclinazione del piano di posa (b , Brinch Hansen, 1970), all'inclinazione del piano campagna (g , Brinch Hansen, 1970), e all'azione sismica (h - Maugeri e Novità, 2004).

$$q_{lim} = 0.5 \gamma_c B^i N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma h_\gamma + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c h_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q h_q$$

Da quanto evidenziato dalla caratterizzazione geotecnica dei terreni, e considerando che mediamente le fondazioni dei manufatti si trovano ad una quota ricompresa tra i -3.00 m a -2.00 rispetto al piano campagna attuale, in via cautelativa si considerano, per il calcolo della capacità portante i parametri riscontrati per le alternanze di sabbia e ghiaia (GSM, §4.4).

$$\phi' = 30^\circ$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$\gamma' = 18 \text{ kN/m}^3.$$

La verifica è stata eseguita con il software IPERFOND della IS-DOLMEN. Il programma importa direttamente le azioni dal modello tridimensionale per i diversi casi di carico ipotizzati nella modellazione. Nella tabella seguente è riportato il caso più sfavorevole con relativa verifica a capacità portante del manufatto.

Manufatto/sezione di calcolo	Q_{lim} . [kPa]	Q_{app} . [kPa]	FS
Platea manufatto di imbocco	180	73	2.46

7. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEL MURO SPONDALE DEL TRATTO C

Nei seguenti paragrafi si illustrano i procedimenti di calcolo e le analisi condotte rispetto al muro spondale del tratto C. Il muro, avente sviluppo lineare di circa 5 m, ha una fondazione larga 1,50 m e alta 0,40 m, e l'elevazione ha uno spessore di 0,30 m e altezza 1,80 m. La fondazione presenta un dente, lato alveo, di altezza 0,40 m e larghezza 0,30 m. il muro è progettato per il contenimento del franco idraulico, e a tergo risulta fuori terra per un'altezza di circa 1,15 m.

Per le caratteristiche geometriche si rimanda alla tavola dei particolari costruttivi.

Di seguito verranno illustrate le verifiche svolte ai sensi del D.M. 17/01/2018, in condizioni sismiche.

7.1. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per quanto concerne i materiali, si adotteranno le seguenti prescrizioni:

- calcestruzzo per opere di fondazione → classe C28/35, R_{ck} 35 N/mm²
- calcestruzzo per opere in elevazione → classe C28/35, R_{ck} 35 N/mm²
- acciaio per calcestruzzo armato B450C → $f_{yd} = 450$ N/mm² = 450 MPa

Per quanto riguarda le prove sui materiali da costruzioni si rimanda a quanto previsto dalla vigente normativa.

7.2. ANALISI DELLE AZIONI AGENTI SULLA STRUTTURA

Oltre alle azioni sismiche i carichi coinvolti nell'analisi sono il peso proprio degli elementi strutturali, la spinta del terreno e le pressioni idrostatiche.

La spinta della terra, agente sulle pareti laterali, viene valutata considerando il coefficiente di spinta attiva k_a calcolato secondo Rankine. I parametri del terreno considerati nei calcoli sono i seguenti:

- peso specifico terreno: 18 kN/m³;
- $\phi' = 30^\circ$
- $c' = 0$ kPa.

7.3. INDIVIDUAZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

In conformità alle norme C.N.R. – UNI 10024/86, si riportano alcune informazioni sul codice di calcolo usato per l'analisi degli elementi strutturali esaminati.

I calcoli sono stati eseguiti con l'ausilio del software IS Muri, modulo di geotecnica per il calcolo dei muri di sostegno di DOLMENWIN, prodotto, distribuito e assistito dalla società CDM Dolmen S.r.l., con sede in Torino, via Drovetti n° 9.

7.4. VERIFICHE GEOTECNICHE

Nel presente paragrafo verranno approfondite le verifiche di carattere geotecnico, in particolare:

- a capacità portante,
- a scorrimento,
- a ribaltamento (equilibrio),
- a stabilità globale.

Verifica capacità portante

La valutazione della capacità portante è condotta sulla base dell'usuale formula di Brinch – Hansen che viene qui di seguito richiamata:

$$q_{lim} = 0.5 \gamma B' N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} z_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c z_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q z_q$$

nella quale appaiono i coefficienti correttivi per tener conto della forma della fondazione, dell'approfondimento, della presenza dell'azione orizzontale, dall'inclinazione del piano di posa, e della presenza del sisma.

Verifica scorrimento

Il collasso per slittamento è scongiurato se il contributo dell'attrito e della coesione sull'area efficace della fondazione più il contributo della resistenza passiva laterale è maggiore delle forze orizzontali sollecitanti:

$$F_{scor} = \frac{\tan \delta \cdot V}{H} \geq \gamma_R$$

$$\text{con } \gamma_R = 1$$

Verifica ribaltamento

La verifica a ribaltamento è condotta effettuando il bilanciamento delle azioni che producono un momento ribaltante e quelle che producono un effetto stabilizzante; la verifica è soddisfatta se viene rispettata la seguente condizione:

$$F_{rib} = \frac{M_{stab.}}{M_{rib.}} \geq \gamma_R$$

$$\text{con } \gamma_R = 1$$

Verifica a stabilità globale

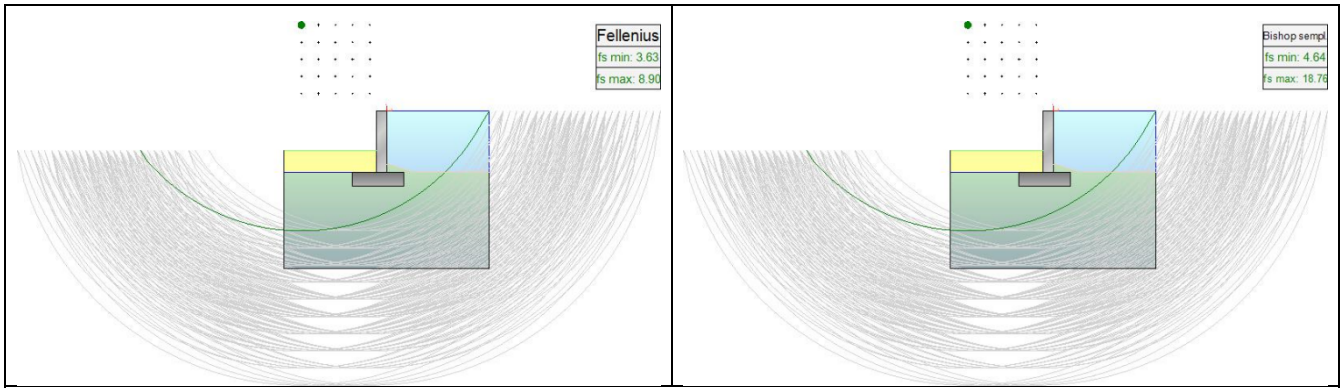
La verifica di stabilità è stata svolta secondo il metodo Bishop semplificato, analizzando una serie di superfici di scivolamento ed evidenziando quella con fattore di sicurezza minore.

Nella seguente tabella si riportano le verifiche geotecniche eseguite automaticamente dal programma per le diverse combinazioni di carico previste da normativa.

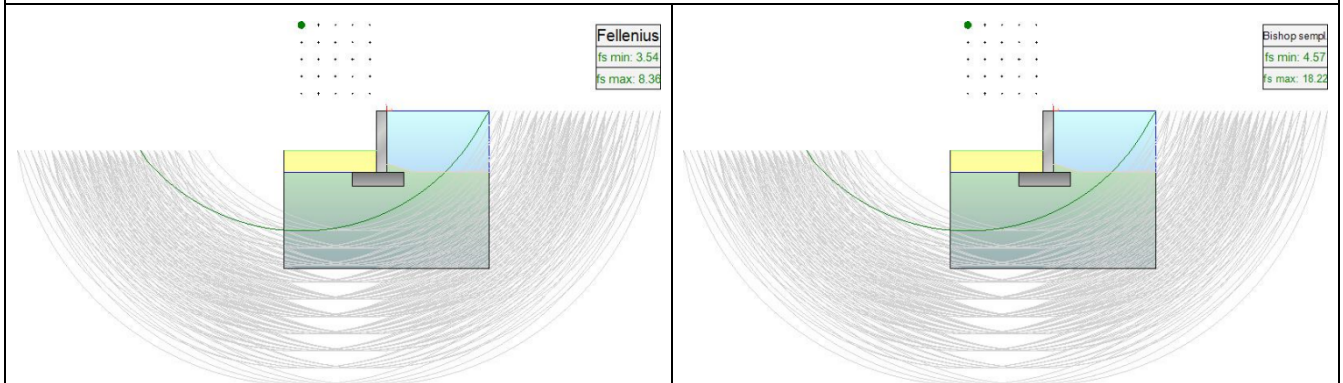
caso di carico	capacità portante	scorrimento	equilibrio
1 - STR (SLU)	- Drenata - q applicata = 0.59 daN/cm ² q ammissibile = 1.1 daN/cm ² --> fs = 1.88 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 1316.39 daN v ammissibile = 2152.07 daN --> fs = 1.63 [Verificato]	
2 - GEO (SLU_GEO)			- Stab. globale - --> fs = 3.63 [Verificato]
3 - EQU (SLU_EQU)			- Ribaltamento - Stabile (spost.max.=0.2[cm]) [Verificato]
4 - STR_SISMA_SU (SLU)	- Drenata - q applicata = 0.48 daN/cm ² q ammissibile = 0.85 daN/cm ² --> fs = 1.78 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 1339.11 daN v ammissibile = 1671.29 daN --> fs = 1.25 [Verificato]	
5 - GEO_SISMA_SU (SLU_GEO)		- Drenata - v applicato = 1360.27 daN v ammissibile = 1472.96 daN --> fs = 1.08 [Verificato]	- Stab. globale - --> fs = 3.54 [Verificato]
6 - EQU_SISMA_SU (SLU_EQU)			- Ribaltamento - Stabile (spost.max.=0.2[cm]) [Verificato]
7 - STR_SISMA_GIU (SLU)	- Drenata - q applicata = 0.48 daN/cm ² q ammissibile = 0.94 daN/cm ² --> fs = 1.96 [Verificato]	- Drenata - v applicato = 1253.53 daN v ammissibile = 1745.07 daN --> fs = 1.39 [Verificato]	
8 - GEO_SISMA_GIU (SLU_GEO)		- Drenata - v applicato = 1278.07 daN v ammissibile = 1540.29 daN --> fs = 1.21 [Verificato]	- Stab. globale - --> fs = 3.68 [Verificato]
9 - EQU_SISMA_GIU (SLU_EQU)			- Ribaltamento - Stabile (spost.max.=0.2[cm]) [Verificato]

Verifiche geotecniche della fondazione.

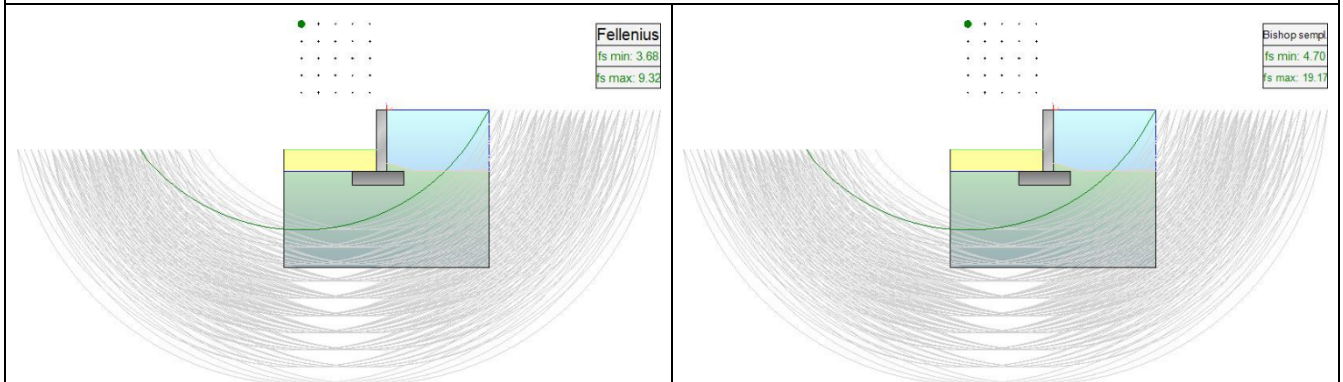
Caso: GEO (SLU_GEO) . Descrizione: SLU_Geo (appr.2) . Centro = 25 . fs = 3.63 [Verificato]



Caso: GEO_SISMA_SU (SLU_GEO) . Descrizione: SLU_Geo_Sisma_Su (appr.2) . Centro = 25 . fs = 3.54 [Verificato]



Caso: GEO_SISMA_GIU (SLU_GEO) . Descrizione: SLU_Geo_Sisma_Giu (appr.2) . Centro = 25 . fs = 3.68 [Verificato]



Dettaglio della verifica di stabilità globale.

7.5. VERIFICHE STRUTTURALI - SLU

Le verifiche strutturali sono condotte ai sensi del D.M. 17/01/2018 applicando i coefficienti di sicurezza parziali alle resistenze e alle azioni secondo l'approccio 2.

La verifica principale è la verifica a flessione ed è stata condotta in automatico dal software IS MURI, per ogni combinazione di carico prevista da normativa e tenendo conto del sisma.

Le sezioni più sollecitate sono le sezioni di innesto tra fusto e fondazioni, in corrispondenza delle quali si verifica il momento massimo, e in corrispondenza dell'incastro dei pali con la fondazione.

Disponendo nella sezione di innesto tra fusto e fondazione 5 ϕ 16 al metro si ottengono i seguenti risultati.

Tabella 1 Verifica a flessione paramento muro

CASO	Msd [kN*m]	Mrd [kN*m]	Fs
1 SLU_STR	12.36	81.90	6.63
2 SLU_GEO	per verifiche geotecniche		
3 SLU_EQU	per equilibrio		
4 SLU_STR_SISMA	10.23	81.41	7.93
5 SLU_GEO_SISMA	per verifiche geotecniche		
6 SLU_EQU_SISMA	per equilibrio		

Tabella 2 Verifica a taglio paramento muro

CASO	Vsd [kN]	Vrd [kN]	Fs
1 SLU_STR	-15.93	136.02	8.54
2 SLU_GEO	per verifiche geotecniche		
3 SLU_EQU	per equilibrio		
4 SLU_STR_SISMA	-15.67	136.02	8.68
5 SLU_GEO_SISMA	per verifiche geotecniche		
6 SLU_EQU_SISMA	per equilibrio		

Tabella 3 Verifica a flessione fondazione muro

CASO	Msd [kN*m]	Mrd [kN*m]	Fs
1 SLU_STR	8.29	142.64	17.2
2 SLU_GEO	per verifiche geotecniche		
3 SLU_EQU	per equilibrio		
4 SLU_STR_SISMA	8.94	142.58	15.95
5 SLU_GEO_SISMA	per verifiche geotecniche		
6 SLU_EQU_SISMA	per equilibrio		

Tabella 4 Verifica a taglio fondazione muro

CASO	Vsd [kN]	Vrd [kN]	Fs
1 SLU_STR	27.69	165.23	5.97
2 SLU_GEO	per verifiche geotecniche		
3 SLU_EQU	per equilibrio		

4 SLU_STR_SISMA	22.44	165.23	7.36
5 SLU_GEO_SISMA	per verifiche geotecniche		
6 SLU_EQU_SISMA	per equilibrio		

Nelle tabelle Msd e Vsd rappresentano la sollecitazione di calcolo mentre Mrd e Vrd rappresentano rispettivamente il momento resistente e il taglio resistente. Disponendo l'armatura sopraccitata le verifiche a flessione e a taglio sono soddisfatte per tutti i casi di carico imposti da normativa.

Nell'elaborato "Carpenteria e armature opere in c.a." è rappresentata graficamente la disposizione delle armature.

7.6. VERIFICHE STRUTTURALI - SLE

Avendo eseguito tutte le verifiche necessarie per il dimensionamento allo stato limite ultimo del muro in progetto, non rimane che analizzare le condizioni di esercizio.

In accordo con quanto riportato all'interno della normativa si procederà a valutare lo stato tensionale d'esercizio e l'apertura delle fessure.

Si verifica in particolar modo che:

- $\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck} = 0.6 \cdot 28 = 16.8 \text{ N/mm}^2$ per combinazione rara;
- $\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 28 = 12.6 \text{ N/mm}^2$ per combinazione quasi permanente;
- $\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk} = 0.8 \cdot 391 = 312.8 \text{ N/mm}^2$ per combinazione rara;
- apertura delle fessure $< w_3 = 0.2 \text{ mm}$ per combinazione frequente;
- apertura delle fessure $< w_2 = 0.1 \text{ mm}$ per combinazione quasi permanente.

Tabella 5 Verifica a SLE

CASO	σ_{CLS} [N/mm ²]	$\sigma_{ACCIAIO}$ [N/mm ²]	Fessure [mm]
10 SLE_RARA	1.23	44.8	Verifica non prevista
11 SLE_FREQ.	1.23	44.8	0.064
12 SLE_Q.PERM.	1.23	44.8	0.064

ALLEGATO 1

MACROGUSCIO platea_1

VERIFICA ARMATURE EFFETTIVE (EFFETTO MEMBRANA + PIASTRA)

CASI DI CARICO:

- Nome Descrizione
1 SLU SENZA SISMA
4 SLU con SISMAX PRINC
5 SLU con SISMAY PRINC
13 canale vuoto

DATI:

tensione di snervamento acciaio (fyk): 450000 kPa
coefficiente sicurezza acciaio : 1.15
deformazione ultima acciaio : 67.5 per mille
deformazione ultima cls : 3.5 per mille
rapporto rottura/snervamento (k): 1.15
resistenza cilindrica cls (fck): 29050 kPa
coefficiente sicurezza cls : 1.5
coefficiente riduttivo (alfa): 0.85
copriferro inferiore (asse armatura): 0.03 m
copriferro superiore (asse armatura): 0.03 m
moltiplicatore sollecitazioni : 1

LEGENDA:

spess = spessore guscio. Verifica effettuata su sezione BxH, con B=0.01 m e H="spess" m
Af = area disposta al lembo teso, in cm2 al metro
Afc = area disposta al lembo compresso, in cm2 al metro
Mom = momento flettente [kNm/m]
Nor = sforzo normale [kN]
epsC = deformazione cls [per mille]
epsF = deformazione acciaio [per mille]

L'armatura è sufficiente se le deformazioni dei materiali sono ovunque minori delle corrispondenti deformazioni ultime.

Table with columns for INFERIORE ORIZZONTALE and INFERIORE VERTICALE, including GUSC, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

Table with columns for SUPERIORE ORIZZONTALE and SUPERIORE VERTICALE, including GUSC, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

Table with columns for SUPERIORE ORIZZONTALE and SUPERIORE VERTICALE, including GUSC, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

L'ARMATURA È OVUNQUE > DELLA QUANTITÀ RICHIESTA: IL PUNTO 2.3 DELLE NTC È VERIFICATO (Rd > Ed)

MACROGUSCIO platea_2

VERIFICA ARMATURE EFFETTIVE (EFFETTO MEMBRANA + PIASTRA)

CASI DI CARICO:

- Nome Descrizione
1 SLU SENZA SISMA
4 SLU con SISMAX PRINC
5 SLU con SISMAY PRINC
13 canale vuoto

DATI:

tensione di snervamento acciaio (fyk): 450000 kPa
coefficiente sicurezza acciaio : 1.15
deformazione ultima acciaio : 67.5 per mille
deformazione ultima cls : 3.5 per mille
rapporto rottura/snervamento (k): 1.15
resistenza cilindrica cls (fck): 29050 kPa
coefficiente sicurezza cls : 1.5
coefficiente riduttivo (alfa): 0.85
copriferro inferiore (asse armatura): 0.03 m
copriferro superiore (asse armatura): 0.03 m
moltiplicatore sollecitazioni : 1

LEGENDA:

spess = spessore guscio. Verifica effettuata su sezione BxH, con B=0.01 m e H="spess" m
Af = area disposta al lembo teso, in cm2 al metro
Afc = area disposta al lembo compresso, in cm2 al metro
Mom = momento flettente [kNm/m]
Nor = sforzo normale [kN]
epsC = deformazione cls [per mille]
epsF = deformazione acciaio [per mille]

L'armatura è sufficiente se le deformazioni dei materiali sono ovunque minori delle corrispondenti deformazioni ultime.

Table with columns for INFERIORE ORIZZONTALE and INFERIORE VERTICALE, including GUSC, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

Table with columns for SUPERIORE ORIZZONTALE and SUPERIORE VERTICALE, including GUSC, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

DATI:

tensione di snervamento acciaio (fyk): 45000 kPa
coefficiente sicurezza acciaio : 1.15
deformazione ultima acciaio : 67.5 per mille
deformazione ultima cls : 3.5 per mille
rapporto rottura/snervamento (k): 1.15
resistenza cilindrica cls (fck): 29050 kPa
coefficiente sicurezza cls : 1.5
coefficiente riduttivo (alfa): 0.85
copriferro inferiore (asse armatura): 0.03 m
copriferro superiore (asse armatura): 0.03 m
moltiplicatore sollecitazioni : 1

LEGENDA:

spress = spessore guscio. Verifica effettuata su sezione BxH, con B=0.01 m e H="spress" m
Af = area disposta al lembo teso, in cm2 al metro
Afc = area disposta al lembo compresso, in cm2 al metro
Mom = momento flettente [kNm/m]
Nor = sforzo normale [kN]
epsC = deformazione cls [per mille]
epsF = deformazione acciaio [per mille]

L'armatura è sufficiente se le deformazioni dei materiali sono ovunque minori delle corrispondenti deformazioni ultime.

Table with columns for INFERIORE ORIZZONTALE and INFERIORE VERTICALE, including GUSC, spress, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

Table with columns for INFERIORE ORIZZONTALE and INFERIORE VERTICALE, including GUSC, spress, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

18037-D16-0_ALL.txt[20/05/2019 12:12:56]

18037-D16-0_ALL.txt[20/05/2019 12:12:56]

Table with columns for INFERIORE ORIZZONTALE and INFERIORE VERTICALE, including GUSC, spress, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

Table with columns for INFERIORE ORIZZONTALE and INFERIORE VERTICALE, including GUSC, spress, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

Table with columns for SUPERIORE ORIZZONTALE and SUPERIORE VERTICALE, including GUSC, spress, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

Table with columns for SUPERIORE ORIZZONTALE and SUPERIORE VERTICALE, including GUSC, spress, Af, Afc, Mom, Nor, epsC, epsF.

18037-D16-0_ALL.txt[20/05/2019 12:12:56]

18037-D16-0_ALL.txt[20/05/2019 12:12:56]

Table with columns for various numerical values (1-115), including engineering or material parameters. Columns include values like 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00.

18037-D16-0_ALL.txt[2005/2019 12:12:56]

Table with columns for various numerical values (116-147), including engineering or material parameters. Columns include values like 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00.

ARMATURA INFERIORE VERTICALE

Table with columns for COMBINAZIONE RARA, COMBINAZIONE FREQUENTE, COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE. Includes columns for GUSC| Af, Afc, Mom, Nor, sigC, sigF, WkR| Mom, Nor, sigC, sigF, WkF| Mom, Nor, sigC, sigF. Includes rows for 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47.

18037-D16-0_ALL.txt[2005/2019 12:12:56]

Table with columns for various numerical values (48-104), including engineering or material parameters. Columns include values like 0.55, 0.00, 20.93, 1186.0001, 0.56, 0.00, 21.24, 1203.0001, 0.56, 0.00, 21.40, 1212.0001.

18037-D16-0_ALL.txt[2005/2019 12:12:56]

Table with columns for various numerical values (105-147), including engineering or material parameters. Columns include values like 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00.

ARMATURA SUPERIORE ORIZZONTALE

Table with columns for COMBINAZIONE RARA, COMBINAZIONE FREQUENTE, COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE. Includes columns for GUSC| Af, Afc, Mom, Nor, sigC, sigF, WkR| Mom, Nor, sigC, sigF, WkF| Mom, Nor, sigC, sigF. Includes rows for 36, 37, 38, 39.

18037-D16-0_ALL.txt[2005/2019 12:12:56]

DATI:

coppifero inferiore (asse armatura): 0.03 m
coppifero superiore (asse armatura): 0.03 m

Af = area effettiva tesa (cm2 al metro)
Afc = area effettiva tesa (cm2 al metro)
Mom = momento flettente [kNm/m]
Nor = sforzo normale [kN]
sigC = tensione calcestruzzo [kPa]
sigC = tensione acciaio [kPa]
wkR = apertura caratteristica per combinazione rara (mm) - apertura max = 0.6 mm
wkF = " " " frequente (mm) - " = 0.4 mm
wkP = " " " quasi permanente (mm) - " = 0.3 mm

ARMATURA INFERIORE ORIZZONTALE

Table with 12 columns: GUSC| Af Afc| Mom Nor sigC sigF WkR| Mom Nor sigC sigF WkF| Mom Nor sigC sigF WkP. Rows 169-202.

Table with 12 columns: GUSC| Af Afc| Mom Nor sigC sigF WkR| Mom Nor sigC sigF WkF| Mom Nor sigC sigF WkP. Rows 203-259.

ARMATURA INFERIORE VERTICALE

Table with 12 columns: GUSC| Af Afc| Mom Nor sigC sigF WkR| Mom Nor sigC sigF WkF| Mom Nor sigC sigF WkP. Rows 169-181.

Table with 12 columns: GUSC| Af Afc| Mom Nor sigC sigF WkR| Mom Nor sigC sigF WkF| Mom Nor sigC sigF WkP. Rows 182-230.

18037-D16-0_ALL.txt[20/05/2019 12:12:56]

18037-D16-0_ALL.txt[20/05/2019 12:12:56]

18037-D16-0_ALL.txt[20/05/2019 12:12:56]

18037-D16-0_ALL.txt[20/05/2019 12:12:56]

