



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. 110

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso
Relazione tecnica descrittiva della modifica tecnica n. 110

Codice Unico Progetto (CUP) : F41B03000230001

Codice elaborato:	OPERA	ARGOMENTO	DOC. E PROG.	FASE	REVISIONE
PA17/08	PE	MT110	RT01	5	0

CARTELLA:	FILE NAME:	NOTE:	PROT.	SCALA:
0 6	PEMT110RT01_50_4137.dwg	1=1	4 1 3 7	-
5				
4				
3				
2				
1				
0	PRIMA EMISSIONE		Novembre 2015	M. Mancone 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 polifi@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

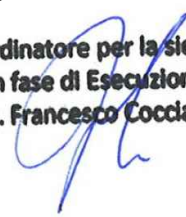


Il Geologo
dott. Pietro Accolti Gil



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

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



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 **LO410C E 1101**

Dott. Ing. Ettore de Cesbron de la Grennelais

Sommario

0	OGGETTO DELLA RELAZIONE	3
1	PREMESSA GENERALE.....	3
2	INTERVENTI SULLE AREE INTERCLUSE LATO MONTE	9
2.1	IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO.....	10
2.2	PRESCRIZIONI IN MERITO ALLE GRADONATURE DI AMMORSAMENTO.....	11
2.3	MODIFICHE STRADALI RAMPE 3-4-6 SVINCOLO MEZZOJUSO	13
3	INTERVENTI SVINCOLO MEZZOJUSO ASSE PRINCIPALE	15
3.1	INTERVENTI SUI RILEVATI IN ALLARGAMENTO.....	15
3.2	MANTENIMENTO MURO DI CONTRORIPA LATO MONTE.....	17
3.3	IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO.....	18
4	ALLEGATO 1-FASCICOLO DELLE VERIFICHE DEL MURO DI CONTENIMENTO	21

0 OGGETTO DELLA RELAZIONE

La presente relazione tecnica descrittiva viene emessa nell'ambito del Progetto Esecutivo di Variante N.°1, al fine di affrontare alcune criticità rilevate in fase di cantiere dal C.G. e/o evidenziate dagli Enti di controllo nel tratto di SS121 in ammodernamento ricadente tra le progressive 12+397 e 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso, oltreché per apportare alcuni interventi migliorativi rispetto a quanto previsto in sede di Progetto Esecutivo Approvato (PEA).

Nella trattazione a seguire, gli interventi previsti vengono funzionalmente suddivisi nelle due seguenti aree di lavoro, a ciascuna delle quali viene dedicato uno specifico capitolo:

CAPITOLO 2: "Interventi svincolo Mezzojuso area interclusa lato monte": si intendono gli interventi previsti su:

- tratto di asse principale, lato SX, in allargamento rispetto alla SS121; da SEZ. 625 a SEZ.641;
- area interclusa circoscritta dalle rampe 3-4-6 dello svincolo Mezzojuso;

CAPITOLO 3: "Interventi svincolo Mezzojuso asse principale": si intendono gli interventi previsti su:

- asse principale, lato DX, in allargamento rispetto alla SS121, ed area a valle della attuale SS121, da SEZ.621 a SEZ.643;
- rampa 2 di immissione dello svincolo di Mezzojuso, da SEZ. 639B a SEZ. 646;
- tratto di asse principale lato monte da SEZ. 644 a SEZ.653;

1 PREMESSA GENERALE

Durante il mese di Dicembre 2014 e nei primi tre mesi del corrente anno 2015, in tutto il territorio interessato dai lavori di ammodernamento della SS121, si sono verificate condizioni metereologiche tali da poter essere considerate decisamente fuori dall'ordinario, contraddistinte da un aumento consistente del numero di giorni piovosi e da un significativo incremento delle precipitazioni giornaliere e mensili cumulate.

Il grafico riportato in figura 1, mette in evidenza il confronto fra le piogge registrate dalla stazione metereologica di Mezzojuso negli ultimi mesi (cumulate mensili rappresentate dalle barre in blu) e le precipitazioni medie mensili, misurate dalla stessa stazione, nel decennio 2002/2012 (andamento medio stagionale riportato in verde).

I dati mostrati sono stati acquisiti dal Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano (Regione Siciliana, Assessorato Risorse Agricole e Alimentari - Dipartimento Interventi Infrastrutturali).

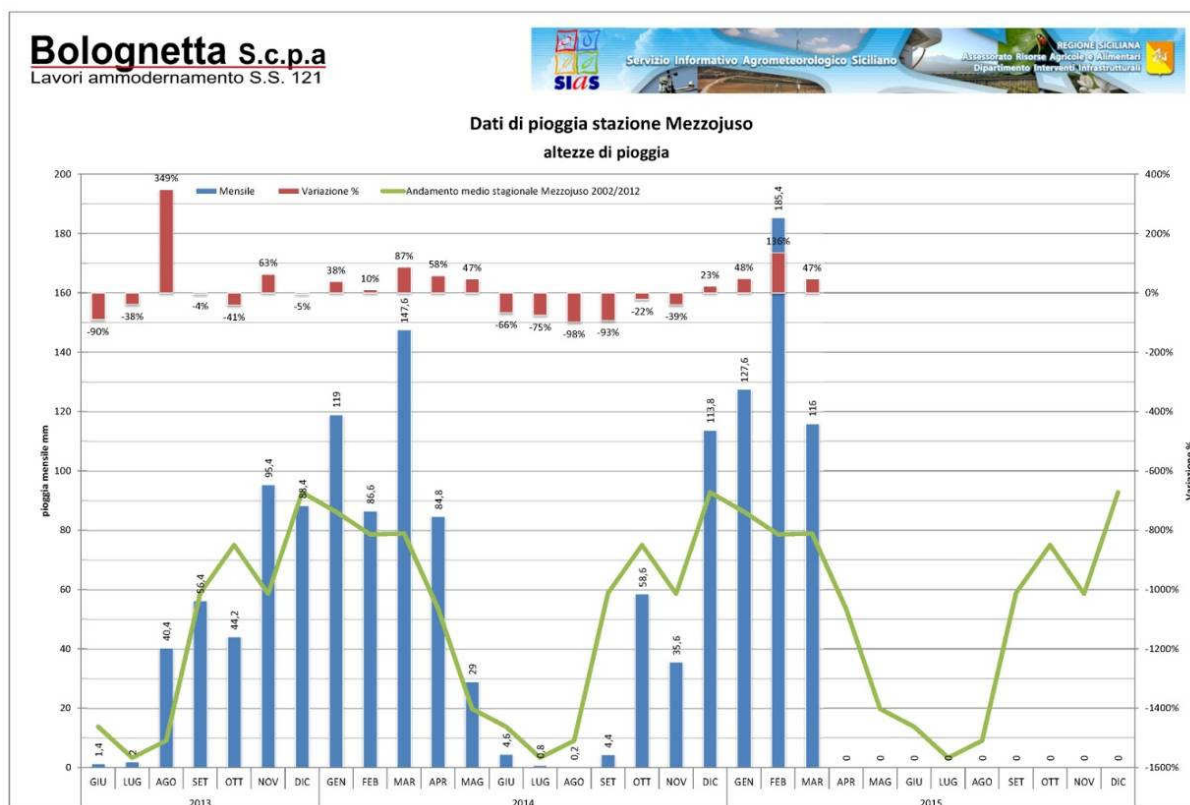


Figura 1 - Confronto dei dati pluviometrici 2014/2015 con l'andamento delle serie storiche 2002/2012

Dall'analisi del grafico risulta evidente come, nei mesi di Dicembre 2014 e nei primi tre mesi dell'anno 2015, i volumi di pioggia caduti siano stati di molto superiori alla media mensile stagionale, con un picco nel mese di Febbraio, durante il quale si sono registrate precipitazioni cumulate più di due volte maggiori (185,4mm di pioggia, pari ad una variazione percentuale del +136%) rispetto alla media mensile dello stesso mese per il periodo 2002/2012.

Il perdurare di condizioni pluviometriche così anomale, caratterizzate da piogge incessanti e valori cumulati di gran lunga fuori dall'ordinario, ha determinato livelli di piena anomali del torrente Frattina, che hanno innescato fenomeni di esondazione e completa imbibizione dei terreni limitrofi, sino ad interessare il piede dei rilevati esistenti.

Inoltre, i due tombini esistenti posti al di sotto del rilevato nel tratto in esame, risultando parzialmente ostruiti e non potendo scaricare direttamente nel corso d'acqua, come da progetto PEA, hanno contribuito alla saturazione dei terreni ed alla determinazione di zone di stagnazione delle acque.

Nelle pagine seguenti si riportano alcune foto scattate nel corso dei sopralluoghi che danno evidenza di quanto detto.

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso



Figura 2 – Immagini Marzo 2015 Svincolo di Mezzojuso [LATO MONTE](#)

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso



Figura 3 - Immagini Marzo 2015 Svincolo di Mezzojuso LATO VALLE

Pertanto, dovendo realizzare i nuovi rilevati in allargamento in stretta vicinanza al suddetto corso d'acqua, ed essendo i terreni superficiali fortemente suscettibili all'imbibizione, e peraltro già oggetto di rimaneggiamento a causa delle lavorazioni in corso, al fine di evitare fenomeni di instabilità, sia del piede che delle scarpate dei rilevati stessi in progetto, si è ritenuto opportuno effettuare i dovuti approfondimenti progettuali, supportati da una idonea campagna d'indagini geognostiche integrative, atte a definire puntualmente l'andamento stratigrafico, i livelli di falda e la caratterizzazione geomeccanica delle unità presenti con particolare riferimento alla coltre superficiale soggetta alle intense precipitazioni e divagazioni dell'alveo fluviale, registrate nell'ultimo periodo.

Le indagini geognostiche integrative sono state eseguite nel periodo aprile-maggio 2015, dalla ditta L&R laboratori e Ricerche srl, mentre le prove di laboratorio sono state eseguite dal laboratorio autorizzato "Settore Terre", ai sensi della Circ. 7618/STC Decreto n°7154 del 28/10/2014, Meccanica Terre e Rocce del geologo Filippo Furia – Troina (EN).

Nella planimetria seguente (Figura 5) è riportata l'ubicazione delle suddette indagini integrative eseguite. Sono, inoltre, riportate le indagini eseguite a corredo del Progetto Esecutivo Approvato (PEA).

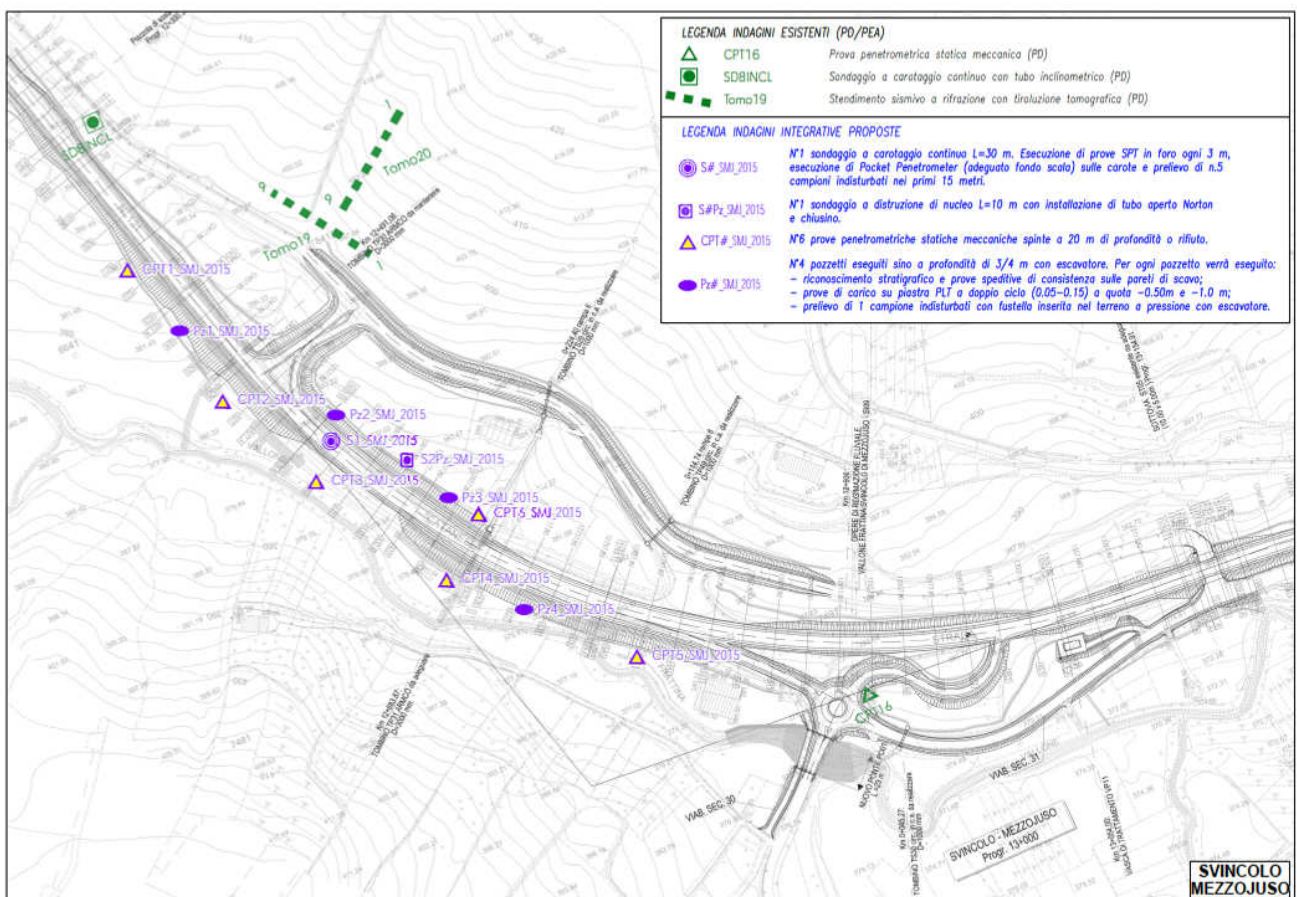


Figura 5 – Planimetria con ubicazione indagini

La campagna d'indagine, posta a base della progettazione de PEA, è stata eseguita tra il 2009 e 2010 ed è consistita in :

- n°1 sondaggio a carotaggio continuo denominato SD8INCL di lunghezza 30.0 m attrezzato con tubo inclinometrico
- n°1 prova penetrometrica statica CPT denominata CPT16;

Durante la perforazione del sondaggio sono state eseguite le seguenti attività:

- catalogazione e ripresa fotografica del materiale recuperato;
- riconoscimento stratigrafico dei materiali;
- esecuzione di determinazioni speditive sulle caratteristiche di consistenza (Pocket Penterometer);
- prelievo di n°3 campioni indisturbati (negli strati coesivi) per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- prelievo di n°2 campioni rimaneggiati per l'esecuzione di prove di laboratorio.
- n°4 prove Standard Penetration Test (SPT).

Nella tabella seguente sono riassunte le prove eseguite all'interno del sondaggio.

Sondaggio	Profondità [m]	Prove SPT [n.]	N. campioni indisturbati [n.]	N. campioni rimaneggiati [n.]	Piezometro [m]	Prova Down-Hole [m]	Inclinometro [m]
SD8INCL	30.0	4	3	2	-	-	30.0

Mentre la nuova campagna, eseguita nel periodo marzo-maggio 2015, è consistita nelle seguenti indagini:

- n°1 sondaggio a carotaggio continuo di lunghezza pari a 30 m, denominato S1_SMJ_2015, eseguito sulla sommità del rilevato esistente, a quota intradosso sovrastruttura stradale;
- n°1 sondaggio a distruzione di nucleo di lunghezza pari a 10 m, denominato S2Pz_SMJ_2015, con installazione di piezometro a tubo aperto Norton, eseguito a piano campagna, lato monte;
- n°6 prove penetrometriche statiche CPT di lunghezza compresa tra 2.40 m e 9.20 m, di cui CPT1 – CPT5 eseguite lato fosso, mentre la CPT6 eseguita lato monte;
- n°4 pozzetti esplorativi spinti sino a 3.0 ÷ 4.0 m di profondità, eseguiti n°2 lato monte e n°2 lato fosso.

Durante la perforazione del sondaggio S1_SMJ_2015 sono state eseguite le seguenti attività:

- catalogazione e ripresa fotografica del materiale recuperato;
- riconoscimento stratigrafico dei materiali;
- esecuzione di determinazioni speditive sulle caratteristiche di consistenza (Pocket Penterometer);

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

- prelievo di n°4 campioni indisturbati (negli strati coesivi) per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- n°10 prove Standard Penetration Test (SPT).

Sono stati eseguiti, inoltre, n°4 pozzetti esplorativi con scavo sino a 3.0 ÷ 4.0 m di profondità, allo scopo di:

- eseguire un riconoscimento stratigrafico sulle pareti di scavo;
- eseguire prove di carico su piastra a varie profondità;
- prelievo di un campione indisturbato.

I risultati ottenuti dalla campagna di indagini integrative hanno permesso di definire, per la zona in esame, il quadro di riferimento geologico-geotecnico aggiornato allo stato attuale, sulla base del quale sono state effettuati gli approfondimenti progettuali e di calcolo, riportati nell'apposita documentazione di PED all'uopo predisposta, come meglio specificato nei successivi paragrafi.

2 INTERVENTI SULLE AREE INTERCLUSE LATO MONTE

Il presente capitolo mira a fornire adeguato riscontro alle comunicazioni trasmesse dalla D.L. in merito ad alcune criticità riscontrate durante la realizzazione del tratto di allargamento, lato monte, dell'asse principale, in corrispondenza dell'area di Svincolo di Mezzojuso, interclusa fra le rampe di progetto 3-4-6 e l'attuale SS121.

Si riportano, a seguire, i riferimenti e le sintesi dei contenuti delle notifiche trasmesse a firma D.L.

OdS n.16 trasmesso con nota prot. 0780-14-FG-ELDL/PA17, del 19/11/2014

OGGETTO: Ammorsamento rilevati – AP10 (da sez. 635 a sez. 629)

- notevole presenza di radici sui gradoni di ammorsamento al corpo del rilevato esistente, che potrebbe dar luogo a fenomeni di instabilità dello stesso;

e successiva nota:

Nota della D.L. prot. N.°0109-15-FG-DL/PA17, del 12/02/2015

OGGETTO: Asse Principale – AP10 (rif.OdS n.16)

nella quale, oltre a ribadire i contenuti dell'OdS N.16, venivano riscontrati i seguenti due ordini di problematiche:

- 1) a seguito delle intense e prolungate piogge si sono verificati fenomeni di innalzamento della falda fino a p.c. e stagnazione delle acque nelle zone prospicienti il piede della gradonatura;
- 2) il materiale sottostante la gradonatura di ammorsamento al corpo del rilevato esistente non risulta essere adeguato alle prescrizioni di C.S.A.;

Nei successivi due paragrafi, si riportano gli approfondimenti di studio e gli interventi integrativi/correttivi sviluppati per risolvere le problematiche sopra citate ed evidenziate dalle note D.L.

2.1 IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

Il severo regime pluviometrico che ha contraddistinto, come già anticipato in premessa, le aree di intervento nel corso dei mesi di Gennaio e Febbraio 2015, ha determinato la saturazione progressiva dei terreni e l'innalzamento complessivo dei livelli di falda, la quale ha assunto un carattere di falda quasi permanente, rispetto al consueto comportamento, in condizioni pluviometriche ordinarie, di falda temporanea con oscillazioni più o meno marcate rispetto allo zero di riferimento. In alcuni punti dell'area interclusa fra l'attuale svincolo di Mezzojuso, la strada provinciale 55bis e la S.S.121 esistente, si sono registrati anche affioramenti della falda a piano campagna, con abbondante venuta delle acque infiltrate a monte della strada provinciale.

La scarsa ricettività dei terreni, accompagnata al perdurare delle piogge, hanno determinato le criticità nel drenaggio e nello smaltimento delle acque sull'intera area interclusa, con conseguenti fenomeni di stagnazione diffusa delle acque, come evidenziato dalla citata nota della D.L.

Alla luce di quanto occorso, si rende pertanto necessaria l'implementazione del sistema di drenaggio dell'area in esame, attuando una serie di misure e presidi integrativi rispetto a quanto previsto nel Progetto Esecutivo Approvato (PEA).

Si elencano, di seguito, con riportata a margine una sintesi esplicativa, gli interventi idraulici che verranno messi in campo e che sono stati meglio dettagliati all'interno degli elaborati grafici emessi, a cui si rimanda per maggiori approfondimenti.

- a) Trincea drenante per la captazione delle acque di versante, da predisporre a tergo del muro di sostegno esistente da mantenere¹: alla luce degli ultimi eventi meteorici, si ritiene opportuno associare al fosso di guardia di monte, previsto in sede di PEA e deputato ad intercettare le acque di ruscellamento superficiale, una trincea costituita da materiale arido drenante che possa opportunamente captare le acque di infiltrazione sub-superficiale e convogliarle, mediante un tubo micro fessurato, ai tombini già previsti in fase di PEA sulla rampa 6 di svincolo Mezzojuso;
- b) Trincea drenante a presidio del corpo stradale principale: per somma cautela, ed al fine di mantenere asciutto il piede di appoggio del rilevato di progetto in allargamento, si predispose la realizzazione di una ulteriore trincea, costituita da materiale arido drenante, da porre al di sotto del fosso di guardia trapezio già previsto in fase di PEA, sebbene di dimensioni ridotte. A tal proposito, per implementare la capacità di smaltimento del fosso, questo verrà previsto rivestito in cls e di dimensioni maggiorate pari a $b=80\text{cm}$ ed $h_{\text{media}}=80\text{cm}$;
- c) Tombino aggiuntivo, incluso sistemazioni di monte e di valle: a seguito dei sopralluoghi effettuati nell'ultimo periodo, si sono riscontrate abbondanti venute di acqua dal versante, concentrate subito dopo il limite di intervento della rampa 6 dello svincolo di Mezzojuso, in corrispondenza di un accesso al campo soprastante. Le acque, non regimate, tracimano al di sopra della provinciale esistente, disperdendosi a valle della stessa, essendo ad oggi mancante un'adeguata inalveazione fino al tombino

¹ Il progetto stradale di PEA prevede l'allargamento lato monte della strada provinciale SP55bis (rampa 6 dello Sv. Mezzojuso di progetto), con conseguente demolizione del muro di sostegno esistente. Nella presente fase di PED si è optato per un intervento meno invasivo per il versante, che ha mostrato segni di incipiente instabilità a seguito dell'incremento delle precipitazioni. Si prevede, pertanto, il mantenimento, ove possibile, dei muretti esistenti, con allargamento della provinciale lato valle. Si rimanda per maggiori dettagli al prgf. 2.3 della presente nota.

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

TP30, esistente e da mantenere. La progettazione del tombino e delle inalveazioni connesse, sarà sviluppata, nell'ambito della più ampia risistemazione del tratto di viabilità SP55bis fino al viadotto Scorciavacche 1, non inclusa nel Progetto Esecutivo Approvato (PEA);

d) Rivestimento di fossi e inalveazioni di progetto: al fine di vincolare le quote di fondo fosso e di migliorare la capacità di smaltimento degli stessi, verranno estese, per tutta la lunghezza dei fossi e delle inalveazioni ricadenti nell'area interclusa in argomento, le tipologie di rivestimento già contemplate, solo per tratti limitati, in fase di PEA. In particolare, i fossi trapezi in terra saranno rivestiti in cls e le inalveazioni di collegamento, fra i tombini TS sotto la secondaria ed i tombini TP sotto l'asse principale, saranno rivestite integralmente con materassi tipo "Reno".

2.2 PRESCRIZIONI IN MERITO ALLE GRADONATURE DI AMMORSAMENTO

In riferimento al citato ODS n.°016, a firma D.L., si premette che, per gli allargamenti in ammorsamento ai rilevati esistenti, il PEA prevede in linea generale un pacchetto di bonifica, del piano di posa, di spessore complessivo pari a 0.5 m (costituito da 0.20 m di scotico e 0.30 m di ulteriore scavo). Successivamente si procede al riempimento della bonifica di 0.5 m, con materiale proveniente da cava e/o da scavo, secondo le specifiche contrattuali indicate nel documento C.S.A. - Norme Tecniche Opere Civili e Impianti, sino a riportarsi a quota piano campagna. A quota p.c., pari a quota estradosso bonifica, si esegue la prova di carico su piastra (PLT), il cui valore è funzione della distanza "d" fra l'intradosso della fondazione della sovrastruttura stradale ed il piano di posa dei rilevati.

In particolare, essi dovranno risultare non inferiori a:

$$d > 2 - M_d \geq 15 \text{ MPa}$$

$$1 < d < 2 - M_d \geq 20 \text{ MPa}$$

Nel caso in cui non siano rispettati tali moduli, si deve procedere a smantellare quanto realizzato e approfondire la bonifica.

Tale approfondimento potrà variare tra i 30 cm e 50 cm in funzione dell'esito delle prove di carico su piastra.

L'approfondimento della bonifica potrà essere effettuato in due modi:

1. riempimento con materiale arido da rilevato, secondo le specifiche del C.S.A.;
2. mediante stabilizzazione a calce in sito con spessore max 40 cm, che renderebbe il piano di posa meno sensibile all'acqua. Quest'ultima lavorazione, ovviamente, si potrà eseguire solo se non ci sono ristagni/venute d'acqua e si è prossimi ai limiti di umidità ottima.

Una volta raggiunti i limiti previsti dal C.S.A. sul piano di posa, si procederà alla costruzione del rilevato stesso.

Come previsto dal C.S.A.: "Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali il terreno costituente il corpo del rilevato sul quale verrà addossato il nuovo materiale, con la cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (altezza massima 50 cm) la stesa del corrispondente nuovo strato, di analoga altezza, ed il suo costipamento, consentendo, nel contempo, l'eventuale viabilità del rilevato esistente". L'operazione di gradonatura sarà

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale a protezione del rilevato esistente, che sarà accantonato se ritenuto idoneo o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Con riferimento specifico allo svincolo di Mezzojuso ed alla WBS di progetto AP10 (asse principale), di cui all'OdS della D.L. n. 016 del 19/10/2014 e successiva nota della D.L. (prot n.019-15-FG-dl/pa17 del 12/02/2015), dai sopralluoghi recentemente effettuati si è potuto verificare che *le gradonature di ammorsamento al rilevato esistente sono state effettuate partendo dall'alto e non dal basso verso l'alto, con contestuale costruzione del rilevato in affiancamento. Ciò ha comportato, come è possibile rilevare dalle foto sotto riportate, che le scarpate/gradonature sono rimaste aperte e soggette al degrado degli agenti atmosferici, per tutto il periodo invernale, caratterizzato da copiosi eventi meteorici*. Tale circostanza comporterà, necessariamente, l'asportazione di una quantità maggiore di materiale, ormai degradato, per assicurare un efficace ammorsamento tra il nuovo ed il vecchio rilevato.

Pertanto, nello specifico del tratto stradale in esame (AP10), il modo di procedere per il tratto in allargamento del rilevato esistente è il seguente (si veda anche la sezione tipo riportata a seguire):

1. completare tutte le sistemazioni idrauliche di PEA e quelle integrative proposte come da apposite tavole idrauliche allegate alla presente nota (si veda Planimetria idraulica PEIDP015_50_4137 e Trincee drenanti tavola PEIDN022_50_4137);
2. eseguire il cassonetto di bonifica al piede, con le modalità descritte in precedenza e previste dal C.S.A, e suo successivo riempimento;
3. eseguire i gradoni di ammorsamento, procedendo dal basso, eliminando tutta la coltre vegetale ed il materiale smosso, arrivando sino al corpo del rilevato esistente. I gradoni possono avere una larghezza minima di 60 cm e fino a 150 cm, in funzione delle reali condizioni al contorno sopra descritte, garantendo, comunque, una larghezza minima di 3.0 m (ammorsamento + nuovo rilevato) del piano di rullatura di ciascun strato, per poter il permettere idonea compattazione;
4. eseguire idonea rullatura per strati di altezza max 30÷40 cm (per altezze maggiori i rulli non hanno abbastanza energia di compattazione da penetrare in profondità), per gradoni successivi, di altezza max 60÷90 cm, fino alla sommità ed al completamento del rilevato in affiancamento.

1

2

3

4

SEZIONE N. : 640
 QT. PROGETTO : 384,26
 DIST.PROG. : 12777,80
 DIST.PREC. : 8,54
 DIST.SUCC. : 20,00

SEZIONE N. : 2
 QT. PROGETTO : 384,52
 DIST.PROG. : 7,96

A

B

C

SS 121_lotto 2A

SV MEZZOJ-RAMPA 2

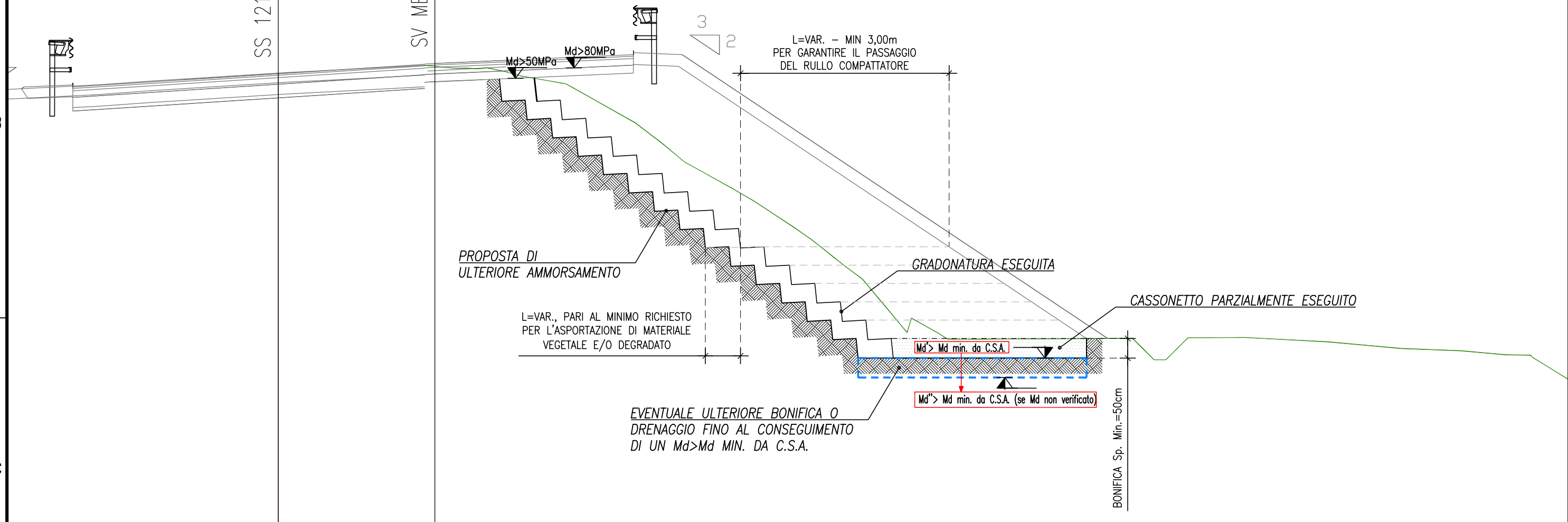




Figura 4 – Foto dello stato attuale delle gradonature effettuate sul rilevato AP10 (sopralluogo del 6/02/2015)

2.3 MODIFICHE STRADALI RAMPE 3-4-6 SVINCOLO MEZZOJUSO

Contestualmente agli approfondimenti di studio, mirati alla risoluzione delle criticità riscontrate sull'area interclusa tra le Rampe 3-4-6 dello Svincolo Mezzojuso e viabilità principale SS121, e tenendo in debita considerazione i recenti eventi meteorologici che hanno accentuato la fragilità geologica ed idrogeologica del territorio, si prevede di apportare delle modifica stradale alla Rampa 6 dello svincolo, come di seguito dettagliato.

La rampa in questione si configura come la risistemazione stradale ed idraulica di un tratto di circa 400m della S.P.55bis. che, secondo le ipotesi di PEA, doveva essere oggetto di:

- allargamento stradale lato monte, con conseguente demolizione integrale del muro di controripa presente sull'intero tratto della strada provinciale;
- successivo scavo e riprofilatura della scarpata con pendenza 2/3, in luogo del manufatto di sostegno;

Oggi si è ritenuto opportuno orientare la progettazione verso un intervento meno invasivo e maggiormente cautelativo in termini di contenimento del piede della scarpata, andando a preservare, ove possibile, il muro esistente mediante lo studio di una modifica al tracciato planimetrico della rampa di progetto.

Tale modifica consente altresì di ridurre scavi e demolizioni in corrispondenza del piede della scarpata, che potrebbero concorrere ad attivare, durante le lavorazioni, fenomeni gravitativi della coltre superficiale del versante, resa meno stabile dalle forti precipitazioni dell'ultimo periodo.

Sulla base di ciò, è stato rivisto il tracciamento stradale della rampa, impostando il ciglio esterno DX di progetto in stretta adiacenza al piede del muro esistente (garantendo comunque lo spazio necessario per il posizionamento della cunetta laterale) e prevedendo l'allargamento della S.P.55bis lato valle, con conseguente incremento dei rilevati, e contestuale riduzione degli scavi lato monte.

Alla luce degli approfondimenti in corso d'opera effettuati, non è stato tuttavia possibile mantenere integralmente il muro esistente, ma è risultato necessario prevedere la demolizione di un tratto di muro di circa 100m, lato monte dell'attuale viabilità, che presenta altezza fuori terra variabile da 0,40 m a 1.00 m circa, ciò in considerazione dell'elevato stato di degrado e delle precarie condizioni statiche del tratto di manufatto, oltre che per le difficoltà riscontrate in cantiere nella realizzazione della trincea drenante a tergo del muro esistente, laddove l'altezza del muro è ridotta (<0,50m),

In luogo del suddetto manufatto si prevede la realizzazione di un nuovo un muro in c.a., avente funzione di pulizia e contenimento della scarpata.

Il nuovo manufatto presenta struttura ad "L", paramento e fondazione di spessore pari a 30 cm, e dovendo assurgere anche alla funzione di contenimento del drenaggio di progetto posto a tergo dello stesso, presenta una altezza fuori terra di circa 1,0 cm.

La fondazione di tipo superficiale ha larghezza di 180 cm e spessore di 30 cm; il piano di imposta viene predisposto su di uno strato di bonifica di 50 cm realizzato con materiale drenante.

Di seguito si riporta la sezione tipo, mentre in allegato alla presente relazione si riporta la nota di calcolo di dimensionamento del manufatto.

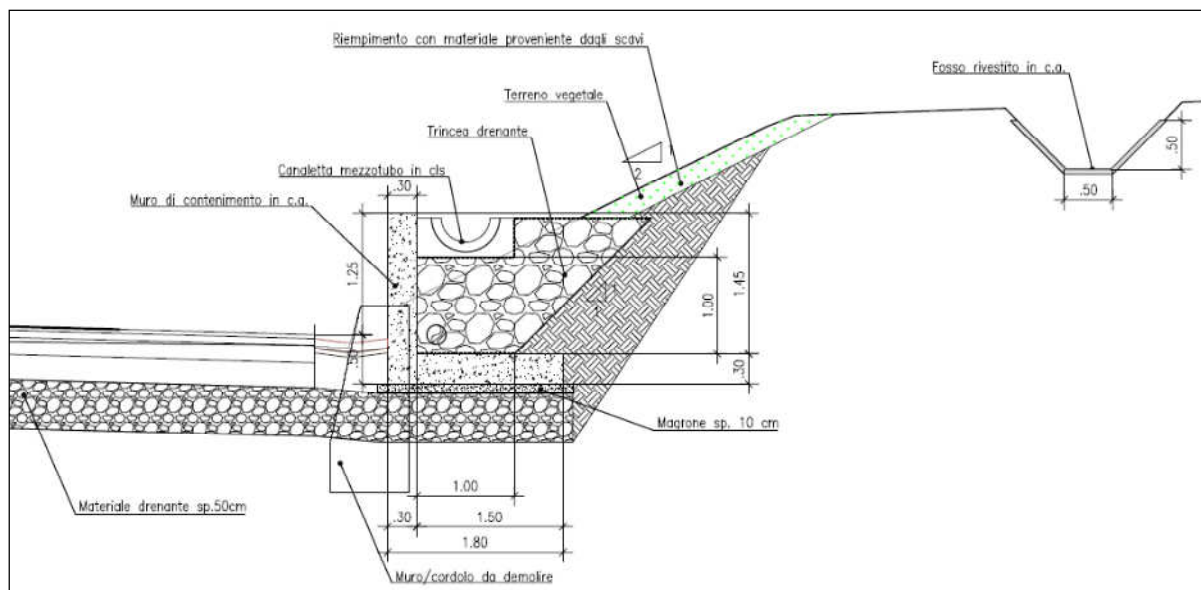


Figura 4 – Sezione tipo nuovo muro di contenimento lato monte

Lo spostamento lato valle della viabilità di svincolo, ha imposto di rivedere anche l'andamento plano-altimetrico delle rampe 3-4 in ingresso/uscita dalla rampa 6, con particolare riferimento ai tratti di innesto alla ex strada provinciale.

3 INTERVENTI SVINCOLO MEZZOJUSO ASSE PRINCIPALE

Il presente capitolo prende in esame il tratto di asse principale compreso tra le progressive di progetto 12+379.80 e 12+897.80, dove il tracciato della S.S.121 corre in rilevato, con altezze, lato valle (DX), variabili da 6,00 a 10,00 m ed in cui il Progetto Esecutivo Approvato (PEA) prevede l'allargamento della attuale sede stradale e la realizzazione della rampa di ingresso allo svincolo Mezzojuso (Rampa 2), con il piede della scarpata destra che rimane in prossimità del ciglio sinistro del Vallone Frattina

3.1 INTERVENTI SUI RILEVATI IN ALLARGAMENTO

I risultati ottenuti dalla campagna di indagini integrative hanno permesso di approfondire il livello di conoscenza geologico-geotecnico aggiornato allo stato attuale per la zona in esame, sulla base del quale sono stati effettuati gli approfondimenti progettuali e di calcolo riportati nell'apposita documentazione all'uopo predisposta (con particolare riferimento alla tavola PEVPW021_50_4137) e che hanno portato, in estrema sintesi, alla definizione dei seguenti interventi progettuali:

1. Nel tratto compreso tra la Progr.12+417.80 (sez.622) e la Progr.12+637.80 (sez.633), si prevede di realizzare l'allargamento del rilevato esistente prevedendo una bonifica di spessore pari ad 1.0 m, con contestuale realizzazione di una banca, di larghezza pari a 3.0 m, avente effetto stabilizzante del piede del rilevato avente altezza massima pari a circa 10.5 m. L'intervento si completa con il posizionamento, al piede della banca, di una gabbionata di protezione, con soprastante geostuoia tridimensionale armata, aventi funzione di protezione antiersiva nei confronti di eventuali esondazioni del torrente Frattina e di contrasto rispetto ad eventuali fenomeni di divagazione dell'alveo verso il rilevato;

Di seguito si riporta la sezione tipologica dell'intervento

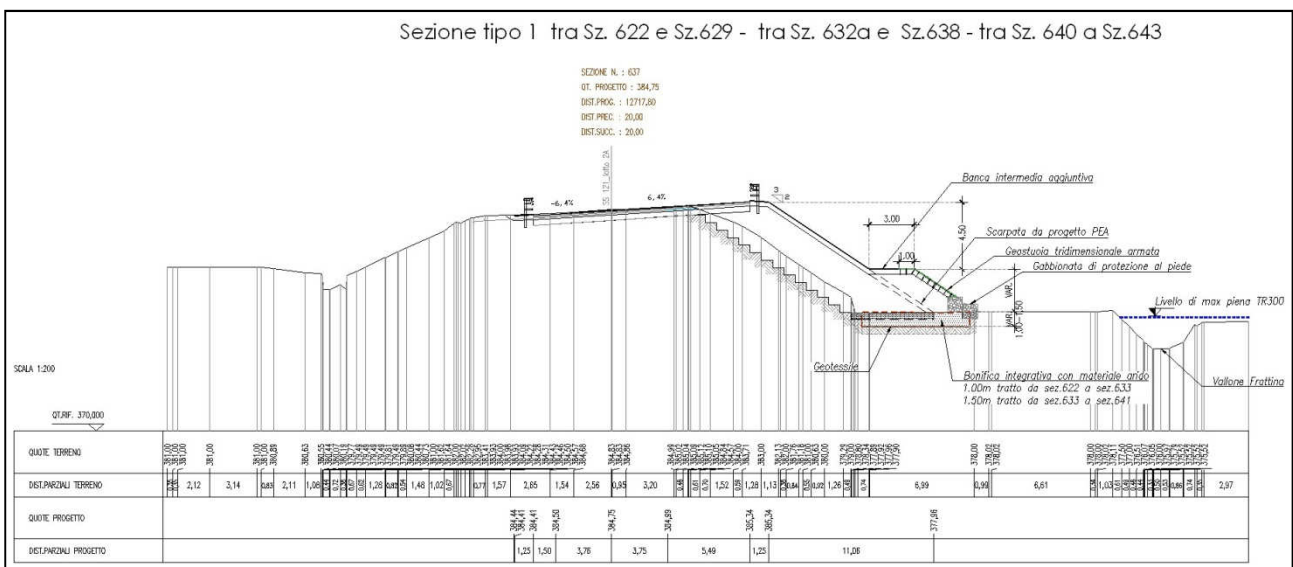


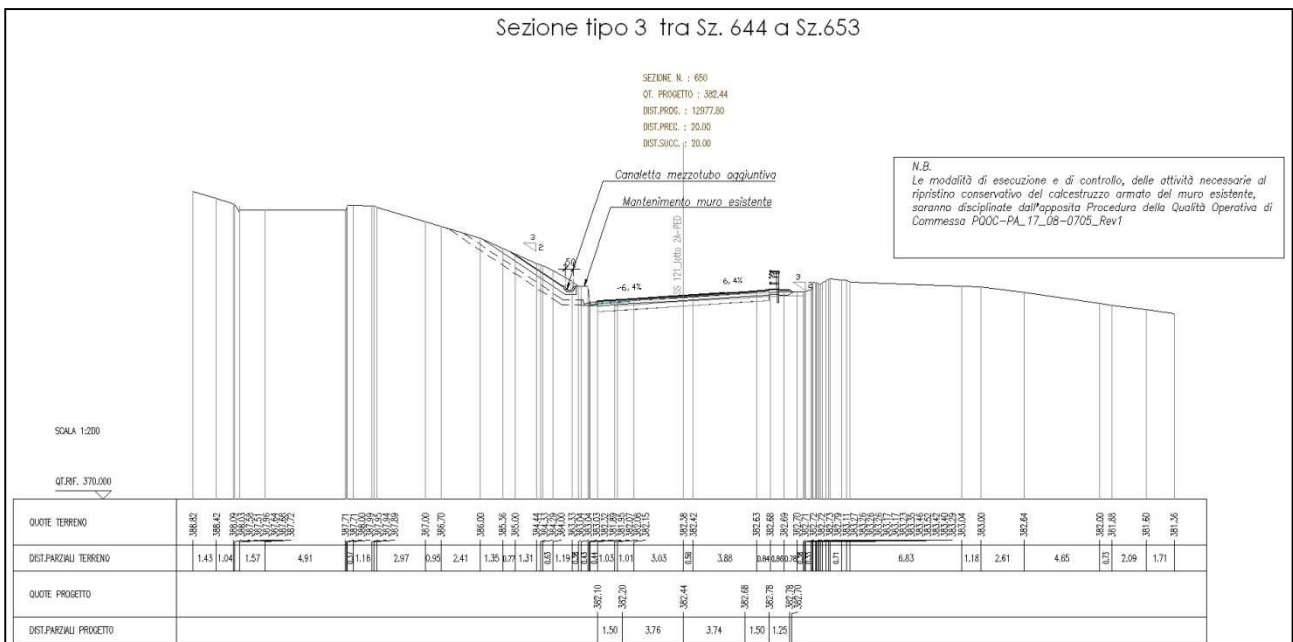
Figura 5 – Sezione tipo con banca e bonifica integrativa

2. Nel tratto di rilevato in allargamento tra la Progr.12+717.80 (sez.637) e la Progr.12+777.80 (sez.640), ove l'ansa del torrente Frattina risulta più prossima al piede del rilevato esistente, si prevede di realizzare un'opera anti scalzamento, codificata come OS101, costituita da una soletta in cemento armato attestata su pali Ø800, lunghi 9.0 m, posti ad interasse di 4.5 m e disposti su due file a

3.2 MANTENIMENTO MURO DI CONTRORIPA LATO MONTE

La modifica tecnica illustrata nel presente paragrafo discende dalla opportunità di preservare il muro di controripa esistente sul lato SX dell'asse principale, tra le progressive di progetto 12+837,80 (SEZ644) e 13+037,80 (SEZ653), per il quale nell'ambito del PEA era prevista la dismissione.

La soluzione proposta, al pari di quella sviluppata per salvaguardare il muro esistente della rampa 6 di Svincolo, consente di evitare scavi e demolizioni invasive in corrispondenza del piede della scarpata, che potrebbero concorrere ad attivare, durante le lavorazioni, fenomeni gravitativi della coltre superficiale del versante, resa meno stabile dalle forti precipitazioni dell'ultimo periodo. A completamento dell'intervento, si prevede il posizionamento in testa al muro esistente di una canaletta mezzo tubo in cls $\varnothing 500$, con contestuale soppressione del fosso di progetto di monte, onde evitare di incidere la scarpata esistente, a fronte dei limitati apporti idrici recapitanti nel fosso stesso.



La salvaguardia del muro esistente ha imposto di rivedere localmente l'idraulica di piattaforma, onde evitare l'interferenza fra il collettore di drenaggio delle acque di piattaforma – e connessi pozzetti di raccolta acque –, con la ciabatta di fondazione dell'opera esistente.

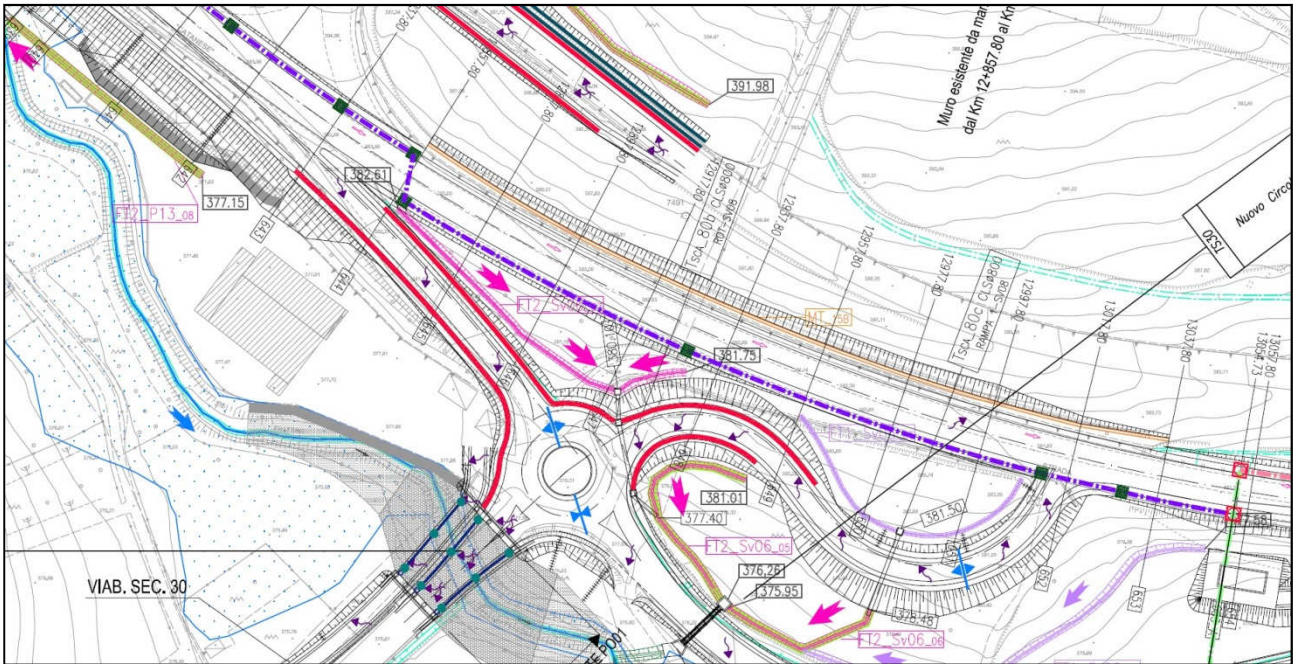
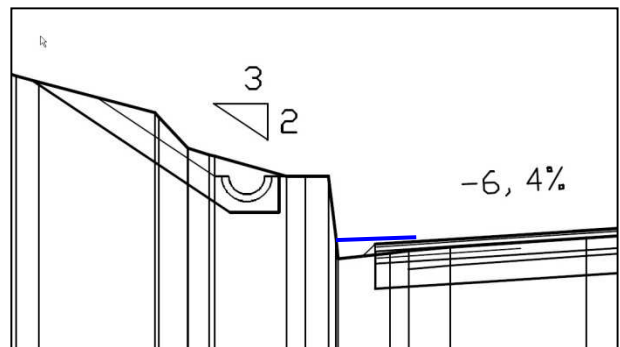


Figura 7 – Stralci di planimetria idraulica di PED dell'area di svincolo Mezzojuso

Nell’ambito della presente fase, pertanto, è stato dislocato sul lato DX della carreggiata il tratto di collettore in PEAD Ø630mm, da SEZ.644 fino al recapito rappresentato dalla vasca di trattamento n.º11, posta a SEZ.653. Per tale tratto di lunghezza 200m, con pendenza trasversale della carreggiata rivolta verso interno curva, le acque di drenaggio di piattaforma defluiranno sul margine laterale della carreggiata, all’interno dell’incavo risultante tra la pavimentazione di progetto ed il muro esistente.



Per quanto riguarda la verifica delle distanze di visibilità per l’arresto nel tratto in curva, con R=500m, ed a valle di uno specifico studio tridimensionale, parimenti a quanto condotto durante la stesura del PEA, si conferma che, considerando la salvaguardia del muro esistente, come sopra descritto, la modifica non comporta l’instaurarsi di condizione di “non sicurezza stradale”, con riferimento a quanto richiesto dal D.M. 5.11.2001 in termini di distanze di visibilità per l’arresto.

Per completezza di trattazione, si sottolinea come nel tratto in esame sia stata adottata nel PEA una velocità di progetto pari a 80 km/h e quindi un limite di velocità imposto pari a 70 km/h, derivante da specifiche analisi svolte durante la redazione del PEA e condiviso da tutti i soggetti coinvolti.

3.3 IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

Alla luce degli eventi metereologici che hanno contraddistinto il recente regime pluviometrico ed in accordo con il C.G., sono stati previsti alcuni interventi integrativi volti a migliorare il drenaggio delle aree di

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

intervento ed a implementare il presidio idraulico al piede del rilevato dell'asse principale, in caso di eventuale esondazione del Vallone Frattina. Rimandando, per maggiori dettagli, alla planimetria idraulica PEIDP015_50_4137, di seguito si riportano, in forma sintetica, le modifiche migliorative apportate, nell'ambito della presente nota, all'idraulica del tratto in argomento:

- a) Implementazione fossi di progetto lato valle asse principale: al fine di vincolare le quote di fondo fosso e di migliorare la capacità di smaltimento degli stessi, è stato previsto il rivestimento dei fossi lato valle e contestualmente ne è stata aumentata la sezione, trasformandoli da fossi trapezi in terra 30x30 (PEA), a fossi rivestiti 50x50;
- b) Migliorie al drenaggio delle aree intercluse dello svincolo: per evitare ristagni d'acqua all'interno delle aree intercluse dello svincolo, sono stati aggiunti alcuni fossi 50x50 e due tubazioni di scarico in cls Ø 800mm, fra la viabilità secondaria n.°13 ed il soprastante asse principale;
- c) Integrazione cunetta alla francese: a margine della rampa 2 di ingresso allo svincolo, lato valle, è stato aggiunto, rispetto al PEA, un tratto di cunetta alla francese in sostituzione delle previste canalette ad embrice, di difficile posizionamento alla luce delle interferenze riscontrate in cantiere con alcune pertinenze esistenti.

Per tutti i dettagli relativi agli interventi sopra descritti, si rimanda ai seguenti elaborati inclusi nell'ambito del Progetto Esecutivo di Variante N.°1:

ELENCO ELABORATI - PROGETTO ESECUTIVO DI VARIANTE N.°1

GENERALE

Relazione tecnico-descrittiva	varie		PEMT11ORT01	_	50	_	4137
Sezioni tipo intervento tratto Mezzojuso	varie		PEVPW021	_	50	_	4137

IDRAULICA

Planimetria idraulica – Tav.15	1:1000		PEIDP015	_	50	_	4137
Trincee drenanti Svincolo di Mezzojuso	varie		PEIDN022	_	50	_	4137

STRADALE

Planimetria di progetto asse principale – Tav.15	1:1000		PEVPP015	_	50	_	4137
Sezioni trasversali asse principale– Tav.1	1:200		PEVPM009	_	50	_	4137
Planimetria di progetto Svincolo di Mezzojuso – Tav.1	1:500		PESVP007	_	50	_	4137
Planimetria di tracciamento Svincolo di Mezzojuso – Tav.2	1:500		PESVP012	_	50	_	4137
Sezioni trasversali - Svincolo di Mezzojuso – Tav.1	1:200		PESVM006	_	50	_	4137
Profilo longitudinale - Svincolo di Mezzojuso	1:500/1:50		PESVL009	_	50	_	4137
Sezione tipo Rampa 6 Svincolo Mezzojuso con muro di sostegno di nuova realizzazione	varie		PESVW001	_	50	_	4137

OPERE DI SOSTEGNO

Relazione di calcolo OS101			PEOS101RC01	_	50	_	4137
Os 101-Paratia di pali –planimetria, sezioni , carpenteria ed armature	var		PEOS101N001	_	50	_	4137

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

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



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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

4 ALLEGATO 1-FASCICOLO DELLE VERIFICHE DEL MURO DI CONTENIMENTO

SEZIONE DI CALCOLO

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

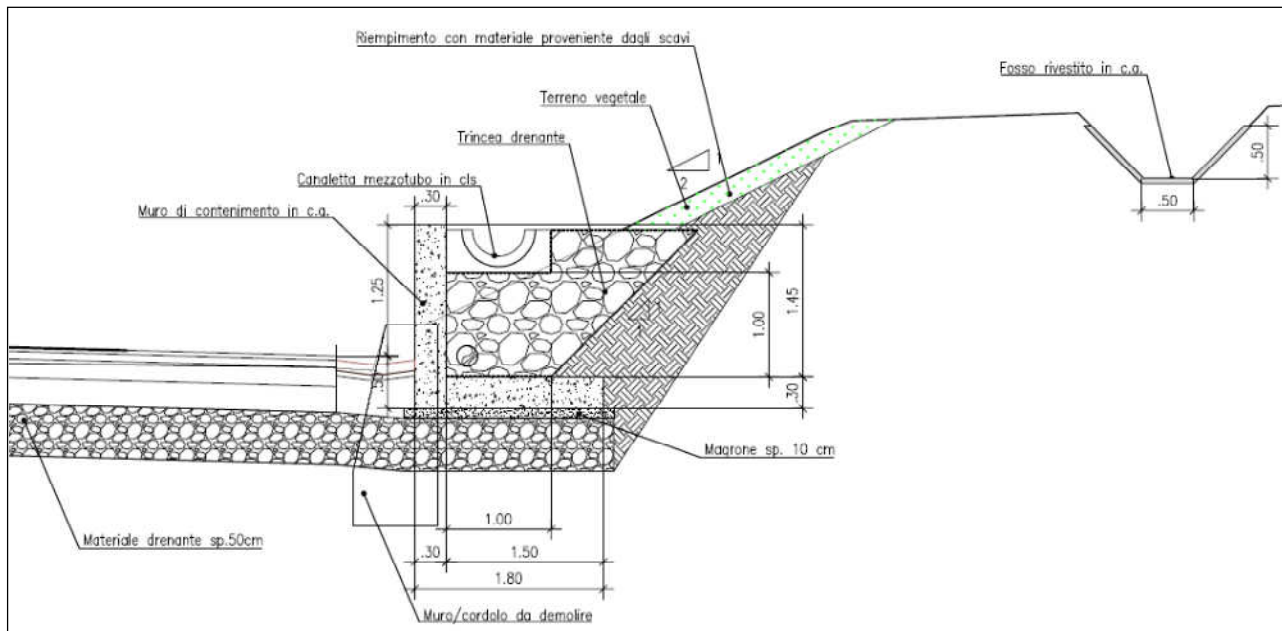


Figura 4 – Sezione tipo nuovo muro di contenimento lato monte

STRATIGRAFIA E MODELLO GEOTECNICO DI SOTTOSUOLO

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

- Terreno in sito
- Materiale drenante
- Pacchetto stradale

Stratigrafia

tipo	γ (kN/m ³)	φ' (°)	c' [kPa]
terreno in sito/riempimento	20	20	0
materiale drenante	19	33	0
pacchetto stradale	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 e azioni variabili, 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:

- a) 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;
- b) Sovraccarico sulla scarpata di monte, per considerare 30 cm di ricoprimento vegetale, $q = 6 \text{ kN/m}^2$ carico permanente. 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;
- a) 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 verifiche geotecniche locali
 - $k_h = \beta_s \cdot (a_{\max}/g)$ per verifiche geotecniche di stabilità globale
 - $k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$
 - $a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$

Dove:

$\beta_{m/s}$ 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.

- $k_h = \beta_m a_{\max} / g = 0.477$
- $a_{\max} = S_s S_T a_g = 1.2 \times 1.0 \times 0.166 = 1.99$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- $A_g/g = 0.166$
- $S_s = 1.20$
- $S_T = 1.0$
- $g =$ accelerazione di gravità
- $\beta_m = 0.24$ coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

- $\beta_s = 0.24$ 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).

b) 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_hW_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). queste 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	$\gamma_R = 1.10$

Per 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 $h=1.45$. 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+ dalla 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 dal programma *WallCAD* per la verifica delle opere di sostegno sono:

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

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.

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.

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_γ, N_c, N_q = fattori di capacità portante;

s_γ, s_c, s_q = fattori di forma della fondazione;

d_γ, d_c, d_q = fattori di profondità del piano di posa della fondazione.

i_γ, i_c, i_q = fattori di inclinazione del carico;

b_γ, b_c, b_q = fattori di inclinazione della base della fondazione;

g_γ, 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:

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

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

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

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

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

$$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g'_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}; \quad g_q = (1 - 0.5 \cdot tg\beta)^5; \quad g_\gamma = g_q$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^0}{147^0}; \quad b'_c = \frac{\eta^0}{147^0}; \quad b_q = e^{(-2 \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi)}; \quad b_\gamma = e^{(-2 \cdot 7 \cdot \eta \cdot \text{tg} \phi)}$$

$$\text{dove: } k = \frac{D}{B_f} \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} \leq 1); \quad k = \arctg\left(\frac{D}{B_f}\right) \quad (\text{se } \frac{D}{B_f} > 1)$$

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 da 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

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

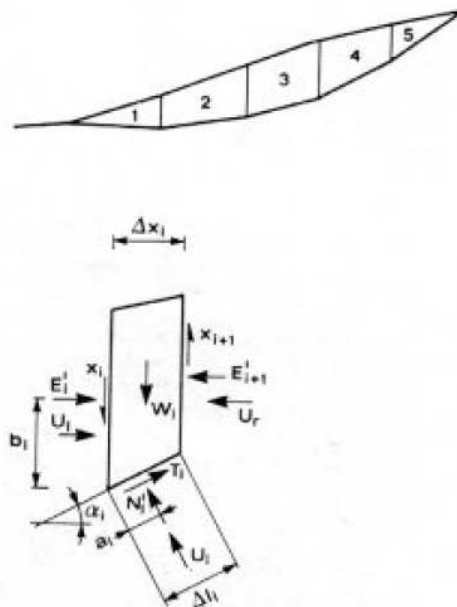
In cui M_R è il momento delle forze ribaltanti pari a

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

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:



AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

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

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

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

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

RISULTATI

Muro h=1.45 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	: 16.3 cm (comb. SIS-2)
Momento rispetto al baricentro della fondazione	: 1053 daN cm (comb. SIS-1)
Larghezza reagente minima in fondazione	: 180 cm (comb. STR-1)
Tensione max sul terreno allo spigolo di valle	: 0.64 daN/cm ² (comb. STR-1)
Tensione max sul terreno allo spigolo di monte	: 0.29 daN/cm ² (comb. STR-1)

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	: 0.4
Coefficiente di attrito di progetto terreno-fondazione	: 0.4
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	: 63 daN
Sforzo tangenziale positivo all'intradosso della fondazione	: 0 daN
Sforzo tangenziale negativo all'intradosso della fondazione	: 15 daN
Coefficiente limite verifica alla traslazione	: 1
Coefficiente di sicurezza alla traslazione	: 1.57

Verifica a ribaltamento (come equilibrio del corpo rigido)

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: EQU-4

Moltiplicatore spinta passiva per ribaltamento	: 0
Momento ribaltante rispetto allo spigolo di valle	: 2529 daN cm
Momento stabilizzante rispetto a spigolo di valle	: -5568 daN cm
Coefficiente limite verifica al ribaltamento	: 1
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento	: 2.2

Verifica al carico limite

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-1
Verifica condotta in condizioni drenate (a lungo termine)

Moltiplicatore spinta passiva per portanza terreno	: 0
Inclinazione media del pendio circostante la fondazione	: 0 °
Profondità del piano di posa	: 45 cm
Sovraccarico agente sul piano di posa	: 0.086 daN/cm ²
Angolo di attrito di progetto del suolo di fondazione	: 33 °
Peso specifico di progetto del suolo di fondazione	: 0.0019 daN/cm ³
Inclinazione della risultante rispetto alla normale	: 13 °
Base efficace	: 145 cm
Carico tangenziale al piano di posa	: 15.1 daN/cm
Carico di progetto della fondazione (normale al P.P.)	: 65.8 daN/cm
Carico ultimo della fondazione	: 391.2 daN/cm
Lunghezza Fondazione per verifica carico limite	: 1000 cm
Coefficiente limite verifica al carico limite	: 1
Coefficiente di sicurezza al carico limite	: 4.25

Tabella dei coefficienti di capacità portante

Coefficienti	Coesione	Sovraccarico	Attrito
Coefficienti di capacità portante	$N_c = 39$	$N_q = 26$	$N_g = 24$
Coefficienti di forma	$s_c = 1$	$s_q = 1$	$s_g = 1$
Coefficienti di profondità	$d_c = 1.1$	$d_q = 1.07$	$d_g = 1$
Coefficienti di inclinazione del carico	$i_c = 0.52$	$i_q = 0.54$	$i_g = 0.42$
Coefficienti di inclinazione del piano di posa della fondazione	$b_c = 1$	$b_q = 1$	$b_g = 1$
Coefficienti di inclinazione del pendio	$g_c = 1$	$g_q = 1$	$g_g = 1$

Verifica di stabilità globale dell'opera sul pendio

Combinazione che ha prodotto il valore peggiore: SIS-4

Combinazione che ha prodotto il valore migliore: SIS-4

Metodo di analisi di stabilità del pendio	: Bishop
Passo dei conci	: 100 cm
Coefficiente di stabilità globale pendio	: 1.18
Coefficiente limite suggerito dalla normativa	: 1.1
X centro della superficie critica	: 24 cm
Y centro della superficie critica	: 880 cm
Raggio della superficie critica	: 921 cm
Forza di bilancio	: -9.8 daN/cm
Volume spostato dalla superficie critica	: 12.84 m ³ /m
Peso spostato dalla superficie critica	: 25693 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

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 rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

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

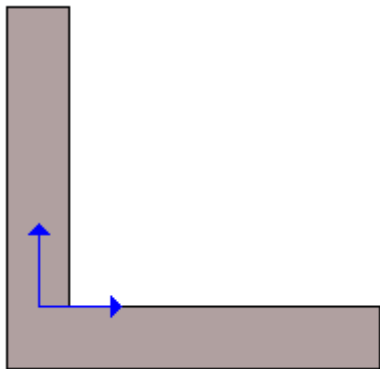
Versione regolarmente licenziata

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 (esprese in centimetri) positive verso destra

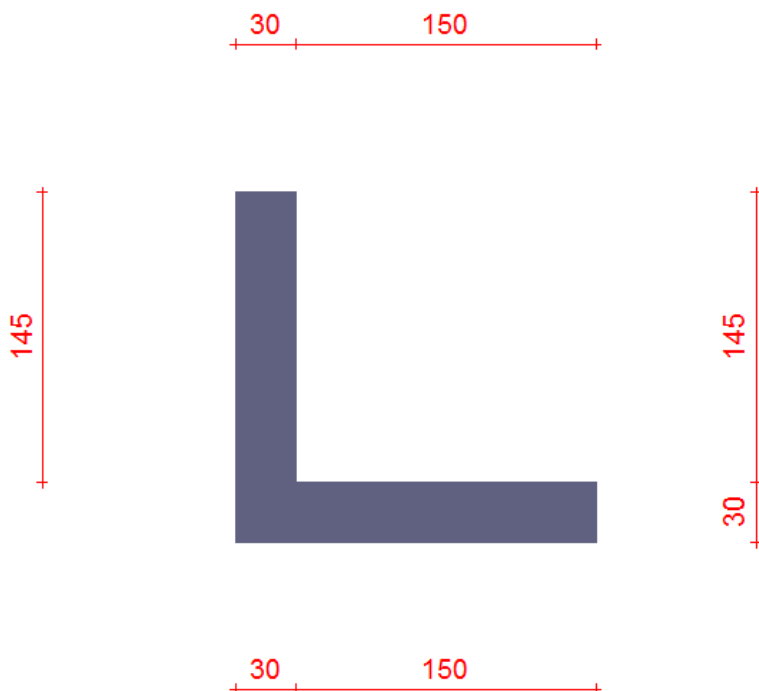
Ordinate Y (esprese in centimetri) positive verso l'alto

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	: 180 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	: 145 cm
Disassamento	: 0 cm

Zoccolo centrale in fondazione

Larghezza	: 30 cm
Altezza a sx	: 30 cm
Altezza a dx	: 30 cm
Sfalsamento	: 0 cm

Mensola destra in fondazione

Larghezza	: 150 cm
Alt.interna	: 30 cm
Alt.esterna	: 30 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)

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

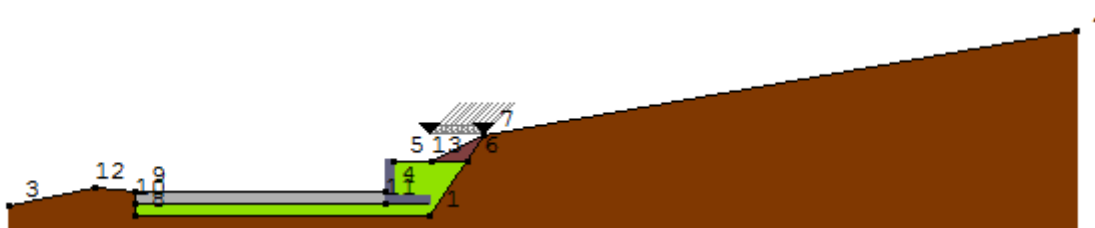
G: Modulo elastico tangenziale del terreno (daN/cm²)

Perm: Permeabilità del terreno (cm/sec)

N	Denominazione	Gsat	Gnat	Fi	C'	Cnd	Delta	Al	OCR	Ko	E	G	Perm
1	Drenante	2100	1900	33,00	0,000	0,000	0,00	0,00	1,00	0,46	700	270	1,00E+00
2	Terreno in sito	2100	1950	20,00	0,000	0,000	0,00	0,80	1,00	0,66	20	7	1,00E-07
3	Riempimento	2200	2000	20,00	0,000	0,000	0,00	0,50	1,00	0,66	40	15	1,00E-05
4	Pacc strdale	2100	1900	35,00	0,000	0,000	0,00	0,00	1,00	0,43	700	270	1,00E+00

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	1	165	-80
2	7	385	240

Strato n.2, materiale sottostante: Terreno in sito

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	3	-1535	-40
2	12	-1185	30
3	9	-1025	17

Strato n.3, materiale sottostante: Drenante

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	5	15	140
2	13	170	140

Strato n.4, materiale sottostante: Pacc strdale

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	9	-1025	17
2	4	-15	15

Strato n.5, materiale sottostante: Drenante

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	9	-1025	17
2	10	-1025	-30

Strato n.6, materiale sottostante: Drenante

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	10	-1025	-30
2	11	-15	-30

Strato n.7, materiale sottostante: Terreno in sito

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	10	-1025	-30
2	8	-1025	-80
3	1	165	-80

Strato n.8, materiale sottostante: Terreno in sito

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	7	385	240
2	2	2775	660

Strato n.9, materiale sottostante: Drenante

Stratigrafia adattata al profilo del muro.

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	11	-15	-30
2	-	15	-30
3	-	165	-30

Strato n.10, materiale sottostante: Riempimento

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	13	170	140
2	7	385	240

Strato n.11, materiale sottostante: Drenante

Progressivo	N.	X [cm]	Y [cm]
1	13	170	140
2	6	315	140

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

Punto di inserimento:

X (asse X globale): 165 cm

Y (asse Z globale): 250 cm

Ampiezza: 220 cm

Condizione: Permanenti

Valore iniziale: -0,06 daN/cm²

Valore finale: -0,06 daN/cm²

Condizione: Variabili

Valore iniziale: 0,00 daN/cm²

Valore finale: 0,00 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.

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso



Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.09	0	0	0	0	0	0	0	-0.09	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.11	0	0	0	0	0	0	0	-0.11	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.16	0	0	0	0	0	0	0	-0.16	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione EQU-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.12	0	0	0	0	0	0	0	-0.12	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione STR-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione GEO-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.1	0	0	0	0	0	0	0	-0.1	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.09	0	0	0	0	0	0	0	-0.09	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.09	0	0	0	0	0	0	0	-0.09	0

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.09	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.12	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.12	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SIS-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.11	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.11	0

Pressioni sul paramento a monte in combinazione SLE-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	
1	15	145	15	140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	15	140	15	0	0	0	-0.08	0	0	0	0	0	0	0	0	-0.08	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0
3	-15	0	-15	-30	0.07	0	-0.07	0	0	0	0	0	0.07	0	-0.07	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0	0.09	0
3	-15	0	-15	-30	0.09	0	-0.09	0	0	0	0	0	0.09	0	-0.09	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.09	-0.03	0	0	0	0	0	0	0	0.09	-0.03
3	-15	0	-15	-30	0.09	-0.03	-0.09	-0.08	0	0	0	0	0.09	-0.03	-0.09	-0.08	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione EQU-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.07	-0.02	0	0	0	0	0	0	0	0.07	-0.02
3	-15	0	-15	-30	0.07	-0.02	-0.07	-0.06	0	0	0	0	0.07	-0.02	-0.07	-0.06	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale				
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0
3	-15	0	-15	-30	0.14	0	-0.14	0	0	0	0	0	0.14	0	-0.14	0	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione STR-2

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 rotonda Bolognetta, al km 48,0 (km. 33,6 del Lotto 2 – Svincolo Manganaro incluso) compresi i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0.14	0
3	-15	0	-15	-30	0.14	0	-0.14	0	0	0	0	0	0.14	0	-0.14	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione GEO-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.08	0	0	0	0	0	0	0	0.08	0
3	-15	0	-15	-30	0.08	0	-0.08	0	0	0	0	0	0.08	0	-0.08	0

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.11	-0.01	0	0	0	0	0	0	0.11	-0.01
3	-15	0	-15	-30	0.11	-0.01	-0.11	-0.04	0	0	0	0	0.11	-0.01	-0.11	-0.04

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-2

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.1	-0.01	0	0	0	0	0	0	0.1	-0.01
3	-15	0	-15	-30	0.1	-0.01	-0.1	-0.04	0	0	0	0	0.1	-0.01	-0.1	-0.04

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-3

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.09	-0.01	0	0	0	0	0	0	0.09	-0.01
3	-15	0	-15	-30	0.09	-0.01	-0.09	-0.03	0	0	0	0	0.09	-0.01	-0.09	-0.03

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SIS-4

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.08	-0.01	0	0	0	0	0	0	0.08	-0.01
3	-15	0	-15	-30	0.08	-0.01	-0.08	-0.03	0	0	0	0	0.08	-0.01	-0.08	-0.03

Pressioni sul paramento a valle in combinazione SLE-1

N.	tratto di calcolo				terreno				acqua				totale			
	X1	Y1	X2	Y2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2	Vx1	Vy1	Vx2	Vy2
1	-15	145	-15	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	-15	15	-15	0	0	0	0.11	0	0	0	0	0	0	0	0.11	0
3	-15	0	-15	-30	0.11	0	-0.11	0	0	0	0	0	0.11	0	-0.11	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).

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".
PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

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	1.5	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

Combinazione di carico EQU-1

Descrizione	xp	yp	Fx	Fy
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	42	24	0	-21.94
Peso proprio del terreno/acqua a monte	90	70	0	-35.91
Spinta del terreno a monte	0	27	-12.5	0
Spinta del terreno a valle	0	-15	5.06	0

Combinazione di carico EQU-2

Descrizione	xp	yp	Fx	Fy
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	42	24	0	-26.81
Peso proprio del terreno/acqua a monte	90	70	0	-43.89
Spinta del terreno a monte	0	27	-15.28	0
Spinta del terreno a valle	0	-15	6.18	0

Combinazione di carico EQU-3

Descrizione	xp	yp	Fx	Fy
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	42	24	0	-24.38
Peso proprio del terreno/acqua a monte	90	70	0	-39.9
Spinta del terreno a monte	0	27	-20.16	0
Spinta del terreno a valle	0	-15	5.3	0
Forza di inerzia dovuta al muro	42	24	-6.14	-3.07
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	90	70	-10.05	-5.03

Combinazione di carico EQU-4

Descrizione	xp	yp	Fx	Fy
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	42	24	0	-24.38
Peso proprio del terreno/acqua a monte	90	70	0	-39.9
Spinta del terreno a monte	0	27	-16.53	0
Spinta del terreno a valle	0	-15	4.11	0
Forza di inerzia dovuta al muro	42	24	-6.14	3.07
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	90	70	-10.05	5.03

Combinazione di carico STR-1

Descrizione	xp	yp	Fx	Fy
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	42	24	0	-31.69
Peso proprio del terreno/acqua a monte	90	70	0	-51.87
Spinta del terreno a monte	0	27	-14.43	0

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

Spinta del terreno a valle	0	-15	9.27	0
----------------------------	---	-----	------	---

Combinazione di carico STR-2

Descrizione	xp	yp	Fx	Fy
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	42	24	0	-31.69
Peso proprio del terreno/acqua a monte	90	70	0	-51.87
Spinta del terreno a monte	0	27	-14.43	0
Spinta del terreno a valle	0	-15	9.27	0

Combinazione di carico GEO-1

Descrizione	xp	yp	Fx	Fy
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	42	24	0	-24.38
Peso proprio del terreno/acqua a monte	90	70	0	-39.9
Spinta del terreno a monte	0	27	-13.89	0
Spinta del terreno a valle	0	-15	5.62	0

Combinazione di carico SIS-1

Descrizione	xp	yp	Fx	Fy
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	42	24	0	-24.38
Peso proprio del terreno/acqua a monte	90	70	0	-39.9
Spinta del terreno a monte	0	27	-12.7	0
Spinta del terreno a valle	0	-15	7.09	0
Forza di inerzia dovuta al muro	42	24	-1.9	-0.95
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	90	70	-3.12	-1.56

Combinazione di carico SIS-2

Descrizione	xp	yp	Fx	Fy
	cm	cm	daN/cm	daN/cm
Peso proprio del muro	42	24	0	-24.38
Peso proprio del terreno/acqua a monte	90	70	0	-39.9
Spinta del terreno a monte	0	27	-11.98	0
Spinta del terreno a valle	0	-15	6.56	0
Forza di inerzia dovuta al muro	42	24	-1.9	0.95
Forza di inerzia dovuta al terreno/acqua a monte	90	70	-3.12	1.56

Parametri per dimensionamento armatura

Metodo di calcolo: D.M. 14-01-2008 Norme Tecniche per le Costruzioni

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.

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

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

S_{rm}: interasse delle fessure

W_k: 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

V_{Sd}: taglio di calcolo

VR_{dc}: taglio resistente in assenza di armatura a taglio

VR_{dmax}: taglio resistente massimo dell'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse

VR_{ds}: taglio resistente in presenza di armatura a taglio

vt: soddisfacimento verifica taglio

Paramento (sezioni longitudinali attraversate da barre trasversali)

X	Y	H	As	Cs	Ai	Ci	vml	cres	Md	Nd	Mu	Nu	c.s.	vres
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	36360	-1140	900913	-28249	24.8	ok
0	25	30	8.8	3.6	8.8	3.6	ok	SIS-1	21101	-935	1658736	-73510	78.6	ok
0	55	30	9.2	3.6	9.2	3.6	ok	SIS-1	9190	-701	2262111	-172636	246	ok
0	85	30	5.7	3.6	5.7	3.6	ok	SIS-1	2902	-468	1674200	-269810	577	ok
0	115	30	5.7	3.6	5.7	3.6	ok	STR-1	190	-293	272399	-420280	>999	ok

X	Y	H	ces	Me	Ne	σ _f	σ _c	ves	cf	Mf	Nf	S _{rm}	W _k	vf
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
0	0	30	SLE-1	25214	-1088	93	-3	ok	SLE-1	25214	-1088	-	-	ok
0	25	30	SLE-1	14195	-900	23	-1	ok	SLE-1	14195	-900	-	-	ok
0	55	30	SLE-1	5732	-675	2	-1	ok	SLE-1	5732	-675	-	-	ok
0	85	30	SLE-1	1553	-450	0	0	ok	SLE-1	1553	-450	-	-	ok
0	115	30	SLE-1	146	-225	0	0	ok	SLE-1	146	-225	-	-	ok

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 i raccordi con le attuali SS n.189 e SS n.121".

PROGETTO ESECUTIVO DI DETTAGLIO

AP10/SV06 - Interventi per la protezione della viabilità principale dal km 12+397 al km 13+038, svincolo di Mezzojuso compreso

X	Y	H	ct	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	vt
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
0	0	30	SIS-1	-655	11945	-	-	ok
0	25	30	SIS-1	-511	11918	-	-	ok
0	55	30	SIS-1	-293	11887	-	-	ok
0	85	30	SIS-1	-136	11856	-	-	ok
0	115	30	SIS-1	-38	11825	-	-	ok

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

X	Y	H	As	Cs	Ai	Ci	vm	cres	Md	Nd	Mu	Nu	c.s.	vres
cm	cm	cm	cm ²	cm	cm ²	cm	l		daN cm	daN		daN cm		
15	-15	30	5.7	3.6	5.7	3.6	ok	SIS-2	-105946	-473	-589270	-2633	5.56	ok
45	-15	30	5.7	3.6	5.7	3.6	ok	SIS-2	-85706	-456	-596056	-3170	6.95	ok
75	-15	30	5.7	3.6	5.7	3.6	ok	SIS-2	-58323	-438	-614280	-4616	10.5	ok
105	-15	30	5.7	3.6	5.7	3.6	ok	SIS-2	-30483	-421	-672653	-9283	22.1	ok
135	-15	30	5.7	3.6	5.7	3.6	ok	SIS-2	-8875	-403	-1184018	-53777	133	ok

X	Y	H	ces	Me	Ne	f	c	ves	cf	Mf	Nf	Srm	Wk	vf
cm	cm	cm		daN cm	daN	daN/cm ²	daN/cm ²			daN cm	daN	cm	mm	
15	-15	30	SLE-1	-50515	-357	335	-7	ok	SLE-1	-50515	-357	-	-	ok
45	-15	30	SLE-1	-43342	-357	283	-6	ok	SLE-1	-43342	-357	-	-	ok
75	-15	30	SLE-1	-30614	-357	191	-4	ok	SLE-1	-30614	-357	-	-	ok
105	-15	30	SLE-1	-16440	-357	89	-2	ok	SLE-1	-16440	-357	-	-	ok
135	-15	30	SLE-1	-4924	-357	9	-1	ok	SLE-1	-4924	-357	-	-	ok

X	Y	H	ct	VSd	VRdc	VRdmax	VRds	vt
cm	cm	cm		daN	daN	daN	daN	
15	-15	30	SIS-2	-481	11857	-	-	ok
45	-15	30	SIS-2	-831	11854	-	-	ok
75	-15	30	SIS-2	-958	11852	-	-	ok
105	-15	30	SIS-2	-861	11850	-	-	ok
135	-15	30	SIS-2	-542	11847	-	-	ok