

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO**

RELAZIONE

OPERE D'ARTE VIABILITA'

NW05

Ponte stradale su Burrone Martello – Variante della viabilità Prescrizione 48

Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m

APPALTATORE		SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. M. FERRONI		-

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

IF2R 22 E ZZ CL NW0500 005 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	C. Pinti	26/10/21	G. Coppa	26/10/21	L. Bruzzone	27/10/21	IL PROGETTISTA F. DI JULIO
								 31/10/21

APPALTATORE:	 <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	2 di 57

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	8
3.1	CALCESTRUZZO	8
3.1.1	Strutture di elevazione e fondazione.....	8
3.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE.....	9
3.3	COPRIFERRI	9
4	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	10
5	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	11
6	CRITERI DI VERIFICA	12
6.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	12
6.1.1	Verifica a fessurazione.....	12
6.1.2	Verifica delle massime tensioni di esercizio.....	13
6.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI.....	14
6.2.1	Sollecitazioni flettenti.....	14
6.2.2	Sollecitazioni taglianti.....	14
6.3	VERIFICHE GEOTECNICHE.....	17
6.3.1	Verifica allo scorrimento.....	17
6.3.2	Verifica a ribaltamento	17
6.3.3	Verifica di capacità portante (carico limite).....	18
6.4	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	21

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	3 di 57

6.4.1	Verifiche in fase sismica	22
6.4.2	Verifiche strutturali.....	25
7	CRITERI DI CALCOLO SPINTE DEL TERRENO E DEI SOVRACCARICHI ..	26
7.1	FASE STATICA	26
7.2	FASE SISMICA	27
8	ANALISI DEI CARICHI.....	29
8.1	PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (G₁).....	29
8.2	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO STRADALE.....	29
9	AZIONE SISMICA DI VERIFICA	30
10	COMBINAZIONI DI CARICO.....	36
11	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE.....	41
11.1	VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO	41
12	DICHIARAZIONE SECONDO NTC2008 (§ 10.2).....	56

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		PROGETTO ESECUTIVO			
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	4 di 57

1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del Raddoppio dell'itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Cancellò-Benevento/ 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino – Vitulano.

Le analisi e verifiche nel seguito espone fanno in particolare riferimento al muro di sostegno stradale relativo alla viabilità NW05, di cui si esamina la sezione con Hparamento=3,00 m.

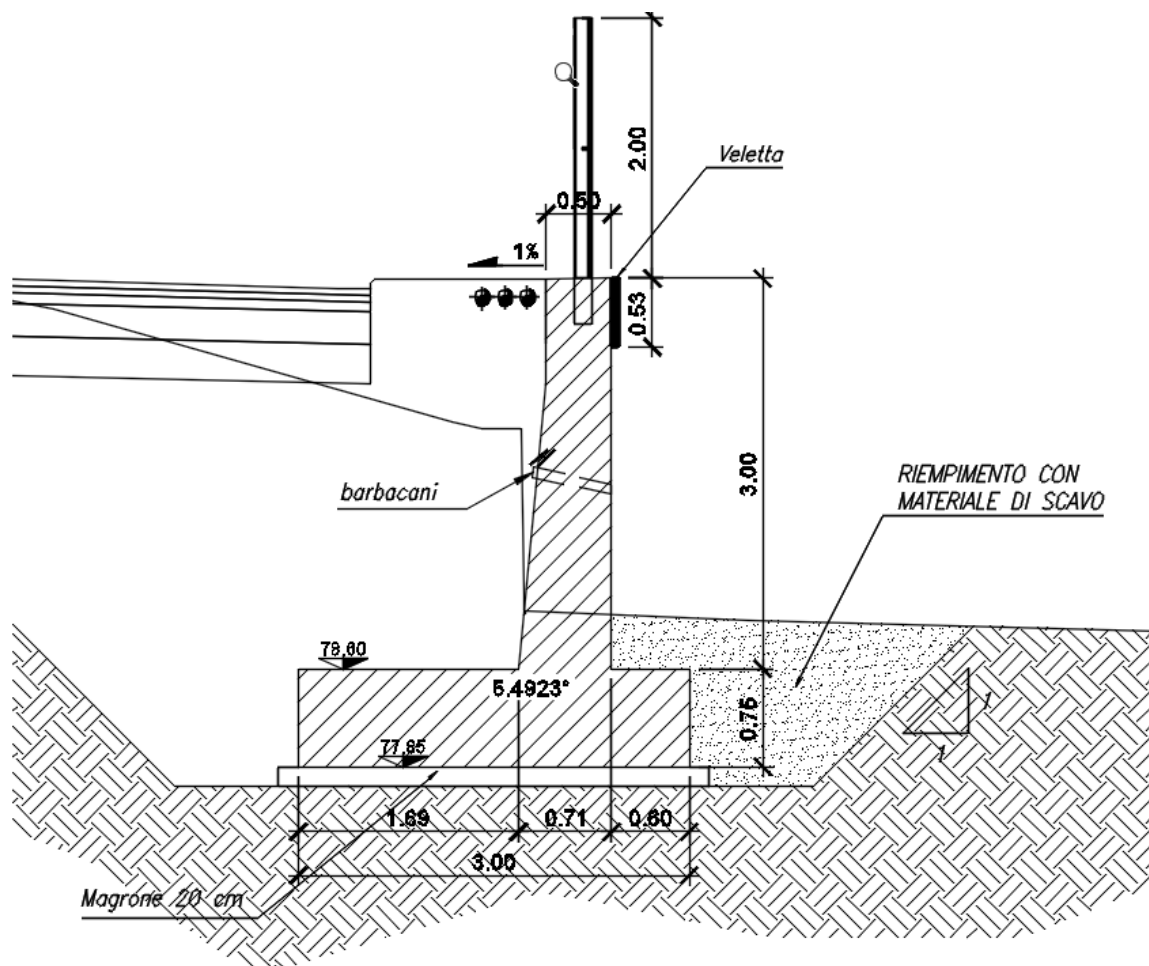


Tabella 1.1: Caratteristiche geometriche del muro di sostegno

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 5 di 57

Il modello di calcolo è realizzato mediante il software commerciale MAX 15.0 distribuito da Aztec Informatica.

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, “Norme Tecniche per le Costruzioni”- DM 14.1.2008 e Circolare n .617 “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 6 di 57

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le vigenti disposizioni legislative e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 2 febbraio 2009: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale del 14/01/2008".

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-1-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- UNI EN 206-1-2001: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- RFI DTC INC CS LG IFS 001 A – Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 7 di 57

- RFI DTC INC CS SP IFS 001 A – Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie.
- RFI DTC INC PO SP IFS 001 A – Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario.
- Regolamento (UE) N.1299/14 del 18 novembre 2014 della Commissione Europea relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione Europea.
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A – Manuale di progettazione delle opere civili – Parte II – Sezione 3 – Corpo stradale.

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	8 di 57

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.14 Gennaio 2008. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

3.1 CALCESTRUZZO

3.1.1 Strutture di elevazione e fondazione

Per il getto in opera delle parti in elevazione del muro di sostegno si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC3 (elevazione), XC2 (fondazione)

C32/40 $f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa

Classe minima di consistenza: S4-S5

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3.10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

APPALTATORE:	 TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		PROGETTO ESECUTIVO			
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 9 di 57

3.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450$ MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540$ MPa
Modulo di elasticità	$E_s = 210000$ MPa

3.3 COPRIFERRI

Si riportano di seguito i copriferri nominali per le strutture in calcestruzzo armato:

Strutture di elevazione	5.0 cm
Strutture di fondazione	5.0 cm

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	10 di 57

4 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

In corrispondenza dell'opera in esame, la successione stratigrafica è quella di seguito rappresentata:

TIPOLOGIA	z [m]	γ [kN/m ³]	c' [MPa]	ϕ' [°]
Rilevato stradale	-	19	0	35
Bc3 – Argille limose	0.0 – 2.3	18	0	26
bn1 – Ghiaie sabbiose	2.3 – 5.2	19	0	38

Tabella 5.1: Caratteristiche meccaniche dei terreni

Il livello della falda è stato cautelativamente posto in corrispondenza del piano di posa della zattera di fondazione.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	11 di 57

5 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Si riportano a seguire l'elenco di elaborati grafici di riferimento:

IF2R.2.2.E.ZZ.AA.NW.05.0.0.001	Pianta, sezione longitudinale e sezione trasversale
IF2R.2.2.E.ZZ.AA.NW.05.0.0.002	Viadotto – Pianta impalcato, sezioni, prospetto e schema appoggi

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	12 di 57

6 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme tecniche - “Norme tecniche per le costruzioni”- DM 14.1.2008 -, tenendo inoltre conto delle integrazioni riportate nel “Manuale di progettazione delle opere civili” - RFI DTC SI MA IFS 001 A .

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio ed allo stato limite ultimo. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nei successivi paragrafi.

Si espongono di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche degli elementi strutturali.

6.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

6.1.1 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nel “Manuale di progettazione delle opere civili”.

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati), alle corrispondenti condizioni ambientali ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (armature sensibili per gli acciai da precompresso; poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture, in accordo con il DM 14.1.2008:

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 7.1: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 13 di 57

Nella Tabella sopra riportata, $w_1= 0.2\text{mm}$, $w_2= 0.3\text{mm}$; $w_3= 0.4\text{mm}$.

Più restrittivi risultano i limiti di apertura delle fessure riportati nel “Manuale di progettazione delle opere civili”. L’apertura convenzionale delle fessure, calcolata con la combinazione caratteristica (rara) per gli SLE, deve risultare:

- $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

Si assume pertanto per tutti gli elementi strutturali analizzati nel presente documento:

- **Stato limite di fessurazione: $w_d \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$ - combinazione di carico rara**

In accordo con la vigente normativa, il valore di calcolo di apertura delle fessure w_d è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove w_m rappresenta l’ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d’armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ϵ_{sm} e Δ_{sm} vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

6.1.2 Verifica delle massime tensioni di esercizio

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti, di seguito riportati.

Le prescrizioni riportate di seguito fanno riferimento al par. 2.5.1.8.3.2.1 del “Manuale di progettazione delle opere civili”.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	14 di 57

$\sigma_c < 0,55 f_{ck}$ per combinazione caratteristica (rara);

$\sigma_c < 0,40 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente.

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima σ_s per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_s < 0,75 f_{yk}$

dove f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

6.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

6.2.1 Sollecitazioni flettenti

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabolo-rettangolo non reagente a trazione, con plateau ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ($\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck}/1.5$);
- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$).

6.2.2 Sollecitazioni taglianti

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	15 di 57

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$V_{\min} = 0,035k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \alpha + \text{ctg} \theta) \cdot \sin \alpha$$

APPALTATORE:	 <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:							
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX			COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 16 di 57

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

- d è l'altezza utile della sezione;
- b_w è la larghezza minima della sezione;
- σ_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;
- S è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- θ è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima (f'_{cd}=0.5f_{cd});
- α è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 17 di 57

6.3 VERIFICHE GEOTECNICHE

6.3.1 Verifica allo scorrimento

La verifica allo scorrimento sul piano di posa della Fondazione è condotta rispetto alle combinazioni di SLU del gruppo A2-M2-R2 in condizione statica e A1-M2-R2 in condizione sismica; in particolare è stato verificato il rispetto della seguente condizione:

$$F_s = (c' \times B + N \times \tan \mu) / H > 1.0$$

dove:

N = Risultante delle azioni ortogonali al piano di scorrimento

H = Risultante delle azioni parallele al piano di scorrimento

c' = coesione efficace, posta generalmente pari a zero, salvo particolari condizioni che ne consentano di tenerne conto.

B = Dimensione della Fondazione sul piano di scorrimento.

μ = Coefficiente di attrito fondazione - terreno , posto pari a 0.6 φ

6.3.2 Verifica a ribaltamento

La verifica al ribaltamento rispetto al vertice esterno della fondazione è viene trattata secondo la normativa come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i relativi coefficienti sulle azioni di cui alla tabella 2.6.I delle NTC, adoperando i coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte, .

Nella fattispecie, per ciascuna delle combinazioni di Verifica allo SLU statico e sismico rispetto alle quali è prescritta la verifica al ribaltamento, è stata verificata il rispetto della seguente condizione:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 18 di 57

$$FS = \frac{M_{STA}}{M_{RIB}} \geq F_{s_{min}}$$

essendo

M_{RIB} = Risultante momenti ribaltanti

M_{STA} = Risultante momenti stabilizzanti

6.3.3 Verifica di capacità portante (carico limite)

Per la valutazione dell carico limite delle fondazioni dirette si utilizza il criterio di Brinch-Hansen di cui nel seguito si riporta la relativa trattazione teorica:

Dette:

c Coesione

c_a Adesione lungo la base della fondazione ($c_a \leq c$)

V Azione tagliante

φ Angolo d'attrito

δ Angolo di attrito terreno fondazione

γ Peso specifico del terreno

K_p Coefficiente di spinta passiva espresso da $K_p = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$

B Larghezza della fondazione

L Lunghezza della fondazione

D Profondità del piano di posa della fondazione

η inclinazione piano posa della fondazione

P Pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO
			IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m			REV.	FOGLIO		
IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX			A	19 di 57		

q_{ult} Carico ultimo della fondazione

Risulta:

Caso generale

$$q_{ult} = c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot g_c \cdot b_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot g_q \cdot b_q + 0.5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot g_\gamma \cdot b_\gamma$$

Caso di terreno puramente coesivo $\phi = 0$

$$q_{ult} = 5.14 \cdot c \cdot (1 + s_c + d_c - i_c - g_c - b_c) + q$$

in cui d_c , d_q e d_γ sono i fattori di profondità, s_c , s_q e s_γ sono i fattori di forma, i_c , i_q e i_γ sono i fattori di inclinazione del carico, b_c , b_q e b_γ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa e g_c , g_q e g_γ sono 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:

$$N_q = Kp e^{\pi \cdot tg \phi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot ctg \phi$$

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

Fattori di forma

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$s_c = 0.2 \frac{B}{L}$	$s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$
	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg \phi$
	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$

Fattori di profondità

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	20 di 57

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \arctg \frac{D}{B} \quad \text{se} \quad \frac{D}{B} > 1$$

Fattori inclinazione del carico

Indicando con V e H le componenti del carico rispettivamente perpendicolare e parallela alla base e con Af l'area efficace della fondazione ottenuta come $A_f = B' \times L'$ (B' e L' sono legate alle dimensioni effettive della fondazione B, L e all'eccentricità del carico eB, eL dalle relazioni $B' = B - 2e_B$ $L' = L - 2e_L$) con η l'angolo di inclinazione della fondazione espresso in gradi ($\eta=0$ per fondazione orizzontale).

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$	
$i_c = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}} \right)$	$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$	
	$i_q = \left(1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$	
	Per $\eta = 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$
	Per $\eta > 0$	$i_\gamma = \left(1 - \frac{(0.7 - \eta^\circ / 450^\circ)H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$

Fattori inclinazione del piano di posa della fondazione

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$
	$b_q = e^{-2.7 \eta^\circ \phi}$
	$b_\gamma = e^{-2.7 \eta^\circ \phi}$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 21 di 57

Fattori di inclinazione del terreno

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$g_c = \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$	$g_c = 1 - \frac{\beta^\circ}{147^\circ}$ $g_q = g_\gamma = (1 - 0.5tg\beta)^\delta$

Per poter applicare la formula di Hansen devono risultare verificate le seguenti condizioni:

$$H < V \operatorname{tg}(\delta) + A_r c_a$$

$$\beta \leq \phi$$

$$i_c, i_r > 0$$

$$\beta + \eta \leq 90^\circ$$

6.4 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

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

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

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_r (o γ_s)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{01}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{02}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{03}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

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

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 22 di 57

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

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

Tabella 6.8.1 – Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.

Coefficiente	R2
γ_k	1,1

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

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

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

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

6.4.1 Verifiche in fase sismica

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

Nei metodi pseudostatici, di riferimento per le analisi esposte nel seguito del documento, l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio

e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 23 di 57

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

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

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

risultando:

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.3)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.4)$$

con:

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

Tabella 7.11.1 – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0,30	0,28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0,27	0,24
$a_g(g) \leq 0.1$	0,20	0,20

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

S_S : coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T : coefficiente di amplificazione topografica

Relativamente alla combinazione degli effetti sismici con le altre azioni e relative verifiche di sicurezza. ancora la circolare 617, per il caso dei Pendii Naturali, specificano al punto C 7.11.3.5 "Stabilità dei Pendii" viene specificato che le verifiche di sicurezza devono essere effettuate utilizzando i valori caratteristici delle proprietà meccaniche dei terreni; nei metodi pseudostatici la condizione di stato limite ultimo viene riferita al cinematismo di collasso critico, caratterizzato dal più basso valore del coefficiente di sicurezza, FS, definito come

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 24 di 57

rapporto tra resistenza al taglio disponibile e sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento (effettiva o potenziale)

In definitiva, per le verifiche sismiche si è ritenuto accettabile un coefficiente di sicurezza unitario

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

7.11.1 REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

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

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

La circolare applicativa n617 specifica ulteriormente al C7.11.4 che, Le verifiche pseudostatiche di sicurezza dei fronti di scavo e dei rilevati si eseguono con la combinazione di coefficienti parziali di cui al § 6.8.2: (A2+M2+R2), utilizzando valori unitari per i coefficienti parziali A2 come specificato al § 7.11.1.

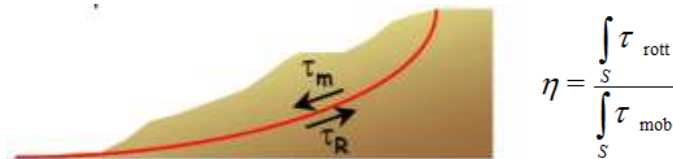
In definitiva, per il caso dei Fronti di Scavo e Rilevati, anche in fase sismica, il coefficiente di sicurezza minimo prescritto dalla Normativa è pari ad $R2=1.1 (\gamma_R)$.

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

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

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 25 di 57

taglio disponibile lungo la superficie S e quella effettivamente mobilitata lungo la stessa superficie, ovvero:



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

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

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

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

con

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

dove n è il numero delle strisce considerate, b_i ed α_i sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i-esima rispetto all'orizzontale, W_i è il peso della striscia i-esima e c_i e φ_i sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η.

Quindi essa va risolta per successive approssimazioni assumendo un valore iniziale per η da inserire nell'espressione di m ed iterare fino a quando il valore calcolato coincide con il valore assunto.

6.4.2 Verifiche strutturali

Le verifiche strutturali sono state condotte con i criteri già specificati al precedente paragrafo.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 26 di 57

7 CRITERI DI CALCOLO SPINTE DEL TERRENO E DEI SOVRACCARICHI

La spinta del terrapieno e degli eventuali carichi presenti sul piano limite dello stesso è valutata in condizione di equilibrio limite attivo, distinguendo tra i due casi di fase statica e fase sismica.

Nel seguito si riportano le relative formulazioni.

7.1 FASE STATICA

In fase statica, le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il metodo di Culmann. Il metodo di Culmann 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;

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 27 di 57

- 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.

7.2 FASE SISMICA

Per la valutazione del coefficiente di spinta in fase sismica K_{as} si utilizza la trattazione di Mononobe-Okabe, secondo cui, la spinta complessiva in fase sismica esercitata da un terrapieno è fornita dalla seguente relazione:

$$S' = 1/2 * \gamma_t (1 \pm K_v) * K_{as} H^2$$

con punto di applicazione ad H/3 dal piano di posa della fondazione dell'opera.

In fase sismica agirà pertanto una sovraspinta sismica sull'opera pari a S' - S

Per la valutazione del coefficiente di spinta K_{as} , avviene con le medesime formulazione valide per la fase statica, prevedendo però, come suggerito in letteratura, i seguenti valori corretti di θ ed ε :

$$\theta = \theta_{stat} + \theta^* \quad \text{inclinazione fittizia del paramento interno rispetto alla verticale}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{stat} + \theta^* \quad \text{angolo di inclinazione fittizio del piano limite del terrapieno}$$

APPALTATORE:	 <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:							
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX			COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 28 di 57

essendo θ^* l'angolo di rotazione addizionale definito al precedente paragrafo valutato come di seguito indicato::

$$\tan(\theta) = \frac{k_h}{1 \pm k_v}$$

Per il caso in specie risulta in particolare:

Sisma V+ (Incremento dei Pesi)

$$\theta_{1^*} = \arctg Kh/(1+Kv) = 0,057 \text{ rad} = 3.274^\circ$$

Sisma V- (Decremento dei Pesi)

$$\theta_{2^*} = \arctg Kh/(1- Kv) = 0,061 \text{ rad} = 3.472^\circ$$

Analogamente , per la valutazione della spinta totale in fase sismica degli eventuali carichi Q presenti sul piano limite, si utilizza la seguente formulazione:

$$S'_Q = Q*(1 \pm K_v) * K_{as} * H \quad \text{applicata a quota } H/2 \text{ dal piano di posa della fondazione dell'opera.}$$

In fase sismica agirà pertanto una sovraspinta sismica sull'opera pari a $S'Q - SQ$

Per tener conto infine effetti idrodinamici (spinta della falda in fase sismica) si fa ricorso al Metodo di Westergaard (Westergaard, 1931) secondo cui la pressione idrodinamica su una parete viene calcolata come in particolare come segue:

$$p_w = \frac{7}{8} a_x \gamma_w \sqrt{z_w H}$$

essendo :

H è l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo

z_w è la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda

a_x accelerazione relativa di progetto

APPALTATORE:	 <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:							
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX			COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 29 di 57

8 ANALISI DEI CARICHI

Si considerano sulla struttura le azioni elementari elencate di seguito.

Per il calcolo dell'azione eccezionale del sisma si rimanda alla successiva analisi sismica della struttura.

8.1 PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI (G₁)

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base delle caratteristiche dei materiali utilizzati. Il peso specifico del calcestruzzo è assunto pari a 25kN/m³.

Inoltre si è tenuto in conto implicitamente del peso del ballast andando a disporre il terreno a monte del muro alla stessa quota della testa del muro stesso, considerando quindi una configurazione di carico più gravosa di quella effettiva.

Le azioni risultanti sono valutati in automatico dal software di calcolo utilizzato, in funzione delle geometrie di progetto.

8.2 AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO STRADALE

Il sovraccarico variabile dovuto al traffico stradale è stato applicato mediante un carico distribuito pari a 20 kPa.

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	30 di 57

9 AZIONE SISMICA DI VERIFICA

L'analisi in condizione sismica è eseguita con il metodo pseudo-statico, definendo l'azione sismica mediante una forza statica equivalente pari al prodotto delle masse per il coefficiente sismico. Ammettendo che il terreno di riporto sia ben costipato, si ipotizza che l'opera si muova insieme al terreno (§ 7.9.5.6.2 NTC). Di conseguenza il fattore di struttura q è posto pari ad 1 e per l'opera in esame, considerata non dissipativa, non si applicano i particolari costruttivi inerenti la duttilità degli elementi.

Il coefficiente sismico orizzontale risulterebbe, in accordo con il DM 14.1.2008, pari a:

$$k_h = \beta_m a_g \cdot S$$

tuttavia, conformemente con quanto prescritto nel "Manuale di progettazione delle opere civili" - RFI DTC SI MA IFS 001 A, è necessario sostituire la precedente espressione con quella più restrittiva riportata di seguito:

$$k_h = \beta_m a_g \cdot S$$

in cui:

a_g è la massima accelerazione dello spettro orizzontale elastico del sito, calcolata per il 10% di probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R assegnato;

S è il coefficiente di sottosuolo pari al prodotto del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s e del coefficiente di amplificazione topografica ST (§ 3.2.3 delle NTC).

β_m assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II del DM 14.1.2008, riportata di seguito.

	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

Tabella 10.1: Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO						
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO						
Mandatario:	Mandante:							
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX			COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 31 di 57

Classificazione dei terreni

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell'area di intervento. In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{s30} , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media c_u (per terreni prevalentemente coesivi).

Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)
Cat. S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 32 di 57

	di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
Cat. S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Si considera una **categoria C** di suolo di fondazione.

Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale (V_N), è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella.

TIPI DI COSTRUZIONE	Vita Nominale (VN)
Opere nuove su infrastrutture ferroviarie progettate con le norme vigenti prima del DM14/1/2008 a velocità convenzionale $V < 250$ Km/h	50
Altre opere nuove a velocità $V < 250$ Km/h	75
Altre opere nuove a velocità $V > 250$ Km/h	100
Opere di grandi dimensioni: ponti e viadotti con campate di luce maggiore di 150 m	≥ 100

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale $V_N = 75$ anni.

Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 33 di 57

l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Per l'opera in oggetto si considera una **Classe d'uso III**.

Amplificazione topografica

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente tabella.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Nel caso in esame $S_T = 1$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 34 di 57

Amplificazione stratigrafica

I due coefficienti prima definiti, S_s e C_c , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono pari a:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Nel caso in esame (categoria di sottosuolo C) allo SLV risulta:

$$S_s = 1.18$$

$$C_c = 1.426$$

Parametri sismici

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.097	2.343	0.310
SLD	113	0.127	2.332	0.326
SLV	1068	0.367	2.346	0.395
SLC	2193	0.473	2.445	0.427

Tabella 10.2: Valutazione dei parametri a_g , F_o e T_c^* per i periodi di ritorno associati a ciascuno Stato Limite

APPALTATORE:	 <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:							
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX			COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 35 di 57

Nel caso in specie si ha:

$$a_g/g = 0.367$$

$$\beta_m = 0.31$$

$$K_h = 0.134$$

e quindi:

In fase sismica verranno pertanto applicate a tutti carichi fissi le seguenti forze d'inerzia:

$$F_h = K_h * W_i \quad (\text{forza d'inerzia legata alla componente orizzontale del sisma})$$

$$F_v = \pm 0.5 K_h * W_i \quad (\text{forza d'inerzia legata alla componente verticale del sisma})$$

essendo W_i il peso dell'elemento in esame.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 36 di 57

10 COMBINAZIONI DI CARICO

Nel seguito del presente paragrafo si riporta una disanima riguardante i casi di calcolo e corrispondenti combinazioni di Verifica prescritti dalla DM 14.01.08 in merito alle diverse verifiche da effettuare nei riguardi della stabilità e resistenza di un muro di sostegno:

Nel caso in esame, le azioni elementari previste sull'opera, sono le seguenti:

- Pesi Propri
- Spinte del terrapieno
- Sovraccarichi variabili
- Azione sismica

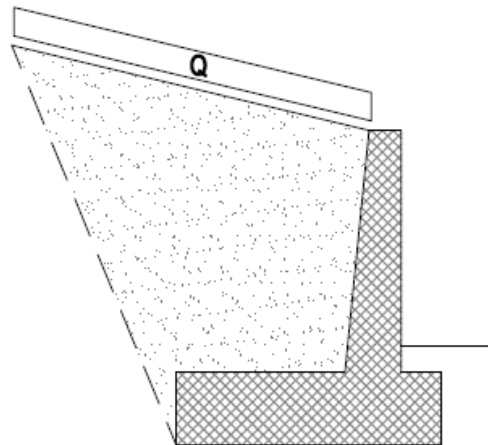


Figura 11.1: Schema tipo muri di sostegno oggetto di dimensionamento.

Nei riguardi del dimensionamento, si ritiene pertanto significativo analizzare i seguenti casi di calcolo:

Caso 1 (Statica) : Peso Proprio + Permanenti Portati + Spinte del Terrapieno

Caso 2 (Statica) : Peso Proprio + Permanenti Portati + Spinte del Terrapieno + Sovraccarichi acc.

Caso 3 (Sisma H V+/-) : Peso Proprio + Permanenti Portati + Spinte del Terrapieno + Sisma H + Sisma V+/-

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 37 di 57

Caso 4 (Sisma H V+/-) : Peso Proprio + Permanenti Portati + Spinte del Terrapieno + Sovraccarichi acc. + Sisma H + Sisma V+/-

Essendo :

- Sisma H + : azione sismica orizzontale verso valle

Sisma V+/- : componente sismica verticale positiva (incremento dei pesi) / negativa (incremento dei pesi) in alternativa.

Ai **4** Casi di Calcolo citati corrispondono, secondo quanto prescritto al punto 6.5.3.1.1 delle NTC 08 con riferimento ai coefficienti parziali da applicare alle Azioni ed ai parametri caratteristici dei terreni in funzione dello Stato Limite di verifica (di cui alle Tabelle 6.2.I e 6.2.II della già citata norma, di seguito riportate per chiarezza espositiva) un totale di **12 Combinazioni di Calcolo**, per la necessità di duplicare il casi di verifica A2-M2 al fine di effettuare in apposito modulo dedicato le Verifiche di Stabilità Globale:

Normativa

N.T.C. 2008

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 uniaassiale delle rocce

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	38 di 57

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

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:							
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX			COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 39 di 57

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	

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGGIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A 40 di 57

Combinazioni generate				
	N°	Caso	Sisma	Peso muro/terrapieno
•	1	STR (A1-M1-R3)	Assente	FAV - FAV
	2	STR (A1-M1-R3)	H + V	FAV - FAV
	3	STR (A1-M1-R3)	H - V	SFAV - SFAV
	4	GEO (A2-M2-R2)	Assente	SFAV - SFAV
	5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	SFAV - SFAV
	6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	SFAV - SFAV
	7	EQU	Assente	FAV - FAV
	8	EQU	H + V	FAV - FAV
	9	EQU	H - V	FAV - FAV
	10	SLER	Assente	FAV - FAV
	11	SLEF	Assente	FAV - FAV
	12	SLEQ	Assente	FAV - FAV

Tabella 11.1: tabella riepilogativa delle combinazioni di carico

Fermo restando le espressioni generali delle combinazioni di Verifica prescritte alla prg 2.5.3 del DM 14.01.08, a cui si rimanda per maggiori dettagli, per tutte le combinazioni “SISMICHE”, i valori dei coefficienti parziali sulle azioni (A1-A2) sono **posti unitari**, mentre riguardo i coefficienti di combinazione Ψ delle azioni accidentali, nel caso in esame quelli legati al sovraccarico ferroviario, è stato posto :

$\Psi_0 = 1$ (Combinazioni di SLU e SLE)

$\Psi_2 = 0.2$ (Combinazioni SISMICHE)

Per i dettagli sulle single Combinazioni si rimanda all’apposito allegato di calcolo.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 41 di 57

11 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

Come descritto in precedenza si riportano a seguire le verifiche del muro di sostegno per le combinazioni dimensionanti; per i dettagli delle verifiche si rimanda ad allegato di calcolo.

11.1 VERIFICHE MURO DI SOSTEGNO

Le immagini seguenti illustrano la configurazione geometrica e la stratigrafia dei terreni relative del muro in oggetto.

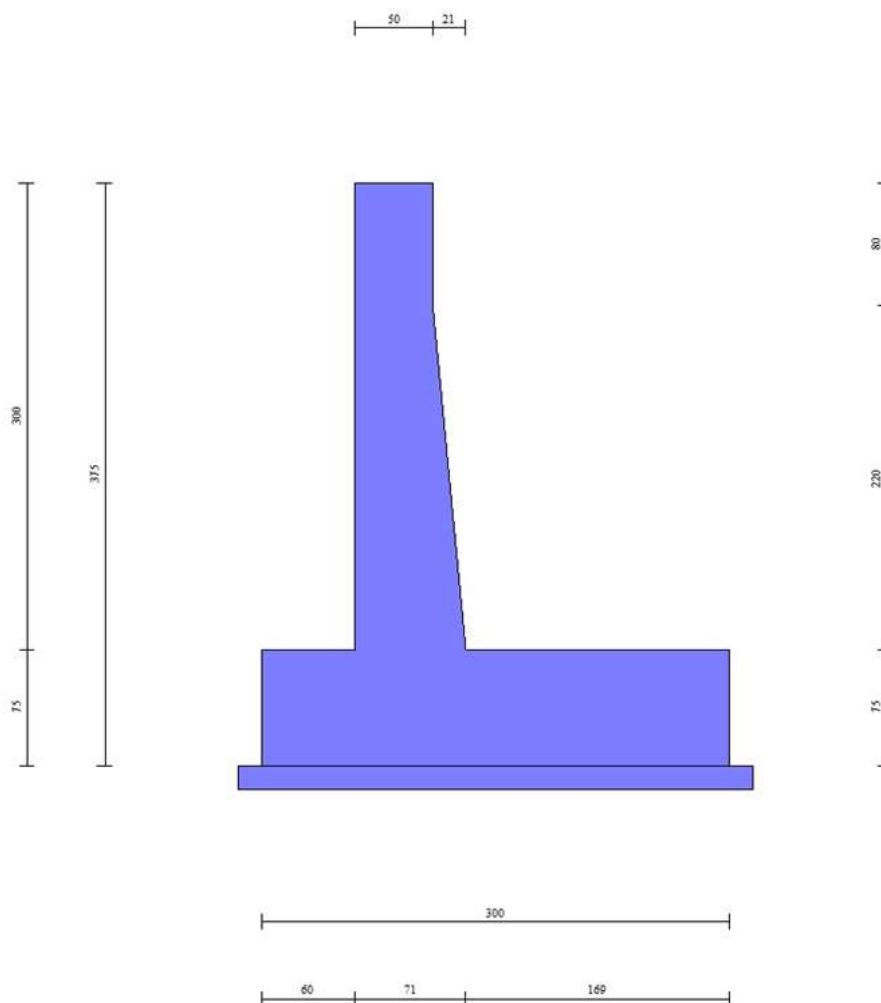


Figura 12.1: Geometria e dimensioni del muro di sostegno

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	42 di 57

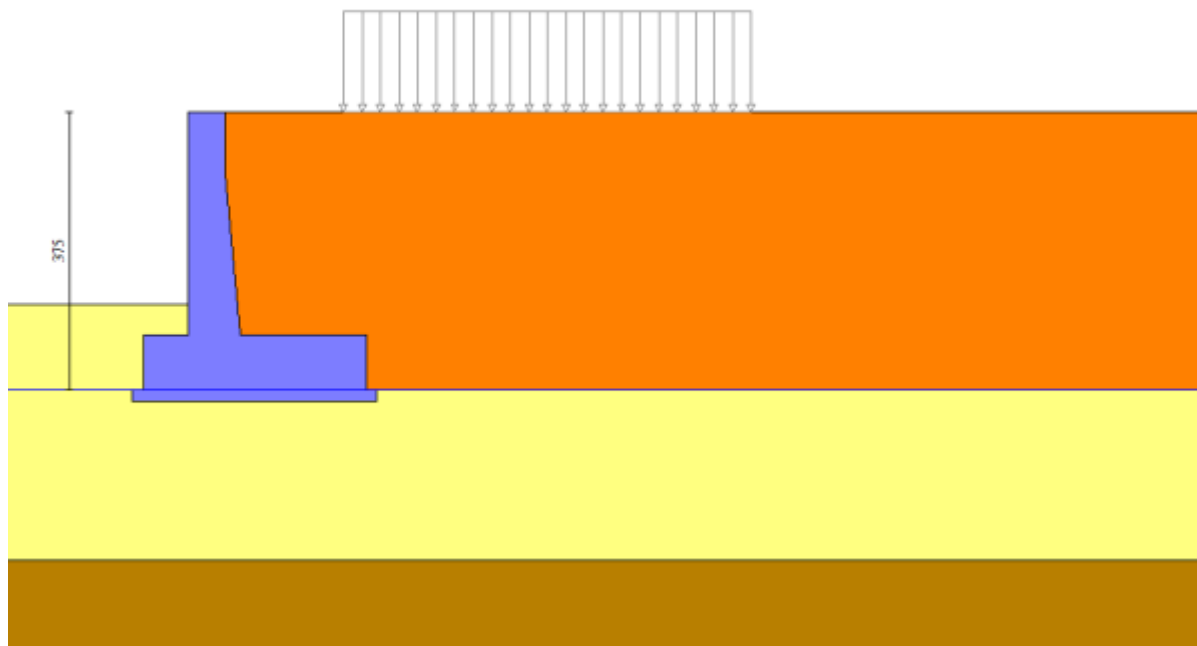


Figura 12.2: Modello di calcolo del muro di sostegno

Di seguito sono riassunte le verifiche strutturali e geotecniche effettuate sull'opera in esame. Si riportano i risultati delle combinazioni di carico più gravose per ogni stato limite esaminato.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 43 di 57

Verifiche geotecniche

Di seguito si riportano i risultati in termini di coefficienti di sicurezza delle combinazioni previste.

n°	Combinazione	Sismica	FSsco	FSqlim	FSrib	FSstab	FShyd	FSupl
1	STR (A1-M1-R3)		1.373	1.978	--	--	--	--
2	STR (A1-M1-R3)	H + V	1.366	1.918	--	--	--	--
3	STR (A1-M1-R3)	H - V	1.270	2.013	--	--	--	--
4	GEO (A2-M2-R2)		--	--	--	1.459	--	--
5	GEO (A2-M2-R2)	H + V	--	--	--	1.271	--	--
6	GEO (A2-M2-R2)	H - V	--	--	--	1.193	--	--
7	EQU		--	--	2.507	--	--	--
8	EQU	H + V	--	--	2.907	--	--	--
9	EQU	H - V	--	--	2.418	--	--	--

Figura 12.3: risultati delle verifiche geotecniche

Le verifiche di stabilità locale (ribaltamento, scorrimento, carico ultimo), di cui si riportano i coefficienti di sicurezza nella Figura precedente, sono state eseguite secondo i criteri elencati di seguito:

- si trascura il contributo della resistenza passiva del terreno antistante l'opera;
- si assume pari all'unità il coefficiente moltiplicativo dell'angolo di attrito terreno di fondazione/muro, essendo il muro gettato in opera;
- si assume pari a zero il coefficiente moltiplicativo dell'angolo di attrito terreno di riempimento/paramento.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A
SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		FOGLIO	44 di 57			
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX						

Verifica a stabilità globale

La combinazione di carico più gravosa ai fini della stabilità globale del sistema muro-terreno risulta essere la n° 6 (GEO – sisma presente); la verifica risulta essere soddisfatta con coefficiente di sicurezza pari a 1.19.

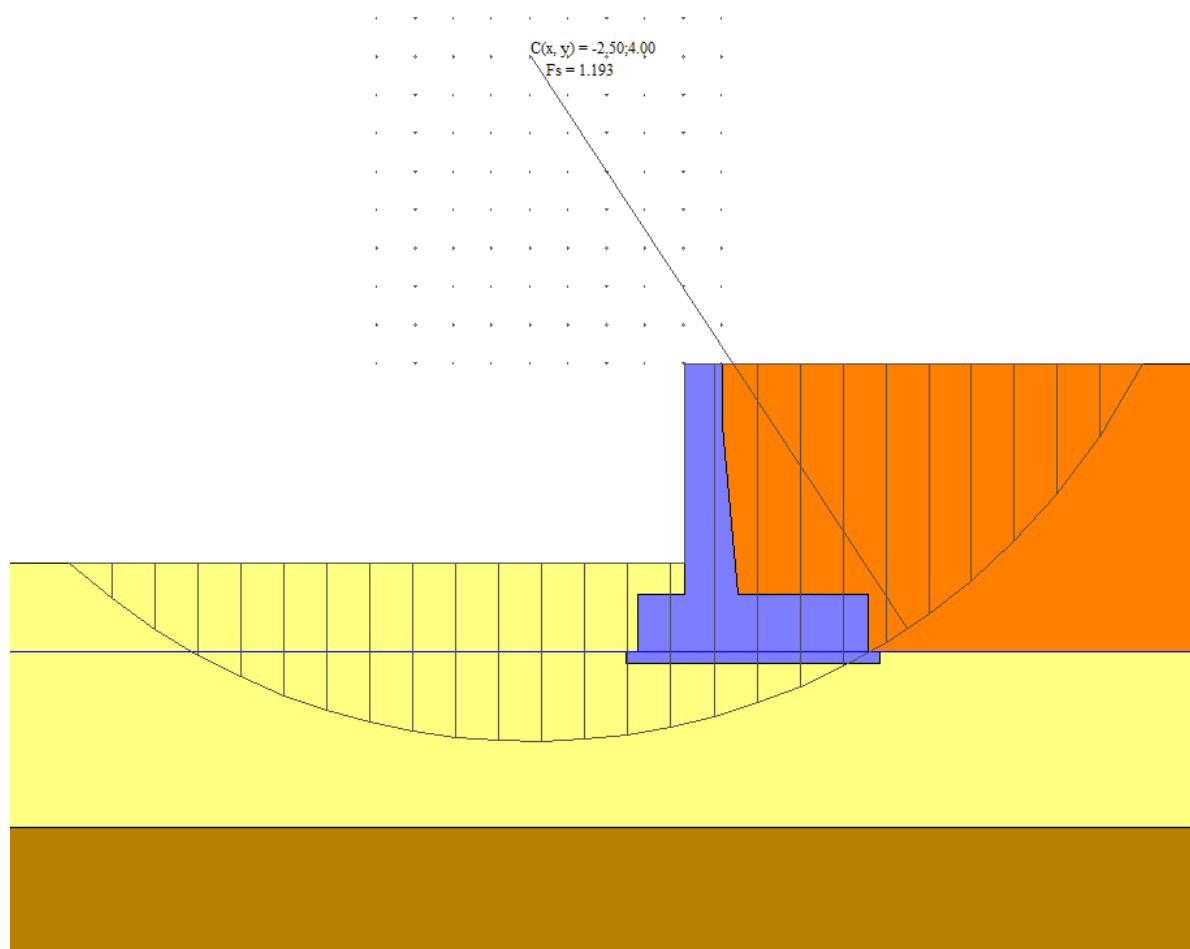


Figura 12.4: Verifica di stabilità globale del complesso terreno-muro

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 45 di 57

Verifiche strutturali

Nelle due immagini seguenti si riportano i diagrammi delle massime sollecitazioni che si ottengono in corrispondenza del paramento e della fondazione del muro.

A partire da tali valori saranno poi effettuate le verifiche degli elementi strutturali, considerando la seguente armatura:

ARMATURA ELEVAZIONE					
Lato	n°strati	c' (cm)	n°	φ (mm)	A _s (cm ²)
A _s lato monte	1	6.8	5	12	5.65
A _s ' lato valle	1	6.8	5	12	5.65
ARMATURA FONDAZIONE					
Lato	n°strati	c' (cm)	n°	φ (mm)	A _s (cm ²)
A _s superiore	1	6.8	5	12	5.65
A _s ' inferiore	1	6.8	5	12	5.65

Si precisa che il valore del copriferro c' indicato nelle tabelle precedenti fa riferimento alla distanza tra l'asse dell'armatura di forza e il filo esterno del calcestruzzo, valutata considerando in posizione esterna i ferri ripartitori del muro.

L'armatura di ripartizione prevede ferri n.6 φ12 per il paramento e n.7 φ12 per la zattera di fondazione.

Per quanto riguarda l'armatura a taglio del muro, si dispone un'armatura di spilli sul paramento di (12x2) φ12/m e in fondazione (10x2) φ12/m.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 46 di 57

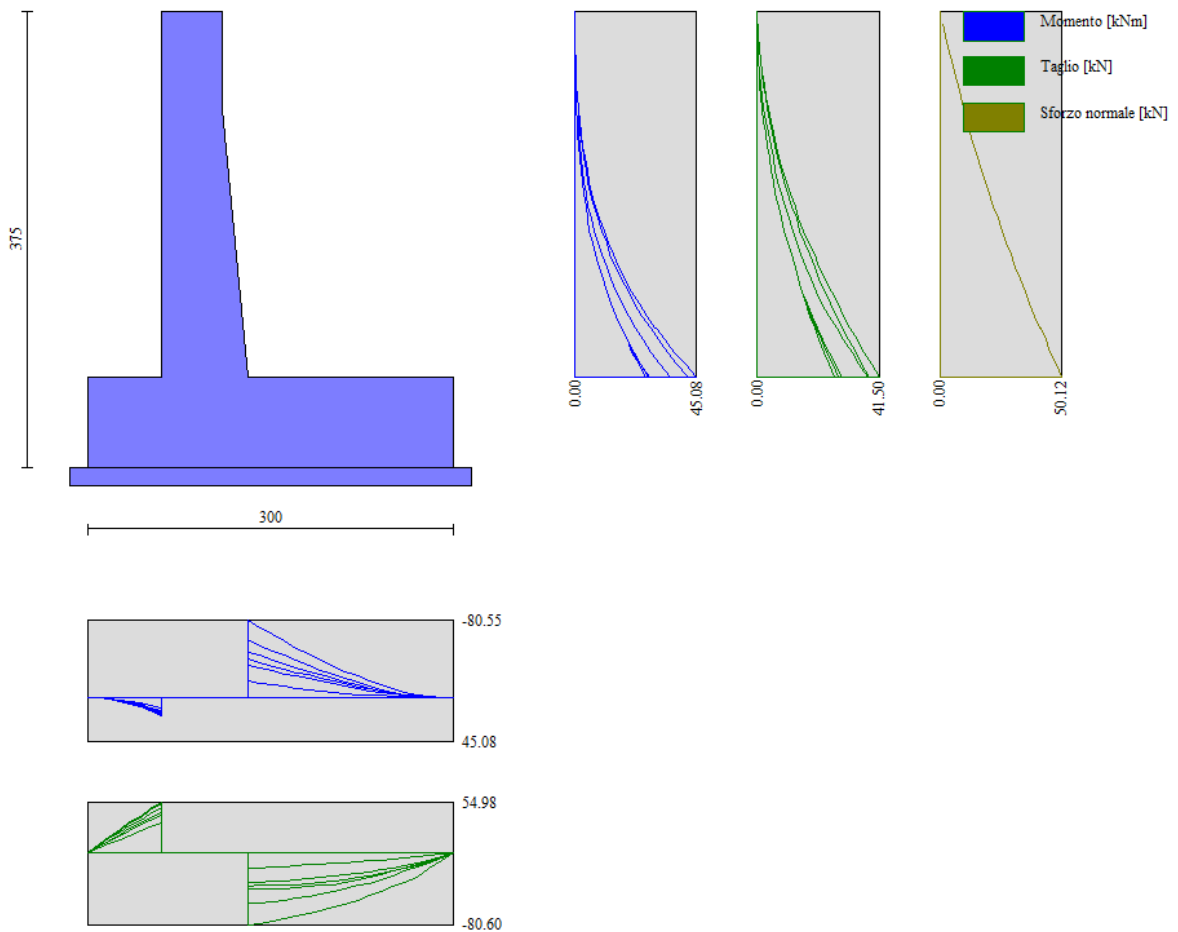


Figura 12.5: Sollecitazioni agenti sulle membrature del muro (involuppo SLU)

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI				
PROGETTAZIONE:		RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO				
Mandataria:	Mandante:	II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO				
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO			
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX			COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO
			IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005
						REV. A
						FOGLIO 47 di 57

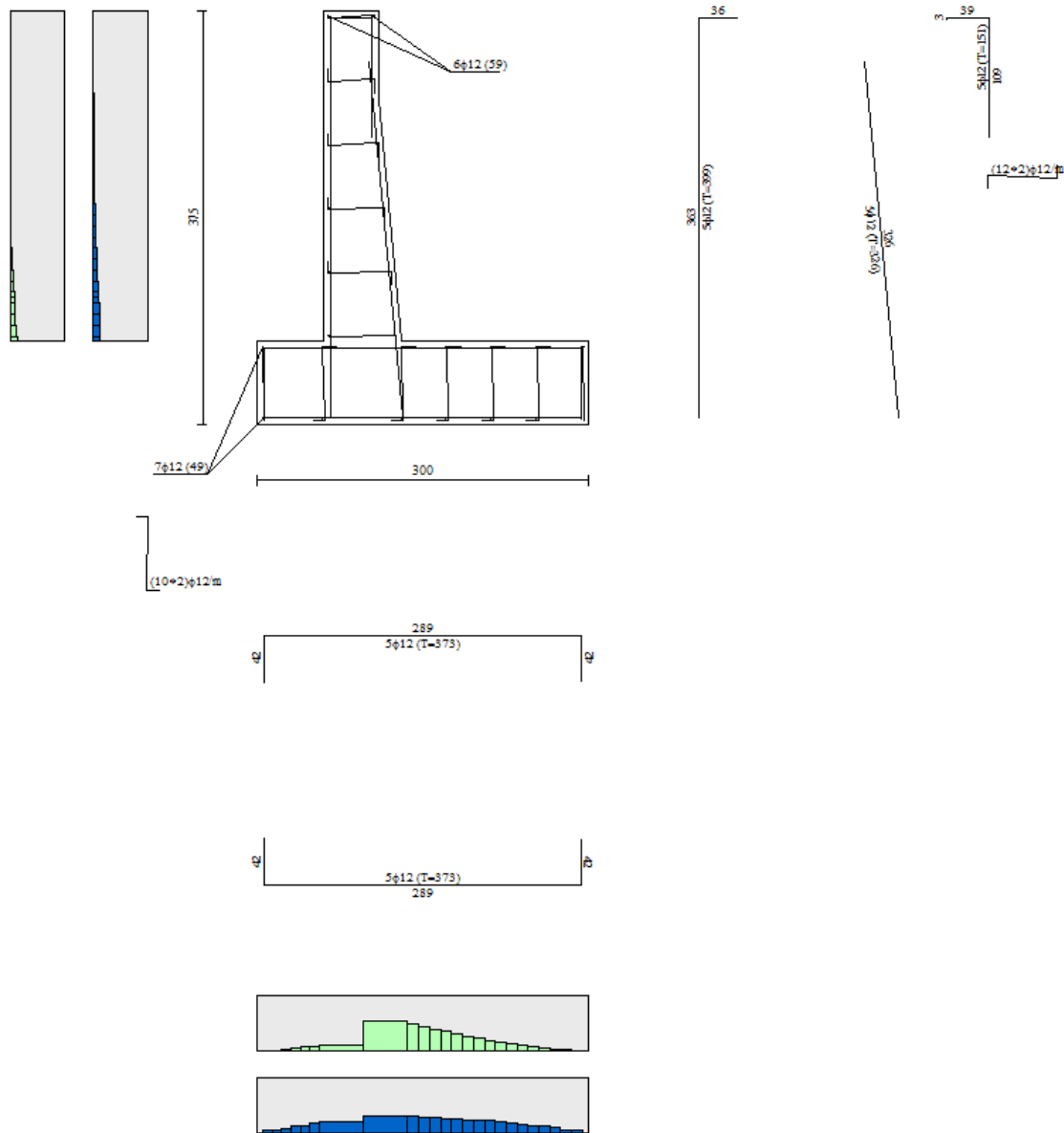


Figura 12.6: Armature nelle membrature del muro (involuppo SLU)

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO						
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO						
Mandatario:	Mandante:							
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX			COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
			IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	48 di 57

Si riportano a seguire i risultati delle verifiche strutturali (SLU e SLE) per la sezione di calcolo del muro di sottoscarpa oggetto della presente relazione di calcolo.

Fondazione		Paramento									
Flessione		Taglio Tensioni									
n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS	
1	-1.10	100	75	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000	
2	-1.01	100	75	5.65	5.65	0.37	0.00	151.17	0.00	410.349	
3	-0.93	100	75	5.65	5.65	1.46	0.00	151.17	0.00	103.527	
4	-0.84	100	75	5.65	5.65	3.26	0.00	151.17	0.00	46.437	
5	-0.76	100	75	5.65	5.65	5.73	0.00	151.17	0.00	26.365	
6	-0.67	100	75	5.65	5.65	8.88	0.00	151.17	0.00	17.032	
7	-0.59	100	75	5.65	5.65	12.66	0.00	151.17	0.00	11.940	
8	-0.50	100	75	5.65	5.65	17.07	0.00	151.17	0.00	8.857	
9	0.21	100	75	5.65	5.65	-80.55	0.00	-151.17	0.00	1.877	
10	0.31	100	75	5.65	5.65	-73.03	0.00	-151.17	0.00	2.070	
11	0.41	100	75	5.65	5.65	-65.70	0.00	-151.17	0.00	2.301	
12	0.51	100	75	5.65	5.65	-58.61	0.00	-151.17	0.00	2.579	
13	0.61	100	75	5.65	5.65	-51.76	0.00	-151.17	0.00	2.920	
14	0.71	100	75	5.65	5.65	-45.21	0.00	-151.17	0.00	3.344	
15	0.81	100	75	5.65	5.65	-38.97	0.00	-151.17	0.00	3.879	
16	0.91	100	75	5.65	5.65	-33.08	0.00	-151.17	0.00	4.569	
17	1.01	100	75	5.65	5.65	-27.57	0.00	-151.17	0.00	5.483	
18	1.11	100	75	5.65	5.65	-22.47	0.00	-151.17	0.00	6.728	
19	1.21	100	75	5.65	5.65	-17.80	0.00	-151.17	0.00	8.490	
20	1.31	100	75	5.65	5.65	-13.61	0.00	-151.17	0.00	11.107	
21	1.40	100	75	5.65	5.65	-9.92	0.00	-151.17	0.00	15.246	
22	1.50	100	75	5.65	5.65	-6.75	0.00	-151.17	0.00	22.393	
23	1.60	100	75	5.65	5.65	-4.13	0.00	-151.17	0.00	36.576	
24	1.70	100	75	5.65	5.65	-1.86	0.00	-151.17	0.00	81.398	
25	1.80	100	75	5.65	5.65	-0.47	0.00	-151.17	0.00	322.079	
26	1.90	100	75	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000	

Figura 12.7: Verifiche SLU a flessione della fondazione del muro

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 49 di 57	

Fondazione		Paramento												
Flessione		Taglio		Tensioni										
n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS				
1	0.00	100	50	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00	10000.000				
2	-0.10	100	50	5.65	5.65	0.00	0.00	0.00	0.00	10000.000				
3	-0.20	100	50	5.65	5.65	0.04	2.45	139.81	7967.89	3254.010				
4	-0.30	100	50	5.65	5.65	0.03	3.67	65.85	7967.89	2169.340				
5	-0.40	100	50	5.65	5.65	0.21	4.90	340.84	7960.29	1625.453				
6	-0.50	100	50	5.65	5.65	0.36	6.12	430.33	7378.44	1205.314				
7	-0.60	100	50	5.65	5.65	0.56	7.35	510.93	6745.70	918.293				
8	-0.70	100	50	5.65	5.65	0.82	8.57	577.18	6068.61	708.103				
9	-0.80	100	50	5.65	5.65	1.14	9.79	624.56	5359.17	547.159				
10	-0.80	100	50	5.65	5.65	1.15	9.82	625.00	5355.28	545.315				
11	-0.90	100	51	5.65	5.65	1.57	11.21	672.90	4803.59	428.421				
12	-1.00	100	52	5.65	5.65	2.09	12.65	697.88	4229.89	334.489				
13	-1.10	100	53	5.65	5.65	2.70	14.12	688.88	3599.00	254.867				
14	-1.20	100	54	5.65	5.65	3.43	15.64	654.59	2985.31	190.900				
15	-1.30	100	55	5.65	5.65	4.27	17.20	594.60	2392.88	139.146				
16	-1.40	100	56	5.65	5.65	5.24	18.80	525.32	1883.00	100.173				
17	-1.50	100	57	5.65	5.65	6.35	20.44	446.11	1435.86	70.249				
18	-1.60	100	58	5.65	5.65	7.60	22.12	383.11	1115.15	50.405				
19	-1.70	100	59	5.65	5.65	9.00	23.85	344.33	912.11	38.245				
20	-1.80	100	60	5.65	5.65	10.57	25.62	318.56	772.28	30.147				
21	-1.90	100	61	5.65	5.65	12.30	27.43	293.04	653.40	23.824				
22	-2.00	100	62	5.65	5.65	14.21	29.28	274.20	564.87	19.294				
23	-2.10	100	62	5.65	5.65	16.31	31.17	260.44	497.71	15.968				
24	-2.20	100	63	5.65	5.65	18.60	33.10	250.12	445.08	13.445				
25	-2.30	100	64	5.65	5.65	21.10	35.08	242.26	402.76	11.481				
26	-2.40	100	65	5.65	5.65	23.81	37.10	236.21	368.02	9.920				
27	-2.50	100	66	5.65	5.65	26.74	39.16	231.53	339.02	8.658				
28	-2.60	100	67	5.65	5.65	29.90	41.26	227.91	314.46	7.621				
29	-2.60	100	67	5.65	5.65	29.97	41.30	227.84	314.01	7.603				
30	-2.70	100	68	5.65	5.65	33.37	43.44	225.08	293.05	6.745				
31	-2.80	100	69	5.65	5.65	37.01	45.63	222.99	274.89	6.025				
32	-2.90	100	70	5.65	5.65	40.91	47.85	221.45	259.01	5.413				
33	-2.99	100	71	5.65	5.65	45.08	50.12	219.87	244.46	4.878				

Figura 12.8: Verifiche SLU a flessione del paramento del muro

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	50 di 57

Fondazione		Paramento									
Flessione		Taglio		Tensioni							
	n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kN]	VRsd [kN]	VRd [kN]	T [kN]	FS	
•	1	-1.10	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	0.00	100.000	
	2	-1.01	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-8.56	31.690	
	3	-0.93	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-16.88	16.065	
	4	-0.84	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-24.97	10.860	
	5	-0.76	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-32.82	8.261	
	6	-0.67	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-40.44	6.705	
	7	-0.59	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-47.83	5.669	
	8	-0.50	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-54.98	4.932	
	9	0.21	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-80.60	3.364	
	10	0.31	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-78.79	3.442	
	11	0.41	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-76.66	3.537	
	12	0.51	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-74.23	3.653	
	13	0.61	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-71.50	3.792	
	14	0.71	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-68.46	3.961	
	15	0.81	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-65.11	4.164	
	16	0.91	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-61.46	4.412	
	17	1.01	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-57.51	4.715	
	18	1.11	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-53.24	5.093	
	19	1.21	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-48.68	5.571	
	20	1.31	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-43.80	6.191	
	21	1.40	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-38.62	7.021	
	22	1.50	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-33.14	8.183	
	23	1.60	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-27.26	9.948	
	24	1.70	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-18.48	14.675	
	25	1.80	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	-9.39	28.873	
	26	1.90	100	75	0.00	0.00	0.00	271.16	0.00	100.000	

Figura 12.9: Verifiche SLU a taglio della fondazione del muro

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 51 di 57	

Fondazione		Paramento								
Flessione		Taglio			Tensioni					
n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afw [cmq]	VRcd [kN]	VRsd [kN]	VRd [kN]	T [kN]	FS	
1	0.00	100	50	0.00	0.00	0.00	197.32	0.00	100.000	
2	-0.10	100	50	0.00	0.00	0.00	197.48	0.20	971.797	
3	-0.20	100	50	0.00	0.00	0.00	197.65	0.48	413.698	
4	-0.30	100	50	0.00	0.00	0.00	197.81	0.82	240.357	
5	-0.40	100	50	0.00	0.00	0.00	197.98	1.24	159.882	
6	-0.50	100	50	0.00	0.00	0.00	198.14	1.72	114.937	
7	-0.60	100	50	0.00	0.00	0.00	198.31	2.28	86.967	
8	-0.70	100	50	0.00	0.00	0.00	198.47	2.91	68.094	
9	-0.80	100	50	0.00	0.00	0.00	198.64	3.63	54.649	
10	-0.80	100	50	0.00	0.00	0.00	198.67	3.64	54.584	
11	-0.90	100	51	0.00	0.00	0.00	201.80	4.47	45.154	
12	-1.00	100	52	0.00	0.00	0.00	204.93	5.39	37.994	
13	-1.10	100	53	0.00	0.00	0.00	208.06	6.41	32.472	
14	-1.20	100	54	0.00	0.00	0.00	211.18	7.50	28.141	
15	-1.30	100	55	0.00	0.00	0.00	214.30	8.68	24.676	
16	-1.40	100	56	0.00	0.00	0.00	217.42	9.95	21.855	
17	-1.50	100	57	0.00	0.00	0.00	220.53	11.29	19.525	
18	-1.60	100	58	0.00	0.00	0.00	223.64	12.72	17.576	
19	-1.70	100	59	0.00	0.00	0.00	226.75	14.24	15.927	
20	-1.80	100	60	0.00	0.00	0.00	229.86	15.83	14.518	
21	-1.90	100	61	0.00	0.00	0.00	232.96	17.51	13.303	
22	-2.00	100	62	0.00	0.00	0.00	236.06	19.27	12.248	
23	-2.10	100	62	0.00	0.00	0.00	239.17	21.12	11.325	
24	-2.20	100	63	0.00	0.00	0.00	242.27	23.05	10.512	
25	-2.30	100	64	0.00	0.00	0.00	245.37	25.06	9.792	
26	-2.40	100	65	0.00	0.00	0.00	248.47	27.15	9.151	
27	-2.50	100	66	0.00	0.00	0.00	251.57	29.33	8.577	
28	-2.60	100	67	0.00	0.00	0.00	254.66	31.59	8.062	
29	-2.60	100	67	0.00	0.00	0.00	254.73	31.64	8.052	
30	-2.70	100	68	0.00	0.00	0.00	257.82	33.98	7.588	
31	-2.80	100	69	0.00	0.00	0.00	260.91	36.40	7.168	
32	-2.90	100	70	0.00	0.00	0.00	264.01	38.91	6.785	
33	-2.99	100	71	0.00	0.00	0.00	266.82	41.50	6.430	

Figura 12.10: Verifiche SLU a taglio del paramento del muro

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 52 di 57	

Fondazione		Paramento									
Tensioni		Fessurazione									
		Ambiente: poco aggressivo					Armatura: poco sensibile				
N°	Y [m]	M [kNm]	N [kNm]	Mf [kNm]	As [cmq]	Ac,eff [cmq]	Eps	sm [mm]	wm [mm]	wlim [mm]	
1	-1.01	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	---	---	0.000	0.200	
2	-1.01	0.2032	0.0000	304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
3	-0.93	0.8111	0.0000	304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
4	-0.84	1.8208	0.0000	304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
5	-0.76	3.2295	0.0000	304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
6	-0.67	5.0345	0.0000	304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
7	-0.59	7.2329	0.0000	304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
8	-0.50	9.8219	0.0000	304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
9	0.21	-17.6672	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
10	0.31	-15.8360	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
11	0.41	-14.0819	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
12	0.51	-12.4094	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
13	0.61	-10.8228	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
14	0.71	-9.3265	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
15	0.81	-7.9248	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
16	0.91	-6.6221	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
17	1.01	-5.4228	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
18	1.11	-4.3312	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
19	1.21	-3.3517	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
20	1.31	-2.4887	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
21	1.40	-1.7464	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
22	1.50	-1.1293	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
23	1.60	-0.6418	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
24	1.70	-0.2882	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
25	1.80	-0.0728	0.0000	-304.7886	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
26	1.82	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	---	---	0.000	0.200	

Figura 12.11: Verifiche SLE a fessurazione della fondazione del muro (Comb. SLE quasi permanente)

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	53 di 57

Fondazione		Paramento									
Tensioni		Fessurazione									
Ambiente: poco aggressivo		Armatura: poco sensibile									
N°	Y [m]	M [kNm]	N [kNm]	Mf [kNm]	As [cmq]	Ac,eff [cmq]	Eps	sm [mm]	wm [mm]	wlim [mm]	
1	-0.10	0.0000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	---	---	0.000	0.200	
2	-0.10	0.0009	1.2243	137.1429	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
3	-0.20	0.0069	2.4486	137.2447	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
4	-0.30	0.0234	3.6730	137.3474	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
5	-0.40	0.0552	4.8973	137.4559	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
6	-0.50	0.1076	6.1216	137.5562	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
7	-0.60	0.1857	7.3459	137.6629	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
8	-0.70	0.2948	8.5702	137.7720	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
9	-0.70	0.4412	9.7945	137.8706	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
10	-0.90	0.4427	9.8205	137.9295	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
11	-0.90	0.6446	11.2123	143.3126	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
12	-1.00	0.8989	12.6458	148.8054	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
13	-1.10	1.2122	14.1211	154.4053	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
14	-1.20	1.5908	15.6381	160.0990	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
15	-1.30	2.0404	17.1969	165.9021	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
16	-1.40	2.5668	18.7974	171.8108	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
17	-1.50	3.1760	20.4397	177.8310	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
18	-1.60	3.8737	22.1237	183.9493	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
19	-1.70	4.6658	23.8495	190.1715	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
20	-1.80	5.5582	25.6170	196.5036	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
21	-1.90	6.5566	27.4263	202.9417	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
22	-2.00	7.6668	29.2773	209.4725	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
23	-2.10	8.8948	31.1701	216.1210	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
24	-2.20	10.2463	33.1046	222.8740	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
25	-2.30	11.7272	35.0809	229.7371	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
26	-2.40	13.3433	37.0989	236.7067	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
27	-2.50	15.1004	39.1587	243.7790	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
28	-2.60	17.0043	41.2602	250.9598	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
29	-2.60	17.0440	41.3027	251.1048	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
30	-2.70	19.1007	43.4438	258.3906	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
31	-2.80	21.3156	45.6265	265.7771	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
32	-2.90	23.6945	47.8509	273.2700	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	
33	-2.86	26.2431	50.1169	280.1283	5.65	1400.00	0.0000	0.00	0.000	0.200	

Figura 12.12: Verifiche SLE a fessurazione del paramento del muro (Comb. SLE quasi permanente)

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	54 di 57

Fondazione	Paramento										
Tensioni	Fessurazione										
	σ_c 13280 [kPa]	σ_s 337500 [kPa]									
	n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
●	1	-1.10	100	75	5.65	5.65	0.00	0.00	0	0	0
	2	-1.01	100	75	5.65	5.65	0.20	0.00	6	545	37
	3	-0.93	100	75	5.65	5.65	0.81	0.00	24	2173	150
	4	-0.84	100	75	5.65	5.65	1.82	0.00	53	4879	336
	5	-0.76	100	75	5.65	5.65	3.23	0.00	94	8653	596
	6	-0.67	100	75	5.65	5.65	5.03	0.00	146	13489	929
	7	-0.59	100	75	5.65	5.65	7.23	0.00	210	19379	1334
	8	-0.50	100	75	5.65	5.65	9.82	0.00	285	26316	1812
	9	0.21	100	75	5.65	5.65	-17.67	0.00	513	3260	47337
	10	0.31	100	75	5.65	5.65	-15.84	0.00	460	2922	42430
	11	0.41	100	75	5.65	5.65	-14.08	0.00	409	2598	37730
	12	0.51	100	75	5.65	5.65	-12.41	0.00	361	2290	33249
	13	0.61	100	75	5.65	5.65	-10.82	0.00	314	1997	28998
	14	0.71	100	75	5.65	5.65	-9.33	0.00	271	1721	24989
	15	0.81	100	75	5.65	5.65	-7.92	0.00	230	1462	21233
	16	0.91	100	75	5.65	5.65	-6.62	0.00	192	1222	17743
	17	1.01	100	75	5.65	5.65	-5.42	0.00	158	1001	14530
	18	1.11	100	75	5.65	5.65	-4.33	0.00	126	799	11605
	19	1.21	100	75	5.65	5.65	-3.35	0.00	97	618	8980
	20	1.31	100	75	5.65	5.65	-2.49	0.00	72	459	6668
	21	1.40	100	75	5.65	5.65	-1.75	0.00	51	322	4679
	22	1.50	100	75	5.65	5.65	-1.13	0.00	33	208	3026
	23	1.60	100	75	5.65	5.65	-0.64	0.00	19	118	1720
	24	1.70	100	75	5.65	5.65	-0.29	0.00	8	53	772
	25	1.80	100	75	5.65	5.65	-0.07	0.00	2	13	195
	26	1.90	100	75	5.65	5.65	0.00	0.00	0	0	0

Figura 12.15: Verifiche SLE delle massime tensioni di esercizio della fondazione del muro

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.05.0.0.005	A	55 di 57

Fondazione		Paramento									
Tensioni		Fessurazione									
		σ_c 13280 [kPa]					σ_s 337500 [kPa]				
	n°	S [m]	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	sc [kPa]	sfi [kPa]	sfs [kPa]
●	1	0.00	100	50	5.65	5.65	0.00	0.00	0	0	0
	2	-0.10	100	50	5.65	5.65	0.00	1.22	2	35	36
	3	-0.20	100	50	5.65	5.65	0.01	2.45	5	69	73
	4	-0.30	100	50	5.65	5.65	0.02	3.67	8	100	113
	5	-0.40	100	50	5.65	5.65	0.06	4.90	11	128	157
	6	-0.50	100	50	5.65	5.65	0.11	6.12	14	149	206
	7	-0.60	100	50	5.65	5.65	0.19	7.35	18	164	262
	8	-0.70	100	50	5.65	5.65	0.29	8.57	23	171	326
	9	-0.80	100	50	5.65	5.65	0.44	9.79	29	168	400
	10	-0.80	100	50	5.65	5.65	0.44	9.82	29	168	401
	11	-0.90	100	51	5.65	5.65	0.64	11.21	35	155	484
	12	-1.00	100	52	5.65	5.65	0.90	12.65	42	132	576
	13	-1.10	100	53	5.65	5.65	1.21	14.12	50	98	678
	14	-1.20	100	54	5.65	5.65	1.59	15.64	59	49	793
	15	-1.30	100	55	5.65	5.65	2.04	17.20	70	34	927
	16	-1.40	100	56	5.65	5.65	2.57	18.80	83	170	1085
	17	-1.50	100	57	5.65	5.65	3.18	20.44	98	386	1272
	18	-1.60	100	58	5.65	5.65	3.87	22.12	117	719	1493
	19	-1.70	100	59	5.65	5.65	4.67	23.85	140	1216	1752
	20	-1.80	100	60	5.65	5.65	5.56	25.62	167	1928	2049
	21	-1.90	100	61	5.65	5.65	6.56	27.43	199	2899	2384
	22	-2.00	100	62	5.65	5.65	7.67	29.28	235	4160	2751
	23	-2.10	100	62	5.65	5.65	8.89	31.17	274	5725	3146
	24	-2.20	100	63	5.65	5.65	10.25	33.10	317	7596	3566
	25	-2.30	100	64	5.65	5.65	11.73	35.08	364	9768	4007
	26	-2.40	100	65	5.65	5.65	13.34	37.10	413	12237	4469
	27	-2.50	100	66	5.65	5.65	15.10	39.16	465	14997	4950
	28	-2.60	100	67	5.65	5.65	17.00	41.26	520	18044	5451
	29	-2.60	100	67	5.65	5.65	17.04	41.30	521	18108	5462
	30	-2.70	100	68	5.65	5.65	19.10	43.44	578	21441	5982
	31	-2.80	100	69	5.65	5.65	21.32	45.63	638	25057	6523
	32	-2.90	100	70	5.65	5.65	23.69	47.85	700	28954	7084
	33	-2.99	100	71	5.65	5.65	26.24	50.12	767	33239	7679

Figura 12.16: Verifiche SLE delle massime tensioni di esercizio del paramento del muro

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 56 di 57

12 DICHIARAZIONE SECONDO NTC2008 (§ 10.2)

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di codici di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato condotto attraverso un'analisi agli elementi finiti.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi pseudostatica secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018. La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

Lo stato tenso-deformativo dei sottostrutture è stato investigato mediante il software di calcolo PARATIE PLUS di CEAS srl.

Affidabilità dei codici di calcolo

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità. La documentazione fornita dal produttore del software contiene un'esauriente descrizione delle basi teoriche, degli algoritmi impiegati e l'individuazione dei campi d'impiego. La società produttrice Aztec Informatica srl ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

Modalità di presentazione dei risultati

La relazione di calcolo strutturale presenta i dati di calcolo tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. La relazione di calcolo illustra in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare.

Informazioni generali sull'elaborazione

Il software prevede una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. Il codice di calcolo consente di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo muro spalla A H=3,00 m IF2R.2.2.E.ZZ.CL.NW.05.0.0.005.A.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.05.0.0.005	REV. A	FOGLIO 57 di 57

tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, io sottoscritto asserisco che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.