

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA
S.O. COORDINAMENTO TERRITORIALE SUD.

PROGETTO ESECUTIVO

RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Ottemperanza alle prescrizioni Delibera cipe 28/01/2015

Canale idraulico di collegamento tra la lama San Marco e la lama Valenzano e strade di ricucitura urbana dei fondi interclusi

OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO

Relazione di calcolo muri d'ala

SCALA:

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA / DISCIPLINA PROGR. REV.

IA1U 03 E 78 CL NI0200 303 A

| Revis | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato/Data |
|-------|----------------------|---------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------------|
| A | EMISSIONE DEFINITIVA | INTEGRA | GIUGNO 2021 | G. TIBERTI | GIUGNO 2021 | G. DIMAGGIO | GIUGNO 2021 | D. TIBERTI |

File IA1U03E78CLNI0200303A

ITALFERR S.p.A.
 Direzione Tecnica Sud
 Ufficio Progettazione
 D. Tiberti
 Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10876

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|--------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 2 DI 54 |

INDICE

| | | |
|------|--|----|
| 1 | PREMESSA..... | 4 |
| 2 | DESCRIZIONE DELL'OPERA..... | 5 |
| 3 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 8 |
| 3.1 | NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... | 8 |
| 3.2 | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 8 |
| 4 | CARATTERISTICHE DEI MATERIALI..... | 9 |
| 4.1 | CALCESTRUZZO C30/37..... | 9 |
| 4.2 | ACCIAIO B450C..... | 10 |
| 5 | SOFTWARE DI CALCOLO..... | 12 |
| 6 | INQUADRAMENTO GEOTECNICO..... | 13 |
| 6.1 | STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO..... | 13 |
| 6.2 | INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA..... | 13 |
| 6.3 | CLASSIFICAZIONE SISMICA..... | 14 |
| 6.4 | CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO..... | 18 |
| 7 | ANALISI DEI CARICHI E DELLE AZIONI SUI MURI..... | 19 |
| 7.1 | PESO PROPRIO DEL MURO..... | 19 |
| 7.2 | SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL TERRENO..... | 19 |
| 7.3 | SPINTA DEL TERRENO A MONTE..... | 19 |
| 7.4 | AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI E VERTICALI..... | 20 |
| 7.5 | SPINTA DEL TERRENO IN PRESENZA DI SISMA..... | 21 |
| 8 | VERIFICA DI SICUREZZA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)..... | 24 |
| 9 | VERIFICA DI SICUREZZA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLE)..... | 27 |
| 10 | ALLEGATO DI CALCOLO – VERIFICA DEI MURI D'ALA..... | 28 |
| 10.1 | DATI DI INPUT..... | 28 |
| 10.2 | VERIFICHE GEOTECNICHE – COMBINAZIONE 2 – A2+M2+R2..... | 32 |
| 10.3 | VERIFICHE SLU..... | 41 |

| | | |
|--------|----------------------------------|----|
| 10.3.1 | Combinazione 1 – A1+M1+R1..... | 41 |
| 10.3.2 | Combinazione 2 – A2+M2+R2..... | 44 |
| 10.4 | VERIFICHE A FESSURAZIONE..... | 47 |
| 10.5 | VERIFICHE DELLE TENSIONI..... | 50 |
| 10.6 | VERIFICHE STABILITÀ GLOBALE..... | 53 |

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA E 78 CL | DOCUMENTO NI0200 303 | REV. A |

1 PREMESSA

La presente relazione è relativa al calcolo dei muri d'ala a "L" interconnessi al manufatto scatolare posto in corrispondenza della viabilità di ricucitura n.1, inserita nell'ambito del Progetto Esecutivo della viabilità NV05 – Tangenziale di Bari della linea ferroviaria del riassetto Nodo di Bari, tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari Centrale e Bari Torre a Mare.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|--------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 5 DI 54 |

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nella presente relazione si riportano le analisi e le verifiche strutturali dei muri di sostegno nell'ambito dell'opera di scavalco di un canale idraulico, posta tra il km 0+234.000 ed il km 0+250.000 circa di una strada secondaria inserita nell'ambito del progetto esecutivo della variante di tracciato tra Bari Centrale e Bari Torre a Mare, per il riassetto del Nodo di Bari – Tratta a Sud di Bari.

Nella fattispecie, la presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche dei muri di sostegno a corredo di un manufatto scatolare, posti all'ingresso e all'uscita per realizzare il raccordo con la scarpata della sezione stradale completamente realizzata in rilievo.

Tali muri di sostegno sono scollegati dallo scatolare per non avere sollecitazioni indotte da cedimenti differenziali della sede stradale visto che le due strutture hanno rigidzze forti su piani ortogonali.

I muri, identici per geometria, hanno dimensioni in pianta pari a 3,60x3,50 m ed hanno un paramento verticale di altezza massima di 5,28 m dalla quota magrone.

Nelle verifiche si prenderà in esame la sezione con altezza maggiore del paramento verticale.

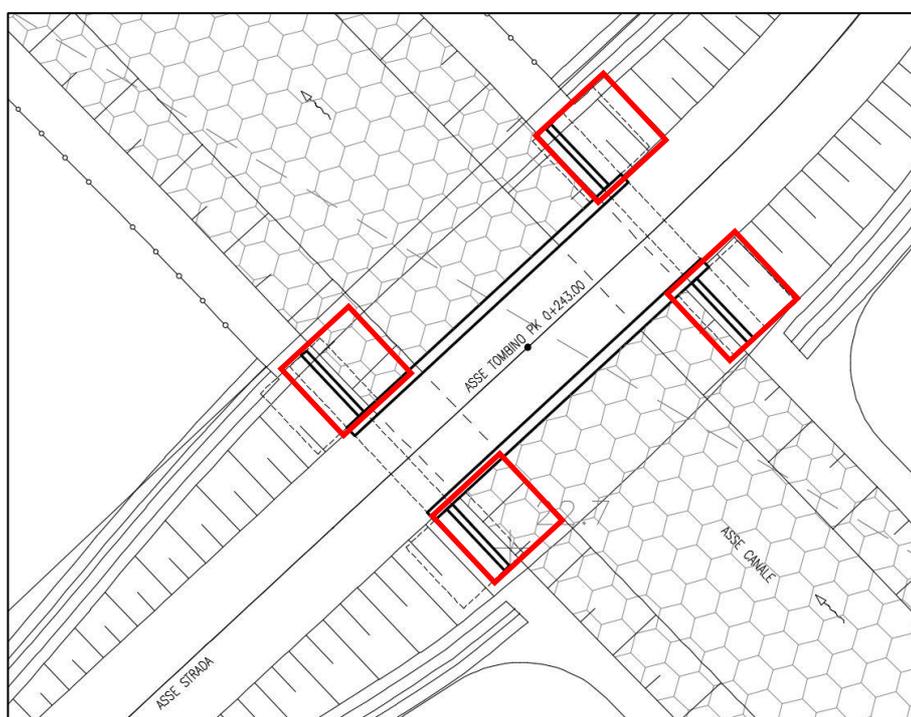


Figura 1 - Planimetria con l'individuazione dei muri d'ala dello scatolare

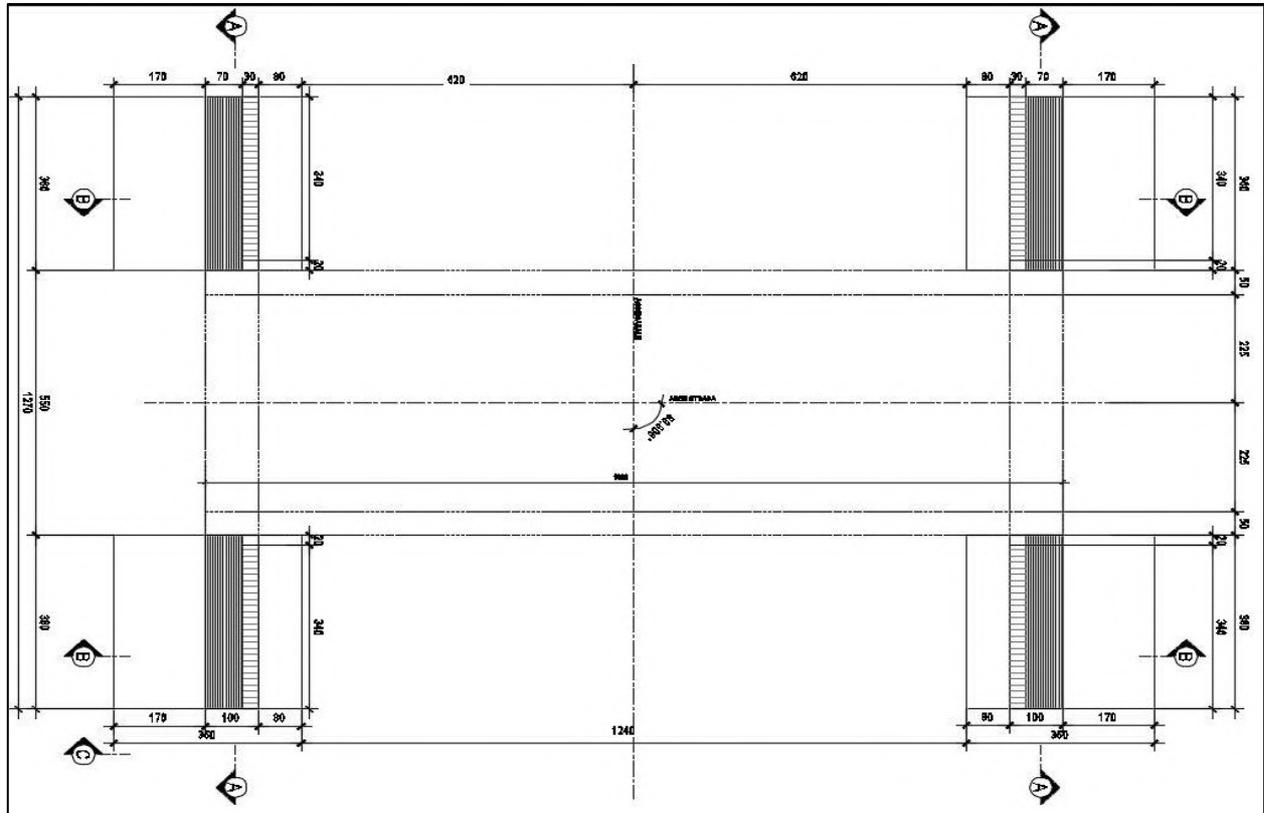


Figura 2 – Pianta muri d'ala

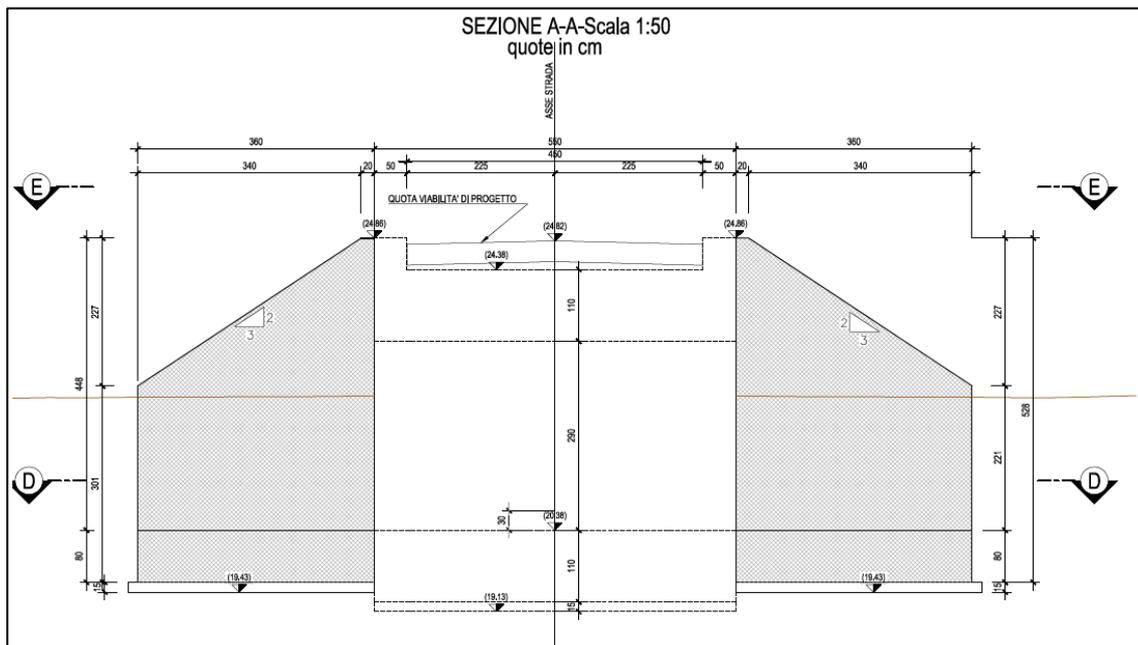
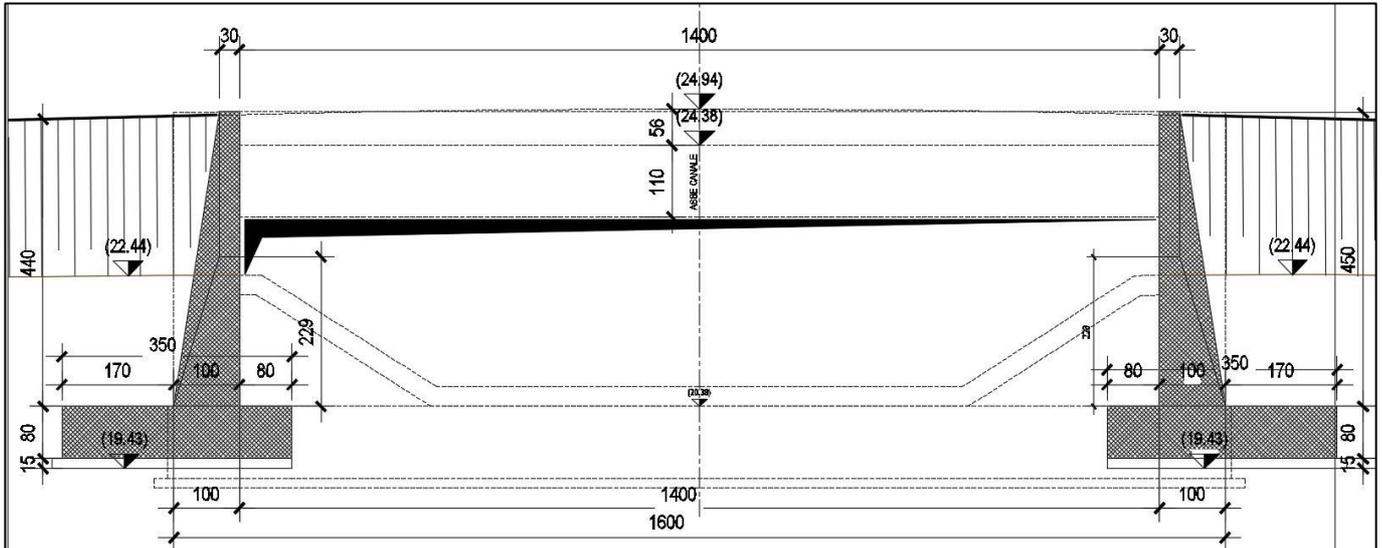


Figura 3 – Sezione A-A


Figura 4 – Sezione B-B

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|--------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 8 DI 54 |

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- Circolare 2 febbraio 2009,n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 21 ottobre 2003
- Decreto del presidente della regione 15 ottobre 2004 n.0335/Pres
- UNI EN 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo
- UNI EN 206:2014 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità
- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A – Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – Specifica RFI del 21/12/11 per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario.
- RFI DINIC MA CS 00 001 C – Manuale di progettazione corpo stradale – RFI 2004
- RFI DTC SI SP IFS 001 E - Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – RFI 2021

3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- IA1U 03 E 78 CL NI0200 302 A Riassetto nodo di Bari. Tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a Mare. Opera di scavalco canale idraulico. Relazione geotecnica di calcolo dei rilevati.
- IA1U 03 E 78 CL NI0200 301 A Riassetto nodo di Bari. Tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a Mare. Opera di scavalco canale idraulico. Relazione di calcolo scatolare
- IA1U 03 E 78 BB NI0200 301 A Riassetto nodo di Bari. Tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a Mare. Opera di scavalco canale idraulico. Carpenteria scatolare
- IA1U 03 E 78 BB NI0200 302 A Riassetto nodo di Bari. Tratta a sud di Bari: variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a Mare. Opera di scavalco canale idraulico. Armatura scatolare

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|--------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 9 DI 54 |

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per quanto concerne i materiali impiegati, si è scelto di usare un calcestruzzo di classe C30/37 ed un acciaio per barre di armatura B450C, in accordo alla tabella 6.9.1 del capitolato RFI del 2021 (rif. doc. RFI DTC SI SP IFS 001 E).

4.1 CALCESTRUZZO C30/37

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, questo viene identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici e cubici, espressa in MPa. Alla tabella 4.1.I delle NTC sono riportate le classi di resistenza. Per l'opera strutturale in esame, come detto, si utilizza calcestruzzo C30/37. Con riferimento alla normativa vigente si riportano le caratteristiche del materiale utilizzato.

[NTC – 4.1.2.1.1.1] La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo f_{cd} è calcolata:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{\gamma_c} = \frac{30.71 \cdot 0.85}{1.5} = 17.40 \text{ MPa}$$

dove:

- α_{cc} è il coefficiente che tiene conto degli effetti di lunga durata sulla resistenza a compressione, pari a 0.85;
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.5;
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

[NTC – 11.2.10.3] Per modulo elastico del calcestruzzo, in sede di progettazione, si può assumere:

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 22000 \cdot \left[\frac{38.71}{10} \right]^{0.3} = 33019 \text{ MPa}$$

dove f_{cm} è il valore medio della resistenza cilindrica, calcolato come segue:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30.71 + 8 = 38.71 \text{ MPa}$$

[NTC – 4.1.2.1.1.2] La resistenza di calcolo a trazione f_{ctd} è definita come:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}}{\gamma_c} = 1.37 \text{ MPa}$$

dove [NTC – 11.2.10.2]:

- f_{ctk} è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo;
- f_{ctm} è la resistenza media a trazione semplice (assiale) per classi inferiori o uguali a C50/60.

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.06 \text{ MPa}$$

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 10 DI 54 |

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 2.94 \text{ MPa}$$

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, modelli definiti in base alla resistenza di calcolo f_{cd} ed alla deformazione ultima ϵ_{cu} . Nella seguente figura sono riportati i diagrammi di calcolo σ - ϵ .

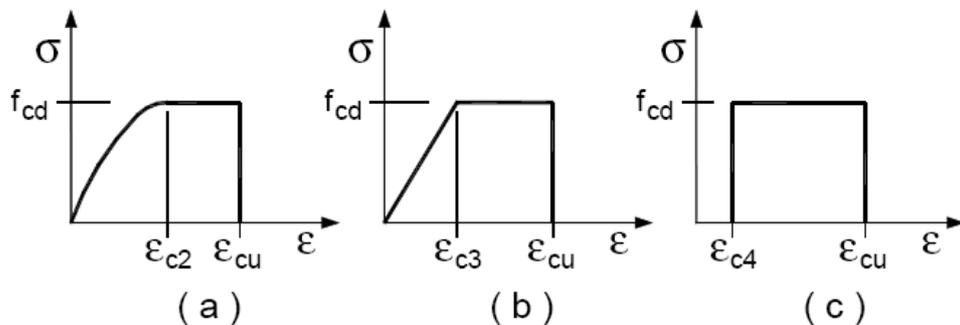


Figura 4 – Modelli rappresentativi del comportamento del calcestruzzo presenti in normativa: a) parabola-rettangolo; b) triangolo-rettangolo; c) rettangolo (stress-block)

La classe di esposizione assunta per il calcestruzzo, in accordo alla tabella 6.9.1 del capitolato RFI del 2021 (rif. doc. RFI DTC SI SP IFS 001 E), è la XC3.

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15 MPa.

4.2 ACCIAIO B450C

Come prescritto dalle norme, per il calcestruzzo armato deve essere utilizzato acciaio B450C. La resistenza di calcolo dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da [NTC – 4.1.6]:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

dove:

- γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio, pari ad 1,15 per tutti i tipi di acciaio;
- f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio [NTC – 11.3.2].

Per il diagramma tensione-deformazione dell'acciaio è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale. Di seguito sono rappresentati i modelli σ - ϵ per l'acciaio

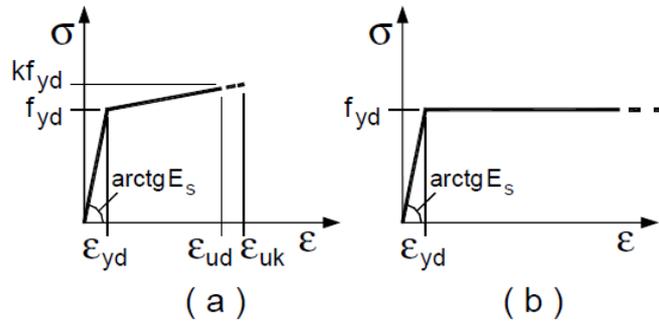


Figura 5 – Modelli rappresentativi del comportamento dell'acciaio proposti dalla norma

[NTC – 11.3.4.1] In sede di progettazione si può assumere convenzionalmente il valore nominale del modulo elastico, pari a:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Il corpiferro adottato, sia per la fondazione che per il paramento verticale del muro, è di 40mm.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|--------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 12 DI 54 |

5 SOFTWARE DI CALCOLO

Per le verifiche dei *muri d'ala*, è stato utilizzato un foglio Excel prodotto da M. Mancina, R. Nori, P. Iasello (Progetti e Calcoli di Geotecnica con Excel vol. 1 – ed. DEI).

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 13 DI 54 |

6 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

6.1 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO

Per quanto riguarda la tipologia del terreno si riporta quanto indicato nella “ Relazione geotecnica di calcolo dei rilevati” del progetto Esecutivo, elab. [IA1U 03 E 78 CL NI0200 302 A]

Al terreno situato ai lati dell'opera (rilevato stradale) sono state attribuite le seguenti caratteristiche geotecniche:

Rilevato stradale

| | |
|------------------------------|--------------------------------|
| $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale |
| $\varphi' = 35^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $c' = 0 \text{ kPa}$ | coesione drenata |

Il terreno di fondazione è costituito essenzialmente da Calcere di Bari, al quale sono state attribuite le seguenti caratteristiche, dedotte dalla relazione geotecnica:

Unità CBA – Calcere di Bari

| | |
|------------------------------|---------------------------------|
| $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale |
| $\varphi' = 45^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $c' = 80 \text{ kPa}$ | coesione drenata |
| $E = 1000 \text{ MPa}$ | modulo in compressione vergine; |

A favore di sicurezza si è considerato però la presenza dell'unità Calcere di Bari alterato le cui caratteristiche sono qui di seguito riportate:

Unità CBA,alt – calcare sfatto, intensamente fratturato (RQD = 0)

| | |
|-------------------------------------|---|
| $\gamma = 20\div 21 \text{ kN/m}^3$ | peso di volume naturale |
| $\varphi' = 35\div 40^\circ$ | angolo di resistenza al taglio |
| $c' = 0\div 5 \text{ kPa}$ | coesione drenata |
| $E' = 40\div 100 \text{ MPa}$ | modulo di deformazione elastico Young (operativo) |

La falda non influenza il regime delle spinte presenti sulla struttura.

6.2 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Di seguito sono trattati gli aspetti di natura geotecnica riguardanti l'interazione terreno-struttura relativamente all'opera in esame.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 14 DI 54 |

Per la determinazione della costante di sottofondo si può fare riferimento alle seguenti formulazioni assimilando il comportamento del terreno a quello di un mezzo elastico omogeneo:

$$s = B \cdot c_t \cdot (q - \sigma_{v0}) \cdot (1 - \nu^2) / E$$

dove:

s = cedimento elastico totale;

B = lato minore della fondazione;

ct = coefficiente adimensionale di forma ottenuto dalla interpolazione dei valori dei coefficienti proposti dal Bowles, 1960 (L = lato maggiore della fondazione):

$$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B \leq 10$$

$$c_t = 2 + 0.0089 (L / B) \quad \text{rettangolare con } L / B > 10$$

q = pressione media agente sul terreno;

σ_{v0} = tensione litostatica verticale alla quota di posa della fondazione;

ν = coefficiente di Poisson del terreno;

E = modulo elastico medio del terreno sottostante la galleria (media su una altezza pari a 3.5 B).

Il valore della costante di sottofondo kw è valutato attraverso il rapporto tra il carico applicato ed il corrispondente cedimento pertanto, si ottiene:

$$k_w = E / [(1 - \nu^2) \cdot B \cdot c_t]$$

Per l'opera in esame, si è considerato un modulo elastico del terreno pari a:

$$E = 1000 \text{ MPa,}$$

dal quale risulta, secondo le formulazioni sopra riportate, un valore della costante di sottofondo pari a:

$$k_w = 1000000 / [(1 - 0.09) \cdot 3.5 \cdot 1.415] = 221861 \text{ kN/m}^3.$$

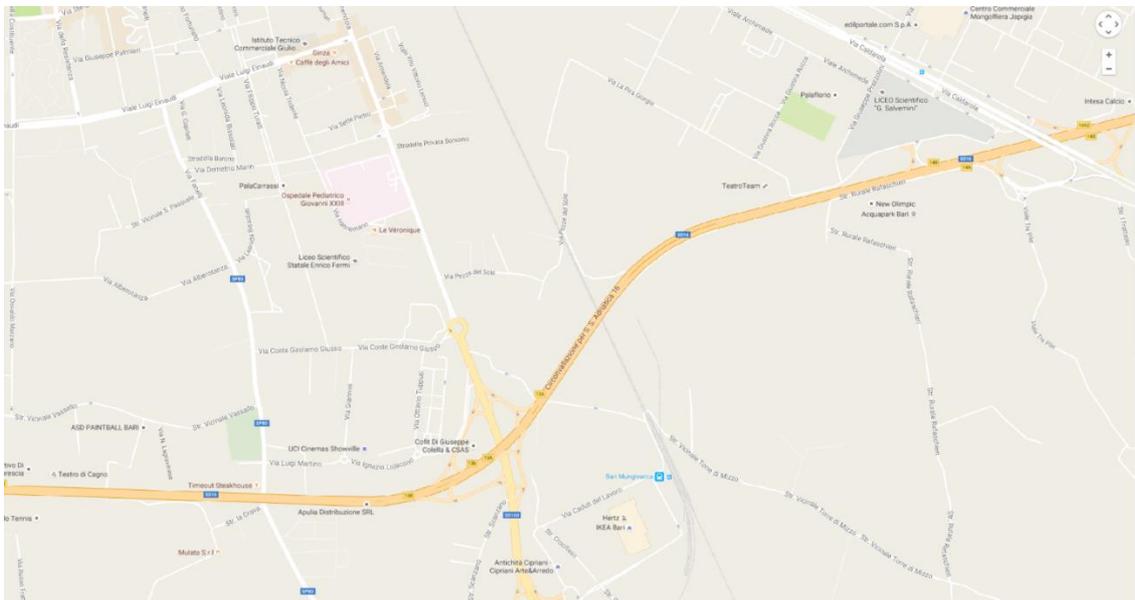
dove, per la fondazione in esame, di dimensioni 3.60x3.50 m il coefficiente $c_t = 1.42$

Nelle calcolazioni è stato assunto cautelativamente un valore della costante di sottofondo $k_w = 25000 \text{ kN/m}^3 = 2,5 \times 10^7 \text{ N/mc}$.

6.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Il valore dell'accelerazione orizzontale massima in condizioni sismiche è stato definito in accordo alle Nuove Norme Tecniche.

La categoria di suolo di fondazione viene definita sulla base della conoscenza di Vs30, ricavato dalle indagini sismiche eseguite nelle campagne geognostiche delle fasi progettuali precedenti (si rimanda alla "Relazione geotecnica di calcolo dei rilevati – elab. IA1U 03 E 78 CL NI0200 302 A). In particolare, nel caso in esame si considera una categoria di suolo di **tipo A**: "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs,30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m".


Figura 6 – individuazione del sito

Ai sensi della NTC 2008 e alla classificazione dell'ord 3274 (e succ. modif.) ne risultano i seguenti parametri :

- **COMUNE:** **Bari**
- **ZONA SISMICA** **3**
- **CLASSE D'USO** **III**
- **VITA NOMINALE DELL'OPERA $V_N = 75$ anni** : per opere infrastrutturali di importanza normale
- **PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA** : posto $C_U = 1,5$ per classe III

$$V_R = V_N C_U = 75 \times 1,5 = 112,5$$

- **PERIODO DI RITORNO DELL'AZIONE SISMICA CORRISPONDENTE A SLC:**

$$T_R = 1068 \text{ anni}$$

| SLATO LIMITE | T_R [anni] | a_g [g] | F_o [-] | T_C^* [s] |
|--------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| SLO | 68 | 0,036 | 2,456 | 0,312 |
| SLD | 113 | 0,042 | 2,527 | 0,364 |
| SLV | 1068 | 0,093 | 2,698 | 0,552 |
| SLC | 2193 | 0,118 | 2,767 | 0,563 |

Le verifiche agli SLU saranno eseguite con riferimento alla **stato limite di prevenzione del collasso SLV** (NTC §3.2.1.); Come identificato al punto precedente $T_R = 1068$ anni, per cui, data la posizione geografica del sito ne consegue :

$$a_g/g = 0,093$$

$$F_0 = 2,698$$

$$T^*_c = 0,552$$

La categoria topografica è identificata in **T1** essendo la superficie pianeggiante; ne risulta

$$S_T = 1,000$$

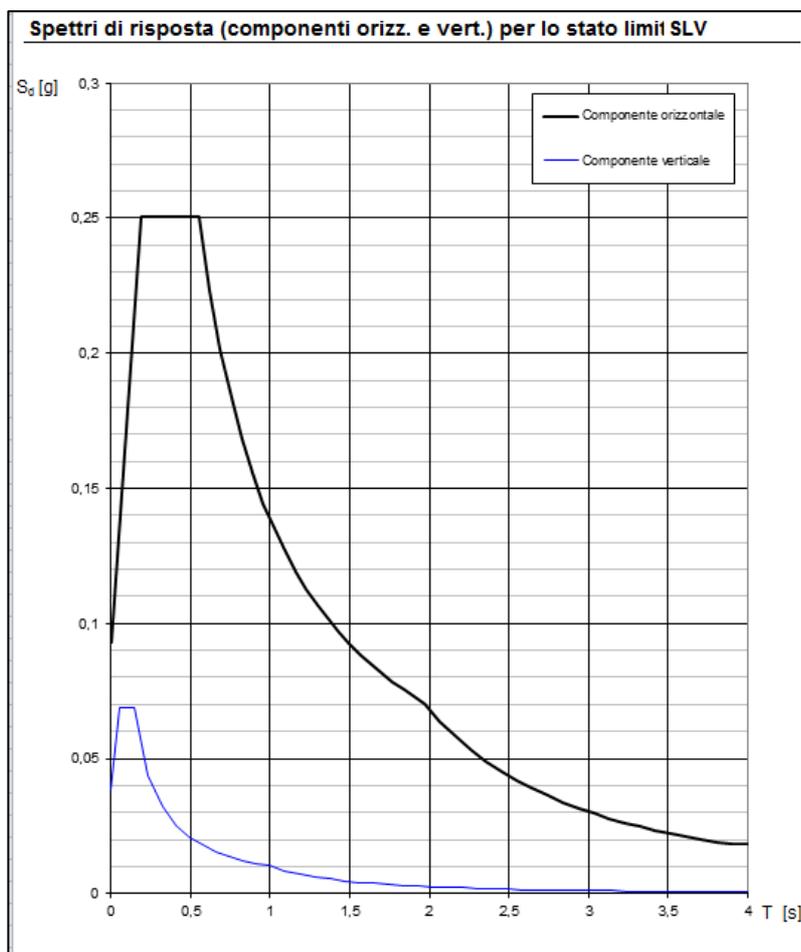
Per quanto riguarda la tipologia del terreno si riporta quanto indicato nella si rimanda alla “Relazione geotecnica di calcolo dei rilevati – elab. IA1U 03 E 78 CL NI0200 302 A)

Secondo la classificazione di cui alla tabella 3.2. NTC il suolo di **fondazione è di tipo A** –

“Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m”

$$S_s = (\text{per terreno di tipo A}) \quad 1,0$$

$$C_c = (\text{per terreno di tipo A}) \quad 1,0$$



Spettro di risposta elastico – SLV

La struttura viene calcolata come NON DISSIPATIVA, per cui lo spettro di progetto coincide con lo spettro elastico, essendo il fattore di struttura unitario.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0,093 g |
| F_o | 2,698 |
| T_C | 0,552 s |
| S_S | 1,000 |
| C_C | 1,000 |
| S_T | 1,000 |
| q | 1,000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1,000 |
| η | 1,000 |
| T_B | 0,184 s |
| T_C | 0,552 s |
| T_D | 1,972 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
| | 0,000 | 0,093 |
| T_B ← | 0,184 | 0,251 |
| T_C ← | 0,552 | 0,251 |
| | 0,620 | 0,223 |
| | 0,688 | 0,201 |
| | 0,755 | 0,183 |
| | 0,823 | 0,168 |
| | 0,890 | 0,155 |
| | 0,958 | 0,145 |
| | 1,025 | 0,135 |
| | 1,093 | 0,127 |
| | 1,161 | 0,119 |
| | 1,228 | 0,113 |
| | 1,296 | 0,107 |
| | 1,363 | 0,102 |
| | 1,431 | 0,097 |
| | 1,498 | 0,092 |
| | 1,566 | 0,088 |
| | 1,634 | 0,085 |
| | 1,701 | 0,081 |
| | 1,769 | 0,078 |
| | 1,836 | 0,075 |
| | 1,904 | 0,073 |
| T_D ← | 1,972 | 0,070 |
| | 2,068 | 0,064 |
| | 2,165 | 0,058 |
| | 2,261 | 0,053 |
| | 2,358 | 0,049 |
| | 2,454 | 0,045 |
| | 2,551 | 0,042 |
| | 2,648 | 0,039 |
| | 2,744 | 0,036 |
| | 2,841 | 0,034 |
| | 2,937 | 0,032 |
| | 3,034 | 0,030 |
| | 3,131 | 0,028 |
| | 3,227 | 0,026 |
| | 3,324 | 0,025 |
| | 3,420 | 0,023 |
| | 3,517 | 0,022 |
| | 3,614 | 0,021 |
| | 3,710 | 0,020 |
| | 3,807 | 0,019 |
| | 3,903 | 0,019 |
| | 4,000 | 0,019 |

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 18 DI 54 |

6.4 CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO

Il calcolo del carico ammissibile è stato effettuato utilizzando la relazione di Brinch-Hansen, considerando la fondazione come una trave continua di lunghezza indefinita.

Secondo tale relazione il carico limite del terreno è dato dalla somma di 3 contributi ed è così definito:

$$q_{lim} = q_{\gamma} + q_{\sigma} + q_c$$

dove:

$$q_{\gamma} = 1/2 \times g \times B \times N_{\gamma} \times i_{\gamma}$$

$$q_{\sigma} = \sigma_{vo} \times N_q \times i_q$$

$$q_c = c \times N_c \times i_c$$

essendo:

γ : peso di volume del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione;

N_c, N_q, N_{γ} : fattori di capacità portante, funzioni dell'angolo d'attrito interno del terreno φ ;

B : larghezza equivalente della fondazione;

i_c, i_q, i_{γ} : fattori d'inclinazione della risultante del carico, funzioni dell'angolo di attrito φ , della coesione c e del rapporto H/N (con H ed N rispettivamente risultante delle forze orizzontali e delle forze verticali),

σ_{vo} : pressione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGGIO 19 DI 54 |

7 ANALISI DEI CARICHI E DELLE AZIONI SUI MURI

L'opera di sostegno è stata dimensionata per resistere alle spinte del terreno in fase statica e sismica di cui alla vigente normativa.

Sono stati considerati i seguenti carichi nel calcolo e nella verifica del muro di sostegno:

- Peso proprio del muro;
- Spinta del terreno a monte;
- Azioni sismiche orizzontali e verticali;
- Spinta del terreno in presenza di sisma;

Essendo la falda al di sotto del piano di posa del muro di sostegno non è stata considerata la spinta dell'acqua né in condizioni statiche né tantomeno in condizioni sismiche.

7.1 PESO PROPRIO DEL MURO

Il peso proprio del muro è stato calcolato considerando un peso per unità di volume pari a $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$.

7.2 SOVRACCARICO ACCIDENTALE SUL TERRENO

Nei calcoli non è stato considerato alcun sovraccarico in testa muro in quanto non presente.

7.3 SPINTA DEL TERRENO A MONTE

La spinta del terreno agente sulla struttura è stata calcolata attraverso la teoria di Coulomb che fornisce il valore del coefficiente di spinta ottenuto mediante le seguenti formule:

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi' - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cdot \cos(\alpha + \delta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi' + \delta) \cdot \sin(\phi' - \beta)}{\cos(\alpha + \delta) \cdot \cos(\alpha - \beta)}} \right]^2}$$

dove:

- α è l'inclinazione del paramento interno del muro rispetto alla verticale ($\alpha=0^\circ$);
- β è l'inclinazione dell'estradosso;
- ϕ' è l'angolo d'attrito del terreno;
- δ è l'angolo d'attrito terreno-struttura (considerato = ϕ' nel calcolo della spinta adottata per le verifiche geotecniche del muro e = $2/3 \phi'$ nel calcolo della spinta adottata per il calcolo delle sollecitazioni agenti sui paramenti).

La pressione attiva del terreno si ottiene quindi come:

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|--------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGGIO 20 DI 54 |

$$\sigma_{Ha} = \sigma_v \cdot K_a - 2c' \cdot \sqrt{K_a}$$

E il valore della spinta è la risultante di tale pressione sull'altezza del muro:

$$S = \frac{1}{2} \cdot \sigma_v \cdot H \cdot K_a - 2c' \cdot H \cdot \sqrt{K_a}$$

7.4 AZIONI SISMICHE ORIZZONTALI E VERTICALI

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.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 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.

Nel caso in esame si è considerato:

- lo Stato Limite ultimo di Salvaguardia della Vita (SLV);
- la probabilità di superamento nel periodo di riferimento $P_{VR}=10\%$ (si rimanda al § 3.2.1 delle NTC);
- il periodo di riferimento $V_R = c_u V_N = 1.5 \cdot 75 = 112.5$ anni (classe d'uso III, vita nominale $V_N = 75$ anni, si rimanda al § 2.4 delle NTC);
- Categoria di sottosuolo A.

A meno di analisi dinamiche avanzate, l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante i metodi pseudostatici e i metodi degli spostamenti.

L'analisi pseudostatica si effettua mediante i metodi dell'equilibrio limite. Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il cuneo di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo, e gli eventuali sovraccarichi agenti sul cuneo suddetto.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 21 DI 54 |

Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni

- $k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.0186$;
- $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.0093$

dove:

- $a_{\max} = 0.093$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g accelerazione di gravità.
- $\beta_m = 0.20$ coefficiente riduttivo che dipende dalla categoria di sottosuolo e dal valore di a_g (Tab. 7.11-II NTC).

In assenza di studi specifici della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

dove:

- $S = 1$ coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ($S_s = 1$) e dell'amplificazione topografica ($S_t = 1$) di cui al § 3.2.3.2 delle NTC;
- $a_g = 0.093$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito su affioramento rigido.

Per la sola verifica di stabilità globale, come indicato al paragrafo 7.11.6.2.2 delle NTC, si dovrà adottare al posto di β_m il valore di β_s che dipende dalla categoria di sottosuolo e dal valore di a_g (Tabella 7.11-I NTC).

7.5 SPINTA DEL TERRENO IN PRESENZA DI SISMA

La forza di calcolo è da considerare come la risultante delle spinte statiche e dinamiche del terreno.

La forza totale di progetto agente sulla struttura di contenimento dal lato del terrapieno, E_d , è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot H^2$$

dove:

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 22 DI 54 |

- H è l'altezza del muro;
- γ^* è il peso specifico del terreno;
- K è il coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico);
- k_v è il coefficiente sismico verticale (definito al par. 7.4).

Il coefficiente di spinta del terreno è calcolato mediante la formula di Mononobe-Okabe come segue:

- per stati di spinta attiva:

Per $\beta \leq \varphi'_d - \theta$:

$$K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi'_d - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta_d) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi'_d + \delta_d) \cdot \text{sen}(\varphi'_d - \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta_d) \cdot \text{sen}(\psi + \beta)}} \right]^2};$$

Per $\beta > \varphi'_d - \theta$:

$$K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta_d)};$$

- per stati di spinta passiva:

$$K = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi'_d - \theta)}{\cos\theta \cdot \text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi + \theta) \cdot \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}\varphi'_d \cdot \text{sen}(\varphi'_d + \beta - \theta)}{\text{sen}(\psi + \beta) \cdot \text{sen}(\psi + \theta)}} \right]^2}.$$

Nelle precedenti equazioni sono state adottate le seguenti simbologie:

φ'_d è il valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio del terreno cioè

$$\varphi'_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\varphi}{\gamma_{\varphi'}}\right);$$

ψ, β sono gli angoli di inclinazione rispetto all'orizzontale rispettivamente della parete del muro rivolta a monte e della superficie del terrapieno;

δ_d è il valore di progetto dell'angolo di resistenza a taglio tra terreno e muro cioè $\delta'_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\delta}{\gamma_{\varphi'}}\right);$

θ è l'angolo definito in seguito.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 23 DI 54 |

Considerando il livello di falda al di sotto del muro di sostegno allora:

- $\gamma^* = \gamma$ peso specifico del terreno;
- $\tan\theta = \frac{k_h}{1 \mp k_v}$;

È possibile quindi calcolare il valore dell'incremento di spinta del terreno dovuta al solo sisma come differenza tra il valore della spinta in presenza di sisma e il valore della spinta del terreno in condizioni statiche:

$$\Delta S_{\text{sis}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot H^2 - \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot K_{\text{a,stat}} \cdot H^2$$

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 24 DI 54 |

8 VERIFICA DI SICUREZZA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo. In particolare per i muri di sostegno devono essere effettuate le verifiche con riferimento a cinematismi riconducibili a:

- scorrimento sul piano di posa;
- ribaltamento;
- rottura per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- raggiungimento della resistenza ultima a taglio e flessione negli elementi strutturali.

In tutte le verifiche si deve ottenere che $E_d < R_d$

dove:

- E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione:

$$E_d = E \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right].$$

- R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F \cdot F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right].$$

Quindi l'effetto delle azioni e la resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto

$[\gamma_F \cdot F_k]$, delle caratteristiche di resistenza di progetto $\left[\frac{X_k}{\gamma_M} \right]$ e della geometria di progetto $[a_d]$

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per la azioni (A), per i parametri geotecnici (M) e per le resistenze (R).

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella seguente figura che riporta la Tabella 6.2.I delle NTC.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 25 DI 54 |

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

| 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 |

¹⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

I coefficienti parziali γ_M da applicare al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno sono indicati nella seguente figura che riporta la Tabella 6.2.II delle NTC.

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

| PARAMETRO | GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE | COEFFICIENTE PARZIALE γ_M | (M1) | (M2) |
|---|---|----------------------------------|------|------|
| <i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i> | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 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_T | 1,0 | 1,0 |

Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno interagente con le opere (GEO) e al raggiungimento della resistenza degli elementi che compongono le opere stesse (STR).

Con riferimento al § 6.5.3.1.1 delle NTC e al § C6.5.3.1.1 della Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 sono stati analizzati i seguenti stati limite:

a) SLU di tipo geotecnico (GEO)

- scorrimento sul piano di posa;
- collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico della fondazione del muro (GEO), si considera lo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza del terreno.

L'analisi è stata condotta secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2 (A2+M2+R2), nella quale i parametri di resistenza del terreno sono ridotti tramite i coefficienti parziali del gruppo M2, i coefficienti globali γ_R sulla resistenza del sistema (R2) sono unitari e le sole azioni variabili sono amplificate con i coefficienti del gruppo A2. I parametri di resistenza di progetto sono perciò inferiori a quelli caratteristici e di conseguenza i valori di progetto delle spinte sul muro

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA E 78 CL NI0200 | DOCUMENTO 303 | REV. A |

di sostegno sono maggiori e le resistenze in fondazione sono minori dei rispettivi valori caratteristici.

Per la sola verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno sono stati adottati i coefficienti globali γ_R sulla resistenza del sistema ($R_2=1.1$) indicati al § 6.8.2 delle NTC per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

b) SLU di equilibrio di corpo rigido (EQU)

- ribaltamento utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della Tabella 2.6.I delle NTC e adoperando coefficienti parziali del gruppo M2 per il calcolo delle spinte (Tabella 6.2.II NTC).

c) SLU di tipo strutturale (STR)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali, utilizzando l'Approccio 1 - Combinazione 1 ($A1+M1+R1$), nella quale i coefficienti sui parametri di resistenza del terreno ($M1$) e sulla resistenza globale del sistema ($R1$) sono unitari, mentre le azioni permanenti e variabili sono amplificate mediante i coefficienti parziali del gruppo A1 che possono essere applicati alle spinte, ai pesi e ai sovraccarichi.

Si è verificato che la condizione $E_d < R_d$ venga soddisfatta per ogni stato limite considerato che corrisponde ad ottenere un coefficiente di sicurezza $FS > 1$ (> 1.1 nel caso della verifica di stabilità globale).

Gli stati limite ultimi descritti al sono stati verificati considerando le seguenti combinazioni di calcolo:

- Combinazione 1** corrispondente alla combinazione statica fondamentale;
- Combinazione 2** corrispondente alla combinazione sismica con sisma rivolto verso il basso Sisma (+);
- Combinazione 3** corrispondente alla combinazione sismica con sisma rivolto verso l'alto Sisma (-).

Per le Combinazioni 2 (Sisma "+"), 3 (Sisma "-"), a differenza della Combinazione 1 sono stati adottati i coefficienti amplificativi delle azioni A1, A2 e EQU unitari in accordo a quanto indicato nel paragrafo 2.5.3 delle NTC.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 27 DI 54 |

9 VERIFICA DI SICUREZZA NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLE)

Sono stati considerati anche gli Stati Limite di Esercizio considerando le combinazioni delle azioni caratteristica, frequente, quasi permanente in accordo a quanto indicato nel § 2.5.3 delle NTC ed al § 1.8.3.2.4 del manuale di progettazione RFI (RFI DTC INC PO SP IFS 001 A) per le seguenti verifiche:

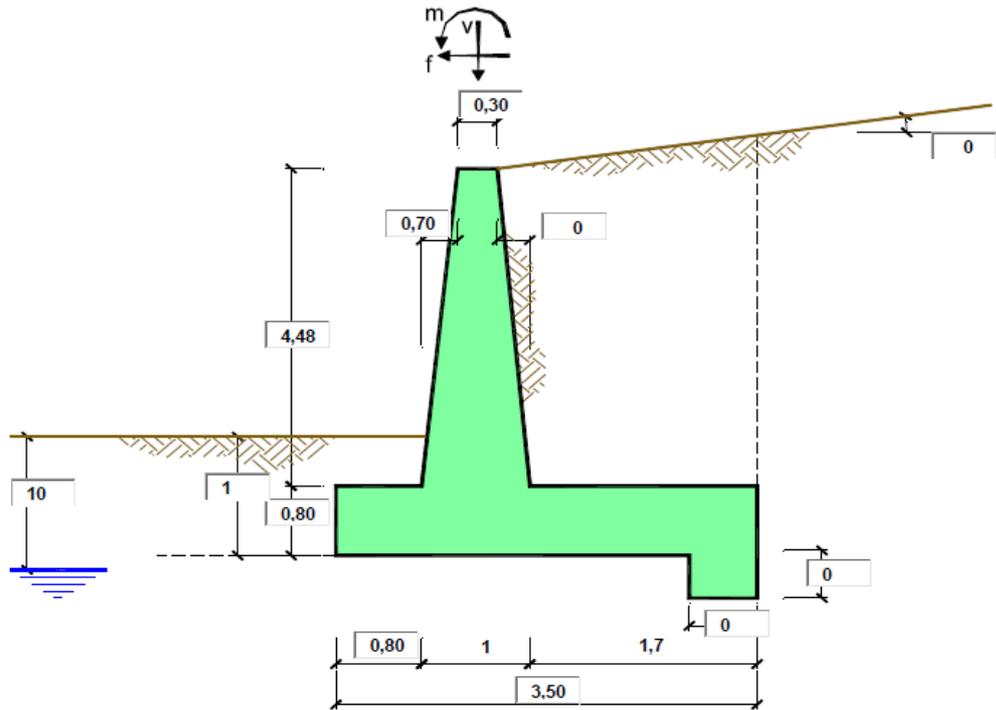
- **Verifiche a fessurazione** delle sezioni in c.a. in condizioni ambientali aggressive (paramento e fondazione del muro) (classe di esposizione XC3) per la combinazione rara.

Si è considerato il valore limite di apertura delle fessure pari a $w_2 = 0.20$ mm, per la combinazione RARA.

- Verifica delle tensioni di esercizio:
 - la massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c deve rispettare le seguenti limitazione [RFI DTC INC PO SP IFS 001 A - §1.8.3.2.1]:
 - $\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 16.89$ MPa (comb. rara);
 - $\sigma_c = 0.40 f_{ck} = 12.28$ MPa (comb. quasi permanente).
 - la massima tensione di trazione dell'acciaio σ_s deve rispettare la seguente limitazione [RFI DTC INC PO SP IFS 001 A - §1.8.3.2.1]:
 - $\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5$ MPa

10 ALLEGATO DI CALCOLO – VERIFICA DEI MURI D'ALA

10.1 DATI DI INPUT

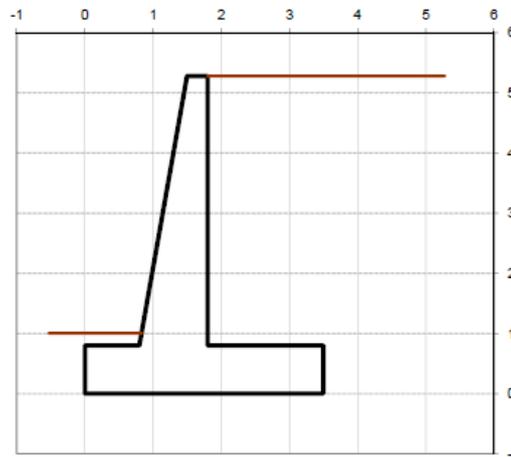


OPERA Muri d'ala

Combinazioni coefficienti parziali di verifica

| SLU | Approccio 1 | comb. 1 | A1+M1+R1 EQU+M2 | <input checked="" type="radio"/> |
|-----|-------------|---------|--------------------|----------------------------------|
| | | comb. 2 | A2+M2+R2 EQU+M2 | <input type="radio"/> |
| | Approccio 2 | | A1+M1+R3 EQU+M2 | <input type="radio"/> |
| | | | SLE (DM88) | <input type="radio"/> |
| | | | altro | <input type="radio"/> |

Peso Specifico del Calcestruzzo $\gamma_{cls} = 25,00$ (kN/m³)



| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | EQU | A1 (STR) | A2 (GEO) | SLE | altro |
|------------|-------------|-----------------|------|----------|----------|------|-------|
| Permanenti | favorevole | γ_G | 0,90 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,10 |
| | sfavorevole | | 1,10 | 1,30 | 1,00 | 1,00 | 1,10 |

| | | | | | | | |
|-----------|-------------|------------|------|------|------|------|------|
| Variabili | favorevole | γ_Q | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,10 |
| | sfavorevole | | 1,50 | 1,50 | 1,30 | 1,00 | 1,10 |

| Parametro | | Coeff. Parziale | M1 | M2 | SLE | altro |
|------------------------|-------------------|---------------------|------|------|------|-------|
| angolo d'attrito | $\tan \varphi'_k$ | $\gamma_{\varphi'}$ | 1,00 | 1,25 | 1,00 | 1,00 |
| coesione | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1,00 | 1,25 | 1,00 | 1,00 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1,00 | 1,40 | 1,00 | 1,00 |
| peso unità di volume | γ | γ_γ | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | R1 | R2 | R3 | SLE | altro |
|------------------------------|-----------------|------|------|------|------|-------|
| Capacità portante fondazione | γ_R | 1,00 | 1,00 | 1,40 | 2,00 | 1,00 |
| Scorrimento | | 1,00 | 1,00 | 1,10 | 1,30 | 1,00 |
| Ribaltamento | | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,50 | 1,00 |

| Dati Geotecnici | | valori caratteristici | | valori di progetto | | |
|-------------------------|--|------------------------------|--|---------------------------|------------|-------|
| | | SLE | | STR/GEO | EQU | |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | φ' | 35,00 | 35,00 | 29,26 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 19,00 | 19,00 | 19,00 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 23,30 | 23,30 | 19,48 |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | c1' | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\varphi1'$ | 35,00 | 35,00 | 29,26 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 20,00 | 20,00 | 20,00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 20,00 | 20,00 | 20,00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 10,00 | | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 40000 | | |

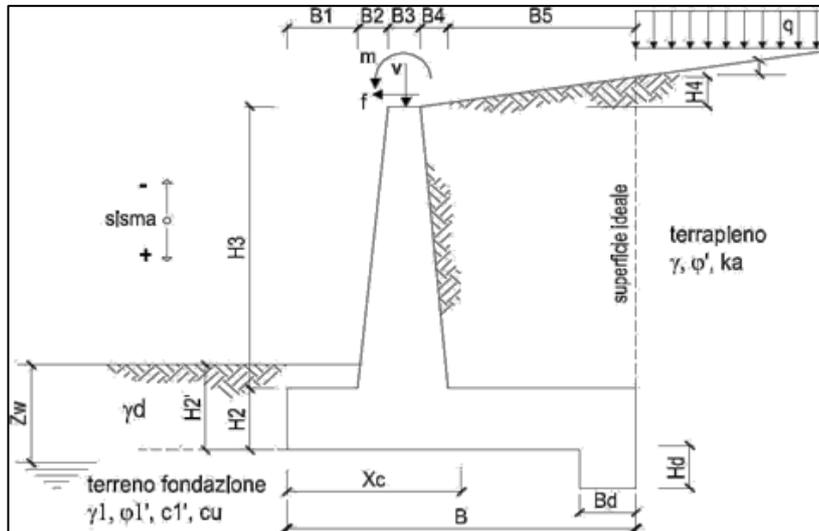
| | | | | |
|--------------|--|--|--------|-----|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | a_g/g | 0,093 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | S_s | 1 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | S_T | 1 | (-) |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | β_s | 0,2 | (-) |
| | Coefficiente sismico orizzontale | kh | 0,0186 | (-) |
| | Coefficiente sismico verticale | kv | 0,0093 | (-) |
| | Muro libero di traslare o ruotare | <input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no | | |

| | | SLE | | STR/GEO | | EQU | |
|------------------------|--|------------|-------|----------------|-------|------------|--|
| | | | | | | | |
| Coefficienti di Spinta | Coeff. di Spinta Attiva Statico | ka | 0,244 | 0,244 | 0,306 | | |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | kas+ | 0,255 | 0,255 | 0,318 | | |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | kas- | 0,255 | 0,255 | 0,318 | | |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | kp | 3,690 | 3,690 | 2,912 | | |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | kps+ | 3,655 | 3,655 | 2,880 | | |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | kps- | 3,654 | 3,654 | 2,879 | | |

| Carichi Agenti | | valori caratteristici | | valori di progetto | | |
|---|---|--|------|-------------------------------------|------------|------|
| | | SLE - sisma | | STR/GEO | EQU | |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | qp | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Sovraccarico su zattera di monte | <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no | | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa permanente | (kN/m) | fp | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Forza Verticale in Testa permanente | (kN/m) | vp | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Condizioni Statiche | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | mp | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche | (kN/m ²) | q | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | f | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche | (kN/m) | v | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni statiche | (kNm/m) | m | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Condizioni Sismiche | Coefficienti di combinazione | condizione frequente $\Psi1$ | 0,75 | condizione quasi permanente $\Psi2$ | 0,30 | |
| | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | qs | 0,00 | | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | fs | 0,00 | | |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | vs | 0,00 | | |
| Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kNm/m) | ms | 0,00 | | | |

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA E 78 CL | DOCUMENTO NI0200 303 | REV. A |

| COMBINAZIONE A2+M2+R2 | | | |
|----------------------------------|--------------------|---------------------|----------------------|
| Coefficienti di sicurezza | | | |
| | <u>Scorrimento</u> | <u>Ribaltamento</u> | <u>Carico limite</u> |
| Statico | 2,31 | 12,53 | 5,22 |
| Sismico | 2,09 | 10,35 | 4,94 |

10.2 VERIFICHE GEOTECNICHE – COMBINAZIONE 2 – A2+M2+R2

Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 4,48 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0,70 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0,30 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0,00 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 3,50 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 0,80 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0,80 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 1,70 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0,00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0,00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 1,75 | (m) |

| | | | |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|
| Peso Specifico del Calcestruzzo | γ_{cls} = | 25,00 | (kN/m ³) |
|---------------------------------|------------------|-------|----------------------|

FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

| | | SLE | STR/GEO | EQU |
|-------|--------------------------------------|--------|---------|--------|
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | 39,20 | 39,20 | 35,28 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$ | 33,60 | 33,60 | 30,24 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$ | 70,00 | 70,00 | 63,00 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pm = | Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 | 142,80 | 142,80 | 128,52 |

- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)

| | | | | |
|--------|--|--------|--------|--------|
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot \gamma')$ | 144,70 | 144,70 | 130,23 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma')$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot \gamma')/2$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Sovr = | $qp \cdot (B4 + B5)$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pt = | Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr | 144,70 | 144,70 | 130,23 |

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

| | | | | |
|-------------------------------------|--------|---|---|--|
| Sovr acc. Stat $q \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0 | 0 | |
| Sovr acc. Sism $qs \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0 | | |

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

| | | SLE | STR/GEO | EQU |
|-------------|-------------------------------|----------------|---------|--------|
| - Muro (Mm) | | | | |
| Mm1 = | $Pm1*(B1+2/3 B2)$ | (kNm/m) 49,65 | 49,65 | 44,69 |
| Mm2 = | $Pm2*(B1+B2+0,5*B3)$ | (kNm/m) 55,44 | 55,44 | 49,90 |
| Mm3 = | $Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mm4 = | $Pm4*(B/2)$ | (kNm/m) 122,50 | 122,50 | 110,25 |
| Mm5 = | $Pm5*(B - Bd/2)$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mm = | $Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$ | (kNm/m) 227,59 | 227,59 | 204,83 |

- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro

| | | | | |
|---------|-------------------------------|----------------|--------|--------|
| Mt1 = | $Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)$ | (kNm/m) 383,47 | 383,47 | 345,12 |
| Mt2 = | $Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mt3 = | $Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Msovr = | $Sovr*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))$ | (kNm/m) 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mt = | $Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr$ | (kNm/m) 383,47 | 383,47 | 345,12 |

- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro

| | | | | |
|----------------|--------------------------|-----------|---|--|
| Sovr acc. Stat | $(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))$ | (kNm/m) 0 | 0 | |
| Sovr acc. Sism | $(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))$ | (kNm/m) 0 | | |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

| | | | | |
|--------|---------|--------|------|--|
| Ps h = | $Pm*kh$ | (kN/m) | 2,66 | |
| Ps v = | $Pm*kv$ | (kN/m) | 1,33 | |

- Inerzia orizzontale e verticale del terrapieno a tergo del muro (Pts)

| | | | | |
|--------|---------|--------|------|--|
| Ptsh = | $Pt*kh$ | (kN/m) | 2,69 | |
| Ptsv = | $Pt*kv$ | (kN/m) | 1,35 | |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs h)

| | | | | |
|---------|----------------------------|---------|------|--|
| MPs1 h= | $kh*Pm1*(H2+H3/3)$ | (kNm/m) | 1,67 | |
| MPs2 h= | $kh*Pm2*(H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 1,90 | |
| MPs3 h= | $kh*Pm3*(H2+H3/3)$ | (kNm/m) | 0,00 | |
| MPs4 h= | $kh*Pm4*(H2/2)$ | (kNm/m) | 0,52 | |
| MPs5 h= | $-kh*Pm5*(Hd/2)$ | (kNm/m) | 0,00 | |
| MPs h= | $MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5$ | (kNm/m) | 4,09 | |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del muro (MPs v)

| | | | | |
|---------|----------------------------|---------|------|--|
| MPs1 v= | $kv*Pm1*(B1+2/3*B2)$ | (kNm/m) | 0,46 | |
| MPs2 v= | $kv*Pm2*(B1+B2+B3/2)$ | (kNm/m) | 0,52 | |
| MPs3 v= | $kv*Pm3*(B1+B2+B3+B4/3)$ | (kNm/m) | 0,00 | |
| MPs4 v= | $kv*Pm4*(B/2)$ | (kNm/m) | 1,14 | |
| MPs5 v= | $kv*Pm5*(B-Bd/2)$ | (kNm/m) | 0,00 | |
| MPs v= | $MPs1+MPs2+MPs3+MPs4+MPs5$ | (kNm/m) | 2,12 | |

- Incremento orizzontale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts h)

| | | | | |
|----------|---------------------------|---------|------|--|
| MPts1 h= | $kh*Pt1*(H2 + H3/2)$ | (kNm/m) | 8,18 | |
| MPts2 h= | $kh*Pt2*(H2 + H3 + H4/3)$ | (kNm/m) | 0,00 | |
| MPts3 h= | $kh*Pt3*(H2+H3*2/3)$ | (kNm/m) | 0,00 | |
| MPts h= | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 8,18 | |

- Incremento verticale di momento dovuto all'inerzia del terrapieno (MPts v)

| | | | | |
|----------|--|---------|------|--|
| MPts1 v= | $kv*Pt1*((H2 + H3/2) - (B - B5/2)*0.5)$ | (kNm/m) | 3,57 | |
| MPts2 v= | $kv*Pt2*((H2 + H3 + H4/3) - (B - B5/3)*0.5)$ | (kNm/m) | 0,00 | |
| MPts3 v= | $kv*Pt3*((H2+H3*2/3)-(B1+B2+B3+2/3*B4)*0.5)$ | (kNm/m) | 0,00 | |
| MPts v= | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 3,57 | |

CONDIZIONE STATICA
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a \quad (\text{kN/m}) \quad 64,73 \quad 81,05 \quad 89,16$$

$$Sq_{\text{perm}} = q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a \quad (\text{kN/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$Sq_{\text{acc}} = q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a \quad (\text{kN/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta \quad (\text{kN/m}) \quad 59,45 \quad 76,42 \quad 84,06$$

$$Sqh_{\text{perm}} = Sq_{\text{perm}} \cdot \cos \delta \quad (\text{kN/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$Sqh_{\text{acc}} = Sq_{\text{acc}} \cdot \cos \delta \quad (\text{kN/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta \quad (\text{kN/m}) \quad 25,60 \quad 27,02 \quad 29,73$$

$$Sqv_{\text{perm}} = Sq_{\text{perm}} \cdot \sin \delta \quad (\text{kN/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$Sqv_{\text{acc}} = Sq_{\text{acc}} \cdot \sin \delta \quad (\text{kN/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot H_d^2 \cdot k \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d \quad (\text{kN/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

$$MSt1 = Sth \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d) \quad (\text{kNm/m}) \quad 104,64 \quad 134,49 \quad 147,94$$

$$MSt2 = Stv \cdot B \quad (\text{kNm/m}) \quad 89,61 \quad 94,59 \quad 104,05$$

$$MSq1_{\text{perm}} = Sqh_{\text{perm}} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d) \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$MSq1_{\text{acc}} = Sqh_{\text{acc}} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d) \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$MSq2_{\text{perm}} = Sqv_{\text{perm}} \cdot B \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$MSq2_{\text{acc}} = Sqv_{\text{acc}} \cdot B \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2 \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$Mfext1 = m_p + m \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$Mfext2 = (f_p + f) \cdot (H_3 + H_2) \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

$$Mfext3 = (v_p + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2) \quad (\text{kNm/m}) \quad 0,00 \quad 0,00 \quad 0,00$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + Stv + Sqv_{\text{perm}} + Sqv_{\text{acc}} \quad 314,53 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f \quad 76,42 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi' \quad 0,56 \quad (-)$$

$$F_s \text{ scorr.} = \frac{(N \cdot f + Sp)}{T} \quad 2,31 \quad > \quad 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + Mfext3 \quad 549,95 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt + MSq + Mfext1 + Mfext2 + MSP \quad 43,90 \quad (\text{kNm/m})$$

$$F_s \text{ ribaltamento} = \frac{Ms}{Mr} \quad 12,53 \quad > \quad 1$$

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 35 DI 54 |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | |
|--|--|--------|----------------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax |
| $N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr acc)$ | | 314,53 | 314,53 (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | 76,42 | 76,42 (kN/m) |
| $T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p$ | | | |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | 571,15 | 571,15 (kNm/m) |
| $MM = \sum M$ | | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | -20,73 | -20,73 (kNm/m) |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | | | |

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

| | | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|-------|-------|----------------------|
| $c1'$ | coesione terreno di fondaz. | 0,00 | | (kPa) |
| $\phi 1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 29,26 | | (°) |
| $\gamma 1$ | peso unità di volume terreno fondaz. | 20,00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d \cdot H^2$ | sovraccarico stabilizzante | 20,00 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | -0,07 | -0,07 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 3,37 | 3,37 | (m) |

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | |
|--|------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = \tan^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan(\phi))}$ | (1 in cond. nd) | 16,92 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi)$ | (2+ π in cond. nd) | 28,42 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan(\phi)$ | (0 in cond. nd) | 20,08 | | (-) |

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

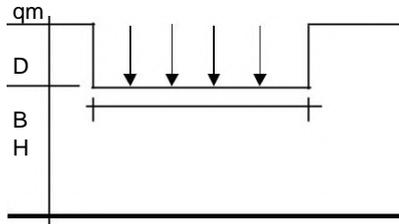
| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0,57 | 0,57 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0,55 | 0,55 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \cot(\phi)))^{m+1}$ | | 0,43 | 0,43 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|------------------------------------|--|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} (carico limite unitario) | | 487,36 | 487,36 | (kN/m ²) |
|------------------------------------|--|--------|--------|----------------------|

| | | | | |
|-------------------------|---|-------------|---|----------|
| FS carico limite | Nmin | 5,22 | > | 1 |
| | F = $q_{lim} \cdot B^* / N$ | | | |
| | Nmax | 5,22 | > | |

| | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------|---|------------------|--------------------|
| OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 36 DI 54 |
|---|-------------------------|--------------------|---|------------------|--------------------|

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE


$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E \text{ (Christian e Carrier, 1976)}$$

| | |
|-------|----------------|
| N | 313,11 (kN/m) |
| M | -48,10 (kNm/m) |
| e=M/N | -0,15 (m) |
| B* | 3,19 (m) |

Profondità Piano di Posa della Fondazione

| | |
|---------|----------|
| D = | 1,00 (m) |
| D/B* = | 0,31 (m) |
| Hs/B* = | 3,13 (m) |

Carico unitario medio (qm)

$$qm = N / (B - 2*e) = N / B^* = 98,51 \text{ (kN/mq)}$$

 Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$

$$\mu_0 = 0,947 \text{ (-)}$$

 Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$

$$\mu_1 = 0,86 \text{ (-)}$$

Cedimento della fondazione

$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E = 6,44 \text{ (mm)}$$

CONDIZIONE SISMICA +
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO | EQU | |
|-----------|---|--------|---------|-------|-------|
| Sst1 stat | $= 0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | (kN/m) | 64,73 | 81,05 | 81,05 |
| Sst1 sism | $= 0,5 \cdot \gamma \cdot (1 + k_v) \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_{as} - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 3,37 | 3,87 | 3,87 |
| Ssq1 perm | $= q_p \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^+$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ssq1 acc | $= q_s \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_{as}^+$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

- Componente orizzontale condizione sismica +

| | | | | | |
|------------|---|--------|-------|-------|-------|
| Sst1h stat | $= Sst1 \text{ stat} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 59,45 | 76,42 | 76,42 |
| Sst1h sism | $= Sst1 \text{ sism} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 3,09 | 3,65 | 3,65 |
| Ssq1h perm | $= Ssq1 \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ssq1h acc | $= Ssq1 \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

- Componente verticale condizione sismica +

| | | | | | |
|------------|---|--------|-------|-------|-------|
| Sst1v stat | $= Sst1 \text{ stat} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 25,60 | 27,02 | 27,02 |
| Sst1v sism | $= Sst1 \text{ sism} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 1,33 | 1,29 | 1,29 |
| Ssq1v perm | $= Ssq1 \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ssq1v acc | $= Ssq1 \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | |
|---|--------|------|------|------|
| $S_p = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1 + k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^+ + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1 + k_v) \cdot k_{ps}^{+H_2}) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
|---|--------|------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

| | | SLE | STR/GEO | EQU | |
|------------|---|---------|---------|--------|--------|
| MSst1 stat | $= Sst1h \text{ stat} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + h_d) / 3 - h_d)$ | (kNm/m) | 104,64 | 134,49 | 134,49 |
| MSst1 sism | $= Sst1h \text{ sism} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | (kNm/m) | 5,45 | 6,42 | 6,42 |
| MSst2 stat | $= Sst1v \text{ stat} \cdot B$ | (kNm/m) | 89,61 | 94,59 | 94,59 |
| MSst2 sism | $= Sst1v \text{ sism} \cdot B$ | (kNm/m) | 4,66 | 4,52 | 4,52 |
| MSsq1 | $= Ssq1h \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | (kNm/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MSsq2 | $= Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MSp | $= \gamma_1' \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot k_{ps}^{+H_2}) \cdot H_d^2 / 2$ | (kNm/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | | |
|--------|---|---------|--|------|
| Mfext1 | $= m_p + m_s$ | (kNm/m) | | 0,00 |
| Mfext2 | $= (f_p + f_s) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | | 0,00 |
| Mfext3 | $= (v_p + v_s) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | | 0,00 |

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

| | | |
|---|--------|--------|
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + Sst1v + Ssq1v + P_s v + P_{tsv}$ | 318,49 | (kN/m) |
|---|--------|--------|

Risultante forze orizzontali (T)

| | | |
|---|-------|--------|
| $T = Sst1h + Ssq1h + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh}$ | 85,41 | (kN/m) |
|---|-------|--------|

Coefficiente di attrito alla base (f)

| | | |
|--------------------|------|-----|
| $f = \tan \phi_1'$ | 0,56 | (-) |
|--------------------|------|-----|

| | | | |
|-------------------------------|------|---|---|
| $F_s = (N \cdot f + S_p) / T$ | 2,09 | > | 1 |
|-------------------------------|------|---|---|

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

| | | |
|-------------------------------|--------|---------|
| $M_s = M_m + M_t + M_{fext3}$ | 611,06 | (kNm/m) |
|-------------------------------|--------|---------|

Momento ribaltante (Mr)

| | | |
|---|-------|---------|
| $M_r = MSst + MSsq + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp} + M_{Ps} + M_{pts}$ | 48,40 | (kNm/m) |
|---|-------|---------|

| | | | |
|-------------------|-------|---|---|
| $F_r = M_s / M_r$ | 12,62 | > | 1 |
|-------------------|-------|---|---|

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|--------------------|---|------------------|---------------------------|
|  | RIASSETTO NODO DI BARI TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE Canale idraulico e strade di ricucitura | | | | | |
| | OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 38 DI 54 |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | |
|---|--------|-----------------|
| Risultante forze verticali (N) | Nmin | Nmax |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$ | 318,49 | 318,49 (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | 85,41 | (kN/m) |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | | |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | 562,66 | 562,66(kNm/m) |
| $MM = \Sigma M$ | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | -5,29 | -5,29(kNm/m) |
| $M = X_c * N - MM$ | | |

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c * i_c + q_0 * N_q * i_q + 0,5 * \gamma_1 * B * N_\gamma * i_\gamma$$

| | | | |
|------------------------|--------------------------------------|-------|----------------------|
| $c1'$ | coesione terreno di fondaz. | 0,00 | (kN/mq) |
| $\phi 1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 29,26 | (°) |
| $\gamma 1$ | peso unità di volume terreno fondaz. | 20,00 | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d * H^2$ | sovraccarico stabilizzante | 20,00 | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | -0,02 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 3,47 | (m) |

I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | |
|--|------------------------|-------|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\phi))}$ | (1 in cond. nd) | 16,92 | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ | (2+ π in cond. nd) | 28,42 | (-) |
| $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\phi)$ | (0 in cond. nd) | 20,08 | (-) |

I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | |
|---|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\phi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0,54 | 0,54 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0,51 | 0,51 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * \text{cotg}(\phi)))^{m+1}$ | | 0,39 | 0,39 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 454,05 | 454,05 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|---|
| FS carico limite | $F = q_{lim} * B^* / N$ | Nmin | 4,94 | > | 1 |
| | | Nmax | 4,94 | > | |

CONDIZIONE SISMICA -
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta condizione sismica -

| | SLE | STR/GEO | EQU | |
|--|--------|---------|-------|-------|
| Sst1 stat = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka$ | (kN/m) | 64,73 | 81,05 | 81,05 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma' \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas - Sst1 \text{ stat}$ | (kN/m) | 2,17 | 2,36 | 2,36 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| - Componente orizzontale condizione sismica - | | | | |
| Sst1h stat = Sst1 stat * cos δ | (kN/m) | 59,45 | 76,42 | 76,42 |
| Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ | (kN/m) | 1,99 | 2,23 | 2,23 |
| Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ssq1h acc = Ssq1 acc * cos δ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| - Componente verticale condizione sismica - | | | | |
| Sst1v stat = Sst1 stat * sen δ | (kN/m) | 25,60 | 27,02 | 27,02 |
| Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ | (kN/m) | 0,86 | 0,79 | 0,79 |
| Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ssq1v acc = Ssq1 acc * sen δ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| - Spinta passiva sul dente | | | | |
| $Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot Hd^2 \cdot kps + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{0.5} + \gamma_1' \cdot (1-kv) \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd$ | (kN/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

| | SLE | STR/GEO | EQU | |
|---|---------|---------|--------|--------|
| MSst1 stat = Sst1h stat * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd) | (kNm/m) | 104,64 | 134,49 | 134,49 |
| MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd) | (kNm/m) | 3,50 | 3,92 | 3,92 |
| MSst2 stat = Sst1v stat * B | (kNm/m) | 89,61 | 94,59 | 94,59 |
| MSst2 sism = Sst1v sism * B | (kNm/m) | 3,00 | 2,76 | 2,76 |
| MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd) | (kNm/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MSsq2 = Ssq1v * B | (kNm/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| MSp = $\gamma_1' \cdot Hd^3 \cdot kps / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot kps^{0.5} + \gamma_1' \cdot kps \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2$ | (kNm/m) | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | |
|----------------------------------|---------|--|------|
| Mfext1 = mp+ms | (kNm/m) | | 0,00 |
| Mfext2 = (fp+fs)*(H3 + H2) | (kNm/m) | | 0,00 |
| Mfext3 = (vp+vs)*(B1 +B2 + B3/2) | (kNm/m) | | 0,00 |

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv \quad 312,64 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Pth \quad 83,99 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' \quad 0,56 \quad (-)$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T \quad 2,09 \quad > \quad 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + Mfext3 \quad 611,06 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst + MSsq + Mfext1 + Mfext2 + MSP + MPp + Mpt \quad 59,03 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr \quad 10,35 \quad > \quad 1$$

| | | | | | |
|---|------------------|-------------|--|-----------|--------------------|
| OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO Relazione di calcolo dei muri d'ala | PROGETTO IA1U | LOTTO 03 | CODIFICA DOCUMENTO E 78 CL NI0200 303 | REV. A | FOGLIO 40 DI 54 |
|---|------------------|-------------|--|-----------|--------------------|

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | |
|---|--------|----------------|
| Risultante forze verticali (N) | Nmin | Nmax |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$ | 312,64 | 312,64 (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | 83,99 | (kN/m) |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | | |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | 552,03 | 552,03 (kNm/m) |
| $MM = \sum M$ | | |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | -4,91 | -4,91 (kNm/m) |
| $M = X_c * N - MM$ | | |

Formula Generale per il Calcolo del Carico Limite Unitario (Brinch-Hansen, 1970)

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' N_c * i_c + q_0 * N_q * i_q + 0,5 * \gamma_1 * B * N_\gamma * i_\gamma$$

| | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|-------|----------------------|
| $c'1'$ | coesione terreno di fondaz. | 0,00 | (kN/mq) |
| $\phi'1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 29,26 | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 20,00 | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma * d * H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 20,00 | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | -0,02 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 3,47 | (m) |

 I valori di N_c , N_q e N_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | |
|--|------------------------|-------|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\phi'))}$ | (1 in cond. nd) | 16,92 | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi')$ | (2+ π in cond. nd) | 28,42 | (-) |
| $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\phi')$ | (0 in cond. nd) | 20,08 | (-) |

 I valori di i_c , i_q e i_γ sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B * c' \cot \phi'))^m$ | (1 in cond. nd) | 0,53 | 0,53 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0,51 | 0,51 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' \cot \phi'))^{m+1}$ | | 0,39 | 0,39 | (-) |

 (fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 453,43 | 453,43 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|----------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} * B^* / N$ | Nmin | 5,03 | > | 1 |
| | | Nmax | 5,03 | > | |

10.3 VERIFICHE SLU

10.3.1 Combinazione 1 – A1+M1+R1

Verifica allo Stato Limite Ultimo

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

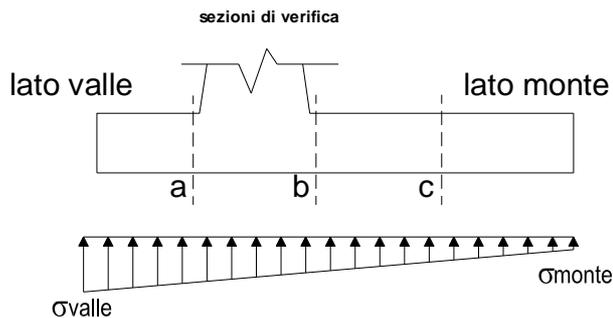
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,50 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2,04 \text{ (m}^3\text{)}$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 320,79 | -30,15 | 76,89 | 106,42 |
| | 320,79 | -30,15 | 76,89 | 106,42 |
| sisma+ | 317,11 | -33,71 | 74,09 | 107,12 |
| | 317,11 | -33,71 | 74,09 | 107,12 |
| sisma- | 311,29 | -32,82 | 72,87 | 105,01 |
| | 311,29 | -32,82 | 72,87 | 105,01 |



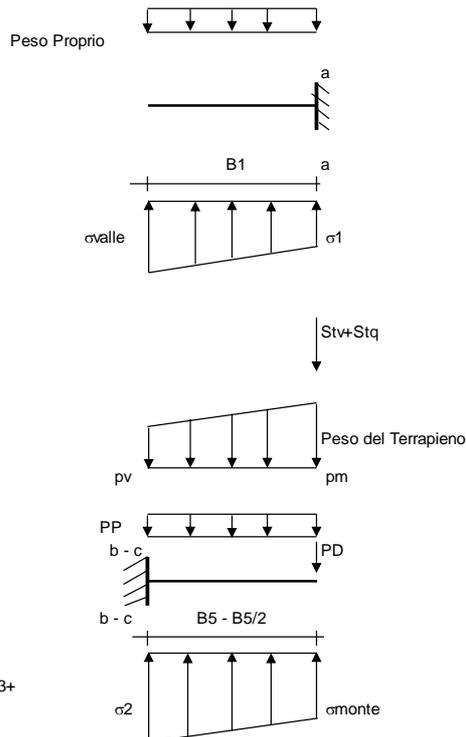
Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio. PP} = 20,00 \text{ (kN/m)}$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{valle} | σ_1 | M_a | V_a |
|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 76,89 | 83,64 | 18,92 | 48,21 |
| | 76,89 | 83,64 | 18,92 | 48,21 |
| sisma+ | 74,09 | 81,64 | 18,05 | 45,39 |
| | 74,09 | 81,64 | 18,11 | 45,39 |
| sisma- | 72,87 | 80,21 | 17,76 | 44,35 |
| | 72,87 | 80,21 | 17,70 | 44,35 |



Mensola Lato Monte

$$\text{PP} = 20,00 \text{ (kN/m)} \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$\text{PD} = 0,00 \text{ (kN/m)} \quad \text{peso proprio dente}$$

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|-------|------------|------------|----------------------|
| pm | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |
| pvb | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |
| pvc | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (St_v + Sq_v) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd^2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2 / 3 + (St_v + Sq_v) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot B + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 2 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 2 - (St_v + Sq_v) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2) + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B/2) / 2 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2) / 2 - (St_v + Sq_v) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{monte} | σ_{2b} | M_b | V_b | σ_{2c} | M_c | V_c |
|---------|----------------------|----------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 106,42 | 92,08 | -61,61 | -43,27 | 99,25 | -28,69 | -35,23 |
| | 106,42 | 92,08 | -61,61 | -43,27 | 99,25 | -28,69 | -35,23 |
| sisma+ | 107,12 | 91,08 | -52,05 | -38,84 | 99,10 | -23,49 | -29,48 |
| | 107,12 | 91,08 | -52,05 | -38,84 | 99,10 | -23,49 | -29,48 |
| sisma- | 105,01 | 89,40 | -51,24 | -38,25 | 97,21 | -23,12 | -29,04 |
| | 105,01 | 89,40 | -51,24 | -38,25 | 97,21 | -23,12 | -29,04 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO
Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{\text{orizz}}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{\text{orizz}}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad \text{o} \quad h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + f \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh$$

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$

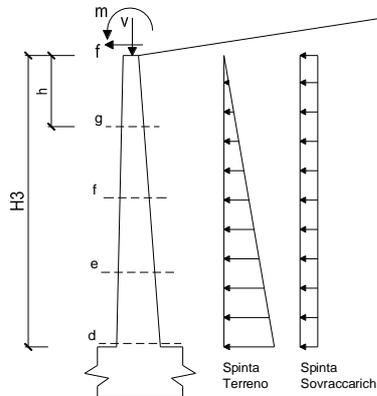
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{\text{orizz}}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$V_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a_{\text{orizz}}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a_{\text{orizz}}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K_{a_{\text{orizz}}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{\text{ext}} = f$$

$$V_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot kh$$


condizione statica

| sezione | h | Mt | Mq | M _{ext} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 83,09 | 0,00 | 0,00 | 83,09 | 0,00 | 72,80 | 72,80 |
| e-e | 3,36 | 35,05 | 0,00 | 0,00 | 35,05 | 0,00 | 47,25 | 47,25 |
| f-f | 2,24 | 10,39 | 0,00 | 0,00 | 10,39 | 0,00 | 26,60 | 26,60 |
| g-g | 1,12 | 1,30 | 0,00 | 0,00 | 1,30 | 0,00 | 10,85 | 10,85 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 55,64 | 0,00 | 0,00 | 55,64 |
| e-e | 3,36 | 31,30 | 0,00 | 0,00 | 31,30 |
| f-f | 2,24 | 13,91 | 0,00 | 0,00 | 13,91 |
| g-g | 1,12 | 3,48 | 0,00 | 0,00 | 3,48 |

condizione sismica +

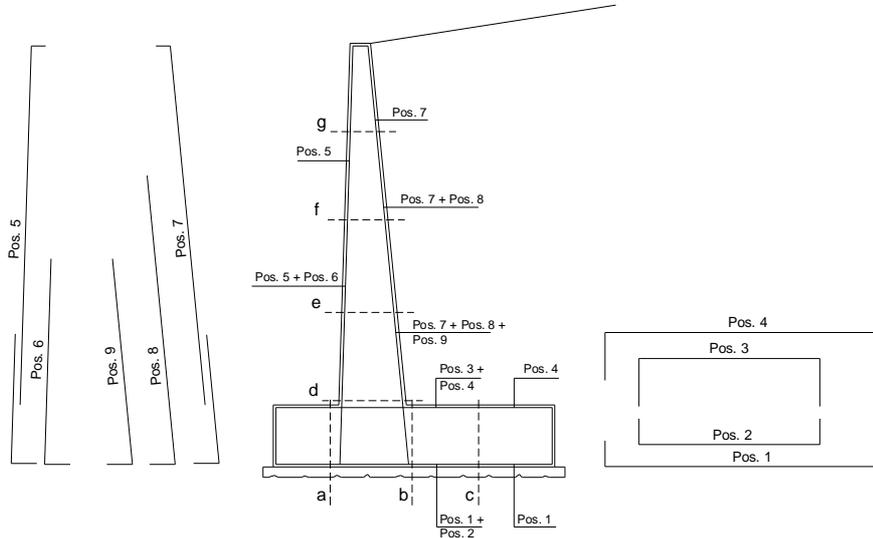
| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | M _q | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 63,92 | 3,62 | 0,00 | 0,00 | 2,49 | 70,03 | 0,00 | 73,48 | 73,48 |
| e-e | 3,36 | 26,96 | 1,53 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 29,74 | 0,00 | 47,69 | 47,69 |
| f-f | 2,24 | 7,99 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 8,93 | 0,00 | 26,85 | 26,85 |
| g-g | 1,12 | 1,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 1,16 | 0,00 | 10,95 | 10,95 |

| sezione | h | V _{t stat} | V _{t sism} | V _q | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 42,80 | 2,43 | 0,00 | 0,00 | 1,35 | 46,58 |
| e-e | 3,36 | 24,08 | 1,36 | 0,00 | 0,00 | 0,88 | 26,32 |
| f-f | 2,24 | 10,70 | 0,61 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 11,80 |
| g-g | 1,12 | 2,68 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 3,03 |

condizione sismica -

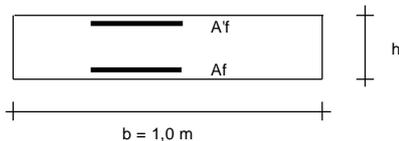
| sezione | h | M _{t stat} | M _{t sism} | M _q | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 63,92 | 2,33 | 0,00 | 0,00 | 2,49 | 68,73 | 0,00 | 72,12 | 72,12 |
| e-e | 3,36 | 26,96 | 0,98 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 29,19 | 0,00 | 46,81 | 46,81 |
| f-f | 2,24 | 7,99 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 8,77 | 0,00 | 26,35 | 26,35 |
| g-g | 1,12 | 1,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 1,14 | 0,00 | 10,75 | 10,75 |

| sezione | h | V _{t stat} | V _{t sism} | V _q | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|---------------------|---------------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 42,80 | 1,56 | 0,00 | 0,00 | 1,35 | 45,71 |
| e-e | 3,36 | 24,08 | 0,88 | 0,00 | 0,00 | 0,88 | 25,83 |
| f-f | 2,24 | 10,70 | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 11,58 |
| g-g | 1,12 | 2,68 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 2,97 |

SCHEMA DELLE ARMATURE

ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|-----------|-----|-------|----|-----------|
| 1 | 5,0 | 16 | | 5 | 10,0 | 16 | |
| 2 | 0,0 | 0 | ☐ | 6 | 0,0 | 0 | ☐ |
| 3 | 0,0 | 0 | ☐ | 7 | 10,0 | 16 | |
| 4 | 5,0 | 16 | | 8 | 0,0 | 0 | ☐ |
| | | | | 9 | 0,0 | 0 | ☐ |

Calcola

VERIFICHE


| | |
|-----|---------------|
| a-a | pos 1-2-3-4 |
| b-b | pos 1-2-3-4 |
| c-c | pos 1-4 |
| d-d | pos 5-6-7-8-9 |
| e-e | pos 5-6-7-8-9 |
| f-f | pos 5-7-8 |
| g-g | pos 5-7 |

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | Mu |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 18,92 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 281,31 |
| b - b | -61,61 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 281,31 |
| c - c | -28,69 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 281,31 |
| d - d | 83,09 | 72,80 | 1,00 | 20,11 | 20,11 | 736,39 |
| e - e | 35,05 | 47,25 | 0,83 | 20,11 | 20,11 | 588,94 |
| f - f | 10,39 | 26,60 | 0,65 | 20,11 | 20,11 | 447,35 |
| g - g | 1,30 | 10,85 | 0,48 | 20,11 | 20,11 | 310,34 |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

| Sez. | V _{Ed} | h | V _{rd} | ø staffe | i orizz. | i vert. | θ | V _{Bsd} | |
|-------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|------------------|----------------------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) | |
| a - a | 48,21 | 0,80 | 271,14 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 313,86 | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 43,27 | 0,80 | 271,14 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 313,86 | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 35,23 | 0,80 | 271,14 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 313,86 | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 55,64 | 1,00 | 333,96 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 396,46 | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 31,30 | 0,83 | 286,46 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 324,18 | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 13,91 | 0,65 | 250,82 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 251,91 | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 3,48 | 0,48 | 211,93 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 179,64 | Armatura a taglio non necessaria |

10.3.2 Combinazione 2 – A2+M2+R2

Verifica allo Stato Limite Ultimo

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

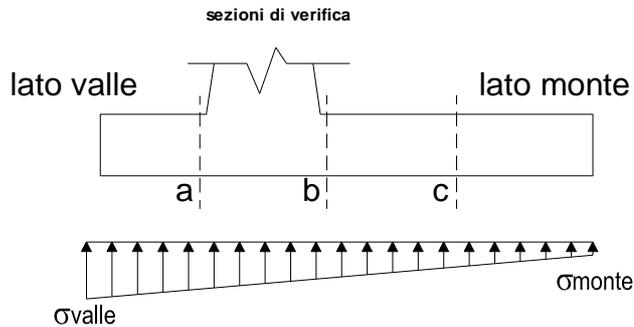
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,50 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2,04 \text{ (m}^3\text{)}$$

| caso | N [kN] | M [kNm] | σ_{valle} [kN/m ²] | σ_{monte} [kN/m ²] |
|---------|-----------|------------|--|--|
| statico | 314,53 | -20,73 | 79,71 | 100,02 |
| | 314,53 | -20,73 | 79,71 | 100,02 |
| sisma+ | 318,49 | -5,29 | 88,41 | 93,59 |
| | 318,49 | -5,29 | 88,41 | 93,59 |
| sisma- | 312,64 | -4,91 | 86,92 | 91,73 |
| | 312,64 | -4,91 | 86,92 | 91,73 |



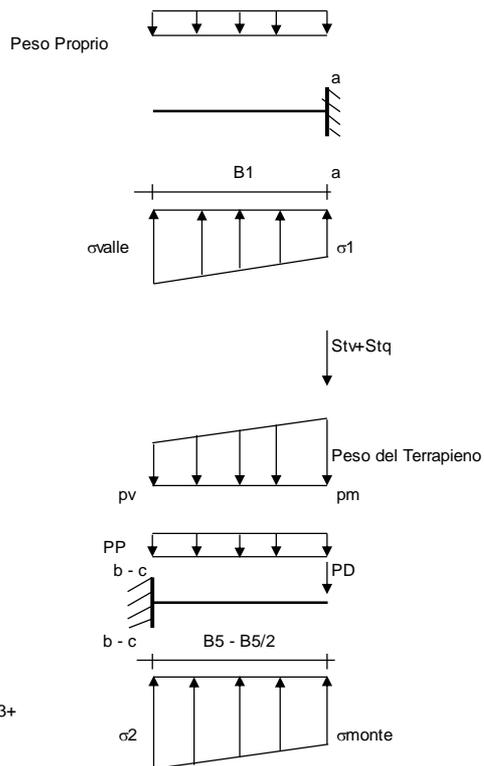
Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio. PP} = 20,00 \text{ (kN/m)}$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_a = \sigma_1 \cdot B + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B / 2 - PP \cdot B \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{valle} [kN/m ²] | σ_1 [kN/m ²] | M_a [kNm] | V_a [kN] |
|---------|--|------------------------------------|----------------|---------------|
| statico | 79,71 | 84,35 | 19,60 | 49,63 |
| | 79,71 | 84,35 | 19,60 | 49,63 |
| sisma+ | 88,41 | 89,59 | 21,96 | 54,93 |
| | 88,41 | 89,59 | 22,02 | 54,93 |
| sisma- | 86,92 | 88,02 | 21,59 | 53,72 |
| | 86,92 | 88,02 | 21,53 | 53,72 |



Mensola Lato Monte

$$\text{PP} = 20,00 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$\text{PD} = 0,00 \text{ (kN/m)} \quad \text{peso proprio dente}$$

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|-------|------------|------------|----------------------|
| pm | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |
| pvb | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |
| pvc | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + S_p \cdot H2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2 / 2) + M_{sp} + S_p \cdot H2 / 2$$

$$V_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B_5 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B_5 / 2 - (pm - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B_5 / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

$$V_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2) + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2) / 2 - (pm - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2) / 2 - (Stv + Sqv) \cdot PD \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{monte} [kN/m ²] | σ_{2b} [kN/m ²] | M_b [kNm] | V_b [kN] | σ_{2c} [kN/m ²] | M_c [kNm] | V_c [kN] |
|---------|--|---------------------------------------|----------------|---------------|---------------------------------------|----------------|---------------|
| statico | 100,02 | 90,16 | -58,07 | -44,08 | 95,09 | -25,41 | -33,46 |
| | 100,02 | 90,16 | -58,07 | -44,08 | 95,09 | -25,41 | -33,46 |
| sisma+ | 93,59 | 91,07 | -65,08 | -50,34 | 92,33 | -27,57 | -38,10 |
| | 93,59 | 91,07 | -65,08 | -50,34 | 92,33 | -27,57 | -38,10 |
| sisma- | 91,73 | 89,40 | -64,04 | -49,55 | 90,56 | -27,12 | -37,51 |
| | 91,73 | 89,40 | -64,04 | -49,55 | 90,56 | -27,12 | -37,51 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO
Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_t \text{ stat} = \frac{1}{2} K a_{\text{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k v) \cdot h^2 \cdot h / 3$$

$$M_t \text{ sism} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K a_{\text{orizz}} \cdot (1 \pm k v) - K a_{\text{orizz}}) \cdot h^2 \cdot h / 2 \quad \text{o} \cdot h / 3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K a_{\text{orizz}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + f \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot k h$$

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \sum P m_i \cdot (1 \pm k v)$$

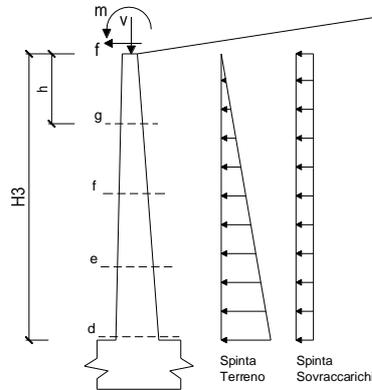
$$V_t \text{ stat} = \frac{1}{2} K a_{\text{orizz}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k v) \cdot h^2$$

$$V_t \text{ sism} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K a_{\text{orizz}} \cdot (1 \pm k v) - K a_{\text{orizz}}) \cdot h^2$$

$$V_q = K a_{\text{orizz}} \cdot q \cdot h$$

$$V_{\text{ext}} = f$$

$$V_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot k h$$


condizione statica

| sezione | h [m] | Mt [kNm/m] | Mq [kNm/m] | M _{ext} [kNm/m] | M _{tot} [kNm/m] | N _{ext} [kN/m] | N _{pp} [kN/m] | N _{tot} [kN/m] |
|---------|----------|---------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| d-d | 4,48 | 82,15 | 0,00 | 0,00 | 82,15 | 0,00 | 72,80 | 72,80 |
| e-e | 3,36 | 34,66 | 0,00 | 0,00 | 34,66 | 0,00 | 47,25 | 47,25 |
| f-f | 2,24 | 10,27 | 0,00 | 0,00 | 10,27 | 0,00 | 26,60 | 26,60 |
| g-g | 1,12 | 1,28 | 0,00 | 0,00 | 1,28 | 0,00 | 10,85 | 10,85 |

| sezione | h [m] | Vt [kN/m] | Vq [kN/m] | V _{ext} [kN/m] | V _{tot} [kN/m] |
|---------|----------|--------------|--------------|----------------------------|----------------------------|
| d-d | 4,48 | 55,01 | 0,00 | 0,00 | 55,01 |
| e-e | 3,36 | 30,95 | 0,00 | 0,00 | 30,95 |
| f-f | 2,24 | 13,75 | 0,00 | 0,00 | 13,75 |
| g-g | 1,12 | 3,44 | 0,00 | 0,00 | 3,44 |

condizione sismica +

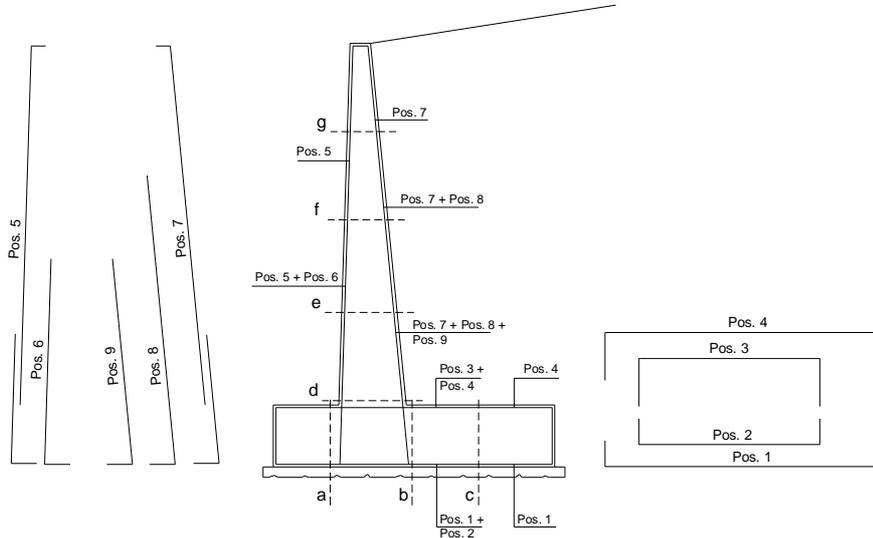
| sezione | h [m] | Mt _{stat} [kNm/m] | Mt _{sism} [kNm/m] | Mq [kNm/m] | M _{ext} [kNm/m] | M _{inerzia} [kNm/m] | M _{tot} [kNm/m] | N _{ext} [kN/m] | N _{pp+inerzia} [kN/m] | N _{tot} [kN/m] |
|---------|----------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| d-d | 4,48 | 82,15 | 4,16 | 0,00 | 0,00 | 2,49 | 88,80 | 0,00 | 73,48 | 73,48 |
| e-e | 3,36 | 34,66 | 1,76 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 37,66 | 0,00 | 47,69 | 47,69 |
| f-f | 2,24 | 10,27 | 0,52 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 11,28 | 0,00 | 26,85 | 26,85 |
| g-g | 1,12 | 1,28 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 1,45 | 0,00 | 10,95 | 10,95 |

| sezione | h [m] | Vt _{stat} [kN/m] | Vt _{sism} [kN/m] | Vq [kN/m] | V _{ext} [kN/m] | V _{inerzia} [kN/m] | V _{tot} [kN/m] |
|---------|----------|------------------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| d-d | 4,48 | 55,01 | 2,79 | 0,00 | 0,00 | 1,35 | 59,15 |
| e-e | 3,36 | 30,95 | 1,57 | 0,00 | 0,00 | 0,88 | 33,39 |
| f-f | 2,24 | 13,75 | 0,70 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 14,94 |
| g-g | 1,12 | 3,44 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 3,81 |

condizione sismica -

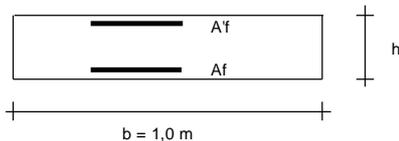
| sezione | h [m] | Mt _{stat} [kNm/m] | Mt _{sism} [kNm/m] | Mq [kNm/m] | M _{ext} [kNm/m] | M _{inerzia} [kNm/m] | M _{tot} [kNm/m] | N _{ext} [kN/m] | N _{pp+inerzia} [kN/m] | N _{tot} [kN/m] |
|---------|----------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| d-d | 4,48 | 82,15 | 2,54 | 0,00 | 0,00 | 2,49 | 87,18 | 0,00 | 72,12 | 72,12 |
| e-e | 3,36 | 34,66 | 1,07 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 36,98 | 0,00 | 46,81 | 46,81 |
| f-f | 2,24 | 10,27 | 0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 11,07 | 0,00 | 26,35 | 26,35 |
| g-g | 1,12 | 1,28 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 1,43 | 0,00 | 10,75 | 10,75 |

| sezione | h [m] | Vt _{stat} [kN/m] | Vt _{sism} [kN/m] | Vq [kN/m] | V _{ext} [kN/m] | V _{inerzia} [kN/m] | V _{tot} [kN/m] |
|---------|----------|------------------------------|------------------------------|--------------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
| d-d | 4,48 | 55,01 | 1,70 | 0,00 | 0,00 | 1,35 | 58,07 |
| e-e | 3,36 | 30,95 | 0,96 | 0,00 | 0,00 | 0,88 | 32,78 |
| f-f | 2,24 | 13,75 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 14,67 |
| g-g | 1,12 | 3,44 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,20 | 3,75 |

SCHEMA DELLE ARMATURE

ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|--------------------------|-----|-------|----|--------------------------|
| 1 | 5,0 | 16 | | 5 | 10,0 | 16 | |
| 2 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> | 6 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> | 7 | 10,0 | 16 | |
| 4 | 5,0 | 16 | | 8 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | 9 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> |

Calcola

VERIFICHE


| | |
|-----|---------------|
| a-a | pos 1-2-3-4 |
| b-b | pos 1-2-3-4 |
| c-c | pos 1-4 |
| d-d | pos 5-6-7-8-9 |
| e-e | pos 5-6-7-8-9 |
| f-f | pos 5-7-8 |
| g-g | pos 5-7 |

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | Mu |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) |
| a - a | 22,02 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 281,31 |
| b - b | -65,08 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 281,31 |
| c - c | -27,57 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 281,31 |
| d - d | 88,80 | 73,48 | 1,00 | 20,11 | 20,11 | 736,70 |
| e - e | 37,66 | 47,69 | 0,83 | 20,11 | 20,11 | 589,10 |
| f - f | 11,28 | 26,85 | 0,65 | 20,11 | 20,11 | 447,42 |
| g - g | 1,45 | 10,95 | 0,48 | 20,11 | 20,11 | 310,36 |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

| Sez. | V _{Ed} | h | V _{rd} | ø staffe | i orizz. | i vert. | θ | V _{Bsd} | |
|-------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|------------------|----------------------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) | |
| a - a | 54,93 | 0,80 | 271,14 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 313,86 | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 50,34 | 0,80 | 271,14 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 313,86 | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 38,10 | 0,80 | 271,14 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 313,86 | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 59,15 | 1,00 | 334,05 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 396,46 | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 33,39 | 0,83 | 286,52 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 324,18 | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 14,94 | 0,65 | 250,86 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 251,91 | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 3,81 | 0,48 | 211,95 | 10 | 40 | 40 | 21,8 | 179,64 | Armatura a taglio non necessaria |

10.4 VERIFICHE A FESSURAZIONE

VERIFICA A FESSURAZIONE

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

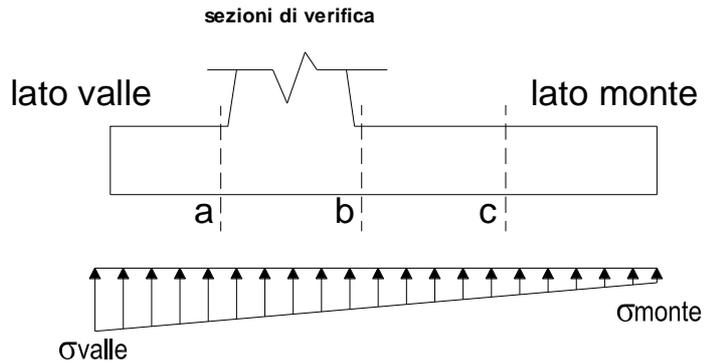
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,50 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2,04 \quad (m^3)$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|-------|--------|--------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| Freq. | 313,11 | -48,10 | 65,90 | 113,02 |
| | 313,11 | -48,10 | 65,90 | 113,02 |
| Q.P. | 313,11 | -48,10 | 65,90 | 113,02 |
| | 313,11 | -48,10 | 65,90 | 113,02 |

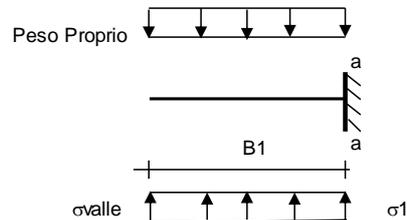


Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio.} \quad PP = 20,00 \quad (kN/m)$$

$$Ma = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{valle} | σ_1 | Ma |
|-------|----------------------|----------------------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] |
| Freq. | 65,90 | 76,67 | 15,84 |
| | 65,90 | 76,67 | 15,84 |
| Q.P. | 65,90 | 76,67 | 15,84 |
| | 65,90 | 76,67 | 15,84 |



Mensola Lato Monte

$$PP = 20,00 \quad (kN/m^2) \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$PD = 0,00 \quad (kN/m) \quad \text{peso proprio dente}$$

| | Nmin | N max | Freq | N max | QP |
|-----|-------|-------|-------|-------|----------------------|
| pm | 85,12 | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |
| pvb | 85,12 | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |
| pvc | 85,12 | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |

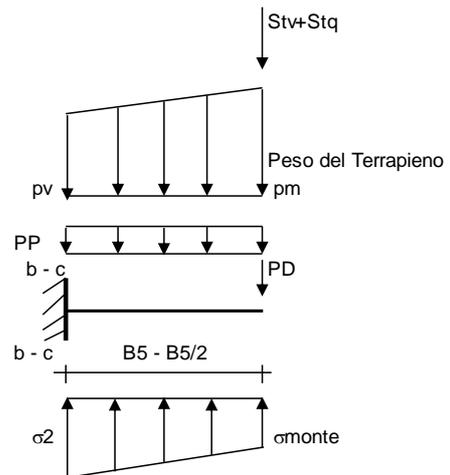
$$Mb = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot B^2 / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot B^2 - PD \cdot (B^2 - Bd / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

$$Mc = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP)) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (B/2)^2 / 3 +$$

$$-(Stv + Sqv) \cdot (B/2) - PD \cdot (B/2 - Bd/2) + M_{sp} + Sp \cdot H^2 / 2$$

| caso | σ_{monte} | σ_{2b} | Mb | σ_{2c} | Mc |
|-------|----------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN/m ²] | [kNm] |
| Freq. | 113,02 | 90,13 | -43,14 | 101,58 | -20,29 |
| | 113,02 | 90,13 | -43,14 | 101,58 | -20,29 |
| Q.P. | 113,02 | 90,13 | -43,14 | 101,58 | -20,29 |
| | 113,02 | 90,13 | -43,14 | 101,58 | -20,29 |



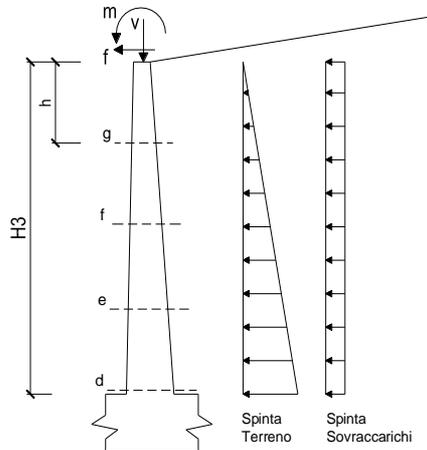
CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO
Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_q = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{ext} = m + f \cdot h$$

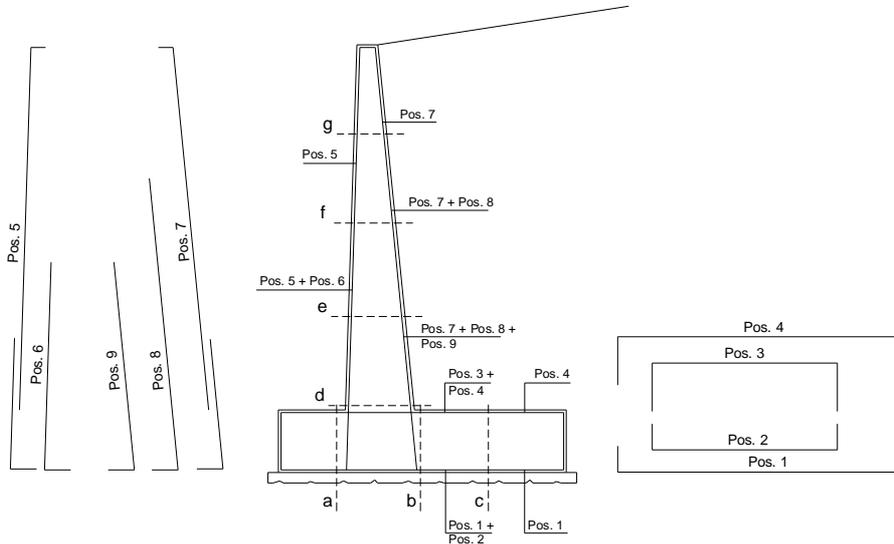
$$N_{ext} = v$$


condizione Frequente

| sezione | h | Mt | Mq | M _{ext} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 63,92 | 0,00 | 0,00 | 63,92 | 0,00 | 72,80 | 72,80 |
| e-e | 3,36 | 26,96 | 0,00 | 0,00 | 26,96 | 0,00 | 47,25 | 47,25 |
| f-f | 2,24 | 7,99 | 0,00 | 0,00 | 7,99 | 0,00 | 26,60 | 26,60 |
| g-g | 1,12 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 10,85 | 10,85 |

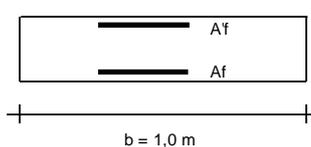
condizione Quasi Permanente

| sezione | h | Mt | Mq | M _{ext} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 63,92 | 0,00 | 0,00 | 63,92 | 0,00 | 72,80 | 72,80 |
| e-e | 3,36 | 26,96 | 0,00 | 0,00 | 26,96 | 0,00 | 47,25 | 47,25 |
| f-f | 2,24 | 7,99 | 0,00 | 0,00 | 7,99 | 0,00 | 26,60 | 26,60 |
| g-g | 1,12 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 10,85 | 10,85 |

SCHEMA DELLE ARMATURE

ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|--------------------------|-----|-------|----|--------------------------|
| 1 | 5,0 | 16 | | 5 | 10,0 | 16 | |
| 2 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> | 6 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> | 7 | 10,0 | 16 | |
| 4 | 5,0 | 16 | | 8 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | 9 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> |

Calcola

VERIFICHE


- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

condizione Frequente

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σc | σf | wk | wamm |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) |
| a - a | 15,84 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,30 | 21,95 | 0,024 | 0,200 |
| b - b | -43,14 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,81 | 59,79 | 0,065 | 0,200 |
| c - c | -20,29 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,38 | 28,12 | 0,030 | 0,200 |
| d - d | 63,92 | 72,80 | 1,00 | 20,11 | 20,11 | 0,62 | 19,72 | 0,014 | 0,200 |
| e - e | 26,96 | 47,25 | 0,83 | 20,11 | 20,11 | 0,36 | 8,51 | 0,006 | 0,200 |
| f - f | 7,99 | 26,60 | 0,65 | 20,11 | 20,11 | 0,16 | 1,99 | 0,001 | 0,200 |
| g - g | 1,00 | 10,85 | 0,48 | 20,11 | 20,11 | 0,04 | -0,04 | 0,000 | 0,200 |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

condizione Quasi Permanente

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σc | σf | wk | wamm |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) |
| a - a | 15,84 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,30 | 21,95 | 0,024 | 0,300 |
| b - b | -43,14 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,81 | 59,79 | 0,065 | 0,300 |
| c - c | -20,29 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,38 | 28,12 | 0,030 | 0,300 |
| d - d | 63,92 | 72,80 | 1,00 | 20,11 | 20,11 | 0,62 | 19,72 | 0,014 | 0,300 |
| e - e | 26,96 | 47,25 | 0,83 | 20,11 | 20,11 | 0,36 | 8,51 | 0,006 | 0,300 |
| f - f | 7,99 | 26,60 | 0,65 | 20,11 | 20,11 | 0,16 | 1,99 | 0,001 | 0,300 |
| g - g | 1,00 | 10,85 | 0,48 | 20,11 | 20,11 | 0,04 | -0,04 | 0,000 | 0,300 |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

10.5 VERIFICHE DELLE TENSIONI

VERIFICHE TENSIONE

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

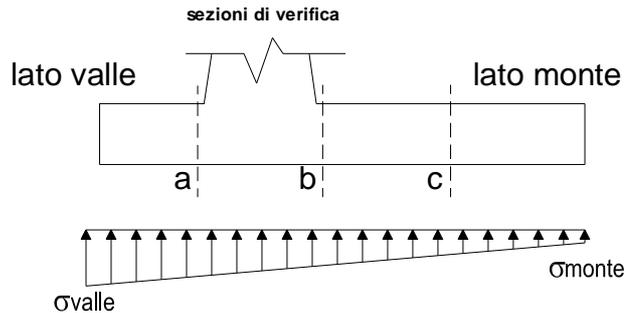
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

$$\sigma_{monte} = N / A - M / W_{gg}$$

$$A = 1.0 \cdot B = 3,50 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2,04 \quad (m^3)$$

| caso | N [kN] | M [kNm] | σ_{valle} [kN/m ²] | σ_{monte} [kN/m ²] |
|---------|-----------|------------|--|--|
| statico | 313,11 | -48,10 | 65,90 | 113,02 |
| | 313,11 | -48,10 | 65,90 | 113,02 |
| sisma+ | 317,11 | -33,71 | 74,09 | 107,12 |
| | 317,11 | -33,71 | 74,09 | 107,12 |
| sisma- | 311,29 | -32,82 | 72,87 | 105,01 |
| | 311,29 | -32,82 | 72,87 | 105,01 |

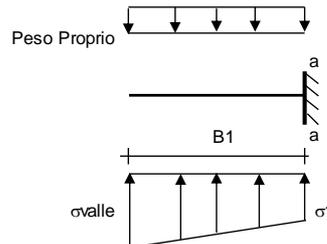


Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio. PP} = 20,00 \quad (kN/m)$$

$$M_a = \sigma_1 \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{valle} - \sigma_1) \cdot B^2 / 3 - PP \cdot B^2 / 2 \cdot (1 \pm kv)$$

| caso | σ_{valle} [kN/m ²] | σ_1 [kN/m ²] | M_a [kNm] |
|---------|--|------------------------------------|----------------|
| statico | 65,90 | 76,67 | 15,84 |
| | 65,90 | 76,67 | 15,84 |
| sisma+ | 74,09 | 81,64 | 18,05 |
| | 74,09 | 81,64 | 18,05 |
| sisma- | 72,87 | 80,21 | 17,76 |
| | 72,87 | 80,21 | 17,76 |



Mensola Lato Monte

$$PP = 20,00 \quad (kN/m^2) \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$PD = 0,00 \quad (kN/m) \quad \text{peso proprio dente}$$

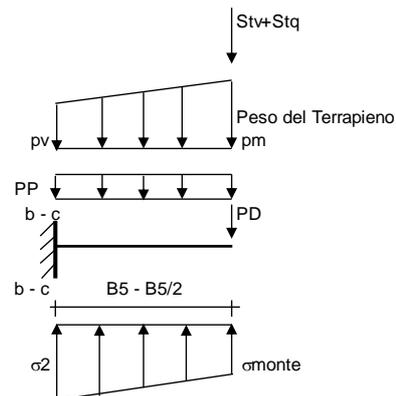
| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|-------|------------|------------|----------------------|
| pm | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |
| pvb | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |
| pvc | 85,12 | 85,12 | 85,12 | (kN/m ²) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 +$$

$$-(St_v + Sq_v) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - B_d / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 +$$

$$-(St_v + Sq_v) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - B_d / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$



| caso | σ_{monte} [kN/m ²] | σ_{2b} [kN/m ²] | M_b [kNm] | σ_{2c} [kN/m ²] | M_c [kNm] |
|---------|--|---------------------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------|
| statico | 113,02 | 90,13 | -43,14 | 101,58 | -20,29 |
| | 113,02 | 90,13 | -43,14 | 101,58 | -20,29 |
| sisma+ | 107,12 | 91,08 | -52,05 | 99,10 | -23,49 |
| | 107,12 | 91,08 | -52,05 | 99,10 | -23,49 |
| sisma- | 105,01 | 89,40 | -51,24 | 97,21 | -23,12 |
| | 105,01 | 89,40 | -51,24 | 97,21 | -23,12 |

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO
Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$$M_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/3$$

$$M_{t \text{ sism}} = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (K_{a \text{ orizz.}} \cdot (1 \pm kv) - K_{a \text{ orizz.}}) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad o \cdot h/3$$

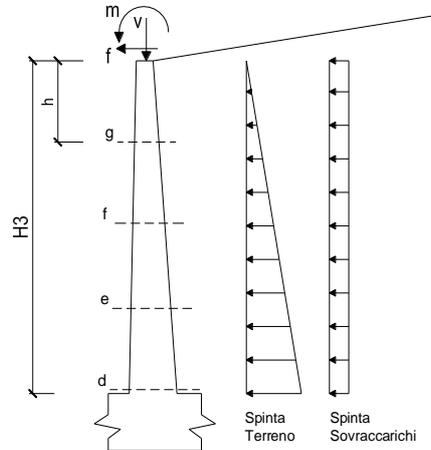
$$M_q = \frac{1}{2} K_{a \text{ orizz.}} \cdot q \cdot h^2$$

$$M_{\text{ext}} = m + f \cdot h$$

$$M_{\text{inerzia}} = \sum P m_i \cdot b_i \cdot kh \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_{\text{ext}} = v$$

$$N_{\text{pp+inerzia}} = \sum P m_i \cdot (1 \pm kv)$$


condizione statica

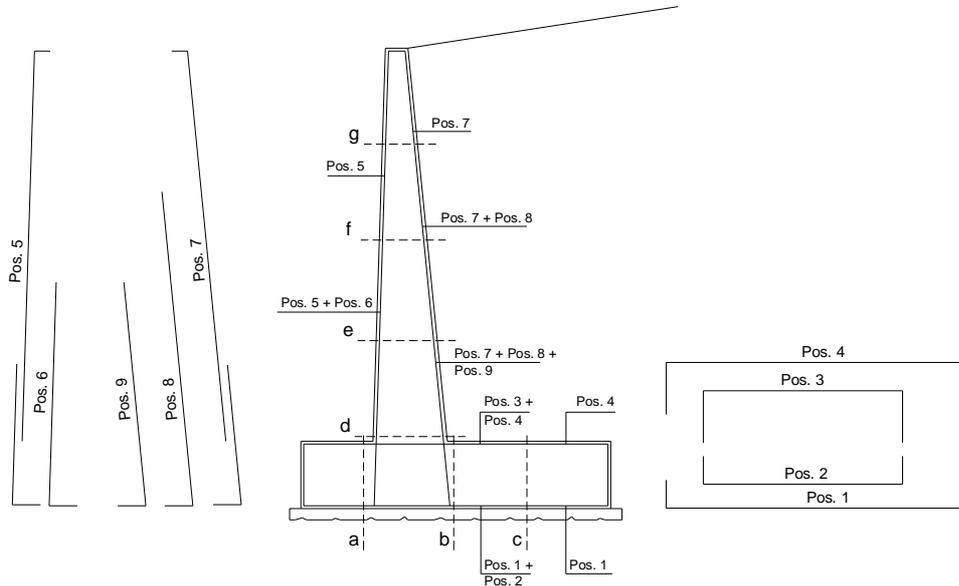
| sezione | h | Mt | Mq | M _{ext} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 63,92 | 0,00 | 0,00 | 63,92 | 0,00 | 72,80 | 72,80 |
| e-e | 3,36 | 26,96 | 0,00 | 0,00 | 26,96 | 0,00 | 47,25 | 47,25 |
| f-f | 2,24 | 7,99 | 0,00 | 0,00 | 7,99 | 0,00 | 26,60 | 26,60 |
| g-g | 1,12 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 10,85 | 10,85 |

condizione sismica +

| sezione | h | Mt stat | Mt sism | Mq | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|---------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 63,92 | 3,62 | 0,00 | 0,00 | 2,49 | 70,03 | 0,00 | 73,48 | 73,48 |
| e-e | 3,36 | 26,96 | 1,53 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 29,74 | 0,00 | 47,69 | 47,69 |
| f-f | 2,24 | 7,99 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 8,93 | 0,00 | 26,85 | 26,85 |
| g-g | 1,12 | 1,00 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 1,16 | 0,00 | 10,95 | 10,95 |

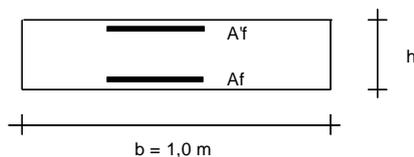
condizione sismica -

| sezione | h | Mt stat | Mt sism | Mq | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|---------|---------|---------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 4,48 | 63,92 | 2,33 | 0,00 | 0,00 | 2,49 | 68,73 | 0,00 | 72,12 | 72,12 |
| e-e | 3,36 | 26,96 | 0,98 | 0,00 | 0,00 | 1,25 | 29,19 | 0,00 | 46,81 | 46,81 |
| f-f | 2,24 | 7,99 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,49 | 8,77 | 0,00 | 26,35 | 26,35 |
| g-g | 1,12 | 1,00 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 1,14 | 0,00 | 10,75 | 10,75 |

SCHEMA DELLE ARMATURE

ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|--------------------------|-----|-------|----|--------------------------|
| 1 | 5,0 | 16 | | 5 | 10,0 | 16 | |
| 2 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> | 6 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| 3 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> | 7 | 10,0 | 16 | |
| 4 | 5,0 | 16 | | 8 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> |
| | | | | 9 | 0,0 | 0 | <input type="checkbox"/> |

Calcola

VERIFICHE


- a-a pos 1-2-3-4
- b-b pos 1-2-3-4
- c-c pos 1-4
- d-d pos 5-6-7-8-9
- e-e pos 5-6-7-8-9
- f-f pos 5-7-8
- g-g pos 5-7

Condizione Statica

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σc | σf |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) |
| a - a | 15,84 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,30 | 21,95 |
| b - b | -43,14 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,81 | 59,79 |
| c - c | -20,29 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,38 | 28,12 |
| d - d | 63,92 | 72,80 | 1,00 | 20,11 | 20,11 | 0,62 | 19,72 |
| e - e | 26,96 | 47,25 | 0,83 | 20,11 | 20,11 | 0,36 | 8,51 |
| f - f | 7,99 | 26,60 | 0,65 | 20,11 | 20,11 | 0,16 | 1,99 |
| g - g | 1,00 | 10,85 | 0,48 | 20,11 | 20,11 | 0,04 | -0,04 |

Condizione Sismica

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σc | σf |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) |
| a - a | 18,05 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,34 | 25,02 |
| b - b | -52,05 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,97 | 72,14 |
| c - c | -23,49 | 0,00 | 0,80 | 10,05 | 10,05 | 0,44 | 32,56 |
| d - d | 70,03 | 72,12 | 1,00 | 20,11 | 20,11 | 0,68 | 23,10 |
| e - e | 29,74 | 46,81 | 0,83 | 20,11 | 20,11 | 0,40 | 10,35 |
| f - f | 8,93 | 26,35 | 0,65 | 20,11 | 20,11 | 0,18 | 2,69 |
| g - g | 1,16 | 10,75 | 0,48 | 20,11 | 20,11 | 0,04 | 0,01 |

(n.b.: M+ tende le fibre di intradosso, M- tende le fibre di estradosso)

10.6 VERIFICHE STABILITÀ GLOBALE

| | γ [kN/m ³] | ϕ [°] | c [kPa] | Descrizione |
|-------------|----------------------------------|---------------|------------|------------------------------|
| materiale 1 | 19 | 29,25 | 0 | terreno rilevato |
| materiale 2 | 20 | 29,25 | 0 | terreno fondazione - CBA alt |
| materiale 3 | 0 | 0 | 0 | |
| materiale 4 | 0 | 0 | 0 | |

 peso specifico acqua 9,81 [kN/m³]

| | | | | | | |
|-----------------|-----------|-----------|-------|---|-------|------------|
| azioni sismiche | a_g/g | 0,093 (-) | S_s | 1 | k_h | 0,0186 (-) |
| | β_s | 0,2 | S_T | 1 | k_v | 0,0093 (-) |

x muro 100 (m) y muro 100 (m)

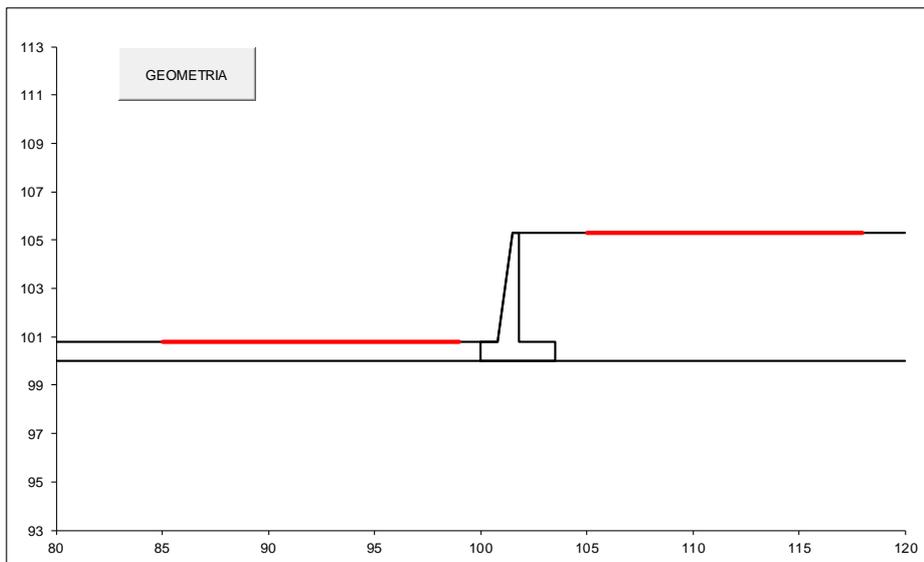
| p.c. valle | | | p.c. monte | | | superficie 1 | | superficie 2 | | superficie 3 | | falda | | |
|-------------|---------|---------|------------|---------|---------|--------------|---------|--------------|----|--------------|---|-------|---------|---------|
| materiale 1 | | | | | | materiale 2 | | materiale 4 | | materiale 2 | | | | |
| x | y | | x | y | | x | y | x | y | x | y | x | y | |
| 0 | 100,000 | 100,800 | 0 | 101,800 | 105,280 | 0 | 80,000 | 100,000 | 0 | | | 0 | 70,000 | 90,000 |
| 1 | 80,000 | 100,800 | 1 | 120,000 | 105,280 | 1 | 120,000 | 100,000 | 1 | | | 1 | 129,000 | 104,500 |
| 2 | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | | 2 | | |
| 3 | | | 3 | | | 3 | | | 3 | | | 3 | | |
| 4 | | | 4 | | | 4 | | | 4 | | | 4 | | |
| 5 | | | 5 | | | 5 | | | 5 | | | 5 | | |
| 6 | | | 6 | | | 6 | | | 6 | | | 6 | | |
| 7 | | | 7 | | | 7 | | | 7 | | | 7 | | |
| 8 | | | 8 | | | 8 | | | 8 | | | 8 | | |
| 9 | | | 9 | | | 9 | | | 9 | | | 9 | | |
| 10 | | | 10 | | | 10 | | | 10 | | | 10 | | |

Sovraccarichi

| | | | | | | |
|----------------|--------------------------|----------|----------|-----------|-----------|---------|
| sovraccarico 1 | <input type="checkbox"/> | X_{in} | Q_{in} | X_{rin} | Q_{rin} | % sisma |
| sovraccarico 2 | <input type="checkbox"/> | 101 | 0 | 109 | 0 | 0% |

Limiti ricerca superfici

| | | | | | | | |
|----|----|----|-----|----------|----|---------------------|------|
| Xa | 85 | Xc | 105 | alfa min | 40 | # superfici massimo | 1331 |
| Xb | 99 | Xd | 118 | alfa max | 70 | | |
| n1 | 10 | n2 | 10 | n alfa | 10 | | |





RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Canale idraulico e strade di ricucitura

OPERA DI SCAVALCO CANALE IDRAULICO
Relazione di calcolo dei muri d'ala

| | | | | | |
|----------|-------|----------------|-----------|------|----------|
| PROGETTO | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IA1U | 03 | E 78 CL NI0200 | 303 | A | 54 DI 54 |

| |
|----------|
| #strisce |
| 30 |

| # Superfici Calcolate | FS Bishop |
|-----------------------|---------------|
| 572 | STATICO 1,775 |
| | SISMICO 1,701 |

