

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI 	Ing. Geol. MASSIMO PIETRANTONI	Ing. PIETRO MAZZOLI Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI

RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO

1° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO-FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI

GEOTECNICA

RELAZIONE TECNICO-DESCRITTIVA

Criteria di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno

APPALTATORE	SCALA:
Consorzio CFT IL DIRETTORE TECNICO Geom. C. Bianchi 11/07/2018	-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I	F	1	N	0	1	E	Z	Z	R	O	G	E	0	0	0	5	0	0	2	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	A. Tagliaferri	11/07/2018	M. Pietrantonì	11/07/2018	P. Mazzoli	11/07/2018	M. Pietrantonì
								11/07/2018

File: IF1N.0.1.E.ZZ.RO.GE.00.0.5.002.A.doc

n. Elab.:

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteria di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>2 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	2 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	2 di 20								

Indice

1	PREMESSA.....	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3	CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI SOSTEGNO	5
3.1	OPERE DI SOSTEGNO DEFINITIVE.....	5
3.1.1	TIPOLOGIE.....	5
3.1.2	CONDIZIONI DI CARICO.....	5
3.1.3	PARAMTERI E CONDIZIONI GEOTECNICHE DI CALCOLO	6
3.2	OPERE PROVVISORIALI.....	9
4	CRITERI DI VERIFICA OPERE DI SOSTEGNO	10
4.1	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE	10
4.1.1	MURI DI SOSTEGNO	13
4.1.2	PARATIE.....	16
4.2	CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE IN CONDIZIONI SISMICHE.....	17
4.2.1	MURI DI SOSTEGNO	17
4.2.2	PARATIE.....	18

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>3 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	3 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	3 di 20								

1 PREMESSA

Il presente documento definisce i criteri generali per la progettazione geotecnica delle tipologie più ricorrenti di opere ferroviarie presenti nella tratta in oggetto; in particolare di seguito vengono analizzati e descritti, i casi delle opere di sostegno, paratie di pali e di diaframmi in c.a. in progetto in accordo alla normativa vigente (NTC 2008), alle specifiche ferroviarie, ed alle normative di interoperabilità (S.T.I.); per il dettaglio delle norme di riferimento si rimanda al successivo capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Vengono inoltre definiti i criteri per la progettazione delle opere provvisoriale.

Le azioni elementari agenti su ogni opera saranno definite tenendo contemporaneamente presenti le normative di riferimento (norme di legge vigenti, specifiche ferroviarie, norme di interoperabilità) e le condizioni al contorno in cui l'opera è progettata. In base agli input progettuali e nel rispetto di quanto riportato nella Specifica Tecnica di Interoperabilità "Infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea (Regolamento (UE) 1299/2014), alla tratta ferroviaria della linea Napoli-Bari oggetto del raddoppio sono stati attribuiti i seguenti codici di traffico:

- "P2" per il traffico passeggeri (AV e non AV);
- "F1" per il traffico merci.

Per quanto riguarda i lavori sulla tratta in variante Roma-Napoli via Cassino, questi si configurano come ristrutturazione di una linea esistente convenzionale "globale" per la quale sono stati individuati i seguenti codici di traffico (Rif. Reg. (UE) 1299/2014):

- "P4" per il servizio viaggiatori;
- "F1" per il traffico merci.

Nei casi specifici potranno essere adottati eventuali differenti criteri di verifica che verranno sviluppati nelle singole relazioni di calcolo qualora si riscontrano condizioni non riconducibili alla trattazione generale di seguito esposta.

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteria di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>4 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	4 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	4 di 20								

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano i riferimenti delle normative prese in considerazione per lo sviluppo delle analisi e delle verifiche in oggetto:

- [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- [3] DM 06.05.2008 – Integrazione al D.M. 14.01.2008 di approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.
- [4] RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 21.12.2011- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario;
- [5] RFI DTC INC CS SP IFS 001 A del 21.12.2011 Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie;
- [6] RFI DTC INC CS LG IFS 001 A del 21.12.2011 Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra;
- [7] 1299/2014/UE Specifiche tecniche d'interoperabilità per il sottosistema “Infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea (18/11/2014);
- [8] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- [9] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- [10] Raccomandazioni sulla Programmazione ed Esecuzione delle Indagini Geotecniche – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1977;
- [11] Raccomandazione AGI relative ai pali di fondazione – Associazione Geotecnica Italiana – Dicembre 1984;
- [12] Raccomandazione ancoraggi nei terreni e nelle rocce – AGI/AICAP – 2012;
- [13] Raccomandazioni sulle Prove Geotecniche di Laboratorio – Associazione Geotecnica Italiana – Giugno 1994;
- [14] Paolucci R., Pecker A. (1997), “Seismic bearing capacity of shallow strip foundation on dry soils”. Soils and Foundation, Vol. 37, N°3, pp.95-105;
- [15] Brinch Hansen J. (1970) "A revised and extended formula for bearing capacity" Bulletin n°28, Danish Geotechnical Institute, Copenhagen.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>5 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	5 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	5 di 20								

3 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI SOSTEGNO

Le opere definitive a sostegno della sede ferroviaria considerate nel presente documento sono opere di sostegno e paratie di pali e/o di diaframmi in c.a. Di seguito vengono descritti i criteri di analisi, dimensionamento, e verifica per le diverse opere presenti in progetto.

3.1 OPERE DI SOSTEGNO DEFINITIVE

3.1.1 TIPOLOGIE

In relazione all'altezza di rilevato da sostenere ed alla distanza dal ciglio, si definiscono 3 tipologie di opere di sostegno (cfr. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), a cui si aggiunge la quarta nel caso di trincee:

- **Tipo A:** L'opera di sostegno è ubicata al ciglio del rilevato, il terreno a tergo è orizzontale. Con questa tipologia si ha la minore distanza muro-binario, pertanto su queste opere può essere prevista la barriera antirumore in sommità;
- **Tipo B:** Opera di sostegno con profilo del terreno a tergo come indicato in figura;
- **Tipo C:** Opera a sostegno di un pendio indefinito con inclinazione 3/2 (circa 33°). Non è prevista la barriera antirumore ed i carichi accidentali generalmente non rientrano nel cuneo di spinta;
- **Tipo D:** Muri di controripa: sono muri a sostegno del pendio in trincea, il binario è ubicato a valle.

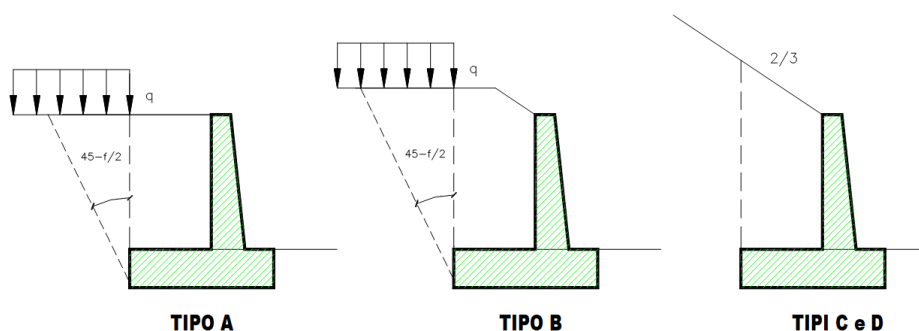


Fig. 1 – Tipologie di opere di sostegno (sottoscarpa e controripa)

3.1.2 CONDIZIONI DI CARICO

Le verifiche, per cui si rimanda al successivo Capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, verranno condotte utilizzando le azioni elementari di carico definite nei documenti Rif.Doc.[1], Rif.Doc[2], Rif.Doc[4], Rif.Doc.[5], Rif.Doc.[7].

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>6 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	6 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	6 di 20								

3.1.3 PARAMETRI E CONDIZIONI GEOTECNICHE DI CALCOLO

Nel seguito sono descritti i parametri caratteristici per la definizione delle resistenze di riferimento nelle diverse verifiche geotecniche di cui al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

3.1.3.1 PARAMETRI GEOTECNICI DA ASSUMERE NELLE VERIFICHE

- PARATIE E OPERE DI SOSTEGNO (sezioni in TRINCEA): parametri geotecnici del terreno in situ;
- OPERE DI SOSTEGNO (sezioni in rilevato): salvo più accurate determinazione i parametri geotecnici caratteristici del terreno del rilevato sono riportati in Tab. 1 e risultano congruenti a quanto previsto in Doc.Rif. [5]:

Descrizione	Rilevato ferroviario	Rilevato stradale
Peso unità di volume γ (kN/m ³)	20.00	19.00
Angolo di attrito φ' (°)	38°	35°
Coesione efficace c' (kPa)	0.00	0.00

Tab. 1 – Parametri geotecnici per rilevati stradali e ferroviari

Nel caso di ritombamenti i parametri da considerare sono quelli associati al rilevato stradale di Tab. 1.

3.1.3.2 COEFFICIENTI DI ATTRITO STRUTTURA - TERRENO

Di seguito si definiscono i seguenti paragrafi:

- per l'attrito paramento-terreno si utilizza un valore δ non superiore a $0,6 \varphi'$ in fase statica, e $\delta = 0$ in fase sismica;
- l'attrito fondazione muro-terreno, in funzione dell'angolo d'attrito del terreno, assume i seguenti valori:
per $\varphi' < 30^\circ \rightarrow \mu = \text{tg } \varphi'$;
per $\varphi' > 35^\circ \rightarrow \mu = 0.67 \text{ tg } \varphi'$;
per $30^\circ \leq \varphi' \leq 35^\circ \rightarrow \mu$ si ricava per interpolazione lineare tra i due valori precedenti;
- l'adesione c_a terra-opera sarà considerata nulla.
- L'adesione c_a tra pali/diaframmi e tappo di fondo in jet-grouting può essere prese in conto esclusivamente per la verifica al sollevamento del fondo scavo. Quest'ultimo contributo è stato valutato sulla base delle indicazioni contenute all'interno delle Raccomandazioni AGI sui pali di fondazione (1984), attraverso la relazione

$$q_s = \mu \cdot k \cdot \sigma'_v$$

in cui:

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>7 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	7 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	7 di 20								

q_s = adesione laterale

μ = coefficiente di attrito

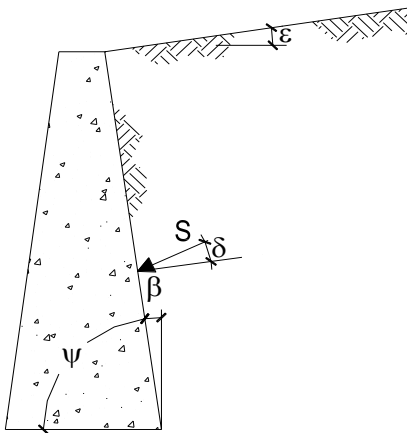
k = coefficiente adimensionale che esprime il rapporto fra tensione normale che agisce alla profondità z sulla superficie laterale e la tensione verticale alla stessa profondità

Generalmente per pali di grande diametro il valore di $k=1-\text{sen}(\varphi')$ e comunque compreso tra 0.4÷0.7; nel presente caso sarà utilizzato il valore minimo di 0.4. Per ciò che riguarda invece il coefficiente μ , le Raccomandazioni AGI indicano per pali trivellati un valore pari alla $\tan(\varphi')$.

3.1.3.3 COEFFICIENTI DI SPINTA DEL TERRENO

Andranno calcolati in condizioni statiche ed in condizioni sismiche, con riferimento all'angolo di inclinazione del pendio a tergo, dell'angolo di inclinazione del parametro verticale lato monte, dall'attrito terra muro e naturalmente dall'angolo di attrito del terreno. Di seguito sono proposte le formulazioni di riferimento:

- Coefficiente di spinta a riposo $k_0 = 1 - \text{sen}\varphi'$;
- Coefficiente di spinta attiva k_a e passiva k_p secondo lo schema seguente (formula di Coulomb):



$$k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi')}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - \epsilon)}{\text{sen}(\psi - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \epsilon)}} \right]^2}$$

$$k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi - \varphi')}{\text{sen}^2\psi \cdot \text{sen}(\psi + \delta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' + \epsilon)}{\text{sen}(\psi + \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \epsilon)}} \right]^2}$$

dove

φ' = angolo di attrito interno del terreno;

β = inclinazione paramento di monte rispetto alla verticale;

ϵ = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale;

δ = angolo di attrito terra-muro.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>8 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	8 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	8 di 20								

- Coefficiente di spinta attiva k_{as} e passiva k_{ps} in codizioni sismiche secondo lo schema seguente (formula di Mononobe-Okabe):

$$\begin{aligned}
 &\text{per } \varepsilon \leq \varphi' - \theta \quad k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\varphi' + \delta) \cdot \text{sen}(\varphi' - \varepsilon - \theta)}{\text{sen}(\psi - \theta - \delta) \cdot \text{sen}(\psi + \varepsilon)}} \right]^2} \\
 &\text{per } \varepsilon > \varphi' - \theta \quad k_a = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi - \theta - \delta)} \\
 &k_p = \frac{\text{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos \theta \cdot \text{sen}^2 \psi \cdot \text{sen}(\psi + \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\text{sen} \varphi' \cdot \text{sen}(\varphi' + \varepsilon - \theta)}{\text{sen}(\psi + \varepsilon) \cdot \text{sen}(\psi + \theta)}} \right]^2} \\
 &1. \theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1 \pm k_v}\right) \quad 2. \theta = \arctan\left(\frac{\gamma_{\text{sat}}}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right) \quad 3. \theta = \arctan\left(\frac{\gamma_d}{\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \pm k_v}\right)
 \end{aligned}$$

dove:

ϕ = angolo di attrito interno del terreno;

β = inclinazione paramento di monte rispetto alla verticale;

ε = inclinazione del pendio di monte rispetto al piano orizzontale;

δ = angolo di attrito terra-muro;

θ = angolo definito nei seguenti modi:

- in assenza di falda è dato da $\tan \theta = \frac{k_h}{1 \mu k_v}$
- in presenza di falda e terreno impermeabile ($E_{wd}=0$) è dato da: $\tan \theta = \frac{\gamma}{\gamma - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mu k_v}$
- in presenza di falda e terreno permeabile (E_{wd} spinta idrodinamica) è dato da:

$$\tan \theta = \frac{\gamma_d}{\gamma - \gamma_w} \frac{k_h}{1 \mu k_v} \quad E_{wd} = \frac{7}{12} k_h \gamma_w H'^{1,2}$$

$$\text{da cui la pressione idrodinamica sul muro diventa} \quad p(z) = \frac{7}{8} k_h \gamma_w \sqrt{H' \cdot z}$$

k_h, k_v = valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali; per la loro definizione si rimanda a quanto previsto in Doc.Rif.[1], Doc.Rif.[4] e Doc.Rif.[5].

a, p = attivo, passivo.

3.1.3.4 POSIZIONE DELLA FALDA

La profondità della falda sarà valutata caso per caso nelle singole opere.

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>9 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	9 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	9 di 20								

3.1.3.5 VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ PORTANTE

La capacità portante del terreno dovrà essere valutata tenendo conto di eccentricità e componenti tangenziali della risultante delle azioni sulla fondazione, della eventuale inclinazione del terreno a valle della fondazione e della eventuale inclinazione rispetto all'orizzontale del piano di appoggio.

Per quanto riguarda la valutazione del campo di spostamenti atteso per la fondazione dell'opera di sostegno si potrà ricorrere a codici di calcolo che li valutano direttamente o ai metodi di calcolo semplificati proposti per i rilevati e per i quali si rimanda al documento dedicato.

3.2 OPERE PROVVISORIALI

Per quanto riguarda il dimensionamento e la realizzazione delle opere provvisorie necessarie a garantire il sostegno di un rilevato ferroviario in esercizio durante i lavori di scavo o per il sostegno di una viabilità stradale esistente, in conformità a quanto previsto al p.to 4.1 del Doc.Rif.[5], devono essere dimensionate per resistere alle azioni statiche delle terre, ai sovraccarichi realmente presenti e al sisma, nel periodo di riferimento, con un grado di sicurezza non inferiore a quello richiesto per le opere permanenti. Il Periodo di riferimento di un'opera provvisoria deve essere posto pari alla sua vita nominale, individuata in accordo al paragrafo 2.4.1 delle NTC08, moltiplicata per un coefficiente d'uso c_u pari ad 1.

Le verifiche sismiche di opere provvisorie potranno essere omesse se la durata prevista in progetto è inferiore a 2 anni.

Le paratie andranno realizzate ad una distanza dal binario esistente in esercizio tale da garantire l'esecuzione dei lavori in oggetto nel rispetto delle norme e delle disposizioni ferroviarie sulla sicurezza. La distanza dall'interno della rotaia più vicina alla paratia sarà funzione della velocità del treno durante la fase di realizzazione, e quanto necessario prevedere per la separazione fisica dell'area di lavoro dalla zona di influenza del traffico ferroviario.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>10 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	10 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	10 di 20								

4 CRITERI DI VERIFICA OPERE DI SOSTEGNO

4.1 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE

In accordo con quanto definito al p.to 6.2.3. del Doc. Rif. [1] ed al p.to 2.3. del Doc. Rif. [5], devono essere svolte le seguenti verifiche di sicurezza e delle prestazioni attese:

- Verifiche agli stati limite ultimi (SLU);
- Verifiche agli stati limite d'esercizio (SLE).

Per ogni **Stato Limite Ultimo (SLU)** deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d \quad (\text{Eq. 6.2.1 del Doc. Rif. [1] e del p.to 2.3.3 del Doc. Rif. [5]})$$

dove:

E_d = valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

R_d = valore di progetto della resistenza.

La verifica della condizione ($E_d \leq R_d$) deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi e sono definiti specificatamente in funzione della singola verifica.

Per quanto concerne le azioni di progetto E_d , tali forze possono essere determinate applicando i coefficienti parziali sulle azioni caratteristiche, oppure, successivamente, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche, quest'ultima relativamente a verifiche strutturali.

Per ogni **Stato Limite d'Esercizio (SLE)** deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq C_d \quad (\text{Eq. 6.2.7 del Doc. Rif. [1]})$$

dove:

E_d = valore di progetto dell'effetto dell'azione;

C_d = valore limite prescritto dell'effetto delle azioni (definito dal progettista strutturale).

La verifica della condizione $E_d \leq C_d$ deve essere effettuata impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali.

Facendo riferimento a quanto previsto al p.to 5.2.3.3.1 del Doc Rif. [4] ed al p.to 2.3.3. del Doc Rif. [5], per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 3 (Tab. 5.2.V del Doc Rif. [4]) e i coefficienti di combinazione ψ in Tab. 4 e 5 (Tab. 5.2.VI e 5.2.VII del Doc Rif. [4]).

Per i coefficienti di sicurezza parziali relativi alle fondazioni profonde si fa riferimento Tab. 2 (Tab. 6.2.II Doc. Rif. [1]), Tab. 9 (Tab. 6.4.II Doc. Rif. [1]), Tab. 10 (Tab. 6.4.VI Doc. Rif. [1]).

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>11 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	11 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	11 di 20								

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Tab. 3 – Coefficienti parziali sulle azioni (Tab. 5.2.V del Doc. Rif. [1])

In Tab. 3 (Tab. 5.2.V del Doc. Rif. [1]) il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_B coefficiente parziale del peso proprio del ballast;
- γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF1N</td> <td style="text-align: center;">01 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RO</td> <td style="text-align: center;">GE0005 002</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td style="text-align: center;">12 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	12 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	12 di 20								

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr ₁	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₂	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr ₃	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr ₄	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F _{wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T _k	0,60	0,60	0,50

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0.60 se sono carichi due binari e 0.40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0.0.

Tab. 4 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni (Tab. 5.2.VI del Doc. Rif. [1])

	Azioni	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	(1)	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	(2) (3)	(2)	(2)
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0.60 se sono carichi due binari e 0.40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0.0.

Tab. 5 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni (Tab. 5.2.VII del Doc. Rif. [1])

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>13 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	13 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	13 di 20								

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

Tab. 6 – Coefficienti parziali sui terreni (M1 ed M2) (Tab. 6.2.II Doc. Rif. [1])

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

Tab. 7 – Coefficienti parziali sulle resistenze (R1, R2 ed R3) (Tab. 6.5.I Doc. Rif. [1])

4.1.1 MURI DI SOSTEGNO

4.1.1.1 STATO LIMITE ULTIMO

Come riportato al p.to 6.5.3.1.1 della Normativa di riferimento (Doc. Rif.[1]), per i muri di sostegno o per altre strutture miste ad essi assimilabili, devono essere prese in considerazione almeno le seguenti verifiche agli stati limite ultimi:

- SLU di tipo Geotecnico (GEO), relative a condizioni di:
 - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
 - scorrimento sul piano di posa;
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
 - ribaltamento;
- SLU di tipo strutturale (STR), relative a condizioni di:
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

Combinazione 2: $A2+M2+R2$

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 3, 6 e assumendo per R2 un valore di $\gamma_R=1.1$.

Tutte le rimanenti verifiche (GEO/STRU), di cui sopra, devono essere svolte considerando almeno uno dei seguenti approcci:

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>14 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	14 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	14 di 20								

Approccio 1:

Combinazione 1: A1+M1+R1 (STR)

Combinazione 2: A2+M2+R2 (GEO)

Approccio 2:

A1+M1+R3 (STR e GEO)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati in Tab. 3, 6 e 7.

Nel caso di muri di sostegno dotati di ancoraggi al terreno, le verifiche devono essere effettuate con riferimento al solo approccio 1. Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Lo stato limite di ribaltamento non prevede la mobilitazione della resistenza del terreno di fondazione e deve essere trattato come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i coefficienti parziali sulle azioni della tabella 3 e adoperando coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

Nel rispetto di quanto prescritto al p.to 4.3 del Doc.Rif.[5], per i muri di sostegno ferroviario non è ammesso eseguire le verifiche con l'Approccio 2.

Nella verifica per scorrimento sul piano di posa non si deve in generale considerare il contributo della resistenza passiva del terreno antistante il muro. In casi particolari, dovute alle caratteristiche meccaniche dei terreni e alle modalità costruttive, la presa in conto da un'aliquota (comunque non superiore al 50%) di tale resistenza è subordinata all'assunzione di effettiva permanenza di tale contributo, nonché alla verifica che gli spostamenti necessari alla mobilitazione di tale aliquota siano compatibili con le prestazioni attese dell'opera.

La verifica per collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno è stata condotta facendo riferimento alla formulazione trinomia classica.

Come definito nel p.to C6.4.3.1 del Doc. Rif. [2], l'Approccio 1 - Combinazione 2 risulta generalmente più cautelativo per le verifiche di tipo GEO, mentre per le verifiche di tipo STRU risulta generalmente più cautelativo l'Approccio 1 - Combinazione 1.

Nel caso di muri a mensola con suola sufficientemente lunga di cui al caso "a" della Fig. 3, la spinta sull'opera di sostegno deve essere applicata sul piano verticale cd, assunto come il paramento virtuale del muro. Su tale paramento l'angolo di inclinazione δ della risultante della spinta (applicata ad 1/3 dell'altezza del paramento virtuale) si può assumere uguale all'angolo di inclinazione β del terrapieno, a meno che β non sia superiore all'angolo di resistenza al taglio del terreno φ' , nel qual caso si potrà assumere $\delta = \varphi'$.

Per muri con suola relativamente corta di cui al caso "b" della **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, quando cioè l'angolo che la retta passante per i punti "a" e "c", che rappresentano lo spigolo lato terreno della testa del muro e lo spigolo lato terreno della fondazione, forma con la verticale è inferiore a $45^\circ - \varphi'/2$, si può assumere $\delta = \varphi'/2$ e la superficie virtuale su cui applicare la spinta diventa il piano ac della figura.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>15 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	15 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	15 di 20								

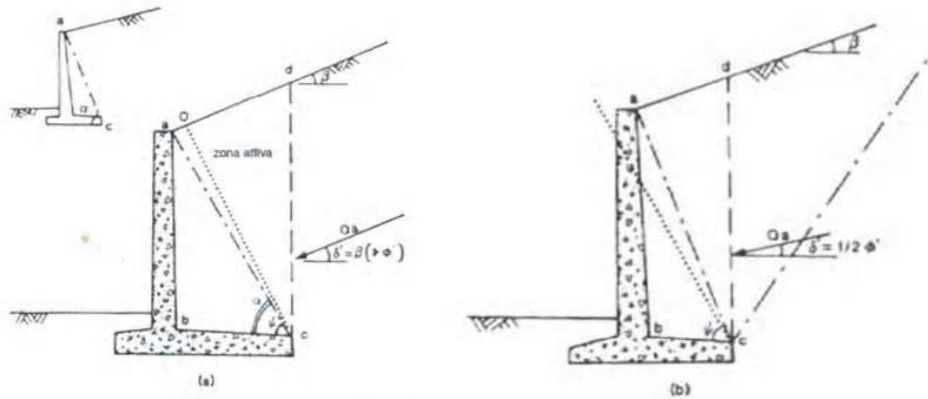


Fig. 2 – Spinta sui muri di sostegno a mensola con suola lunga (caso a) e con suola corta (caso b) – Fid. 4.3.I del Doc. Rif [5]

Nel primo caso tutto il peso del terreno al di sopra della suola (abcd) deve essere considerato stabilizzante nelle verifiche, e ad esso sono da applicarsi le forze d'inerzia in fase sismica. Nel secondo caso il terreno da prendere in considerazione è quello contenuto nel triangolo (abc). Nella verifica a scorrimento e a ribaltamento dei muri di sostegno, di norma, va trascurata la resistenza passiva antistante il muro.

Nel caso di muri a mensola con denti di ancoraggio in fondazione, il coefficiente di sicurezza a scorrimento va determinato calcolando la resistenza del terreno in corrispondenza della superficie mistilinea che congiunge i bordi della zattera di fondazione ed il piede del dente. Non va quindi sommata la resistenza allo scorrimento al contatto muro terreno con la resistenza passiva di fronte al dente.

4.1.1.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Come precisato nel p.to 6.4.3.2 del Doc. Rif.[1] ed al p.to 4.4 del Doc.Rif.[5], deve essere verificato, mediante analisi effettuate impiegando i valori caratteristici delle azioni e dei parametri geotecnici dei materiali, precedentemente descritti, che l'opera di sostegno in esame non subisca eccessivi spostamenti e/o eccessive rotazioni, tali da risultare non compatibili con i requisiti prestazionali della stessa e non induca deformazioni eccessive per l'opera sovrastante. Il muro di sostegno dovrà essere dimensionato nel rispetto dei requisiti prestazionali sopra citati.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>16 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	16 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	16 di 20								

4.1.2 PARATIE

4.1.2.1 STATO LIMITE ULTIMO

Per le paratie si devono considerare almeno i seguenti stati limite ultimi:

- SLU di tipo geotecnico (GEO) e di tipo idraulico (UPL e HYD)
 - collasso per rotazione intorno a un punto dell'opera (atto di moto rigido);
 - collasso per carico limite verticale;
 - sfilamento di uno o più ancoraggi;
 - instabilità del fondo scavo in terreni a grana fine in condizioni non drenate;
 - instabilità del fondo scavo per sollevamento;
 - sifonamento del fondo scavo;
 - instabilità globale dell'insieme terreno-opera;
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza in uno o più ancoraggi;
 - raggiungimento della resistenza in uno o più puntoni o di sistemi di contrasto;
 - raggiungimento della resistenza strutturale della paratia,

accertando che la condizione (6.2.1) sia soddisfatta per ogni stato limite considerato.

La verifica di stabilità globale dell'insieme terreno-opera deve essere effettuata secondo l'Approccio 1:

Combinazione 2: $A2+M2+R2$ (GEO)

tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 3, 6 e assumendo per R2 un valore di $\gamma_R=1.1$.

Le rimanenti verifiche devono essere effettuate considerando le seguenti combinazioni di coefficienti:

Combinazione 1: $A1+M1+R1$ (STR)

Combinazione 2: $A2+M2+R1$ (GEO)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tab. 3, 6 e 7.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento.

Per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete $\delta > \varphi'/2$ ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

4.1.2.2 STATO LIMITE DI ESERCIZIO

circostante devono essere valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e con la sicurezza e funzionalità e di manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle acque sotterranee.

In presenza di manufatti particolarmente sensibili agli spostamenti dell'opera di sostegno, deve essere sviluppata una specifica analisi dell'interazione tra opere e terreno, tenendo conto della sequenza delle fasi costruttive.

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>17 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	17 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	17 di 20								

4.2 CRITERI DI VERIFICA AGLI STATI LIMITE IN CONDIZIONI SISMICHE

La sicurezza delle opere di sostegno deve essere garantita prima, durante e dopo il terremoto di progetto.

Sono ammissibili spostamenti permanenti indotti dal sisma che non alterino significativamente la resistenza dell'opera e che siano compatibili con la sua funzione e con quella di eventuali strutture o infrastrutture interagenti con essa.

Le indagini geotecniche devono avere estensione tale da consentire la caratterizzazione dei terreni che interagiscono direttamente con l'opera e di quelli che determinano la risposta sismica locale.

L'analisi sismica delle opere di sostegno deve considerare quei fattori che ne influenzino significativamente il comportamento.

È comunque necessario portare in conto i seguenti aspetti:

- effetti inerziali nel terreno, nelle strutture di sostegno e negli eventuali carichi aggiuntivi presenti;
- comportamento anelastico e non lineare del terreno;
- effetto della distribuzione delle pressioni interstiziali, se presenti, sulle azioni scambiate fra il terreno e l'opera di sostegno;
- condizioni di drenaggio;
- influenza degli spostamenti dell'opera sulla mobilitazione delle condizioni di equilibrio limite.

È ammesso l'uso dei metodi pseudostatici, come specificato nel seguito.

Gli stati limite ultimi delle opere di sostegno si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono le opere stesse. Devono essere considerati almeno gli stessi stati limite ultimi validi per le condizioni statiche.

4.2.1 MURI DI SOSTEGNO

I sistemi di drenaggio a tergo della struttura devono essere in grado di tollerare gli spostamenti transitori e permanenti indotti dal sisma, senza che sia pregiudicata la loro funzionalità.

Si deve verificare preliminarmente l'esistenza di un adeguato margine di sicurezza a liquefazione dei terreni interagenti con il muro.

A meno di analisi dinamiche avanzate, l'analisi della sicurezza dei muri di sostegno in condizioni sismiche può essere eseguita mediante i metodi pseudostatici e i metodi degli spostamenti.

L'analisi pseudostatica si effettua mediante i metodi dell'equilibrio limite. Il modello di calcolo deve comprendere l'opera di sostegno, il cuneo di terreno a tergo dell'opera, che si suppone in stato di equilibrio limite attivo (se la struttura può spostarsi), e gli eventuali sovraccarichi agenti sul cuneo suddetto.

Nell'analisi pseudostatica, l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, i valori dei coefficienti sismici orizzontale k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>18 di 20</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	18 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	18 di 20								

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

dove

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = accelerazione di gravità.

In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale, l'accelerazione massima può essere valutata con la relazione

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

dove

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigr. (S_S) e dell'amplificazione topogr. (S_T);

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

Nella precedente espressione, il coefficiente β_m assume i valori riportati nella Tab. 11.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume valore unitario. Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_m	β_m
$0,2 < a_g(g) \leq 0,4$	0,31	0,31
$0,1 < a_g(g) \leq 0,2$	0,29	0,24
$a_g(g) \leq 0,1$	0,20	0,18

Tab. 8 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (Tab. 7.11. Il Doc. Rif. [1])

4.2.2 PARATIE

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è definita mediante un'accelerazione equivalente costante nello spazio e nel tempo.

Le componenti orizzontale e verticale a_h e a_v dell'accelerazione equivalente devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto sismico atteso nel volume di terreno significativo per l'opera e della capacità dell'opera di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

In mancanza di studi specifici, a_h può essere legata all'accelerazione di picco a_{max} attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = k_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max}$$

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteri di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>19 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	19 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	19 di 20								

dove g è l'accelerazione di gravità, k_h è il coefficiente sismico in direzione orizzontale, $\alpha \leq 1$ è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera e $\beta \leq 1$ è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza. Per le paratie si può porre $a_v = 0$.

L'accelerazione di picco a_{max} è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

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

dove S_S è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T), ed a_g è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Il valore del coefficiente α può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva H della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma di Fig. 4.

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi $\alpha = 1$. Il valore del coefficiente β può essere ricavato dal diagramma di Figura 5, in funzione del massimo spostamento u_s che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza. Per $u_s = 0$ è $\beta = 1$. Deve comunque risultare:

$$u_s \leq 0,005 \cdot H.$$

Se $a \cdot b \leq 0.2$ deve assumersi $k_h = 0.2 \cdot a_{max}/g$.

Possono inoltre essere trascurati gli effetti inerziali sulle masse che costituiscono la paratia.

È necessario verificare che il sito, per effetto del terremoto di progetto, non sia suscettibile di liquefazione. In caso contrario occorre predisporre le misure necessarie perché non si verifichi tale fenomeno.

Per valori dell'angolo d'attrito tra terreno e parete $\delta > \phi'/2$, ai fini della valutazione della resistenza passiva è necessario tener conto della non planarità delle superfici di scorrimento.

Per le paratie devono essere soddisfatte le condizioni di sicurezza rispetto ai possibili cinematismi di collasso. Nelle verifiche, per azioni si intendono le risultanti delle spinte a tergo della paratia e per resistenze si intendono le risultanti delle spinte a valle della paratia e le reazioni dei sistemi di vincolo.

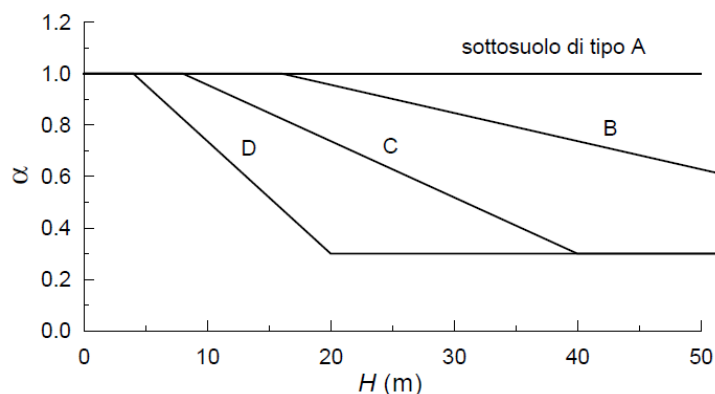


Fig. 3 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

   	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO – BENEVENTO I° LOTTO FUNZIONALE CANCELLO - FRASSO TELESINO E VARIANTE ALLA LINEA ROMA-NAPOLI VIA CASSINO NEL COMUNE DI MADDALONI – PROGETTO ESECUTIVO												
Criteria di dimensionamento e verifica delle opere di sostegno	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF1N</td> <td>01 E ZZ</td> <td>RO</td> <td>GE0005 002</td> <td>A</td> <td>20 di 20</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	20 di 20
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF1N	01 E ZZ	RO	GE0005 002	A	20 di 20								

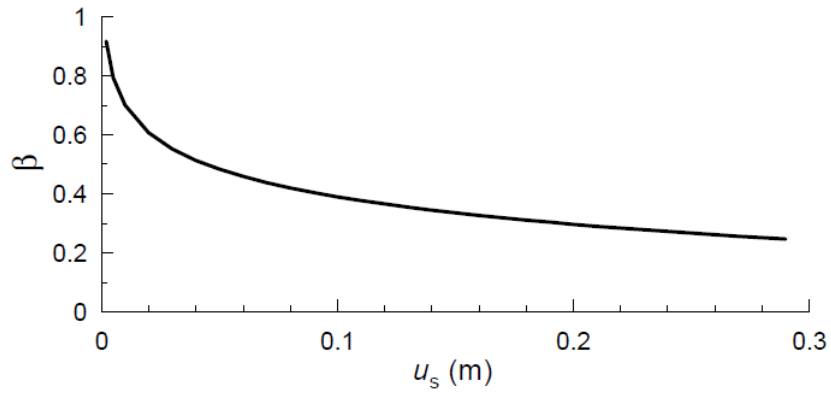


Fig. 4 – Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β