



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

PA17/08

Affidamento a Contraente Generale dei "Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km. 0,0 del Lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 - Svincolo Manganaro incluso) compresi raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121

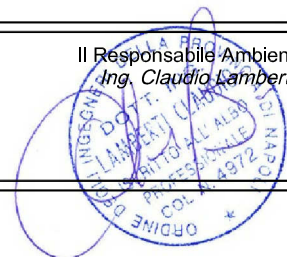
Bolognetta S.c.p.a.

Contraente Generale:
Ing. Pierfrancesco Paglini

Il Responsabile Ambientale:
Ing. Claudio Lamberti

- PERIZIA DI VARIANTE N.1 -

BOLOGNETTA S.c.p.a.



Titolo elaborato:

MODIFICA TECNICA N. 134

PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA - VIABILITA' COMPLEMENTARI E SECONDARIE

Tronchi 14, 14 bis

Relazione tecnica descrittiva della modifica tecnica n. 134

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

| Codice elaborato: | OPERA | ARGOMENTO | DOC. E PROG. | FASE | REVISIONE |
|-------------------|-------|-----------|--------------|------|-----------|
| PA17/08 | PE | MT134 | RT01 | 5 | 0 |

| CARTELLA: | FILE NAME: | NOTE: | PROT. | SCALA: | |
|-----------|-------------------------|-------|---------------|-----------------------------------|-----------|
| 0 7 | PEMT134RT01_50_4137.dwg | 1=1 | 4 1 3 7 | - | |
| 5 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 1 | | | | | |
| 0 | PRIMA EMISSIONE | | Novembre 2015 | A. Cecchelli S. Fortino D. Tironi | |
| REV. | DESCRIZIONE | DATA | REDATTO | VERIFICATO | APPROVATO |

A.T.I. Progettisti :

Capogruppo:

Mandante:

POLITECNICA

INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Viale Amendola, 6 - 50121 Firenze
tel 055/2001660 fax 055/2344856
e-mail poliff@politecnica.it

ACS ingegneri

Via Catani, 28/c - 59100 Prato
tel 0574.527864 fax 0574.568066
E-mail acs@acsingegneri.it

Il Progettista Responsabile
Ing. Marcello Mancone

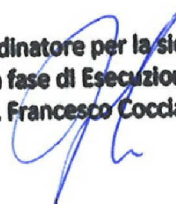


Il Geologo
dott. Pietro Accolti Gil



Il Coordinatore per la Sicurezza
in fase di esecuzione:
Ing. Francesco Cocciantè

Il Coordinatore per la sicurezza
in fase di Esecuzione
Ing. Francesco Cocciantè



Il Direttore dei Lavori:
Ing. Sandro Favero

Il Direttore dei Lavori
Ing. Sandro Favero



ANAS S.p.A.

DATA: _____ PROTOCOLLO: _____

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

CODICE PROGETTO **L O 4 1 0 C E 1 1 0 1**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais



ANAS S.p.A.

DIREZIONE REGIONALE PER LA SICILIA

COMMITTENTE: A N A S S.p.A.

* * * * *

CONTRAENTE GENERALE: BOLOGNETTA S.C.p.A.

SS 189 e SS 121

ITINERARIO PALERMO - AGRIGENTO

PA 17/08

Lavori di ammodernamento del tratto Palermo - Lercara Friddi, lotto funzionale dal km 14,4 (km 0,0 del lotto 2) compreso il tratto di raccordo della rotatoria Bolognetta, al km 48,0 (km 33,6 del lotto 2 - svincolo Manganaro incluso), compresi i raccordi con le attuali S.S. n. 189 e S.S. n. 121

CUP F41B03000230001

Contratto per affidamento a Contraente Generale, stipulato in Roma il 19/10/2009 c/o Notaio Paolo Cerasi rep. n. 7953 racc. n. 4132, registrato in Roma il 27/10/2009.

Succ. Atto Aggiuntivo n. 1 stipulato in data 02.11.2011 rep. n. 9879 racc. n. 5275,

succ. Atto Aggiuntivo n. 2 stipulato in data 30.05.2013 rep. n. 20888 racc. n. 5938

e succ. Atto Aggiuntivo n. 3 stipulato in data 23.01.2014 rep. n. 21091 racc. n. 6057.

MODIFICA TECNICA N.134

WBS: VS14

OGGETTO: Modifiche altimetriche viabilità secondaria Sec.14

DATA: 21/07/2015

**p. A.T.I. Progettisti- POLITECNICA – A.C.S.
Ing. Marcello Mancone**

**VISTO: Il Contraente Generale
Ing. Pierfrancesco Paglini**

BOLOGNETTA S.c.p.a.



Sommario

| | |
|---|---|
| 1. OGGETTO DELLA NOTA..... | 3 |
| 2. MODIFICHE STRADALI..... | 4 |
| 3. MODIFICHE STRADALI – BARRIERE DI SICUREZZA | 7 |
| 4. MODIFICHE IDRAULICHE..... | 7 |
| 5. ELENCO ELABORATI COSTITUENTI LA MODIFICA TECNICA | 8 |
| 6. ALLEGATO 1-FASCICOLO DELLE VERIFICHE DEL NUOVO MURO DI SOTTOSCARPA | 9 |

1. OGGETTO DELLA NOTA

La presente nota descrive le modifiche apportate al tratto di viabilità secondaria, denominato in fase di (PEA) come Sec.14, resesi necessarie nella presente fase di Progetto Esecutivo di Dettaglio (PED), per recepire alcune modifiche all’andamento altimetrico del tronco in esame, per le motivazioni meglio specificate nel seguito.

In riferimento al PEA, la viabilità in esame corre per larga parte in adiacenza all’asse principale di progetto (km 4+250 ÷ 4+750), in avvicinamento allo svincolo di Ciminna, con le seguenti caratteristiche principali:

| Viabilità secondaria | Larghezza piattaforma [m] | Tipologia di strada | Lunghezza [m] |
|----------------------|---------------------------|-----------------------|---------------|
| 14 | 4.00 | Tipo C - norme C.N.R. | 506.09 |

Durante la presente fase di cantierizzazione e rilievi celerimetrici di dettaglio della viabilità in parola, sono emerse le seguenti criticità che hanno dettato la necessità di rivederne l’andamento altimetrico:

1) Accesso privato A-14-10:

Il tracciamento degli elementi geometrici della viabilità secondaria, ha evidenziato una differenza di quota di circa 1.5 m tra la livelletta di progetto e l’attuale viabilità privata, in corrispondenza dell’accesso codificato in PEA come “A-14-10”;

2) Accesso privato A-14-09:

Si è constatato come l’accesso privato, codificato in PEA come “A-14-09”, risulti eliminabile, poiché, una volta completata la nuova viabilità secondaria 14, lo stesso non sarà funzionale ad alcun accesso a fondi privati. Tale accesso, infatti, rappresenta l’attuale collegamento tra la S.S.121 ed il fondo privato che, secondo le previsioni di PEA, verrà servito dall’accesso codificato come “A-14-10”.

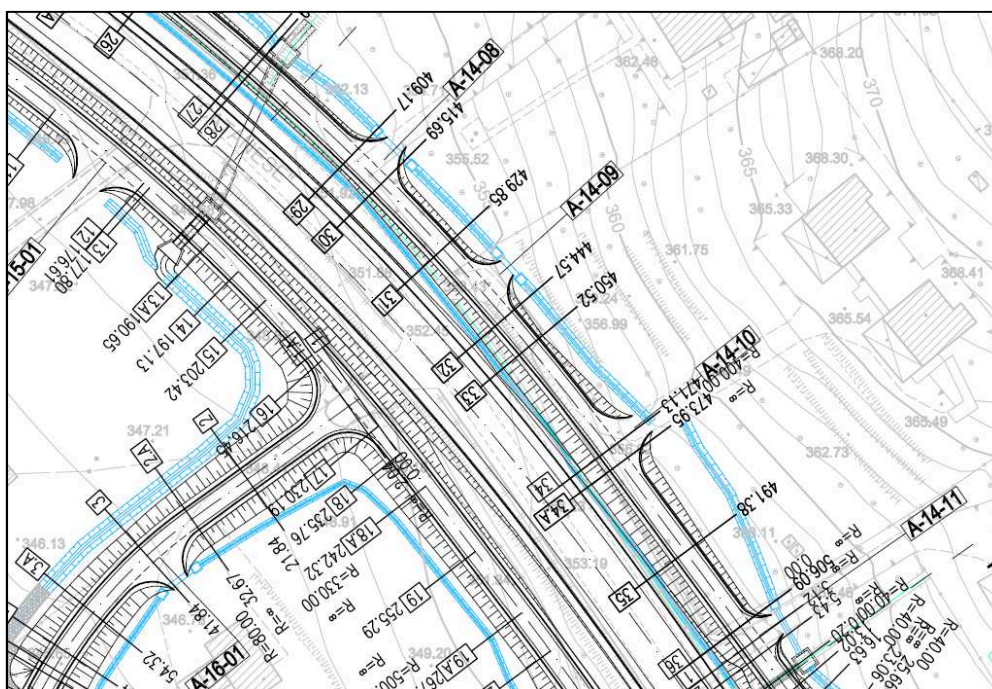


Figura 1 – Stralcio planimetrico PEA



Figura 2 – Stralcio planimetrico PED

2. MODIFICHE STRADALI

A seguito della rettifica puntuale della livelletta di progetto, di cui al precedente punto 1, per i tratti interessati dalla modifica sono state ridefinite le sezioni trasversali, il profilo longitudinale ed il conseguente ingombro in pianta del corpo stradale della secondaria 14.

Per tratti limitati, in cui lo scostamento altimetrico tra la nuova livelletta e quella di progetto PEA è risultato più consistente, si è ritenuto opportuno inserire un muretto di sottoscarpa per contenere il piede della scarpata della viabilità secondaria, diversamente interferente con la piattaforma dell'asse principale. Il muretto in c.a. in argomento, codificato nell'attuale fase di PED con la WBS "OS105", ha un'altezza di 1.40 m e si estende per 30 m, tra le progressive chilometriche 4+708 e 4+738 della viabilità complanare. Di seguito si riporta il confronto tra il profilo di PEA e PED nella zona interessata dalla modifica altimetrica e la sezione tipo nel nuovo manufatto di contenimento.

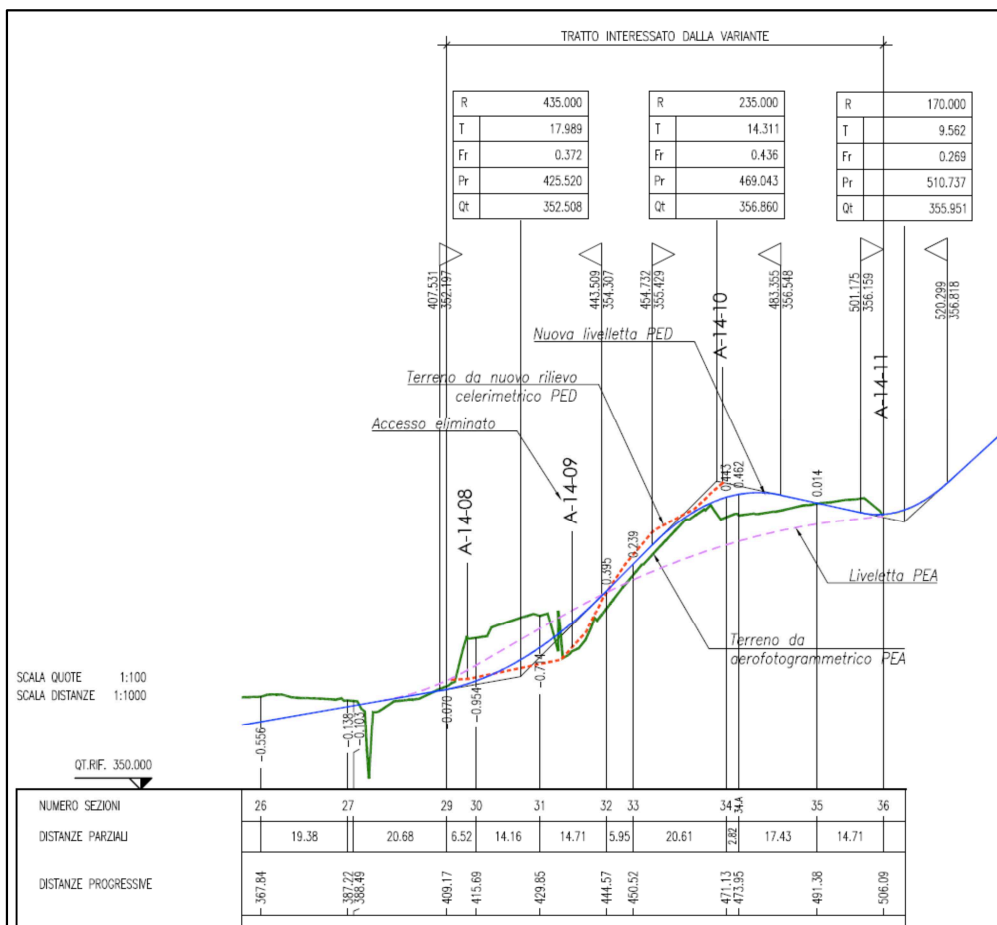


Figura 3 – Profilo longitudinale di PED (con sovrapposizione del terreno e della livelletta di PEA)

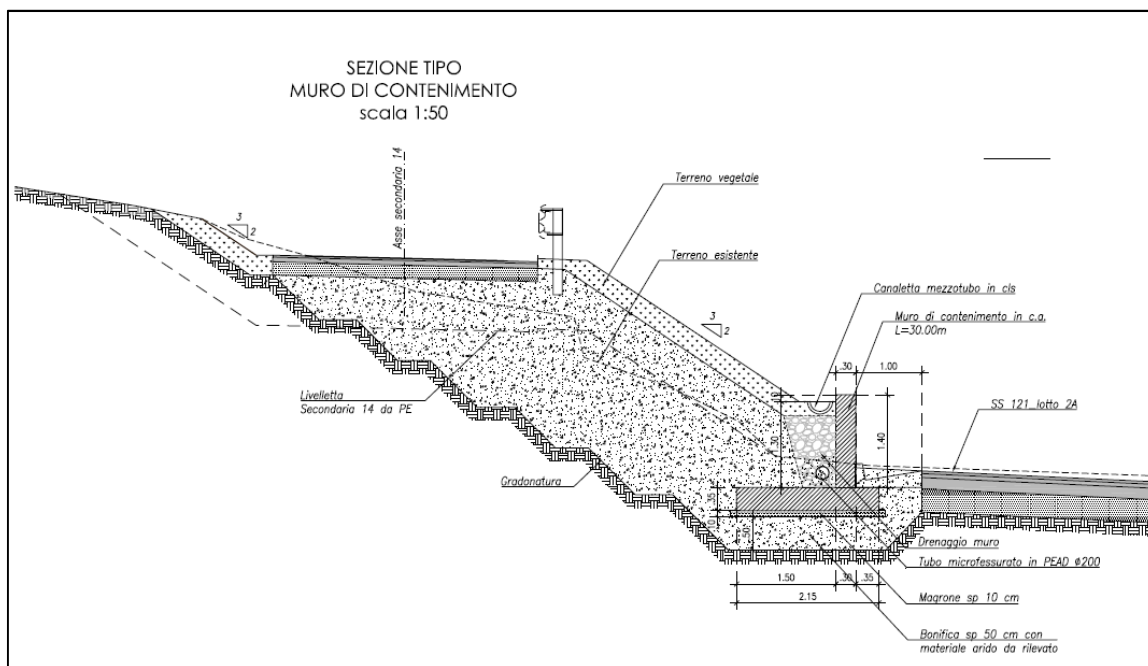


Figura 4 – Sezione tipo muro di sottoscarpa OS105

In allegato alla presente nota (ALLEGATO 1) si riportano le verifiche geotecniche e strutturali del nuovo muro di progetto.

Nella successiva tabella si riportano il riepilogo dei singoli tratti di viabilità non interessati da alcuna modifica, ovvero, di quelli soggetti ad un'ottimizzazione del profilo longitudinale, mediante modifica della livelletta stradale:

| SECONDARIA 14 | | |
|----------------------|--|---|
| TRATTI | <i>Nessun intervento plano/altimetrico rispetto al PEA</i> | <i>ottimizzazione del profilo longitudinale mediante modifica della livelletta stradale</i> |
| sez.1 - sez.28 | X | |
| sez.29 - sez.36 | | X |

3. MODIFICHE STRADALI – BARRIERE DI SICUREZZA

Sulla base delle modifiche apportate e sopra descritte, è stata eseguita altresì una revisione del posizionamento delle barriere di sicurezza sull'asse principale, ponendo il terminale della barriera in corrispondenza dell'inizio del nuovo muro lato Palermo ed accorciando la barriera prevista in PEA (H2 bordo rilevato) di circa 60 m. Tale modifica risulta compatibile, con la normativa in materia vigente, in quanto essendo dalla progressiva di fine muro in poi, l'andamento della scarpata dell'asse principale in trincea, per la presenza appunto del sovrastante rilevato della vs 14. Di seguito si riporta lo stralcio planimetrico dell'elaborato grafico di PED con la zona interessata dalla modifica sopra descritta

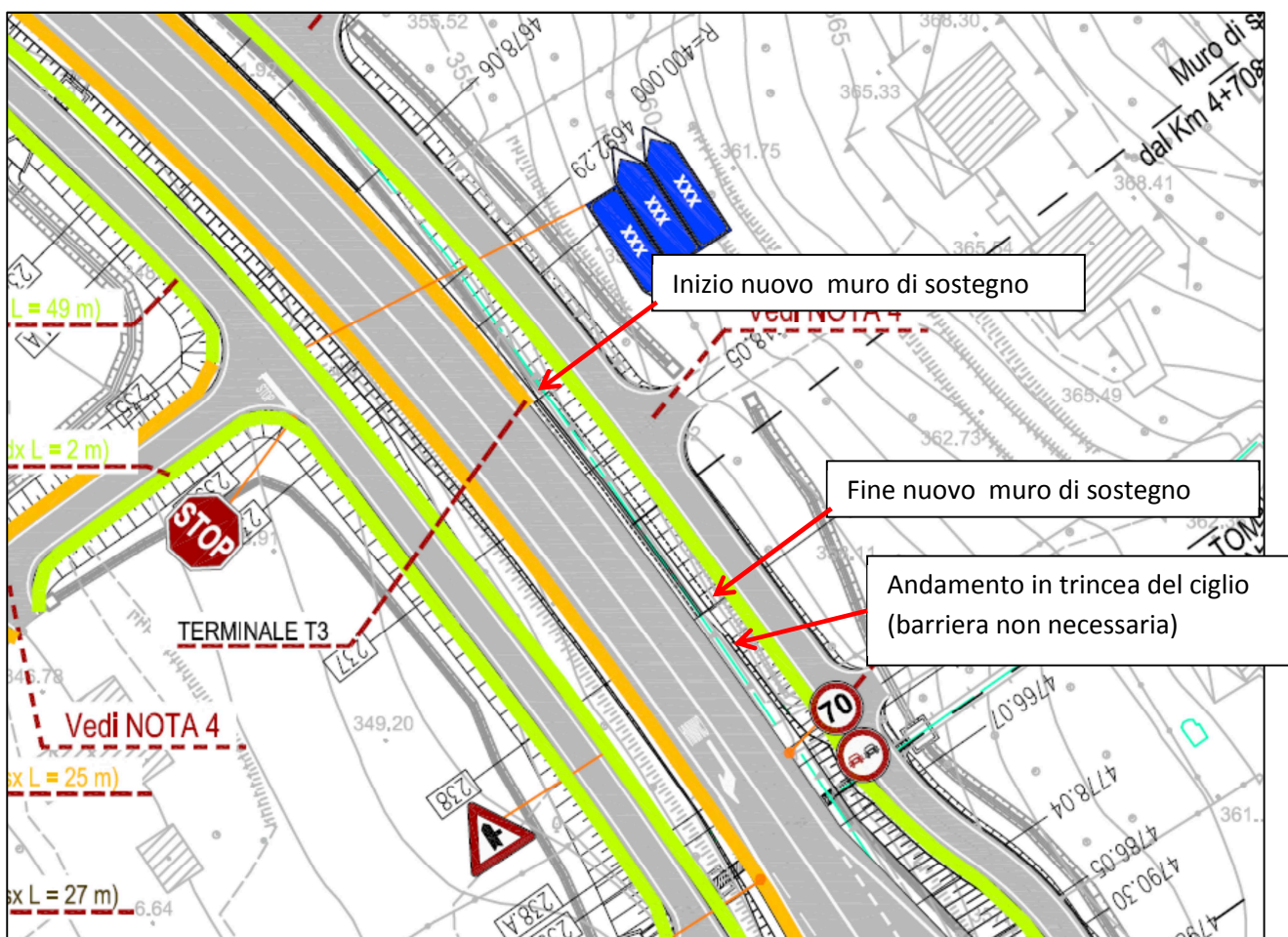


Figura 5 – Stralcio planimetrico planimetria barriere di sicurezza di PED

4. MODIFICHE IDRAULICHE

A valle delle modifiche stradali sopradescritte, è stata verificata l'idraulica di versante della secondaria. In particolare è stata recepita l'eliminazione dell'accesso privato "A-14-09", con la conseguente soppressione del previsto TACC e la conseguente prosecuzione del fosso di guardia rivestito, codificato nelle tavole come "FT2_SEC14_03".

A tergo del muro di sottoscarpa sono stati inseriti un drenaggio, con relativo tubo microfessurato, ed una canaletta mezzo-tubo in c.a., che risultano opportunamente collegate al sistema di collettamento e scarico ai recettori finali, previsto in PEA.

5. ELENCO ELABORATI COSTITUENTI LA MODIFICA TECNICA

Di seguito si riporta l'elenco degli elaborati, a cui si rimanda per un maggior approfondimento, emessi nella presente fase 4 (rev.0), a seguito delle modifiche sopra illustrate:

| n | Codice elaborato | | | | | | | Titolo | scala | form. | filename | | | | | | | | | | |
|-----|------------------|--------|-----------------|------|------|-------|---|--|-------|-------|----------|---|---|-------------------------------|--|--|----------|----------|-------------|------|------|
| | opera | argom. | doc. e prog. | fase | rev. | prot. | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 4 - IDROLOGIA E IDRAULICA | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 4.2 - Planimetrie idrauliche | | | | | | | | | | | | | |
| 001 | P | E | I | D | P | 0 | 0 | 6 | 1 | 4 | 1 | 3 | 7 | Planimetria idraulica- Tav. 6 | 1:1.000 | A1 | PEIDP000 | 61 | 4137 | | |
| | | | | | | | | 6 - PROGETTO DELL'INFRASTRUTTURA | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 6.3 VIABILITA' COMPLEMENTARI E SECONDARIE | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 6.3.1 - Planimetrie | | | | | | | | | | | | | |
| 002 | P | E | V | S | P | 0 | 0 | 7 | 4 | 0 | 4 | 1 | 3 | 7 | Tronchi 14-14 bis- Planimetria di progetto | 1:1.000 | A1 | PEVSP007 | 40 | 4137 | |
| | | | | | | | | 6.3.2 - Profili | | | | | | | | | | | | | |
| 003 | P | E | V | S | L | 0 | 0 | 9 | 4 | 0 | 4 | 1 | 3 | 7 | Tronchi 14-14 bis- Profilo altimetrico | 1:1.000/1:100 | A1++ | PEVSL009 | 40 | 4137 | |
| | | | | | | | | 6.3.4 - Sezioni trasversali | | | | | | | | | | | | | |
| 004 | P | E | V | S | M | 0 | 0 | 8 | 4 | 0 | 4 | 1 | 3 | 7 | Tronchi 14-14 bis- sezioni trasversali | 1:200 | A3 | PEVSM008 | 40 | 4137 | |
| | | | | | | | | 6.4 - SEGNALETICA E BARRIERE DI SICUREZZA | | | | | | | | | | | | | |
| 005 | P | E | S | B | P | 0 | 0 | 6 | 4 | 0 | 4 | 1 | 3 | 7 | Planimetria segnaletica e barriere di sicurezza - Tav. 6 | 1:1.000 | A0 | PESBP006 | 40 | 4137 | |
| | | | | | | | | 7 - OPERE D'ARTE | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 7.7 OPERE DI SOSTEGNO | | | | | | | | | | | | | |
| 006 | P | E | O | S | 105 | N | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 4 | 1 | 3 | 7 | Muro di contenimento dal km 4+708 al km 4+738 (AP) -Planimetria sezioni e particolari, | varie | A1 | PEOS105N001 | 40 | 4137 |

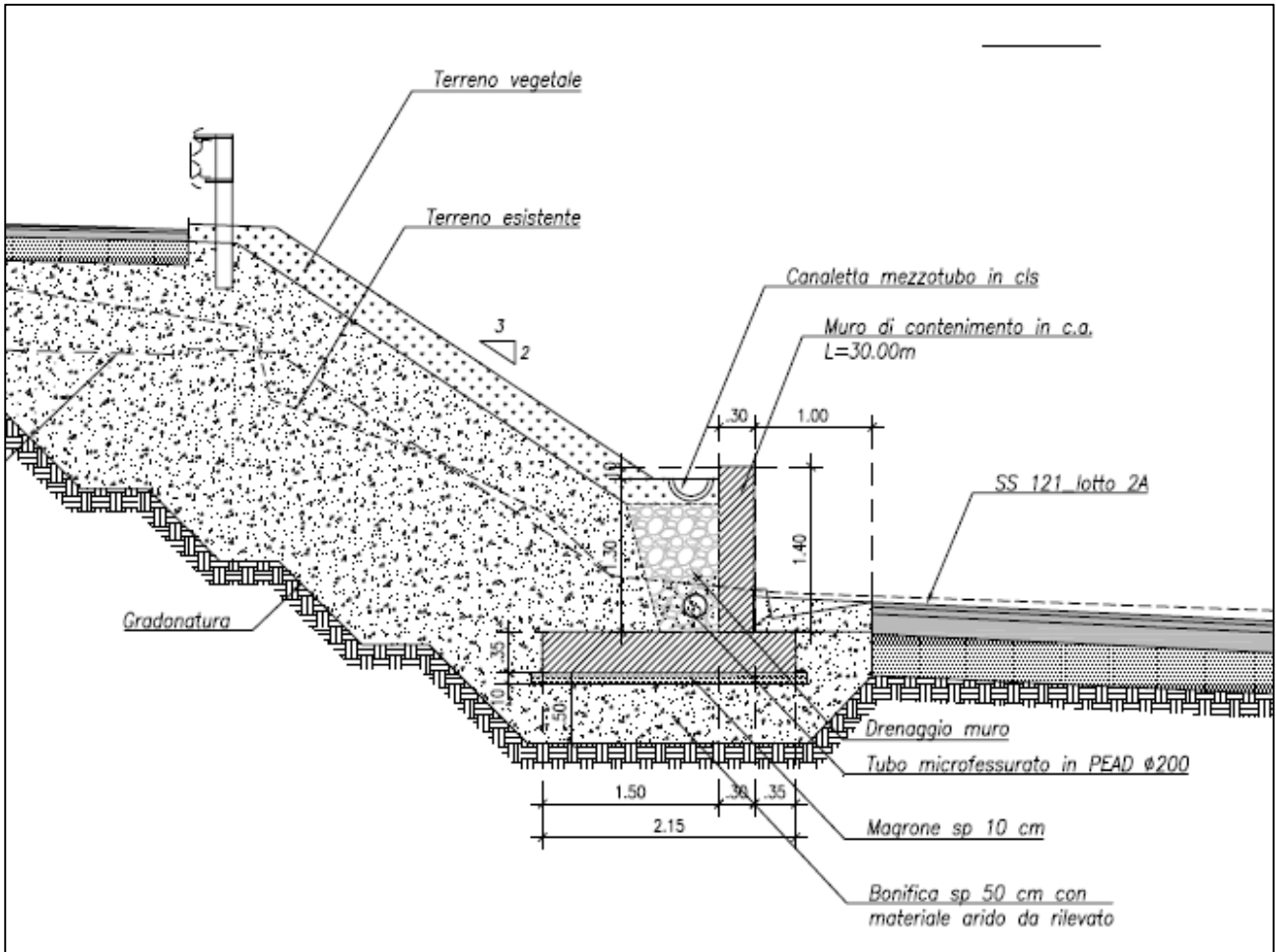
p. A.T.I. Progettisti- POLITECNICA – A.C.S.
 Ing. Marcello Mancone



6. ALLEGATO 1 – FASCICOLO DELLE VERIFICHE DEL NUOVO MURO DI SOTTOSCARPA

• SEZIONE DI CALCOLO

Di seguito si riporta la geometria della sezione di calcolo del manufatto in esame



• STRATIGRAFIA E MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO

Per il muro oggetto della presente nota di calcolo, sono stati considerati due tipi di terreno:

- Terreno in sito;
- Materiale arido da rilevato (per riempimento a tergo, pacchetto stradale e bonifica fondazione muro).

Stratigrafia

| Tipologia | γ (KN/m ³) | φ' (°) | c' [KPa] |
|-----------------------|----------------------------------|----------------|---------------|
| Terreno in sito | 20 | 20 | 0 |
| Materiale da rilevato | 19 | 35 | 0 |

c' = coesione efficace;

γ = peso di volume;

φ' = angolo d'attrito efficace;

• ANALISI DEI CARICHI

Si riportano nel seguito i vari gruppi di condizioni elementari di carico, suddivise in pesi propri, azioni variabili ed azioni eccezionali dovute al sisma. Successivamente le CCE vengono combinate come prescritto dalla normativa per ottenere le combinazioni di carico con le quali eseguire le verifiche in condizioni statiche e sismiche, agli stati ultimi e di esercizio.

Condizioni di Carico Elementari (CCE)

Oltre al peso proprio del muro (25 kN/m^3), si riportano le azioni considerate nel dimensionamento e nelle verifiche della struttura di progetto:

1. Spinta statica del terreno (carico permanente): Il calcolo delle spinte basato sul "metodo del cuneo di tentativo" (*Trial Wedge Method*), può essere considerato una generalizzazione della *teoria di Coulomb* (1776). Le equazioni derivano dall'equilibrio limite globale di diversi cunei di rottura, di forma variabile a seconda delle condizioni di equilibrio al contorno. Esse dipendono dall'angolo di rottura delle superfici di scorrimento; la spinta si ottiene per tentativi, facendo variare l'angolo di rottura fino a determinare quello critico che rende massima la spinta attiva o minima la spinta passiva sull'opera di sostegno.
2. La presenza di un sovraccarico stradale uniformemente distribuito sul rilevato comporta un'ulteriore spinta che interessa l'opera di sostegno, $q = 20 \text{ kN/m}^2$ sovraccarico sul terreno in adiacenza al paramento del muro per il passaggio di mezzi (carico stradale cs, carico variabile).
Nel metodo iterativo del cuneo di tentativo, che per la sua formulazione mette in conto le azioni esterne direttamente nell'equazione risolutiva, le forze che in un dato istante risultano esterne al cuneo di calcolo non partecipano a tale soluzione, quelle interne partecipano, invece, in modo diretto alla determinazione della risultante della spinta del terreno e non vengono quindi sovrapposte a posteriori.
3. Azione sismica del terreno (carico eccezionale): In zona sismica, per l'opera di sostegno, viene condotta una analisi pseudo-statica secondo quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni, paragrafo 7.11.6). Nell'analisi pseudo-statica, l'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, pari al prodotto delle forze di gravità moltiplicate per un coefficiente sismico. I coefficienti sismici orizzontali e verticali, applicati a tutte le masse potenzialmente instabili, sono calcolati, rispettivamente, come:

- $k_h = \beta_m \cdot (a_{\max}/g)$ per verifica opera di sostegno

- $k_h = \beta_s \cdot (a_{\max}/g)$ per verifica stabilità globale

- $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$

- $a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g$

Dove:

β_{m75} è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g è l'accelerazione di gravità;

S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;

S_T è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

$$k_h = \beta_m a_{max} / g = 0.758$$

$$a_{max} = S_s S_T a_g = 1.2 \times 1.0 \times 0.204 = 2.41 \text{ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;}$$

$$A_g/g = 0.204$$

$$S_s = 1.20$$

$$S_T = 1.0$$

$\beta_m = 0.31$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

$\beta_s = 0.28$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

I coefficienti sismici sopra definiti, sono considerati costanti lungo l'altezza del muro. L'incremento di spinta, dovuto al sisma, può venire assunto agente nello stesso punto di quella statica, nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, oppure a metà altezza dell'opera, negli altri casi. La spinta totale di progetto Ed, agente sull'opera di sostegno, è data da:

$$E_d = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot K \cdot h^2 + E_{ws}$$

dove: γ è il peso specifico del terreno;

K è il coefficiente di spinta del terreno;

h è l'altezza del muro;

E_{ws} è la spinta idrostatica;

L'incremento di spinta, dovuto al sisma, è assunto agente nello stesso punto di quella statica (caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede).

4. Azione sismica della struttura (carico eccezionale): le forze d'inerzia orizzontali F_i , delle pareti verticali dovute al sisma, sono state valutate come: $F_i = k_h W_i$, dove k_h è il coefficiente di accelerazione sismica di cui al paragrafo precedente e W_i è il peso dell'elemento strutturale considerato.

Combinazioni di carico (C.C.)

Le varie azioni F_x , F_y , F_z , M_x , M_y ed M_z , per le varie condizioni elementari di carico (CCE: pesi, carico di esercizio, vento+, vento-, etc.), sono state sommate in una serie di "combinazioni di carico" (C.C.) di tipo SLU (Stato Limite Ultimo) e SLE (Stato Limite di Esercizio), statiche e sismiche.

La normativa, in sintesi, prevede due differenti approcci per la valutazione della sicurezza delle costruzioni:

Approccio 1: si determinano sollecitazioni e resistenze applicando le seguenti combinazioni (il segno "+" indica semplicemente "combinazione" e non "somma") di coefficienti parziali e verificando che i requisiti di sicurezza siano soddisfatti contemporaneamente per entrambe:

- Combinazione 1 $(A1) + (M1) + (R1)$
- Combinazione 2 $(A2) + (M2) + (R2)$

Approccio 2: si determinano sollecitazioni e resistenze applicando la seguente combinazione di coefficienti parziali e verificando che i requisiti di sicurezza siano soddisfatti:

- Combinazione 1 $(A1) + (M1) + (R3)$

Secondo l'Approccio 1, i valori dei coefficienti parziali utilizzati, desunti dal DM, sono stati i seguenti:

Gruppo A1 – Azioni

| | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Azioni permanenti | favorevoli alla sicurezza | $\gamma_G = 1.00$ |
| | sfavorevoli alla sicurezza | $\gamma_G = 1.30$ |
| Azioni permanenti (non strutturali) | favorevoli alla sicurezza | $\gamma_G = 0.00$ |
| | sfavorevoli alla sicurezza | $\gamma_G = 1.50$ |
| Azioni accidentali | favorevoli alla sicurezza | $\gamma_Q = 0.00$ |
| | sfavorevoli alla sicurezza | $\gamma_Q = 1.50$ |

Gruppo A2 – Azioni

| | | |
|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|
| Azioni permanenti | favorevoli alla sicurezza | $\gamma_G = 1.00$ |
| | sfavorevoli alla sicurezza | $\gamma_G = 1.00$ |
| Azioni permanenti (non strutturali) | favorevoli alla sicurezza | $\gamma_G = 0.00$ |
| | sfavorevoli alla sicurezza | $\gamma_G = 1.30$ |
| Azioni accidentali | favorevoli alla sicurezza | $\gamma_Q = 0.00$ |
| | sfavorevoli alla sicurezza | $\gamma_Q = 1.30$ |

Gruppo M1 – Materiali

| | |
|---|------------------------|
| Resistenza caratteristica calcestruzzo | $\gamma_{cls} = 1.50$ |
| Resistenza caratteristica acciaio armatura | $\gamma_s = 1.15$ |
| Resistenza caratteristica acciaio da carpenteria | $\gamma_{Mo} = 1.05$ |
| Tangente angolo di resistenza al taglio del terreno | $\gamma_\phi = 1.00$ |
| Coesione efficace | $\gamma_{c'} = 1.00$ |
| Coesione non drenata | $\gamma_{cu} = 1.00$ |
| Peso di volume terreno | $\gamma_\gamma = 1.00$ |

Gruppo M2 – Materiali

| | |
|--|-----------------------|
| Resistenza caratteristica calcestruzzo | $\gamma_{cls} = 1.50$ |
|--|-----------------------|

| | |
|---|------------------------|
| Resistenza caratteristica acciaio armatura | $\gamma_s = 1.15$ |
| Resistenza caratteristica acciaio da carpenteria | $\gamma_{MO} = 1.05$ |
| Tangente angolo di resistenza al taglio del terreno | $\gamma_\phi = 1.25$ |
| Coesione efficace | $\gamma_{c'} = 1.25$ |
| Coesione non drenata | $\gamma_{cu} = 1.40$ |
| Peso di volume terreno | $\gamma_\gamma = 1.00$ |
| Gruppo R1 – Coefficienti di sicurezza | |
| Capacità portante fondazioni superficiali | $\gamma_R = 1.00$ |
| Scorrimento fondazioni superficiali | $\gamma_R = 1.00$ |
| Gruppo R2 – Coefficienti di sicurezza | |
| Capacità portante fondazioni superficiali | $\gamma_R = 1.80$ |
| Scorrimento fondazioni superficiali | $\gamma_R = 1.10$ |

La verifica di stabilità globale, del complesso opera di sostegno-terreno, viene effettuata secondo l'approccio 1, combinazione 2 (A2-M2-R2). Per le rimanenti verifiche, geotecniche e strutturali, le combinazioni di carico vengono formulate secondo l'**Approccio 2** della vigente normativa NTC '08 (per la verifica a ribaltamento vengono considerati i coefficienti EQU e M2). Per le verifiche di stabilità globale, del complesso opera di sostegno-terreno, si utilizza la combinazione 2 dell'Approccio 1 (punto 6.5.3.1.1 delle NTC 2008).

Si riporta una tabella riassuntiva delle combinazioni di carico considerate.

| Famiglia | A | M | R | Indice | Nome | Perm. | Variabili | Sisma H | Sisma V |
|----------|----|----|----|--------|-------|-------|-----------|---------|---------|
| EQU | A3 | M2 | R0 | 1 | EQU-1 | 0.9 | 1.5 | 0 | 0 |
| EQU | A3 | M2 | R0 | 2 | EQU-2 | 1.1 | 1.5 | 0 | 0 |
| EQU | A0 | M2 | R0 | 3 | EQU-3 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| EQU | A0 | M2 | R0 | 4 | EQU-4 | 1 | 0 | 1 | -1 |
| STR | A1 | M1 | R3 | 1 | STR-1 | 1.3 | 0 | 0 | 0 |
| STR | A1 | M1 | R3 | 2 | STR-2 | 1.3 | 1.5 | 0 | 0 |
| GEO | A2 | M2 | R2 | 1 | GEO-1 | 1 | 1.3 | 0 | 0 |
| SIS | A0 | M1 | R3 | 1 | SIS-1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| SIS | A0 | M1 | R3 | 2 | SIS-2 | 1 | 0 | 1 | -1 |
| SIS | A0 | M2 | R2 | 3 | SIS-3 | 1 | 1.3 | 1 | 1 |
| SIS | A0 | M2 | R2 | 4 | SIS-4 | 1 | 1.3 | 1 | -1 |
| SLE | A0 | M0 | R0 | 1 | SLE-1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

• ANALISI DELLA STRUTTURA

Il dimensionamento del muro è stato effettuato in corrispondenza della sezione con altezza maggiore $h=1.40$. Il muro con fondazione superficiale è stato analizzato con il metodo dell'equilibrio limite. Per questa struttura di sostegno, il fattore di struttura q è stato preso uguale a 1. L'analisi e le verifiche geotecniche strutturali sono state eseguite con l'ausilio del software WallCad+ della Concrete s.r.l., versione 7.12.

• VERIFICHE GEOTECNICHE

Sono state eseguite le seguenti verifiche geotecniche

a) VERIFICHE GEOTECNICHE DI STABILITÀ LOCALE

Le verifiche previste dalla normativa vigente e quindi quelle eseguite con l'ausilio del programma WallCAD, per la verifica delle opere di sostegno, sono:

1. verifica allo scorrimento (traslazione sul piano di posa);
2. verifica al ribaltamento;
3. verifica alla capacità portante.

Considerati i carichi applicati, le caratteristiche geotecniche del terreno, le ridotte dimensioni del muro si esclude l'insorgere di criticità legate a fenomeni di cedimento del terreno e spostamento della struttura. Per tale ragione, si omettono verifiche dei cedimenti e spostamenti agli SLE.

1. Verifica allo scorrimento

Lo scorrimento dell'opera di sostegno avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito ed eventuale coesione terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la frazione della spinta passiva.

Il coefficiente di sicurezza si ottiene dal rapporto tra le forze stabilizzanti e mobilizzanti:

$$V = \frac{F_{stab}}{F_{mob}} = \frac{(N_y + T_y) \cdot \vartheta + N_x + \alpha \cdot S_p + c_a \cdot B}{T_x}$$

dove:

- N_x, T_x = componenti delle forze normali e di taglio lungo il piano di scorrimento;
- N_y, T_y = componenti delle forze normali e di taglio normali al piano di scorrimento;
- ϑ = coefficiente di attrito terreno-fondazione;
- α = fattore di riduzione della spinta passiva;
- S_p = spinta passiva dell'eventuale terreno a valle dell'opera di sostegno;
- c_a = aderenza alla base, pari alla coesione del terreno di fondazione o ad una sua frazione propria;
- B = larghezza della fondazione.

2. Verifica al ribaltamento

Il ribaltamento consiste nella possibilità di rotazione dell'opera di sostegno attorno ad un centro di rotazione, convenzionalmente preso nel punto più a valle della fondazione. Il coefficiente di sicurezza si ottiene dal rapporto tra i momenti stabilizzanti e quelli ribaltanti.

$$v = \frac{M_{stab}}{M_{rib}} = \frac{\sum F_v \cdot b + \sum S_y \cdot d}{\sum F_h \cdot h}$$

dove:

F_v = forze verticali agenti sull'opera di sostegno;

F_h = forze orizzontali agenti sull'opera di sostegno;

S_y = componenti verticali delle spinte agenti sull'opera di sostegno;

b, h, d = relativi bracci delle forze rispetto al punto di rotazione.

3. Verifica di capacità portante

La capacità portante di una fondazione rappresenta il carico ultimo trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura del terreno. Le normative prevedono che il fattore di sicurezza alla capacità portante, espresso come rapporto tra il carico ultimo della fondazione ed il carico agente, sia non minore di un prefissato limite. Le formule di calcolo, presenti in letteratura, sono nate per la fondazione nastriforme indefinita ma aggiungono una serie di termini correttivi per considerare le effettive condizioni al contorno della fondazione, esprimendo la capacità portante ultima in termini di pressione limite. Nel caso in oggetto la fondazione del muro può essere considerata nastriforme.

La determinazione della capacità portante ai fini della verifica è fatta con il metodo di Brinch-Hansen.

Metodo di Brinch-Hansen

La capacità portante valutata attraverso la formula di Brinch-Hansen risulta, nel caso generale*:

$$Q_{lim} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Nel caso di terreno eminentemente coesivo ($\phi = 0$) tale relazione diventa:

$$Q_{lim} = (2 + \pi) \cdot c_u \cdot (1 + s'_c + d'_c - i'_c - b'_c - g'_c) + q$$

dove:

γ' = peso di volume efficace dello strato di fondazione;

B = larghezza efficace della fondazione

- (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $B = B_f - 2e$);
- L = lunghezza efficace della fondazione
 (depurata dell'eventuale eccentricità del carico $L = L_f - 2e$);
- c = coesione dello strato di fondazione;
- c_u = coesione non drenata dello strato di fondazione;
- q = sovraccarico del terreno sovrastante il piano di fondazione;
- N_y, N_c, N_q = fattori di capacità portante;
- s_y, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione;
- d_y, d_c, d_q = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.
- i_y, i_c, i_q = fattori di inclinazione del carico;
- b_y, b_c, b_q = fattori di inclinazione della base della fondazione;
- g_y, g_c, g_q = fattori di inclinazione del piano campagna;

Per la teoria di Brinch-Hansen i coefficienti sopra definiti assumono le espressioni che seguono:

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg\phi; \quad N_q = tg^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \cdot e^{(\pi \cdot tg\phi)}; \quad N_y = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot tg\phi$$

$$s_c = 1 + \frac{B}{L} \cdot \frac{N_q}{N_c}; \quad s'_c = 0.2 \cdot \frac{B}{L}; \quad s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg\phi; \quad s_y = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_c = 1 + 0.4 \cdot k; \quad d'_c = 0.4 \cdot k; \quad d_q = 1 + 2 \cdot k \cdot tg\phi \cdot (1 - \sin\phi)^2; \quad d_y = 1$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}; \quad i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{B \cdot L \cdot c_a}}; \quad i_q = \left(1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^5;$$

$$i_y = \left(1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^5 \quad (\text{se } \eta=0); \quad i_y = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 45^\circ) \cdot H}{V + B \cdot L \cdot c_a \cdot ctg\phi}\right)^5 \quad (\text{se } \eta>0)$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - 0.5 \cdot tg\beta)^\circ; \quad g_y = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^o}{147^o}; \quad b'_c = \frac{\eta^o}{147^o}; \quad b_q = e^{(-2 \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi)}; \quad b_\gamma = e^{(-2.7 \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi)}$$
$$\text{dove: } k = \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = \arctg\left(\frac{D}{B_f}\right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1)$$

nelle quali si sono considerati i seguenti dati:

ϕ = angolo di attrito dello strato di fondazione;

c_a = aderenza alla base della fondazione;

η = inclinazione del piano di posa della fondazione sull'orizzontale ($\eta = 0$ se orizzontale);

β = inclinazione del pendio;

H = componente orizzontale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

V = componente verticale del carico trasmesso sul piano di posa della fondazione;

D = profondità della fondazione.

*** Come indicato da alcuni autori per essere maggiormente a favore di sicurezza, il programma non utilizza contemporaneamente i coeff. s_i insieme ai coeff. i_i .**

b) VERIFICHE GEOTECNICHE DI STABILITÀ GLOBALE

Oltre alle verifiche di stabilità locali, la normativa vigente prevede per tutte le opere geotecniche una verifica globale della zona adiacente all'opera di sostegno. L'ampiezza della zona ed i meccanismi di rottura indagati devono essere tali da racchiudere il muro di sostegno stesso ed eventuali opere vicine, lungo le superfici di minimo coefficiente di sicurezza. Tali analisi vengono normalmente condotte con i metodi all'equilibrio limite della analisi di stabilità dei pendii.

I metodi all'equilibrio limite implementati con l'ausilio del programma WallCAD, per eseguire l'analisi di stabilità globale dell'opera sono i tradizionali:

- Metodo di Fellenius;
- Metodo di Bishop;

Tali metodi sono stati scelti sia perché sono notoriamente tra i più cautelativi, sia perché permettono di considerare anche il caso di analisi sismica. Nella presente relazione vengono presentate le verifiche di stabilità globale eseguite con il metodo di Bishop.

Metodo di Bishop

Si assume che la superficie di scivolamento possa essere assimilata ad un arco di circonferenza. Se si considera la massa interessata dallo scivolamento suddivisa in n conci, il fattore di sicurezza può essere espresso in termini di momenti generati dalle forze agenti sui singoli conci rispetto al centro della circonferenza stessa

$$FS = \frac{M_S}{M_R}$$

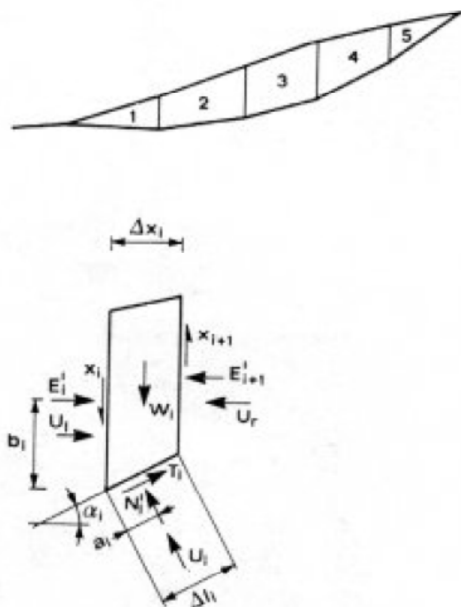
In cui M_R è il momento delle forze ribaltanti pari a

$$M_R = r \cdot \sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i$$

M_S è il momento stabilizzante dato da

$$M_S = \sum_{i=1}^n (c + \sigma_i \cdot \tan \varphi_i) \cdot \Delta l_i$$

dove r e Δl_i sono rispettivamente il raggio e la lunghezza della base del concio considerato. Nel metodo di Bishop si assume che le azioni agenti all'interfaccia dei conci abbiano risultante orizzontale, perciò, se si esprime la resistenza mobilizzata T_i come un'aliquota della resistenza al taglio tramite il fattore di sicurezza FS (assunto uguale a quello dell'equazione generale), e si ricava N dall'equilibrio alla traslazione verticale:



$$N_i = \frac{W_i - u_i \cdot \Delta x_i - (1/FS) \cdot c \cdot \Delta x_i \cdot \tan \alpha_i}{\cos \alpha_i \cdot [1 + (\tan \alpha_i \cdot \tan \phi_i) / FS]}$$

ottenendo:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c \cdot \Delta x_i + (W_i - u_i \cdot \Delta x_i) \cdot \tan \phi_i] \cdot [1 / M_i(\alpha)]}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

con

$$M_i(\alpha) = \cos \alpha_i \cdot \left(1 + \frac{\tan \alpha_i \cdot \tan \phi_i}{FS} \right)$$

Per la determinazione di FS è richiesta una procedura per successive approssimazioni: si fissa dapprima un valore di tentativo di FS pari ad 1 a secondo membro e si ricava un successivo valore da introdurre nelle sommatorie, fino a raggiungere attraverso iterazioni un grado di approssimazione pari a 0.001.

In presenza di sisma viene condotta una analisi pseudo-statica secondo NTC 2008, paragrafo 7.11.3.5, secondo cui l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, proporzionale al peso del volume di terreno instabile ed ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

$$\begin{aligned} k_h &= \beta_s \cdot (a_{max}/g) \\ k_v &= \pm 0.5 \cdot k_h \\ a_{max} &= S_s \cdot S_T \cdot a_g \end{aligned}$$

Dove:

β_s è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} è l'accelerazione orizzontale massima attesa al sito, in funzione della zona sismica;

g è l'accelerazione di gravità;

S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, in funzione dei terreni del sito;

S_T è il coefficiente di amplificazione topografica, in funzione della forma del pendio;

a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

I valori di β_s sono riportati nella normativa in Tab. 7.11.I, in funzione della categoria di sottosuolo e della accelerazione orizzontale massima a_g .

Il coefficiente S_s di amplificazione stratigrafica è funzione dei terreni del sito ed ha valore unitario sul terreno di riferimento; i valori minimi e massimi di S_s sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.V.

Il coefficiente S_T di amplificazione topografica è maggiore di 1 per strutture su pendii con inclinazione maggiore di 15° e dislivello superiore a 30m, mentre è unitario negli altri casi; i valori massimi di S_T sono riportati nella normativa in Tab. 3.2.VI, in funzione della categoria topografica della superficie.

Il calcolo viene condotto nelle combinazioni stabilite dall'utente, con i coefficienti parziali sulle azioni, sui materiali e resistenze indicati; di default vengono create combinazioni per il caso statico e sismico.

Il margine di sicurezza alla stabilità del pendio ottenuto deve essere valutato e motivato dal progettista.

• VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche strutturali agli SLU e SLE, vengono condotte come prescritto dalla normativa italiana NTC '08 e relativa circolare esplicativa.

RISULTATI

Muro h=1.40 m

Verifiche di stabilità locale

Tensioni trasmesse sul terreno

| | |
|--|--|
| Moltiplicatore spinta passiva per equilibrio | : 1 |
| Pressione limite sul terreno per abbassamento | : 2 daN/cm ² |
| Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione | : 14 cm (comb. STR-2) |
| Momento rispetto al baricentro della fondazione | : -665 daN cm (comb. SIS-2) |
| Larghezza reagente minima in fondazione | : 215 cm (comb. STR-1) |
| Tensione max sul terreno allo spigolo di valle | : 0.35 daN/cm ² (comb. SIS-1) |
| Tensione max sul terreno allo spigolo di monte | : 0.78 daN/cm ² (comb. STR-2) |

Verifica a traslazione

| | |
|---|----------|
| Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-2 | |
| Verifica condotta in condizioni drenate (a lungo termine) | |
| Moltiplicatore spinta passiva per traslazione | : 0 |
| Coefficiente di attrito caratteristico terreno-fondazione | : 0.43 |
| Coefficiente di attrito di progetto terreno-fondazione | : 0.43 |
| Sforzo normale sul piano di posa della fondazione | : 90 daN |
| Sforzo tangenziale positivo all'intradosso della fondazione | : 6 daN |
| Sforzo tangenziale negativo all'intradosso della fondazione | : 0 daN |
| Coefficiente limite verifica alla traslazione | : 1 |
| Coefficiente di sicurezza alla traslazione | : 5.81 |

Verifica a ribaltamento

| | |
|--|-----------------|
| Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: EQU-4 | |
| Moltiplicatore spinta passiva per ribaltamento | : 0 |
| Momento ribaltante rispetto allo spigolo di valle | : 3103 daN cm |
| Momento stabilizzante rispetto a spigolo di valle | : -11266 daN cm |
| Coefficiente limite verifica al ribaltamento | : 1 |
| Coefficiente di sicurezza al ribaltamento | : 3.63 |

Verifica al carico limite

| | |
|---|-------------------------------|
| Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: STR-1 | |
| Verifica condotta in condizioni drenate (a lungo termine) | |
| Moltiplicatore spinta passiva per portanza terreno | : 0 |
| Inclinazione media del pendio circostante la fondazione | : 24 ° |
| Profondità del piano di posa | : 35 cm |
| Sovraccarico agente sul piano di posa | : 0.091 daN/cm ² |
| Angolo di attrito di progetto del suolo di fondazione | : 35 ° |
| Peso specifico di progetto del suolo di fondazione | : 0.00247 daN/cm ³ |
| Inclinazione della risultante rispetto alla normale | : 0 ° |
| Base efficace | : 187 cm |
| Carico tangenziale al piano di posa | : 0 daN/cm |
| Carico di progetto della fondazione (normale al P.P.) | : 120.5 daN/cm |
| Carico ultimo della fondazione | : 589.8 daN/cm |
| Lunghezza Fondazione per verifica carico limite | : 1000 cm |
| Coefficiente limite verifica al carico limite | : 1 |
| Coefficiente di sicurezza al carico limite | : 3.5 |

Tabella dei coefficienti di capacità portante

| Coefficienti | Coesione | Sovraccarico | Attrito |
|---|-----------------|---------------------|----------------|
| Coefficienti di capacità portante | $N_c = 46$ | $N_q = 33$ | $N_g = 34$ |
| Coefficienti di forma | $s_c = 1.13$ | $s_q = 1.13$ | $s_g = 0.93$ |
| Coefficienti di profondità | $d_c = 1.07$ | $d_q = 1.04$ | $d_g = 1$ |
| Coefficienti di inclinazione del carico | $i_c = 1$ | $i_q = 1$ | $i_g = 1$ |
| Coefficienti di inclinazione del piano di posa della fondazione | $b_c = 1$ | $b_q = 1$ | $b_g = 1$ |
| Coefficienti di inclinazione del pendio | $g_c = 0.84$ | $g_q = 0.29$ | $g_g = 0.29$ |

Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: GEO-1

| | |
|---|---------------------------|
| Metodo di analisi di stabilità del pendio | : Bishop |
| Passo dei conci | : 50 cm |
| Coefficiente di stabilità globale pendio | : 1.14 |
| Coefficiente limite suggerito dalla normativa | : 1.1 |
| X centro della superficie critica | : -67 cm |
| Y centro della superficie critica | : 1008 cm |
| Raggio della superficie critica | : 1050 cm |
| Forza di bilancio | : -29.69 daN/cm |
| Volume spostato dalla superficie critica | : 20.64 m ³ /m |
| Peso spostato dalla superficie critica | : 40101 daN/m |

Verifiche strutturali muro

La fondazione è armata con $\varnothing 12/200$ come armatura principale e $\varnothing 12/200$ come armatura di ripartizione; per il paramento sono previsti $\varnothing 12/200$ come armatura verticale e $\varnothing 8/200$ come armatura orizzontale di ripartizione. Tutte le verifiche strutturali della fondazione del paramento muro risultano soddisfatte e sono riportate nel seguente fascicolo di calcolo.

Fascicolo di calcolo

Descrizione del software

Si tratta di un programma di calcolo strutturale dedicato al progetto e verifica di Opere di Sostegno in cemento armato e a gravità. Il programma permette il calcolo delle spinte nelle diverse combinazioni di calcolo analizzate, l'esecuzione di verifiche di stabilità locale e globale di natura geotecnica, la progettazione delle parti in cemento armato e la verifica di resistenza strutturale. Nella determinazione delle sollecitazioni strutturali può utilizzare un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto. Nella relazione di calcolo vengono riportati i dati di input, le combinazioni di calcolo adottate, le pressioni e le spinte trovate, nonché i risultati delle verifiche geotecniche e strutturali. Vengono anche prodotte le tavole con i prospetti e le distinte di armatura, ed il computo metrico delle principali grandezze.

SPECIFICHE TECNICHE

Denominazione del software: WallCAD 7

Produttore del software: Concrete

Concrete srl, via della Pieve, 15, 35121 PADOVA - Italy

<http://www.concrete.it>

Rivenditore: CONCRETE SRL - Via della Pieve 19 - 35121 Padova - tel.049-8754720

Versione: 7.12

Identificatore licenza: WP-3765625

Intestatario della licenza: POLITECNICA - INGEGNERIA ED ARCHITETTURA - MODENA

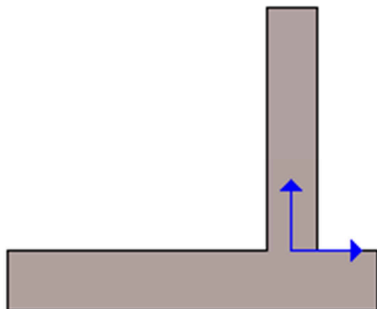
Versione regolarmente licenziata

Geometria del muro

La descrizione della geometria del muro si avvale di una duplice rappresentazione, una schematica, tramite la sezione trasversale, e l'altra in forma analitica tramite le dimensioni principali degli elementi costituenti.

Sistema di riferimento

Nella seguente rappresentazione schematica viene rappresentata la posizione e l'orientamento del sistema di riferimento rispetto ai vertici principali della sagoma del muro.



Sistema di riferimento adottato per le coordinate:

Ascisse X (espresse in centimetri) positive verso destra

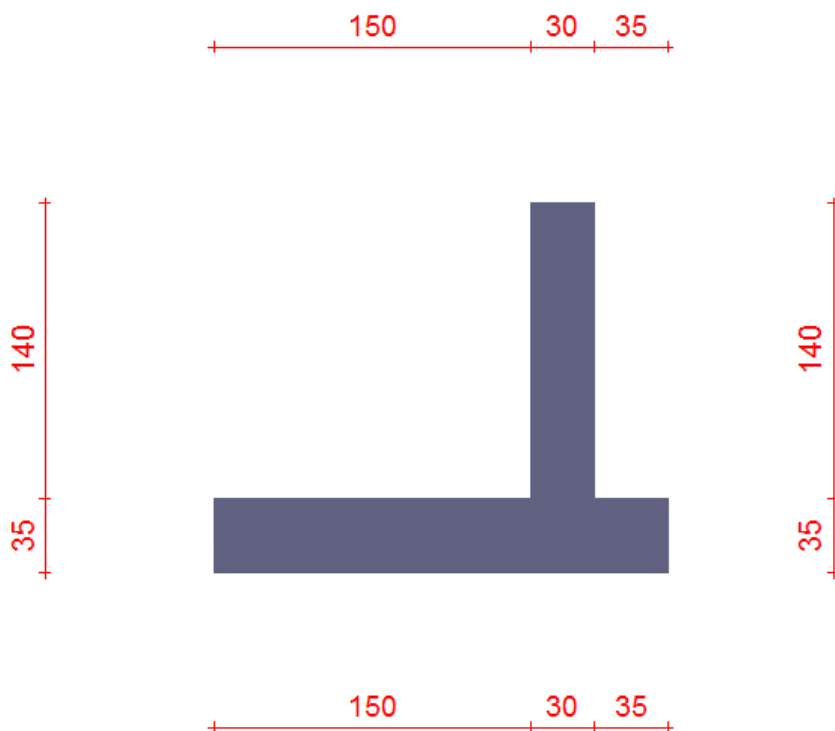
Ordinate Y (espresse in centimetri) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da sinistra verso destra

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dal basso verso l'alto

Tutti i valori in output sono riferiti ad 1 centimetro di muro.

Rappresentazione geometrica, sezione trasversale



Rappresentazione analitica

Il muro viene convenzionalmente suddiviso in blocchi principali ed eventuali accessori.

Ingombro globale

| | |
|----------------------------|---------------------------|
| Larghezza totale del muro | : 215 cm |
| Altezza totale del muro | : 175 cm |
| Peso specifico del muro | : 2500 daN/m ³ |
| Peso specifico delle falde | : 1000 daN/m ³ |
| Paramento | |
| Base inf. | : 30 cm |
| Base sup. | : 30 cm |
| Altezza | : 140 cm |
| Disassamento | : 0 cm |

Mensola sinistra in fondazione

| | |
|--------------|----------|
| Larghezza | : 150 cm |
| Alt.interna | : 35 cm |
| Alt.esterna | : 35 cm |
| Disassamento | : 0 cm |

Zoccolo centrale in fondazione

| | |
|--------------|---------|
| Larghezza | : 30 cm |
| Altezza a sx | : 35 cm |
| Altezza a dx | : 35 cm |
| Sfalsamento | : 0 cm |

Mensola destra in fondazione

| | |
|--------------|---------|
| Larghezza | : 35 cm |
| Alt.interna | : 35 cm |
| Alt.esterna | : 35 cm |
| Disassamento | : 0 cm |

Caratteristiche dei terreni

Significato dei simboli e unità di misura:

Gsat: Peso specifico saturo del terreno, utilizzato nelle zone immerse (daN/m³)

Gnat: Peso specifico naturale del terreno, utilizzato nelle zone non immerse (daN/m³)

Fi: Angolo di attrito interno del terreno (deg)

C': Coesione drenata del terreno (daN/cm²)

Cnd: Coesione non drenata del terreno (daN/cm²)

Delta: Angolo di attrito all'interfaccia terreno/paramento (deg)

AI: Adesione della coesione all'interfaccia terreno/cls (-)

OCR: Coefficiente di sovraconsolidazione del terreno (-)

Ko: Coefficiente di spinta a riposo del terreno (-)

E: Modulo elastico longitudinale del terreno (daN/cm²)

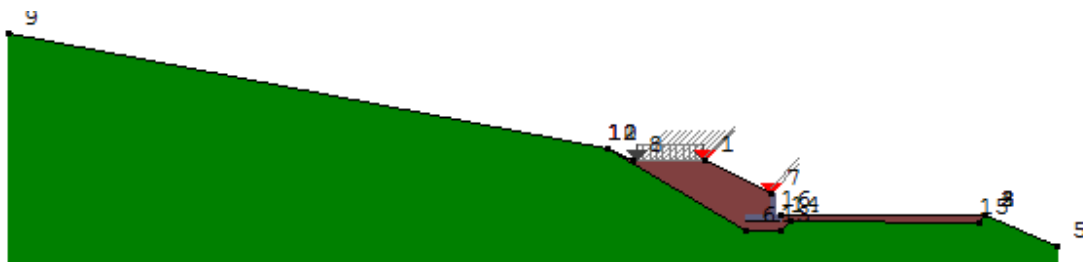
G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm²)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

| N | Denominazione | Gsat | Gnat | Fi | C' | Cnd | Delta | AI | OCR | Ko | E | G | Perm |
|---|-----------------|------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|-----|----------|
| 1 | Rilevato | 1900 | 1900 | 35,00 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 1,00 | 0,43 | 900 | 345 | 3,30E-01 |
| 2 | Terreno in sito | 2000 | 2000 | 20,00 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,50 | 1,00 | 0,66 | 40 | 15 | 1,00E-05 |

Geometria degli strati

Vengono mostrate in forma tabellare le sequenze di punti che costituiscono le poligonali di separazione degli strati di terreno.



Strato n.1, materiale sottostante: Terreno in sito

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 3 | 1355 | 0 |
| 2 | 4 | 1355 | 0 |

Strato n.2, materiale sottostante: Terreno in sito

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 3 | 1355 | 0 |
| 2 | 2 | 1355 | 0 |

Strato n.3, materiale sottostante: Rilevato

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 1 | -425 | 343 |
| 2 | 7 | -15 | 140 |

Strato n.4, materiale sottostante: Rilevato

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 8 | -890 | 350 |
| 2 | 1 | -425 | 343 |

Strato n.5, materiale sottostante: Terreno in sito

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 2 | 1355 | 0 |
| 2 | 5 | 1813 | -200 |

Strato n.6, materiale sottostante: Terreno in sito

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 9 | -4861 | 1150 |
| 2 | 10 | -1050 | 420 |

Strato n.7, materiale sottostante: Rilevato

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 10 | -1050 | 420 |
| 2 | 8 | -890 | 350 |

Strato n.8, materiale sottostante: Terreno in sito

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 10 | -1050 | 420 |
| 2 | 11 | -1050 | 420 |
| 3 | 12 | -1050 | 420 |
| 4 | 6 | -175 | -95 |

Strato n.9, materiale sottostante: Terreno in sito

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 6 | -175 | -95 |
| 2 | 13 | 50 | -95 |
| 3 | 14 | 115 | -37 |
| 4 | 15 | 1320 | -45 |
| 5 | 2 | 1355 | 0 |

Strato n.10, materiale sottostante: Rilevato

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | - | -165 | -35 |
| 2 | - | -15 | -35 |
| 3 | - | 15 | -35 |
| 4 | - | 50 | -35 |

Strato n.11, materiale sottostante: Rilevato

| Progressivo | N. | X [cm] | Y [cm] |
|-------------|----|--------|--------|
| 1 | 16 | 50 | -5 |
| 2 | 2 | 1355 | 0 |

Geometria dei carichi

Le coordinate e le componenti dei carichi stampate in questo paragrafo sono riferite al sistema di riferimento relativo alla sezione trasversale, dove gli assi X e Y locali coincidono rispettivamente con gli assi X e Z globali. L'asse Y globale si sviluppa nella profondità del muro. Tutte le tipologie di carico, esclusa quella puntuale, hanno componenti e coordinate diverse da zero solo lungo gli assi locali X e Y. Nel caso di carichi puntuali viene indicata anche la posizione in profondità (P), riferita rispetto alla sezione trasversale iniziale dell'intervento e quindi lungo l'asse Y globale.

Carico n.1

Tipo di carico: distribuito
 Tipo di carico: distribuito
 Punto di inserimento:
 X (asse X globale): -865 cm
 Y (asse Z globale): 350 cm
 Ampiezza: 420 cm
 Condizione: Permanenti
 Valore iniziale: 0,00 daN/cm²
 Valore finale: 0,00 daN/cm²
 Condizione: Variabili
 Valore iniziale: -0,20 daN/cm²
 Valore finale: -0,20 daN/cm²

Carichi uniformi

Comp.permanente di carico uniforme a monte : -0.06 daN/cm²
 Comp.variabale di carico uniforme a monte : 0 daN/cm²

Metodi di calcolo delle azioni e delle verifiche

Metodo di calcolo della spinta del terreno : Cuneo di tentativo
 Metodo di calcolo della portanza del terreno : Brinch-Hansen
 Normativa adottata per le verifiche locali : D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni

Distribuzioni di spinte e pressioni

Pressioni

Le distribuzioni delle pressioni esercitate dai terreni circostanti il muro sono date attraverso un insieme di segmenti generalmente coincidenti i profili laterali dell'intervento murario. Ogni segmento presenta una distribuzione lineare di pressione che può variare vettorialmente da un valore (VX1, VY1) sino ad un valore (VX2, VY2).Le distribuzioni di pressione sono fornite per causa originante (pressione del terreno o pressione dell'acqua) e sommate globalmente.



Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | VY ₁ | VX ₂ | VY ₂ | VX ₁ | VY ₁ | VX ₂ | VY ₂ | VX ₁ | VY ₁ | VX ₂ | VY ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | VY ₁ | VX ₂ | VY ₂ | VX ₁ | VY ₁ | VX ₂ | VY ₂ | VX ₁ | VY ₁ | VX ₂ | VY ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | VY ₁ | VX ₂ | VY ₂ | VX ₁ | VY ₁ | VX ₂ | VY ₂ | VX ₁ | VY ₁ | VX ₂ | VY ₂ |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-----|----|---|-------|---|------|---|---|---|---|---|-------|---|------|---|
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 |
|---|----|-----|----|---|-------|---|------|---|---|---|---|---|-------|---|------|---|

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-4

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-2

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-3

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-4

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.04 | 0 | 0.04 | 0 |

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1

| N. | tratto di calcolo | | | | terreno | | | | acqua | | | | totale | | | |
|----|-------------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | X ₁ | Y ₁ | X ₂ | Y ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ | VX ₁ | Vy ₁ | VX ₂ | Vy ₂ |
| 1 | 15 | 140 | 15 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -0.03 | 0 | 0.03 | 0 |

Risultante delle azioni agenti sul muro

Vengono riportate le combinazioni di calcolo ed il riepilogo delle azioni risultanti agenti sul muro per le verifiche geotecniche.

Combinazioni di calcolo

La seguente tabella mostra i coefficienti moltiplicatori delle azioni utilizzati nelle combinazioni ed i relativi gruppi di coefficienti di sicurezza parziale, definiti nella normativa.

Per i gruppi An l'indice n fa riferimento alle tabelle delle azioni, dove A1, A2 e A3 indicano rispettivamente il gruppo STR, il gruppo GEO ed il gruppo EQU della tabella 6.2.I (paragrafo 6.2.3.1.1), A4 indica il gruppo UPL (Sollevamento) della tabella 6.2.III (paragrafo 6.2.3.2), A5 indica il gruppo HYD (Sifonamento) della tabella 6.2.IV (paragrafo 6.2.3.3).

Per il gruppo Mn l'indice n fa riferimento alla tabella 6.2.II (par.6.2.3.1.2).

Per il gruppo Rn l'indice n fa riferimento alle tabelle 6.4.I (par.6.4.2.1) e 6.4.II (par.6.4.3.1).

Modifica Tecnica – Viabilità secondaria 14

Con l'indice stampato n uguale a 0 (A0, M0 e R0), si intendono le situazioni in cui non sono definiti dei gruppi specifici da parte della normativa (cfr. par.7.11.1) ed i coefficienti moltiplicatori sono da intendersi implicitamente unitari.

| Famiglia | A | M | R | Indice | Nome | Perm. | Variabili | Sisma H | Sisma V |
|----------|----|----|----|--------|-------|-------|-----------|---------|---------|
| EQU | A3 | M2 | R0 | 1 | EQU-1 | 0.9 | 1.3 | 0 | 0 |
| EQU | A3 | M2 | R0 | 2 | EQU-2 | 1.1 | 1.3 | 0 | 0 |
| EQU | A0 | M2 | R0 | 3 | EQU-3 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| EQU | A0 | M2 | R0 | 4 | EQU-4 | 1 | 0 | 1 | -1 |
| STR | A1 | M1 | R3 | 1 | STR-1 | 1.3 | 0 | 0 | 0 |
| STR | A1 | M1 | R3 | 2 | STR-2 | 1.3 | 1.5 | 0 | 0 |
| GEO | A2 | M2 | R2 | 1 | GEO-1 | 1 | 1.3 | 0 | 0 |
| SIS | A0 | M1 | R3 | 1 | SIS-1 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| SIS | A0 | M1 | R3 | 2 | SIS-2 | 1 | 0 | 1 | -1 |
| SIS | A0 | M2 | R2 | 3 | SIS-3 | 1 | 0 | 1 | 1 |
| SIS | A0 | M2 | R2 | 4 | SIS-4 | 1 | 0 | 1 | -1 |
| SLE | A0 | M0 | R0 | 1 | SLE-1 | 1 | 1 | 0 | 0 |

Combinazione di carico EQU-1

| Descrizione | x _p | y _p | F _x | F _y |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | cm | cm | daN/cm | daN/cm |
| Peso proprio del muro | -37 | 14 | 0 | -26.38 |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 0 | -45.43 |
| Carichi su terreno a monte | -58 | 0 | 0 | -11.61 |

Combinazione di carico EQU-2

| Descrizione | x _p | y _p | F _x | F _y |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | cm | cm | daN/cm | daN/cm |
| Peso proprio del muro | -37 | 14 | 0 | -32.24 |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 0 | -55.53 |
| Carichi su terreno a monte | -58 | 0 | 0 | -14.19 |

Combinazione di carico EQU-3

| Descrizione | x _p | y _p | F _x | F _y |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | cm | cm | daN/cm | daN/cm |
| Peso proprio del muro | -37 | 14 | 0 | -29.31 |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 0 | -50.48 |
| Carichi su terreno a monte | -58 | 0 | 0 | -12.9 |
| Forza di inerzia dovuta al muro | -37 | 14 | 7.18 | -3.59 |
| Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 12.36 | -6.18 |

Combinazione di carico EQU-4

| Descrizione | x _p | y _p | F _x | F _y |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | cm | cm | daN/cm | daN/cm |
| Peso proprio del muro | -37 | 14 | 0 | -29.31 |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 0 | -50.48 |
| Carichi su terreno a monte | -58 | 0 | 0 | -12.9 |
| Forza di inerzia dovuta al muro | -37 | 14 | 7.18 | 3.59 |
| Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 12.36 | 6.18 |

Combinazione di carico STR-1

| Descrizione | x _p | y _p | F _x | F _y |
|--|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | cm | cm | daN/cm | daN/cm |
| Peso proprio del muro | -37 | 14 | 0 | -38.11 |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 0 | -65.63 |
| Carichi su terreno a monte | -58 | 0 | 0 | -16.77 |

Combinazione di carico STR-2

| Descrizione | x _p | y _p | F _x | F _y |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|

Modifica Tecnica – Viabilità secondaria 14

| | cm | cm | daN/cm | daN/cm |
|--|-----|----|--------|--------|
| Peso proprio del muro | -37 | 14 | 0 | -38.11 |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 0 | -65.63 |
| Carichi su terreno a monte | -58 | 0 | 0 | -16.77 |

Combinazione di carico SIS-1

| Descrizione | x_p | y_p | F_x | F_y |
|--|-------|-------|--------|--------|
| | cm | cm | daN/cm | daN/cm |
| Peso proprio del muro | -37 | 14 | 0 | -29.31 |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 0 | -50.48 |
| Carichi su terreno a monte | -58 | 0 | 0 | -12.9 |
| Forza di inerzia dovuta al muro | -37 | 14 | 2.22 | -1.11 |
| Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 3.83 | -1.92 |

Combinazione di carico SIS-2

| Descrizione | x_p | y_p | F_x | F_y |
|--|-------|-------|--------|--------|
| | cm | cm | daN/cm | daN/cm |
| Peso proprio del muro | -37 | 14 | 0 | -29.31 |
| Peso proprio del terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 0 | -50.48 |
| Carichi su terreno a monte | -58 | 0 | 0 | -12.9 |
| Forza di inerzia dovuta al muro | -37 | 14 | 2.22 | 1.11 |
| Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte | -95 | 90 | 3.83 | 1.92 |

Parametri per dimensionamento armatura

Rck (resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo) : 300 daN/cm²
 Modulo elastico longitudinale Ec : 311769 daN/cm²
 Rapporto Ea/Ec per calcolo tensioni in esercizio : 15
 Rapporto Ea/Ec per calcolo ampiezza fessure : 7
 Fyk (tensione di snervamento caratteristica dell'acciaio): 4400 daN/cm²
 Fattore parziale di sicurezza dell'acciaio : 1.15
 Fattore parziale di sicurezza del calcestruzzo : 1.6
 Coefficiente Beta2 per calcolo ampiezza fessure : 0.5
 Riduzione della tau di aderenza per cattiva aderenza : 0.7
 fct,eff/fctm per calcolo ampiezza fessure : 1.2
 Limite sigmac/fck : 0.45
 Limite sigmaf/fyk : 0.7
 Ampiezza limite delle fessure : 0.1 mm
 Coefficiente Beta per punzonamento pali sul bordo : 1.4
 Coefficiente Beta per punzonamento pali interni : 1.15

Sollecitazioni e verifiche strutturali

Tutte le verifiche sono riferite su sezioni di profondità nominale di un metro.

Significato dei simboli:

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

As: area efficace dello strato superiore per metro

Cs: copriferro medio dello strato superiore

Ai: area efficace dello strato inferiore per metro

Ci: copriferro medio dello strato inferiore

vml: soddisfacimento delle percentuali minime di armatura

cres: combinazione di carico critica per la verifica di resistenza in pressoflessione retta

Md: momento di calcolo

Nd: sforzo normale di calcolo

Mu: momento ultimo

Nu: sforzo normale ultimo

c.s.: coefficiente di sicurezza

vres: soddisfacimento della resistenza alla pressoflessione retta

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

ces: combinazione di carico critica delle tensioni in esercizio in pressoflessione retta

Me: momento in esercizio

Ne: sforzo normale in esercizio

σ_f : trazione massima sull'armatura

σ_c : compressione massima sul calcestruzzo

ves: soddisfacimento tensioni ammissibili a pressoflessione retta

cf: combinazione di carico critica per la verifica di fessurazione

Mf: momento di calcolo per la verifica di fessurazione

Nf: sforzo normale di calcolo per la verifica di fessurazione

Srm: interasse delle fessure

Wk: ampiezza caratteristica delle fessure

vf: soddisfacimento verifica fessurazione

X: ascissa del baricentro della sezione

Y: ordinata del baricentro della sezione

H: altezza della sezione

ct: combinazione di carico critica per la verifica a taglio

VSd: taglio di calcolo

VRdc: taglio resistente in assenza di armatura a taglio

VRdmax: taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

VRds: taglio resistente in presenza di armatura a taglio

vt: soddisfacimento verifica taglio

Paramento (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

| X | Y | H | A _s | C _s | A _i | C _i | V _{ml} | C _{res} | M _d | N _d | M _u | N _u | C.S. | V _{res} |
|----|-----|----|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------------------|
| cm | cm | cm | cm ² | cm | cm ² | cm | | | daN cm | daN | | daN cm | | |
| 0 | 0 | 30 | 5.7 | 3.6 | 5.7 | 3.6 | ok | SIS-1 | 5578 | -1090 | 1517362 | -296483 | 272 | ok |
| 0 | 30 | 30 | 9.4 | 3.6 | 9.4 | 3.6 | ok | SIS-1 | 11266 | -856 | 2282640 | -173502 | 203 | ok |
| 0 | 60 | 30 | 5.7 | 3.6 | 5.7 | 3.6 | ok | SIS-1 | 7200 | -623 | 1947511 | -168450 | 270 | ok |
| 0 | 90 | 30 | 5.7 | 3.6 | 5.7 | 3.6 | ok | STR-1 | 3239 | -488 | 1724917 | -259626 | 533 | ok |
| 0 | 120 | 30 | 4.9 | 3.6 | 4.9 | 3.6 | ok | STR-1 | 615 | -195 | 1084640 | -343703 | >999 | ok |

| X | Y | H | c _{es} | M _e | N _e | σ_f | σ_c | V _{es} | C _f | M _f | N _f | Srm | W _k | v _f |
|----|-----|----|-----------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|
| cm | cm | cm | | daN cm | daN | daN/cm ² | daN/cm ² | | | daN cm | daN | cm | mm | |
| 0 | 0 | 30 | SLE-1 | 0 | -1050 | 0 | 0 | ok | SLE-1 | 0 | -1050 | - | - | ok |
| 0 | 30 | 30 | SLE-1 | 7536 | -825 | 3 | -1 | ok | SLE-1 | 7536 | -825 | - | - | ok |
| 0 | 60 | 30 | SLE-1 | 5182 | -600 | 2 | -1 | ok | SLE-1 | 5182 | -600 | - | - | ok |
| 0 | 90 | 30 | SLE-1 | 2491 | -375 | 0 | 0 | ok | SLE-1 | 2491 | -375 | - | - | ok |
| 0 | 120 | 30 | SLE-1 | 473 | -150 | 0 | 0 | ok | SLE-1 | 473 | -150 | - | - | ok |

| X | Y | H | c _t | VSd | VRdc | VRdmax | VRds | v _t |
|----|-----|----|----------------|------|-------|--------|------|----------------|
| cm | cm | cm | | daN | daN | daN | daN | |
| 0 | 0 | 30 | SIS-2 | -80 | 11927 | - | - | ok |
| 0 | 30 | 30 | SIS-1 | -127 | 11907 | - | - | ok |
| 0 | 60 | 30 | SIS-1 | -139 | 11876 | - | - | ok |
| 0 | 90 | 30 | SIS-1 | -116 | 11846 | - | - | ok |
| 0 | 120 | 30 | STR-2 | -58 | 11820 | - | - | ok |

Mensola di fondazione a monte (mensola sinistra) (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

| X | Y | H | A _s | C _s | A _i | C _i | V _{ml} | C _{res} | M _d | N _d | M _u | N _u | C.S. | V _{res} |
|------|-----|----|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------------------|
| cm | cm | cm | cm ² | cm | cm ² | cm | | | daN cm | daN | | daN cm | | |
| -135 | -18 | 35 | 5.7 | 3.6 | 5.7 | 3.6 | ok | STR-1 | 2378 | 92 | 413643 | 15946 | 174 | ok |
| -105 | -18 | 35 | 5.7 | 3.6 | 5.7 | 3.6 | ok | STR-1 | 7776 | 92 | 558994 | 6592 | 71.9 | ok |
| -75 | -18 | 35 | 5.7 | 3.6 | 5.7 | 3.6 | ok | SIS-2 | -17661 | 8 | -655431 | 300 | 37.1 | ok |

Modifica Tecnica – Viabilità secondaria 14

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|-------|--------|-----|---------|------|------|----|
| -45 | -18 | 35 | 5.7 | 3.6 | 5.7 | 3.6 | ok | SIS-2 | -30456 | -12 | -663931 | -258 | 21.8 | ok |
| -15 | -18 | 35 | 5.7 | 3.6 | 5.7 | 3.6 | ok | SIS-2 | -46075 | -32 | -667002 | -460 | 14.5 | ok |

| X | Y | H | C _{es} | M _e | N _e | σ _f | σ _c | v _{es} | C _f | M _f | N _f | S _{rm} | W _k | v _f |
|------|-----|----|-----------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| cm | cm | cm | | daN cm | daN | daN/cm ² | daN/cm ² | | | daN cm | daN | cm | mm | |
| -135 | -18 | 35 | SLE-1 | 1830 | 71 | 17 | 0 | ok | SLE-1 | 1830 | 71 | - | - | ok |
| -105 | -18 | 35 | SLE-1 | 5981 | 71 | 42 | -1 | ok | SLE-1 | 5981 | 71 | - | - | ok |
| -75 | -18 | 35 | SLE-1 | 10819 | 71 | 72 | -1 | ok | SLE-1 | 10819 | 71 | - | - | ok |
| -45 | -18 | 35 | SLE-1 | 14641 | 71 | 95 | -1 | ok | SLE-1 | 14641 | 71 | - | - | ok |
| -15 | -18 | 35 | SLE-1 | 15742 | 71 | 102 | -2 | ok | SLE-1 | 15742 | 71 | - | - | ok |

| X | Y | H | c _t | VSd | VRdc | VRdmax | VRds | v _t |
|------|-----|----|----------------|------|-------|--------|------|----------------|
| cm | cm | cm | | daN | daN | daN | daN | |
| -135 | -18 | 35 | STR-2 | -140 | 13222 | - | - | ok |
| -105 | -18 | 35 | SIS-2 | 263 | 13222 | - | - | ok |
| -75 | -18 | 35 | SIS-2 | 375 | 13222 | - | - | ok |
| -45 | -18 | 35 | SIS-2 | 476 | 13224 | - | - | ok |
| -15 | -18 | 35 | SIS-2 | 564 | 13227 | - | - | ok |

Mensola di fondazione a valle (mensola destra) (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

| X | Y | H | A _s | C _s | A _i | C _i | v _{ml} | C _{res} | M _d | N _d | M _u | N _u | c.s. | v _{res} |
|----|-----|----|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|------------------|
| cm | cm | cm | cm ² | cm | cm ² | cm | | | daN cm | daN | | daN cm | | |
| 15 | -18 | 35 | 5.7 | 3.6 | 5.7 | 3.6 | ok | SIS-1 | 16293 | 23 | 645958 | 921 | 39.6 | ok |

| X | Y | H | C _{es} | M _e | N _e | σ _f | σ _c | v _{es} | C _f | M _f | N _f | S _{rm} | W _k | v _f |
|----|-----|----|-----------------|----------------|----------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|
| cm | cm | cm | | daN cm | daN | daN/cm ² | daN/cm ² | | | daN cm | daN | cm | mm | |
| 15 | -18 | 35 | SLE-1 | 11824 | 0 | 72 | -1 | ok | SLE-1 | 11824 | 0 | - | - | ok |

| X | Y | H | c _t | VSd | VRdc | VRdmax | VRds | v _t |
|----|-----|----|----------------|------|-------|--------|------|----------------|
| cm | cm | cm | | daN | daN | daN | daN | |
| 15 | -18 | 35 | SIS-1 | -950 | 13222 | - | - | ok |