

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

LINEA A.V. /A.C. TORINO – VENEZIA Tratta MILANO – VERONA
Lotto funzionale Brescia-Verona

PROGETTO ESECUTIVO

INZ2 – ROTATORIA VIA CAVOUR-VIA STAZIONE

Relazione tecnica e di calcolo tombini

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE LAVORI
Consorzio Cepav due Consorzio Cepav due Il Direttore del Consorzio (Ing. T. Taranta) Data: <u>29 MAG 2020</u>	 Data: _____

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA/DISCIPLINA	PROGR	REV
I N O R	1 2	E	E 2	C L	I N Z 2 0 6	0 0 1	A

PROGETTAZIONE						IL PROGETTISTA	
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista	Data
A	Emissione	Montecroci <i>Piacentini</i>	08/05/20	Piacentini <i>[Signature]</i>	08/05/20	Ing. Roberto Lini ORDINE INGEGNERI ROMA N. 23076	08/05/20
B							
C							

CIG. 751447334A File: INOR12EE2CLINZ206001A_10.docx



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

Stampato dal Service di plottaggio ITALFERR S.p.A. ALBA S.r.l.

CUP: F81H91000000008

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL INZ2 0 6 001	Rev. A	Foglio 2 di 72
---------	------------------	-------------	--	-----------	-------------------

INDICE

1	PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
3.1	OPERE IN C.A. E STRUTTURE METALLICHE.....	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	8
4.1	CALCESTRUZZO.....	8
4.2	ACCIAIO.....	9
4.2.1	Armature per c.a. – Acciaio B 450 C.....	9
5	CRITERI DI CALCOLO.....	10
5.1	COMBINAZIONI DI CARICO.....	10
5.1.1	Descrizione combinazioni di carico.....	12
5.2	METODI DI CALCOLO	15
5.2.1	Calcolo della spinta sul muro.....	15
5.2.2	Verifica a ribaltamento	16
5.2.3	Verifica a scorrimento	17
5.2.4	Verifica al carico limite	18
5.2.5	Verifica di stabilità globale.....	18
5.3	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	19
5.4	CONDIZIONI AMBIENTALI E VERIFICHE ALLO S.L.E.....	19
5.4.1	Stati limite di fessurazione	19
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E CARICHI	21
6.1	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	21
6.2	PARAMETRI SISMICI	21
6.3	CARICHI VARIABILI A TERGO MURO	22
7	ANALISI MURO DI TESTATA $\Phi 500$	23
7.1	GEOMETRIA DEL MURO	23
7.2	SOLLECITAZIONI.....	24

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL INZ2 0 6 001	Rev. A	Foglio 3 di 72
7.3	VERIFICHE STRUTTURALI				26
7.3.1	Verifica a flessione				26
7.3.2	Verifica a taglio.....				27
7.3.3	Verifica tensionale.....				28
7.3.4	Verifica a fessurazione.....				29
7.4	VERIFICHE GEOTECNICHE				31
8	TOMBINI CIRCOLARI.....				32
1.1	CARICO DI PROGETTO Q_T				32
1.1.1	Carico da terreno sovrastante ' Q_{ST} '				32
1.1.2	Carico da acqua contenuta ' P_w '				33
1.1.3	Carico da azioni variabili (carichi mobili) ' P_{VC} '				33
1.1.	CLASSE DI RESISTENZA Q				34
1.2.	VERIFICA RICOPRIMENTO MINIMO				35
9	ALLEGATI				36
1.2	MURO DI TESTATA $\phi 500$				36

1 PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'OPERA

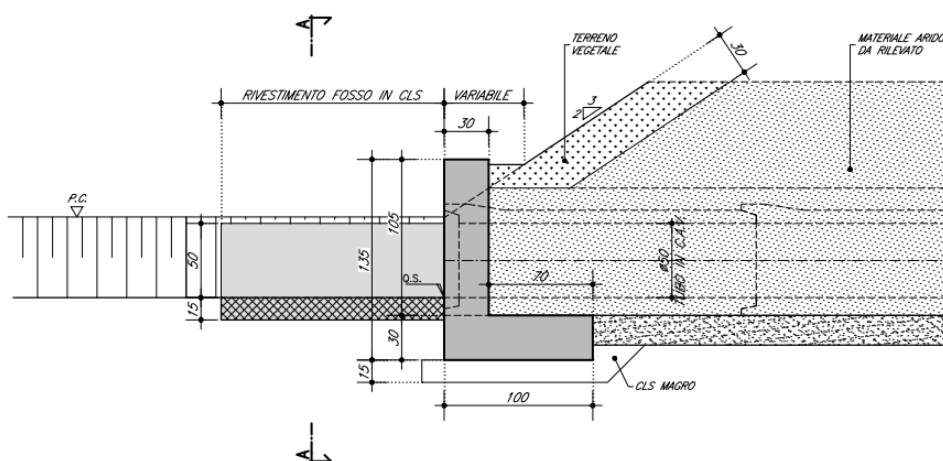
La presente relazione riguarda il dimensionamento dei muri di testata del tombino circolare $\Phi 500$, relativo alla rotatoria INZ2 prevista nel comune di Calcinato tra via Cavour e via Statale, nell'ambito delle opere connesse alla realizzazione della linea AV/AC Milano-Verona.

Nei capitoli seguenti si riportano le analisi e le verifiche strutturali e geotecniche di:

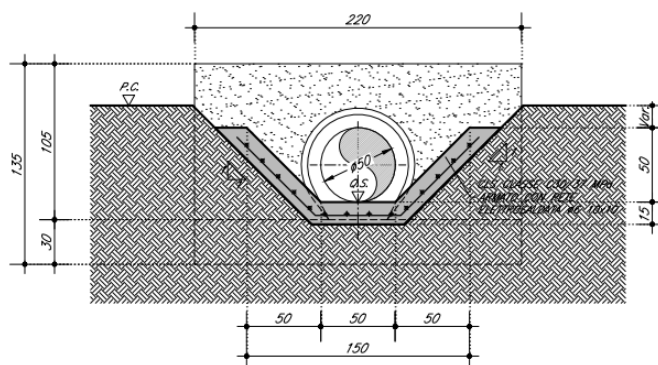
- Muro di testata tombino circolare $\Phi 500$

Nelle figure seguenti si riportano le sezioni longitudinali e trasversali dei muri in esame.

SEZIONE TRASVERSALE MURO DI TESTATA
SCALA 1:25



SEZIONE A-A RIVESTIMENTO FOSSO IN CLS
SCALA 1:25



Sezione longitudinale e trasversale muro tipologico $\Phi 500$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001

Rev.
A

Foglio
5 di 72

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica, a tergo dei muri è stato considerato un terreno costituito da materiale da rilevato, mentre in fondazione, vista la diversità dei siti interessati dalle opere in oggetto, è stato considerato a favore di sicurezza un terreno dalle caratteristiche meccaniche più scadenti. I parametri geotecnici adottati per i due terreni in questione sono riportati nel capitolo specifico.

L'analisi sismica è stata eseguita considerando i parametri sismici più gravosi tra quelli relativi ai comuni interessati.

I calcoli delle sollecitazioni sulla struttura, così come le verifiche di tipo geotecnico, sono stati eseguiti con l'ausilio del programma di calcolo *MAX 10.0*, prodotto dalla "Aztec Informatica Srl". *MAX 10.0* è un software di calcolo particolarmente evoluto dedicato al calcolo delle opere di sostegno.

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO*DESCRIZIONE**CODICE*IV00 – RAMPE CAVALCAFERROVIA TIPOLOGICO

STRADA DI CATEGORIA F2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 1/2

STRADA DI CATEGORIA F2. SEZIONI TIPO E DETTAGLI. TAVOLA 2/2

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PARTICOLARI. TAVOLA 1/3

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PARTICOLARI. TAVOLA 2/3

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PARTICOLARI. TAVOLA 3/3

PARTICOLARI RISOLUZIONE INTERFERENZE CON CANVALETTE IRRIGUE

PLINTI PALI DI ILLUMINAZIONE REALIZZATI IN OPERA. SEZIONI TIPO

SEGNALETICA VERTICALE E ORIZZONTALE. DETTAGLI

SEGNALETICA VERTICALE E PLINTI DI FONDAZIONE. GEOMETRIE

SEGNALETICA VERTICALE. PLINTI DI FONDAZIONE. CARPENTERIA E ARMATURA

SEZIONI TIPO VIABILITA' SECONDARIE. PISTE CICLABILI. PARTICOLARI

SEGNALETICA VERTICALE. PLINTI DI FONDAZIONE. RELAZIONE DI CALCOLO

RELAZIONE DI VERIFICA DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI

INOR11EE2WBIV00C0002

INOR11EE2WZIV00C0001

INOR11EE2BZIV00C8001

INOR11EE2BZIV00C8002

INOR11EE2BZIV00C8003

INOR11EE2BZIV00C8004

INOR11EE2BCIV00C8002

INOR11EE2BZIV00D8005

INOR11EE2BBIV00C8001

INOR11EE2BCIV00C8001

INOR11EE2BZIV00C9001

INOR11EE2CLIV00C8001

INOR11EE2ROIV0007001

INZ2 – ROTATORIA VIA CAVOUR–VIA STATALE

RELAZIONE TECNICA GENERALE

PLANIMETRIA DI STATO DI FATTO, DI PROGETTO E DI TRACCIAMENTO

PROFILI LONGITUDINALI

SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 1/4

SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 2/4

SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 3/4

SEZIONI TRASVERSALI. TAVOLA 4/4

PLANIMETRIA SEGNALETICA E BARRIERE DI SICUREZZA

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE. PLANIMETRIA E DETTAGLI

SEZIONI TIPO E DETTAGLI

TOMBINO SCATOLARE IN10045. CARPENTERIA, ARMATURA E DATI DI TRACCIAMENTO

TOMBINO CIRCOLARE IN10046. CARPENTERIA, ARMATURA E DATI DI TRACCIAMENTO

INOR12EE2ROINZ200002

INOR12EE2PZINZ200001

INOR12EE2F7INZ200001

INOR12EE2W9INZ200001

INOR12EE2W9INZ200002

INOR12EE2W9INZ200003

INOR12EE2W9INZ200004

INOR12EE2P8INZ209001

INOR12EE2RIINZ206001

INOR12EE2PZINZ206001

INOR12EE2BZINZ209001

INOR12EE2BZINZ206001

INOR12EE2BZINZ206002



3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto delle strutture e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore ed in particolare:

3.1 Opere in c.a. e strutture metalliche

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”
- UNI EN 1991-2-4 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”
- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”
- UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Ottobre 1993: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”
- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera si prevede l'impiego dei materiali indicati nei paragrafi che seguono. Si indicheranno le caratteristiche prestazionali di resistenza minime e, con particolare riferimento ai calcestruzzi, anche le prescrizioni o caratteristiche da assicurare per garantire i requisiti di durabilità.

4.1 Calcestruzzo

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2016 ed UNI 11104:2016.

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature "h", per le strutture gettate in opera, viene assunta pari ad 5 mm in quanto si prescrive che l'esecuzione sia sottoposta ad un sistema di assicurazione della qualità, nella quale siano incluse le misure dei copriferri.

Si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copriferri minimi.

Per i muri di testata si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copri ferri minimi:

Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale	Classe di resistenza minima [C(f _{ck} /R _{ck}) _{min}]	Classe di resistenza adottata [C(f _{ck} /R _{ck}) _{min}]	Classe strutturale	Copriferro minimo	Copriferro nominale	Copriferro adottato
					$c_{min,dur}$ (da EC2)	$c_{nom} = c_{min} + h$ (mm)	(mm)
Imbocchi tombini circolari	XA1	C30/37	C32/40	S4	25	30	40

Tabella 4.1 – Classi di cls e copri ferri minimi

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Grandezza		u.m.	C32/40
resistenza caratteristica a compressione	f_{ck}	N/mm ²	32,00
resistenza di progetto a compressione	f_{cd}	N/mm ²	18,13
resistenza caratteristica a trazione	f_{ctk}	N/mm ²	2,12
tensione di aderenza cls-armatura	f_{bd}	N/mm ²	3,18
tensione massima di compressione (comb. rara)	σ_c	N/mm ²	19,20
tensione massima di compressione (comb. quasi perm.)	σ_c	N/mm ²	14,40
modulo elastico medio istantaneo	E_m	N/mm ²	33345

Tabella 4.2 - grandezze meccaniche relative al cls

4.2 Acciaio

4.2.1 Armature per c.a. – Acciaio B 450 C

Si utilizzano per le armature degli elementi in c.a. la seguente tipologia di acciaio:

Acciaio tipo: B450 C Saldabile controllato in stabilimento

In conformità a quanto sopra, le caratteristiche meccaniche dell'acciaio d'armatura utilizzate nell'analisi/verifiche sono le seguenti:

Proprietà		Requisito
Limite di snervamento	f_y	≥ 450 MPa
Limite di rottura	f_t	≥ 540 MPa
Allungamento totale al carico massimo	A_{gt}	$\geq 7.5\%$
Rapporto	f_t/f_y	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto	$f_{y \text{ misurato}}/f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$



5 CRITERI DI CALCOLO

5.1 Combinazioni di carico

In ottemperanza al D.M. del 14.01.2008 (Norme tecniche per le costruzioni), le verifiche sono state condotte con il metodo semi-probabilistico agli Stati Limite.

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 del sovracitato *D.M. 14/01/2008*.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO), di stabilità globale (STAB) e di equilibrio di corpo rigido (EQU)
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno (STAB);
 - scorrimento sul piano di posa (GEO);
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno (GEO);
 - ribaltamento (EQU).
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche saranno condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 2", che prevede, per le verifiche STR e GEO, un'unica combinazione di calcolo:

combinazione A1+M1+R3 STR e GEO

per la quale valgono i coefficienti parziali di seguito riportati.

La verifica al ribaltamento viene seguita secondo la combinazione EQU, i cui coefficienti di sicurezza sono di seguito riportati, adottando per il calcolo delle spinte i coefficienti parziali del gruppo (M2).

La verifica di stabilità globale viene eseguita secondo la seguente combinazione di calcolo:

combinazione A2+M2+R2 STAB

per la quale valgono i coefficienti parziali di seguito riportati.

Simbologia adottata

γ_{Gsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni permanenti
γ_{Gfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni permanenti
γ_{Qsfav}	Coefficiente parziale sfavorevole sulle azioni variabili
γ_{Qfav}	Coefficiente parziale favorevole sulle azioni variabili
$\gamma_{\tan\phi'}$	Coefficiente parziale di riduzione dell'angolo di attrito drenato
$\gamma_{c'}$	Coefficiente parziale di riduzione della coesione drenata
γ_{cu}	Coefficiente parziale di riduzione della coesione non drenata
γ_{qu}	Coefficiente parziale di riduzione del carico ultimo
γ_{γ}	Coefficiente parziale di riduzione della resistenza a compressione uniassiale delle rocce

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
11 di 72

Coefficienti di partecipazione combinazioni statiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	0.90	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.10	1.30	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.50	1.50	1.30

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		1.00	1.00

Coefficienti di partecipazione combinazioni sismiche

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

<i>Carichi</i>	<i>Effetto</i>		<i>EQU</i>	<i>A1</i>	<i>A2</i>
Permanenti	Favorevole	γ_{Gfav}	1.00	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	γ_{Gsfav}	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	γ_{Qfav}	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	γ_{Qsfav}	1.00	1.00	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

<i>Parametri</i>			<i>M1</i>	<i>M2</i>
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi'}$		1.00	1.25
Coesione efficace	$\gamma_{c'}$		1.00	1.25
Resistenza non drenata	γ_{cu}		1.00	1.40
Resistenza a compressione uniassiale	γ_{qu}		1.00	1.60
Peso dell'unità di volume	γ_{γ}		1.00	1.00

FONDAZIONE SUPERFICIALE

Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

<i>Verifica</i>	<i>Coefficienti parziali</i>		
	R1	R2	R3
Capacità portante della fondazione	1.00	1.00	1.40
Scorrimento	1.00	1.00	1.10
Resistenza del terreno a valle	1.00	1.00	1.40
Stabilità globale		1.10	

Coeff. di combinazione $\Psi_0 = 0.70$ $\Psi_1 = 0.50$ $\Psi_2 = 0.20$

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

$$SLU \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Rara} \Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Frequente} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

$$\text{Quasi permanente} \Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

5.1.1 Descrizione combinazioni di carico

Simbologia adottata

F/S Effetto dell'azione (FAV: Favorevole, SFAV: Sfavorevole)

γ Coefficiente di partecipazione della condizione

Ψ Coefficiente di combinazione della condizione

Combinazione n° 1 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 2 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0.90	1.00	0.90
Peso proprio terrapieno	FAV	0.90	1.00	0.90
Spinta terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10

Combinazione n° 3 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 4 - Caso A1-M1 (STR)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.30	1.00	1.30
Traffico	SFAV	1.50	1.00	1.50

Combinazione n° 5 - Caso EQU (SLU)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	0.90	1.00	0.90
Peso proprio terrapieno	FAV	0.90	1.00	0.90
Spinta terreno	SFAV	1.10	1.00	1.10
Traffico	SFAV	1.50	1.00	1.50

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
13 di 72Combinazione n° 6 - Caso A2-M2 (GEO-STAB)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Traffico	SFAV	1.30	1.00	1.30

Combinazione n° 7 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 8 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 9 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 10 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 11 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 12 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 13 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
14 di 72Combinazione n° 14 - Caso A1-M1 (STR) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 15 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 16 - Caso EQU (SLU) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	FAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	FAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 17 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. positivo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 18 - Caso A2-M2 (GEO-STAB) - Sisma Vert. negativo

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	SFAV	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	SFAV	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	SFAV	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 19 - Quasi Permanente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00

Combinazione n° 20 - Frequente (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Traffico	SFAV	1.00	0.75	0.75

Combinazione n° 21 - Rara (SLE)

	S/F	γ	Ψ	$\gamma * \Psi$
Peso proprio muro	--	1.00	1.00	1.00
Peso proprio terrapieno	--	1.00	1.00	1.00
Spinta terreno	--	1.00	1.00	1.00
Traffico	SFAV	1.00	1.00	1.00

5.2 Metodi di calcolo

5.2.1 Calcolo della spinta sul muro

La spinta del terreno sul muro viene valutata secondo il metodo di Culman, che adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo). Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea.

I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione ρ rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;
- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);
- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima.

La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno.

Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb.

Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta S rispetto all'ordinata z . Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

Per tener conto dell'incremento di spinta dovuta al sisma si fa riferimento al metodo di Mononobe-Okabe (cui fa riferimento la Normativa Italiana).

La Normativa Italiana suggerisce di tener conto di un incremento di spinta dovuto al sisma nel modo seguente.

Detta ε l'inclinazione del terrapieno rispetto all'orizzontale e β l'inclinazione della parete rispetto alla verticale, si calcola la spinta S' considerando un'inclinazione del terrapieno e della parte pari a

$$\varepsilon' = \varepsilon + \theta$$

$$\beta' = \beta + \theta$$

dove $\theta = \arctg(k_h/(1 \pm k_v))$ essendo k_h il coefficiente sismico orizzontale e k_v il coefficiente sismico verticale, definito in funzione di k_h .

In presenza di falda a monte, θ assume le seguenti espressioni:



Terreno a bassa permeabilità

$$\theta = \arctg[(\gamma_{sat}/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Terreno a permeabilità elevata

$$\theta = \arctg[(\gamma/(\gamma_{sat}-\gamma_w)) * (k_h/(1 \pm k_v))]$$

Detta S la spinta calcolata in condizioni statiche l'incremento di spinta da applicare è espresso da

$$\Delta S = AS' - S$$

dove il coefficiente A vale

$$A = \frac{\cos^2(\beta + \theta)}{\cos^2\beta \cos\theta}$$

In presenza di falda a monte, nel coefficiente A si tiene conto dell'influenza dei pesi di volume nel calcolo di θ .

Adottando il metodo di Mononobe-Okabe per il calcolo della spinta, il coefficiente A viene posto pari a 1.

Tale incremento di spinta è applicato a metà altezza della parete di spinta nel caso di forma rettangolare del diagramma di incremento sismico, allo stesso punto di applicazione della spinta statica nel caso in cui la forma del diagramma di incremento sismico è uguale a quella del diagramma statico.

Oltre a questo incremento bisogna tener conto delle forze d'inerzia orizzontali e verticali che si destano per effetto del sisma. Tali forze vengono valutate come

$$F_{iH} = k_h W \quad F_{iV} = \pm k_v W$$

dove W è il peso del muro, del terreno soprastante la mensola di monte ed i relativi sovraccarichi e va applicata nel baricentro dei pesi.

Il metodo di Culmann tiene conto automaticamente dell'incremento di spinta. Basta inserire nell'equazione risolutiva la forza d'inerzia del cuneo di spinta. La superficie di rottura nel caso di sisma risulta meno inclinata della corrispondente superficie in assenza di sisma.

5.2.2 Verifica a ribaltamento

La verifica a ribaltamento consiste nel determinare il momento risultante di tutte le forze che tendono a fare ribaltare il muro (momento ribaltante M_r) ed il momento risultante di tutte le forze che tendono a stabilizzare il muro (momento stabilizzante M_s) rispetto allo spigolo a valle della fondazione e verificare che il rapporto M_s/M_r sia maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_r .

Eseguendo il calcolo mediante gli eurocodici si può impostare $\eta_r \geq 1.0$.

Deve quindi essere verificata la seguente diseuguaglianza

$$\frac{M_s}{M_r} \geq \eta_r$$

Il momento ribaltante M_r è dato dalla componente orizzontale della spinta S , dalle forze di inerzia del muro e del terreno gravante sulla fondazione di monte (caso di presenza di sisma) per i rispettivi bracci. Nel momento stabilizzante interviene il peso del muro (applicato nel baricentro) ed il peso del terreno gravante sulla fondazione di monte. Per quanto riguarda invece la componente verticale della spinta essa sarà stabilizzante se l'angolo d'attrito terra-muro δ è positivo, ribaltante se δ è negativo. δ è positivo quando è il terrapieno che scorre rispetto al muro, negativo quando è il muro che tende a scorrere rispetto al terrapieno (questo può essere il caso di una spalla da ponte gravata da carichi notevoli). Se sono presenti dei tiranti essi contribuiscono al momento stabilizzante.

Questa verifica ha significato solo per fondazione superficiale e non per fondazione su pali.

5.2.3 Verifica a scorrimento

Per la verifica a scorrimento del muro lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro deve essere minore di tutte le forze, parallele al piano di scorrimento, che si oppongono allo scivolamento, secondo un certo coefficiente di sicurezza. La verifica a scorrimento risulta soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento F_r e la risultante delle forze che tendono a fare scorrere il muro F_s risulta maggiore di un determinato coefficiente di sicurezza η_s .

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_s \geq 1.0$

$$\frac{F_r}{F_s} \geq \eta_s$$

Le forze che intervengono nella F_s sono: la componente della spinta parallela al piano di fondazione e la componente delle forze d'inerzia parallela al piano di fondazione.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione. Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_f la larghezza della fondazione reagenti, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_f$$

La Normativa consente di computare, nelle forze resistenti, una aliquota dell'eventuale spinta dovuta al terreno posto a valle del muro. In tal caso, però, il coefficiente di sicurezza deve essere aumentato opportunamente.

L'aliquota di spinta passiva che si può considerare ai fini della verifica a scorrimento non può comunque superare il 50 per cento.

Per quanto riguarda l'angolo d'attrito terra-fondazione, δ_f , diversi autori suggeriscono di assumere un valore di δ_f pari all'angolo d'attrito del terreno di fondazione.

5.2.4 Verifica al carico limite

Il rapporto fra il carico limite in fondazione e la componente normale della risultante dei carichi trasmessi dal muro sul terreno di fondazione deve essere superiore a η_q . Cioè, detto Q_u , il carico limite ed R la risultante verticale dei carichi in fondazione, deve essere:

$$\frac{Q_u}{R} \geq \eta_q$$

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_q \geq 1.0$

Le espressioni di Hansen per il calcolo della capacità portante si differenziano a secondo se siamo in presenza di un terreno puramente coesivo ($\phi=0$) o meno e si esprimono nel modo seguente:

Caso generale

$$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5B\gamma N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi=0$

$$q_u = 5.14c(1+s_c+d_c-i_c-g_c-b_c) + q$$

in cui d_c, d_q, d_γ , sono i fattori di profondità; s_c, s_q, s_γ , sono i fattori di forma; i_c, i_q, i_γ , sono i fattori di inclinazione del carico; b_c, b_q, b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa; g_c, g_q, g_γ , sono i fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori N_c, N_q, N_γ sono espressi come:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} K_p$$

$$N_c = (N_q - 1) \tan \phi$$

$$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$$

5.2.5 Verifica di stabilità globale

La verifica alla stabilità globale del complesso muro+terreno deve fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a η_g

Eseguendo il calcolo mediante gli Eurocodici si può impostare $\eta_g \geq 1.0$

Viene usata la tecnica della suddivisione a strisce della superficie di scorrimento da analizzare. La superficie di scorrimento viene supposta circolare e determinata in modo tale da non avere intersezione con il profilo del muro o con i pali di fondazione. Si determina il minimo coefficiente di sicurezza su una maglia di centri di dimensioni 10x10 posta in prossimità della sommità del muro. Il numero di strisce è pari a 50.

Si adotta per la verifica di stabilità globale il metodo di Bishop.

Il coefficiente di sicurezza nel metodo di Bishop si esprime secondo la seguente formula:

$$\eta = \frac{\sum_i \left(\frac{c_i b_i + (W_i - u_i b_i) \operatorname{tg} \phi_i}{m} \right)}{\sum_i W_i \sin \alpha_i}$$

dove il termine m è espresso da

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

In questa espressione n è il numero delle strisce considerate, b_i e 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, c_i e ϕ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia ed u_i è la pressione neutra 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 viene risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare finquando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

5.3 Verifiche degli elementi strutturali

Gli elementi strutturali dei muri (elevazione e fondazione) verranno verificati per i seguenti Stati Limite:

- Stato Limite Ultimo (flessione e taglio)
- Stato Limite di Fessurazione

5.4 Condizioni ambientali e verifiche allo S.L.E.

Per assicurare la funzionalità e la durabilità delle strutture, nell'arco temporale coperto dalla vita utile della struttura, la normativa di riferimento prescrive di eseguire le verifiche strutturali allo stato limite di esercizio, che si concretizzano in verifiche allo stato limite di fessurazione ed allo stato limite delle tensioni.

5.4.1 Stati limite di fessurazione

Per le verifiche in oggetto si prendono in considerazione le seguenti combinazioni di azioni:

- Quasi permanenti;

– Frequenti.

I limiti di apertura delle fessure sono stabiliti dalla norma e sono funzione delle condizioni ambientali (classe di esposizione) e della combinazione delle azioni considerata. Per ogni elemento strutturale, nel capitolo “Prescrizioni Materiali” sono state definite le rispettive classi di esposizione e ad esso si rimanda per ogni chiarimento.

Di seguito si riporta la tabella 4.1.III contenuta nel DM14.01.2008 relativa alle condizioni ambientali e delle corrispondenti classi di esposizione da prescrivere in progetto.

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.I: Descrizione delle condizioni ambientali

Nella tabella 4.1.IV sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura.

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	$\leq w_1$

Tabella 4.1.II: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Dove per i valori limite di aperture delle fessure valgono i seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0.2\text{mm}$$

$$w_2 = 0.3\text{mm}$$

$$w_3 = 0.4\text{mm}$$

Le armature che si impiegano nei getti di c.c.a. sono armature in acciaio ordinario e pertanto risultano appartenere al secondo gruppo, ossia al gruppo di armature poco sensibili.

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E CARICHI

6.1 Stratigrafia e parametri geotecnici

Nello schema seguente si riportano i parametri geotecnici dei terreni considerati.

Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	Indice del terreno
<i>Descrizione</i>	Descrizione terreno
γ	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
γ_s	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
ϕ	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
δ	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
<i>c</i>	Coesione espressa in [kPa]
<i>c_a</i>	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
<i>H</i>	Spessore dello strato espresso in [m]

MURO DI TESTATA

Descrizione	γ	γ_s	ϕ	δ	<i>c</i>	<i>c_a</i>
Terreno_riporto	20.00	20.00	35.00	23.33	0.0	0.0
Terreno_fondazione	19.00	19.00	27.00	27.00	0.0	0.0

6.2 Parametri sismici

Per l'analisi sismica si assumono i parametri sismici più gravosi tra tutte le opere.

Per la definizione dell'azione sismica, occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato.

La vita nominale (V_N) dell'opera è stata assunta pari a 100 anni. La classe d'uso assunta è la III.

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

$$V_R = V_N \cdot C_u = 150 \text{ anni}$$

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:

$$T_R(SLV) = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = 949 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma, è possibile definire i parametri che caratterizzano il sisma.

a_g	accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;	0.238 g
F_0	valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale	2.441
T^*_c	periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	0.283 s
S_s	coefficiente di amplificazione stratigrafica	Cat B 1.168

Per il sottosuolo si può adottare il coefficiente d'amplificazione stratigrafica S_s della categoria **B**, considerando l'opera ubicata in pianura:

$$S_s = 1.168$$

$$S_t = 1$$

$$S = S_s \times S_t = 1.168$$

L'accelerazione massima risulta quindi:

$$a_{\max}(\text{SLV}) = 1.168 \times 0.238g = 0.278 g$$

Nelle verifiche allo stato limite ultimo i valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v si possono valutare come

$$k_h = \beta_m \times (a_{\max} / g)$$

$$k_v = \pm 0.5k_h$$

Nel caso in esame il coefficiente β_m può essere assunto pari a 0.31. Pertanto, si ottengono i seguenti coefficienti sismici:

$$k_h = 0.31 \times 0.278 = 0.0862$$

$$k_v = \pm 0.5 \times 0.0862 = 0.0431$$

6.3 Carichi variabili a tergo muro

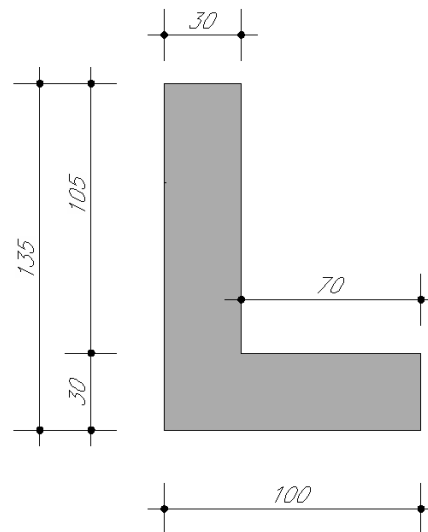
Si considera un carico variabile a tergo muro pari a 20kN/mq.

7 ANALISI MURO DI TESTATA $\Phi 500$

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi e le verifiche strutturali e geotecniche del muro di testata relativo ai tombini circolari $\Phi 500$.

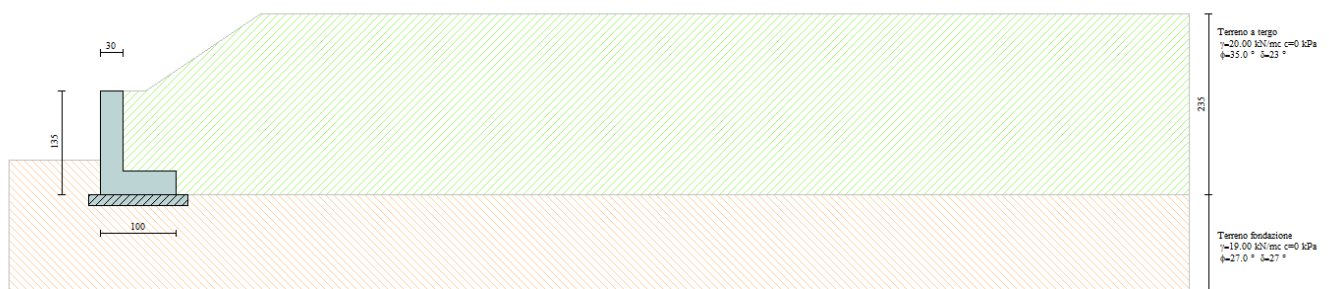
7.1 Geometria del muro

Il muro analizzato presenta la seguente geometria.



Nella figura seguente si mostra il profilo stratigrafico considerato. È stato considerato sia il caso di terreno a monte a raso muro con i carichi accidentali disposti a 30cm da filo muro, sia il caso di terreno con pendenza 2 su 3 e il carico accidentale adiacente. In relazione verrà riportato il secondo caso in quanto più gravoso.

A valle del muro è stata considerata inoltre un'altezza di rinterro equivalente, rispetto all'attacco fondazione-
paramento, pari a 45cm.

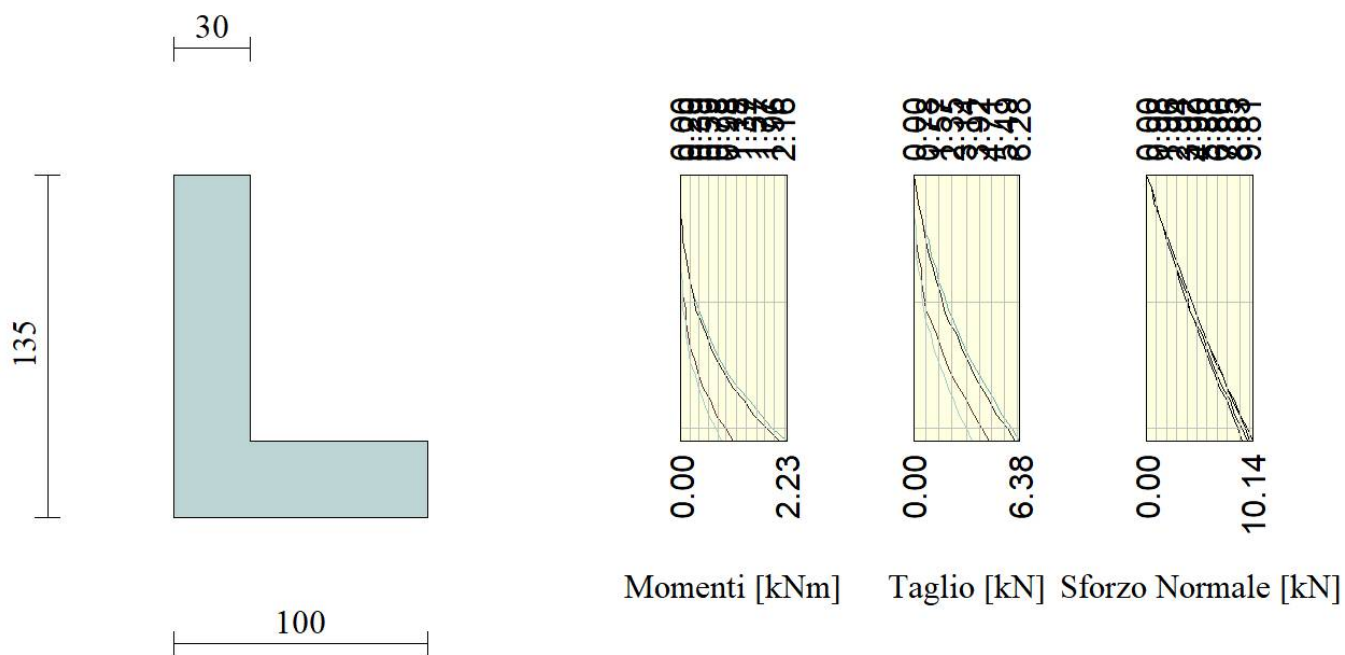


7.2 Sollecitazioni

In tabella si riassumono le sollecitazioni agenti sul paramento ed in fondazione del muro, per le combinazioni più significative.

COMBINAZIONE	PARAMENTO			FONDAZIONE		
	M_{MAX} (kNm/m)	T_{MAX} (kN/m)	N_{MAX} (kN/m)	M_{MAX} (kNm/m)	T_{MAX} (kN/m)	N_{MAX} (kN/m)
SLU - SLV	2.23	6.38	10.14	4.73	9.13	-

A titolo di esempio si riportano i grafici del momento, del taglio e dello sforzo normale agenti lungo il paramento e sulla fondazione.



Doc. N.

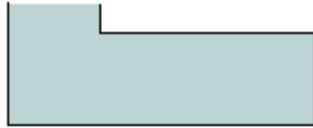
Progetto
INOR

Lotto
12

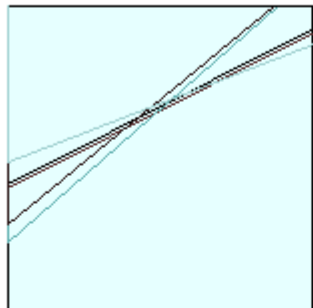
Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001

Rev.
A

Foglio
25 di 72

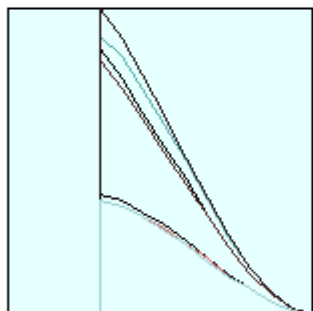


111.3



Pressioni sul terreno

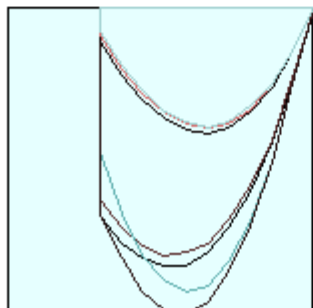
-4.7312



Momento

0.0000

0.0000



Taglio

-9.1306

7.3 Verifiche strutturali

Il paramento e la fondazione del muro sono caratterizzati dalla stessa sezione:

$$h = 30\text{cm}$$

$$A_{\text{tesa}} = \Phi 14/20$$

$$A_{\text{comp}} = \Phi 12/20$$

$$c = 4\text{cm}$$

Pertanto, verrà eseguita un'unica verifica strutturale valida sia per il paramento che per la fondazione, considerando il massimo tra le sollecitazioni ottenute per i due elementi strutturali.

7.3.1 Verifica a flessione

$$M_{S,d} = 4.73 \text{ kNm/m}$$

$$N_{S,d} = 0 \text{ kN/m}$$

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	5.65	6.6
			2	7.7	23.3

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

File

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali

B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200,000 N/mm²	f_{cd}	18.13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12.25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.7333
		τ_{c1}	2.114

M_{xRd} 77.05 kNm

σ_c -18.13 N/mm²

σ_s 391.3 N/mm²

ϵ_c 3.5 ‰

ϵ_s 19.44 ‰

d 23.3 cm

x 3.555 x/d 0.1526

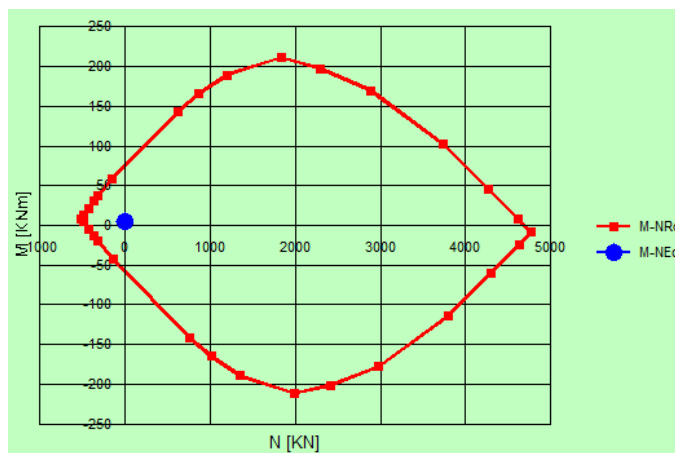
δ 0.7

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o 0 cm Col. modello

Precompresso



Essendo $M_{R,d} = 77.05 \text{ kNm/m} > M_{S,d} = 4.73 \text{ kNm/m}$ la verifica risulta soddisfatta.

7.3.2 Verifica a taglio

$$T_{S,d} = 9.13 \text{ kN/m}$$

$$N_{S,d} = 0 \text{ kN/m}$$

V_{sdu}	9.13	kN
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	40	N/mm^2
f_{ck}	32	N/mm^2
γ_c	1.50	
f_{yk}	450	N/mm^2
b_w	100	cm
d	24	cm
A_{sl}	7.7	cm^2
c	6.00	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	21.80	gradi
$\text{ctg}\theta$	2.50	
θ_{imposto}	21.80	gradi
A_{sw}	0.00	cm^2
passo	20	cm
f_{cd}	18.13	N/mm^2
f_{yd}	391.30	N/mm^2
σ_{cp}	0.00	N/mm^2
<i>Verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	126	kN

La verifica risulta soddisfatta senza armatura a taglio.



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
28 di 72

7.3.3 Verifica tensionale

Ampiamente a favore di sicurezza si esegue la verifica tensionale considerando le sollecitazioni allo SLU.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo (σ_c) deve rispettare la seguente condizione:

$$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck} \text{ per la combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} \text{ per la combinazione quasi permanente}$$

La massima tensione dell'acciaio (σ_s), per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica, deve rispettare:

$$\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk}$$

In accordo con i materiali impiegati, tali limitazioni risulteranno essere:

$$\sigma_c < 0.6 \cdot f_{ck} = 0.6 \cdot 32 = 19.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c < 0.45 \cdot f_{ck} = 0.45 \cdot 32 = 14.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s < 0.8 \cdot f_{yk} = 0.8 \cdot 450 = 360 \text{ MPa}$$

$$M_{S,d} = 4.73 \text{ kNm/m}$$

$$N_{S,d} = 0 \text{ kN/m}$$

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	6
2	7.7	24

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C32/40

ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391.3 N/mm²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E_s	200,000 N/mm²	f_{cd}	18.13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	12.25
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co}	0.7333
		τ_{c1}	2.114

σ_c -0.6736 N/mm²
 σ_s 28.14 N/mm²
 ϵ_s 0.1407 ‰
 d 24 cm
 x 6.341 x/d 0.2642
 δ 0.7703

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

Essendo le tensioni calcolate, sia nel calcestruzzo che nell'acciaio, inferiori ai limiti prescritti per entrambe le combinazioni, la verifica risulta soddisfatta.

7.3.4 Verifica a fessurazione

Ampiamente a favore di sicurezza si esegue la verifica a fessurazione considerando le sollecitazioni allo SLU. In particolare, per condizioni ambientali aggressive (XA1) e per armature poco sensibili si ha $w_2 = 0.3\text{mm}$ per la combinazione frequente e $w_1 = 0.2\text{mm}$ per la combinazione quasi permanente.

$$M_{S,d} = 4.73 \text{ kNm/m}$$

$$N_{S,d} = 0 \text{ kN/m}$$

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	5.65	6.6
2	7.7	23.3

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

File

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Sollecitazioni
 S.L.U. → Metodo n
 ←

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Materiali
 B450C C32/40
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 12.25
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² T_{co} 0.7333
 T_{c1} 2.114

σ_c -1.36 N/mm²
 σ_s 54.99 N/mm²
 ϵ_s 0.2749 ‰
 d 23.3 cm
 x 6.305 x/d 0.2706
 δ 0.7783

Verifica N° iterazioni: 5

Precompresso

Caratteristiche dei materiali

Coefficiente di omogeneizzazione cls teso-compr.	$n' =$	0.6	
Coefficiente di omogeneizzazione acc.-cls	$n =$	15	
Classe cls	$R_{ck} =$	40	N/mm²
Modulo elastico acciaio	$E_s =$	2.1E+05	N/mm²
Modulo elastico cls	$E_{cm} =$	33643	N/mm²

Caratteristiche geometriche della sezione

Altezza	$H =$	30	cm
Larghezza	$B =$	100	cm
Area acciaio teso	$A_s =$	7.7	cm²
Copri ferro baricentro acciaio teso	$c_s =$	6.70	cm
Area acciaio compresso	$A'_s =$	5.65	cm²
Copri ferro acciaio compresso	$c's =$	6.6	cm
Ricoprimento barre esterne tese	$c =$	4.0	cm
Ricoprimento barre interne tese	$c+S =$	0.0	cm
Diametro massimo barre tese	$\Phi =$	1.4	cm

Sezione fessurata: apertura fessure

Momento flettente in condizioni di fessurazione	$M =$	4.73	kNm
---	-------	------	-----

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
30 di 72

Sforzo assiale in condizioni di fessurazione	$N =$	0.00	kN
Distanza asse neutro da lembo compresso	$x =$	6.31	cm
Tensione cls compresso	$\sigma_c =$	-1.36	N/mm ²
Tensione barra esterna tesa	$\sigma_s =$	54.99	N/mm ²
Distanza media fra due fessure attigue			
Coefficiente k_2	$k_2 =$	0.5	
Tensioni nel calcestruzzo teso	$\sigma_1 =$	0.23	N/mm ²
	$\sigma_2 =$	-0.06	N/mm ²
Coefficiente k_3	$k_3 =$	3.400	
Larghezza efficace	$b_{eff} =$	100.0	cm
Altezza efficace	$d_{eff} =$	7.9	cm
Area efficace	$A_{ceff} =$	789.8	cm ²
Diametro equivalente	$\Phi_{eq} =$	1.400	cm
Area armature poste in A_{ceff}	$A_s =$	7.70	cm ²
Distanza media fra due fessure attigue	$\Delta_{smax} =$	38.013	cm
Deformazione unitaria media			
Coefficiente k_t	$k_t =$	0.4	
Coefficiente k_1	$k_1 =$	0.8	
Coefficiente k_4	$k_4 =$	0.425	
Deformazione unitaria media	$e_{sm} =$	1.57E-04	
Ampiezza fessura	$w_d =$	0.060	mm
Apertura massima fessura	$w_{amm} =$ w_1	0.2	mm

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

7.4 Verifiche geotecniche

Le verifiche geotecniche del muro di testata vengono riassunte nello schema seguente. Tutte le verifiche sono soddisfatte in quanto i coefficienti di sicurezza calcolati risultano maggiori di quelli limite imposti dalla normativa.

Simbologia adottata

C Identificativo della combinazione

Tipo Tipo combinazione

Sisma Combinazione sismica

CS_{SCO} Coeff. di sicurezza allo scorrimento

CS_{RIB} Coeff. di sicurezza al ribaltamento

CS_{QLIM} Coeff. di sicurezza a carico limite

CS_{STAB} Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{SCO}	CS_{RIB}	CS_{QLIM}	CS_{STAB}
1	A1-M1 - [1]	--	1.68	--	2.43	--
2	EQU - [1]	--	--	2.18	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.50
4	A1-M1 - [2]	--	1.53	--	2.17	--
5	EQU - [2]	--	--	1.96	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.46
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1.36	--	1.45	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1.33	--	1.49	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.66	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.60	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.25
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.23
13	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1.36	--	1.45	--
14	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1.33	--	1.49	--
15	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.66	--	--
16	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.60	--	--
17	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.25
18	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.23
19	SLEQ - [1]	--	2.12	--	3.27	--
20	SLEF - [1]	--	2.02	--	3.15	--
21	SLER - [1]	--	1.96	--	3.06	--

8 TOMBINI CIRCOLARI

Si riportano nel seguito le ipotesi da assumere e la procedura da applicare al fine di determinare la classe di resistenza delle tubature circolari, conformemente a quanto riportato dalla norma UNI 7517.

Con riferimento alla norma suddetta, le ipotesi assunte alla base del calcolo sono:

- tubazione “rigida”;
- tubazione non “in pressione”.

1.1 Carico di progetto Q_T

Le tubazioni risultano assoggettate ai carichi verticali costituiti dal peso del terreno di ricoprimento, dal peso dell’acqua contenuta nello stesso tubo e dai sovraccarichi accidentali.

Il carico di progetto Q_t risulta pertanto definito dalla seguente espressione:

$$Q_t = Q_{st} + P_{vc} + P_w$$

dove:

- Q_{st} = Carico dovuto al rinterro (kN/m)
- P_{vc} = Carico dovuto all’acqua contenuta nel collettore (kN/m)
- P_w = Carico dovuto ad azioni mobili variabili (kN/m)

Lo stato tensionale risulta quindi dipendere dal sistema di forze agenti sul tubo: distribuzione dei carichi e reazione di vincolo definite dal sistema di posa.

1.1.1 Carico da terreno sovrastante ‘ Q_{ST} ’

La norma UNI 7517 distingue due diverse tipologie di calcolo nella stima del carico da terreno sovrastante a seconda delle condizioni di posa della tubazione: una per il caso di “trincea stretta” e una per il caso di “trincea larga”.

La tubazione è considerata posata in trincea stretta nel caso sia verificata una delle seguenti condizioni:

- $B \leq 2D$ e $H \geq 1,5B$
- $2D < B < 3D$ e $H \geq 3,5B$

dove B rappresenta la larghezza della trincea a livello della generatrice del tubo, H l’altezza di ricoprimento e D il diametro esterno.

In caso di condizioni di posa in trincea stretta, il carico verticale dovuto al rinterro Q_{st} (kN/m) è calcolato come:

$$Q_{st} = C_t \cdot \gamma_t \cdot B^2$$

dove:

- γ_t = Peso specifico del materiale di rinterro (kN/mc)
- B = Larghezza della trincea a livello della generatrice del tubo (m)
- C_t = Coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea stretta. Il coefficiente è funzione del rapporto H/B, dell’angolo di attrito interno del terreno di rinterro φ e dell’angolo di attrito φ' tra terreno di rinterro e terreno naturale. È calcolato secondo la seguente espressione:

$$C_t = 1 - e^{-2k(H/B)\tan\phi} / 2k\tan\phi \text{ con } k = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$$

In caso di condizioni di posa di trincea larga il carico verticale dovuto al rinterro Q_{st} (kN/m) è calcolato come:

$$Q_{st} = C_e \cdot \gamma_t \cdot D^2$$

dove:

- γ_t = Peso specifico del materiale di rinterro (kN/mc)
- D = Diametro esterno del tubo (m)
- C_t = Coefficiente di carico del terreno nella posa in trincea larga, stimato in funzione del rapporto H/D (indicando con H l'altezza del ricoprimento da estradosso tubo), delle caratteristiche del terreno e delle modalità di posa. Cautelativamente viene valutato tramite le seguenti espressioni:

$$C_e = 0.1 + 0.85 \cdot (H/D) + 0.33 \cdot (H/D)^2 \quad \text{per } H/D \leq 2.66$$

$$C_e = 0.1 + 1.68 \cdot (H/D) \quad \text{per } H/D > 2.66$$

1.1.2 Carico da acqua contenuta 'P_w'

Il carico dovuto all'acqua contenuta all'interno della tubazione viene valutato secondo la norma UNI 7517 come:

$$P_w = 5.788 \cdot d^2$$

con d diametro interno del tubo (m)

1.1.3 Carico da azioni variabili (carichi mobili) 'P_{vc}'

Il carico mobile viene valutato secondo la norma UNI 7517 come:

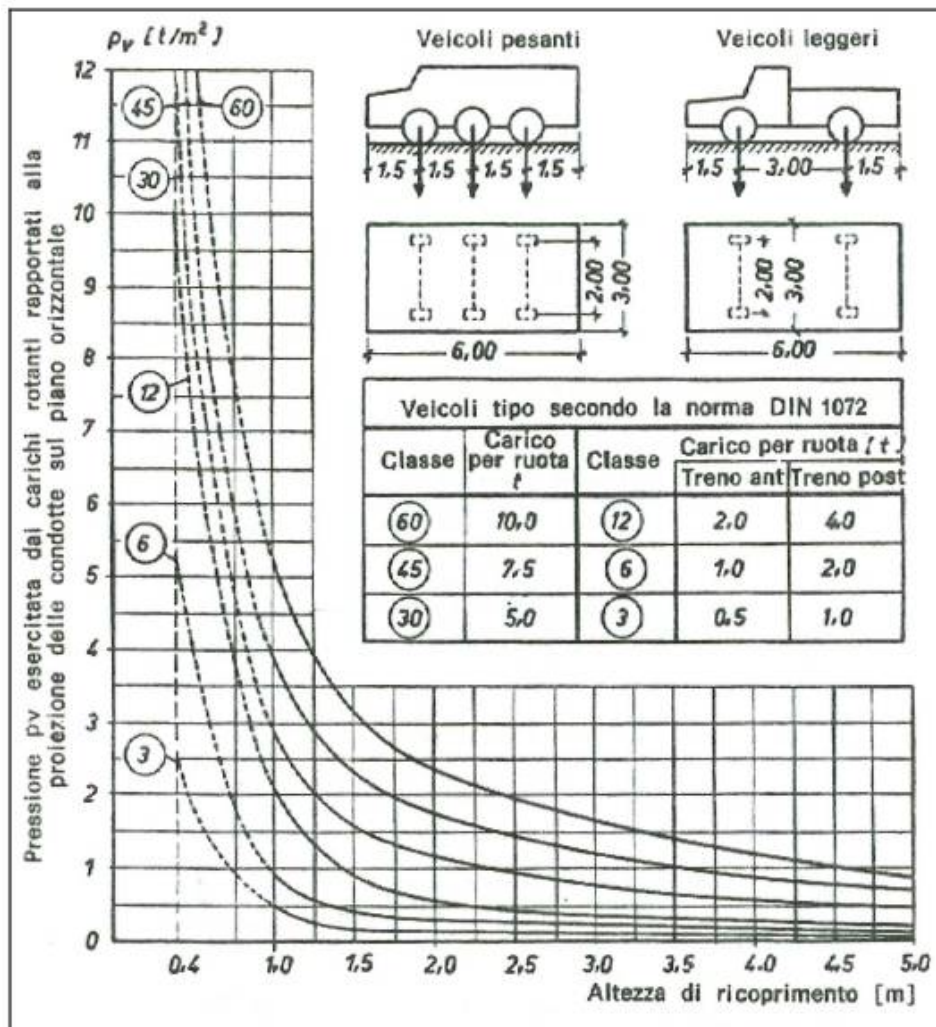
$$P_{vc} = p_v \cdot D \cdot \phi$$

dove:

- P_{vc} = Carico verticale sulla generatrice superiore del tubo, dovuti ai carichi mobili concentrati (kN/m);
- D = Diametro esterno del tubo (m);
- ϕ = Fattore dinamico che può essere calcolato come:
 - $\phi = 1 + 0.3/H$ per strade e autostrade;
 - $\phi = 1 + 0.6/H$ per ferrovie.
- p_v = Pressione verticale al livello della generatrice superiore del tubo, dovuta ai carichi mobili concentrati (kN/m²). Il valore del carico p_v è valutato in funzione del tipo di convoglio e dell'altezza di ricoprimento H , secondo le seguenti espressioni:
 - $p_v = 0,5281 \cdot P \cdot H^{-1.0461}$ Per veicoli pesanti (Tipo HT)
 - $p_v = 0,8743 \cdot P \cdot H^{-1.5194}$ Per veicoli leggeri (Tipo LT)
 dove P rappresenta il carico per ruota in kN.

Nel grafico seguente sono riportati gli andamenti di p_v in funzione del tipo di veicolo considerato e dell'altezza di ricoprimento.

Per i casi in esame, è stato sempre assunto il carico pertinente alla classe HT60, che prevede un carico per ruota P , pari a 100 kN, equivalente alla configurazione di carico da mezzo convenzionale per ponti di 1° categoria.



1.1. Classe di resistenza Q

L'espressione che governa la progettazione del tubo è la seguente:

$$\mu \leq \frac{Q \cdot K}{Q_t}$$

dove:

- μ = Coefficiente di sicurezza posto pari a 2,5 per il sifone, in cui abbiamo pressione interna, e 1,3 in tutti gli altri casi analizzati;
- K = Coefficiente che aumenta la capacità di resistenza della tubazione e che è funzione del tipo di posa.

I tombini esaminati sono posati su una soletta in calcestruzzo armato e rinfiacati con materiale da rilevato: per tale modalità di posa la normativa UNI 7517 utilizza un valore di K variabile a partire da un minimo di 2,2 che pertanto è stato assunto in modo cautelativo.

1.2. Verifica ricoprimento minimo

Il tombino oggetto della presente relazione ha diametro Φ 500. Verrà calcolato il ricoprimento minimo (indicato in tabella alla voce "Altezza di ricoprimento") necessario ad ottenere una classe di resistenza inferiore a 135 kN/mq, ossia a quella offerta dai prodotti presenti sul mercato. Dove non sarà possibile garantire il ricoprimento minimo indicato, sarà necessario inserire una soletta armata di ripartizione allo scopo di ridurre il carico gravante sul tubo.

DN500			
VERIFICA CONDIZIONI DI POSA DELLA CONDOTTA			
Diametro interno	Di	0.500	m
Spessore	sp	0.058	m
Diametro esterno	De	0.616	m
Altezza di ricoprimento minimo	H	0.510	m
Larghezza dello scavo in corrispondenza estradosso tubo	B	1.230	m
Condizione di posa		trincea larga o rilevato	
CARICO VERTICALE DOVUTO AL RINTERRO			
Peso specifico materiale di rinterro	γ_t	20	kN/m ³
	H/D	0.828	-
Coefficiente di carico del terreno	C_e	1.030	-
Carico da rinterro	Q_{st}	7.816	kN/m
CARICO VERTICALE DOVUTO ALL'ACQUA CONTENUTA NEL COLLETTORE			
Carico da acqua contenuta	P_a	1.447	kN/m
CARICO VERTICALE DA AZIONI MOBILI VARIABILI			
	ϕ	1.588	-
Categoria Veicolo	-	HT	-
Carico per ruota	P	100	kN
Pressione verticale	p_v	106.814	-
Carico da azioni variabili	P_{vc}	104.502	kN/m
CLASSE DI RESISTENZA MINIMA			
Carico di progetto	Q_ξ	113.765	kN/m
Coefficiente di posa	K	2.200	-
Coefficiente di sicurezza	μ	1.300	-
Carico minimo di rottura	F	67.225	kN/m
Classe minima di resistenza	Q	134.449	kN/mq

Quindi, per il tombino in oggetto, avendo un ricoprimento sufficiente, superiore a 51cm, non è necessaria la soletta di protezione.

9 ALLEGATI**1.2 Muro di testata $\phi 500$** **Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati***Simbologia adottata*

<i>C</i>	Identificativo della combinazione
<i>Tipo</i>	Tipo combinazione
<i>Sisma</i>	Combinazione sismica
<i>CS_{sco}</i>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
<i>CS_{rib}</i>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
<i>CS_{qlim}</i>	Coeff. di sicurezza a carico limite
<i>CS_{stab}</i>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale

C	Tipo	Sisma	CS_{sco}	CS_{rib}	CS_{qlim}	CS_{stab}
1	A1-M1 - [1]	--	1.68	--	2.43	--
2	EQU - [1]	--	--	2.18	--	--
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1.50
4	A1-M1 - [2]	--	1.53	--	2.17	--
5	EQU - [2]	--	--	1.96	--	--
6	STAB - [2]	--	--	--	--	1.46
7	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	1.36	--	1.45	--
8	A1-M1 - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	1.33	--	1.49	--
9	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.66	--	--
10	EQU - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.60	--	--
11	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.25
12	STAB - [3]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.23
13	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	1.36	--	1.45	--
14	A1-M1 - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	1.33	--	1.49	--
15	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	1.66	--	--
16	EQU - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	1.60	--	--
17	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale positivo	--	--	--	1.25
18	STAB - [4]	Orizzontale + Verticale negativo	--	--	--	1.23
19	SLEQ - [1]	--	2.12	--	3.27	--
20	SLEF - [1]	--	2.02	--	3.15	--
21	SLER - [1]	--	1.96	--	3.06	--

Analisi della spinta e verifiche

Sistema di riferimento adottato per le coordinate :

Origine in testa al muro (spigolo di monte)

Ascisse X (espresse in [m]) positive verso monte

Ordinate Y (espresse in [m]) positive verso l'alto

Le forze orizzontali sono considerate positive se agenti da monte verso valle

Le forze verticali sono considerate positive se agenti dall'alto verso il basso

Calcolo riferito ad 1 metro di muro

Tipo di analisi

Calcolo della spinta

metodo di Culmann

Calcolo del carico limite

metodo di Vesic

Calcolo della stabilità globale

metodo di Bishop

Calcolo della spinta in condizioni di

Spinta attiva

Sisma

Combinazioni SLU

Accelerazione al suolo a_g

2.33 [m/s²]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.35

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione (\square_m)

0.31

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h=(a_g/g*\square_m*St*S) = 9.97$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v=0.50 * k_h = 4.99$

Combinazioni SLE

Accelerazione al suolo a_g

0.00 [m/s²]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S)

1.50

Coefficiente di amplificazione topografica (St)

1.00

Coefficiente riduzione (\square_m)

0.18

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale

0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)

$k_h=(a_g/g*\square_m*St*S) = 0.00$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)

$k_v=0.50 * k_h = 0.00$

Forma diagramma incremento sismico

Rettangolare

Partecipazione spinta passiva (percento)

50.0

Lunghezza del muro

1.00 [m]

Peso muro

15.0780 [kN]

Baricentro del muro

X=0.02 Y=-0.85

Superficie di spinta

Punto inferiore superficie di spinta

X = 0.70 Y = -1.35

Punto superiore superficie di spinta

X = 0.70 Y = 0.27

Altezza della superficie di spinta

1.62 [m]

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
38 di 72

Inclinazione superficie di spinta (rispetto alla verticale) 0.00 [°]

COMBINAZIONE n° 1**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	13.6149	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	12.5014	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	5.3926	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.76	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.01	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	12.5014	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	36.2372	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2.5614	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	36.2372	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	12.5014	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.13	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]		
Risultante in fondazione	38.3330	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	19.03	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	4.7320	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	88.1540	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	64.63	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	7.85	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_{\square} = 14.47$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.49$	$i_q = 0.53$	$i_{\square} = 0.35$
Fattori profondità	$d_c = 1.18$	$d_q = 1.14$	$d_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_{\square} = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 13.89$	$N'_q = 7.95$	$N'_{\square} = 5.02$
----------------	---------------	-----------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento 1.68

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
39 di 72

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

2.43

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 1

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.05	0.3896	-0.0004	0.0080
3	0.11	0.7862	-0.0010	0.0322
4	0.16	1.1896	-0.0009	0.0724
5	0.21	1.6001	0.0007	0.1287
6	0.26	2.0174	0.0046	0.2010
7	0.32	2.4417	0.0117	0.2895
8	0.37	2.8730	0.0228	0.3940
9	0.42	3.3111	0.0388	0.5146
10	0.47	3.7566	0.0604	0.6521
11	0.53	4.2164	0.0879	0.8228
12	0.58	4.6985	0.1223	1.0453
13	0.63	5.2001	0.1667	1.3131
14	0.68	5.7186	0.2237	1.6198
15	0.74	6.2528	0.2954	1.9630
16	0.79	6.8007	0.3839	2.3381
17	0.84	7.3606	0.4910	2.7410
18	0.89	7.9319	0.6183	3.1702
19	0.95	8.5142	0.7671	3.6249
20	1.00	9.1071	0.9389	4.1042
21	1.05	9.7087	1.1351	4.6038

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 1

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	-0.0784	-2.1804

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
40 di 72

3	0.14	-0.2968	-3.9977
4	0.21	-0.6296	-5.4518
5	0.28	-1.0516	-6.5427
6	0.35	-1.5371	-7.2704
7	0.42	-2.0610	-7.6384
8	0.49	-2.5997	-7.7066
9	0.56	-3.1334	-7.4964
10	0.63	-3.6427	-7.0081
11	0.70	-4.1080	-6.2415

COMBINAZIONE n° 2

Valore della spinta statica	14.9095	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	14.0939	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	4.8636	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.74	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19.04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.44	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	14.1900	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	14.0939	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	32.6238	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-1.9155	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	8.5446	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	18.6475	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	32.6238	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	14.0939	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.19	[m]
Lunghezza fondazione reagente	0.93	[m]
Risultante in fondazione	35.5380	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23.36	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	6.2090	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	2.18
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 3

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.25 Y[m]= 1.13

Raggio del cerchio R[m]= 2.66

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -1.98

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.41

Larghezza della striscia dx[m]= 0.18

Coefficiente di sicurezza C= 1.50

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	α	c	u
1	1.4314	77.87	1.3994	0.0082	29.26	0	0
2	3.5125	64.66	3.1745	0.0040	29.26	0	0
3	4.6323	56.79	3.8757	0.0031	29.26	0	0
4	5.4157	50.38	4.1714	0.0027	29.26	0	0
5	5.7269	44.75	4.0319	0.0024	29.26	0	0
6	5.8765	39.64	3.7487	0.0022	29.26	0	0
7	5.9356	34.88	3.3943	0.0021	29.26	0	0
8	5.9203	30.39	2.9945	0.0020	29.26	0	0
9	5.8411	26.09	2.5689	0.0019	29.26	0	0
10	5.7675	21.95	2.1559	0.0019	27.54	0	0
11	5.7500	17.93	1.7699	0.0018	22.18	0	0
12	5.5090	13.99	1.3322	0.0018	22.18	0	0
13	5.4229	10.13	0.9535	0.0017	22.18	0	0
14	5.7393	6.31	0.6305	0.0017	22.18	0	0
15	6.4065	2.51	0.2811	0.0017	22.18	0	0
16	4.0312	-1.27	-0.0891	0.0017	22.18	0	0
17	2.1266	-5.05	-0.1873	0.0017	22.18	0	0
18	2.0552	-8.86	-0.3166	0.0017	22.18	0	0
19	1.9437	-12.71	-0.4277	0.0018	22.18	0	0
20	1.7905	-16.62	-0.5121	0.0018	22.18	0	0
21	1.5922	-20.61	-0.5605	0.0018	25.25	0	0
22	1.3368	-24.71	-0.5588	0.0019	29.26	0	0
23	1.0250	-28.95	-0.4961	0.0020	29.26	0	0

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL INZ2 0 6 001	Rev. A	Foglio 42 di 72
---------	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

24	0.6521	-33.37	-0.3587	0.0021	29.26	0	0
25	0.2088	-38.03	-0.1286	0.0022	29.26	0	0

- $W_i = 95.6497$ [kN]
- $W_i \sin \alpha_i = 32.8468$ [kN]
- $W_i \tan \alpha_i = 46.9954$ [kN]
- $\tan \alpha_i \tan \beta_i = 6.04$

COMBINAZIONE n° 4**Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole**

Valore della spinta statica	15.2448	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	13.9980	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6.0382	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.81	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	48.63	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	13.9980	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	36.8828	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-2.5614	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	36.8828	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	13.9980	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.13	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]
Risultante in fondazione	39.4498	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	20.78	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	4.7065	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	80.2006	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	65.12	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	8.64	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_{\alpha} = 14.47$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_{\alpha} = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.45$	$i_q = 0.49$	$i_{\alpha} = 0.30$
Fattori profondità	$d_c = 1.18$	$d_q = 1.14$	$d_{\alpha} = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_{\alpha} = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_{\alpha} = 1.00$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
43 di 72

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 12.62$$

$$N'_q = 7.33$$

$$N'_{\square} = 4.39$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

1.53

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

2.17

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 4

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.05	0.3896	-0.0004	0.0080
3	0.11	0.7862	-0.0010	0.0322
4	0.16	1.1896	-0.0009	0.0724
5	0.21	1.6001	0.0007	0.1287
6	0.26	2.0174	0.0046	0.2010
7	0.32	2.4417	0.0117	0.2895
8	0.37	2.8730	0.0228	0.3940
9	0.42	3.3111	0.0388	0.5146
10	0.47	3.7566	0.0604	0.6521
11	0.53	4.2164	0.0879	0.8228
12	0.58	4.6985	0.1223	1.0453
13	0.63	5.2001	0.1667	1.3131
14	0.68	5.7186	0.2237	1.6198
15	0.74	6.2528	0.2954	1.9630
16	0.79	6.8007	0.3839	2.3381
17	0.84	7.3606	0.4910	2.7410
18	0.89	7.9319	0.6183	3.1702
19	0.95	8.5142	0.7671	3.6249
20	1.00	9.1071	0.9389	4.1042
21	1.05	9.7087	1.1351	4.6038

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 4

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte
Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm
Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	-0.0765	-2.1253
3	0.14	-0.2891	-3.8889
4	0.21	-0.6125	-5.2908
5	0.28	-1.0214	-6.3311
6	0.35	-1.4904	-7.0096
7	0.42	-1.9943	-7.3300
8	0.49	-2.5098	-7.3520
9	0.56	-3.0171	-7.0972
10	0.63	-3.4969	-6.5657
11	0.70	-3.9299	-5.7574

COMBINAZIONE n° 5

Valore della spinta statica	19.3699	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	18.3103	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	6.3186	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.79	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19.04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	44.44	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	14.1900	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	18.3103	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	34.0788	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-1.9155	[kN]
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	10.2632	[kNm]
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	20.1025	[kNm]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	34.0788	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	18.3103	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.21	[m]
Lunghezza fondazione reagente	0.87	[m]
Risultante in fondazione	38.6863	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	28.25	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7.2001	[kNm]

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.96
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 6

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)

angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= 0.00 Y[m]= 1.13

Raggio del cerchio R[m]= 2.58

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -1.60

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.58

Larghezza della striscia dx[m]= 0.17

Coefficiente di sicurezza C= 1.46

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	α	c	u
1	5.6534	77.90	5.5277	0.0078	29.26	0	0
2	3.5570	64.88	3.2206	0.0039	29.26	0	0
3	4.2347	57.08	3.5549	0.0030	29.26	0	0
4	5.0091	50.73	3.8779	0.0026	29.26	0	0
5	5.6120	45.16	3.9795	0.0023	29.26	0	0
6	5.8392	40.10	3.7611	0.0021	29.26	0	0
7	5.9005	35.39	3.4175	0.0020	29.26	0	0
8	5.8940	30.95	3.0312	0.0019	29.26	0	0
9	5.8295	26.71	2.6198	0.0018	29.26	0	0
10	5.7138	22.61	2.1971	0.0018	29.26	0	0
11	5.5517	18.64	1.7747	0.0017	29.26	0	0
12	5.5163	14.76	1.4057	0.0017	24.09	0	0
13	5.3218	10.95	1.0110	0.0017	22.18	0	0
14	5.0594	7.19	0.6330	0.0017	22.18	0	0
15	5.0341	3.46	0.3034	0.0016	22.18	0	0
16	5.5082	-0.26	-0.0252	0.0016	22.18	0	0
17	5.8334	-3.98	-0.4049	0.0016	22.18	0	0
18	2.6387	-7.72	-0.3543	0.0017	22.18	0	0
19	1.6442	-11.48	-0.3274	0.0017	22.18	0	0
20	1.5168	-15.31	-0.4004	0.0017	25.13	0	0
21	1.3441	-19.20	-0.4420	0.0017	29.26	0	0
22	1.1269	-23.18	-0.4436	0.0018	29.26	0	0
23	0.8628	-27.29	-0.3956	0.0018	29.26	0	0

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL INZ2 0 6 001	Rev. A	Foglio 46 di 72
---------	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

24	0.5465	-31.56	-0.2861	0.0019	29.26	0	0
25	0.1711	-36.04	-0.1007	0.0020	29.26	0	0

- $W_i = 100.9190$ [kN]
- $W_i \sin \alpha_i = 37.1351$ [kN]
- $W_i \tan \alpha_i = 51.0341$ [kN]
- $\tan \alpha_i \tan \beta_i = 6.33$

COMBINAZIONE n° 7

Valore della spinta statica	10.4730	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	9.6165	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	4.1481	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.76	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.01	[°]		

Incremento sismico della spinta	3.7255	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.54	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	50.51	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]
Inerzia del muro	1.5035	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0.7518	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5722	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0.7861	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	16.1130	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	38.0062	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2.5614	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	38.0062	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	16.1130	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.21	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	0.88	[m]		
Risultante in fondazione	41.2808	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22.97	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7.8050	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	55.1893	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	0.88	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	86.00	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.00	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_{\square} = 14.47$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.39$	$i_q = 0.44$	$i_{\square} = 0.25$
Fattori profondità	$d_c = 1.18$	$d_q = 1.14$	$d_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_{\square} = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 11.05 \qquad N'_q = 6.56 \qquad N'_{\square} = 3.64$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.36
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.45

Sollecitazioni paramentoCombinazione n° 7

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.05	0.4335	-0.0033	0.1482
3	0.11	0.8722	0.0008	0.3087
4	0.16	1.3164	0.0128	0.4816
5	0.21	1.7658	0.0334	0.6669
6	0.26	2.2206	0.0632	0.8646
7	0.32	2.6808	0.1030	1.0746
8	0.37	3.1462	0.1533	1.2970
9	0.42	3.6170	0.2148	1.5318
10	0.47	4.0934	0.2881	1.7795
11	0.53	4.5809	0.3734	2.0529
12	0.58	5.0855	0.4714	2.3660
13	0.63	5.6051	0.5846	2.7140
14	0.68	6.1377	0.7149	3.0919
15	0.74	6.6823	0.8640	3.4979
16	0.79	7.2376	1.0335	3.9284
17	0.84	7.8020	1.2248	4.3804
18	0.89	8.3752	1.4390	4.8525
19	0.95	8.9569	1.6772	5.3442
20	1.00	9.5467	1.9406	5.8549
21	1.05	10.1433	2.2302	6.3812

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001

Rev.
A

Foglio
48 di 72

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 7

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	-0.0818	-2.3255
3	0.14	-0.3238	-4.5579
4	0.21	-0.7088	-6.3515
5	0.28	-1.2004	-7.6031
6	0.35	-1.7606	-8.3127
7	0.42	-2.3515	-8.4828
8	0.49	-2.9368	-8.1596
9	0.56	-3.4828	-7.3596
10	0.63	-3.9560	-6.0830
11	0.70	-4.3233	-4.3296

COMBINAZIONE n° 8

Valore della spinta statica	10.4730	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	9.6165	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	4.1481	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.76	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.01	[°]		
Incremento sismico della spinta	2.7182	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.54	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	50.01	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]
Inerzia del muro	1.5035	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0.7518	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5722	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0.7861	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	15.1880	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	34.5315	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2.5614	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	34.5315	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	15.1880	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.21	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	0.87	[m]		
Risultante in fondazione	37.7240	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23.74	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7.2462	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	51.5881	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	0.87	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	79.34	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.00	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_{\square} = 14.47$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.37$	$i_q = 0.42$	$i_{\square} = 0.23$
Fattori profondità	$d_c = 1.18$	$d_q = 1.14$	$d_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_{\square} = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 10.50$$

$$N'_q = 6.29$$

$$N'_{\square} = 3.40$$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
50 di 72**COEFFICIENTI DI SICUREZZA**

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.33
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.49

Sollecitazioni paramento**Combinazione n° 8**

L'ordinata Y(espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.05	0.4265	-0.0026	0.1321
3	0.11	0.8584	0.0012	0.2766
4	0.16	1.2956	0.0121	0.4335
5	0.21	1.7381	0.0308	0.6028
6	0.26	2.1860	0.0579	0.7844
7	0.32	2.6392	0.0940	0.9784
8	0.37	3.0978	0.1399	1.1847
9	0.42	3.5617	0.1961	1.4035
10	0.47	4.0311	0.2633	1.6351
11	0.53	4.5117	0.3416	1.8924
12	0.58	5.0093	0.4319	2.1895
13	0.63	5.5220	0.5364	2.5214
14	0.68	6.0477	0.6572	2.8833
15	0.74	6.5854	0.7960	3.2733
16	0.79	7.1338	0.9543	3.6878
17	0.84	7.6913	1.1335	4.1236
18	0.89	8.2576	1.3349	4.5797
19	0.95	8.8323	1.5595	5.0554
20	1.00	9.4152	1.8083	5.5501
21	1.05	10.0048	2.0825	6.0603

Sollecitazioni fondazione di monte**Combinazione n° 8**

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	-0.0818	-2.3255
3	0.14	-0.3240	-4.5807
4	0.21	-0.7143	-6.4855
5	0.28	-1.2200	-7.8782
6	0.35	-1.8053	-8.7591
7	0.42	-2.4344	-9.1306
8	0.49	-3.0729	-9.0389
9	0.56	-3.6894	-8.5006
10	0.63	-4.2526	-7.5156
11	0.70	-4.7312	-6.0841

COMBINAZIONE n° 9

Valore della spinta statica	13.5541	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	12.8126	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	4.4215	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.74	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19.04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.44	[°]		

Incremento sismico della spinta	4.2968	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.54	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	46.44	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]
Inerzia del muro	1.5035	[kN]		
Inerzia verticale del muro	0.7518	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5722	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0.7861	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	19.9501	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	38.2056	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2.1283	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	13.1588	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	21.9021	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	38.2056	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	19.9501	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.27	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	0.69	[m]		
Risultante in fondazione	43.1007	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	27.57	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	10.3594	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.66
--	------

COMBINAZIONE n° 10

Valore della spinta statica	13.5541	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	12.8126	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	4.4215	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.74	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19.04	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.44	[°]		

Incremento sismico della spinta	2.9924	[kN]		
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.54	[m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	45.87	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]
Inerzia del muro	1.5035	[kN]		
Inerzia verticale del muro	-0.7518	[kN]		
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5722	[kN]		
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0.7861	[kN]		

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	18.7170	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	34.7044	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2.1283	[kN]		
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	12.9257	[kNm]		
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	20.7130	[kNm]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	34.7044	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	18.7170	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.28	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	0.67	[m]		
Risultante in fondazione	39.4300	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	28.34	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	9.5648	[kNm]		

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.60
--	------

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 11

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

 angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.38 Y[m]= 1.13

Raggio del cerchio R[m]= 2.71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2.18

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.33

Larghezza della striscia dx[m]= 0.18

Coefficiente di sicurezza C= 1.25

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	α	c	u
1	1.5092	77.85	1.4754	0.0084	29.26	0	0
2	3.7005	64.54	3.3411	0.0041	29.26	0	0
3	4.8751	56.63	4.0713	0.0032	29.26	0	0
4	5.5160	50.18	4.2368	0.0028	29.26	0	0
5	5.7921	44.53	4.0617	0.0025	29.26	0	0
6	5.9452	39.38	3.7723	0.0023	29.26	0	0
7	6.0028	34.60	3.4086	0.0021	29.26	0	0
8	5.9819	30.08	2.9981	0.0020	29.26	0	0
9	5.8937	25.76	2.5611	0.0020	29.26	0	0
10	5.9747	21.59	2.1983	0.0019	22.51	0	0
11	5.7742	17.54	1.7399	0.0019	22.18	0	0
12	5.6327	13.58	1.3221	0.0018	22.18	0	0
13	5.8100	9.68	0.9768	0.0018	22.18	0	0
14	6.7111	5.83	0.6814	0.0018	22.18	0	0
15	4.9742	2.00	0.1738	0.0018	22.18	0	0
16	2.3787	-1.81	-0.0753	0.0018	22.18	0	0
17	2.3385	-5.64	-0.2298	0.0018	22.18	0	0
18	2.2565	-9.49	-0.3720	0.0018	22.18	0	0
19	2.1315	-13.38	-0.4933	0.0018	22.18	0	0
20	1.9617	-17.34	-0.5847	0.0019	22.18	0	0
21	1.7445	-21.39	-0.6362	0.0019	22.18	0	0
22	1.4684	-25.55	-0.6333	0.0020	29.22	0	0
23	1.1267	-29.86	-0.5610	0.0020	29.26	0	0

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
54 di 72

24	0.7180	-34.37	-0.4054	0.0021	29.26	0	0
25	0.2315	-39.14	-0.1461	0.0023	29.26	0	0

- $W_i = 96.4493$ [kN]
- $W_i \sin \alpha_i = 32.8818$ [kN]
- $W_i \tan \alpha_i = 46.7928$ [kN]
- $\tan \alpha_i \tan \beta_i = 5.88$

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 12

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

- W peso della striscia espresso in [kN]
- angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
- angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.38 Y[m]= 1.13

Raggio del cerchio R[m]= 2.71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2.18

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.33

Larghezza della striscia dx[m]= 0.18

Coefficiente di sicurezza C= 1.23

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	α	c	u
1	1.5092	77.85	1.4754	0.0084	29.26	0	0
2	3.7005	64.54	3.3411	0.0041	29.26	0	0
3	4.8751	56.63	4.0713	0.0032	29.26	0	0
4	5.5160	50.18	4.2368	0.0028	29.26	0	0
5	5.7921	44.53	4.0617	0.0025	29.26	0	0
6	5.9452	39.38	3.7723	0.0023	29.26	0	0
7	6.0028	34.60	3.4086	0.0021	29.26	0	0
8	5.9819	30.08	2.9981	0.0020	29.26	0	0
9	5.8937	25.76	2.5611	0.0020	29.26	0	0
10	5.9747	21.59	2.1983	0.0019	22.51	0	0

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL INZ2 0 6 001	Rev. A	Foglio 55 di 72
11	5.7742	17.54	1.7399	0.0019	22.18
12	5.6327	13.58	1.3221	0.0018	22.18
13	5.8100	9.68	0.9768	0.0018	22.18
14	6.7111	5.83	0.6814	0.0018	22.18
15	4.9742	2.00	0.1738	0.0018	22.18
16	2.3787	-1.81	-0.0753	0.0018	22.18
17	2.3385	-5.64	-0.2298	0.0018	22.18
18	2.2565	-9.49	-0.3720	0.0018	22.18
19	2.1315	-13.38	-0.4933	0.0018	22.18
20	1.9617	-17.34	-0.5847	0.0019	22.18
21	1.7445	-21.39	-0.6362	0.0019	22.18
22	1.4684	-25.55	-0.6333	0.0020	29.22
23	1.1267	-29.86	-0.5610	0.0020	29.26
24	0.7180	-34.37	-0.4054	0.0021	29.26
25	0.2315	-39.14	-0.1461	0.0023	29.26

$\Sigma W_i = 96.4493$ [kN]

$\square W_i \sin \alpha_i = 32.8818$ [kN]

$\square W_i \tan \square_i = 46.7928$ [kN]

$\square \tan \square_i \tan \square_i = 5.88$

COMBINAZIONE n° 13

Peso muro favorevole e Peso terrapieno favorevole

Valore della spinta statica	10.4730	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	9.6165	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	4.1481	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.76 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.01	[°]	
Incremento sismico della spinta	3.7255	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.54 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	50.51	[°]	
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48 [m]
Inerzia del muro	1.5035	[kN]	
Inerzia verticale del muro	0.7518	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5722	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0.7861	[kN]	
Risultanti			
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	16.1130	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	38.0062	[kN]	
Resistenza passiva a valle del muro	-2.5614	[kN]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	38.0062	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	16.1130	[kN]	

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
56 di 72

Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.21	[m]
Lunghezza fondazione reagente	0.88	[m]
Risultante in fondazione	41.2808	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	22.97	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7.8050	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	55.1893	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	0.88	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	86.00	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.00	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_{\square} = 14.47$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.39$	$i_q = 0.44$	$i_{\square} = 0.25$
Fattori profondità	$d_c = 1.18$	$d_q = 1.14$	$d_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_{\square} = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 11.05$	$N'_q = 6.56$	$N'_{\square} = 3.64$
----------------	---------------	-----------------------

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.36
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	1.45

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
57 di 72

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 13

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.05	0.4335	-0.0033	0.1482
3	0.11	0.8722	0.0008	0.3087
4	0.16	1.3164	0.0128	0.4816
5	0.21	1.7658	0.0334	0.6669
6	0.26	2.2206	0.0632	0.8646
7	0.32	2.6808	0.1030	1.0746
8	0.37	3.1462	0.1533	1.2970
9	0.42	3.6170	0.2148	1.5318
10	0.47	4.0934	0.2881	1.7795
11	0.53	4.5809	0.3734	2.0529
12	0.58	5.0855	0.4714	2.3660
13	0.63	5.6051	0.5846	2.7140
14	0.68	6.1377	0.7149	3.0919
15	0.74	6.6823	0.8640	3.4979
16	0.79	7.2376	1.0335	3.9284
17	0.84	7.8020	1.2248	4.3804
18	0.89	8.3752	1.4390	4.8525
19	0.95	8.9569	1.6772	5.3442
20	1.00	9.5467	1.9406	5.8549
21	1.05	10.1433	2.2302	6.3812

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 13

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	-0.0818	-2.3255
3	0.14	-0.3238	-4.5579
4	0.21	-0.7088	-6.3515
5	0.28	-1.2004	-7.6031
6	0.35	-1.7606	-8.3127

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
58 di 72

7	0.42	-2.3515	-8.4828
8	0.49	-2.9368	-8.1596
9	0.56	-3.4828	-7.3596
10	0.63	-3.9560	-6.0830
11	0.70	-4.3233	-4.3296

COMBINAZIONE n° 14

Valore della spinta statica	10.4730	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	9.6165	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	4.1481	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.76 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.01	[°]	

Incremento sismico della spinta	2.7182	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.54 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	50.01	[°]	

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48 [m]
Inerzia del muro	1.5035	[kN]	
Inerzia verticale del muro	-0.7518	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5722	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0.7861	[kN]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	15.1880	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	34.5315	[kN]	
Resistenza passiva a valle del muro	-2.5614	[kN]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	34.5315	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	15.1880	[kN]	
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.21	[m]	
Lunghezza fondazione reagente	0.87	[m]	
Risultante in fondazione	37.7240	[kN]	
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	23.74	[°]	
Momento rispetto al baricentro della fondazione	7.2462	[kNm]	
Carico ultimo della fondazione	51.5881	[kN]	

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	0.87	[m]	
Tensione terreno allo spigolo di valle	79.34	[kPa]	
Tensione terreno allo spigolo di monte	0.00	[kPa]	

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_{\square} = 14.47$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.37$	$i_q = 0.42$	$i_{\square} = 0.23$
Fattori profondità	$d_c = 1.18$	$d_q = 1.14$	$d_{\square} = 1.00$

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
59 di 72**Fattori inclinazione piano posa**

$b_c = 1.00$

$b_q = 1.00$

$b_{\square} = 1.00$

Fattori inclinazione pendio

$g_c = 1.00$

$g_q = 1.00$

$g_{\square} = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$N'_c = 10.50$

$N'_q = 6.29$

$N'_{\square} = 3.40$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento

1.33

Coefficiente di sicurezza a carico ultimo

1.49

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
60 di 72

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 14

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.05	0.4265	-0.0026	0.1321
3	0.11	0.8584	0.0012	0.2766
4	0.16	1.2956	0.0121	0.4335
5	0.21	1.7381	0.0308	0.6028
6	0.26	2.1860	0.0579	0.7844
7	0.32	2.6392	0.0940	0.9784
8	0.37	3.0978	0.1399	1.1847
9	0.42	3.5617	0.1961	1.4035
10	0.47	4.0311	0.2633	1.6351
11	0.53	4.5117	0.3416	1.8924
12	0.58	5.0093	0.4319	2.1895
13	0.63	5.5220	0.5364	2.5214
14	0.68	6.0477	0.6572	2.8833
15	0.74	6.5854	0.7960	3.2733
16	0.79	7.1338	0.9543	3.6878
17	0.84	7.6913	1.1335	4.1236
18	0.89	8.2576	1.3349	4.5797
19	0.95	8.8323	1.5595	5.0554
20	1.00	9.4152	1.8083	5.5501
21	1.05	10.0048	2.0825	6.0603

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 14

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	-0.0818	-2.3255
3	0.14	-0.3240	-4.5807
4	0.21	-0.7143	-6.4855
5	0.28	-1.2200	-7.8782
6	0.35	-1.8053	-8.7591

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL INZ2 0 6 001	Rev. A	Foglio 61 di 72
---------	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

7	0.42	-2.4344	-9.1306
8	0.49	-3.0729	-9.0389
9	0.56	-3.6894	-8.5006
10	0.63	-4.2526	-7.5156
11	0.70	-4.7312	-6.0841

COMBINAZIONE n° 15

Valore della spinta statica	13.5541	[kN]	
Componente orizzontale della spinta statica	12.8126	[kN]	
Componente verticale della spinta statica	4.4215	[kN]	
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.74 [m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19.04	[°]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.44	[°]	

Incremento sismico della spinta	4.2968	[kN]	
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.54 [m]
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	46.44	[°]	

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]	
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48 [m]
Inerzia del muro	1.5035	[kN]	
Inerzia verticale del muro	0.7518	[kN]	
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5722	[kN]	
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	0.7861	[kN]	

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	19.9501	[kN]	
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	38.2056	[kN]	
Resistenza passiva a valle del muro	-2.1283	[kN]	
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	13.1588	[kNm]	
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	21.9021	[kNm]	
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	38.2056	[kN]	
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	19.9501	[kN]	
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.27	[m]	
Lunghezza fondazione reagente	0.69	[m]	
Risultante in fondazione	43.1007	[kN]	
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	27.57	[°]	
Momento rispetto al baricentro della fondazione	10.3594	[kNm]	

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.66
--	------

COMBINAZIONE n° 16

Valore della spinta statica	13.5541	[kN]
Componente orizzontale della spinta statica	12.8126	[kN]
Componente verticale della spinta statica	4.4215	[kN]

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL INZ2 0 6 001	Rev. A	Foglio 62 di 72
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.74	[m]	
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	19.04	[°]			
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	51.44	[°]			
Incremento sismico della spinta	2.9924	[kN]			
Punto d'applicazione dell'incremento sismico di spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.54	[m]	
Inclinazione linea di rottura in condizioni sismiche	45.87	[°]			
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]			
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]	
Inerzia del muro	1.5035	[kN]			
Inerzia verticale del muro	-0.7518	[kN]			
Inerzia del terrapieno fondazione di monte	1.5722	[kN]			
Inerzia verticale del terrapieno fondazione di monte	-0.7861	[kN]			
<u>Risultanti</u>					
Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	18.7170	[kN]			
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	34.7044	[kN]			
Resistenza passiva a valle del muro	-2.1283	[kN]			
Momento ribaltante rispetto allo spigolo a valle	12.9257	[kNm]			
Momento stabilizzante rispetto allo spigolo a valle	20.7130	[kNm]			
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	34.7044	[kN]			
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	18.7170	[kN]			
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.28	[m]			
Lunghezza fondazione reagente	0.67	[m]			
Risultante in fondazione	39.4300	[kN]			
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	28.34	[°]			
Momento rispetto al baricentro della fondazione	9.5648	[kNm]			
<u>COEFFICIENTI DI SICUREZZA</u>					
Coefficiente di sicurezza a ribaltamento	1.60				

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 17

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

W peso della striscia espresso in [kN]

 angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario) angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia

c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]

b larghezza della striscia espressa in [m]

u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.38 Y[m]= 1.13

Raggio del cerchio R[m]= 2.71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2.18

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.33

Larghezza della striscia dx[m]= 0.18

Coefficiente di sicurezza C= 1.25

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	α	c	u
1	1.5092	77.85	1.4754	0.0084	29.26	0	0
2	3.7005	64.54	3.3411	0.0041	29.26	0	0
3	4.8751	56.63	4.0713	0.0032	29.26	0	0
4	5.5160	50.18	4.2368	0.0028	29.26	0	0
5	5.7921	44.53	4.0617	0.0025	29.26	0	0
6	5.9452	39.38	3.7723	0.0023	29.26	0	0
7	6.0028	34.60	3.4086	0.0021	29.26	0	0
8	5.9819	30.08	2.9981	0.0020	29.26	0	0
9	5.8937	25.76	2.5611	0.0020	29.26	0	0
10	5.9747	21.59	2.1983	0.0019	22.51	0	0
11	5.7742	17.54	1.7399	0.0019	22.18	0	0
12	5.6327	13.58	1.3221	0.0018	22.18	0	0
13	5.8100	9.68	0.9768	0.0018	22.18	0	0
14	6.7111	5.83	0.6814	0.0018	22.18	0	0
15	4.9742	2.00	0.1738	0.0018	22.18	0	0
16	2.3787	-1.81	-0.0753	0.0018	22.18	0	0
17	2.3385	-5.64	-0.2298	0.0018	22.18	0	0
18	2.2565	-9.49	-0.3720	0.0018	22.18	0	0
19	2.1315	-13.38	-0.4933	0.0018	22.18	0	0
20	1.9617	-17.34	-0.5847	0.0019	22.18	0	0
21	1.7445	-21.39	-0.6362	0.0019	22.18	0	0
22	1.4684	-25.55	-0.6333	0.0020	29.22	0	0
23	1.1267	-29.86	-0.5610	0.0020	29.26	0	0

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due



ALTA SORVEGLIANZA



ITALFERR

GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL INZ2 0 6 001	Rev. A	Foglio 64 di 72
---------	------------------	-------------	--	-----------	--------------------

24	0.7180	-34.37	-0.4054	0.0021	29.26	0	0
25	0.2315	-39.14	-0.1461	0.0023	29.26	0	0

- $W_i = 96.4493$ [kN]
- $W_i \sin \alpha_i = 32.8818$ [kN]
- $W_i \tan \alpha_i = 46.7928$ [kN]
- $\tan \alpha_i \tan \beta_i = 5.88$

Stabilità globale muro + terreno

Combinazione n° 18

Le ascisse X sono considerate positive verso monte

Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto

Origine in testa al muro (spigolo contro terra)

- W peso della striscia espresso in [kN]
- angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)
- angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia
- c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]
- b larghezza della striscia espressa in [m]
- u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]

Metodo di Bishop

Numero di cerchi analizzati 36

Numero di strisce 25

Cerchio critico

Coordinate del centro X[m]= -0.38 Y[m]= 1.13

Raggio del cerchio R[m]= 2.71

Ascissa a valle del cerchio Xi[m]= -2.18

Ascissa a monte del cerchio Xs[m]= 2.33

Larghezza della striscia dx[m]= 0.18

Coefficiente di sicurezza C= 1.23

Le strisce sono numerate da monte verso valle

Caratteristiche delle strisce

Striscia	W	α (°)	$W \sin \alpha$	$b / \cos \alpha$	β	c	u
1	1.5092	77.85	1.4754	0.0084	29.26	0	0
2	3.7005	64.54	3.3411	0.0041	29.26	0	0
3	4.8751	56.63	4.0713	0.0032	29.26	0	0
4	5.5160	50.18	4.2368	0.0028	29.26	0	0
5	5.7921	44.53	4.0617	0.0025	29.26	0	0
6	5.9452	39.38	3.7723	0.0023	29.26	0	0
7	6.0028	34.60	3.4086	0.0021	29.26	0	0
8	5.9819	30.08	2.9981	0.0020	29.26	0	0
9	5.8937	25.76	2.5611	0.0020	29.26	0	0
10	5.9747	21.59	2.1983	0.0019	22.51	0	0
11	5.7742	17.54	1.7399	0.0019	22.18	0	0

Doc. N.	Progetto INOR	Lotto 12	Codifica Documento E E2 CL INZ2 0 6 001	Rev. A	Foglio 65 di 72
12	5.6327	13.58	1.3221	0.0018	22.18
13	5.8100	9.68	0.9768	0.0018	22.18
14	6.7111	5.83	0.6814	0.0018	22.18
15	4.9742	2.00	0.1738	0.0018	22.18
16	2.3787	-1.81	-0.0753	0.0018	22.18
17	2.3385	-5.64	-0.2298	0.0018	22.18
18	2.2565	-9.49	-0.3720	0.0018	22.18
19	2.1315	-13.38	-0.4933	0.0018	22.18
20	1.9617	-17.34	-0.5847	0.0019	22.18
21	1.7445	-21.39	-0.6362	0.0019	22.18
22	1.4684	-25.55	-0.6333	0.0020	29.22
23	1.1267	-29.86	-0.5610	0.0020	29.26
24	0.7180	-34.37	-0.4054	0.0021	29.26
25	0.2315	-39.14	-0.1461	0.0023	29.26

- $\square W_i = 96.4493$ [kN]
- $\square W_i \sin \square_i = 32.8818$ [kN]
- $\square W_i \tan \square_i = 46.7928$ [kN]
- $\square \tan \square_i \tan \square_i = 5.88$

COMBINAZIONE n° 19

Valore della spinta statica	10.4730	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	9.6165	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	4.1481	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.76	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	55.01	[°]		
Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	9.6165	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	34.9928	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-2.5614	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	34.9928	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	9.6165	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]
Risultante in fondazione	36.2901	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	15.37	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3.6646	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	114.5910	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	56.98	[kPa]

Tensione terreno allo spigolo di monte

13.00 [kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_{\square} = 14.47$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.59$	$i_q = 0.62$	$i_{\square} = 0.45$
Fattori profondità	$d_c = 1.18$	$d_q = 1.14$	$d_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_{\square} = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 16.56 \qquad N'_q = 9.27 \qquad N'_{\square} = 6.48$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.12
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.27

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
67 di 72

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 19

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.05	0.3888	-0.0003	0.0062
3	0.11	0.7830	-0.0007	0.0247
4	0.16	1.1824	-0.0007	0.0557
5	0.21	1.5873	0.0005	0.0990
6	0.26	1.9974	0.0035	0.1546
7	0.32	2.4129	0.0090	0.2227
8	0.37	2.8337	0.0175	0.3031
9	0.42	3.2599	0.0298	0.3959
10	0.47	3.6917	0.0465	0.5016
11	0.53	4.1345	0.0676	0.6330
12	0.58	4.5944	0.0941	0.8041
13	0.63	5.0694	0.1282	1.0100
14	0.68	5.5573	0.1721	1.2460
15	0.74	6.0573	0.2272	1.5100
16	0.79	6.5680	0.2953	1.7986
17	0.84	7.0878	0.3777	2.1085
18	0.89	7.6164	0.4756	2.4386
19	0.95	8.1533	0.5901	2.7883
20	1.00	8.6985	0.7222	3.1571
21	1.05	9.2504	0.8732	3.5413

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 19

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	-0.0474	-1.3074
3	0.14	-0.1765	-2.3341
4	0.21	-0.3676	-3.0799
5	0.28	-0.6011	-3.5449
6	0.35	-0.8573	-3.7291

Doc. N.

Progetto
INORLotto
12Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001Rev.
AFoglio
68 di 72

7	0.42	-1.1167	-3.6351
8	0.49	-1.3610	-3.3090
9	0.56	-1.5749	-2.7674
10	0.63	-1.7434	-2.0103
11	0.70	-1.8513	-1.0378

COMBINAZIONE n° 20

Valore della spinta statica	11.0676	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	10.1624	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	4.3836	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.79	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	49.88	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	10.1624	[kN]		
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	35.2283	[kN]		
Resistenza passiva a valle del muro	-2.5614	[kN]		
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	35.2283	[kN]		
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	10.1624	[kN]		
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.10	[m]		
Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]		
Risultante in fondazione	36.6648	[kN]		
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.09	[°]		
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3.6246	[kNm]		
Carico ultimo della fondazione	110.9904	[kN]		

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]		
Tensione terreno allo spigolo di valle	56.98	[kPa]		
Tensione terreno allo spigolo di monte	13.48	[kPa]		

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_{\square} = 14.47$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione	$i_c = 0.57$	$i_q = 0.60$	$i_{\square} = 0.43$
Fattori profondità	$d_c = 1.18$	$d_q = 1.14$	$d_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_{\square} = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 16.03$$

$$N'_q = 9.00$$

$$N'_{\square} = 6.18$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	2.02
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.15

Sollecitazioni paramento**Combinazione n° 20**

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.05	0.3888	-0.0003	0.0062
3	0.11	0.7830	-0.0007	0.0247
4	0.16	1.1824	-0.0007	0.0557
5	0.21	1.5873	0.0005	0.0990
6	0.26	1.9974	0.0035	0.1546
7	0.32	2.4129	0.0090	0.2227
8	0.37	2.8337	0.0175	0.3031
9	0.42	3.2599	0.0298	0.3959
10	0.47	3.6917	0.0465	0.5016
11	0.53	4.1345	0.0676	0.6330
12	0.58	4.5944	0.0941	0.8041
13	0.63	5.0694	0.1282	1.0100
14	0.68	5.5573	0.1721	1.2460
15	0.74	6.0573	0.2272	1.5100
16	0.79	6.5680	0.2953	1.7986
17	0.84	7.0878	0.3777	2.1085
18	0.89	7.6164	0.4756	2.4386
19	0.95	8.1533	0.5901	2.7883
20	1.00	8.6985	0.7222	3.1571
21	1.05	9.2504	0.8732	3.5413

Sollecitazioni fondazione di monte**Combinazione n° 20**

L'ascissa X (espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	-0.0463	-1.2753
3	0.14	-0.1720	-2.2722
4	0.21	-0.3579	-2.9906
5	0.28	-0.5842	-3.4306
6	0.35	-0.8317	-3.5920
7	0.42	-1.0806	-3.4777
8	0.49	-1.3133	-3.1336
9	0.56	-1.5144	-2.5764
10	0.63	-1.6690	-1.8060
11	0.70	-1.7622	-0.8225

COMBINAZIONE n° 21

Valore della spinta statica	11.4615	[kN]		
Componente orizzontale della spinta statica	10.5242	[kN]		
Componente verticale della spinta statica	4.5397	[kN]		
Punto d'applicazione della spinta	X = 0.70	[m]	Y = -0.80	[m]
Inclinaz. della spinta rispetto alla normale alla superficie	23.33	[°]		
Inclinazione linea di rottura in condizioni statiche	49.01	[°]		

Peso terrapieno gravante sulla fondazione a monte	15.7667	[kN]		
Baricentro terrapieno gravante sulla fondazione a monte	X = 0.36	[m]	Y = -0.48	[m]

Risultanti

Risultante dei carichi applicati in dir. orizzontale	10.5242	[kN]
Risultante dei carichi applicati in dir. verticale	35.3843	[kN]
Resistenza passiva a valle del muro	-2.5614	[kN]
Sforzo normale sul piano di posa della fondazione	35.3843	[kN]
Sforzo tangenziale sul piano di posa della fondazione	10.5242	[kN]
Eccentricità rispetto al baricentro della fondazione	0.10	[m]
Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]
Risultante in fondazione	36.9162	[kN]
Inclinazione della risultante (rispetto alla normale)	16.56	[°]
Momento rispetto al baricentro della fondazione	3.6317	[kNm]
Carico ultimo della fondazione	108.3961	[kN]

Tensioni sul terreno

Lunghezza fondazione reagente	1.00	[m]
Tensione terreno allo spigolo di valle	57.17	[kPa]
Tensione terreno allo spigolo di monte	13.59	[kPa]

Fattori per il calcolo della capacità portante

Coeff. capacità portante	$N_c = 23.94$	$N_q = 13.20$	$N_{\square} = 14.47$
Fattori forma	$s_c = 1.00$	$s_q = 1.00$	$s_{\square} = 1.00$

Fattori inclinazione	$i_c = 0.56$	$i_q = 0.59$	$i_{\square} = 0.41$
Fattori profondità	$d_c = 1.18$	$d_q = 1.14$	$d_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione piano posa	$b_c = 1.00$	$b_q = 1.00$	$b_{\square} = 1.00$
Fattori inclinazione pendio	$g_c = 1.00$	$g_q = 1.00$	$g_{\square} = 1.00$

I coefficienti N' tengono conto dei fattori di forma, profondità, inclinazione carico, inclinazione piano di posa, inclinazione pendio.

$$N'_c = 15.69 \qquad N'_q = 8.84 \qquad N'_{\square} = 5.99$$

COEFFICIENTI DI SICUREZZA

Coefficiente di sicurezza a scorrimento	1.96
Coefficiente di sicurezza a carico ultimo	3.06

Sollecitazioni paramento

Combinazione n° 21

L'ordinata Y (espressa in m) è considerata positiva verso il basso con origine in testa al muro

Momento positivo se tende le fibre contro terra (a monte), espresso in kNm

Sforzo normale positivo di compressione, espresso in kN

Taglio positivo se diretto da monte verso valle, espresso in kN

Nr.	Y	N	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000	0.0000
2	0.05	0.3888	-0.0003	0.0062
3	0.11	0.7830	-0.0007	0.0247
4	0.16	1.1824	-0.0007	0.0557
5	0.21	1.5873	0.0005	0.0990
6	0.26	1.9974	0.0035	0.1546
7	0.32	2.4129	0.0090	0.2227
8	0.37	2.8337	0.0175	0.3031
9	0.42	3.2599	0.0298	0.3959
10	0.47	3.6917	0.0465	0.5016
11	0.53	4.1345	0.0676	0.6330
12	0.58	4.5944	0.0941	0.8041
13	0.63	5.0694	0.1282	1.0100
14	0.68	5.5573	0.1721	1.2460
15	0.74	6.0573	0.2272	1.5100
16	0.79	6.5680	0.2953	1.7986
17	0.84	7.0878	0.3777	2.1085
18	0.89	7.6164	0.4756	2.4386
19	0.95	8.1533	0.5901	2.7883
20	1.00	8.6985	0.7222	3.1571
21	1.05	9.2504	0.8732	3.5413

GENERAL CONTRACTOR

Cepav due 

ALTA SORVEGLIANZA


ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE

Doc. N.

Progetto
INOR

Lotto
12

Codifica Documento
E E2 CL INZ2 0 6 001

Rev.
A

Foglio
72 di 72

Sollecitazioni fondazione di monte

Combinazione n° 21

L'ascissa X(espressa in m) è considerata positiva verso valle con origine in corrispondenza dell'estremo libero della fondazione di monte

Momento positivo se tende le fibre inferiori, espresso in kNm

Taglio positivo se diretto verso l'alto, espresso in kN

Nr.	X	M	T
1	0.00	0.0000	0.0000
2	0.07	-0.0460	-1.2672
3	0.14	-0.1709	-2.2555
4	0.21	-0.3552	-2.9649
5	0.28	-0.5795	-3.3954
6	0.35	-0.8241	-3.5471
7	0.42	-1.0696	-3.4226
8	0.49	-1.2980	-3.0678
9	0.56	-1.4941	-2.4995
10	0.63	-1.6429	-1.7176
11	0.70	-1.7296	-0.7222