

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

RADDOPPIO TRATTA FIUME TORTO – LERCARA DIRAMAZIONE LOTTO 1 + 2

VIABILITÀ

NV20 – Nuova viabilità di collegamento Roccapalumba-Lercara

Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

SCALA:

| | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
| RS3Z | 00 | D | 26 | CL | NV2005 | 016 | B |

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato | Data |
|------|------------------------------|------------|--------------|--------------|--------------|------------|--------------|--|------|
| A | EMISSIONE ESECUTIVA | C. INTEGRA | Gennaio 2020 | M.SALLEOLINI | Gennaio 2020 | A. BARRECA | Gennaio 2020 | F. GREGORI Mag. 2020 ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD Det. Ing. Francesco GREGORI Ordine degli Ingegneri della provincia di Roma n. 25372/Str. | |
| B | 1° AGG. A CONSEGNA CSLLPP | C. INTEGRA | Maggio 2020 | M.SALLEOLINI | Maggio 2020 | A. BARRECA | Maggio 2020 | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

File: RS3Z00D26CLNV2005016B

n. Elab.:

INDICE

| | |
|---|-----------|
| 1. PREMESSA | 1 |
| 2. DESCRIZIONE GENERALE..... | 2 |
| 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 3 |
| 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI..... | 4 |
| 5. CONDIZIONI GEOTECNICHE..... | 5 |
| 6. CRITERI DI VERIFICA..... | 6 |
| 6.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi..... | 6 |
| 6.2 Verifiche agli stati limite di esercizio..... | 6 |
| 7. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA..... | 9 |
| 8. ANALISI DEI CARICHI..... | 10 |
| 9. VERIFICHE GEOTECNICHE | 12 |
| 9.1 Condizione statica..... | 14 |
| 9.2 Condizione sismica (+)..... | 16 |
| 9.3 Condizione sismica (-)..... | 18 |
| 10. VERIFICHE STRUTTURALI..... | 20 |
| 10.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi..... | 20 |
| 10.2 Verifiche a fessurazione | 24 |
| 11. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI | 27 |

1. PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione definitiva del collegamento Palermo-Catania, raddoppio tratta Fiumetorto-Lercara Diramazione, appartenente alla Direttrice ferroviaria Messina-Catania-Palermo.

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale del muro tra la progressiva 5+287.00 e 5+332.00 di lunghezza pari a 45 m. Si riportano di seguito le dimensioni dei conci che compongono il muro.

| Concio | L [m] | H _{min} [m] | H _{max} [m] |
|--------|-------|----------------------|----------------------|
| 1 | 11.99 | 2.82 | 1.81 |
| 2 | 5.59 | 2.17 | 1.7 |
| 3 | 3.56 | 2.1 | 1.8 |
| 4 | 11.99 | 2.3 | 1.31 |
| 5 | 8.99 | 1.31 | 0.59 |

2. DESCRIZIONE GENERALE

Tra la progressiva 5+287.00 e 5+332.00 è presente un muro di sostegno con sezione tipologica ad L, ad elevazione variabile e spessore variabile, con una fondazione di larghezza 3.50m e spessore 0.50m. L'altezza di calcolo è pari a 2.50m, ovvero i 2/3 dell'altezza massima del terreno spingente di monte.

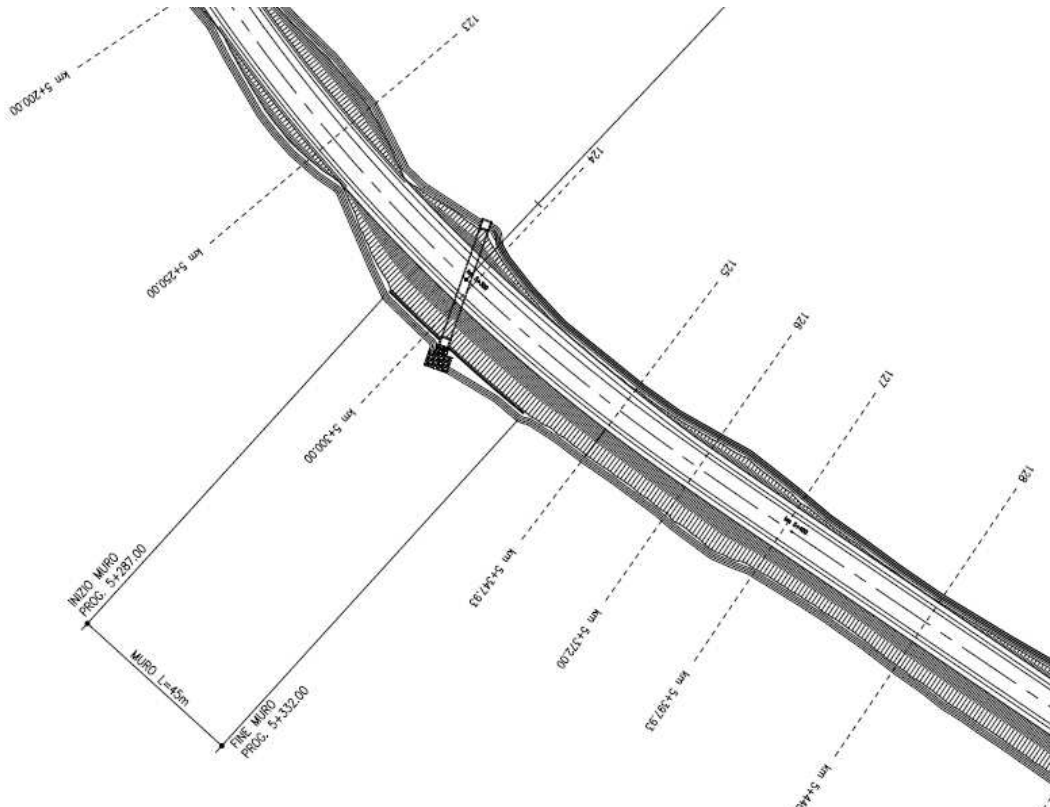


Figura 2.1 – Planimetria di progetto (posizione definitiva)

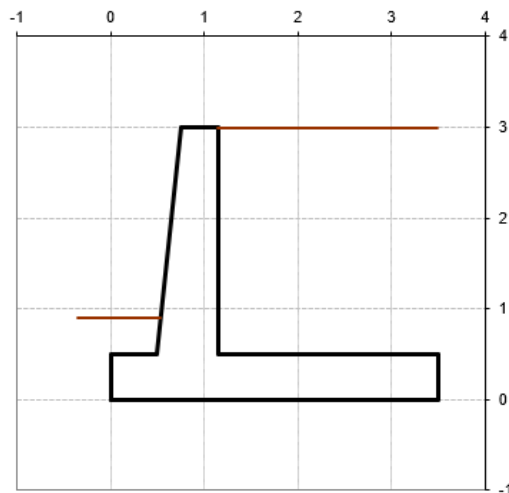


Figura 2.2 – Sezione tipologica



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA–CATANIA–PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO – LERCARA
DIRAMAZIONE – LOTTO 1+2

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
Roccapalumba-Lercara
Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|---------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 3 di 29 |

3. **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: “Manuale di progettazione delle opere civili” del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture

Riferimenti STI:

- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019.

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

CALCESTRUZZO

| Classe di resistenza calcestruzzo | C32/40 | | | |
|--|-----------|------------------------------|-----------------|------|
| Caratteristiche del calcestruzzo | | | | |
| resistenza caratteristica cubica | R_{ck} | 40 [MPa] | | |
| resistenza caratteristica cilindrica | f_{ck} | 33.2 [MPa] | | |
| resistenza cilindrica media | f_{cm} | 41.2 [MPa] | | |
| resistenza media a trazione semplice | f_{ctm} | 3.1 [MPa] | | |
| resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%) | f_{ctk} | 2.2 [MPa] | | |
| modulo elastico istantaneo | E_{cm} | 33,643 [MPa] | | |
| Resistenze di calcolo | | | COEFFICIENTI | |
| resistenza di calcolo a compressione | f_{cd} | 18.8 [MPa] | $\gamma_c =$ | 1.5 |
| resistenza di calcolo a trazione | f_{ctd} | 1.4 [MPa] | $\alpha_{cc} =$ | 0.85 |
| coefficiente di espansione termica lineare | α | 1.00E-05 [°C ⁻¹] | | |

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

| Tipo di acciaio | B450C | | | |
|--|----------|--------------|--------------|------|
| Caratteristiche del calcestruzzo | | | | |
| tensione caratteristica di snervamento | f_{yk} | 450 [MPa] | | |
| tensione caratteristica di rottura | f_{tk} | 540 [MPa] | | |
| Resistenze di calcolo | | | COEFFICIENTI | |
| resistenza di progetto | f_{yd} | 391.3 [MPa] | $\gamma_s =$ | 1.15 |
| modulo elastico | E_s | 200000 [MPa] | | |

Per il calcestruzzo armato si assume

 $\gamma_{cls} = 25 \text{ kN/m}^3$

5. CONDIZIONI GEOTECNICHE

Nella seguente tabella sono riassunti i valori delle caratteristiche del terreno di fondazione assunti nel calcolo.

| | | |
|--|----------------------|-------|
| Unità | - | 1 |
| Categoria Terreno | - | B |
| Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | 5.0 |
| Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | 26.0 |
| Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | 19.0 |
| Modulo di deformazione | (kN/m ²) | 20000 |

Per ulteriori informazioni riguardo la geologia e la geotecnica di sito, consultare gli elaborati riportati nella tabella seguente.

| | |
|--|----------------------|
| Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 1/7 | RS3Z00D26PZGE0000001 |
| Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 2/7 | RS3Z00D26PZGE0000002 |
| Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 3/7 | RS3Z00D26PZGE0000003 |
| Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 4/7 | RS3Z00D26PZGE0000004 |
| Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 5/7 | RS3Z00D26PZGE0000005 |
| Planimetria e Sezioni geotecniche viabilità - Tav. 6/7 | RS3Z00D26PZGE0000006 |
| Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 1/7 | RS3Z00D26F9GE0000001 |
| Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 2/7 | RS3Z00D26F9GE0000002 |
| Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 3/7 | RS3Z00D26F9GE0000003 |
| Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 4/7 | RS3Z00D26F9GE0000004 |
| Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 5/7 | RS3Z00D26F9GE0000005 |
| Profilo longitudinale geotecnico viabilità - Tav. 6/7 | RS3Z00D26F9GE0000006 |

6. CRITERI DI VERIFICA

6.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi

Si è verificato che il valore di progetto degli effetti delle azioni, ovvero delle sollecitazioni flettenti M_d sia minore dei corrispondenti momenti resistenti M_r delle sezioni di progetto.

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni vengono definiti in base a quanto indicato nel D.M. 17 gennaio 2018.

Per quanto riguarda le verifiche a taglio ultimo, si è fatto riferimento al paragrafo 4.1.2.3.5 “Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti” del D.M. 17 gennaio 2018.

6.2 Verifiche agli stati limite di esercizio

Definizione degli stati limite di fessurazione

In ordine di severità crescente si distinguono i seguenti stati limite:

- stato limite di decompressione nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;
- stato limite di formazione delle fessure, nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1,2}$$

- stato limite di apertura delle fessure nel quale, per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

Condizioni ambientali

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella tabella seguente:

| CONDIZIONI AMBIENTALI | CLASSE DI ESPOSIZIONE |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, XF1 |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3 |
| Molto aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4 |

Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni aggressive.

Scelta degli stati limite di fessurazione

Nella tabella sottostante sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle esigenze sopra riportate.

| Gruppi di esigenze | Condizioni ambientali | Combinazione di azioni | Armatura | | | |
|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | | | Sensibile | | Poco sensibile | |
| | | | Stato limite | w _d | Stato limite | w _d |
| a | Ordinarie | frequente | ap. fessure | ≤w ₂ | ap. fessure | ≤w ₃ |
| | | quasi permanente | ap. fessure | ≤w ₁ | ap. fessure | ≤w ₂ |
| b | Aggressive | frequente | ap. fessure | ≤w ₁ | ap. fessure | ≤w ₂ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | ap. fessure | ≤w ₁ |
| c | Molto aggressive | frequente | formazione fessure | - | ap. fessure | ≤w ₁ |
| | | quasi permanente | decompressione | - | ap. fessure | ≤w ₁ |

Come da manuale RFI DTC SI PS MA IFS 001 B (2.5.1.8.3.2.4) si assume in questo caso per la verifica a fessurazione la combinazione Rara e come limite massimo di apertura delle fessure w₁=0.2 mm, (per strutture a permanente contatto con il terreno).



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
Roccapalumba-Lercara
Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|---------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 8 di 29 |

Stato limite di apertura delle fessure

Il valore caratteristico di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non deve superare i valori nominali w_1 , w_2 , w_3 secondo quanto riportato nella Tabella sopra riportata.

Il valore caratteristico di calcolo è data da:

$$w_d = 1,70 \cdot w_m$$

dove w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure w_m è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ε_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

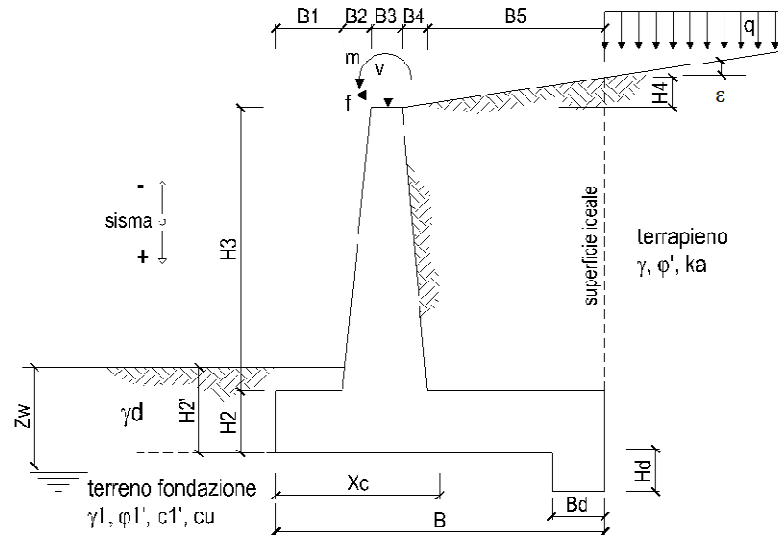
$$w_m = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ε_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica. ε_{sm} può essere calcolato tenendo conto dell'effetto del "tension stiffening" nel rispetto della limitazione:

$$\varepsilon_{sm} \geq 0,6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s}$$

con σ_s tensione nell'acciaio dell'armatura tesa (per sezione fessurata) nelle condizioni di carico considerate ed E_s è il modulo elastico dell'acciaio.

7. GEOMETRIA DELLA STRUTTURA



DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

| | | | |
|----------------------------|------|------|-----|
| Elevazione | H3 = | 2.50 | (m) |
| Aggetto Valle | B2 = | 0.25 | (m) |
| Spessore del Muro in Testa | B3 = | 0.40 | (m) |
| Aggetto monte | B4 = | 0.00 | (m) |

Geometria della Fondazione

| | | | |
|----------------------|------|------|-----|
| Larghezza Fondazione | B = | 3.50 | (m) |
| Spessore Fondazione | H2 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Valle | B1 = | 0.50 | (m) |
| Suola Lato Monte | B5 = | 2.35 | (m) |
| Altezza dente | Hd = | 0.00 | (m) |
| Larghezza dente | Bd = | 0.00 | (m) |
| Mezzeria Sezione | Xc = | 1.75 | (m) |

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 10 di 29 |

8. ANALISI DEI CARICHI

| | | | valori caratteristici SLE | valori di progetto | | |
|-------------------------|--|----------------------|--|--------------------|-------|-------|
| | | | | STR/GEO | EQU | |
| Dati Geotecnici | | | | | | |
| Dati Terrapieno | Angolo di attrito del terrapieno | (°) | ϕ' | 30.00 | 30.00 | 24.79 |
| | Peso Unità di Volume del terrapieno | (kN/m ³) | γ' | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| | Angolo di attrito terreno-superficie ideale | (°) | δ | 15.00 | 15.00 | 12.40 |
| Dati Terreno Fondazione | Condizioni | | <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate | | | |
| | Coesione Terreno di Fondazione | (kPa) | $c1'$ | 5.00 | 5.00 | 4.00 |
| | Angolo di attrito del Terreno di Fondazione | (°) | $\phi1'$ | 26.00 | 26.00 | 21.32 |
| | Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione | (kN/m ³) | $\gamma1$ | 19.00 | 19.00 | 19.00 |
| | Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione | (kN/m ³) | γd | 19.00 | 19.00 | 19.00 |
| | Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2*B) | (m) | Hs | 7.00 | | |
| | Modulo di deformazione | (kN/m ²) | E | 20000 | | |

| | | | | |
|--------------|--|-----------|----------|--|
| Dati Sismici | Accelerazione sismica | a_g/g | 0.102 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Stratigrafico | S_s | 1.2 | (-) |
| | Coefficiente Amplificazione Topografico | S_T | 1 | (-) |
| | Coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima | β_m | 0.38 | (-) |
| | Coefficiente sismico orizzontale | k_h | 0.046512 | (-) |
| | Coefficiente sismico verticale | k_v | 0.0233 | (-) |
| | 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 | k_a | 0.301 | 0.301 | 0.370 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma + | k_{as+} | 0.330 | 0.330 | 0.402 |
| | Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sisma - | k_{as-} | 0.331 | 0.331 | 0.404 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva | k_p | 2.561 | 2.561 | 2.142 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma + | k_{ps+} | 2.487 | 2.487 | 2.074 |
| | Coeff. Di Spinta Passiva Sismica sisma - | k_{ps-} | 2.484 | 2.484 | 2.071 |

| | | | valori caratteristici SLE - sisma | valori di progetto | | |
|--|---|--|--------------------------------------|--------------------------------|-------|-------|
| | | | | STR/GEO | EQU | |
| Carichi Agenti | | | | | | |
| Carichi permanenti | Sovraccarico permanente | (kN/m ²) | q_p | 40.85 | 53.10 | 44.93 |
| | Sovraccarico su zattera di monte | <input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no | | | | |
| | Forza Orizzontale in Testa permanente | (kN/m) | f_p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | Forza Verticale in Testa permanente | (kN/m) | v_p | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Condizioni Statiche | Momento in Testa permanente | (kNm/m) | m_p | 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 |
| Coefficients di combinazione condizione frequente Y1 | | | 0.75 | condizione quasi permanente Y2 | | 0.00 |
| Condizioni Sismiche | Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche | (kN/m ²) | q_s | 0.00 | | |
| | Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | f_s | 0.00 | | |
| | Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kN/m) | v_s | 0.00 | | |
| | Momento in Testa accidentale in condizioni sismiche | (kNm/m) | m_s | 0.00 | | |

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
Roccapalumba-Lercara
Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 11 di 29 |

Combinazioni coefficienti parziali di verifica

| | |
|--------------------|----------------------------|
| Approccio 2 | A1+M1+R3 EQU+M2 |
|--------------------|----------------------------|

| Carichi | Effetto | Coeff. Parziale | EQU | A1 (STR) | A2 (GEO) | SLE |
|------------|-------------|-----------------|------|----------|----------|------|
| Permanenti | favorevole | γ_G | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| | sfavorevole | | 1.10 | 1.30 | 1.00 | 1.00 |
| Variabili | favorevole | γ_Q | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | sfavorevole | | 1.50 | 1.50 | 1.30 | 1.00 |

| Parametro | | Coeff. Parziale | M1 | M2 | SLE |
|------------------------|-------------------|------------------|------|------|------|
| angolo d'attrito | $\tan \varphi'_k$ | γ_φ | 1.00 | 1.25 | 1.00 |
| coesione | c'_k | $\gamma_{c'}$ | 1.00 | 1.25 | 1.00 |
| resistenza non drenata | c_{uk} | γ_{cu} | 1.00 | 1.40 | 1.00 |
| peso unità di volume | γ | γ_γ | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

| Verifica | Coeff. Parziale | R1 | R2 | R3 | SLE |
|------------------------------|-----------------|------|------|------|------|
| Capacità portante fondazione | γ_R | 1.00 | 1.00 | 1.40 | 2.00 |
| Scorrimento | | 1.00 | 1.00 | 1.10 | 1.30 |
| Ribaltamento | | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.50 |

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 12 di 29 |

9. VERIFICHE GEOTECNICHE

FORZE VERTICALI

| | | SLE | STR/GEO | EQU | |
|--|---|--------|---------|--------|--------|
| - Peso del Muro (Pm) | | | | | |
| Pm1 = | $(B2 \cdot H3 \cdot g_{cls}) / 2$ | (kN/m) | 7.81 | 7.81 | 7.03 |
| Pm2 = | $(B3 \cdot H3 \cdot g_{cls})$ | (kN/m) | 25.00 | 25.00 | 22.50 |
| Pm3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot g_{cls}) / 2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pm4 = | $(B \cdot H2 \cdot g_{cls})$ | (kN/m) | 43.75 | 43.75 | 39.38 |
| Pm5 = | $(Bd \cdot Hd \cdot g_{cls})$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pm = | Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 | (kN/m) | 76.56 | 76.56 | 68.91 |
| - Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt) | | | | | |
| Pt1 = | $(B5 \cdot H3 \cdot g')$ | (kN/m) | 117.50 | 117.50 | 105.75 |
| Pt2 = | $(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot g')$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pt3 = | $(B4 \cdot H3 \cdot g') / 2$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Sovr = | $q_p \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Pt = | Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr | (kN/m) | 117.50 | 117.50 | 105.75 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0 | 0 | |
| Sovr acc. Sism | $q_s \cdot (B4 + B5)$ | (kN/m) | 0 | | |

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

| | | SLE | STR/GEO | EQU | |
|---|---|---------|---------|--------|--------|
| - Muro (Mm) | | | | | |
| Mm1 = | $Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$ | (kNm/m) | 5.21 | 5.21 | 4.69 |
| Mm2 = | $Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$ | (kNm/m) | 23.75 | 23.75 | 21.38 |
| Mm3 = | $Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mm4 = | $Pm4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 76.56 | 76.56 | 68.91 |
| Mm5 = | $Pm5 \cdot (B - Bd/2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mm = | Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 | (kNm/m) | 105.52 | 105.52 | 94.97 |
| - Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro | | | | | |
| Mt1 = | $Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$ | (kNm/m) | 273.19 | 273.19 | 245.87 |
| Mt2 = | $Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mt3 = | $Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Msovr = | $Sovr \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mt = | Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr | (kNm/m) | 273.19 | 273.19 | 245.87 |
| - Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro | | | | | |
| Sovr acc. Stat | $q \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0 | 0 | |
| Sovr acc. Sism | $q_s \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/2 \cdot (B4 + B5))$ | (kNm/m) | 0 | | |

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 13 di 29 |

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia orizzontale e verticale del muro (Ps)

| | | | |
|--------|----------------|--------|------|
| Ps h = | $P_m \cdot kh$ | (kN/m) | 3.56 |
| Ps v = | $P_m \cdot kv$ | (kN/m) | 1.78 |

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

| | | | |
|--------|----------------|--------|------|
| Ptsh = | $P_t \cdot kh$ | (kN/m) | 5.47 |
| Ptsv = | $P_t \cdot kv$ | (kN/m) | 2.73 |

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

| | | | |
|---------|--------------------------------------|---------|------|
| MPs1 h= | $kh \cdot P_m 1 \cdot (H_2 + H_3/3)$ | (kNm/m) | 0.48 |
| MPs2 h= | $kh \cdot P_m 2 \cdot (H_2 + H_3/2)$ | (kNm/m) | 2.03 |
| MPs3 h= | $kh \cdot P_m 3 \cdot (H_2 + H_3/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs4 h= | $kh \cdot P_m 4 \cdot (H_2/2)$ | (kNm/m) | 0.51 |
| MPs5 h= | $-kh \cdot P_m 5 \cdot (H_d/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs h= | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 3.03 |

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

| | | | |
|---------|--|---------|------|
| MPs1 v= | $kv \cdot P_m 1 \cdot (B_1 + 2/3 \cdot B_2)$ | (kNm/m) | 0.12 |
| MPs2 v= | $kv \cdot P_m 2 \cdot (B_1 + B_2 + B_3/2)$ | (kNm/m) | 0.55 |
| MPs3 v= | $kv \cdot P_m 3 \cdot (B_1 + B_2 + B_3 + B_4/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs4 v= | $kv \cdot P_m 4 \cdot (B/2)$ | (kNm/m) | 1.78 |
| MPs5 v= | $kv \cdot P_m 5 \cdot (B - B_d/2)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPs v= | $MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5$ | (kNm/m) | 2.45 |

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

| | | | |
|----------|--|---------|------|
| MPts1 h= | $kh \cdot P_t 1 \cdot (H_2 + H_3/2)$ | (kNm/m) | 9.56 |
| MPts2 h= | $kh \cdot P_t 2 \cdot (H_2 + H_3 + H_4/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts3 h= | $kh \cdot P_t 3 \cdot (H_2 + H_3 \cdot 2/3)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts h= | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 9.56 |

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

| | | | |
|----------|--|---------|------|
| MPts1 v= | $kv \cdot P_t 1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 6.35 |
| MPts2 v= | $kv \cdot P_t 2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts3 v= | $kv \cdot P_t 3 \cdot ((H_2 + H_3 \cdot 2/3) - (B_1 + B_2 + B_3 + 2/3 \cdot B_4) \cdot 0.5)$ | (kNm/m) | 0.00 |
| MPts v= | $MPts1 + MPts2 + MPts3$ | (kNm/m) | 6.35 |

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 14 di 29 |

9.1 Condizione statica

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

| | (kN/m) | SLE | STR/GEO | EQU |
|---|--------|-------|---------|-------|
| St = $0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d)^2 \cdot k_a$ | 27.13 | 27.13 | 35.27 | 36.67 |
| Sq perm = $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | 36.94 | 36.94 | 48.02 | 49.93 |
| Sq acc = $q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + H_d) \cdot k_a$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

- Componente orizzontale condizione statica

| | | | | |
|--|--------|-------|-------|-------|
| Sth = $St \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 26.20 | 34.06 | 35.81 |
| Sqh perm = $Sq \text{ perm} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 35.68 | 46.38 | 48.76 |
| Sqh acc = $Sq \text{ acc} \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

- Componente verticale condizione statica

| | | | | |
|--|--------|------|-------|-------|
| Stv = $St \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 7.02 | 9.13 | 7.87 |
| Sqv perm = $Sq \text{ perm} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 9.56 | 12.43 | 10.72 |
| Sqv acc = $Sq \text{ acc} \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

- Spinta passiva sul dente

| | | | | |
|--|--------|------|------|------|
| Sp = $\frac{1}{2} \cdot g_1 \cdot H_d^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot H_d^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_d^2) \cdot H_d$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
|--|--------|------|------|------|

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

| | (kNm/m) | SLE | STR/GEO | EQU |
|---|---------|-------|---------|-------|
| MSt1 = $Sth \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 3 - H_d)$ | 26.20 | 26.20 | 34.06 | 35.81 |
| MSt2 = $Stv \cdot B$ | 24.57 | 24.57 | 31.95 | 27.55 |
| MSq1 perm = $Sqh \text{ perm} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | 53.52 | 53.52 | 69.57 | 73.15 |
| MSq1 acc = $Sqh \text{ acc} \cdot ((H_2 + H_3 + H_4 + H_d) / 2 - H_d)$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MSq2 perm = $Sqv \text{ perm} \cdot B$ | 33.46 | 33.46 | 43.50 | 37.51 |
| MSq2 acc = $Sqv \text{ acc} \cdot B$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| MSp = $\gamma_1 \cdot H_d^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H_d^2) \cdot H_d^2 / 2$ | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

| | | | | |
|---|---------|------|------|------|
| Mfext1 = $mp + m$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mfext2 = $(fp + f) \cdot (H_3 + H_2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Mfext3 = $(vp + v) \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2)$ | (kNm/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (STR/GEO)

Risultante forze verticali (N)

| | | |
|--|--------|--------|
| N = $P_m + P_t + v + Stv + Sqv \text{ perm} + Sqv \text{ acc}$ | 215.62 | (kN/m) |
|--|--------|--------|

Risultante forze orizzontali (T)

| | | |
|---------------------|-------|--------|
| T = $Sth + Sqh + f$ | 80.45 | (kN/m) |
|---------------------|-------|--------|

Coefficiente di attrito alla base (f)

| | | |
|--------------------|------|-----|
| f = $\tan \phi_1'$ | 0.49 | (-) |
|--------------------|------|-----|

| | | | | |
|------------------|-------------------------|-------------|-------------|------------|
| Fs scorr. | (N * f + Sp) / T | 1.31 | > | 1.1 |
|------------------|-------------------------|-------------|-------------|------------|

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU)

Momento stabilizzante (Ms)

| | | |
|------------------------------|--------|---------|
| Ms = $M_m + M_t + M_{fext3}$ | 340.84 | (kNm/m) |
|------------------------------|--------|---------|

Momento ribaltante (Mr)

| | | |
|---|-------|---------|
| Mr = $M_{St} + M_{Sq} + M_{fext1} + M_{fext2} + M_{Sp}$ | 43.90 | (kNm/m) |
|---|-------|---------|

| | | | | |
|------------------------|----------------|-------------|-------------|----------|
| Fs ribaltamento | Ms / Mr | 7.76 | > | 1 |
|------------------------|----------------|-------------|-------------|----------|

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
Roccapalumba-Lercara
Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 15 di 29 |

VERIFICA CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE (STR/GEO)

| | | | |
|--|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v (+ Sovr\ acc)$ | 215.62 | 215.62 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | |
| $T = S_{th} + S_{qh} + f - Sp$ | 80.45 | 80.45 | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | |
| $MM = \Sigma M$ | 350.52 | 350.52 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | |
| $M = X_c \cdot N - MM$ | 26.82 | 26.82 | (kNm/m) |

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' | coesione terreno di fondaz. | 5.00 | (kPa) |
| ϕ_1' | angolo di attrito terreno di fondaz. | 26.00 | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 9.00 | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma_d H^2$ | sovraccarico stabilizzante | 17.10 | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.12 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 3.25 | (m) |

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

| | | | |
|---|------------------------|-------|-----|
| $N_q = \tan^2(45 + \phi'/2) e^{(\pi \tan \phi')}$ | (1 in cond. nd) | 11.85 | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \tan(\phi')$ | (2+ π in cond. nd) | 22.25 | (-) |
| $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan(\phi')$ | (0 in cond. nd) | 12.54 | (-) |

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

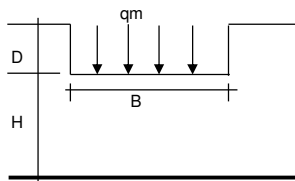
| | | | | |
|--|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.46 | 0.46 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.41 | 0.41 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B^* c' \cot \phi'))^{m+1}$ | | 0.31 | 0.31 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 195.18 | 195.18 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} \cdot B^* / N$ | Nmin | 2.94 | > | 1.4 |
| | | Nmax | 2.94 | > | |

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE



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

| | | |
|-------------|--------|---------|
| N | 210.64 | (kN/m) |
| M | 11.60 | (kNm/m) |
| $e = M / N$ | 0.06 | (m) |
| B^* | 3.39 | (m) |

| | | | |
|---|-------|------|-----|
| Profondità Piano di Posa della Fondazione | D = | 0.90 | (m) |
| | D/B* | 0.27 | (m) |
| | Hs/B* | 2.07 | (m) |

| | | | |
|----------------------------|--------------------------------|-------|---------|
| Carico unitario medio (qm) | $q_m = N / (B - 2e) = N / B^*$ | 63.61 | (kN/mq) |
|----------------------------|--------------------------------|-------|---------|

| | | | |
|--|-----------|-------|-----|
| Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$ | $\mu_0 =$ | 0.949 | (-) |
|--|-----------|-------|-----|

| | | | |
|---|-----------|------|-----|
| Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$ | $\mu_1 =$ | 0.68 | (-) |
|---|-----------|------|-----|

| | | | |
|----------------------------|--|------|------|
| Cedimento della fondazione | $\delta = \mu_0 \cdot \mu_1 \cdot q_m \cdot B^* / E =$ | 6.92 | (mm) |
|----------------------------|--|------|------|

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 16 di 29 |

9.2 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) | 27.13 | 27.13 | 33.33 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1+kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^+$ | (kN/m) | 3.25 | 3.25 | 3.72 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^+$ | (kN/m) | 40.42 | 40.42 | 49.30 |
| 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) | 26.20 | 26.20 | 32.56 |
| Sst1h sism = Sst1 sism * cos δ | (kN/m) | 3.14 | 3.14 | 3.63 |
| Ssq1h perm = Ssq1 perm * cos δ | (kN/m) | 39.04 | 39.04 | 48.15 |
| 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) | 7.02 | 7.02 | 7.16 |
| Sst1v sism = Sst1 sism * sen δ | (kN/m) | 0.84 | 0.84 | 0.80 |
| Ssq1v perm = Ssq1 perm * sen δ | (kN/m) | 10.46 | 10.46 | 10.58 |
| 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) | 26.20 | 26.20 | 32.56 |
| MSst1 sism = Sst1h sism * ((H2+H3+H4+hd)/3-hd) | (kNm/m) | 3.14 | 3.14 | 3.63 |
| MSst2 stat = Sst1v stat * B | (kNm/m) | 24.57 | 24.57 | 25.04 |
| MSst2 sism = Sst1v sism * B | (kNm/m) | 2.94 | 2.94 | 2.79 |
| MSsq1 = Ssq1h * ((H2+H3+H4+hd)/2-Hd) | (kNm/m) | 58.56 | 58.56 | 72.23 |
| MSsq2 = Ssq1v * B | (kNm/m) | 36.61 | 36.61 | 37.04 |
| 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 | 216.90 | (kN/m) | |
|--|--------|--------|--|

Risultante forze orizzontali (T)

| | | | |
|--|-------|--------|--|
| T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs +Ps h + Ptsh | 77.41 | (kN/m) | |
|--|-------|--------|--|

Coefficiente di attrito alla base (f)

| | | | |
|------------------|------|-----|--|
| f = tg ϕ_1' | 0.49 | (-) | |
|------------------|------|-----|--|

$$F_s = (N \cdot f + Sp) / T \quad \mathbf{1.37} > \mathbf{1.1}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

| | | | |
|-----------------------|--------|-----------|--|
| Ms = Mm + Mt + Mfext3 | 378.71 | (kNm/m) | |
|-----------------------|--------|-----------|--|

Momento ribaltante (Mr)

| | | | |
|---|-------|-----------|--|
| Mr = MSst+MSsq+Mfext1+Mfext2+MSp+MPs+Mpts | 47.32 | (kNm/m) | |
|---|-------|-----------|--|

$$F_r = Ms / Mr \quad \mathbf{8.00} > \mathbf{1}$$



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 17 di 29 |

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | | |
|--|---|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | | Nmin | Nmax | |
| N = | $P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv} + (Sovr\ acc)$ | 216.90 | 216.90 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | | |
| T = | $S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | 77.41 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | | |
| MM = | ΣM | 351.15 | 351.15 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | | |
| M = | $X_c * N - MM$ | 28.42 | 28.42 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c'ic + q_0N_q'iq + 0,5\gamma_1B^*N_\gamma'i_\gamma$$

| | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|-------|------|---------|
| c1' | coesione terreno di fondaz. | 5.00 | | (kN/mq) |
| $\phi 1'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 26.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 9.00 | | (kN/m³) |
| $q_0 = \gamma d'H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 17.10 | | (kN/m²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.13 | 0.13 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 3.24 | 3.24 | (m) |

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

| | | | | |
|--|------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = tg^2(45 + \phi'/2) * e^{(\pi * tg(\phi'))}$ | (1 in cond. nd) | 11.85 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / tg(\phi')$ | (2+ π in cond. nd) | 22.25 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * tg(\phi')$ | (0 in cond. nd) | 12.54 | | (-) |

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

| | | | | |
|--|-----------------|--------------|------|-----|
| | | Vesic (1975) | | |
| $i_q = (1 - T / (N + B * c' * cotg(\phi)))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.48 | 0.48 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.43 | 0.43 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' * cotg(\phi)))^{m+1}$ | | 0.33 | 0.33 | (-) |

(fondazione nastriforme m = 2)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|---------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 204.48 | 204.48 | (kN/m²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|---------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} * B^* / N$ | Nmin | 3.05 | > | 1.4 |
| | | Nmax | 3.05 | > | |

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RSZ | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 18 di 29 |

9.3 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) | 27.13 | 27.13 | 33.33 |
| Sst1 sism = $0,5 \cdot \gamma \cdot (1-kv) \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot kas^- \cdot Sst1\ stat$ | (kN/m) | 1.99 | 1.99 | 2.17 |
| Ssq1 perm = $qp \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$ | (kN/m) | 40.59 | 40.59 | 49.50 |
| Ssq1 acc = $qs \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot kas^-$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

- Componente orizzontale condizione sismica -

| | | | | |
|---|--------|-------|-------|-------|
| Sst1h stat = $Sst1\ stat \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 26.20 | 26.20 | 32.56 |
| Sst1h sism = $Sst1\ sism \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 1.92 | 1.92 | 2.12 |
| Ssq1h perm = $Ssq1\ perm \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 39.21 | 39.21 | 48.34 |
| Ssq1h acc = $Ssq1\ acc \cdot \cos \delta$ | (kN/m) | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

- Componente verticale condizione sismica -

| | | | | |
|---|--------|-------|-------|-------|
| Sst1v stat = $Sst1\ stat \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 7.02 | 7.02 | 7.16 |
| Sst1v sism = $Sst1\ sism \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 0.52 | 0.52 | 0.47 |
| Ssq1v perm = $Ssq1\ perm \cdot \sin \delta$ | (kN/m) | 10.51 | 10.51 | 10.63 |
| Ssq1v acc = $Ssq1\ acc \cdot \sin \delta$ | (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 = $Sst1h\ stat \cdot ((H2+H3+H4+hd)/3-hd)$ | (kNm/m) | 26.20 | 26.20 | 32.56 |
| MSst1 sism = $Sst1h\ sism \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3-Hd)$ | (kNm/m) | 1.92 | 1.92 | 2.12 |
| MSst2 stat = $Sst1v\ stat \cdot B$ | (kNm/m) | 24.57 | 24.57 | 25.04 |
| MSst2 sism = $Sst1v\ sism \cdot B$ | (kNm/m) | 1.80 | 1.80 | 1.63 |
| MSsq1 = $Ssq1h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2-Hd)$ | (kNm/m) | 58.81 | 58.81 | 72.52 |
| MSsq2 = $Ssq1v \cdot B$ | (kNm/m) | 36.77 | 36.77 | 37.19 |
| 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 = $(fp+fs) \cdot (H3 + H2)$ | (kNm/m) | | 0.00 | |
| Mfext3 = $(vp+vs) \cdot (B1 + B2 + B3/2)$ | (kNm/m) | | 0.00 | |

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vp + vs + Sst1v + Ssq1v + Ps v + Ptsv \quad 207.59 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fp + fs + Ps h + Ptsh \quad 76.36 \quad (\text{kN/m})$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \text{tg} \phi_1' \quad 0.49 \quad (-)$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T \quad 1.33 > 1.1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + Mfext3 \quad 378.71 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSst + MSsq + Mfext1 + Mfext2 + MSp + MP + Mpts \quad 64.73 \quad (\text{kNm/m})$$

$$Fr = Ms / Mr \quad 5.85 > 1$$

VERIFICA A CARICO LIMITE DELLA FONDAZIONE

| | | | |
|---|--------|--------|---------|
| Risultante forze verticali (N) | Nmin | Nmax | |
| $N = P_m + P_t + v_p + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_s v + P_{tsv}$ | 207.59 | 207.59 | (kN/m) |
| Risultante forze orizzontali (T) | | | |
| $T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_p + f_s + P_s h + P_{tsh} - S_p$ | 76.36 | | (kN/m) |
| Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM) | | | |
| $MM = \Sigma M$ | 333.52 | 333.52 | (kNm/m) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione (M) | | | |
| $M = X_c * N - MM$ | 29.77 | 29.77 | (kNm/m) |

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

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c'ic + q_0N_q'iq + 0,5\gamma_1B^*N_\gamma'i_\gamma$$

| | | | | |
|------------------------|--------------------------------------|-------|------|----------------------|
| c' | coesione terreno di fondaz. | 5.00 | | (kN/mq) |
| $\varphi I'$ | angolo di attrito terreno di fondaz. | 26.00 | | (°) |
| γ_1 | peso unità di volume terreno fondaz. | 9.00 | | (kN/m ³) |
| $q_0 = \gamma d^*H_2'$ | sovraccarico stabilizzante | 17.10 | | (kN/m ²) |
| $e = M / N$ | eccentricità | 0.14 | 0.14 | (m) |
| $B^* = B - 2e$ | larghezza equivalente | 3.21 | 3.21 | (m) |

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

| | | | | |
|--|------------------------|-------|--|-----|
| $N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * \text{tg}(\varphi'))}$ | (1 in cond. nd) | 11.85 | | (-) |
| $N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi')$ | (2+ π in cond. nd) | 22.25 | | (-) |
| $N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \text{tg}(\varphi')$ | (0 in cond. nd) | 12.54 | | (-) |

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

| | | | | |
|---|-----------------|------|------|-----|
| $i_q = (1 - T / (N + B * c' \cot \varphi'))^m$ | (1 in cond. nd) | 0.47 | 0.47 | (-) |
| $i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ | | 0.42 | 0.42 | (-) |
| $i_\gamma = (1 - T / (N + B * c' \cot \varphi'))^{m+1}$ | | 0.32 | 0.32 | (-) |

(fondazione nastriforme $m = 2$)

| | | | | |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|
| q_{lim} | (carico limite unitario) | 198.43 | 198.43 | (kN/m ²) |
|-----------|--------------------------|--------|--------|----------------------|

| | | | | | |
|-------------------------|---|------|-------------|---|------------|
| FS carico limite | $F = q_{lim} * B^* / N$ | Nmin | 3.07 | > | 1.4 |
| | | Nmax | 3.07 | > | |

10. VERIFICHE STRUTTURALI

10.1 Verifiche di resistenza agli stati limite ultimi

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

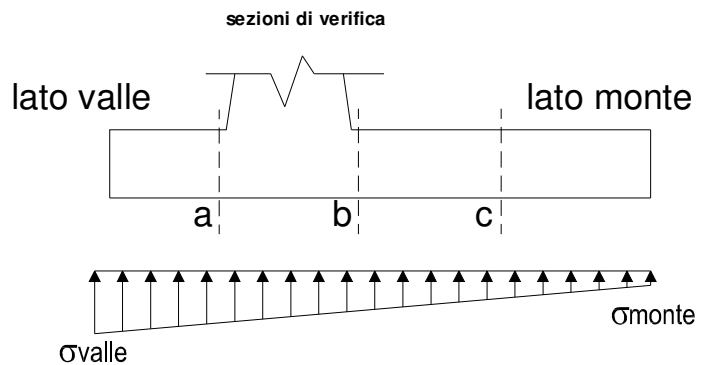
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.50 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2.04 \quad (m^3)$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|---------|--------|-------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| statico | 215.62 | 26.82 | 74.74 | 48.47 |
| | 215.62 | 26.82 | 74.74 | 48.47 |
| sisma+ | 216.90 | 28.42 | 75.89 | 48.05 |
| | 216.90 | 28.42 | 75.89 | 48.05 |
| sisma- | 207.59 | 29.77 | 73.89 | 44.73 |
| | 207.59 | 29.77 | 73.89 | 44.73 |



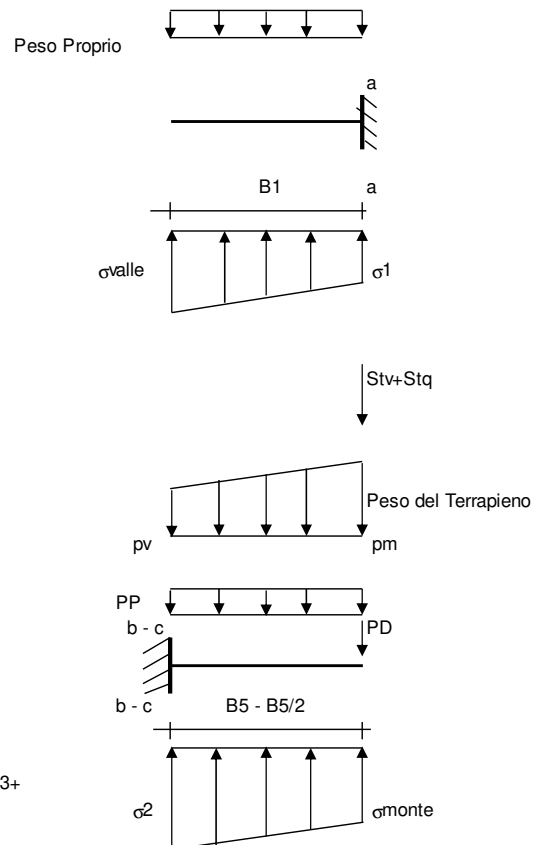
Mensola Lato Valle

$$\text{Peso Proprio.} \quad PP = 12.50 \quad (kN/m)$$

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

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

| caso | σ_{valle} | σ_1 | M_a | V_a |
|---------|----------------------|----------------------|-------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] |
| statico | 74.74 | 70.99 | 7.62 | 30.18 |
| | 74.74 | 70.99 | 7.62 | 30.18 |
| sisma+ | 75.89 | 71.91 | 7.72 | 31.55 |
| | 75.89 | 71.91 | 7.76 | 31.55 |
| sisma- | 73.89 | 69.73 | 7.54 | 30.55 |
| | 73.89 | 69.73 | 7.50 | 30.55 |



Mensola Lato Monte

$$PP = 12.50 \quad (kN/m^2) \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

$$PD = 0.00 \quad (kN/m) \quad \text{peso proprio dente}$$

| | Nmin | N max stat | N max sism | |
|-----|-------|------------|------------|----------------------|
| pm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | (kN/m ²) |
| pvb | 50.00 | 50.00 | 50.00 | (kN/m ²) |
| pvc | 50.00 | 50.00 | 50.00 | (kN/m ²) |

$$M_b = (\sigma_{monte} - (p_{vb} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (p_m - p_{vb}) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

$$M_c = (\sigma_{monte} - (p_{vc} + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B_5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B_5 / 2)^2 / 6 - (p_m - p_{vc}) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B_5 / 2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B_5 / 2 - Bd / 2) - PD \cdot kh \cdot (H_d + H_2 / 2) + M_{sp} + Sp \cdot H_2 / 2$$

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

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

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 21 di 29 |

| caso | σ_{2b} | σ_{2c} | Mb | Vb | Mc | Vc |
|---------|----------------------|----------------------|--------|--------|-------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN] | [kNm] | [kN] |
| statico | 48.47 | 66.11 | -73.16 | -33.80 | 57.29 | -32.98 |
| | 48.47 | 66.11 | -73.16 | -33.80 | 57.29 | -32.98 |
| sisma+ | 48.05 | 66.74 | -69.76 | -33.73 | 57.40 | -30.36 |
| | 48.05 | 66.74 | -69.76 | -33.73 | 57.40 | -30.36 |
| sisma- | 44.73 | 64.31 | -69.43 | -33.38 | 54.52 | -30.21 |
| | 44.73 | 64.31 | -69.43 | -33.38 | 54.52 | -30.21 |

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

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

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

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

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

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

$$N_{ext} = v$$

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

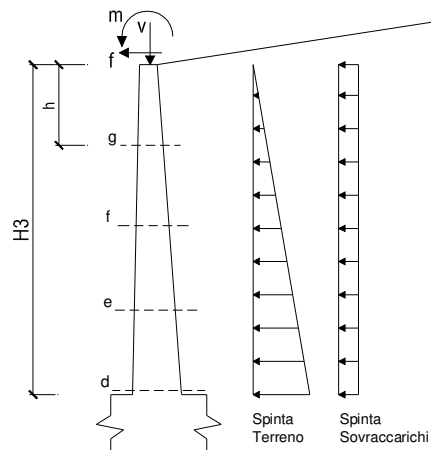
$$V_{t \text{ stat}} = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

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

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

$$V_{ext} = f$$

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


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 | 2.50 | 19.71 | 48.31 | 0.00 | 68.03 | 0.00 | 32.81 | 32.81 |
| e-e | 1.88 | 8.32 | 27.18 | 0.00 | 35.49 | 0.00 | 23.14 | 23.14 |
| f-f | 1.25 | 2.46 | 12.08 | 0.00 | 14.54 | 0.00 | 14.45 | 14.45 |
| g-g | 0.63 | 0.31 | 3.02 | 0.00 | 3.33 | 0.00 | 6.74 | 6.74 |

| sezione | h | Vt | Vq | V _{ext} | V _{tot} |
|---------|------|--------|--------|------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2.50 | 23.66 | 38.65 | 0.00 | 62.31 |
| e-e | 1.88 | 13.31 | 28.99 | 0.00 | 42.29 |
| f-f | 1.25 | 5.91 | 19.33 | 0.00 | 25.24 |
| g-g | 0.63 | 1.48 | 9.66 | 0.00 | 11.14 |

condizione sismica +

| sezione | h | M _{t stat} | M _{t 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 | 2.50 | 15.16 | 1.88 | 40.67 | 0.00 | 1.76 | 59.47 | 0.00 | 33.58 | 33.58 |
| e-e | 1.88 | 6.40 | 0.79 | 22.88 | 0.00 | 0.95 | 31.01 | 0.00 | 23.68 | 23.68 |
| f-f | 1.25 | 1.90 | 0.23 | 10.17 | 0.00 | 0.40 | 12.70 | 0.00 | 14.79 | 14.79 |
| g-g | 0.63 | 0.24 | 0.03 | 2.54 | 0.00 | 0.10 | 2.90 | 0.00 | 6.89 | 6.89 |

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
Roccapalumba-Lercara
Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 22 di 29 |

| sezione | h | Vt _{stat} | Vt _{sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|--------------------|--------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2.50 | 18.20 | 2.25 | 32.53 | 0.00 | 1.53 | 54.51 |
| e-e | 1.88 | 10.24 | 1.27 | 24.40 | 0.00 | 1.08 | 36.98 |
| f-f | 1.25 | 4.55 | 0.56 | 16.27 | 0.00 | 0.67 | 22.05 |
| g-g | 0.63 | 1.14 | 0.14 | 8.13 | 0.00 | 0.31 | 9.73 |

condizione sismica -

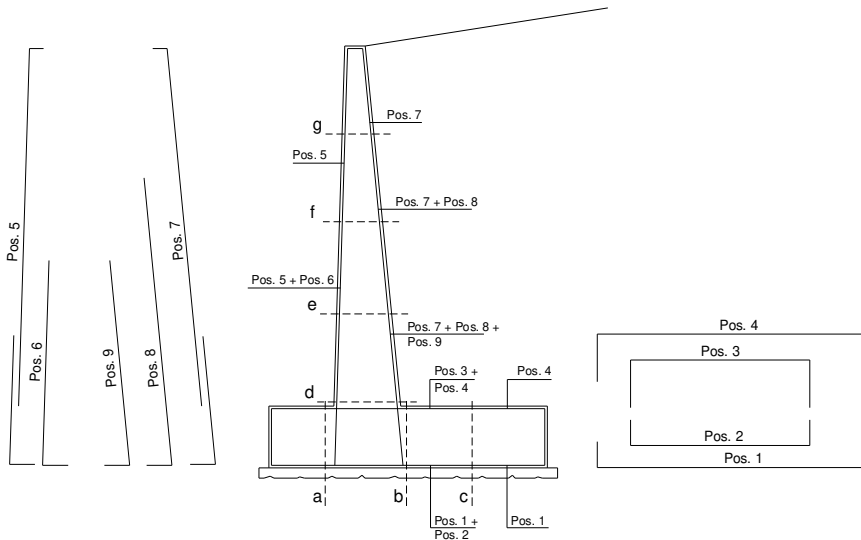
| sezione | h | Mt _{stat} | Mt _{sism} | Mq | M _{ext} | M _{inerzia} | M _{tot} | N _{ext} | N _{pp+inerzia} | N _{tot} |
|---------|------|--------------------|--------------------|---------|------------------|----------------------|------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | [m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kNm/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2.50 | 15.16 | 1.15 | 40.84 | 0.00 | 1.76 | 58.92 | 0.00 | 32.05 | 32.05 |
| e-e | 1.88 | 6.40 | 0.49 | 22.97 | 0.00 | 0.95 | 30.80 | 0.00 | 22.61 | 22.61 |
| f-f | 1.25 | 1.90 | 0.14 | 10.21 | 0.00 | 0.40 | 12.65 | 0.00 | 14.12 | 14.12 |
| g-g | 0.63 | 0.24 | 0.02 | 2.55 | 0.00 | 0.10 | 2.90 | 0.00 | 6.58 | 6.58 |

| sezione | h | Vt _{stat} | Vt _{sism} | Vq | V _{ext} | V _{inerzia} | V _{tot} |
|---------|------|--------------------|--------------------|--------|------------------|----------------------|------------------|
| | [m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] | [kN/m] |
| d-d | 2.50 | 18.20 | 1.38 | 32.67 | 0.00 | 1.53 | 53.78 |
| e-e | 1.88 | 10.24 | 0.78 | 24.51 | 0.00 | 1.08 | 36.60 |
| f-f | 1.25 | 4.55 | 0.35 | 16.34 | 0.00 | 0.67 | 21.90 |
| g-g | 0.63 | 1.14 | 0.09 | 8.17 | 0.00 | 0.31 | 9.71 |

NV20 - Nuova viabilità di collegamento
Roccapalumba-Lercara
Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

COMMESSA LOTTO FASE-ENTE DOCUMENTO REV. FOGLIO
RS3Z 00 D 26 CLNV2005016 B 23 di 29

SCHEMA DELLE ARMATURE

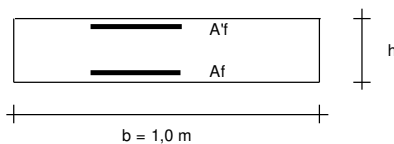


ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|--------------------------|-----|-------|----|--------------------------|
| 1 | 5.0 | 20 | <input type="checkbox"/> | 5 | 5.0 | 20 | <input type="checkbox"/> |
| 2 | | | <input type="checkbox"/> | 6 | | | <input type="checkbox"/> |
| 3 | | | <input type="checkbox"/> | 7 | 5.0 | 20 | <input type="checkbox"/> |
| 4 | 5.0 | 20 | <input type="checkbox"/> | 8 | | | <input type="checkbox"/> |
| | | | | 9 | | | <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 | Af' | Mu | |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|--------|--------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (kNm) | |
| a - a | 7.76 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 264.05 | sezione verificata |
| b - b | -73.16 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 264.05 | sezione verificata |
| c - c | -32.98 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 264.05 | sezione verificata |
| d - d | 68.03 | 32.81 | 0.65 | 15.71 | 15.71 | 365.37 | sezione verificata |
| e - e | 35.49 | 23.14 | 0.59 | 15.71 | 15.71 | 323.55 | sezione verificata |
| f - f | 14.54 | 14.45 | 0.53 | 15.71 | 15.71 | 282.54 | sezione verificata |
| g - g | 3.33 | 6.74 | 0.46 | 15.71 | 15.71 | 242.25 | sezione verificata |

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

| Sez. | V _{Ed} | h | V _{Rd} | σ staffe | i orizz. | i vert. | θ | V _{Rsd} | |
|-------|-----------------|------|-----------------|----------|----------|---------|------|------------------|----------------------------------|
| (-) | (kN) | (m) | (kN) | (mm) | (cm) | (cm) | (°) | (kN) | |
| a - a | 31.55 | 0.50 | 201.18 | 8 | 20 | 20 | 21.8 | 497.87 | Armatura a taglio non necessaria |
| b - b | 33.80 | 0.50 | 201.18 | 8 | 20 | 20 | 21.8 | 497.87 | Armatura a taglio non necessaria |
| c - c | 32.86 | 0.50 | 201.18 | 8 | 20 | 20 | 21.8 | 497.87 | Armatura a taglio non necessaria |
| d - d | 62.31 | 0.65 | 239.88 | 8 | 20 | 20 | 21.8 | 663.83 | Armatura a taglio non necessaria |
| e - e | 42.29 | 0.59 | 221.96 | 8 | 20 | 20 | 21.8 | 594.68 | Armatura a taglio non necessaria |
| f - f | 25.24 | 0.53 | 208.31 | 8 | 20 | 20 | 21.8 | 525.53 | Armatura a taglio non necessaria |
| g - g | 11.14 | 0.46 | 194.12 | 8 | 20 | 20 | 21.8 | 456.38 | Armatura a taglio non necessaria |

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 24 di 29 |

10.2 Verifiche a fessurazione

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

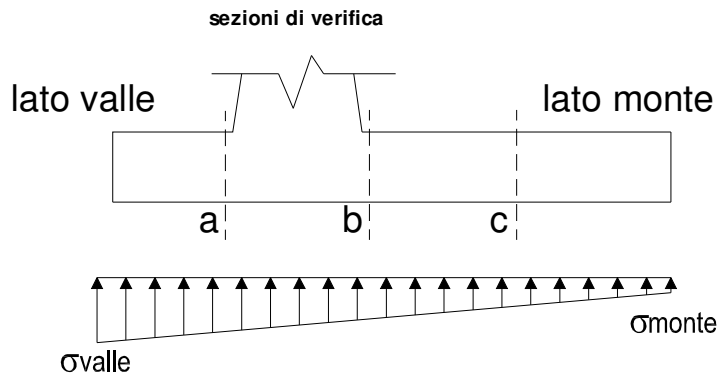
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 3.50 \quad (m^2)$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 2.04 \quad (m^3)$$

| caso | N | M | σ_{valle} | σ_{monte} |
|-------|--------|-------|----------------------|----------------------|
| | [kN] | [kNm] | [kN/m ²] | [kN/m ²] |
| Freq. | 210.64 | 11.60 | 65.87 | 54.50 |
| | 210.64 | 11.60 | 65.87 | 54.50 |
| Q.P. | 210.64 | 11.60 | 65.87 | 54.50 |
| | 210.64 | 11.60 | 65.87 | 54.50 |

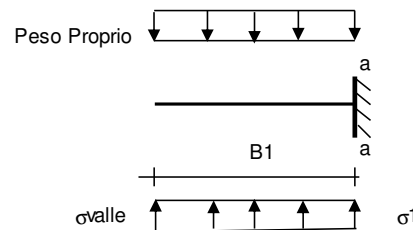


Mensola Lato Valle

$$PP = 12.50 \quad (kN/m)$$

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

| caso | σ_{valle} | σ_1 | Ma |
|-------|----------------------|----------------------|-------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] |
| Freq. | 65.87 | 64.24 | 6.60 |
| | 65.87 | 64.24 | 6.60 |
| Q.P. | 65.87 | 64.24 | 6.60 |
| | 65.87 | 64.24 | 6.60 |



Mensola Lato Monte

$$PP = 12.50 \quad (kN/m^2) \quad \text{peso proprio soletta fondazione}$$

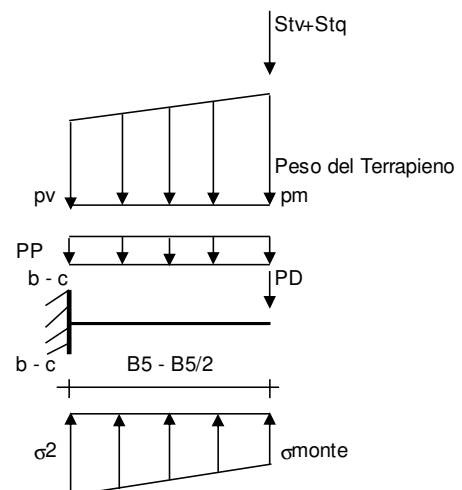
$$PD = 0.00 \quad (kN/m) \quad \text{peso proprio dente}$$

| | Nmin | N max Freq | N max QP | |
|-----|-------|------------|----------|----------------------|
| pm | 50.00 | 50.00 | 50.00 | (kN/m ²) |
| pvb | 50.00 | 50.00 | 50.00 | (kN/m ²) |
| pvc | 50.00 | 50.00 | 50.00 | (kN/m ²) |

$$Mb = (\sigma_{monte} - (pvb + PP)) \cdot B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) \cdot B^2 / 6 - (pm - pvb) \cdot B^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (B/2 - Bd/2) + Msp + Sp \cdot H^2 / 2$$

$$Mc = (\sigma_{monte} - (pvc + PP)) \cdot (B/2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2 / 6 - (pm - pvc) \cdot (B/2)^2 / 3 + (Stv + Sqv) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (B/2 - Bd/2) + Msp + Sp \cdot H^2 / 2$$

| caso | σ_{monte} | σ_{2b} | Mb | σ_{2c} | Mc |
|-------|----------------------|----------------------|--------|----------------------|--------|
| | [kN/m ²] | [kN/m ²] | [kNm] | [kN/m ²] | [kNm] |
| Freq. | 54.50 | 62.13 | -54.03 | 58.32 | -24.13 |
| | 54.50 | 62.13 | -54.03 | 58.32 | -24.13 |
| Q.P. | 54.50 | 62.13 | -54.03 | 58.32 | -24.13 |
| | 54.50 | 62.13 | -54.03 | 58.32 | -24.13 |



NV20 – Nuova viabilità di collegamento
 Roccapalumba-Lercara
 Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOLGIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 25 di 29 |

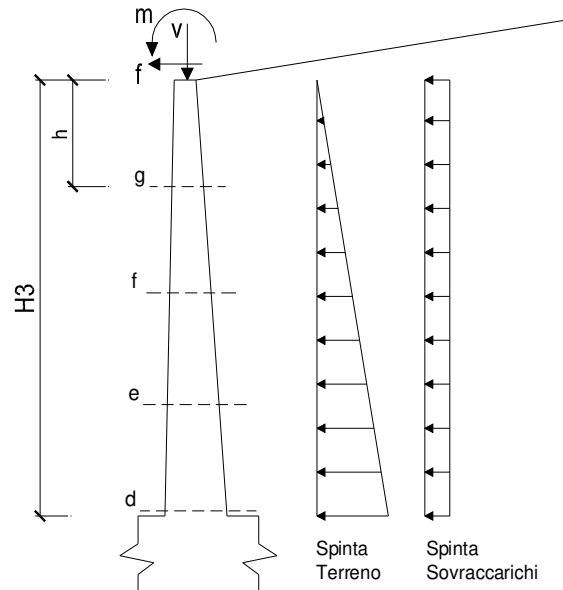
CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO
Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

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

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

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

$$N_{ext} = v$$


condizione Frequente

| sezione | h | M _t | M _q | 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 | 2.50 | 15.16 | 37.16 | 0.00 | 52.33 | 0.00 | 32.81 | 32.81 |
| e-e | 1.88 | 6.40 | 20.91 | 0.00 | 27.30 | 0.00 | 23.14 | 23.14 |
| f-f | 1.25 | 1.90 | 9.29 | 0.00 | 11.19 | 0.00 | 14.45 | 14.45 |
| g-g | 0.63 | 0.24 | 2.32 | 0.00 | 2.56 | 0.00 | 6.74 | 6.74 |

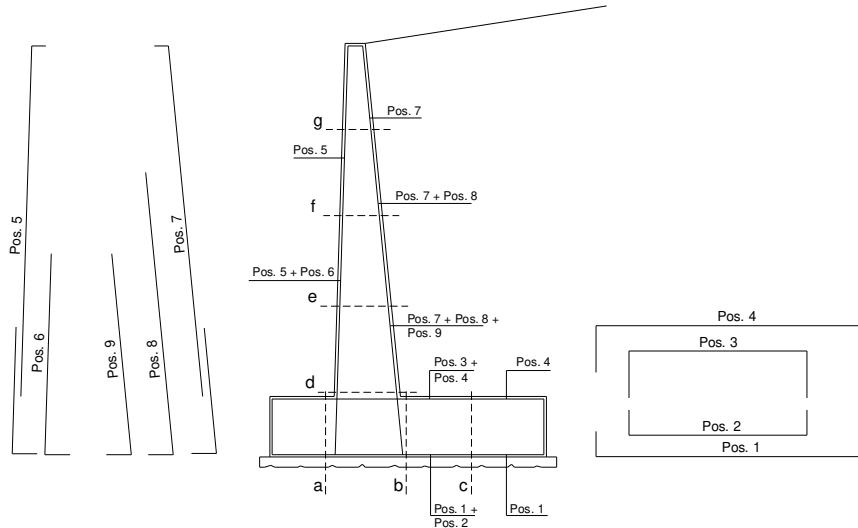
condizione Quasi Permanente

| sezione | h | M _t | M _q | 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 | 2.50 | 15.16 | 37.16 | 0.00 | 52.33 | 0.00 | 32.81 | 32.81 |
| e-e | 1.88 | 6.40 | 20.91 | 0.00 | 27.30 | 0.00 | 23.14 | 23.14 |
| f-f | 1.25 | 1.90 | 9.29 | 0.00 | 11.19 | 0.00 | 14.45 | 14.45 |
| g-g | 0.63 | 0.24 | 2.32 | 0.00 | 2.56 | 0.00 | 6.74 | 6.74 |

NV20 - Nuova viabilità di collegamento
Roccapalumba-Lercara
Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| | | | | | |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 26 di 29 |

SCHEMA DELLE ARMATURE

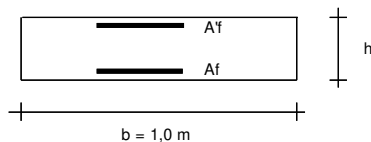


ARMATURE

| pos | n°/ml | φ | II strato | pos | n°/ml | φ | II strato |
|-----|-------|----|-----------|-----|-------|----|-----------|
| 1 | 5.0 | 20 | | 5 | 5.0 | 20 | |
| 2 | | | ☐ | 6 | | | ☐ |
| 3 | | | ☐ | 7 | 5.0 | 20 | |
| 4 | 5.0 | 20 | | 8 | | | ☐ |
| | | | | 9 | | | ☐ |

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 | σ ^c | σ ^f | wk | w _{amm} | |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------|--------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) | |
| a - a | 6.60 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.23 | 10.26 | 0.012 | 0.200 | sezione verificata |
| b - b | -54.03 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 1.89 | 83.92 | 0.097 | 0.200 | sezione verificata |
| c - c | -24.13 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.84 | 37.47 | 0.044 | 0.200 | sezione verificata |
| d - d | 52.33 | 32.81 | 0.65 | 15.71 | 15.71 | 1.19 | 50.36 | 0.059 | 0.200 | sezione verificata |
| e - e | 27.30 | 23.14 | 0.59 | 15.71 | 15.71 | 0.74 | 28.32 | 0.033 | 0.200 | sezione verificata |
| f - f | 11.19 | 14.45 | 0.53 | 15.71 | 15.71 | 0.37 | 12.15 | 0.014 | 0.200 | sezione verificata |
| g - g | 2.56 | 6.74 | 0.46 | 15.71 | 15.71 | 0.11 | 2.42 | 0.002 | 0.200 | sezione verificata |

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

condizione Quasi Permanente

| Sez. | M | N | h | Af | A'f | σ ^c | σ ^f | wk | w _{amm} | |
|-------|--------|-------|------|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|-------|------------------|--------------------|
| (-) | (kNm) | (kN) | (m) | (cm ²) | (cm ²) | (N/mm ²) | (N/mm ²) | (mm) | (mm) | |
| a - a | 6.60 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.23 | 10.26 | 0.012 | 0.300 | sezione verificata |
| b - b | -54.03 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 1.89 | 83.92 | 0.097 | 0.300 | sezione verificata |
| c - c | -24.13 | 0.00 | 0.50 | 15.71 | 15.71 | 0.84 | 37.47 | 0.044 | 0.300 | sezione verificata |
| d - d | 52.33 | 32.81 | 0.65 | 15.71 | 15.71 | 1.19 | 50.36 | 0.059 | 0.300 | sezione verificata |
| e - e | 27.30 | 23.14 | 0.59 | 15.71 | 15.71 | 0.74 | 28.32 | 0.033 | 0.300 | sezione verificata |
| f - f | 11.19 | 14.45 | 0.53 | 15.71 | 15.71 | 0.37 | 12.15 | 0.014 | 0.300 | sezione verificata |
| g - g | 2.56 | 6.74 | 0.46 | 15.71 | 15.71 | 0.11 | 2.42 | 0.002 | 0.300 | sezione verificata |

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



PROGETTO DEFINITIVO
DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA-CATANIA-PALERMO
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA
RADDOPPIO TRATTA FIUMETORTO - LERCARA
DIRAMAZIONE - LOTTO 1+2

NV20 – Nuova viabilità di collegamento
Roccapalumba-Lercara
Muro (pk 5+300) L=45m - Relazione di Calcolo

| COMMESSA | LOTTO | FASE-ENTE | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|-----------|-------------|------|----------|
| RS3Z | 00 | D 26 | CLNV2005016 | B | 27 di 29 |

11. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

I calcoli e le verifiche riportati nel presente documento sono stati eseguiti attraverso fogli elettronici del programma Microsoft Excel. Nei fogli elettronici sono state sviluppate le formule di Normativa e quelle dell'equilibrio limite; in particolare, le analisi sono state sviluppate per la condizione statica e sotto azioni sismiche considerando la componente verticale del sisma agente sia verso l'alto che verso il basso. Le azioni sismiche sono state valutate secondo il metodo pseudo-statico.

Tutti i dati di input e le calcolazioni eseguite sono riportate nella presente relazione.