

ASSE VIARIO MARCHE-UMBRIA E QUADRILATERO DI PENETRAZIONE INTERNA MAXI LOTTO 2

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA DIRETTRICE PERUGIA ANCONA:
SS. 318 DI "VALFABBRICA", TRATTO PIANELLO -VALFABBRICA
SS. 76 "VAL D'ESINO", TRATTI FOSSATO VICO - CANCELLI E ALBACINA - SERRA SAN QUIRICO
"PEDEMONTANA DELLE MARCHE", TRATTO FABRIANO-MUCCIA-SFERCIA.

PERIZIA DI VARIANTE

CONTRAENTE GENERALE:  DIRPA 2 s.c.a.r.l.	Il Responsabile del Contraente Generale:
---	--

PROGETTAZIONE: Partecipazioni Italia S.p.A. IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Salvatore Lieto Ordine degli Ingegneri Prov. di Mantova n.1147 IL GEOLOGO: Geol. Amedeo Babbini Ordine dei Geologi Regione Toscana n.1032	ASSISTENZA ALLA PROGETTAZIONE:  TECNOSTRUTTURE S.r.l. <small>SEDE LEGALE: Piazza Regina Margherita n.27 - 00198 ROMA SEDE OPERATIVA: Via delle Querciole n. 13 - 00037 Segni (RM)</small> IL PROGETTISTA: Dott. Ing. Antonio Tosiani
--	---

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Iginio Farotti	
---	--

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 - MURO IN C.A. DA PK. 0+020 - 0+080 Relazione di calcolo	SCALA: ----- DATA: 28.07.2022
---	--

Codice Unico di Progetto (CUP) F12C03000050021 (assegnato CIPE 20.04.2015)

CODICE ELABORATO:	Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id.doc.	n° progr	Rev.
	L O 7 0 3	2 1 3	E	1 6	M U 0 1 1 9	R E L	0 1	D

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
B	20.01.2022	Riscontro istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani / S. Lieto
C	02.05.2022	Emissione a seguito istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani / S. Lieto
D	28.07.2022	Riscontro istruttoria ANAS	Tecnostrutture	Tecnostrutture	A. Tosiani / S. Lieto

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
1.1. GENERALITÀ.....	3
2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	4
3. MATERIALI IMPIEGATI	5
3.1. CONGLOMERATI CEMENTIZI	5
3.1. COPRIFERRI	6
4. GEOTECNICA.....	7
4.1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE.....	7
5. MURI DI SOSTEGNO.....	9
6. VERIFICA AGLI STATI LIMITI.....	10
6.1. STATO LIMITE ULTIMO E DI SALVAGUARDIA DELLA VITA	12
6.2. STATI LIMITE DI ESERCIZIO	14
7. VERIFICHE.....	16
7.1. VERIFICA A RIBALTAMENTO	16
7.2. VERIFICA A SCORRIMENTO	16
7.3. VERIFICA A CARICO LIMITE	16
7.4. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE.....	17
7.4.1. VERIFICHE IN FASE SISMICA	18
7.5. PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	21
7.5.1. Verifiche per gli stati limite ultimi.....	21
7.5.2. Verifica agli stati limite ultimi a taglio	22
7.5.3. Verifica agli stati limite d'esercizio	23
7.5.4. Metodo di analisi - calcolo muro	24
7.5.4.1. <i>Descrizione modello di calcolo</i>	24
7.6. ANALISI DEI CARICHI	26
7.6.1. Pesi propri	26
7.6.2. Spinta del terreno	26
7.6.3. Accidentale a tergo del muro	26
7.6.4. Sollecitazioni in testa al muro dovute all'urto di un veicolo in svio	26
7.6.5. Valutazione dell'azione sismica	27
8. ANALISI DEI MURI	31
8.1. SCHEMA DI CALCOLO.....	31
8.2. RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE	32
8.2.1. Sezione H= 1.48 m	32
8.3. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEL MURO	33
8.4. RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI.....	35



2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 2 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

8.4.1. Sezione H= 1.48 m 36

9. ALLEGATI..... 40

9.1. TABULATI MURO SEZIONE H= 1.48 M..... 40

9.1.1. Input ed Output per verifiche GEOTECNICHE 40

9.1.2. Input ed Output per verifiche STRUTTURALI 59

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	21	E	16	MU0119	REL	01	D	3 di 81

1. INTRODUZIONE

1.1. GENERALITÀ

La presente relazione riporta i calcoli e le relative verifiche, del muro di sostegno previsto in Sx dal km. 0+027.01 al km 0+077.07 e in Dx dal km 0+020.00 al km 0+080.00 nelle vicinanze dello svincolo di Camerino sud-Muccia, nell'ambito dei Lavori di completamento della direttrice Perugia - Ancona, Lotto della Pedemontana Marche: Tratto Fabriano - Muccia - Sfercia.

In accordo alle disposizioni dettate dalle "Norme tecniche per le costruzioni" (DM 14.01.2008), sono state effettuate le verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) e agli stati limite ultimi (SLU).

Per la descrizione delle opere si faccia riferimento agli elaborati grafici di progetto da considerarsi parte integrante della presente.

In coda alla relazione è riportato, nell' Allegato, il file di input e output delle analisi svolte.

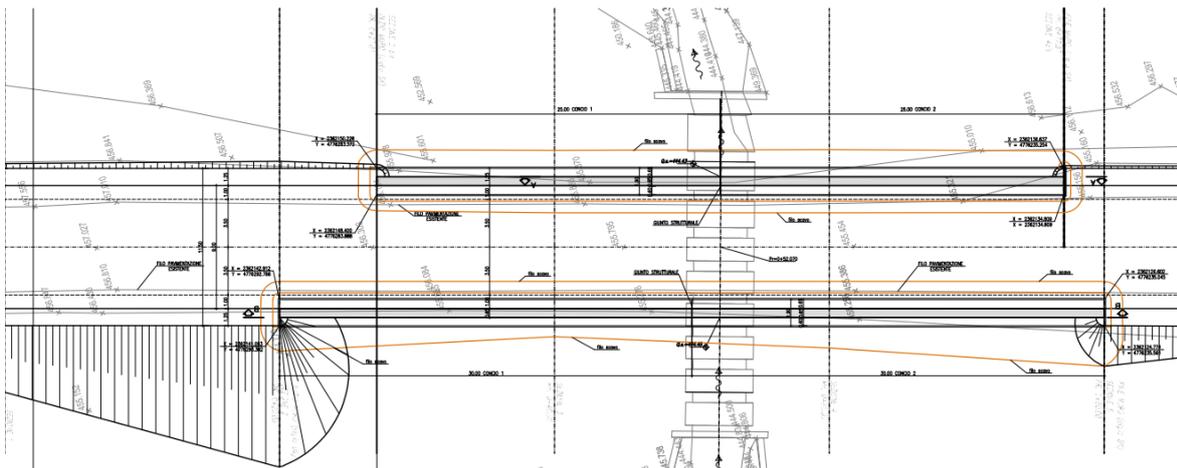


Figura 1: Planimetria Muro di sostegno

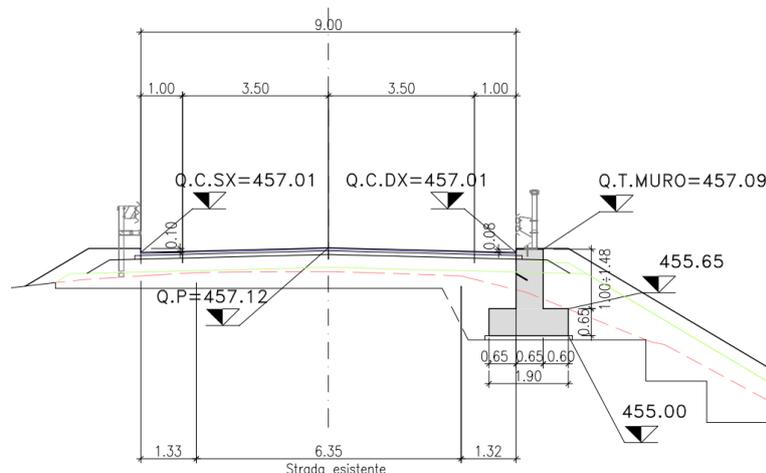


Figura 2: Sezione trasversale

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D

2. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I calcoli sviluppati nel seguito sono stati svolti nello spirito del metodo “*agli stati limite*” e nel rispetto della normativa vigente; in particolare si sono osservate le prescrizioni contenute nelle seguenti:

- **D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008** “Aggiornamento Nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- **Circolare 2 febbraio 2009 n. 617:** Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- **CNR 10011/97**, “Costruzioni di acciaio. Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;
- **CNR 10016/2000**, “Strutture composte di acciaio e calcestruzzo. Istruzioni per l’impiego nelle costruzioni”;
- **UNI EN 1991-1-5:2004** “Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche”;
- **UNI EN 1994-2:2006**, “Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti”;
- **UNI EN 1998-2:2006**, “Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 2: Ponti”;
- **Linee guida A.G.I.** “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica”, 2005.

Le verifiche sono state effettuate con in D. Min. Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Aggiornamento Nuove norme tecniche per le costruzioni”

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 5 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

3. MATERIALI IMPIEGATI

Tutti i materiali previsti per la realizzazione dell'opera devono essere conformi a quanto espressamente indicato dalle *Norme tecniche*, emesse con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008. Nei paragrafi che seguono si elencano le principali caratteristiche fisico-meccaniche richieste ai suddetti materiali.

3.1. CONGLOMERATI CEMENTIZI

Calcestruzzi

I materiali da utilizzare avranno le seguenti caratteristiche:

Tab.1 - FONDAZIONI

		Classe di esposizione
		XA2
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C32/40
Rapporto massimo acqua/cemento	a/max	0.5
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	cem_{min}	360

Tab.2 - ELEVAZIONI

		Classe di esposizione
		XC2
Classe di resistenza minima:	C_{min}	C25/30
Rapporto massimo acqua/cemento	a/max	0.5
Contenuto minimo di cemento (kg/m ³)	cem_{min}	300

Tab.3 - CALCESTRUZZO PER MAGRONE

Classe di resistenza minima:	C_{min}	C12/15
------------------------------	-----------	--------

Acciaio per armature

Tab.4 - ACCIAIO ARMATURA ORDINARIA

Acciaio in barre ad aderenza migliorata tipo B450C controllato in stabilimento:

Tensione caratteristica di snervamento:

$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 6 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

Per la realizzazione dei calcestruzzi, al fine di assicurare i requisiti di qualità e di durabilità, si è fatto riferimento alle specifiche riportate nella norma UNI EN 206-1. pertanto sulla base delle condizioni ambientali prevedibili per le opere in oggetto si riporta nella tabella seguente, in corrispondenza di ogni elemento strutturale, la classe di esposizione, la resistenza caratteristica R_{ck} , il rapporto a/c massimo, il quantitativo di cemento minimo, e l'eventuale percentuale di aria che deve essere inglobata nel calcestruzzo.

Sono previsti inoltre copriferri pari a:

40 mm per le fondazioni e superfici controterra in genere.

Le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera sono state valutate conformemente alle specifiche previste dal Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, pertanto nella tabella seguente vengono riportati i valori assunti per il modulo elastico e per le resistenze allo stato limite ultimo e di esercizio

CARATTERISTICHE MECCANICHE CALCESTRUZZI				
f_{ck}/R_{ck} (Mpa)	E_c (Mpa)	S.L.U		S.L.E
		$f_{ctd}=R_{ck}/\gamma_{m,c}$ (Mpa)	$f_{ctd}=f_{ctk}/\gamma_{m,c}$ (Mpa)	$\sigma_c=R_{ck}/(\gamma_{m,c}\times\gamma_{E,c})$ (Mpa)
C25/30	31000	15.79	1.15	14.4 (rara) 11.1 (quasi permanente)
C32/40	33000	21.05	2.45	19.2 (rara) 14.8 (quasi permanente)

Le caratteristiche meccaniche adottate per l'acciaio sono:

CARATTERISTICHE MECCANICHE ACCIAIO PER C.A.					
TIPO	E_c (Mpa)	f_{tk} (Mpa)	f_{yk} (Mpa)	S.L.U	S.L.E
				$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{m,s}$ (Mpa)	$\sigma_{smax}=f_{yk}/1.25$ (Mpa)
B450C	210000	540	450	391	360

3.1. COPRIFERRI

Di seguito si indicano i copriferri assunti per gli elementi strutturali del manufatto:

		Cnetto	
Per fondazioni:	superfici cassette	40	[mm]
	superfici a contatto con magro di fondazione	40	[mm]
	superfici gettate controterra	40	[mm]
Per elevazioni:		40	[mm]

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 7 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	-------------------------

4. GEOTECNICA

4.1. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE

Nel calcolo dell'opera in oggetto, per quanto riguarda la determinazione della spinta delle terre, della capacità portante del terreno e delle caratteristiche di interazione terreno-struttura, si adottano, a favore di sicurezza, i seguenti parametri geotecnici ricavati dalla "Relazione geotecnica generale sulle opere all'aperto e gallerie artificiali " L0703213E02GE0001REL01A.doc, da tale relazione risulta che nel tratto in oggetto la falda non interferisce con l'opera, mentre il terreno di rinfiango e in fondazione è costituita dal terreno esistente da rilevato stradale si sono assunti i seguenti valori di resistenza:

- peso di volume naturale $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- angolo di attrito $\phi' = 35^\circ$
- coesione drenata $c' = 0.0 \text{ kPa}$
- coesione non drenata $c_u = 0.0 \text{ kPa}$

Dal piano campagna sussiste la seguente stratigrafia con i seguenti parametri geotecnici:

da 0.00 m a – 13.00 m da p.c.: Ecla
 da -13.00 m a -14.00 m da p.c.: Salt
 da -14.00m in poi: Sch

Unità Ecla - Depositi eluvio colluviali limoso argillosi

$\gamma = 18.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
 $\phi' = 23 \div 28^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$ coesione drenata
 $\phi_r' = 14^\circ \div 21^\circ$ angolo di resistenza al taglio residuo
 $c_r' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata residua
 $c_u = 50 \div 220 \text{ kPa}$ resistenza al taglio in condizioni non drenate
 $G_o = 20 \div 160 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 60 \div 400 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale

Unità Salt – Substrato alterato argilloso limoso

$\gamma = 19.0 \div 21.5 \text{ kN/m}^3$ peso di volume naturale
 $\phi' = 23 \div 30^\circ$ angolo di resistenza al taglio
 $c' = 5 \div 15 \text{ kPa}$ coesione drenata
 $\phi_r' = 20 \div 22^\circ$ angolo di resistenza al taglio residuo
 $c_r' = 0 \text{ kPa}$ coesione drenata residua
 $c_u = 50 \div 300 \text{ kPa}$ resistenza al taglio in condizioni non drenate
 $G_o = 80 \div 350 \text{ MPa}$ modulo di deformazione a taglio iniziale
 $E_o = 400 \div 900 \text{ MPa}$ modulo di deformazione elastico iniziale



QUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 8 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

Unità Sch – Formazione dello Schlier

$$\gamma = 22.0 \div 24.0 \text{ kN/m}^3$$

peso di volume naturale

$$E'_{op} = 20 + 5.75 \cdot z \text{ MPa per } z < 40 \text{ m}$$

modulo di deformazione elastico operativo

$$E'_{op} = 100 + 3.75 \cdot z \text{ MPa per } z > 40 \text{ m}$$

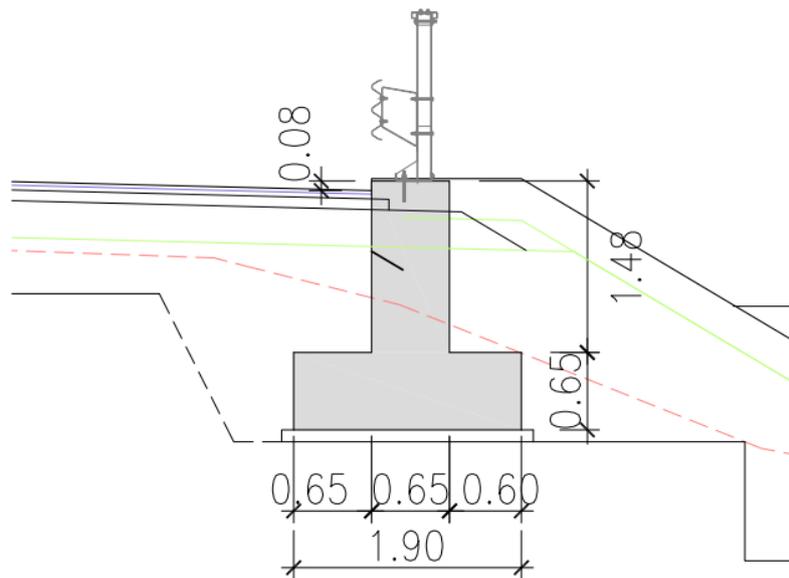
Z [m]	c' [kPa]	ϕ' [°]
20	55÷70	29÷33
30	70÷90	27÷31
50	90÷250	25÷30

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 9 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

5. MURI DI SOSTEGNO

Di seguito si riportano i calcoli e le verifiche dei muri di sostegno dell'opera in oggetto.

Il muro in oggetto ha essenzialmente la funzione di cordolo porta barriere di sicurezza (guard-rail), le dimensioni del muro sono quelle riportate in figura:



Si assume l'altezza di calcolo massima pari a 1.48 m.

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D

6. VERIFICA AGLI STATI LIMITI

I calcoli e le verifiche sono condotti con il metodo semiprobabilistico degli stati limite secondo le indicazioni del D.M. 14 gennaio 2008.

L'analisi mira a garantire la sicurezza e le prestazioni attese attraverso il conseguimento dei seguenti requisiti :

- sicurezza nei confronti degli Stati Limite di Esercizio.
- sicurezza nei confronti degli Stati Limite Ultimi

Tali verifiche sono state effettuate prevedendo le due seguenti combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR)
- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO)

A queste combinazioni si aggiunge la combinazione che prevede l'urto del veicolo in svio in testa al muro (ECC) con coefficienti unitari di combinazione dei carichi permanenti e degli accidentali e coefficiente di sicurezza anch'esso unitario.

Considerando i coefficienti parziali riportati nelle tab delle NTC 2008.

Nelle condizioni di esercizio gli spostamenti dell'opera sono stati valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza delle opere adiacenti.

In particolare in condizioni sismiche devono essere condotte verifiche nei confronti dello stato limite di danno.

Gli spostamenti permanenti indotti dal sisma devono essere compatibili con la funzionalità dell'opera e con quella di eventuali strutture o infrastrutture interagenti con essa.

Nel nostro caso trattasi di muri di controripa, quindi che non hanno funzione di contenimento della sede ferroviaria pertanto tale verifica viene omessa.

In particolare sono stati verificati i seguenti stati limiti ultimi:

❖ Verifica del muro di sostegno

SLU di tipo geotecnico (GEO-ECC) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)

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

SLU di tipo strutturale (STR-ECC)

- raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali;

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno deve essere effettuata secondo l'approccio 1:

- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO).

Lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate applicando il primo approccio progettuale (Approccio 1) che prevede le due seguenti combinazioni di coefficienti:

- Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR)
- Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO)

Considerando i coefficienti parziali riportati nelle NTC 2008, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.

Lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 2.6.I e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 12 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M1)	(M2)
<i>Tangente dell'angolo di resistenza al taglio</i>	$\tan \phi'_k$	γ_M γ_ϕ	1,0	1,25
<i>Coesione efficace</i>	c'_k	γ_c	1,0	1,25
<i>Resistenza non drenata</i>	c_{uk}	γ_{eu}	1,0	1,4
<i>Peso dell'unità di volume</i>	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.5.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO di muri di sostegno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante della fondazione	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$
Resistenza del terreno a valle	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,4$

Nelle verifiche di sicurezza per effetto delle azioni sismiche si controlla che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni nel rispetto della condizione [6.2.1], ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto con i coefficienti parziali γ_R indicati nella tabella 7.11.III.

Tab. 7.11.III - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno.

Verifica	Coefficiente parziale γ_R
Carico limite	1.2
Scorrimento	1.0
Ribaltamento	1.0
Resistenza del terreno a valle	1.2

Sono stati considerati i seguenti Stati Limite.

6.1. STATO LIMITE ULTIMO E DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Le azioni sulla costruzione sono state cumulate in modo da determinare condizioni di carico tali da risultare più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, tenendo conto della probabilità ridotta di intervento simultaneo di tutte le azioni con i rispettivi valori più sfavorevoli, come consentito dalle norme vigenti. Per gli stati limite ultimi sono state adottate le combinazioni del tipo:

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

dove:

G1 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo);

G2 rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;

rappresenta pretensione e precompressione;

azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel tempo;

di lunga durata: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;

di breve durata: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura;

Q_{ki} rappresenta il valore caratteristico della i-esima azione variabile;

γ_G, γ_Q, γ_P coefficienti parziali come definiti nella Tab. 6.2.I del DM 14 gennaio 2008;

ψ_{0i} sono i coefficienti di combinazione per tenere conto della ridotta probabilità di concomitanza delle azioni variabili con i rispettivi valori caratteristici.

Le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico elementare: ciascuna condizione di carico accidentale, a rotazione, è stata considerata sollecitazione di base (Q_{k1} nella formula precedente).

I coefficienti relativi a tali combinazioni di carico sono riportati negli allegati tabulati di calcolo.

In zona sismica, oltre alle sollecitazioni derivanti dalle generiche condizioni di carico statiche, devono essere considerate anche le sollecitazioni derivanti dal sisma. L'azione sismica è stata combinata con le altre azioni secondo la seguente relazione:

$$G_1 + G_2 + P + E + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

Dove:

- E azione sismica per lo stato limite e per la classe di importanza in esame;
- G₁ rappresenta peso proprio di tutti gli elementi strutturali;
- G₂ rappresenta il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- P_k rappresenta pretensione e precompressione;
- ψ_{2i} coefficiente di combinazione delle azioni variabili Q_i;
- Q_{ki} valore caratteristico dell'azione variabile Q_i.

I valori dei coefficienti ψ_{2i} sono riportati nella seguente tabella:

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 14 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

Categoria/Azione	Ψ_{2i}
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0,3
Categoria B – Uffici	0,3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0,6
Categoria D – Ambienti ad uso commerciale	0,6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	0,8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,3
Categoria H – Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso
Vento	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,2
Variazioni termiche	0,0

6.2. STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Allo Stato Limite di Esercizio le sollecitazioni con cui sono state semiprogettate le aste in c.a. sono state ricavate applicando le formule riportate nel D.M. 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni - al punto 2.5.3. Per le verifiche agli stati limite di esercizio, a seconda dei casi, si fa riferimento alle seguenti combinazioni di carico:

combinazione caratteristica o rara

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{kj}) + Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\Psi_{0i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione frequente

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{kj}) + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\Psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

combinazione quasi permanente

$$F_d = \sum_{j=1}^m (G_{kj}) + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_{i=2}^n (\Psi_{2i} \cdot Q_{ki}) + \sum_{h=1}^l (P_{kh})$$

Dove:

G_{kj} valore caratteristico della j-esima azione permanente;

P_{kh} valore caratteristico della h-esima deformazione impressa;

Q_{k1} valore caratteristico dell'azione variabile di base di ogni combinazione;

Q_{ki} valore caratteristico della i-esima azione variabile;

Ψ_{0i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili di durata breve ma ancora significativi nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili;

Ψ_{1i} coefficiente atto a definire i valori delle azioni ammissibili ai frattili di ordine 0,95 delle distribuzioni dei valori istantanei;

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D

Ψ_{2i} coefficiente atto a definire i valori quasi permanenti delle azioni ammissibili ai valori medi delle distribuzioni dei valori istantanei.

Ai coefficienti Ψ_{1i} , Ψ_{2i} , Ψ_{2j} sono attribuiti i seguenti valori:

Tabella 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

In maniera analoga a quanto illustrato nel caso dello SLU le combinazioni risultanti sono state costruite a partire dalle sollecitazioni caratteristiche calcolate per ogni condizione di carico; a turno ogni condizione di carico variabile è stata considerata sollecitazione di base, con ciò dando origine a tanti valori combinati. Per ognuna delle combinazioni ottenute, in funzione dell'elemento, sono state effettuate le verifiche allo SLE (tensioni, deformazioni e fessurazione).

Negli allegati tabulati di calcolo sono riportati i coefficienti relativi alle combinazioni di calcolo generate relativamente alle combinazioni di azioni "Quasi Permanente", "Frequente" e "Rara".

Nelle sezioni relative alle verifiche allo SLE dei citati tabulati, inoltre, sono riportati i valori delle sollecitazioni relativi alle combinazioni che hanno originato i risultati più gravosi.

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D

7. VERIFICHE

7.1. VERIFICA A RIBALTAMENTO

Nella verifica a ribaltamento è stato scelto come punto di rotazione il vertice in basso a valle della fondazione.

- 1 Il Momento Ribaltante è dovuto alla componente orizzontale della spinta, all'incremento sismico di essa e ad eventuali carichi esterni che possono contribuire al ribaltamento.
- 2 Il Momento Stabilizzante è dovuto al peso proprio del muro, del terreno su esso agente, ad eventuali carichi esterni che possono contribuire alla stabilità.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Momento Stabilizzante/Momento Ribaltante. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato, considerando il sistema come un corpo rigido.

7.2. VERIFICA A SCORRIMENTO

Nella verifica a scorrimento sono state prese in considerazione tutte le forze agenti che innescano un meccanismo di traslazione lungo il piano di posa della fondazione per superamento dei limiti di attrito e coesione, tenendo conto dell'inclinazione del piano di posa e dell'eventuale presenza di speroni.

La **Forza Agente** è la spinta con i suoi incrementi sismici ed eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

La **Forza Resistente** è rappresentata dall'attrito e dalla coesione agente sulla fondazione, dalla presenza di tiranti e di pali, da particolari costruttivi quali gli speroni che servono ad aumentare la resistenza allo scorrimento oltre ad eventuali forze esterne che agiscono nello stesso verso.

Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Forza Resistente/Forza Agente. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Scorrimento.

7.3. VERIFICA A CARICO LIMITE

È stato calcolato il carico limite secondo la metodologia dovuta a Brinch-Hansen, 1970, considerando la profondità d'interramento della fondazione, la stratigrafia degli strati sotto la fondazione, l'eventuale presenza della falda idrica, l'inclinazione del piano di posa della fondazione, l'inclinazione e l'eccentricità dei carichi

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 17 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

esterni. Il coefficiente di sicurezza è dato dal rapporto Carico Limite / Carichi Agenti. Tale valore è stato calcolato per tutte le combinazioni di carico previste dall'approccio adottato e il rapporto più gravoso, in relazione al corrispondente coefficiente R, dipendente dall'approccio e dalla combinazione considerata, è stato riportato come Coefficiente di Sicurezza a Carico Limite.

7.4. VERIFICHE DI STABILITA' GLOBALE

Il punto 6.8 delle NTC08 e relativa circolare applicativa, tratta l'argomento della verifica di Stabilità di Materiali Sciolti e fronti di scavo, nella fattispecie, al punto 6.8.2 "Verifiche di Sicurezza (SLU)" viene prescritto quanto di seguito:

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1-Combinazione 2 (A2+M2+R2) tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

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

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	γ_ϕ	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

Tabella 6.8.I – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_R	1,1

Secondo la normativa quindi i parametri di resistenza del terreno devono essere abbattuti a mezzo dei coefficienti parziali M2, risultando pertanto:

$$c'_d = c' / 1.25$$

$$\phi'_d = \arctan (1 / 1.25 \cdot \tan \phi')$$

Il coefficiente di sicurezza F_s minimo da garantire in questo caso è pari ad 1.1 (γ_R).

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D

7.4.1. VERIFICHE IN FASE SISMICA

Per ciò che concerne le verifiche in condizioni sismiche, la normativa fornisce al punto 7.11.3.5 indicazioni circa le azioni aggiuntive da considerare nell'ambito delle verifiche di Stabilità di Pendii in occasione di eventi sismici; nella fattispecie, si specifica che l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tali forze possono esprimersi come:

$$F_h = k_h \times W \quad (\text{azione sismica orizzontale})$$

$$F_v = k_v \times W \quad (\text{azione sismica verticale})$$

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \tag{7.11.3}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \tag{7.11.4}$$

con:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da indicazioni Tab 7.11.1 ;

Tabella 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,20

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (\text{accelerazione massima attesa al sito})$$

S_S : coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T : coefficiente di amplificazione topografica

Nel caso specifico si ha:

$$a_{max} = 0,231 \cdot 1,384 = 0,32$$

$$\beta_s = 0,28 \quad - \text{ per categoria del suolo C}$$

Relativamente alla combinazione degli effetti sismici con le altre azioni e relative verifiche di sicurezza, ancora la circolare 617, per il caso dei pendii naturali, specificano al punto C 7.11.3.5

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D

“Stabilità dei Pendii” viene specificato che le verifiche di sicurezza devono essere effettuate utilizzando i valori caratteristici delle proprietà meccaniche dei terreni; nei metodi pseudostatici la condizione di stato limite ultimo viene riferita al cinematismo di collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza, FS, definito come rapporto tra resistenza al taglio disponibile e sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale).

In definitiva, per le verifiche sismiche si è ritenuto accettabile un coefficiente di sicurezza unitario. Per quanto riguarda invece il caso dei Fronti di Scavo e Rilevati, al punto 7.11.4 “Fronti di Scavo e Rilevati”, si specifica che Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali. Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando i coefficienti parziali di cui al § 7.11.1.

7.11.1 REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

Sotto l’effetto dell’azione sismica di progetto, definita al Cap. 3, le opere e i sistemi geotecnici devono rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, con i requisiti di sicurezza indicati nel § 7.1.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere effettuate ponendo pari all’unità i coefficienti parziali sulle azioni e impiegando i parametri geotecnici e le resistenze di progetto, con i valori dei coefficienti parziali indicati nel Cap. 6.

La circolare applicativa n.617 specifica ulteriormente al C7.11.4 che, Le verifiche pseudostatiche di sicurezza dei fronti di scavo e dei rilevati si eseguono con la combinazione di coefficienti parziali di cui al § 6.8.2: (A2+M2+R2), utilizzando valori unitari per i coefficienti parziali A2 come specificato al § 7.11.1.

In definitiva, per il caso dei Fronti di Scavo e Rilevati, anche in fase sismica, il coefficiente di sicurezza minimo prescritto dalla Normativa è pari ad $R2=1.1 (\gamma_R)$.

Per la analisi di stabilità globale presentate nel seguito del presente documento, si è fatto riferimento ai metodi dell’equilibrio limite, messi a punto da diversi autori tra cui, Fellenius, Bishop, Janbu, Morgenstern-Price, ecc.

In generale, ciascuno metodo va alla ricerca dei potenziali superfici di scivolamento, generalmente di forma circolare, in qualche caso anche di forma diversa, rispetto a cui effettuare un equilibrio alla rotazione (o roto-traslazione) della potenziale massa di terreno coinvolta nel possibile movimento e quindi alla determinazione di un coefficiente di sicurezza disponibile, espresso in via generale tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:

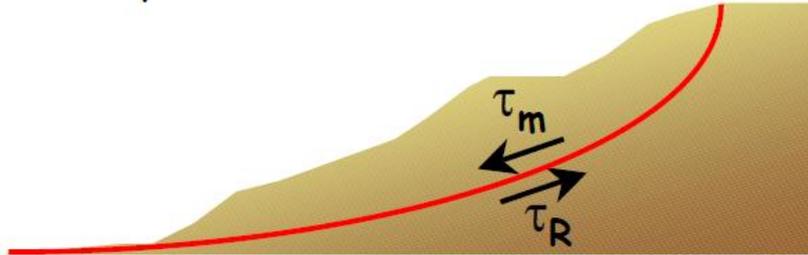
2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 20 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------



Si procede generalmente suddividendo la massa di terreno coinvolta nella verifica in una serie di conci di dimensione b , interessati da azioni taglianti e normali sulle superfici di delimitazione dello stesso come di seguito rappresentato.

Nel caso in esame, è stata utilizzato in particolare il metodo di **Bishop**, di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{b_i c_i + W_i \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \alpha_i}$$

con

$$m = \left(1 + \frac{\operatorname{tg} \alpha_i \operatorname{tg} \phi_i}{\eta} \right) \cos \alpha_i$$

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i ed α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i -esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i -esima e "c" e "φ" sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η . Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D

7.5. PROGETTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

7.5.1. Verifiche per gli stati limite ultimi

Le sollecitazioni per le successive verifiche vengono calcolate in una serie di sezioni predefinite sia sul paramento che sulla fondazione a monte ed a valle (muri a mensola).

Esse sono in genere a passo costante, ma se esistono delle singolarità, come ad es. gradoni, speroni, mensole esse vengono opportunamente posizionate in corrispondenza di tali punti.

La verifica degli elementi allo SLU avviene col seguente procedimento:

- si costruiscono le combinazioni in base al D.M. 14 gennaio 2008, ottenendo un insieme di sollecitazioni;
- si combinano tali sollecitazioni con quelle dovute all'eventuale azione del sisma.
- per sollecitazioni semplici (flessione retta, taglio, etc.) si individuano i valori minimo e massimo con cui progettare o verificare l'elemento considerato; per sollecitazioni composte (pressoflessione retta/deviata) vengono eseguite le verifiche per tutte le possibili combinazioni e solo a seguito di ciò si individua quella che ha originato il minimo coefficiente di sicurezza.

Per quanto concerne il progetto degli elementi in c.a. illustriamo in dettaglio il procedimento seguito in presenza di pressoflessione retta, utilizzato per verificare le seguenti sezioni:

- Paramento: attacco con la fondazione, a mezza altezza e ad ogni variazione non continua di sezione.
- Fondazione: le due sezioni, rispettivamente a valle e a monte, di attacco con il Paramento.
- Mensola: la sezione di attacco con il Paramento.
- Sperone: la sezione di attacco con la Fondazione.

Viene ipotizzata un'armatura iniziale che rispetti i minimi normativi, quindi per tutte le coppie (N, Mx), individuate secondo la modalità precedentemente illustrata, si calcola il momento ultimo in funzione di N, quindi il coefficiente di sicurezza rapportando tale momento ultimo a Mx.

Se per almeno una di queste coppie il coefficiente di sicurezza risulta inferiore a 1 si incrementa l'armatura e si ripete il procedimento fino a che per tutte le coppie (N, Mx) il coefficiente di sicurezza risulta al più pari a 1.

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 22 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

Nei tabulati di calcolo, per brevità, non potendo riportare una così grossa mole di dati, si riporta la coppia (N, Mx) che ha dato luogo al minimo coefficiente di sicurezza.

Una volta semiprogettate le armature allo SLU, si procede alla verifica delle sezioni allo Stato Limite di Esercizio con le sollecitazioni derivanti dalle combinazioni rare, frequenti e quasi permanenti; se necessario, le armature vengono integrate per far rientrare le tensioni entro i massimi valori previsti.

Successivamente si procede alle verifiche alla deformazione, quando richiesto, ed alla fessurazione che, come è noto, sono tese ad assicurare la durabilità dell'opera nel tempo.

7.5.2. Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dalla norma UNI EN 1992-1-1:2005, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento ai seguenti valori della resistenza di calcolo:

$$\bullet \quad V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\},$$

resistenza di calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$\bullet \quad V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha, \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento}$$

$$\bullet \quad V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta), \text{ valore di progetto del massimo sforzo di taglio che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.}$$

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

$$\bullet \quad k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm;}$$

$$\bullet \quad \rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

• A_{s1} è l'area dell'armatura tesa;

• b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\bullet \quad \sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 23 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

- N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;
- A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;
- $v_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$;
- $1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave
- A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;
- s è il passo delle staffe;
- f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;
- $f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;
- $\alpha_{cw} = 1$ è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

7.5.3. Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.
-

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

- $\sigma_c < 0.60 f_{ck}$ per combinazione rara delle azioni;
- $\sigma_c < 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanenti;
- $\sigma_s < 0.80 f_{yk}$.

La verifica a fessurazione è stata svolta secondo il metodo proposto della NTC 2018.

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Nel nostro caso, si assume che le condizioni ambientali del sito in cui sorge l'opera siano aggressive e si verifica che il valore limite di apertura della fessura, calcolato per armature poco sensibili, sia al più pari ai seguenti valori nominali:

- $w_1 = 0.3 \text{ mm}$ -combinazione frequente,
- $w_1 = 0.2 \text{ mm}$ -combinazione quasi permanente

7.5.4. Metodo di analisi - calcolo muro

7.5.4.1. Descrizione modello di calcolo

Il progetto e la verifica dei muri di sostegno, sono stati effettuati con l'ausilio di fogli elettronici di comprovata validità.

In tali fogli vengono implementate tutte le caratteristiche geometriche dei muri insieme agli angoli di attrito tra paramento e terreno e tra fondazione e terreno.

Per quanto riguarda l'angolo di attrito tra paramento e terreno si effettua la seguente distinzione:

Caso di muri a mensola con suola sufficientemente lunga, quando cioè l'angolo che la retta passante per lo spigolo lato terreno della testa del muro e lo spigolo lato terreno della fondazione forma con la verticale è superiore a $45-\phi'/2$ con ϕ' angolo di resistenza al taglio del terreno, la spinta sull'opera di sostegno deve essere applicata sul piano verticale a partire dallo spigolo controterra della fondazione assunto come paramento virtuale del muro. Su tale paramento l'angolo di inclinazione δ della risultante della spinta (applicata ad $1/3$ dell'altezza del paramento virtuale) si può assumere uguale all'angolo di inclinazione β del terrapieno, a meno che β non sia superiore all'angolo di resistenza al taglio del terreno ϕ' , nel qual caso si potrà assumere $\delta = \phi'$.

Per muri con suola relativamente corta, quando cioè l'angolo che la retta passante per lo spigolo lato terreno della testa del muro e lo spigolo lato terreno della fondazione forma con la verticale è inferiore a $45-\phi'/2$ con ϕ' angolo di resistenza al taglio del terreno, si può assumere $\delta = \phi'/2$ e la superficie virtuale su cui applicare la spinta diventa il piano che unisce lo spigolo lato terreno della testa del muro e lo spigolo lato terreno della

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. D

fondazione.

Nel primo caso tutto il peso del terreno al di sopra della suola deve essere considerato stabilizzante nelle verifiche, e ad esso sono da applicarsi le forze di inerzia in fase sismica. Nel secondo caso il terreno da prendere in considerazione è quello contenuto nel triangolo che ha per lati il paramento verticale, la fondazione del muro e la retta passante per lo spigolo lato terreno della testa del muro e lo spigolo lato terreno della fondazione.

Nel nostro caso i muri sono con mensola corta e quindi $\delta = \phi/2$.

Nel valutare la stabilità di un muro di sostegno è opportuno che la verifica allo scorrimento della fondazione del muro sia effettuata con riferimento al valore a volume costante o allo stato critico dell'angolo di resistenza al taglio, poichè il meccanismo di scorrimento, che coinvolge spessori molto modesti di terreno e l'inevitabile disturbo connesso con la preparazione del piano di posa della fondazione, possono comportare modifiche significative dei parametri di resistenza. Per questo stesso motivo, nelle analisi svolte in termini di tensioni efficaci, è opportuno trascurare ogni contributo della coesione nelle verifiche allo scorrimento (paragrafo 6.2.2 della circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP.)

Inoltre nella verifica a scorrimento e a ribaltamento dei muri di sostegno viene trascurata la resistenza passiva antistante il muro.

Considerazioni diverse, invece, devono, essere svolte con riferimento al calcolo della capacità portante della fondazione del muro che, per l'elevato volume di terreno indisturbato coinvolto, comporta il riferimento al valore di picco dell'angolo di resistenza al taglio, senza trascurare il contributo della coesione efficace del terreno.

Nel nostro caso l'angolo di attrito fondazione-terreno nelle verifiche a scorrimento è pari a $\phi'_{cv} = \arctan(0.85 \cdot \tan \phi)$.

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D

7.6. ANALISI DEI CARICHI

L'analisi viene condotta considerando una larghezza unitaria dell'opera.

Il carico di progetto è rappresentato dal peso proprio dei permanenti (struttura in c.a., terrapieno), dal sovraccarico accidentale e dalla forza d'urto di un eventuale veicolo in svio.

Pertanto le azioni sul muro sono pari a:

7.6.1. *Pesi propri*

- $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ - Pesi propri della struttura
- $\gamma_t = 20 \text{ kN/m}^3$ - Pesi propri del terreno a monte

7.6.2. *Spinta del terreno*

Come detto in precedenza, per il terreno si è considerata una spinta attiva valutata ricorrendo alla teoria di Coulomb.

7.6.3. *Accidentale a tergo del muro*

A monte si ha un sovraccarico accidentale dovuto al traffico stradale pari a 20.00 kN/m^2 .

7.6.4. *Sollecitazioni in testa al muro dovute all'urto di un veicolo in svio*

I sicurvia e gli elementi strutturali ai quali sono collegati devono essere dimensionati per un'azione orizzontale trasversale non inferiore a 100 kN , distribuita su $0,50 \text{ m}$ ed applicata ad una quota h , misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni h_1 , h_2 , dove $h_1 = (\text{altezza del guardrail} - 0,10 \text{ m})$, $h_2 = 1,00 \text{ m}$.

$$T_u = 100 \text{ kN}$$

$$M_u = 100 \times [1.00 - 0.07] = 93 \text{ kNm}$$

Per le verifiche strutturali si suppone una ripartizione a 45° dal punto di applicazione verso la base del muro e considerando un'impronta di carico di 0.50 m si ha il seguente momento a metro lineare:

$$T = 100 / [0.5 + 2 \times 2.13] = 21.00 \text{ kN/m}$$

$$M_u = 93 / [0.5 + 2 \times 2.13] = 20.00 \text{ kNm/m}$$

Mentre, ai fini delle verifiche geotecniche, scorrimento, ribaltamento e capacità portante si considera collaborante l'intero concio di muro sul quale si verifica l'urto del veicolo in svio.

Pertanto, essendo la lunghezza minima dei conci pari a 25 m , le azioni a metro lineare sono pari a:

$$T = 100 / 25 = 4 \text{ kN/m}$$

$$M_u = 100 / 25 = 4 \text{ kN/m/m}$$

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D

7.6.5. Valutazione dell'azione sismica

La valutazione della spinta del terreno in zona sismica, secondo quanto prevede il D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le Costruzioni” al § 3.2.3 e al § 7.11.6.2.1, è stata eseguita utilizzando metodi *pseudo-statici*.

In particolare il procedimento per la definizione dei parametri sismici di progetto per i vari Stati Limite per cui sono state effettuate le verifiche è stato il seguente:

- Definizione della Vita Nominale e della Classe d’Uso della struttura, il cui uso combinato ha portato alla definizione del Periodo di Riferimento dell’azione sismica.
- Individuazione, tramite latitudine e longitudine, dei parametri sismici di base a_g , F_0 e T_c^* per tutti e quattro gli Stati Limite previsti (SLO, SLD, SLV e SLC); l’individuazione è stata effettuata interpolando tra i 4 punti più vicini al punto di riferimento dell’edificio.
- Determinazione dei coefficienti d’amplificazione stratigrafica e topografica.
- Calcolo del periodo T_c corrispondente all’inizio del tratto a velocità costante dello Spettro.

L’utilizzo di metodi pseudo-statici, consente di ricondurre l’azione sismica, che è un’azione dinamica variabile nel tempo e nello spazio, ad un insieme di forze statiche equivalenti, orizzontali e verticali, mediante l’utilizzo di coefficienti sismici, che dipendono dalla zona sismica, dalle condizioni locali e dall’entità degli spostamenti ammessi per l’opera considerata. Tali coefficienti vengono utilizzati, oltre che per valutare le forze di inerzia sull’opera, anche per determinare la spinta retrostante il muro, mediante l’utilizzo della teoria di Mononobe Okabe.

Come specificato al § 7.11.6.2.1, in assenza di studi specifici, i coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v , devono essere calcolati come:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} \quad [7.11.6]$$

$$k_v = \pm \frac{1}{2} \cdot k_h \quad [7.11.7]$$

dove:

a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l’accelerazione massima è valutata con la relazione: $a_{\max} = S_T \cdot S_S \cdot a_g$ [7.11.8]

dove:

	2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE 3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud 4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256 SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080 Relazione di calcolo							
	Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (SS) e dell'amplificazione topografica (S_T), di cui al §3.2.3.2;

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Nella precedente espressione, il coefficiente **β_m** di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito che assume i valori riportati in Tab. 7.11-II del DM 14/01/2008:

Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β _m	β _m
0,2 < a _g (g) ≤ 0,4	0,31	0,31
0,1 < a _g (g) ≤ 0,2	0,29	0,24
a _g (g) ≤ 0,1	0,20	0,18

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente **β_m** assume valore unitario.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

Pertanto, i parametri sismici ricavati dalla "Relazione sismica " L0703213E04000000RELO1", sono pari a:

La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 50 anni.

La classe d'uso assunta è la III → Cu = 1.5

Il periodo di riferimento (V_R) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso vale:

$$V_R = V_N \cdot C_u = 75 \text{ anni}$$

I valori di probabilità di superamento del periodo di riferimento P_{VR}, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente è:

$$P_{VR}(SLV) = 10\%$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni, vale:

$$T_R(SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 712 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma, è possibile

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag.di Pag. 29 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

 definire i valori di a_g , F_0 , T_c^* .

 a_g → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

 F_0 → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

 T_c^* → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

 S → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_s) e dell'amplificazione topografica (S_t).

Visto che l'azione sismica varia al variare delle coordinate geografiche, per i comuni di interesse, si sono assunti nei calcoli i valori massimi presenti nella tratta interessata:

RIABILITAZIONE SP256				
Pk 0+000 (a.p. pk 12+320)				
Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)			
43.12305383	13.05968620			
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)			
43.124786	13.060504			
Altitudine (mt)	0			
Classe dell'edificio	III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti signific ▼			
Vita Nominale Struttura	50 ▼			
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	75			
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T_c^* [s]
Operatività	45	0.081	2.424	0.287
Danno	75	0.100	2.420	0.291
Salvaguardia Vita	712	0.231	2.490	0.331
Prevenzione Collasso	1462	0.291	2.528	0.341

$$a_g / g = 0.231$$

 Per il sottosuolo si è adottata una **categoria C** e si considera l'opera ubicata in pianura, per cui:

$$S_s = 1.384 \quad (\text{in favore di sicurezza})$$

$$S_t = 1$$

$$S = S_s * S_t = 1.384$$



2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 30 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

L'accelerazione massima risulterebbe quindi:

$$a_{\max}(\text{SLV}) = S \cdot a_g = S_s \cdot a_g = 1.384 \cdot 0.231 \text{ g} = 0.320 \text{ g}$$

$\beta_m = 0.31$ nelle verifiche allo stato limite ultimo (SLV)

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

$$(\text{SLV}) \quad k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g} = 0.10 \quad k_v = \pm 0.5 \cdot k_h = 0.05$$

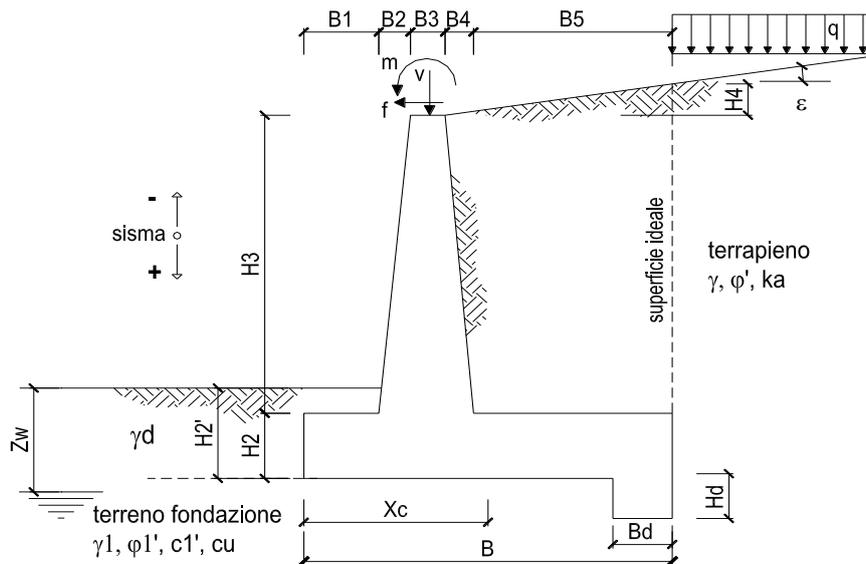
Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede come nel caso in esame, si assume che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica.

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 31 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

8. ANALISI DEI MURI

8.1. SCHEMA DI CALCOLO

In Figura 7 è illustrato lo schema di riferimento per le verifiche geotecniche:



OPERA $H_{muro} = 1.48 \text{ m}$

DATI DI PROGETTO:

Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	1.48	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.65	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	1.90	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.65	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.60	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	0.65	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	0.95	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	$\gamma_{cls} =$	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------

Figura 7 – Schema di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 32 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

8.2. RISULTATI VERIFICHE GEOTECNICHE

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche geotecniche in forma tabellare esplicitate negli allegati:

8.2.1. Sezione H= 1.48 m

SLE di tipo geotecnico							
	Scorrimento	S _{cr,Max}	Ribaltamento	R _{ib,Max}	Capacità portante	C _{ap.P} ort,Max	Cedimento della fondazione (mm)
SLE	-	-	-	-	-	-	1.66
SLU di tipo geotecnico e di equilibrio del corpo rigido							
	Scorrimento	S _{cr,Max}	Ribaltamento	R _{ib,Max}	Capacità portante	C _{ap.P} ort,Max	Cedimento della fondazione (mm)
caso A1+M1+R1	1.72	> 1.00	3.84	> 1.00	14.03	> 1.00	-
caso ECC+M1+R3	1.95	> 1.00	3.07	> 1.00	14.35	> 1.00	-
caso A2+M2+R2	1.29	> 1.00	3.54	> 1.00	5.11	> 1.00	-
CONDIZIONE SISMICA +	1.54	> 1.00	5.11	> 1.00	7.17	> 1.20	-
CONDIZIONE SISMICA -	1.58	> 1.00	4.54	> 1.00	7.49	> 1.20	-
EQU+M2+R2	-	-	2.92	> 1.00	-	-	-

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 33 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

8.3. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEL MURO

Le verifiche vengono condotte con le modalità indicate nel § 7.4. Per le verifiche di stabilità ci si è avvalsi del software di calcolo PARATIE PLUS (Modulo VSP). Le verifiche sulla stabilità sono state condotte con il metodo dell'equilibrio limite implementato (nel software utilizzato) con la formulazione di Bishop. Le verifiche di stabilità globale sono condotte con riferimento ad una sezione indicata nella figura sotto riportata; la stratigrafia di calcolo è quella riportata nel § 4.

Considerato lo scopo dell'analisi le superfici di scorrimento indagate sono definite in modo tale da non intersecare l'opera di sostegno, limitando l'estensione del cerchio critico a tergo del muro, per circoscrivere il dominio di calcolo al solo volume significativo, evitando di verificare superfici di scivolamento che coinvolgano volumi di terreno eccessivamente grandi e non rappresentative della condizione reale. Le analisi sono condotte mediante il metodo dell'equilibrio limite implementato (nel software utilizzato) con la formulazione di Bishop.

A monte del muro è previsto un carico variabile pari a $Q1 = 20$ kPa per simulare la presenza veicoli. Il coefficiente per i carichi variabili $Q1$ in combinazione sismica (SLV) è preso uguale a 0.

Nel prospetto che segue sono riportati i coefficienti di riduzione utilizzati:

		SLU	SLV
		(A2+M2)	(A2+M2+E)
Azioni	Permanenti	1	1
	Variabili	1.3	1
Parametri del terreno	$\tan \phi'$	1.25	1.25
	c'	1.25	1.25
	c_u	1.4	1.4

Coefficienti sulle azioni e sui materiali utilizzati per l'analisi di stabilità

Le azioni sismiche pseudo-statiche sono sintetizzate nella seguente tabella:

Categoria sottosuolo	Parametri sismici				
	a_g	a_{max}	β	k_h	k_v
	[g]	[g]	[-]	[-]	[-]
C	0,231	0,320	0,28	0,089	0,0448

Azione sismica adottata nel modello

In tabella sono riportati i gradi di sovra resistenza (R_d/E_d) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto $E_d (=E \cdot \gamma_E)$ ottenuti secondo la formulazione di Bishop e per ciascuna combinazione delle azioni. Al fine di cogliere l'effetto derivante dalla riduzione dei parametri geotecnici di resistenza, secondo i coefficienti del gruppo M2, nel prospetto che segue sono riportati anche i risultati dell'analisi condotta con i valori caratteristici dei parametri geotecnici e delle azioni.

Combinazione	Formulazione
	Bishop
"SLU - A2+M2"	2.496
"SLV - A2+M2+E"	2.17

Sintesi dei risultati delle analisi di stabilità globale

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

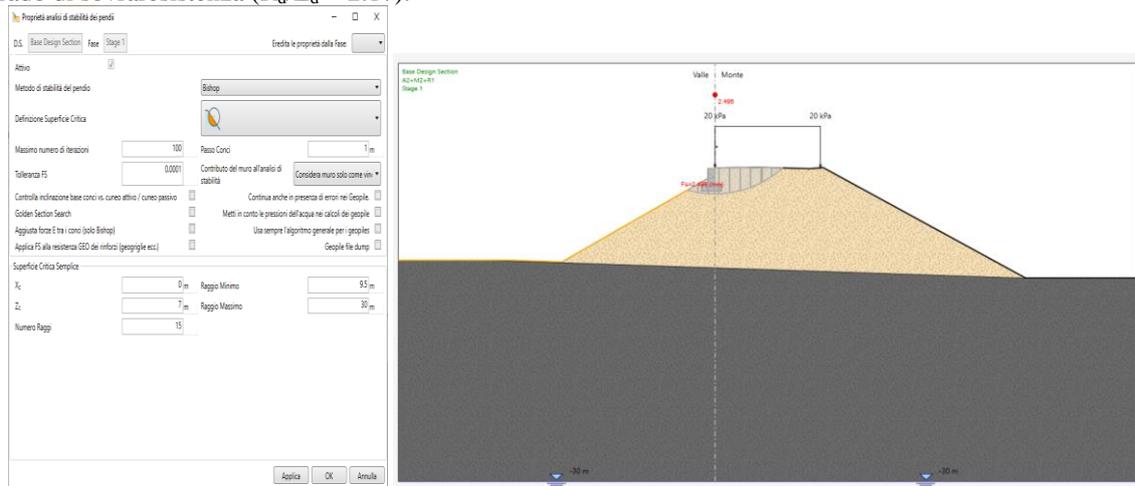
Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 34 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

Eseguendo il calcolo mediante il D.M. 14/01/2008, Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), il coefficiente parziale γ_R vale 1,1; quindi considerando la resistenza di progetto $R_d = R/R_\gamma$ (cfr. § 6.2.3.1), risulta sempre verificata la disuguaglianza:

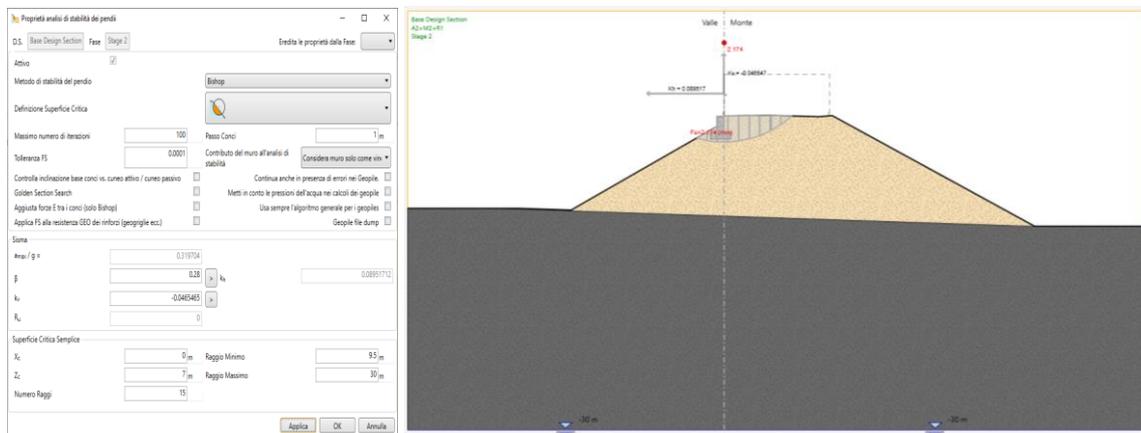
$$E_d \leq R_d$$

per cui la verifica di stabilità globale può considerarsi soddisfatta.

Nella figura di seguito riportata è rappresentata la superficie critica di scorrimento a cui corrisponde il minor grado di sovreresistenza ($R_d/E_d = 2.17$).



Modello di calcolo e superficie di scorrimento critica (SLU)



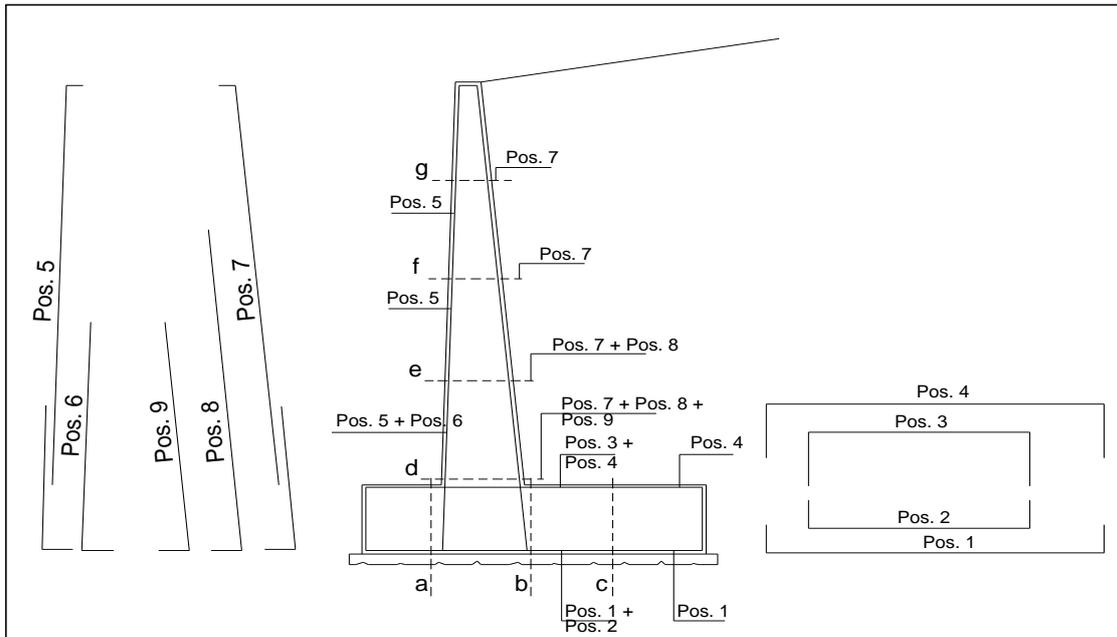
Modello di calcolo e superficie di scorrimento critica (SLV)

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 35 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

8.4. RISULTATI VERIFICHE STRUTTURALI

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche strutturali, nelle sezioni di calcolo riportate nello schema delle armature per ogni sezione di calcolo, in forma tabellare esplicitate nell'allegato:

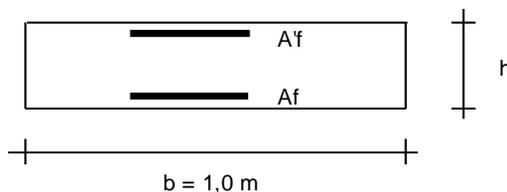
SCHEMA DELLE ARMATURE



ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	16
4	5.0	16	8	0.0	0
			9	0.0	0

VERIFICHE



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

Le verifiche strutturali saranno condotte secondo l'approccio del DM 08 utilizzando i coefficienti parziali riportati nella tabella precedente per le azioni.

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 36 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

8.4.1. Sezione H= 1.48 m

A1+M1+R1
SLU – combinazione STATICA (stato limite ultimo presso-flessionale)

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	6.32	0.00	20.46	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
b - b	-9.77	0.00	-20.27	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
c - c	-3.98	0.00	17.11	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
d - d	11.01	29.44	11.58	0.65	10.05	5.65	235.02	29.44	181.14
e - e	5.73	21.69	6.88	0.65	10.05	5.65	232.91	21.69	181.14

ECC+M1+R1
SLU – combinazione ECCEZIONALE (stato limite ultimo presso-flessionale)

Sez.	M	N	Tsd	h	Af	A'f	Mu	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	34.17	0.00	27.35	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
b - b	-13.92	0.00	-36.31	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
c - c	-4.54	0.00	33.09	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
d - d	58.76	27.86	29.10	0.65	10.05	5.65	234.59	27.86	181.14
e - e	47.27	20.59	25.76	0.65	10.05	5.65	232.61	20.59	181.14

A2+M2+R2
SLU – combinazione SISMICA (stato limite ultimo presso-flessionale)

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	6.85	0.00	21.94	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
b - b	-7.99	0.00	-15.65	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
c - c	-3.37	0.00	18.14	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
d - d	11.80	28.78	12.37	0.65	10.05	5.65	234.84	28.78	181.14
e - e	6.18	21.27	7.43	0.65	10.05	5.65	232.80	21.27	181.14

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 37 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

SLU (stato limite ultimo azione tagliante)

VERIFICA FONDAZIONE

Verifica a taglio sez. a-a						
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>						
<i>- Verifica del conglomerato</i>						
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	181.05	kN				
VEd =	21.94	kN	ok			
con:						
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.583		≤ 2			
Rck =	30	N/mm ²				
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.348	N/mm ²				
fck = 0,83 · Rck =	24.9	N/mm ²				
fcd = $\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm ²				
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00171		$\leq 0,02$			
copriferro =	62.00	mm				
d =	588	mm				
H =	650.00	mm				
bw =	1000	mm				
Asl =	1005	mm ²		5	φ	16
NEd =	0.00	kN				
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$			

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 38 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	-----------	--------------------------

Verifica a taglio sez b-b			
<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
<i>- Verifica del conglomerato</i>			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	181.05	kN	
VEd =	20.27	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.583		≤ 2
$R_{ck} =$	30	N/mm ²	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.348	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00171		$\leq 0,02$
copriferro =	62.00	mm	
d =	588	mm	
H =	650.00	mm	
bw =	1000	mm	
A _{sl} =	1005	mm ²	5 ϕ 16
$N_{Ed} =$	0.00	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.000	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 39 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

VERIFICA ELEVAZIONE

<i>Elementi senza armatura trasversale a taglio</i>			
- Verifica del conglomerato			
$VRd = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot bw \cdot d =$	181.14	kN	
VEd =	12.37	kN	ok
con:			
$K = 1 + (200/d)^{1/2} =$	1.583		≤ 2
$R_{ck} =$	30	N/mm ²	
$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} =$	0.348	N/mm ²	
$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} =$	24.9	N/mm ²	
$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c =$	14.11	N/mm ²	
$\rho_1 = A_{sl} / (bw \cdot d) =$	0.00171		$\leq 0,02$
copriferro =	62.00	mm	
d =	588	mm	
H =	650.00	mm	
bw =	1000	mm	
A _{sl} =	1005	mm ²	5 ϕ 16
$N_{Ed} =$	0.65	kN	
$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c =$	0.001	N/mm ²	$\leq 0,2 \cdot f_{cd}$

SLE – combinazione STATICA (stato limite ultimo di esercizio e fessurazione)

Sez.	M	N	h	A _f	A _f '	σ_c	σ_f	w _k	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	4.86	0.00	0.65	10.05	10.05	0.14	8.83	0.012	0.200
b - b	-5.11	0.00	0.65	10.05	10.05	0.15	9.28	0.013	0.200
c - c	-2.34	0.00	0.65	10.05	10.05	0.07	4.25	0.006	0.200
d - d	7.68	27.86	0.65	10.05	5.65	0.20	2.79	0.003	0.200
e - e	3.96	20.59	0.65	10.05	5.65	0.09	0.48	0.000	0.200

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

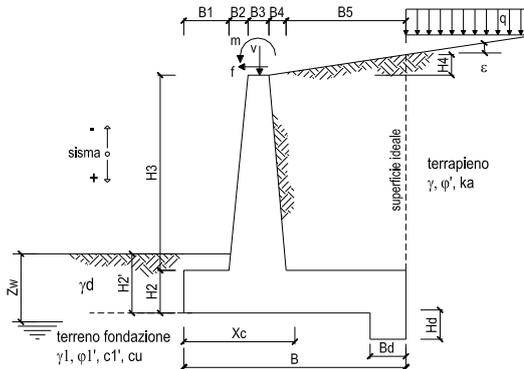
Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 40 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

9. ALLEGATI

9.1. TABULATI MURO SEZIONE H= 1.48 M

9.1.1. Input ed Output per verifiche GEOTECNICHE

Combinazione STATICA: A1+M1+R1



OPERA Hmuro = 1.48 m

DATI DI PROGETTO:

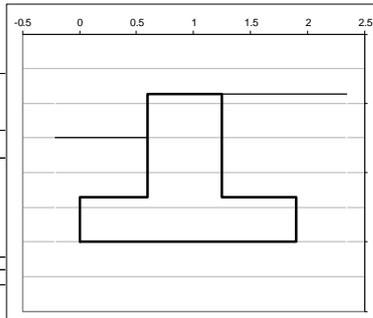
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	1.48	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.65	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	1.90	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.65	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.60	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	0.65	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	0.95	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo γ_{cls} = 25.00 (kN/m³)



Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno ϕ' = 35.00 (°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno γ' = 20.00 (kN/m ³)	
	Angolo di inclinazione Piano di Campagna ϵ = 0.00 (°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento ϕ_{muro} = 17.50 (°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale $\phi_{sup. id}$ = 17.50 (°)	
Dati Terreno Fondazione	Condizioni <input checked="" type="radio"/> drenate <input type="radio"/> Non Drenate	
	Coesione Terreno di Fondazione $c1'$ = 0.00 (kPa)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ϕ_1 = 30.78 (°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione γ_1 = 20.00 (kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Rintorno della Fondazione γ_d = 20.00 (kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posizione della Fondazione $H2'$ = 1.50 (m)	
	Profondità Falda ZW = 100.00 (m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H = 2'B) Hs = 3.80 (m)	
	Modulo di deformazione E = 30000 (kN/m ²)	
Dati Sismici	Accelerazione sismica a_g/g = 0.23 (-)	S = 1.38 (-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione β = 0.31 (-)	Coefficiente Categoria di Suolo
	il muro è libero di ruotare al piede? (sì/no) <input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no	
	il muro ammette spostamenti? (sì/no) <input checked="" type="radio"/> sì <input type="radio"/> no β_m = Var.	
	coefficiente sismico orizzontale k_h = 0.0991 (-)	
	coefficiente sismico verticale k_v = 0.0496 (-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale ka = 0.25 (-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma + $kas+$ = 0.30 (-)	0.302
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma - $kas-$ = 0.31 (-)	0.308
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione kp = 3.10 (-)	3.096
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma + $kps+$ = 2.92 (-)	2.925
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma - $kps-$ = 2.91 (-)	2.906

Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche q = 20.00 (kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche f = 4.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche v = 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche m = 4.00 (kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche qs = 0.00 (kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche fs = 0.00 (kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche vs = 0.00 (kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche ms = 0.00 (kNm/m)

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag.di Pag. 41 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante γ_R	Scorrimen- to γ_R	Res.Terreno Valle γ_R
SLU	●	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	26.00	(kN/m ³)		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	17.50	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	30.78	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.302	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.308	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	3.10	(-)	3.096	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.92	(-)	2.925	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.91	(-)	2.906	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	24.05	(kN/m)
$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	30.88	(kN/m)
$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	54.93	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	19.24	(kN/m)
$Pt2 = (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	19.24	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3)$	=	22.25	(kNm/m)
$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2)$	=	29.33	(kNm/m)
$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	51.58	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5)$	=	30.30	(kNm/m)
$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	30.30	(kNm/m)

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 42 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CONDIZIONE STATICA (SLU) (caso A1+M1+R1)
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot ka = 14.52 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot ka = 15.73 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 13.84 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 15.00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 4.37 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 4.73 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H2) \cdot Hd = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica

$$MSt1 = St_h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) = 9.83 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = St_v \cdot B = 8.29 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) = 15.97 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 8.99 \text{ (kNm)}$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \text{ (kNm)}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$Mfext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (caso A1+M1+R1)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 83.26 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = St_h + Sq_h + f = 28.84 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.60 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.72 \text{ (-)} > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (caso A1+M1+R1)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 99.16 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 25.80 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.84 \text{ (-)} > 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag.di Pag. 43 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

(caso A1+M1+R1)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + Stv + Sqv = 83.26 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{th} + S_{qh} + f - Sp = 28.84 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 73.36 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 5.74 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 0.00 \text{ (kPa)}$$

$$\varphi_1' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 35.00 \text{ (°)}$$

$$\gamma_1 = \text{peso unità di volume terreno fondaz.} = 20.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$q_0 = \gamma_d \cdot H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 30.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.07 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 1.76 \text{ (m)}$$

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

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi))} \text{ (1 in cond. nd)} = 33.30 \text{ (-)}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi) \text{ (2+\pi in cond. nd)} = 46.12 \text{ (-)}$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi) \text{ (0 in cond. nd)} = 48.03 \text{ (-)}$$

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c \cdot \cotg(\varphi)))^m \text{ (1 in cond. nd)} = 0.43 \text{ (-)}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.41 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c \cdot \cotg(\varphi)))^{m+1} = 0.28 \text{ (-)}$$

 (fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 662.94 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 14.03 \text{ (-)} > 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 44 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

		coefficienti parziali									
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R (R_s)$			
			permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c _u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle	Ribaltamento
								γ_R	γ_R	γ_R	γ_R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
	●	caso ECC+M1+R3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	17.50	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c1'	=	0.00	(kN/m ²)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ($\tan\phi_R=0.67*\tan\phi'_p$)	ϕ_R'	=	30.78	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.302	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.308	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	3.10	(-)	3.096	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.92	(-)	2.925	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.91	(-)	2.906	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	4.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	4.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)		
Pm1 = (B2*H3* γ_{cls})/2	=	0.00 (kN/m)
Pm2 = (B3*H3* γ_{cls})	=	24.05 (kN/m)
Pm3 = (B4*H3* γ_{cls})/2	=	0.00 (kN/m)
Pm4 = (B*H2* γ_{cls})	=	30.88 (kN/m)
Pm5 = (Bd*Hd* γ_{cls})	=	0.00 (kN/m)
Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	54.93 (kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)		
Pt1 = (B5*H3* γ)	=	19.24 (kN/m)
Pt2 = (0.5*(B4+B5)*H4* γ)	=	0.00 (kN/m)
Pt3 = (B4*H3* γ)/2	=	0.00 (kN/m)
Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3	=	19.24 (kN/m)

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

- Muro (Mm)		
Mm1 = Pm1*(B1+2/3 B2)	=	0.00 (kNm/m)
Mm2 = Pm2*(B1+B2+0.5*B3)	=	22.25 (kNm/m)
Mm3 = Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	=	0.00 (kNm/m)
Mm4 = Pm4*(B/2)	=	29.33 (kNm/m)
Mm5 = Pm5*(B - Bd/2)	=	0.00 (kNm/m)
Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	51.58 (kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro		
Mt1 = Pt1*(B1+B2+B3+B4+0.5*B5)	=	30.30 (kNm/m)
Mt2 = Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	=	0.00 (kNm/m)
Mt3 = Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	=	0.00 (kNm/m)
Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3	=	30.30 (kNm/m)

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 45 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CONDIZIONE STATICA (SLU) (caso ECC+M1+R3)
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 11.17 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 10.48 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 10.65 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 10.00 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 3.36 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 3.15 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 7.56 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 6.38 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 10.65 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 5.99 \text{ (kNm)}$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \text{ (kNm)}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$Mfext1 = m = 4.00 \text{ (kNm)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 8.52 \text{ (kNm)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm)}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (caso ECC+M1+R3)

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 80.68 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sth + Sqh + f = 24.65 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.60 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.95 \text{ (-)} > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (caso ECC+M1+R3)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 94.25 \text{ (kNm)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 30.73 \text{ (kNm)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.07 \text{ (-)} > 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 46 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	-----------------	-----------	--------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE (caso ECC+M1+R3)

Risultante forze verticali (N)
 $N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 80.68 \text{ (kN/m)}$

Risultante forze orizzontali (T)
 $T = S_{th} + S_{qh} + f - S_p = 24.65 \text{ (kN/m)}$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)
 $MM = M_s - M_r = 63.52 \text{ (kNm/m)}$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)
 $M = X_c \cdot N - MM = 13.12 \text{ (kNm/m)}$

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

Fondazione Nastriforme

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

$c1'$ coesione terreno di fondaz. = 0.00 (kPa)

$\phi1'$ angolo di attrito terreno di fondaz. = 35.00 (°)

γ_1 peso unità di volume terreno fondaz. = 20.00 (kN/m³)

$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2$ sovraccarico stabilizzante = 30.00 (kN/m²)

$e = M / N$ eccentricità = 0.16 (m)

$B^* = B - 2e$ larghezza equivalente = 1.57 (m)

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

$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\phi))}$ (1 in cond. nd) = 33.30 (-)

$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\phi)$ (2+ π in cond. nd) = 46.12 (-)

$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\phi)$ (0 in cond. nd) = 48.03 (-)

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

$i_q = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^m$ (1 in cond. nd) = 0.48 (-)

$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$ = 0.47 (-)

$i_\gamma = (1 - T / (N + B \cdot c' \cdot \text{cotg}(\phi)))^{m+1}$ = 0.33 (-)

 (fondazione nastriforme $m = 2$)

q_{lim} (carico limite unitario) = 735.06 (kN/m²)

$F = q_{lim} \cdot B \cdot \gamma \cdot N = 14.35 \text{ (-)} > 1$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 47 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

coefficienti parziali

	SLU	caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno o Valle
								γ_R	γ_R	γ_R
	<input type="radio"/>	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	<input checked="" type="radio"/>	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	29.26	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	14.63	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	14.63	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	25.47	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.310	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.374	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.381	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.51	(-)	2.509	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.35	(-)	2.354	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.34	(-)	2.337	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	26.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	24.05	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	30.88	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	54.93	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	19.24	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	19.24	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3)$	=	22.25	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	29.33	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	51.58	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5)$	=	30.30	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	30.30	(kNm/m)



GUADRILATERO
Marche Umbria S.p.A.

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 48 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CONDIZIONE STATICA (SLU) (caso A2+M2+R2)

SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 14.09 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 17.20 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 13.63 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 16.64 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 3.56 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 4.34 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot k_p + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H2) \cdot Hd = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica

$$MSt1 = St_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 9.68 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = St_v \cdot B = 6.76 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 17.72 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 8.25 \text{ (kNm)}$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot k_p / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_p^{0.5} + \gamma_1 \cdot k_p \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \text{ (kNm)}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$Mfext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO (caso A2+M2+R2)

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v + St_v + Sq_v = 82.07 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = St_h + Sq_h + f = 30.27 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.48 \text{ (-)}$$

$$F_s = (N \cdot f + Sp) / T = 1.29 \text{ (-)} > 1$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (caso A2+M2+R2)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = M_m + M_t + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 96.89 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 27.40 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 3.54 \text{ (-)} > 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 49 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE (caso A2+M2+R2)

Risultante forze verticali (N)								
N	=	Pm + Pt + v + Stv + Sqv	=	82.07	(kN/m)			
Risultante forze orizzontali (T)								
T	=	StH + Sqh + f - Sp	=	30.27	(kN/m)			
Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)								
MM	=	Ms - Mr	=	69.49	(kNm/m)			
Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)								
M	=	Xc*N - MM	=	8.47	(kNm/m)			

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

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'Nc'ic + q_0'Nq'iq + 0,5\gamma_1'B'N\gamma'iy$$

c1'	coesione terreno di fondaz.	=	0.00	(kPa)
φ1'	angolo di attrito terreno di fondaz.	=	28.01	(°)
γ1	peso unità di volume terreno fondaz.	=	20.00	(kN/m ³)
q0	= γd'H2' sovraccarico stabilizzante	=	30.00	(kN/m ²)
e = M / N	eccentricità	=	0.10	(m)
B* = B - 2e	larghezza equivalente	=	1.69	(m)

I valori di Nc, Nq e Ng sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

Nq = tg ² (45 + φ/2)*e ^{(π*tg(φ))}	(1 in cond. nd)	=	14.74	(-)
Nc = (Nq - 1)/tg(φ)	(2+π in cond. nd)	=	25.83	(-)
Nγ = 2*(Nq + 1)*tg(φ)	(0 in cond. nd)	=	16.75	(-)

I valori di ic, iq e iy sono stati valutati con le espressioni suggerite da Vesic (1975)

iq = (1 - T/(N + B*c*cotgφ)) ^m	(1 in cond. nd)	=	0.40	(-)
ic = iq - (1 - iq)/(Nq - 1)		=	0.35	(-)
iy = (1 - T/(N + B*c*cotgφ)) ^{m+1}		=	0.25	(-)

(fondazione nastriforme m = 2)

q _{lim}	(carico limite unitario)	=	247.53	(kN/m ²)
------------------	--------------------------	---	--------	----------------------

$$F = q_{lim} * B' / N = 5.11 \quad (-) \quad > \quad 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 50 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

		coefficienti parziali									
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R (R_3)$			
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante γ_R	Scorrimen to γ_R	Res. Terren o Valle γ_R	Ribaltamento γ_R
SLU	○		caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	Sismica	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	14.63	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	14.63	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	25.47	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posizione della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.310
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.374
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.381
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.51	(-)	2.509
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.35	(-)	2.354
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.34	(-)	2.337

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 24.05 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 30.88 \text{ (kN/m)} \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 54.93 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 19.24 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 19.24 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3) &= & 22.25 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 29.33 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 51.58 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5) &= & 30.30 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 30.30 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	21	E	16	MU0119	REL	01	D	51 di 81

CONDIZIONE SISMICA +
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1 &= 0,5 \cdot \gamma' \cdot (1+k_v) \cdot (H_2+H_3+H_4+H_d)^2 \cdot k_{as}^+ &= & 17.81 \text{ (kN/m)} \\ Ssq1 &= q_s \cdot (H_2+H_3+H_4+H_d) \cdot k_{as}^+ &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1h &= Sst1 \cdot \cos \delta &= & 17.23 \text{ (kN/m)} \\ Ssq1h &= Ssq1 \cdot \cos \delta &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica +

$$\begin{aligned} Sst1v &= Sst1 \cdot \sin \delta &= & 4.50 \text{ (kN/m)} \\ Ssq1v &= Ssq1 \cdot \sin \delta &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma'_1 \cdot (1+k_v) \cdot H_d^2 \cdot k_{ps}^+ + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot (1+k_v) \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica +

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst1h \cdot ((H_2+H_3+H_4+H_d)/3 - H_d) &= & 12.23 \text{ (kNm)} \\ MSst2 &= Sst1v \cdot B &= & 8.54 \text{ (kNm)} \\ MSsq1 &= Ssq1h \cdot ((H_2+H_3+H_4+H_d)/2 - H_d) &= & 0.00 \text{ (kNm)} \\ MSsq2 &= Ssq1v \cdot B &= & 0.00 \text{ (kNm)} \\ MSP &= \gamma_1' \cdot H_d^3 \cdot k_{ps}^+ / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot k_{ps}^{+0.5} + \gamma_1' \cdot k_{ps}^+ \cdot H_2) \cdot H_d^2 / 2 &= & 0.00 \text{ (kNm)} \end{aligned}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = P_m \cdot kh = 5.44 \text{ (kN/m)}$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= P_t \cdot kh &= & 1.91 \text{ (kN/m)} \\ Ptsv &= P_t \cdot kv &= & 0.95 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MP_s1 &= kh \cdot P_m \cdot 1 \cdot (H_2+H_3/3) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MP_s2 &= kh \cdot P_m \cdot 2 \cdot (H_2 + H_3/2) &= & 3.31 \text{ (kNm/m)} \\ MP_s3 &= kh \cdot P_m \cdot 3 \cdot (H_2+H_3/3) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MP_s4 &= kh \cdot P_m \cdot 4 \cdot (H_2/2) &= & 0.99 \text{ (kNm/m)} \\ MP_s5 &= -kh \cdot P_m \cdot 5 \cdot (H_d/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MP_s &= MP_s1+MP_s2+MP_s3+MP_s4+MP_s5 &= & 4.31 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H_2 + H_3/2) - (B - B_5/2) \cdot 0.5) &= & 1.15 \text{ (kNm/m)} \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H_2 + H_3 + H_4/3) - (B - B_5/3) \cdot 0.5) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H_2+H_3^2/3) - (B_1+B_2+B_3+2/3 \cdot B_4) \cdot 0.5) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 &= & 1.15 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$\begin{aligned} Mfext1 &= m_s &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext2 &= f_s \cdot (H_3 + H_2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext3 &= v_s \cdot (B_1 + B_2 + B_3/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + Pt + v_s + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 79.62 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + f_s + Ps + Ptsh = 24.58 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.48 \text{ (-)}$$

$$F_s = (N \cdot f + Sp) / T = 1.54 \text{ (-)} > 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag.di Pag. 52 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 79.62 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 24.58 \quad (\text{kN/m})$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 72.74 \quad (\text{kNm/m})$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 2.90 \quad (\text{kNm/m})$$

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

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c'N_c + q_0 + N_q + i_q + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot N_\gamma + i_\gamma$$

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi_1 = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 28.01 \quad (^\circ)$$

$$\gamma_1 = \text{peso unit\`a di volume terreno fondaz.} = 20.00 \quad (\text{kN/m}^3)$$

$$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2 = \text{sovraccarico stabilizzante} = 30.00 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$e = M / N = \text{eccentricit\`a} = 0.04 \quad (\text{m})$$

$$B^* = B - 2e = \text{larghezza equivalente} = 1.83 \quad (\text{m})$$

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

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi))} \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 14.74 \quad (-)$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi) \quad (2 + \pi \text{ in cond. nd}) = 25.83 \quad (-)$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi) \quad (0 \text{ in cond. nd}) = 16.75 \quad (-)$$

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi)))^m \quad (1 \text{ in cond. nd}) = 0.48 \quad (-)$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.44 \quad (-)$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi)))^{m+1} = 0.33 \quad (-)$$

 (fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \quad (\text{carico limite unitario}) = 312.46 \quad (\text{kN/m}^2)$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 7.17 \quad (-) > 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera	Tratto	Settore	CEE	WBS	Id. doc.	N. progr.	REV.	Pag. di Pag.
L0703	21	E	16	MU0119	REL	01	D	53 di 81

CONDIZIONE SISMICA -
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2 &= 0,5 \cdot \gamma' \cdot (1 - kv) \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd)^2 \cdot kas' &= & 16.45 \text{ (kN/m)} \\ Ssq2 &= qs \cdot (H2 + H3 + H4 + Hd) \cdot kas' &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente orizzontale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2h &= Sst2 \cdot \cos \delta &= & 15.91 \text{ (kN/m)} \\ Ssq2h &= Ssq2 \cdot \cos \delta &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Componente verticale condizione sismica -

$$\begin{aligned} Sst2v &= Sst2 \cdot \sin \delta &= & 4.15 \text{ (kN/m)} \\ Ssq2v &= Ssq2 \cdot \sin \delta &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma'_1 \cdot (1 - kv) \cdot Hd^2 \cdot kps' + (2 \cdot c_1' \cdot kps'^{-0.5} + \gamma'_1 \cdot (1 - kv) \cdot kps' \cdot H2) \cdot Hd = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione sismica -

$$\begin{aligned} MSst1 &= Sst2h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 3 - Hd) &= & 11.30 \text{ (kN/m)} \\ MSst2 &= Sst2v \cdot B &= & 7.89 \text{ (kN/m)} \\ MSsq1 &= Ssq2h \cdot ((H2 + H3 + H4 + Hd) / 2 - Hd) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\ MSsq2 &= Ssq2v \cdot B &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\ MSp &= \gamma'_1 \cdot Hd^3 \cdot kps' / 3 + (2 \cdot c_1' \cdot kps'^{-0.5} + \gamma'_1 \cdot kps' \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

INERZIA DEL MURO E DEL TERRAPIENO

- Inerzia del muro (Ps)

$$Ps = Pm \cdot kh = 5.44 \text{ (kN/m)}$$

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

$$\begin{aligned} Ptsh &= Pt \cdot kh &= & 1.91 \text{ (kN/m)} \\ Ptsv &= Pt \cdot kv &= & -0.95 \text{ (kN/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPs1 &= kh \cdot Pm1 \cdot (H2 + H3 / 3) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs2 &= kh \cdot Pm2 \cdot (H2 + H3 / 2) &= & 3.31 \text{ (kNm/m)} \\ MPs3 &= kh \cdot Pm3 \cdot (H2 + H3 / 3) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs4 &= kh \cdot Pm4 \cdot (H2 / 2) &= & 0.99 \text{ (kNm/m)} \\ MPs5 &= -kh \cdot Pm5 \cdot (Hd / 2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPs &= MPs1 + MPs2 + MPs3 + MPs4 + MPs5 &= & 4.31 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} MPts1 &= kh \cdot Pt1 \cdot ((H2 + H3 / 2) + (B - B5 / 2) \cdot 0.5) = 4.15 \text{ (kNm/m)} \\ MPts2 &= kh \cdot Pt2 \cdot ((H2 + H3 + H4 / 3) + (B - B5 / 3) \cdot 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts3 &= kh \cdot Pt3 \cdot ((H2 + H3 \cdot 2 / 3) + (B1 + B2 + B3 + 2 / 3 \cdot B4) \cdot 0.5) = 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ MPts &= MPts1 + MPts2 + MPts3 = 4.15 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

$$\begin{aligned} Mfext1 &= ms = 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext2 &= fs \cdot (H3 + H2) = 0.00 \text{ (kNm/m)} \\ Mfext3 &= vs \cdot (B1 + B2 + B3 / 2) = 0.00 \text{ (kNm/m)} \end{aligned}$$

VERIFICA ALLO SCORRIMENTO

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + vs + Sst1v + Ssq1v + Ptsv = 77.36 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = Sst1h + Ssq1h + fs + Ps + Ptsh = 23.26 \text{ (kN/m)}$$

Coefficiente di attrito alla base (f)

$$f = \tan \phi_1' = 0.48 \text{ (-)}$$

$$Fs = (N \cdot f + Sp) / T = 1.58 \text{ (-)} > 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 54 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

VERIFICA DELLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = P_m + P_t + v_s + S_{st1v} + S_{sq1v} + P_{tsv} = 77.36 \text{ (kN/m)}$$

Risultante forze orizzontali (T)

$$T = S_{st1h} + S_{sq1h} + f_s + P_s + P_{tsh} - S_p = 23.26 \text{ (kN/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = M_s - M_r = 70.01 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = X_c \cdot N - MM = 3.48 \text{ (kNm/m)}$$

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

Fondazione Nastriforme

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot i_c + q_0 \cdot N_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma_1 \cdot B^* \cdot N_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$c' = \text{coesione terreno di fondaz.} = 0.00 \text{ (kN/mq)}$$

$$\varphi_1' = \text{angolo di attrito terreno di fondaz.} = 28.01 \text{ (°)}$$

$$\gamma_1 = \text{peso unità di volume terreno fondaz.} = 20.00 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$$q_0 = \gamma \cdot d \cdot H_2' \text{ sovraccarico stabilizzante} = 30.00 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$e = M / N \text{ eccentricità} = 0.05 \text{ (m)}$$

$$B^* = B - 2e \text{ larghezza equivalente} = 1.81 \text{ (m)}$$

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

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \text{tg}(\varphi))} \text{ (1 in cond. nd)} = 14.74 \text{ (-)}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg}(\varphi) \text{ (2+}\pi \text{ in cond. nd)} = 25.83 \text{ (-)}$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi) \text{ (0 in cond. nd)} = 16.75 \text{ (-)}$$

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

$$i_q = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi)))^m \text{ (1 in cond. nd)} = 0.49 \text{ (-)}$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1) = 0.45 \text{ (-)}$$

$$i_\gamma = (1 - T / (N + B^* \cdot c' \cdot \text{cotg}(\varphi)))^{m+1} = 0.34 \text{ (-)}$$

 (fondazione nastriforme $m = 2$)

$$q_{lim} \text{ (carico limite unitario)} = 319.99 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$F = q_{lim} \cdot B^* / N = 7.49 \text{ (-)} > 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 55 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

		coefficienti parziali									
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R (R_d)$			
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante γ_R	Scorrimen to γ_R	Res. Terren o Valle γ_R	Ribaltament o γ_R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	EQU+M2+R2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.40	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	22.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ϵ	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	14.63	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	14.63	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	25.47	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.310
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.374
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.381
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.51	(-)	2.509
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.35	(-)	2.354
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.34	(-)	2.337	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$$Pm1 = (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm2 = (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) = 24.05 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm4 = (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) = 30.88 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm5 = (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pm = Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 = 54.93 \text{ (kN/m)}$$

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$Pt1 = (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) = 19.24 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt2 = (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt3 = (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

$$Pt = Pt1 + Pt2 + Pt3 = 19.24 \text{ (kN/m)}$$

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

- Muro (Mm)

$$Mm1 = Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm2 = Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) = 22.25 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm3 = Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm4 = Pm4 \cdot (B/2) = 29.33 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm5 = Pm5 \cdot (B - Bd/2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mm = Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 = 51.58 \text{ (kNm/m)}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$Mt1 = Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) = 30.30 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt2 = Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt3 = Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mt = Mt1 + Mt2 + Mt3 = 30.30 \text{ (kNm/m)}$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 56 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CONDIZIONE STATICA (SLU) (EQU+M2+R2)
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H2+H3+H4+Hd)^2 \cdot ka = 15,50 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H2+H3+H4+Hd) \cdot ka = 19,84 \text{ (kN/m)}$$

- Componente orizzontale condizione statica

$$St_h = St \cdot \cos \delta = 14,99 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_h = Sq \cdot \cos \delta = 19,20 \text{ (kN/m)}$$

- Componente verticale condizione statica

$$St_v = St \cdot \sin \delta = 3,91 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq_v = Sq \cdot \sin \delta = 5,01 \text{ (kN/m)}$$

- Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd = 0,00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

- Condizione statica

$$MSt1 = St_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/3 - Hd) = 10,65 \text{ (kNm)}$$

$$MSt2 = St_v \cdot B = 7,44 \text{ (kNm)}$$

$$MSq1 = Sq_h \cdot ((H2+H3+H4+Hd)/2 - Hd) = 20,45 \text{ (kNm)}$$

$$MSq2 = Sq_v \cdot B = 9,52 \text{ (kNm)}$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H2) \cdot Hd^2 / 2 = 0,00 \text{ (kNm)}$$

MOMENTI DOVUTI ALLE FORZE ESTERNE

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

$$Mfext2 = f \cdot (H3 + H2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B1 + B2 + B3/2) = 0,00 \text{ (kNm/m)}$$

VERIFICA AL RIBALTAMENTO (EQU+M2+R2)

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 90,65 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 31,09 \text{ (kNm/m)}$$

$$Fr = Ms / Mr = 2,92 \text{ (-) } > 1$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 57 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

coefficienti parziali									
	caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
		permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res.Terreno Valle
							γ_R	γ_R	γ_R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	○	EQU+M2	1.10	1.50	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00
def.	⊙	SLE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	17.50	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	30.78	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.302	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.308	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	3.10	(-)	3.096	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.92	(-)	2.925	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.91	(-)	2.906	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	24.05	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	30.88	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	54.93	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	19.24	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	19.24	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	22.25	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	29.33	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	51.58	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	30.30	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	30.30	(kNm/m)

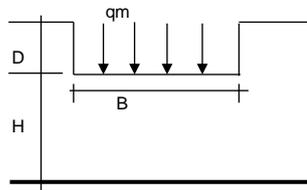
2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag.di Pag. 58 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

CEDIMENTO DELLA FONDAZIONE


$$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E$$

(Christian e Carrier, 1976)

Profondità Piano di Posa della Fondazione	D =	1.50	(m)
	D/B*	0.80	(m)
	H/B*	2.02	(m)
Carico unitario medio (qm)	$qm = N / (B - 2*e) = N / B^*$	42.80	(kN/mq)
Coefficiente di forma $\mu_0 = f(D/B)$	$\mu_0 =$	0.927	(-)
Coefficiente di profondità $\mu_1 = f(H/B)$	$\mu_1 =$	0.66	(-)
Cedimento della fondazione	$\delta = \mu_0 * \mu_1 * qm * B^* / E =$	1.66	(mm)

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

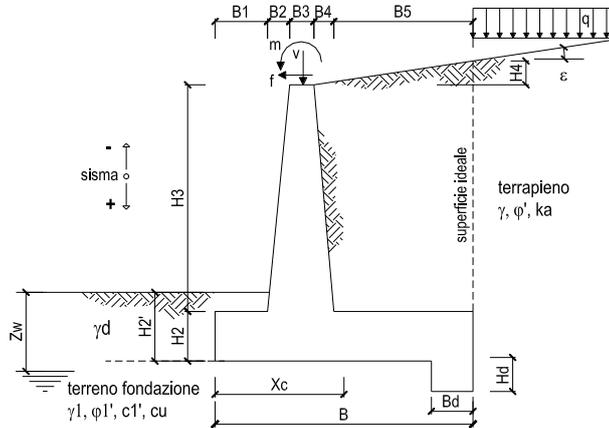
OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 59 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

9.1.2. Input ed Output per verifiche STRUTTURALI



OPERA Hmuro = 1.48 m

DATI DI PROGETTO:

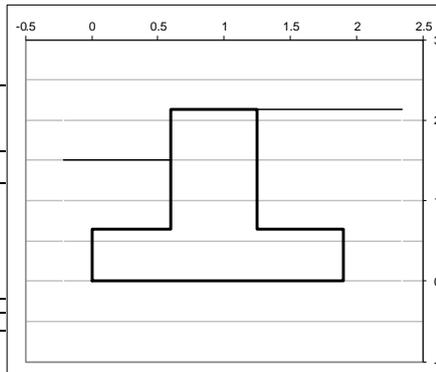
Geometria del Muro

Elevazione	H3 =	1.48	(m)
Aggetto Valle	B2 =	0.00	(m)
Spessore del Muro in Testa	B3 =	0.65	(m)
Aggetto monte	B4 =	0.00	(m)

Geometria della Fondazione

Larghezza Fondazione	B =	1.90	(m)
Spessore Fondazione	H2 =	0.65	(m)
Suola Lato Valle	B1 =	0.60	(m)
Suola Lato Monte	B5 =	0.65	(m)
Altezza dente	Hd =	0.00	(m)
Larghezza dente	Bd =	0.00	(m)
Mezzeria Sezione	Xc =	0.95	(m)

Peso Specifico del Calcestruzzo	γ_{cls} =	25.00	(kN/m ³)
---------------------------------	------------------	-------	----------------------



Dati Geotecnici

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	$\varphi' = 35.00$	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	$\gamma = 20.00$	(kN/m ³)		
Dati Terreno Fondazione	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	$\varepsilon = 0.00$	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	$\delta_{muro} = 17.50$	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup. id}$ =	17.50	(°)	
	Condizioni	<input checked="" type="radio"/> drenate	<input type="radio"/> Non Drenate		
	Coesione Terreno di Fondazione	$c_1' = 0.00$	(kPa)		
Dati Sismici	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	$\varphi_1' = 30.78$	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	$\gamma_1 = 20.00$	(kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	$\gamma_d = 20.00$	(kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posizione della Fondazione	H2 =	1.50	(m)	
	Profondità Falda	Zw =	100.00	(m)	
	Profondità "Significativa" (n.b.: consigliata H=2*B)	Hs =	3.80	(m)	
	Modulo di deformazione	E =	30000	(kN/m ²)	
Dati Sismici	Accelerazione sismica	$a_y/g = 0.23$	(-)	S = 1.38 (-)	
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	$\beta_m = 0.31$	(-)	Coefficiente Categoria di Suolo	
Dati Sismici	il muro è libero di ruotare al piede? (sì/no)	<input checked="" type="radio"/> sì	<input type="radio"/> no		
	il muro ammette spostamenti? (sì/no)	<input checked="" type="radio"/> sì	<input type="radio"/> no	$\beta_m = \text{Var.}$	
Dati Sismici	coefficiente sismico orizzontale	kh =	0.0991	(-)	
	coefficiente sismico verticale	kV =	0.0496	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka =	0.25	(-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma +	kas+ =	0.30	(-)	0.302
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale sisma -	kas- =	0.31	(-)	0.308
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp =	3.10	(-)	3.096
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma +	kps+ =	2.92	(-)	2.925
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione sisma -	kps- =	2.91	(-)	2.906

Carichi Agenti

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	21.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	20.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 60 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

		coefficienti parziali								
		caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti	temporane e variabili	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno Valle
			sfavorevoli	sfavorevoli				γ_R	γ_R	γ_R
SLU	<input checked="" type="radio"/>	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	<input type="radio"/>	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	26.00	(kN/m ³)		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	17.50	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	30.78	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.302	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.308	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	3.10	(-)	3.096	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.92	(-)	2.925	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.91	(-)	2.906	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	30.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 24.05 & \text{(kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 30.88 & \text{(kN/m)} \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 54.93 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 19.24 & \text{(kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 & \text{(kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 19.24 & \text{(kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3) &= & 22.25 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 29.33 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 51.58 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5) &= & 30.30 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5)) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4) &= & 0.00 & \text{(kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 30.30 & \text{(kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 - MURO IN C.A. DA PK 0+020 - 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 61 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)
 $\gamma_c = 2.1$
 $f_{cd} = Rck / \gamma_{m,c} = 14.11$ (MPa)

Copriferro

c = 6.20 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C
 $f_{yk} = 450$ (MPa)
 $\gamma_E = 1.00$
 $\gamma_S = 1.15$
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S / \gamma_E = 391.30$ (MPa)
 $E_s = 210000$ (MPa)
 $\epsilon_{ys} = 0.19\%$
 $\epsilon_{uk} = 7.500\%$
 $\epsilon_{ud} = 6.750\%$

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

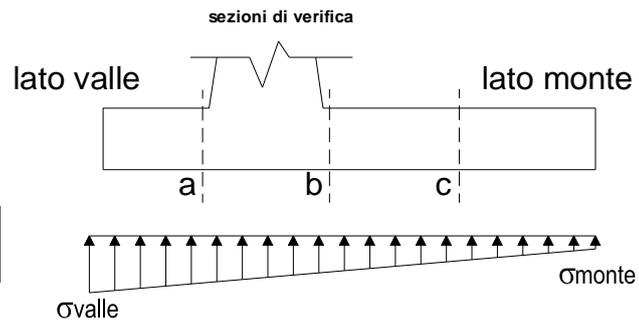
$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$

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

A = 1.0*B = 1.90 (m²)

W_{gg} = 1.0*B²/6 = 0.60 (m³)

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
statico	83.26	5.74	53.36	34.28

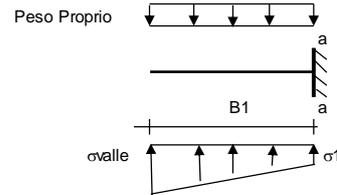


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 16.25 (kN/m)

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

caso	σ_{valle}	σ_1	Ma	Ta
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	53.36	47.34	6.32	20.46



Mensola Lato Monte

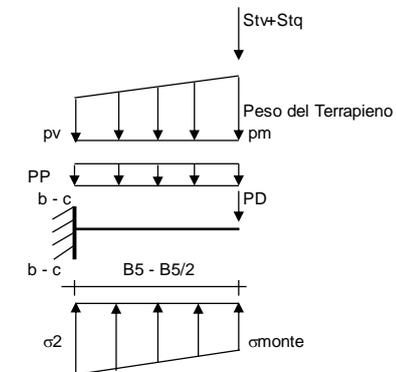
PP = 16.25 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 38.48 (kN/m²)
 pvb = 38.48 (kN/m²)
 pvc = 38.48 (kN/m²)

$M_b = (\sigma_{monte} - (pvb + PP) * (1 \pm kv)) * B^2 / 2 + (\sigma_{2b} - \sigma_{monte}) * B^2 / 6 - (pm - pvb) * (1 \pm kv) * B^2 / 3 +$
 $- (Stv + Sqv) * B^2 - PD * (1 \pm kv) * (B^2 - Bd / 2) - PD * kh * (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp * H2 / 2$

$M_c = (\sigma_{monte} - (pvc + PP) * (1 \pm kv)) * (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_{2c} - \sigma_{monte}) * (B5 / 2)^2 / 6 - (pm - pvc) * (1 \pm kv) * (B5 / 2)^2 / 3 +$
 $- (Stv + Sqv) * (B5 / 2) - PD * (1 \pm kv) * (B5 / 2 - Bd / 2) - PD * kh * (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp * H2 / 2$

caso	σ_{monte}	σ_{2b}	Mb	σ_{2c}	Mc	Tb
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
statico	34.28	40.81	-9.77	37.54	-3.98	-20.27



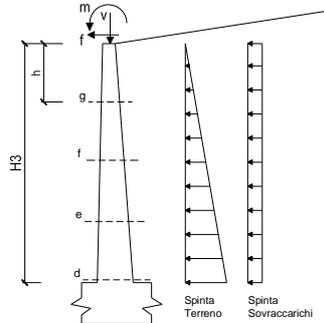
2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 62 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

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


Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.23	(-)	S 1.38 (-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input checked="" type="radio"/> si	<input type="radio"/> no	bm = var
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0991	(-)	
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0496	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.25	(-)	0.246
	componente orizzontale	kah	=	0.235	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.07	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.30	(-)	0.302
	componente orizzontale	kash+	=	0.29	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.09	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.31	(-)	0.308
	componente orizzontale	kash-	=	0.29	(-)	
componente verticale	kasv-	=	0.09	(-)		

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

$$o \quad \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

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

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

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

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a_{vert.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a_{vert.}} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

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

condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T _{ext}	T _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.48	6.68	10.42	0.00	17.11
e-e	1.11	3.76	7.82	0.00	11.58
f-f	0.74	1.67	5.21	0.00	6.88
g-g	0.37	0.42	2.61	0.00	3.02

condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.48	3.30	7.71	0.00	11.01	2.11	3.29	0.00	24.05	29.44
e-e	1.11	1.39	4.34	0.00	5.73	1.19	2.46	0.00	18.04	21.69
f-f	0.74	0.41	1.93	0.00	2.34	0.53	1.64	0.00	12.03	14.19
g-g	0.37	0.05	0.48	0.00	0.53	0.13	0.82	0.00	6.01	6.97

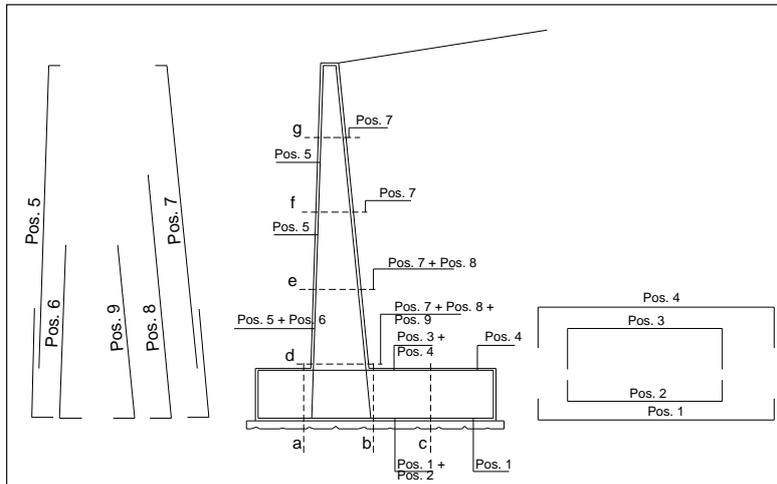
2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

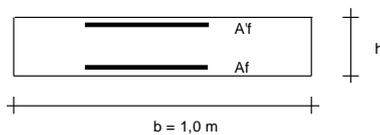
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag.di Pag. 63 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	-------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	16
4	5.0	16	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE


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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	6.32	0.00	20.46	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
b - b	-9.77	0.00	-20.27	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
c - c	-3.98	0.00	17.11	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
d - d	11.01	29.44	11.58	0.65	10.05	5.65	235.02	29.44	181.14
e - e	5.73	21.69	6.88	0.65	10.05	5.65	232.91	21.69	181.14

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 64 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

		coefficienti parziali									
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R (R_s)$			
			permanenti sfavorevoli	temporanee variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante γ_R	Scorrimento γ_R	Res.Terreno Valle γ_R	Ribaltamento γ_R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	●	caso ECC+M1+R3	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLD	○	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	35.00	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	17.50	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	$c1'$	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione ($\tan\phi_R = \tan\phi_p$)	ϕ_R'	=	30.78	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.302
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.308
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	3.10	(-)	3.096
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.92	(-)	2.925
Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.91	(-)	2.906	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	21.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	20.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	24.05	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	30.88	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	54.93	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	19.24	(kN/m)
Pt2 =	$(0.5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	19.24	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0.5 B3)$	=	22.25	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	29.33	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	51.58	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0.5 B5)$	=	30.30	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	30.30	(kNm/m)

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 65 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)
 $\gamma_c = 2.1$
 $f_{cd} = Rck / \gamma_m, c = 14.11$ (MPa)

Copriferro

c = 6.20 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C
 $f_{yk} = 450$ (MPa)
 $\gamma_E = 1.00$
 $\gamma_S = 1.15$
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S / \gamma_E = 391.30$ (MPa)
 $E_s = 210000$ (MPa)
 $\epsilon_{ys} = 0.19\%$
 $\epsilon_{uk} = 7.500\%$
 $\epsilon_{ud} = 6.750\%$

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

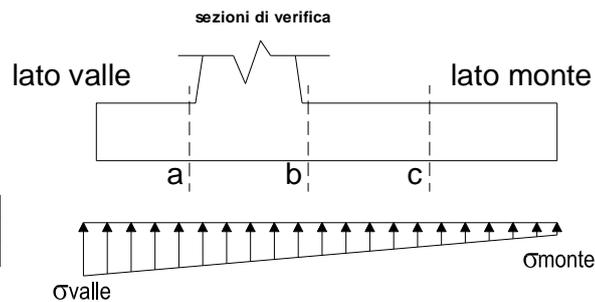
$$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$$

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

$$A = 1.0 \cdot B = 1.90 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$W_{gg} = 1.0 \cdot B^2 / 6 = 0.60 \text{ (m}^3\text{)}$$

caso	N [kN]	M [kNm]	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_{monte} [kN/m ²]
statico	80.68	65.33	383.65	0.00

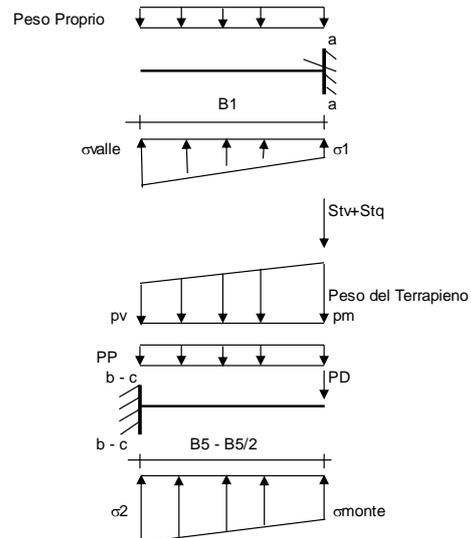


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 16.25 (kN/m)

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

caso	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_1 [kN/m ²]	M_a [kNm]	T_a [kN]
statico	383.65	-163.67	34.17	27.35



Mensola Lato Monte

PP = 16.25 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
 PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente
 pm = 29.60 (kN/m²)
 pvb = 29.60 (kN/m²)
 pvc = 29.60 (kN/m²)

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

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

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

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

caso	σ_{monte} [kN/m ²]	σ_{2b} [kN/m ²]	M_b [kNm]	σ_{2c} [kN/m ²]	M_c [kNm]	T_b [kN]
statico	0.00	0.00	-13.92	0.00	-4.54	-36.31

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

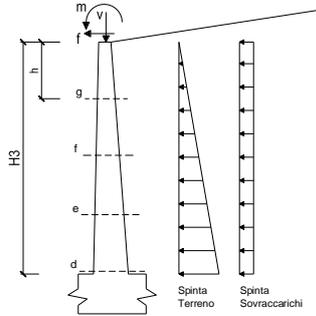
SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 66 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.23	(-)	S 1.38 (-) Categoria di suolo
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)			<input type="radio"/> si <input checked="" type="radio"/> no	$b_m = \text{var.}$	
	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.0991	(-)	
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.0496	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	k_a	=	0.25	(-)	0.246
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.235	(-)	
	componente verticale	k_{av}	=	0.07	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.30	(-)	0.302
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.29	(-)	
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.09	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.31	(-)	0.308
	componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.29	(-)	
componente verticale	k_{asv-}	=	0.09	(-)		

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

$$\text{o } \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

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

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

$$M_{inerzia} = \sum P_m \cdot b_i \cdot k_h \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a_{vert.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a_{vert.}} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \sum P_m \cdot (1 \pm k_v)$$

condizione statica

sezione	h	T _t	T _q	T _{ext}	T _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.48	5.14	6.95	21.00	33.09
e-e	1.11	2.89	5.21	21.00	29.10
f-f	0.74	1.29	3.47	21.00	25.76
g-g	0.37	0.32	1.74	21.00	23.06

condizione statica

sezione	h	M _t	M _q	M _{ext}	M _{tot}	N _t	N _q	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.48	2.54	5.14	51.08	58.76	1.62	2.19	0.00	24.05	27.86
e-e	1.11	1.07	2.89	43.31	47.27	0.91	1.64	0.00	18.04	20.59
f-f	0.74	0.32	1.29	35.54	37.14	0.41	1.10	0.00	12.03	13.53
g-g	0.37	0.04	0.32	27.77	28.13	0.10	0.55	0.00	6.01	6.66

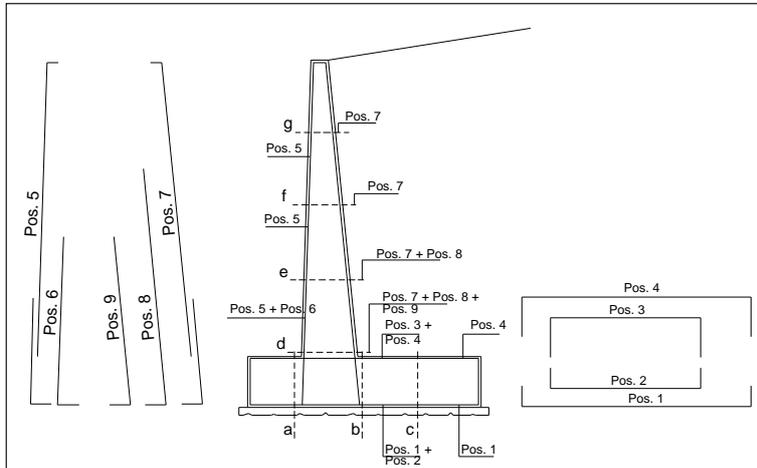
2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

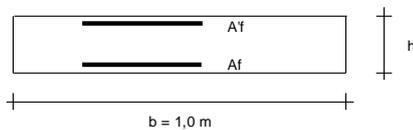
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id.doc. REL	N.progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 67 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	----------------	----------------	-----------	--------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	16
4	5.0	16	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE


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

Sez.	M	N	Tsd	h	Af	Af'	Mu	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	34.17	0.00	27.35	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
b - b	-13.92	0.00	-36.31	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
c - c	-4.54	0.00	33.09	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
d - d	58.76	27.86	29.10	0.65	10.05	5.65	234.59	27.86	181.14
e - e	47.27	20.59	25.76	0.65	10.05	5.65	232.61	20.59	181.14

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 68 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

coefficienti parziali

	SLU	caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
			permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res. Terreno o Valle
								γ_R	γ_R	γ_R
	<input type="radio"/>	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	<input checked="" type="radio"/>	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
SLD	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00
def.	<input type="radio"/>	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	29.26	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	14.63	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	14.63	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	25.47	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.310	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.374	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.381	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.51	(-)	2.509	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.35	(-)	2.354	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.34	(-)	2.337	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	26.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	24.05	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	30.88	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5	=	54.93	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	19.24	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4+B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3	=	19.24	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1+2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1+B2+0,5 \cdot B3)$	=	22.25	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1+B2+B3+1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	29.33	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5	=	51.58	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1+B2+B3+B4+0,5 \cdot B5)$	=	30.30	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot (B4+B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1+B2+B3+2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3	=	30.30	(kNm/m)

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 69 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

$\gamma_c = 2.1$

fcd = Rck / $\gamma_{m,c}$ = 14.11 (MPa)

Copriferro

c = 6.20 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (MPa)

$\gamma_E = 1.00$

$\gamma_S = 1.15$

fyd = fyk / γ_S / γ_E = 391.30 (MPa)

Es = 210000 (MPa)

$\epsilon_{ys} = 0.19\%$

$\epsilon_{uk} = 7.500\%$

$\epsilon_{ud} = 6.750\%$

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

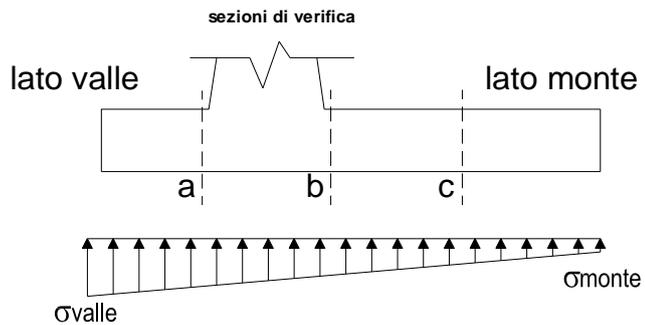
$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$

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

A = 1.0*B = 1.90 (m²)

Wgg = 1.0*B²/6 = 0.60 (m³)

caso	N [kN]	M [kNm]	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_{monte} [kN/m ²]
statico	82.07	8.47	57.27	29.12

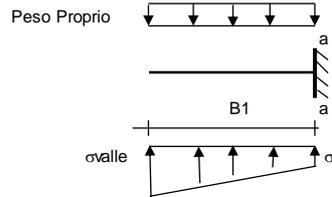


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 16.25 (kN/m)

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

caso	σ_{valle} [kN/m ²]	σ_1 [kN/m ²]	Ma [kNm]	Ta [kN]
statico	57.27	48.38	6.85	21.94



Mensola Lato Monte

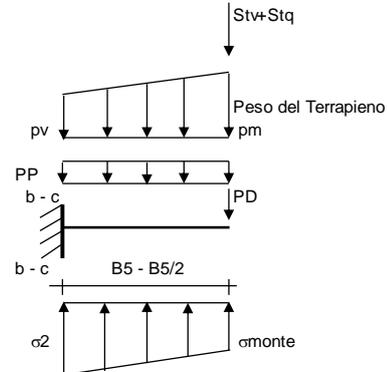
PP = 16.25 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 29.60 (kN/m²)
pvb = 29.60 (kN/m²)
pvc = 29.60 (kN/m²)

Mb = $(\sigma_{monte} - (pvb + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot B^2/2 + (\sigma_2b - \sigma_{monte}) \cdot B^2/6 - (pm - pvb) \cdot (1 \pm kv) \cdot B^2/3 +$
 $-(Stv + Sqv) \cdot B^2 \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B^2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$

Mc = $(\sigma_{monte} - (pvc + PP) \cdot (1 \pm kv)) \cdot (B/2)^2/2 + (\sigma_2c - \sigma_{monte}) \cdot (B/2)^2/6 - (pm - pvc) \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2)^2/3 +$
 $-(Stv + Sqv) \cdot (B/2) \cdot PD \cdot (1 \pm kv) \cdot (B/2 - Bd/2) - PD \cdot kh \cdot (Hd + H2/2) + Msp + Sp \cdot H2/2$

caso	σ_{monte} [kN/m ²]	σ_2b [kN/m ²]	Mb [kNm]	σ_2c [kN/m ²]	Mc [kNm]	Tb [kN]
statico	29.12	38.75	-7.99	33.93	-3.37	-15.65



2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

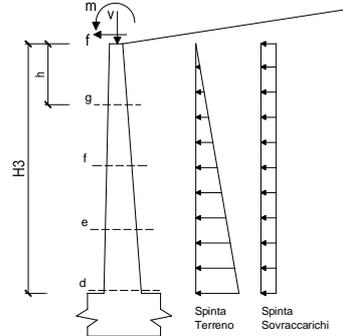
SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 70 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.23	(-)	S 1.38 (-) Categoria di suolo
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no	bm = var		
Coefficienti di Spinta	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0991	(-)	0.310
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0496	(-)	
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.31	(-)	0.374
	componente orizzontale	kah	=	0.300	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.08	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.37	(-)	0.381
	componente orizzontale	kash+	=	0.36	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.09	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.38	(-)	0.381
	componente orizzontale	kash-	=	0.37	(-)	
componente verticale	kasv-	=	0.10	(-)		

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

$$o \quad \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2 \cdot h/2 \text{ (con sisma)}$$

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

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

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

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a_{vert.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm kv) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a_{vert.}} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

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

condizione statica

sezione	h	Tt	Tq	T _{ext}	T _{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.48	6.58	11.56	0.00	18.14
e-e	1.11	3.70	8.67	0.00	12.37
f-f	0.74	1.65	5.78	0.00	7.43
g-g	0.37	0.41	2.89	0.00	3.30

condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.48	3.25	8.55	0.00	11.80	1.72	3.02	0.00	24.05	28.78
e-e	1.11	1.37	4.81	0.00	6.18	0.97	2.26	0.00	18.04	21.27
f-f	0.74	0.41	2.14	0.00	2.54	0.43	1.51	0.00	12.03	13.96
g-g	0.37	0.05	0.53	0.00	0.59	0.11	0.75	0.00	6.01	6.87

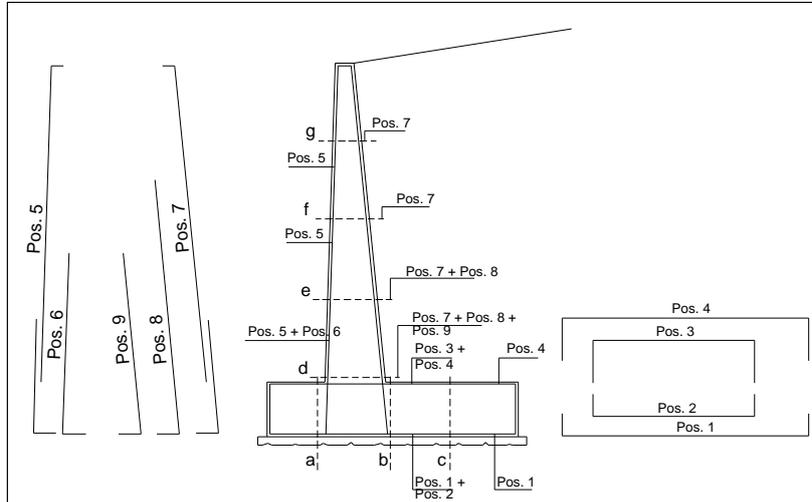
2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

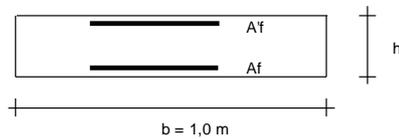
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 71 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	16
4	5.0	16	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE


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

Sez.	Msd (kNm)	Nsd (kN)	Tsd (kN)	h (m)	Af (cm ²)	A'f (cm ²)	MRd (kNm)	NRd (kN)	TRd (kN)
(-)									
a - a	6.85	0.00	21.94	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
b - b	-7.99	0.00	-15.65	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
c - c	-3.37	0.00	18.14	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
d - d	11.80	28.78	12.37	0.65	10.05	5.65	234.84	28.78	181.14
e - e	6.18	21.27	7.43	0.65	10.05	5.65	232.80	21.27	181.14

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 72 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

		coefficienti parziali									
		caso	azioni		proprietà del terreno			$\gamma_R (R_3)$			
			permanenti e sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimen to	Res. Terren o Valle	Ribaltamento
								γ_R	γ_R	γ_R	γ_R
SLU	○	caso A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
SLU	○	caso A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
SLD	●	Sismica	1.00	1.00	1.25	1.25	1.40	1.00	1.00	1.00	1.00
def.	○	--	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	29.26	(°)	
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)	
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)	
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	14.63	(°)	
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	14.63	(°)	
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)	
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	25.47	(°)	
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)	
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)	
	Profondità Piano di Posizione della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)	
	Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.31	(-)	0.310
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.37	(-)	0.374
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.38	(-)	0.381
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	2.51	(-)	2.509
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.35	(-)	2.354
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.34	(-)	2.337

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

$$\begin{aligned}
 Pm1 &= (B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm2 &= (B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) &= & 24.05 \text{ (kN/m)} \\
 Pm3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm4 &= (B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls}) &= & 30.88 \text{ (kN/m)} \\
 Pm5 &= (Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls}) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pm &= Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5 &= & 54.93 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

$$\begin{aligned}
 Pt1 &= (B5 \cdot H3 \cdot \gamma) &= & 19.24 \text{ (kN/m)} \\
 Pt2 &= (0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma) &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt3 &= (B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2 &= & 0.00 \text{ (kN/m)} \\
 Pt &= Pt1 + Pt2 + Pt3 &= & 19.24 \text{ (kN/m)}
 \end{aligned}$$

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

- Muro (Mm)

$$\begin{aligned}
 Mm1 &= Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm2 &= Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 B3) &= & 22.25 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm3 &= Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm4 &= Pm4 \cdot (B/2) &= & 29.33 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm5 &= Pm5 \cdot (B - Bd/2) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mm &= Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5 &= & 51.58 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

- Terrapieno a tergo del muro

$$\begin{aligned}
 Mt1 &= Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 B5) &= & 30.30 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt2 &= Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 (B4 + B5)) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt3 &= Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 B4) &= & 0.00 \text{ (kNm/m)} \\
 Mt &= Mt1 + Mt2 + Mt3 &= & 30.30 \text{ (kNm/m)}
 \end{aligned}$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 - MURO IN C.A. DA PK 0+020 - 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 73 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CALCOLI STATICI - Verifica allo Stato Limite Ultimo

GARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

$\gamma_c = 2.1$

fcd = Rck / $\gamma_{m,c} = 14.11$ (MPa)

Copriferro

c = 6.20 (cm)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (MPa)

$\gamma_E = 1.00$

$\gamma_S = 1.15$

fyd = fyk / γ_S / $\gamma_E = 391.30$ (MPa)

Es = 210000 (MPa)

$\epsilon_{ys} = 0.19\%$

$\epsilon_{uk} = 7.500\%$

$\epsilon_{ud} = 6.750\%$

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

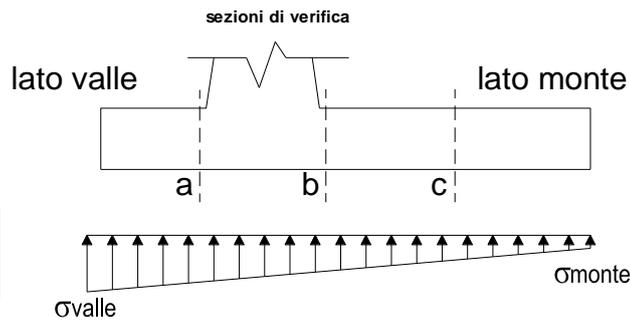
$\sigma_{valle} = N / A + M / W_{gg}$

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

A = 1.0*B = 1.90 (m²)

Wgg = 1.0*B²/6 = 0.60 (m³)

caso	N	M	σ_{valle}	σ_{monte}
	[kN]	[kNm]	[kN/m ²]	[kN/m ²]
sisma+	79.62	2.90	46.72	37.08
sisma-	77.36	3.48	46.51	34.93

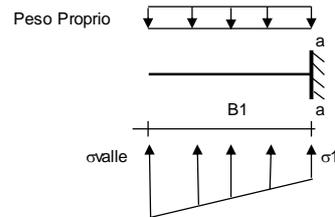


Mensola Lato Valle

Peso Proprio. PP = 16.25 (kN/m)

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

caso	σ_{valle}	σ_1	Ma	Ta
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
sisma+	46.72	43.68	5.16	16.89
sisma-	46.51	42.85	5.37	17.17



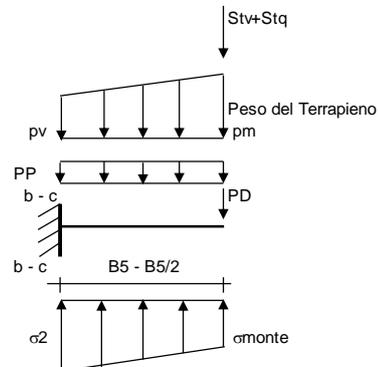
Mensola Lato Monte

PP = 16.25 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione
PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 29.60 (kN/m²)
pv = 29.60 (kN/m²)
pvc = 29.60 (kN/m²)

Mb = $(\sigma_{monte} - (pv + PP) * (1 \pm kv)) * B^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) * B^2 / 6 - (pm - pv) * (1 \pm kv) * B^2 / 3 +$
 $-(Stv + Sqv) * B^2 - PD * (1 \pm kv) * (B^2 - Bd / 2) - PD * kh * (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp * H^2 / 2$

Mc = $(\sigma_{monte} - (pvc + PP) * (1 \pm kv)) * (B5 / 2)^2 / 2 + (\sigma_2 - \sigma_{monte}) * (B5 / 2)^2 / 6 - (pm - pvc) * (1 \pm kv) * (B5 / 2)^2 / 3 +$
 $-(Stv + Sqv) * (B5 / 2) - PD * (1 \pm kv) * (B5 / 2 - Bd / 2) - PD * kh * (Hd + H2 / 2) + Msp + Sp * H^2 / 2$



caso	σ_{monte}	σ_2b	Mb	σ_2c	Mc	Tb
	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN/m ²]	[kNm]	[kN]
sisma+	37.08	40.38	-5.02	38.73	-2.02	-10.60
sisma-	34.93	38.89	-4.25	36.91	-1.77	-8.49

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

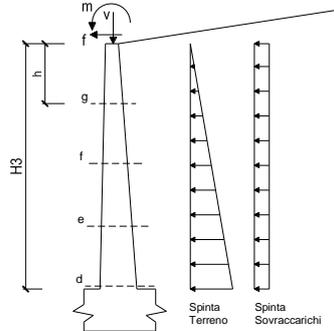
SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 74 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo



Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.23	(-)	S	1.38	(-)
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	=	0.31	(-)			
Coefficienti di Spinta	il muro ammette spostamenti? (si/no)		<input checked="" type="radio"/> si		<input type="radio"/> no		Categorìa di suolo	
	coefficiente sismico orizzontale	k_h	=	0.0991	(-)	0.310		
	coefficiente sismico verticale	k_v	=	0.0496	(-)			
	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	k_a	=	0.31	(-)			
	componente orizzontale	k_{ah}	=	0.300	(-)	0.374		
	componente verticale	k_{av}	=	0.08	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as+}	=	0.37	(-)			
	componente orizzontale	k_{ash+}	=	0.36	(-)	0.381		
	componente verticale	k_{asv+}	=	0.09	(-)			
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	k_{as-}	=	0.38	(-)			
componente orizzontale	k_{ash-}	=	0.37	(-)	0.10			
componente verticale	k_{asv-}	=	0.10	(-)				

$$M_t = \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/3 \quad \text{o} \quad \frac{1}{2} K_{a_{orizz.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2 \cdot h/2 \quad (\text{con sisma})$$

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

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

$$M_{inerzia} = \Sigma P_m \cdot b_i \cdot k_h \quad (\text{solo con sisma})$$

$$N_t = \frac{1}{2} K_{a_{vert.}} \cdot \gamma \cdot (1 \pm k_v) \cdot h^2$$

$$N_q = K_{a_{vert.}} \cdot q \cdot h$$

$$N_{ext} = v$$

$$N_{pp+inerzia} = \Sigma P_m \cdot (1 \pm k_v)$$

condizione sismica +

sezione	h [m]	Tt [kN/m]	Tq [kN/m]	T _{ext} [kN/m]	T _{inerzia} [kN/m]	T _{tot} [kN/m]
d-d	1.48	8.32	0.00	0.00	2.38	10.70
e-e	1.11	4.68	0.00	0.00	1.79	6.47
f-f	0.74	2.08	0.00	0.00	1.19	3.27
g-g	0.37	0.52	0.00	0.00	0.60	1.12

condizione sismica +

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	1.48	6.16	0.00	0.00	1.76	7.92	2.17	0.00	0.00	25.24	27.41
e-e	1.11	2.60	0.00	0.00	0.99	3.59	1.22	0.00	0.00	18.93	20.15
f-f	0.74	0.77	0.00	0.00	0.44	1.21	0.54	0.00	0.00	12.62	13.16
g-g	0.37	0.10	0.00	0.00	0.11	0.21	0.14	0.00	0.00	6.31	6.45

condizione sismica -

sezione	h [m]	Mt [kNm/m]	Mq [kNm/m]	M _{ext} [kNm/m]	M _{inerzia} [kNm/m]	M _{tot} [kNm/m]	Nt [kN/m]	Nq [kN/m]	N _{ext} [kN/m]	N _{pp+inerzia} [kN/m]	N _{tot} [kN/m]
d-d	1.48	5.68	0.00	0.00	1.76	7.45	2.01	0.00	0.00	22.86	24.86
e-e	1.11	2.40	0.00	0.00	0.99	3.39	1.13	0.00	0.00	17.14	18.27
f-f	0.74	0.71	0.00	0.00	0.44	1.15	0.50	0.00	0.00	11.43	11.93
g-g	0.37	0.09	0.00	0.00	0.11	0.20	0.13	0.00	0.00	5.71	5.84

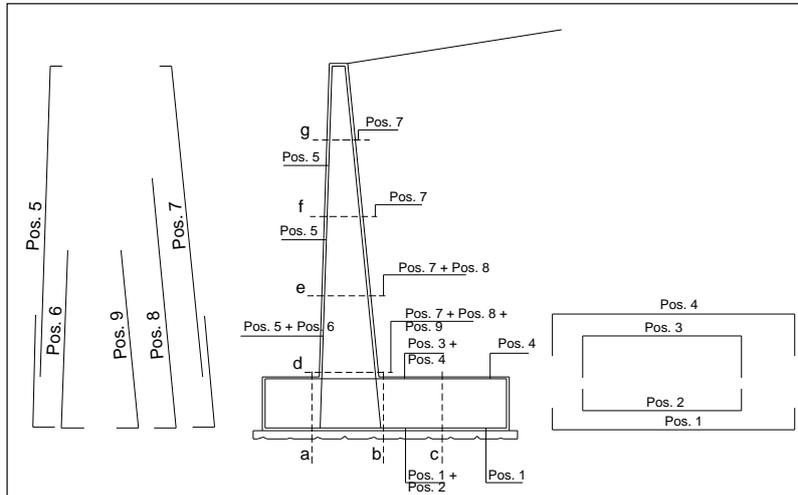
2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

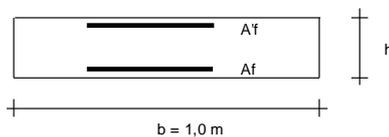
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 75 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

ARMATURE

pos	n°/ml	ϕ	pos	n°/ml	ϕ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	16
4	5.0	16	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE


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

Sez.	Msd	Nsd	Tsd	h	Af	A'f	MRd	NRd	TRd
(-)	(kNm)	(kN)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(kNm)	(kN)	(kN)
a - a	5.37	0.00	19.49	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
b - b	-5.02	0.00	-12.76	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
c - c	-2.02	0.00	2.38	0.65	10.05	10.05	227.51	0.00	181.05
d - d	7.92	27.41	1.79	0.65	10.05	5.65	234.47	27.41	181.14
e - e	3.59	20.15	1.19	0.65	10.05	5.65	232.49	20.15	181.14

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 76 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

coefficienti parziali

	caso	azioni		proprietà del terreno			γ_R		
		permanenti sfavorevoli	temporane e variabili sfavorevoli	tan ϕ'	c'	c_u	Cap. portante	Scorrimento	Res.Terreno Valle
							γ_R	γ_R	γ_R
SLU	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	○	○	○	○	○	○	○	○	○
SLD	○	○	○	○	○	○	1.00	1.00	1.00
def.	○	○	○	○	○	○	1.00	1.00	1.00
	○	○	○	○	○	○	1.00	1.00	1.00

Dati Geotecnici (usati per verifiche di stabilità e SLU)

Dati Terrapieno	Angolo di attrito del terrapieno	ϕ'	=	35.00	(°)		
	Peso Unità di Volume del terrapieno	γ'	=	20.00	(kN/m ³)		
	Angolo di Inclinazione Piano di Campagna	ε	=	0.00	(°)		
	Angolo di attrito terreno-paramento	δ_{muro}	=	17.50	(°)		
	Angolo di attrito terreno-superficie ideale	$\delta_{sup id}$	=	17.50	(°)		
Dati Terreno Fondazione	Coesione Terreno di Fondazione	c_1'	=	0.00	(kN/m ²)		
	Angolo di attrito del Terreno di Fondazione	ϕ_1'	=	30.78	(°)		
	Peso Unità di Volume del Terreno di Fondazione	γ_1	=	20.00	(kN/m ³)		
	Peso Unità di Volume del Rinterro della Fondazione	γ_d	=	20.00	(kN/m ³)		
	Profondità Piano di Posa della Fondazione	H2'	=	1.50	(m)		
	Profondità Falda	Zw	=	100.00	(m)		
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla superficie ideale	ka	=	0.25	(-)	0.246	Valori di Normativa
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas+	=	0.30	(-)	0.302	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla superficie ideale	kas-	=	0.31	(-)	0.308	
	Coeff. Di Spinta Passiva in Fondazione	kp	=	3.10	(-)	3.096	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps+	=	2.92	(-)	2.925	
	Coeff. Di Spinta Passiva Sismica in Fondazione	kps-	=	2.91	(-)	2.906	

Carichi Agenti (usati per verifiche di stabilità e allo SLU)

Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	q	=	20.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni statiche	f	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni statiche	v	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni statiche	m	=	0.00	(kNm/m)
Condizioni Sismiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni sismiche	qs	=	0.00	(kN/m ²)
	Forza Orizzontale in Testa in condizioni sismiche	fs	=	0.00	(kN/m)
	Forza Verticale in Testa in condizioni sismiche	vs	=	0.00	(kN/m)
	Momento in Testa in condizioni sismiche	ms	=	0.00	(kNm/m)

VERIFICHE GEOTECNICHE
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	24.05	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})/2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	30.88	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	54.93	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	19.24	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma)/2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	19.24	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	22.25	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	29.33	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	51.58	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	30.30	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	30.30	(kNm/m)

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 77 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

VERIFICA A FESSURAZIONE - CALCOLO SOLLECITAZIONI
FORZE VERTICALI

- Peso del Muro (Pm)

Pm1 =	$(B2 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm2 =	$(B3 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls})$	=	24.05	(kN/m)
Pm3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma_{cls}) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pm4 =	$(B \cdot H2 \cdot \gamma_{cls})$	=	30.88	(kN/m)
Pm5 =	$(Bd \cdot Hd \cdot \gamma_{cls})$	=	0.00	(kN/m)
Pm =	$Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4 + Pm5$	=	54.93	(kN/m)

- Peso del terreno sulla scarpa di monte del muro (Pt)

Pt1 =	$(B5 \cdot H3 \cdot \gamma)$	=	19.24	(kN/m)
Pt2 =	$(0,5 \cdot (B4 + B5) \cdot H4 \cdot \gamma)$	=	0.00	(kN/m)
Pt3 =	$(B4 \cdot H3 \cdot \gamma) / 2$	=	0.00	(kN/m)
Pt =	$Pt1 + Pt2 + Pt3$	=	19.24	(kN/m)

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

- Muro (Mm)

Mm1 =	$Pm1 \cdot (B1 + 2/3 B2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm2 =	$Pm2 \cdot (B1 + B2 + 0,5 \cdot B3)$	=	22.25	(kNm/m)
Mm3 =	$Pm3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 1/3 B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm4 =	$Pm4 \cdot (B/2)$	=	29.33	(kNm/m)
Mm5 =	$Pm5 \cdot (B - Bd/2)$	=	0.00	(kNm/m)
Mm =	$Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4 + Mm5$	=	51.58	(kNm/m)

- Terrapieno a tergo del muro

Mt1 =	$Pt1 \cdot (B1 + B2 + B3 + B4 + 0,5 \cdot B5)$	=	30.30	(kNm/m)
Mt2 =	$Pt2 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot (B4 + B5))$	=	0.00	(kNm/m)
Mt3 =	$Pt3 \cdot (B1 + B2 + B3 + 2/3 \cdot B4)$	=	0.00	(kNm/m)
Mt =	$Mt1 + Mt2 + Mt3$	=	30.30	(kNm/m)

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 78 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CONDIZIONE STATICA (SLE e FESSURAZIONE)
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

Spinta totale condizione statica

$$St = 0,5 \cdot \gamma \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd)^2 \cdot ka = 11.17 \text{ (kN/m)}$$

$$Sq = q \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd) \cdot ka = 10.48 \text{ (kN/m)}$$

componente orizzontale condizione statica

$$Sth = St \cdot \cos \delta = 10.65 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqh = Sq \cdot \cos \delta = 10.00 \text{ (kN/m)}$$

componente verticale condizione statica

$$Stv = St \cdot \sin \delta = 3.36 \text{ (kN/m)}$$

$$Sqv = Sq \cdot \sin \delta = 3.15 \text{ (kN/m)}$$

Spinta passiva sul dente

$$Sp = \frac{1}{2} \cdot \gamma_1 \cdot Hd^2 \cdot kp + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H_2) \cdot Hd = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

condizione statica

$$MSt1 = Sth \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd) / 3 - Hd = 7.56 \text{ (kN/m)}$$

$$MSt2 = Stv \cdot B = 6.38 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq1 = Sqh \cdot (H_2 + H_3 + H_4 + Hd) / 2 - Hd = 10.65 \text{ (kN/m)}$$

$$MSq2 = Sqv \cdot B = 5.99 \text{ (kN/m)}$$

$$MSp = \gamma_1 \cdot Hd^3 \cdot kp / 3 + (2 \cdot c_1 \cdot kp^{0.5} + \gamma_1 \cdot kp \cdot H_2) \cdot Hd^2 / 2 = 0.00 \text{ (kN/m)}$$

FORZE ESTERNE

Momento dovuto alle Forze Esterne (Mfext)

$$Mfext1 = m = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext2 = f \cdot (H_3 + H_2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

$$Mfext3 = v \cdot (B_1 + B_2 + B_3 / 2) = 0.00 \text{ (kNm/m)}$$

AZIONI TOTALI SULLA FONDAZIONE

Risultante forze verticali (N)

$$N = Pm + Pt + v + Stv + Sqv = 80.68 \text{ (kN/m)}$$

Momento stabilizzante (Ms)

$$Ms = Mm + Mt + MSt2 + MSq2 + Mfext3 = 94.25 \text{ (kNm/m)}$$

Momento ribaltante (Mr)

$$Mr = MSt1 + MSq1 + Mfext1 + Mfext2 + MSp = 18.21 \text{ (kNm/m)}$$

Risultante dei momenti rispetto al piede di valle (MM)

$$MM = Ms - Mr = 76.04 \text{ (kNm/m)}$$

Momento rispetto al baricentro della fondazione (M)

$$M = Xc \cdot N - MM = 0.60 \text{ (kNm/m)}$$

2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE

3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud

4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 - MURO IN C.A. DA PK 0+020 - 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 79 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

CALCOLI STATICI

DATI DI PROGETTO:

Caratteristiche dei Materiali

Calcestruzzo

Rck = 30 (MPa)

fctm = 0.30*(0.83*Rck)^{2/3} = 2.56 (MPa)

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 6.20 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = 2.00 (cm)

Valore limite di apertura delle fessure

w1 = 0.2

Acciaio

tipo di acciaio B450C

f_{yk} = 450 (MPa)

E_s = 210000 (MPa)

CALCOLO SOLLECITAZIONI SOLETTA DI FONDAZIONE

Reazione del terreno

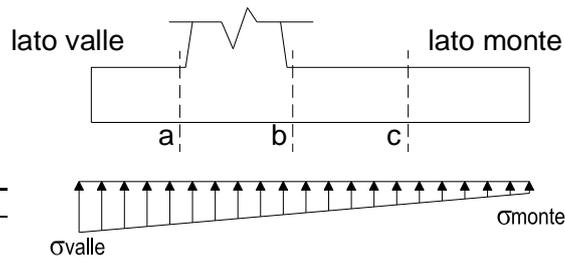
σ_{valle} = N / A + M / W_{gg}

σ_{monte} = N / A - M / W_{gg}

A = b*h = 1.90 (m²)

W_{gg} = b*h²/6 = 0.60 (m³)

caso	N [kN]	M [kNm]	σ _{valle} [kN/m ²]	σ _{monte} [kN/m ²]
statico	80.68	0.60	43.46	41.46

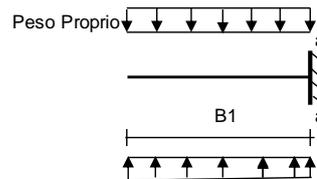


Mensola Lato Valle - Schema Statico

PP = 16.25 (kN/m) peso proprio soletta fondazione

Ma = σ₁*B¹²/2 + (σ_{valle} - σ₁)*B¹²/3 - PP*B¹²/2*(1±kv)

caso	σ _{valle} [kN/m ²]	σ ₁ [kN/m ²]	Ma [kNm]
statico	43.46	42.83	4.86



Mensola Lato Monte - Schema Statico

PP = 16.25 (kN/m²) peso proprio soletta fondazione

PD = 0.00 (kN/m) peso proprio dente

pm = 29.60 (kN/m²)

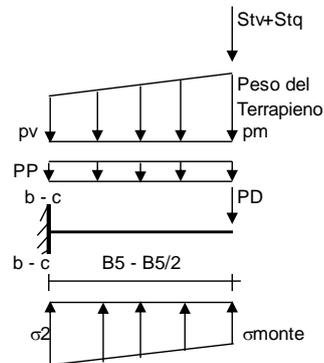
pvb = 29.60 (kN/m²)

pvc = 29.60 (kN/m²)

Mb = (σ_{monte} - (pvc + PP)*(1±kv))*B⁵²/2 + (σ_{2b} - σ_{monte})*B⁵²/6 - (pm - pvb)*(1±kv)*B⁵²/3 + -(Stv+Sqv)*B⁵ - PD*(1±kv)*(B⁵-Bd/2) - PD*kh*(Hd+H2/2) + Msp+Sp*H2/2

Mc = (σ_{monte} - (pvc + PP)*(1±kv))*B⁵²/2 + (σ_{2c} - σ_{monte})*B⁵²/6 - (pm - pvc)*(1±kv)*B⁵²/3 + -(Stv+Sqv)*B⁵/2 - PD*(1±kv)*(B⁵/2 - Bd/2) - PD*kh*(Hd+H2/2) + Msp+Sp*H2/2

caso	σ _{monte} [kN/m ²]	σ _{2b} [kN/m ²]	Mb [kNm]	σ _{2c} [kN/m ²]	Mc [kNm]
statico	41.46	42.14	-5.11	41.80	-2.34



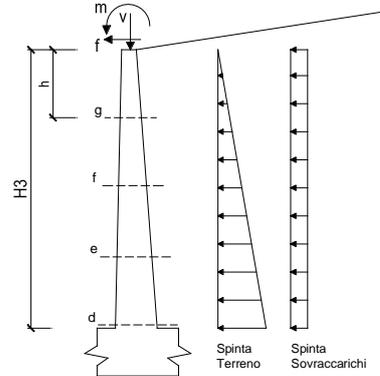
2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 80 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

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


Dati Sismici	Accelerazione sismica	a_g/g	=	0.23	(-)	S = 1.38
	Coefficiente di riduzione dell'accelerazione	β_m	=	0.31	(-)	
	il muro ammette spostamenti? (si/no)	<input checked="" type="radio"/> si <input type="radio"/> no				bm = var.
	coefficiente sismico orizzontale	kh	=	0.0991	(-)	
	coefficiente sismico verticale	kv	=	0.0496	(-)	
Coefficienti di Spinta	Coeff. di Spinta Attiva sulla parete	ka	=	0.25	(-)	0.246
	componente orizzontale	kah	=	0.23	(-)	
	componente verticale	kav	=	0.07	(-)	
	Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas+	=	0.30	(-)	0.302
	componente orizzontale	kash+	=	0.29	(-)	
	componente verticale	kasv+	=	0.09	(-)	
Coeff. Di Spinta Attiva Sismica sulla parete	kas-	=	0.31	(-)	0.308	
componente orizzontale	kash-	=	0.29	(-)		
componente verticale	kasv-	=	0.09	(-)		

condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M _{ext}	M _{tot}	Nt	Nq	N _{ext}	N _{pp}	N _{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.48	2.54	5.14	0.00	7.68	1.62	2.19	0.00	24.05	27.86
e-e	1.11	1.07	2.89	0.00	3.96	0.91	1.64	0.00	18.04	20.59
f-f	0.74	0.32	1.29	0.00	1.60	0.41	1.10	0.00	12.03	13.53
g-g	0.37	0.04	0.32	0.00	0.36	0.10	0.55	0.00	6.01	6.66

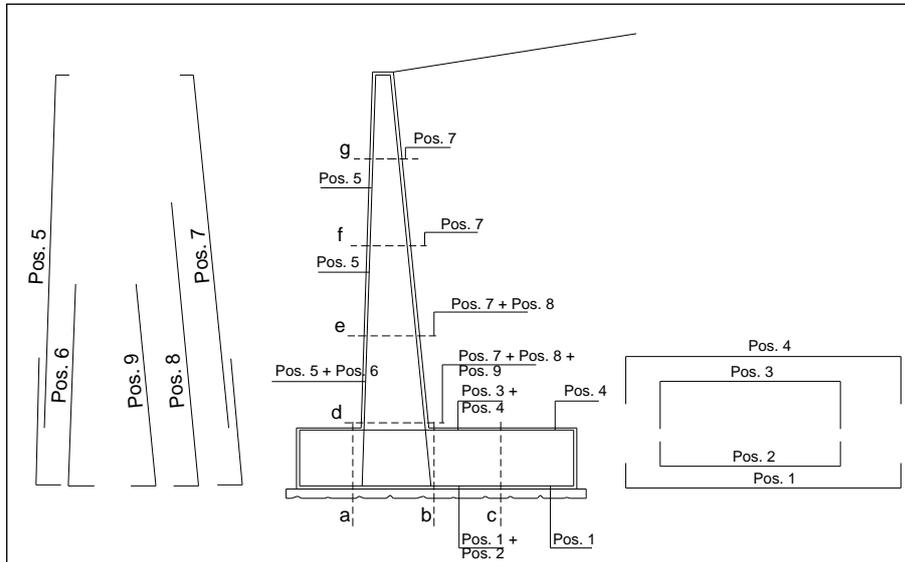
2.1.3 - PEDEMONTANA DELLE MARCHE
3° Stralcio funzionale - Castelraimondo Nord - Castelraimondo Sud
4° Stralcio funzionale - Castelraimondo Sud - Innesto SS77 a Muccia

OPERE DI SOSTEGNO RIABILITAZIONE SP256

SP256 – MURO IN C.A. DA PK 0+020 – 0+080

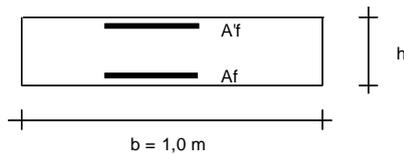
Relazione di calcolo

Opera L0703	Tratto 21	Settore E	CEE 16	WBS MU0119	Id. doc. REL	N. progr. 01	REV. D	Pag. di Pag. 81 di 81
----------------	--------------	--------------	-----------	---------------	-----------------	-----------------	-----------	--------------------------

SCHEMA DELLE ARMATURE

ARMATURE

pos	n°/ml	φ	pos	n°/ml	φ
1	5.0	16	5	5.0	12
2	0.0	0	6	0.0	0
3	0.0	0	7	5.0	16
4	5.0	16	8	0.0	0
			9	0.0	0

Calcola

VERIFICHE


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

Condizione Statica

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σ _c	σ _f	w _k	w _{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm ²)	(cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(mm)	(mm)
a - a	4.86	0.00	0.65	10.05	10.05	0.14	8.83	0.012	0.200
b - b	-5.11	0.00	0.65	10.05	10.05	0.15	9.28	0.013	0.200
c - c	-2.34	0.00	0.65	10.05	10.05	0.07	4.25	0.006	0.200
d - d	7.68	27.86	0.65	10.05	5.65	0.20	2.79	0.003	0.200
e - e	3.96	20.59	0.65	10.05	5.65	0.09	0.48	0.000	0.200