

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PRODUZIONE SUD ED ISOLE

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

OPERA DI PROTEZIONE BADAGNANO - RAMO 13

RELAZIONE DI CALCOLO MURI AD "U"

SCALA:

-

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

N7D2 01 D 78 CL OC0500 002 A

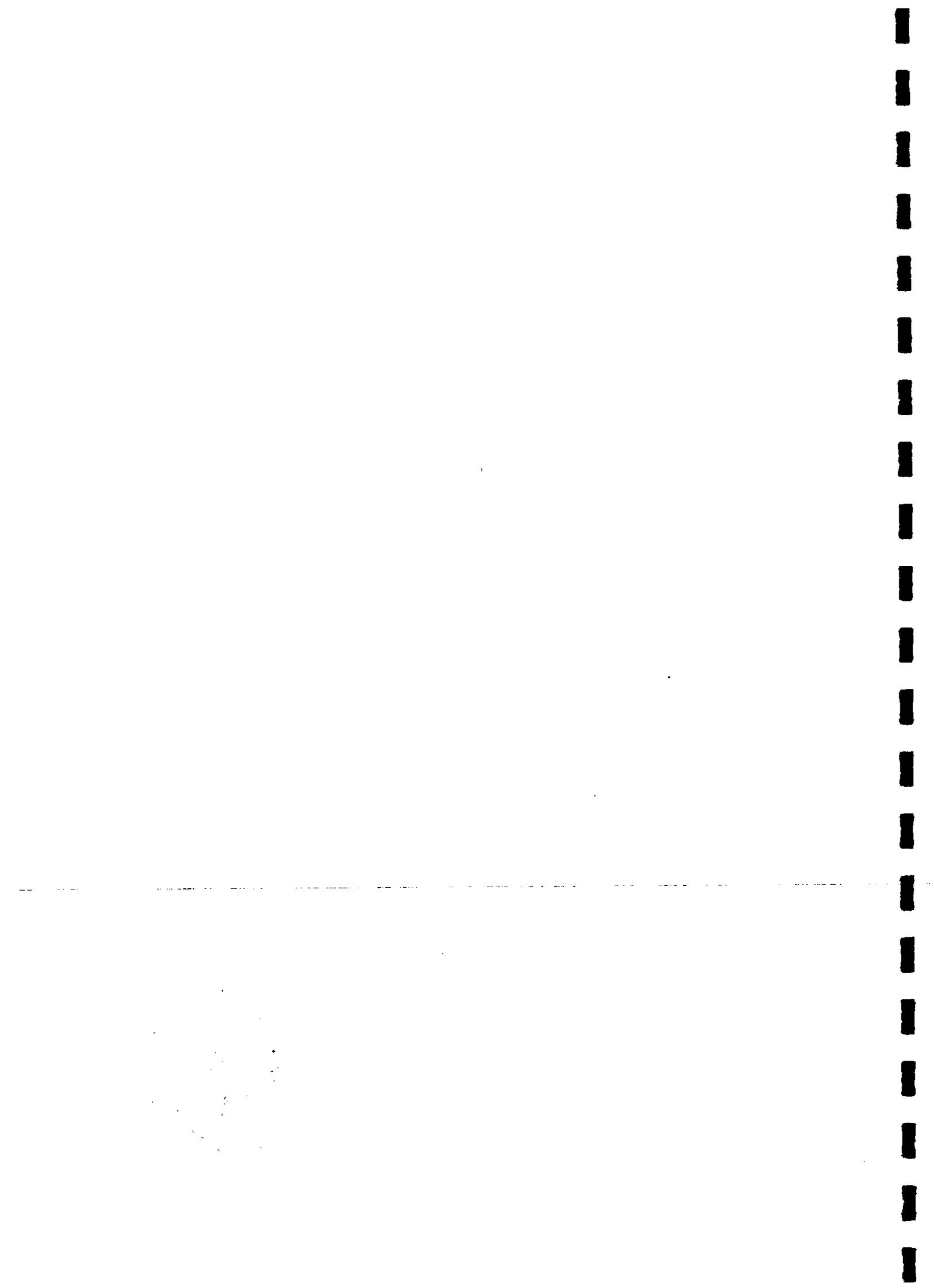
Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	A. Ingletti	apr. 2016	G. Giustino	apr. 2016	M. Davino	apr. 2016	D. Tiberti



File: N7D201D78CLOC0500002A.doc

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

n. Elab.: 24





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	2 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	4
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	5
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	6
4.1	CALCESTRUZZO C30/37 (PARAMENTO E FONDAZIONE) .....	7
4.2	ACCIAIO B450C .....	8
5	DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI .....	10
5.1	VITA NOMINALE .....	10
5.2	CLASSE D'USO .....	10
5.3	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA .....	10
5.4	ACCELERAZIONE DI PROGETTO .....	11
5.5	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO .....	12
5.6	CONDIZIONE TOPOGRAFICA .....	12
5.7	SPETTRI ELASTICI DI PROGETTO .....	12
6	CARATTERISTICHE DEL TERRENO .....	15
6.1	STRATIGRAFIA .....	15
6.2	PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO .....	16
6.3	CALCOLO DELLA COSTANTE DI WINKLER .....	17
7	MODELLO DI CALCOLO .....	18
8	CALCOLO DELLE SPINTE ED ANALISI DEI CARICHI .....	19
8.1	METODO DI MONONOBE-OKABE .....	19
8.2	SPINTA IN PRESENZA DI FALDA .....	20
8.3	SPINTA IN PRESENZA DI SISMA .....	21
8.4	ANALISI DEI CARICHI .....	23



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	3 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

8.5	CARICO ACCIDENTALE DA TRAFFICO .....	27
8.6	CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO .....	30
9	SOLLECITAZIONI.....	31
10	VERIFICHE STRUTTURALI.....	36
10.1	CRITERI DI VERIFICA.....	36
10.2	PIEDRITTI - VERIFICA A FLESSIONE.....	38
10.3	SOLETTA - VERIFICA A FLESSIONE.....	39
10.4	PIEDRITTI - VERIFICA A TAGLIO.....	40
10.5	SOLETTA - VERIFICA A TAGLIO.....	41
11	VERIFICHE A FESSURAZIONE.....	42
11.1	CRITERI DI VERIFICA.....	42
11.2	PIEDRITTI.....	45
11.3	SOLETTA.....	46
12	VERIFICHE GEOTECNICHE .....	47
12.1	VERIFICA AL CARICO LIMITE.....	47
12.2	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO.....	50
12.3	VERIFICHE DI PORTANZA .....	52

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	4 di 55

## 1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi alla progettazione della viabilità di accesso alla stazione AV Napoli-Afragola sulla linea AV Milano-Napoli tratta Roma-Napoli di cui alla lettera b) dell'articolo 6 dell'Accordo Procedimentale RFI- Comune di Afragola".

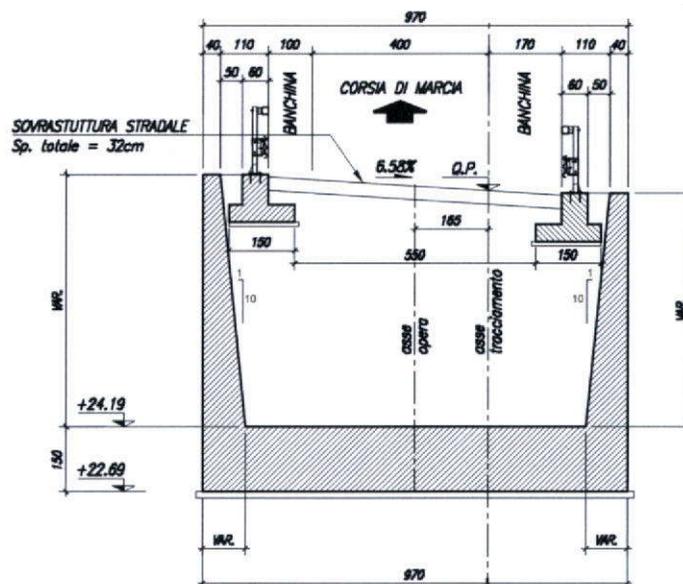
L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "Opere civili minori".

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche del muro ad U che contengono il rilevato di approccio all'opera di protezione del collettore "Badagnano" sul "ramo 13" tra le progressive 0+267.38 km e 0+281.26 km.

In particolare l'opera è realizzata con una soletta di fondo di spessore 1.5 m e larghezza 9.7 m con piedritti di altezza pari a circa 6.00m a sezione variabile. I muri hanno uno sviluppo di 6.00 m.

Si riporta una sezione della struttura in esame:





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	5 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- 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;*
- D.M. 14 gennaio 2008 - *Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC);*
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;*
- UNI EN 1992-1-1 - *Progettazione delle strutture di calcestruzzo;*
- UNI EN 206-1-2001 - *Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità.*

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 – Muri ad “U”

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
N7D2 01 D 78 CL OC 05 00 002 A 6 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

#### 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per quanto concerne i materiali impiegati, si utilizza in conformità alla tabella materiali riportata al seguito, calcestruzzo di classe C30/37 ed acciaio per barre di armatura B450C.

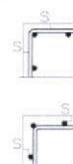
TABELLA MATERIALI				
CALCESTRUZZO				
Classe di lavorabilità	Classe di resistenza minima C (N/mm <sup>2</sup> ) <sub>min</sub>	Classe di esposizione ambientale (UNI EN 206)	D <sub>max</sub> (mm)	Campi di impiego
S4-S5	C45/55	XC4	20	- Impalcati ed elementi in c.a.p. prefabbricati
S5	C45/55	XC4	20	- Impalcati ed elementi in c.a.p. gettati in opera
S4	C35/45	XC4	25	- Elementi prefabbricati in c.a. per strutture fuori terra
S4	C35/45	XC4	20	- Predalles con funzioni strutturali
S3-S4	C35/45	XC4	20	- Velelte prefabbricate
S3-S4	C32/40	XC4	20	- Predalles senza funzioni strutturali
S3-S4	C32/40	XC4	25	- Elementi prefabbricati senza funzioni strutturali
S4-S5	C32/40	XC4	25	- Impalcati in c.a. ordinari
S4-S5	C32/40	XC4	25	- Solette in c.a. gettate in opera in elevazione
S3-S4	C32/40	XC4	25	- Pile e spalle - Baggioni e pulvini - Strutture in c.a. in elevazione
S3-S4	C32/40	XC4	25	- Cordolo barriera bordo ponte
S3-S4	C30/37	XC1	25	- Muri ad “U”, di contraffisso/sottescorpo e scalcini per opere di protezione acqueotti
S3-S4	C25/30	XC2	25	- Sovalloni di fondazione - Fondazioni armate
S3-S4	C25/30	XC2	25	- Cunette, canalette e cordoli
S4-S5	C25/30	XC2	25	- Pali (di paratie o opere di sostegno) e relativi cordoli di collegamento gettati in opera incluso le solette di copertura delle opere di sbalzo Nuovo Badagnano
S4-S5	C25/30	XC2	25	- Pali/giagrammi di fondazione gettati in opera
S5-S0C	C25/30	XC2	18	- Pali ad elica continua
---	C12/15	XC	---	- Magrone e riempimento di livellamento
ACCIAIO				
ACCIAIO IN BARRE PER GETTI E RETI ELETTROSALDATE	B450C f <sub>yk</sub> ≥450MPa, f <sub>yk</sub> ≥40MPa 1,155 f <sub>yk</sub> /f <sub>yk</sub> < 1,35 f <sub>yk</sub> = tensione caratteristica di snervamento f <sub>tk</sub> = tensione caratteristica di rottura			
ACCIAIO ARMONICO DI TIPO STABILIZZATO PER TRAVI E TRAVERSI	I-profile 40,8” f <sub>yk</sub> 1800MPa = f <sub>p1</sub> f <sub>yk</sub> 1670MPa a trave			
ACCIAIO PER ARMATURA MICROPIA	S275JR			

LE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI INDICATE IN TABELLA SONO REQUISITI MINIMI VALIDI PER TUTTO IL PROGETTO E DEVONO CONSIDERARSI SUPERATE DALLE PRESCRIZIONI RIPORTATE SUGLI ELABORATI DELLE SINGOLE OPERE, OVE PIU' RESTRITTIVE.

#### PRESCRIZIONI

##### COPRIFERRO NETTO

- PALI DI FONDAZIONE E PER PARATE..... S=60 mm
- PALI AD ELICA CONTINUA..... S=7,5 mm
- FONDAZIONI ARMATE..... S=40 mm
- OPERE IN ELEVAZIONE IN VISTA (PILE, SPALLE, BAGGIOLI, PULVINI)..... S=40 mm
- OPERE IN ELEVAZIONE CON SUPERFICIO INTERRATE O NON ISPEZIONABILE..... S=40 mm
- SOLETTE DA PONTE - ESTRADOSSO..... S=35 mm
- SOLETTE DA PONTE - INTRADOSSO (GETTO IN OPERA)..... S=35 mm
- SOLETTE DA PONTE - INTRADOSSO (GETTO SU PREDALLES)..... S=20 mm
- IMPALCATI - ARMATURA ORDINARIA..... S=40 mm
- IMPALCATI IN C.A.P. - CAVI PRE-TES..... S=max(30mm, 50mm)
- IMPALCATI IN C.A.P. - CAVI POST-TES..... S=max(30mm, 60mm)
- VELETTE..... S=50 mm
- PREDALLES CON FUNZIONI STRUTTURALI..... S=25 mm
- PREDALLES SENZA FUNZIONI STRUTTURALI..... S=max(30mm, 20mm)
- CUNETTE, CANALETTE E CORDOLI..... S=40 mm



#### 4.1 CALCESTRUZZO C30/37 (PARAMENTO E FONDAZIONE)

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, questo viene identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici e cubici, espressa in MPa. Alla tabella 4.1.I delle NTC sono riportate le classi di resistenza. Per l'opera strutturale in esame, come detto, si utilizza calcestruzzo C30/37. Con riferimento alla normativa vigente si riportano le caratteristiche del materiale utilizzato.

[NTC – 4.1.2.1.1.1] La resistenza di calcolo a compressione del calcestruzzo  $f_{cd}$  è calcolata:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck} \cdot \alpha_{cc}}{\gamma_c} = \frac{30 \cdot 0.85}{1.5} = 17 \text{ MPa}$$

dove:

- $\alpha_{cc}$  è il coefficiente che tiene conto degli effetti di lunga durata sulla resistenza a compressione, pari a 0.85;
- $\gamma_c$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1.5;
- $f_{ck}$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

[NTC – 11.2.10.3] Per modulo elastico del calcestruzzo, in sede di progettazione, si può assumere:

$$E_{cm} = 22000 \cdot \left[ \frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3} = 22000 \cdot \left[ \frac{38}{10} \right]^{0.3} = 32837 \text{ MPa}$$

dove  $f_{cm}$  è il valore medio della resistenza cilindrica, calcolato come segue:

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

[NTC – 4.1.2.1.1.2] La resistenza di calcolo a trazione  $f_{ctd}$  è definita come:

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot f_{ctm}}{\gamma_c} = \frac{0.7 \cdot 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}}}{\gamma_c} = 1.35 \text{ MPa}$$

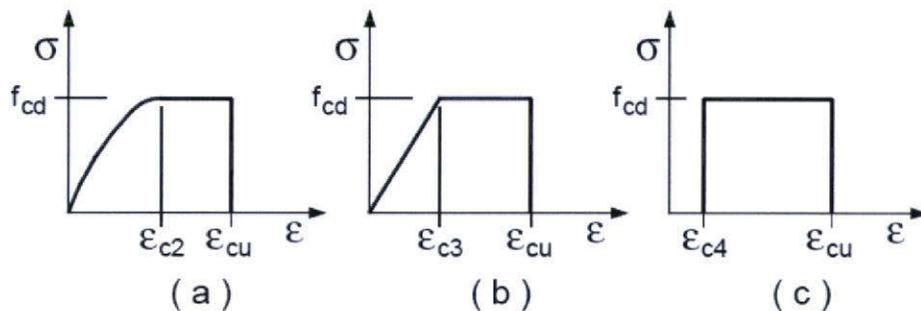
dove [NTC – 11.2.10.2]:

- $f_{ctk}$  è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo;
- $f_{ctm}$  è la resistenza media a trazione semplice (assiale) per classi inferiori o uguali a C50/60.

$$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.03 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 2.90 \text{ MPa}$$

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, modelli definiti in base alla resistenza di calcolo  $f_{cd}$  ed alla deformazione ultima  $\epsilon_{cu}$ . Nella seguente figura sono riportati i diagrammi di calcolo  $\sigma$ - $\epsilon$ .



Modelli rappresentativi del comportamento del calcestruzzo presenti in normativa: a) parabola-rettangolo; b) triangolo-rettangolo; c) rettangolo (stress-block)

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$  deve rispettare le seguenti limitazione [NTC - 4.1.2.2.5.1]:

$$\sigma_c = 0.55 f_{ck} = 13.75 \text{ MPa (comb. rara)}$$

$$\sigma_c = 0.40 f_{ck} = 10.00 \text{ MPa (comb. quasi permanente)}$$

## 4.2 ACCIAIO B450C

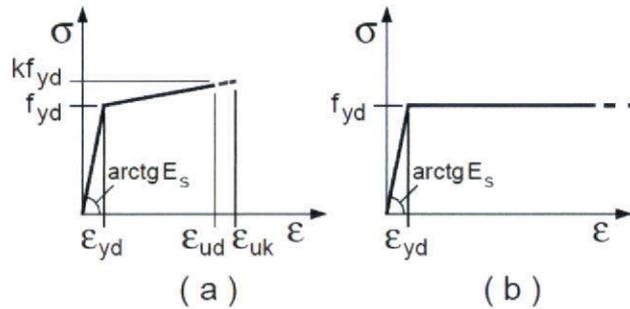
Come prescritto dalle norme, per il calcestruzzo armato deve essere utilizzato acciaio B450C. La resistenza di calcolo dell'acciaio  $f_{yd}$  è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da [NTC - 4.1.6]:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 391.3 \text{ N/mm}^2$$

dove:

- $\gamma_s$  è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio, pari ad 1,15 per tutti i tipi di acciaio;
- $f_{yk}$  per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio [NTC - 11.3.2].

Per il diagramma tensione-deformazione dell'acciaio è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale. Di seguito sono rappresentati i modelli  $\sigma$ - $\epsilon$  per l'acciaio



Modelli rappresentativi del comportamento dell'acciaio proposti dalla norma

[NTC - 11.3.4.1] In sede di progettazione si può assumere convenzionalmente il valore nominale del modulo elastico, pari a:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

Nelle verifiche allo stato limite di esercizio, la massima tensione di trazione dell'acciaio  $\sigma_s$  deve rispettare la seguente limitazione [NTC - 4.1.2.2.5.2]:

$$\sigma_s = 0.75 f_{yk} = 337.5 \text{ MPa}$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	10 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

## 5 DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali e quelli non strutturali. L'azione sismica di seguito definita è stata effettuata con riferimento allo stato limite ultimo di salvaguardia alla vita (SLV).

Poichè la viabilità in oggetto rappresenterà la rete viaria principale di accesso alla Stazione AV Napoli Afragola per tutte le opere d'arte di progetto vengono utilizzati, a vantaggio di sicurezza, i seguenti valori:  $V_n=75$  anni e classe d'uso III a cui corrisponde un coefficiente d'uso  $CU = 1.50$ .

### 5.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale assegnata  $VN = 75$ anni.

### 5.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un'eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Nel caso in oggetto si fa riferimento alla Classe III:

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

Con riferimento alla classe d'uso sopra definita il coefficiente d'uso è  $C_u=1.5$ .

### 5.3 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ .

$$V_R = V_N \times C_U = 75 \text{ anni} \times 1.5 = 112.5 \text{ anni}$$

La vita di riferimento  $V_R$  è quindi pari a 112.5 anni.

Tale valore di  $V_r$  risulta superiore a quanto previsto dalla normativa vigente per l'Asse Mediano (strada di categoria B). Per esso infatti si avrebbe:  $V_n = 50$  anni e  $c_u = 2.0$  da cui:  $V_r=100\text{anni}<112.5$ .

	<b>LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI</b> <b>VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA</b> <b>VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO</b> <b>PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di protezione Badagnano Ramo 13 – Muri ad "U" RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 05 00 002	REV. A	FOGLIO 11 di 55

#### 5.4 Accelerazione di progetto

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C. 2008, dalle accelerazioni ag e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle N.T.C. 2008 sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- ag accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC\* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile ed attribuendo ad:

- ag il valore previsto dalla pericolosità sismica
- F0 e TC\* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica.

Le forme spettrali previste dalle NTC08 sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vita di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento VR della costruzione,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate agli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

A tal fine è conveniente utilizzare, come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica TR, espresso in anni. Fissata la vita di riferimento VR, i due parametri TR e PVR sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

I valori dei parametri ag , F0 e TC\* relativi alla pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento sono forniti nelle tabelle riportate nell'ALLEGATO B delle NTC08.

I punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a Latitudine e Longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine. L'accelerazione al sito ag è espressa in g (=9.81m/sec<sup>2</sup>); F0 è adimensionale, T C\* è espresso in secondi.

L'opera è ubicata nel comune di Afragola alla quale corrispondono i parametri di pericolosità sismica riportati in tabella sotto.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	12 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.070	2.346	0.324
SLD	113	0.090	2.354	0.335
SLV	1068	0.214	2.471	0.354
SLC	2193	0.265	2.559	0.356

#### 5.5 Categoria di sottosuolo

Sulla base di quanto si desume dalle indagini effettuate nel sito in oggetto il suolo presente è classificabile in *Categoria C*.

#### 5.6 Condizione topografica

Le condizioni topografiche superficiali dell'area nella quale ricade l'opera in esame sono ascrivibili nella categoria topografica T1.

#### 5.7 Spettri elastici di progetto

Si riportano di seguito lo spettro di progetto utilizzato per le azioni orizzontali e quello per le azioni verticali: in entrambi i casi il fattore di struttura utilizzato è  $q=1$ .

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato \$LV\$

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.214 g
$F_o$	2.471
$T_c$	0.354 s
$S_s$	1.382
$C_c$	1.479
$S_T$	1.000
$q$	1.000

#### Parametri dipendenti

$S$	1.382
$\eta$	1.000
$T_B$	0.175 s
$T_C$	0.524 s
$T_D$	2.457 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_o(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.296
$T_B \leftarrow$	0.175	0.732
$T_C \leftarrow$	0.524	0.732
	0.616	0.623
	0.708	0.542
	0.800	0.479
	0.892	0.430
	0.984	0.390
	1.076	0.356
	1.168	0.328
	1.260	0.304
	1.353	0.284
	1.445	0.265
	1.537	0.250
	1.629	0.235
	1.721	0.223
	1.813	0.212
	1.905	0.201
	1.997	0.192
	2.089	0.184
	2.181	0.176
	2.273	0.169
	2.365	0.162
$T_D \leftarrow$	2.457	0.156
	2.531	0.147
	2.604	0.139
	2.678	0.131
	2.751	0.124
	2.825	0.118
	2.898	0.112
	2.972	0.107
	3.045	0.102
	3.119	0.097
	3.192	0.092
	3.265	0.088
	3.339	0.085
	3.412	0.081
	3.486	0.078
	3.559	0.074
	3.633	0.071
	3.706	0.069
	3.780	0.066
	3.853	0.063
	3.927	0.061
	4.000	0.059

### Spettro SLV azioni orizzontali



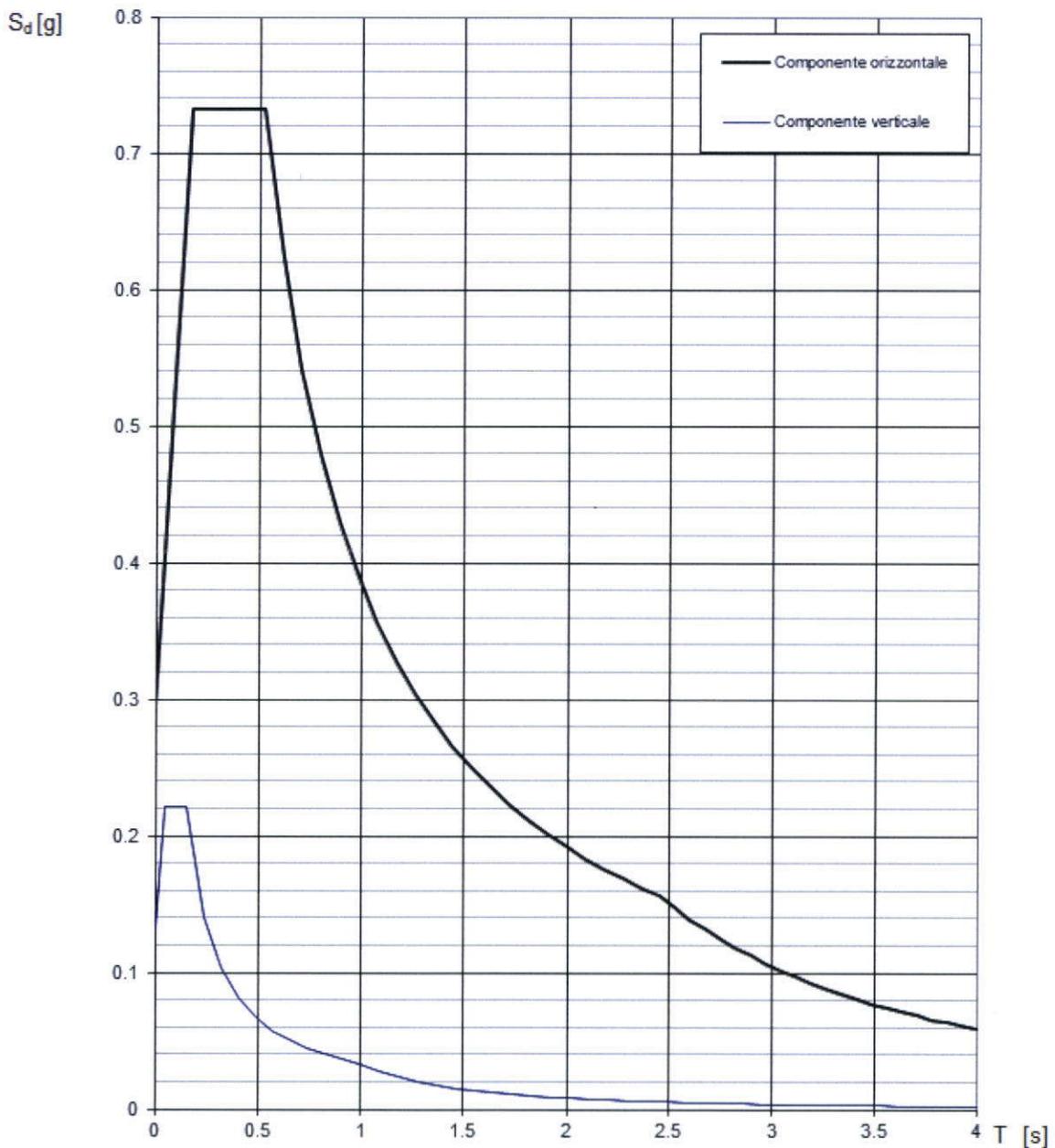
LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	14 di 55

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV**



Spettri SLV orizzontali e verticali



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

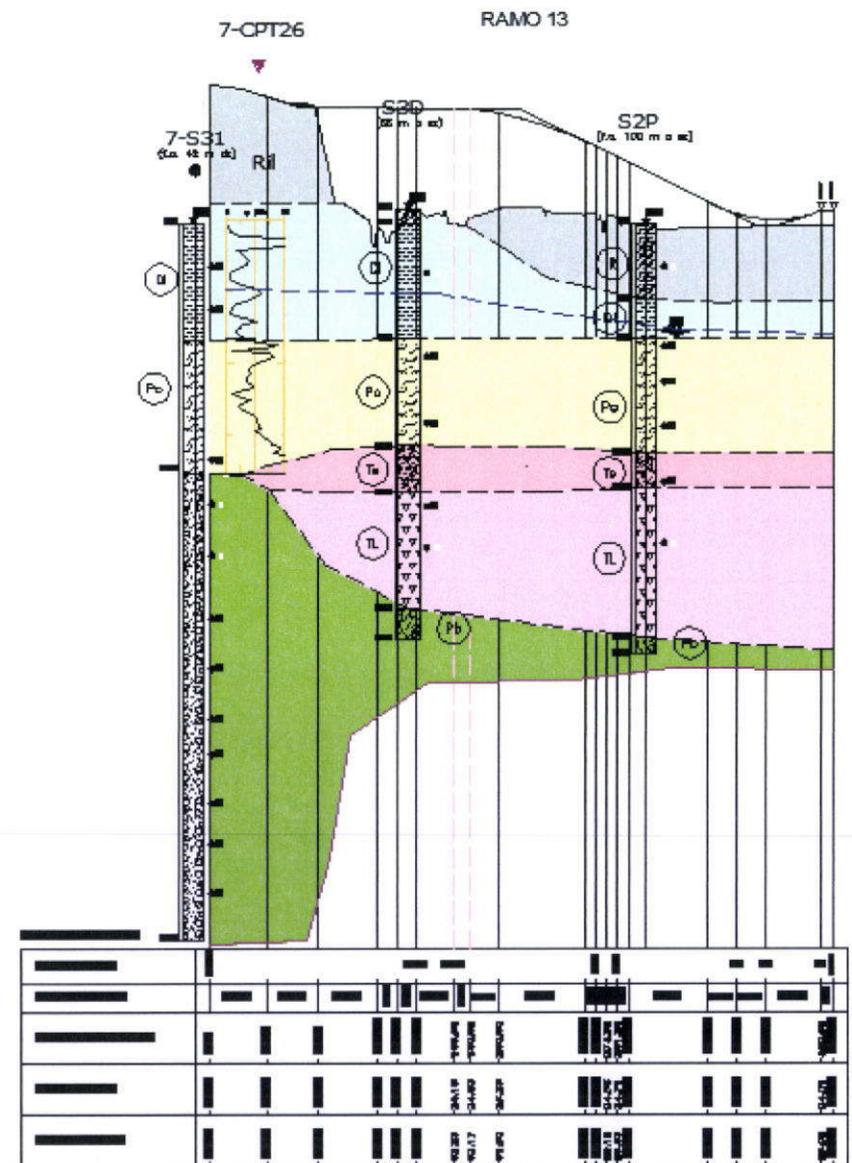
Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NTD2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	15 di 55

## 6 CARATTERISTICHE DEL TERRENO

### 6.1 stratigrafia

Il profilo geologico di riferimento per l'opera in oggetto è riportato di seguito:





LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 – Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	16 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

**PARAMETRI GEOTECNICI**

	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	$E_o$ [MPa]	$E$ [MPa]
R	17-19	0	25-30	50-200	
Di	15-17	5-15	27-32		4-10
Po	15-17	0	35-40		8-17
TL	15-16	50-100	35-40	200-400*	
TS	15-16	0-5	32-38		
Pb	16	0-5	35-37	600-1280	

Dove:

$\gamma$  = peso di volume naturale

$c_u$  = resistenza al taglio in condizioni non drenate

$c'$  = coesione drenata

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

$E$  = modulo di elasticità (ottenuto da correlazioni con prove SPT)

$E_o$  = modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni

$E'_{op,1} = E_o/3$  modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti delle opere di sostegno e delle fondazioni dirette

$E'_{op,2} = E_o/10$  modulo di deformazione operativo per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.

**6.2 Parametri geotecnici di progetto**

Nella progettazione dell'opera si considerano i seguenti parametri geotecnici:

Rinterro

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$  Peso di volume

$\phi' = 35^\circ$  Angolo di attrito interno

$c' = 0$  Coesione

$\delta = 0^\circ$  Angolo di attrito terreno – muro

Terreno di fondazione

$\phi' = 28^\circ$  Angolo di attrito interno

$c' = 0 \text{ kN/m}^2$  Coesione

$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$  Peso di volume

La falda risulta a quota -7.4 m dal p.c.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	17 di 55

### 6.3 Calcolo della costante di Winkler

Per le analisi d'interazione struttura-terreno in direzione verticale, il coefficiente di sottofondo alla Winkler può essere determinato con la seguente relazione:

$$k_w = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

$E_0$	125	Mpa	Modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni
$E$	25	Mpa	modulo elastico del terreno (assunto pari a $E_0/5$ )
$\nu$	0.3	-	coefficiente di Poisson =0.3;
$B$	6	m	larghezza della fondazione
$L$	9.7	m	lato maggiore della fondazione
$c_t$	1.11	-	fattore di forma (Bowles, 1960)
$K_w$	4127	kN/m <sup>3</sup>	coefficiente di sottofondo alla Winkler

#### Fattore di forma per la stima del coefficiente di Winkler

Fondazione Rigida	$c_t$	$c_t$
- rettangolare con $L/B \leq 10$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$	$c_t = 0.853 + 0.534 \ln(L/B)$
- rettangolare con $L/B > 10$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$	$c_t = 2 + 0.0089 (L/B)$

dove  $L$  é il lato maggiore della fondazione.

Nel calcolo si assume  $K_w = 4100 \text{ kN/m}^3$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 – Muri ad “U”  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	18 di 55

**7 MODELLO DI CALCOLO**

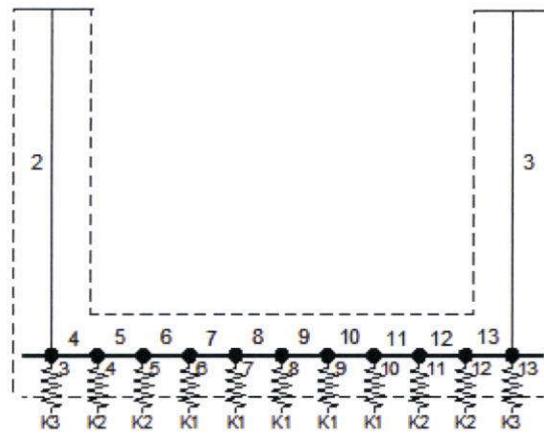
Il modello di calcolo attraverso il quale viene schematizzata la struttura è quello di telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

L’opera è stata considerata vincolata alla base mediante dei vincoli cedevoli in funzione delle caratteristiche elastiche del terreno di sottofondo.

La soletta inferiore viene divisa in 12 elementi (10 tra i piedritti e due esterni ai piedritti) per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l’interazione terreno - struttura.

Per le molle centrali (K1) si considera una rigidezza pari alla costante di Winkler moltiplicata per l’interasse tra i nodi. Per quelle in prossimità dei piedritti (K) si considera un coefficiente di amplificazione di 1.5. Per quelle in corrispondenza dei piedritti (K3) si considera un coefficiente di amplificazione di 2.0.

Si riporta di seguito una figura del modello di calcolo con indicazione dei nodi, delle aste e delle molle.



Modello di calcolo

Il calcolo delle sollecitazioni viene svolto con il programma di calcolo SAP2000.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 – Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	19 di 55

## 8 CALCOLO DELLE SPINTE ED ANALISI DEI CARICHI

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo **A1-M1** nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo **A2-M2** nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

In tale relazione si è utilizzato l'approccio 2 con i coefficienti A1-M1-R3

### 8.1 Metodo di Mononobe-Okabe

Il metodo di Mononobe-Okabe adotta le stesse ipotesi della teoria di Coulomb : un cuneo di spinta a monte del muro che si muove rigidamente lungo una superficie di rottura rettilinea. Mette in conto inoltre l'inerzia sismica del cuneo in direzione orizzontale e verticale . Dall'equilibrio del cuneo si ricava la spinta che il terreno esercita sull'opera di sostegno in condizioni sismiche. Viene messo in conto, come nella teoria di Coulomb, l'esistenza dell'attrito fra il terreno e il paramento del muro, e quindi la retta di spinta risulta inclinata rispetto alla normale al paramento stesso di un angolo di attrito terra-muro.

L'espressione della spinta totale (statica più sismica) esercitata da un terrapieno, di peso di volume  $\gamma$ , su una parete di altezza  $H$ , risulta espressa secondo la teoria di Mononobe-Okabe dalla seguente relazione

$$S = 1/2(1 \pm k_v)\gamma H^2 K_a$$

$K_a$  rappresenta il coefficiente di spinta attiva espresso da

$$K_a = \frac{\sin(\alpha + \phi - \theta)}{\sin^2 \alpha \sin(\alpha - \delta - \theta) \left[ 1 + \frac{\sqrt{[\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta - \theta)]}}{\sqrt{[\sin(\alpha - \delta - \theta)\sin(\alpha + \beta)]}} \right]^2}$$

L'angolo  $\theta$  è legato al coefficiente sismico dalla seguente espressione

$$\tan(\theta) = k_h / (1 \pm k_v)$$

dove  $k_h$  e  $k_v$  rappresentano in coefficiente di intensità sismica orizzontale e verticale.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	20 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

Nel caso in cui il terrapieno sia gravato di un sovraccarico uniforme  $Q$  l'espressione della pressione e della spinta diventano

$$\sigma_a = (\gamma z + Q)K_a$$

$$S = (1/2 \gamma H^2 + QH)K_a$$

Al carico  $Q$  corrisponde un diagramma delle pressioni rettangolare con risultante applicata a  $1/2H$ .

Nel caso di terreno dotato di coesione  $c$  l'espressione della pressione esercitata sulla parete, alla generica profondità  $z$ , diventa

$$\sigma_a = \gamma z K_a - 2c(K_a)^{1/2}$$

Al diagramma triangolare, espresso dal termine  $\gamma z K_a$ , si sottrae il diagramma rettangolare legato al termine con la coesione. La pressione  $\sigma_a$  risulta negativa per valori di  $z$  minori di

$$h_c = \frac{2c}{\gamma(K_a)^{1/2}}$$

La grandezza  $h_c$  è detta altezza critica e rappresenta la profondità di potenziale frattura del terreno. E' chiaro che se l'altezza della parete è inferiore ad  $h_c$  non abbiamo nessuna spinta sulla parete.

## 8.2 Spinta in presenza di falda

Nel caso in cui a monte del muro sia presente la falda il diagramma delle pressioni sul muro risulta modificato a causa della sottospinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

	<b>LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI</b> <b>VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA</b> <b>VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO</b> <b>PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di protezione Badagnano Ramo 13 – Muri ad "U" RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 05 00 002	REV. A	FOGLIO 21 di 55

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso specifico dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

### 8.3 Spinta in presenza di sisma

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

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

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

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

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

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

In presenza di falda a monte,  $\theta$  assume le seguenti espressioni:

Terreno a bassa permeabilità

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

Terreno a permeabilità elevata

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

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

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



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	22 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

dove il coefficiente  $A$  vale

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

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

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

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

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

$$F_{IH} = k_h W \quad F_{IV} = \pm k_v W$$

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

## 8.4 Analisi dei carichi

### (a) Caratteristiche materiali e terreno

Calcestruzzo armato - Peso specifico	$\gamma$	25	kN/m <sup>3</sup>
Calcestruzzo armato - Res. caratteristica	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
Terreno del rilevato - Peso specifico	$\gamma$	19	kN/m <sup>3</sup>
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	$\varphi$	35	°

### (b) Geometria

Spessore soletta inferiore	$S_s$	1.5	m
Spessore piedritti	$S_p$	0.4-1.0	m
Altezza netta piedritti	$H_{int}$	6.00	m
Larghezza totale	$L_{int}$	9.70	m
Lunghezza totale	$L_{tot}$	6.00	m
Larghezza carreggiata	$L_{car}$	6.70	m

### (c) Rigidezze molle

Interasse molle	$i$	$(1.00/2 + 7.70 + 1.00/2) / 10 =$	0.87	m
Molle centrali	$K_1$	$4100 \times 0.87 =$	3567	kN/m
Molle intermedie	$K_2$	$1.5 \times 4100 \times 0.87 =$	5350.5	kN/m
Molle laterali	$K_3$	$2.0 \times 4100 \times (0.87/2 + 1.00/2) =$	7667	kN/m

### (d) Persi propri e Carichi permanenti (condizioni G1k e G2k)

Pesi propri	G1k	Volume cls x $\gamma_{cls}$ (calcolato in modo automatico dal programma)	
Rilevato stradale	G2k	$H_{int} \times \gamma_{terr} = 6 \times 19 =$	114 kN/m <sup>2</sup>



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	24 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

(e) **Carichi accidentali**  $Q_{acc}$  carico uniformemente ripartito relativo al traffico veicolare 20 kN/m<sup>2</sup>

(f) **Spinta del terreno in fase statica (Condizioni SPTSX\_k0 e SPTDX\_K0)**

Peso terreno	$\gamma$		19	kN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito	$\phi$		35	°
Angolo di attrito terra muro	$\delta$		0	°
K0		$1 - \tan(35^\circ) =$	0.426	
Larghezza interessata dalla spinta	B		1	m
Risultante spinta terreno	$E_x$	$\frac{1}{2} \times K_0 \times \gamma \times H^2 \times B = \frac{1}{2} \times 0.426 \times 19 \times 6^2$	145.7	KN
Spinta alla quota di testa piedritto.	$p_1$	$K_0 \times \gamma \times z = 0.426 \times 19 \times 0 =$	0	kN/m <sup>2</sup>
Spinta alla quota base piedritto.	$p_2$	$K_0 \times \gamma \times z = 0.426 \times 19 \times 6 =$	48.564	kN/m <sup>2</sup>

(g) **Spinta del carico accidentale (Condizioni SPACCSX e SPACCDX)**

Spinta dovuta ai carichi da traffico  $Q_{acc}$   $p = K_0 \times q_m \times \Delta z = 0.426 \cdot 20 \cdot 1 =$  8.53 kN/m<sup>2</sup>

(h) **Sisma orizzontale (Condizione SISMAH/V)**

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV	
Vita nominale	VN		75	anni
Classe d'uso			III	
Coefficiente CU	CU		1.5	
Periodo di riferimento	VR		112.5	anni
Accelerazione orizzontale	ag/g		0.216	
Amplificazione spettrale	Fo		2.440	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	C	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	Ss		1.384	
Coeff. Amplificazione topografica	St		1	



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	25 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

Coefficiente S	S	= $S_s \cdot S_t$	1.384
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g$	= $a_g/g \cdot S$	0.299
Fattore di struttura	q		1.00
Coeff. sismico orizzontale	$k_h$	= $a_{max}/g$	0.299
Coeff. sismico verticale	$k_v$	= $\pm 0.5 \cdot k_h$	0.149

(i) Spinta del terreno con  $k_a$  (Condizioni SPTSX e SPTDX)

Peso terreno	$\gamma$		19	$\text{kN/m}^3$
angolo di attrito	$\phi$		35	°
Angolo di attrito terra muro	$\delta$		0	°
$K_a$		Formulazione di Coulomb	0.271	
Altezza piedritto	H		6	m
Larghezza interessata dalla spinta	B		1	m
Risultante spinta terreno	$E_x$	$\frac{1}{2} \times K_a \times \gamma \times H^2 \times B = \frac{1}{2} \times 0.271 \times 19 \times 6^2$	92.68	KN
Spinta alla quota di testa piedritto.	$p_1$	$K_a \times \gamma \times z = 0.271 \times 19 \times 0 =$	0	$\text{kN/m}^2$
Spinta alla quota base piedritto.	$p_2$	$K_a \times \gamma \times z = 0.271 \times 19 \times 6 =$	30.894	$\text{kN/m}^2$

(l) Spinta del terreno in fase sismica (Condizione SPSDX)

parametri sismici

$a_g$	=	0.216	g	accelerazione di picco
SS	=	1.38		coefficiente di amplificazione stratigrafica
ST	=	1.00		coefficiente di amplificazione topografica
S	=	1.38		
bm	=	1.00		coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima
$a_{max}$	=	0.298	g	accelerazione massima
$K_h$	=	0.298		coefficiente sismico orizzontale
$K_v$	=	0.149		coefficiente sismico verticale



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	26 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

Ipotesi di struttura flessibile

$\phi$	=	35	°	angolo di attrito
$\psi$	=	90	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della parete del muro rivolta a monte
$\beta$	=	0	°	angolo di inclinazione rispetto all'orizzontale della superficie del terrapieno
$\delta$	=	0	°	angolo di resistenza a taglio tra terreno-muro
$\theta$	=	14.55	°	angolo definito per livello di falda al di sotto dell'opera di sostegno dalla relazione $\tan(\theta) = K_h / (1 + K_v)$
K1	=	0.4426		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $b < F-q$
K2	=	0.937		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) per $b > F-q$
K	=	0.443		coefficiente di spinta del terreno (statico + dinamico) effettivo
Ed	=	173.94	kN	spinta terreno in fase sismica (Mononobe-Okabe)
F (Ka)	=	92.68	kN	spinta terreno in fase statica in condizione di spinta attiva
$\Delta S = ED-F$	=	81.26	kN	incremento di spinta in fase sismica (ipotesi struttura flessibile)
Valore adottato				
$\Delta S$	=	81.26	kN	<b>Resultante dell'incremento di spinta di terreno in fase sismica</b>
$\Delta S/H$	=	13.55	KN/m	<b>dell'incremento di spinta di terreno in fase sismica uniformemente distribuito su H piedritto</b>



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NTD2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	27 di 55

### 8.5 Carico accidentale da traffico

I carichi mobili su rilevato stradale in generale vengono considerati con la seguente intensità:

$$Q_{acc} = 20 \text{ kN/m}^2$$

Per l'opera in oggetto viene calcolato il sovraccarico uniformemente distribuito sul rilevato considerando l'accidentale definito al punto 5.1.3.3.5 NTC 2008 e punto 5.1.3.3.7.1 Circolare 2 febbraio 2009 n.617 e calcolando la ripartizione in base all'altezza del muro.

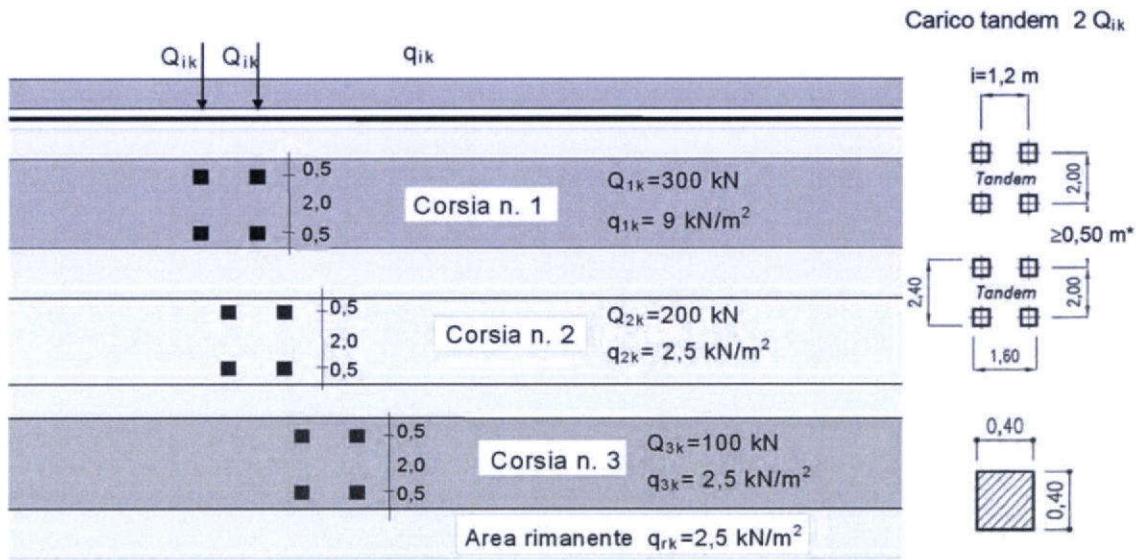
Si può considerare applicato lo schema di carico 1, in cui per semplicità i carichi tandem possono essere sostituiti da carichi uniformemente distribuiti equivalenti, applicati su una superficie rettangolare larga  $a=3.0\text{m}$  e lunga  $b=2.2\text{m}$ .

Inoltre in un rilevato correttamente consolidato, sempre secondo le Norme precedentemente citate, si può assumere una diffusione del carico con un angolo di  $30^\circ$ . Lo schema di carico 1 prevede la presenza di carichi su due assi in tandem, per un totale di 600kN.

I carichi mobili per ponti di prima categoria che consistono in colonne di carico della seguente intensità:

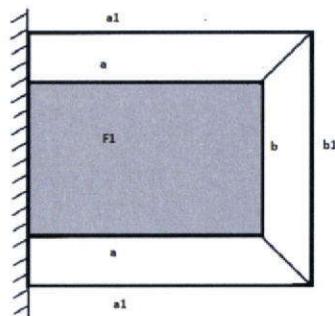
Posizione	Carico Asse	Qik [kN]	qik[kN/mq]
Corsia	Numero 1	300	9.00
Corsia	Numero 2	200	2.50
Corsia	Numero 3	100	2.50
Altre	corsie	0.00	2.50

La distribuzione, gli interassi tra le forze concentrate e gli ingombri delle colonne di carico sono riportate nella figura seguente.

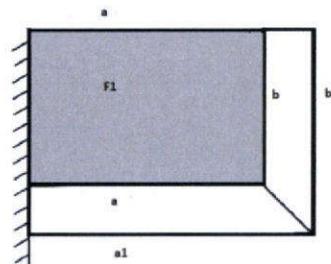


Schema di carico 1 (dimensioni in [m])

Considerata la tipologia di opera, costituita da muri di limitata altezza la verifica viene eseguita considerando il sovraccarico convenzionale della corsia n.1.



Schema di diffusione 1



Schema di diffusione 2

Si considera per il calcolo lo schema di diffusione n.2 in quanto, la diffusione su un lato è impedita dall'opera in adiacenza.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	29 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

Considerando lo schema di diffusione n.2 con un'altezza muro di 7m ed una diffusione dei carichi a 30° nel terreno si ottiene:

$$a1 = a + 6 \cdot \tan 30 = 3 + 3.464 = 6.464$$

$$b1 = b + 6 \cdot \tan 30 = 2.2 + 3.464 = 5.664$$

$$Q1k = 600 / (6.464 \cdot 5.664) = 600 / 36.612 = 16.389 \text{ kN/m}^2$$

$$q1_k = 9 \text{ kN/m}^2$$

considerata la combinazione più gravosa, costituita dal carico tandem come principale, il carico distribuito  $q1_k$  secondario ed adottando un Coefficiente di combinazione pari a 0.40 si ha

$$q = q1_k \times 0.4 = 9 \times 0.4 = 3.6 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{acc} = 16.39 + 3.6 = 19.99 \text{ kN/m}^2 < 20.00 \text{ kN/m}^2;$$

Si assume pertanto il valore di 20.00 kN/m<sup>2</sup>.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	30 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

### 8.6 condizioni e combinazioni di carico

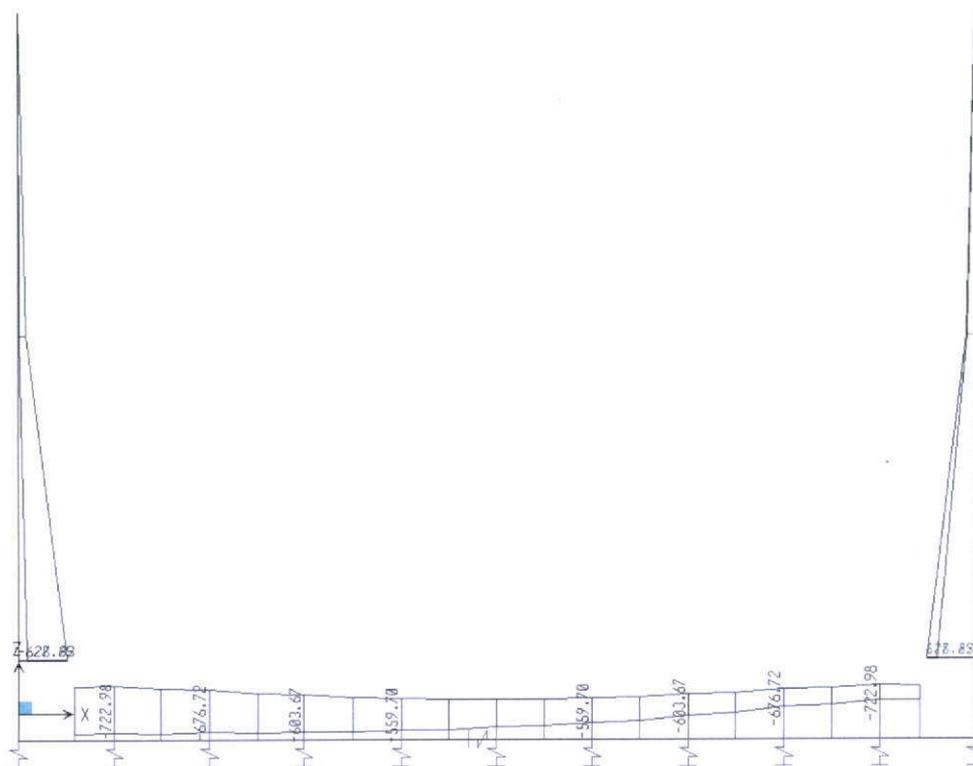
Nel modello di calcolo vengono considerate le seguenti condizioni di carico elementari:

- G1k: peso proprio
- G2k: Carichi permanenti
- Q1k: Carichi mobili
- SPTSX\_k0: Spinta statica del terreno sul piedritto di sinistra con K0 (spinta a riposo)
- SPTDX\_k0: Spinta statica del terreno sul piedritto di destra con K0 (spinta a riposo)
- SPACCSX: Spinta del carico accidentale sul piedritto di sinistra
- SPACCDX: Spinta del carico accidentale sul piedritto di destra
- SISMAH: Azione sismica orizzontale
- SPTSX: Spinta statica del terreno sul piedritto di sinistra con Ka (spinta attiva)
- SPTDX: Spinta statica del terreno sul piedritto di destra con Ka (spinta attiva)
- SPSDX: Incremento sismico di spinta del terreno sul piedritto di destra rispetto a SPTDX
- SISMAV: Azione sismica verticale

N		G1K	G2K	Q1k	SPTSX_k0	SPTDX_k0	SPACCSX	SPACCDX	SISMAH	SISMA V	SPTSX	SPTDX	SPSDX
1	SLU	1.35	1	1	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0
2	SLU	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	0	0	0	0	0
3	SLU	1.35	1.35	1.35	1.00	1.35	1.00	1.35	0	0	0	0	0
4	SLV_critica geo	1	1	0.2	0	0	0.2	0.2	1	0.3	1	1	1
5	SLV	1	1	0.2	0	0	0.2	0.2	1	-0.3	1	1	1
6	SLV	1	1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	1	1	1	1
7	SLV	1	1	0.2	0	0	0.2	0.2	0.3	-1	1	1	1
8	SLV_critica geo	1	1	0	0	0	0	0	1	-0.3	1	1	1
9	SLE	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0

## 9 SOLLECITAZIONI

Nelle figure seguenti si riportano gli involuipi delle sollecitazioni negli elementi.



ENVSLU – involucro dei momenti flettenti



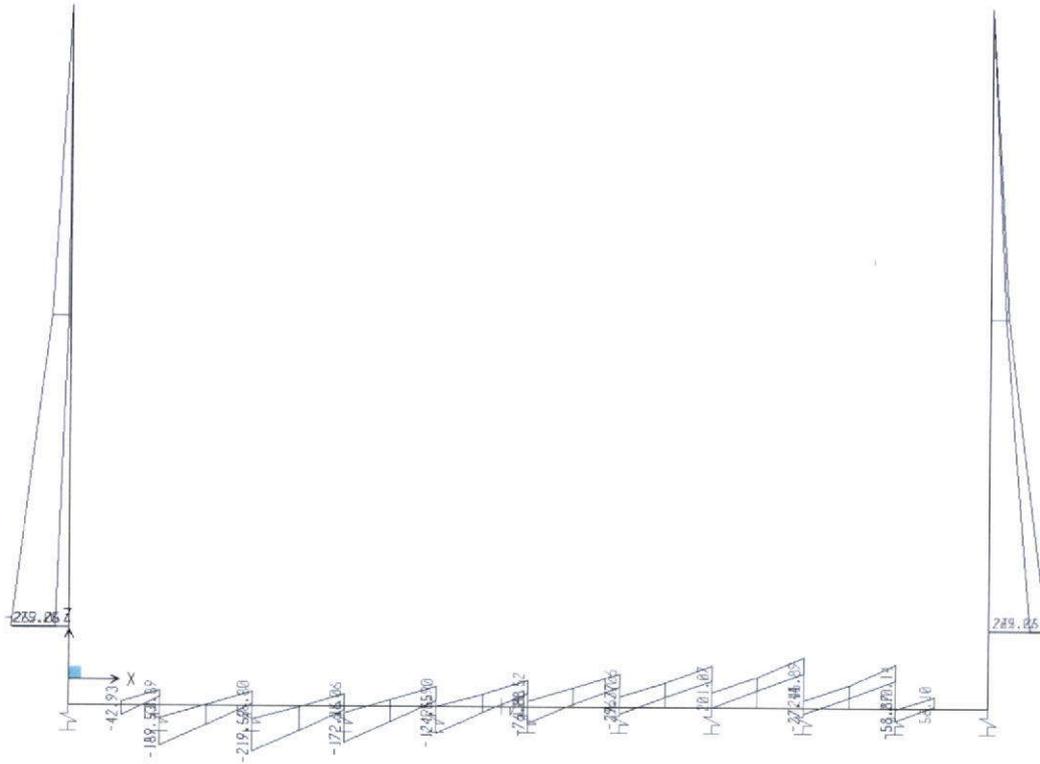
LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	32 di 55



ENVSLU - involucro dei tagli

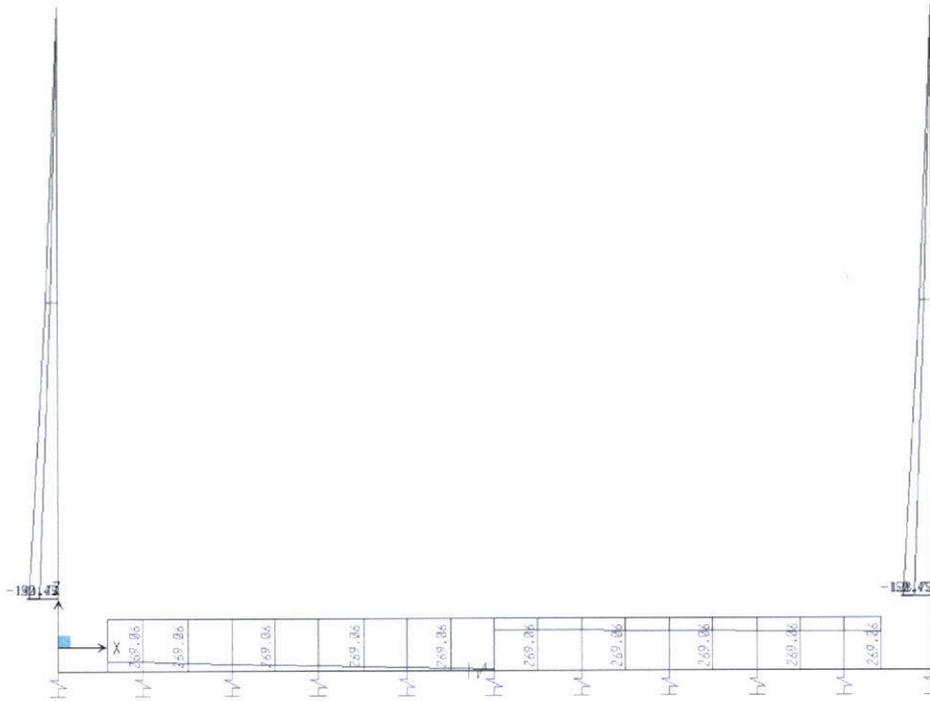


LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	33 di 55



ENVSLU - involucro degli sforzi assiali

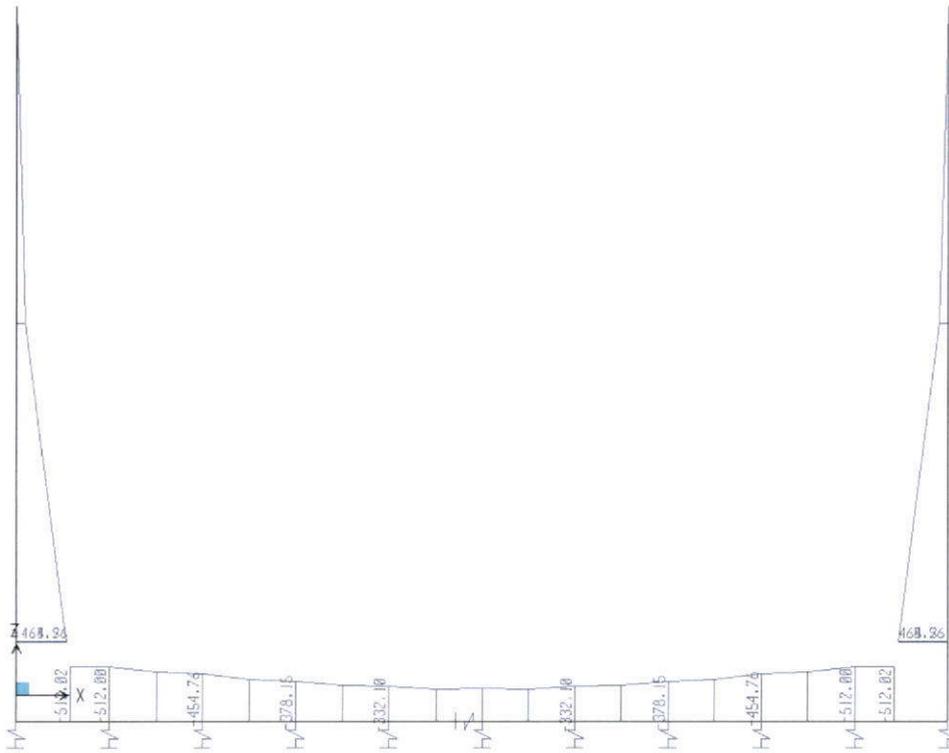


LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	34 di 55



SLE - momenti flettenti



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	35 di 55



SLE - sforzi assiali



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI – COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 – Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	36 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

## 10 VERIFICHE STRUTTURALI

La verifica di resistenza delle sezioni nei vari elementi strutturali, viene condotta tenendo conto delle condizioni più gravose che si individuano dall'involuppo delle sollecitazioni agenti nelle diverse combinazioni di carico.

Le combinazioni e i coefficienti moltiplicativi delle singole azioni vengono definiti in base a quanto indicato al paragrafo 6.2.3.1.1 del D.M.14/01/08.

### 10.1 Criteri di verifica

#### Verifica a pressoflessione

La verifica sugli elementi viene condotta calcolando il momento resistente massimo della sezione in presenza o meno di sforzo assiale di compressione. Il calcolo si basa sull'assunzione dei diagrammi di calcolo a tensione-deformazione del calcestruzzo e dell'acciaio previsti dalla normativa.

Con riferimento alla sezione presso inflessa, sotto rappresentata assieme ai diagrammi di deformazione e di sforzo così come dedotti dalle ipotesi e dai modelli  $\sigma - \epsilon$  di definiti ai paragrafi 4.1.2.1.2.2 e 4.1.2.1.2.3 del D.M.14/01/08, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

$N_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

$M_{Rd}$  è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a  $N_{Ed}$ ;

$M_{Ed}$  è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

#### Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta per gli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio mediante l'espressione fornita dalla normativa:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

dove:

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

$$v_{\min} = 0.035k^3 / 2f_{ck}^{1/2}$$

d altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_l = A_{sl} / (bwd)$  rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0,02$ );



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 – Muri ad “U”

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	37 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

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

$b_w$  larghezza minima della sezione (in mm).

Nel caso in cui tale verifica non sia soddisfatta, occorre procedere alla seconda verifica, quella prevista per gli elementi con armatura trasversali resistenti a taglio.

In tal caso la resistenza a taglio ultima è fornita dal valore minore delle due resistenze secondo il meccanismo taglio-trazione o taglio-compressione forniti da normativa. Più precisamente:

per la resistenza a “taglio trazione”:

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

per la resistenza a “taglio compressione”:

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

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

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

dove d,  $b_w$  e  $\sigma_{cp}$  hanno il significato già visto e inoltre si è posto:

$A_{sw}$  area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

$\alpha$  angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

$f'_{cd}$  resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f'_{cd} = 0,5 f_{cd}$ );

$\alpha_c$  coefficiente maggiorativo pari a: 1 per membrature non compresse

$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$  per  $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$

1,25 per  $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$

$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$  per  $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

L'inclinazione  $\theta$  dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq ctg \theta \leq 2,5.$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	38 di 55

## 10.2 Piedritti - verifica a flessione

Momento massimo agente: 730 kNm

Armatura interna:  $\emptyset 26/20 + \emptyset 26/40$

Armatura esterna:  $\emptyset 26/20$

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	100	1	26.55	7.3
			2	39.82	92.7

Tipologia Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>xEd</sub>  kNm  
 M<sub>yEd</sub>  kNm

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

Tipologia rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:  
 Retta  Deviata

Materiali: B450C C30/37

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200,000 N/mm²  $f_{cd}$  17 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11.5 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6933  
 $\tau_{c1}$  2.029

M<sub>xRd</sub> 1,375 kNm  
 $\sigma_c$  -17 N/mm²  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  33 ‰  
 d 92.7 cm  
 x 8.889 x/d 0.09589  
 $\delta$  0.7

Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello  
 Precompresso

La verifica risulta soddisfatta

### 10.3 Soletta - verifica a flessione

Momento massimo agente: 714 kNm (in corrispondenza dell'attacco con il piedritto)

Armatura interna:  $\varnothing$  26/20

Armatura esterna:  $\varnothing$  26/20



**Verifica C.A. S.L.U. - File:**

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	150	1	26.55	7.3
			2	26.55	142.7

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

**Sollecitazioni**  
 S.L.U.  Metodo n   
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Materiali**  
 B450C C30/37  
 E<sub>su</sub> 67.5 ‰ E<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² E<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 17 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8 ?  
 E<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 11.5  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6933  
 τ<sub>c1</sub> 2.029

M<sub>xRd</sub> -1.449 kN m  
 σ<sub>c</sub> -17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 64.28 ‰  
 d 142.7 cm  
 x 7.369 x/d 0.05164  
 δ 0.7

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 Precompresso

La sezione risulta essere verificata per tutto l'intero sviluppo in quanto l'armatura è simmetrica e la verifica è stata condotta con il massimo valore della sollecitazione flettente.

#### 10.4 Piedritti - verifica a taglio

<b>Calcestruzzo</b>		<b>Sollecitazioni</b>		<b>V</b>
Tipo	C30/37	$V_{Ed}$	kN	<b>270</b>
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>
$f_{ck}$	30.7 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura a taglio</b>		
$\gamma_c$	1.5	Diametro	mm	
$\alpha_{cc}$	0.85	Numero barre		2.5
$f_{cd}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>	$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	0.00
<b>Acciaio</b>		Passo s	cm	40
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>	Angolo $\alpha$	°	90
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura longitudinale</b>		
$\gamma_s$	1.15	$n_1$		5
$f_{yd}$	391 N/mm <sup>2</sup>	$\varnothing_1$	mm	26
		$n_2$		
		$\varnothing_2$	mm	
		$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	26.55
		<b>Sezione</b>		
		$b_w$	cm	100
		H	cm	100
		c	cm	7.3
		d	cm	92.7
		k	N/mm <sup>2</sup>	1.46
		$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.34
		$\rho$		0.0029
		$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
		$\alpha_c$		1.00
		<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>		
		$V_{Rd}$	kN	<b>336</b>

La verifica risulta essere soddisfatta

### 10.5 Soletta – verifica a taglio

Calcestruzzo		Sollecitazioni		V
Tipo	C30/37	$V_{Ed}$	kN	<b>247</b>
$R_{ck}$	37 N/mm <sup>2</sup>	$N_{Ed}$	kN	<b>0</b>
$f_{ck}$	30.7 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura a taglio</b>		
$\gamma_c$	1.5	Diametro	mm	
$\alpha_{cc}$	0.85	Numero barre		2.5
$f_{cd}$	17.4 N/mm <sup>2</sup>	$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	0.00
<b>Acciaio</b>		Passo s	cm	40
$f_{tk}$	540 N/mm <sup>2</sup>	Angolo $\alpha$	°	90
$f_{yk}$	450 N/mm <sup>2</sup>	<b>Armatura longitudinale</b>		
$\gamma_s$	1.15	$n_1$		5
$f_{yd}$	391 N/mm <sup>2</sup>	$\varnothing_1$	mm	26
		$n_2$		
		$\varnothing_2$	mm	
		$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	26.55
		<b>Sezione</b>		
		$b_w$	cm	100
		H	cm	150
		c	cm	7.3
		d	cm	142.7
		k	N/mm <sup>2</sup>	1.37
		$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.31
		$\rho$		0.0019
		$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
		$\alpha_c$		1.00
		<b>Resistenza senza armatura a taglio</b>		
		$V_{Rd}$	kN	<b>446</b>

La verifica risulta essere soddisfatta



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	42 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

## 11 VERIFICHE A FESSURAZIONE

### 11.1 Criteri di verifica

#### Verifiche di fessurazione

Si valuterà lo stato limite di apertura delle fessure; per la combinazione di azioni prescelta, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

Lo stato limite di fessurazione deve essere fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione.

Di seguito si riporta la tabella del paragrafo 4.1.2.2.4.3 del DM 14/01/2008, con i limiti di fessure per lo stato limite di esercizio considerato,

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

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

Il valore di calcolo di apertura delle fessure ( $w_d$ ) non deve superare i valori nominali  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  secondo quanto riportato nella Tab. 4.1.IV. Il valore di calcolo è dato da:

$$1,7 w_m$$

dove  $w_m$ , rappresenta l'ampiezza media delle fessure, calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura  $\epsilon_{sm}$  per la distanza media delle fessure  $\Delta_{sm}$ :

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

$\epsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  sono calcolati secondo le disposizioni della letteratura tecnica. In alternativa il valore di  $w_d$  può essere calcolato con la seguente espressione:

$$w_d = \epsilon_{sm} * \Delta_{smax}$$

dove:

$\Delta_{smax}$  è la distanza massima tra le fessure.



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	43 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

La deformazione unitaria media delle esm può essere calcolata con l'espressione:

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ctm}}{\rho_{eff}} (1 + \alpha_e \rho_{eff})}{E_s} \leq \frac{\sigma_s}{E_s}$$

$\sigma_s$  è la tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata;

$\alpha_e$  è il rapporto  $E_s/E_{cm}$ ;

$\rho_{eff}$  è pari a  $A_s / A_{c,eff}$

$A_{c,eff}$  è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza  $h_c, e_f$ , dove  $h_c, e_f$  è

il minore tra  $2,5 (h - d)$ ,  $(h - x) / 3$  o  $h / 2$  (vedere figura C4.1.9);

$k_t$  è un fattore dipendente dalla durata del carico e vale:

$k_t = 0,6$  per carichi di breve durata,

$k_t = 0,4$  per carichi di lunga durata.

La distanza massima tra le fessure,  $\Delta_{smax}$ , può essere valutata con l'espressione:

$$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_4 \frac{\phi}{\rho_{eff}}$$

Dove  $\phi$  è il diametro delle barre.

Se nella sezione considerata sono impiegate barre di diametro diverso, si raccomanda di adottare un opportuno diametro equivalente,  $\phi_{eq}$ . Se  $n_1$  è il numero di barre di diametro  $\phi_1$  ed  $n_2$  è il numero di barre di diametro  $\phi_2$ , si raccomanda di utilizzare l'espressione seguente:

$$\phi_{eq} = \frac{n_1 \phi_1^2 + n_2 \phi_2^2}{n_1 \phi_1 + n_2 \phi_2}$$

$c$  è il ricoprimento dell'armatura;

$k_1 = 0,8$  per barre ad aderenza migliorata,

$= 1,6$  per barre lisce;

$k_2 = 0,5$  nel caso di flessione semplice,

$= 1,0$  nel caso di trazione semplice.

In caso di trazione eccentrica, o per singole parti di sezione, si raccomanda di utilizzare valori intermedi di  $k_2$ , che possono essere calcolati con la relazione:

$$k_2 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) / 2\varepsilon_1$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	44 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

in cui  $\varepsilon_1$  ed  $\varepsilon_2$  sono rispettivamente la più grande e la più piccola deformazione di trazione alle estremità della sezione considerata, calcolate per sezione fessurata.

$$k_3 = 3,4;$$

$$k_4 = 0,425.$$

### Verifiche delle 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 deve verificare che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio

Per calcestruzzo classe

combinazione rara

$$\sigma_{c,ad} = 0.60f_{ck}$$

combinazione quasi permanente

$$\sigma_{c,ad} = 0.45f_{ck}$$

Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio

la tensione massima  $\sigma_s$ , per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0.80f_{yk} = 0,80 \cdot 450 = 360 \text{ MPa}$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	45 di 55

## 11.2 Piedritti

Solicitazioni					
Momento flettente	M	540	kN m		
Sforzo normale	N		kN		
Materiali					
Res. caratteristica cubica cls	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>		
Res. caratteristica cilindrica cls	$f_{ck}$	24.9	N/mm <sup>2</sup>		
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.6	N/mm <sup>2</sup>		
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	1.8	N/mm <sup>2</sup>		
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15			
Caratteristiche geometriche					
Altezza sezione	H	100	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{s1} = 7.3$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	13.27	cm <sup>2</sup>	2.5 Ø 26	$c_2 = 7.3$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5 Ø 26	$c_{t1} = 7.3$ cm
Tensioni nei materiali					
Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	4.1	N/mm <sup>2</sup>		
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	160.7	N/mm <sup>2</sup>		
Eccentricità	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata	
	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	25.6	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	10929	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1E+07	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id+}$	3381861	cm <sup>4</sup>		
Verifica a fessurazione					
Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	363	kN m	La sezione è fessurata	
Fattore che tiene conto della durata del carico	$k_t$	0.4			
Altezza efficace	$d_{eff}$	18.3	cm		
Area efficace	$A_{ceff}$	1825	cm <sup>2</sup>		
Armatura nell'area efficace	$A_s$	39.8	cm <sup>2</sup>		
	$\rho_{p,eff}$	0.02182			
Resistenza cilindrica media	$f_{cm}$	32.9	N/mm <sup>2</sup>		
Modulo elastico del cls	$E_{cm}$	31,447	N/mm <sup>2</sup>		
	$\alpha_E$	6.7			
Deform. media dell'arm. - quella del cls	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	0.00051			
	$k_1$	0.8			
	$k_2$	0.5			
	$k_3$	3.4			
	$k_4$	0.425			
Copriferro netto	$c'$	6.0	cm		
Diámetro equivalente delle barre	$\phi_{eq}$	26.0	mm		
Distanza massima tra le fessure	$s_{r,max}$	40.7	cm		
Ampiezza delle fessure	$w_d = w_k$	0.21	mm		
Tipo di armatura		Poco sensibile			
Condizioni ambientali		Ordinarie			
Stato limite		Quasi permanente			
Valore limite di apertura delle fessure		$w_2=0.3$ mm			



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	46 di 55

**11.3 Soletta**

<b>Sollecitazioni</b>						
Momento flettente	M	513	kN m			
Sforzo normale	N		kN			
<b>Materiali</b>						
Res. caratteristica cubica cls	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>			
Res. caratteristica cilindrica cls	$f_{ck}$	24.9	N/mm <sup>2</sup>			
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.6	N/mm <sup>2</sup>			
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	1.8	N/mm <sup>2</sup>			
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15				
<b>Caratteristiche geometriche</b>						
Altezza sezione	H	150	cm			
Larghezza sezione	B	100	cm			
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	26.55	cm <sup>2</sup>	5	∅ 26	$C_{s1} = 7.3$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>			$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>			$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	26.55	cm <sup>2</sup>	5	∅ 26	$C_{t1} = 7.3$ cm
<b>Tensioni nei materiali</b>						
Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	2.3	N/mm <sup>2</sup>			
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	144.4	N/mm <sup>2</sup>			
Eccentricità	e (M)	∞	cm			> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	∞	cm			
Posizione asse neutro	y (M)	27.5	cm			
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	15743	cm <sup>2</sup>			
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	3.2E+07	cm <sup>4</sup>			
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	6140196	cm <sup>4</sup>			
<b>Verifica a fessurazione</b>						
Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	759	kN m	La sezione non è fessurata		



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	47 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

## 12 VERIFICHE GEOTECNICHE

Effettuando il calcolo tramite gli Eurocodici è necessario fare la distinzione fra i parametri caratteristici ed i valori di calcolo (o di progetto) sia delle azioni che delle resistenze.

I valori di calcolo si ottengono dai valori caratteristici mediante l'applicazione di opportuni coefficienti di sicurezza parziali  $\gamma$ . In particolare si distinguono combinazioni di carico di tipo A1-M1 nelle quali vengono incrementati i carichi e lasciati inalterati i parametri di resistenza del terreno e combinazioni di carico di tipo A2-M2 nelle quali vengono ridotti i parametri di resistenza del terreno e incrementati i soli carichi variabili.

In tale relazione si è utilizzato l'approccio 2 con i coefficienti A1-M1-R3

### 12.1 Verifica al carico limite

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

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

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

Si adotta per il calcolo del carico limite in fondazione il metodo di MEYERHOF.

L'espressione del carico ultimo è data dalla relazione:

$$Q_u = c N_c d_c i_c + q N_q d_q i_q + 0.5 \gamma B N_\gamma d_\gamma i_\gamma$$

In questa espressione

- $c$  coesione del terreno in fondazione;
- $\phi$  angolo di attrito del terreno in fondazione;
- $\gamma$  peso di volume del terreno in fondazione;
- $B$  larghezza della fondazione;



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	48 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

- D profondità del piano di posa;
- q pressione geostatica alla quota del piano di posa.

I vari fattori che compaiono nella formula sono dati da:

$$A = e^{\pi \operatorname{tg} \phi}$$

$$N_q = A \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \operatorname{ctg} \phi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \operatorname{tg} (1.4\phi)$$

Indichiamo con  $K_p$  il coefficiente di spinta passiva espresso da:

$$K_p = \operatorname{tg}^2(45^\circ + \phi/2)$$

I fattori  $d$  e  $i$  che compaiono nella formula sono rispettivamente i fattori di profondità ed i fattori di inclinazione del carico espressi dalle seguenti relazioni:

Fattori di profondità

$$d_q = 1 + 0.2 \frac{D}{B} \sqrt{K_p}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{per } \phi = 0$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
 RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	49 di 55

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \frac{D}{B} \sqrt{K_p} \quad \text{per } \phi > 0$$

Fattori di inclinazione

Indicando con  $\theta$  l'angolo che la risultante dei carichi forma con la verticale ( espresso in gradi ) e con  $\phi$  l'angolo d'attrito del terreno di posa abbiamo:

$$i_e = i_q = (1 - \theta^\circ/90)^\phi$$

$$i_\gamma = (1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ})^\phi \quad \text{per } \phi > 0$$

$$i_\gamma = 0 \quad \text{per } \phi = 0$$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	50 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

## 12.2 Sollecitazioni di calcolo

Di seguito si riporta la verifica di portanza delle fondazione.

N		G1K	G2K	Q1k	SPTSX_k0	SPTDX_k0	SPACCSX	SPACCDX	SISMAH	SISMA V	SPTSX	SPTDX	SPSDX
4	SLV_critica geo	1	1	0.2	0	0	0.2	0.2	1	0.3	1	1	1
8	SLV_critica geo	1	1	0	0	0	0	0	1	-0.3	1	1	1

si riportano le sollecitazioni globali di Sforzo Normale, Momento e Taglio per le varie condizione di carico:

### - SFORZI NORMALI

**TABLE: Base Reactions**

OutputCase	CaseType	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Text	KN	KN	KN
G1k	LinStatic	0	0	586.5
Q1k	LinStatic	0	0	174
G2k	LinStatic	0	0	991.8
SISMAV	LinStatic	0	0	236.75

G1k: calcolato in modo automatico dal programma come somma delle reazioni vincolari considerando  $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$  per le sezioni in cls costituenti la struttura

G2k: calcolato in modo automatico dal programma come somma delle reazioni vincolari ottenute dall'integrazione del carico uniformemente distribuito applicato alla soletta inferiore di 114 kN/m

Q1k: calcolato in modo automatico dal programma come somma delle reazioni vincolari ottenute dall'integrazione del carico uniformemente distribuito applicato alla soletta inferiore di 20 kN/m

SISMA V: calcolato in modo automatico dal programma come somma delle reazioni vincolari ottenute dall'integrazione del carichi G1k e G2k moltiplicati per il valore di accelerazione verticale kv.

### - TAGLIO GLOBALE

-SISMA H

piedritti:  $F_h = \text{Vol cls} * \gamma \text{ cls} * k_h * n$ . piedritti =  $(6*0.4+6*0.6/2) * 25 * 0.3 * 2 = 63 \text{ kN}$

soletta:  $F_h = \text{Vol cls} * \gamma \text{ cls} * k_h * \text{lunghezza} = 1.5 * 25 * 0.3 * 9.7 = 109.13 \text{ kN}$

-SPSDX:

$F_h = \Delta SE * H = 13.55 * 6 = 81.3 \text{ kN}$



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	51 di 55

- MOMENTO GLOBALE

- SISMA H

pedritti:  $F_h = 63 \text{ kN}$   $z = 4.5 \text{ m}$   $M = 283.5 \text{ kNm}$

soletta:  $F_h = 109.13 \text{ kN}$   $z = 0.75 \text{ m}$   $M = 81.85 \text{ kNm}$

-SPSDX:

$F_h = 81.3$   $z = 4.5 \text{ m}$   $M = 365.85 \text{ kNm}$

comb		N	M	T
4	SLV_critica geo	1685	731.2	253.5
8	SLV_critica geo	1507	731.2	253.5

**12.3 Verifiche di portanza**

**Fondazioni Dirette**  
**Verifica in tensioni efficaci**

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

D = Profondità del piano di appoggio

e<sub>B</sub> = Eccentricità in direzione B (e<sub>B</sub> = Mb/N)

e<sub>L</sub> = Eccentricità in direzione L (e<sub>L</sub> = Ml/N) (per fondazione nastriforme e<sub>L</sub> = 0; L\* = L)

B\* = Larghezza fittizia della fondazione (B\* = B - 2\*e<sub>B</sub>)

L\* = Lunghezza fittizia della fondazione (L\* = L - 2\*e<sub>L</sub>)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

**N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub> : coefficienti di capacità portante**

$$N_c = \tan^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\cdot \tan \varphi)}$$

$$N_q = 14.72$$

$$N_{\gamma} = (N_c - 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_c = 25.80$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_c + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_{\gamma} = 16.72$$

**s<sub>c</sub>, s<sub>q</sub>, s<sub>γ</sub> : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B' \cdot N_c / (L' \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B' \cdot \tan \varphi' / L'$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0.4 \cdot B' / L'$$

$$s_{\gamma} = 1.00$$

**i<sub>c</sub>, i<sub>q</sub>, i<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione del carico**

$$i_c = (2 + B' / L') / (1 + B' / L') = 0.00$$

$$\theta = \arctan(Tb/\Pi) = 0.00 \quad (^\circ)$$

$$i_q = (2 + L' / B') / (1 + L' / B') = 0.00$$

$$m = 2.00 \quad (-)$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m<sub>0</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>0</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

$$i_{\gamma} = (1 - H/(N + B' \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^m$$

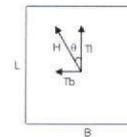
$$i_{\gamma} = 0.74$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) \cdot (N_q - 1)$$

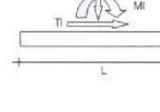
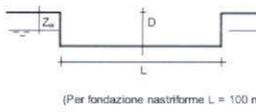
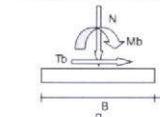
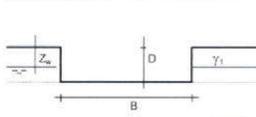
$$i_c = 0.72$$

$$i_{\gamma} = (1 - H/(N + B' \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^{(m-1)}$$

$$i_{\gamma} = 0.64$$

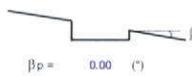
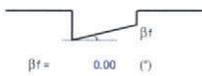


Metodo di calcolo	azioni		coefficienti parziali		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporaneamente variabili	tan φ'	c'	q <sub>lim</sub>	scorr			
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	s <sub>c</sub> = 1 + B' · tan φ' / L'
	A2+M2+R2	○	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00	s <sub>q</sub> = 1.00
	SISMA	○	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00	s <sub>γ</sub> = 1 - 0.4 · B' / L'
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10	s <sub>γ</sub> = 1.00
	SISMA	●	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10	
Tensioni Ammissibili	○	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00		
Definiti dal Progettista	○	1.35	1.50	1.00	1.00	1.40	1.00		



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 9.70 (m)  
L = 100.00 (m)  
D = 1.60 (m)



βf = 0.00 (°)

βp = 0.00 (°)

**d<sub>c</sub>, d<sub>q</sub>, d<sub>γ</sub> : fattori di profondità del piano di appoggio**

per D/B\* ≤ 1; d<sub>c</sub> = 1 + 2 · D · tan φ' · (1 - sen φ')<sup>2</sup> / B\*

per D/B\* > 1; d<sub>c</sub> = 1 + (2 · tan φ' · (1 - sen φ')<sup>2</sup>) · arctan(D / B\*)

$$d_c = 1.30$$

$$d_q = d_c - (1 - d_q) / (N_c \cdot \tan \varphi')$$

$$d_q = 1.33$$

$$d_{\gamma} = 1$$

$$d_{\gamma} = 1.00$$

**b<sub>c</sub>, b<sub>q</sub>, b<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione base della fondazione**

$$b_c = (1 - \beta_c \cdot \tan \varphi')^2$$

$$\beta_c + \beta_q = 0.00$$

$$\beta_c + \beta_q < 45^\circ$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_{\gamma} = b_q - (1 - b_q) / (N_c \cdot \tan \varphi')$$

$$b_{\gamma} = 1.00$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_{\gamma} = 1.00$$

**g<sub>c</sub>, g<sub>q</sub>, g<sub>γ</sub> : fattori di inclinazione piano di campagna**

$$g_c = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$\beta_c + \beta_p = 0.00$$

$$\beta_c + \beta_p < 45^\circ$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_q = g_c - (1 - g_c) / (N_c \cdot \tan \varphi')$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_{\gamma} = g_q$$

$$g_{\gamma} = 1.00$$

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporaneamente	
N [kN]	1685.00		1685.00
Mb [kNm]	731.20		731.20
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	235.50		235.50
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	235.50	0.00	235.50

**Peso unità di volume del terreno**

γ<sub>1</sub> = 18.00 (kN/mc)  
γ = 18.00 (kN/mc)

**Valori caratteristici di resistenza del terreno**

c' = 0.00 (kN/mq)  
φ' = 28.00 (°)

**Valori di progetto**

c' = 0.00 (kN/mq)  
φ' = 28.00 (°)

**Profondità della falda**

Z<sub>w</sub> = 7.40 (m)

a<sub>B</sub> = 0.43 (m)  
e<sub>L</sub> = 0.00 (m)

B\* = 8.83 (m)  
L\* = 1.00 (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

q = 28.80 (kN/mq)

**γ : peso di volume del terreno di fondazione**

γ = 13.98 (kN/mc)



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	53 di 55

RELAZIONE DI CALCOLO

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 483.14 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 190.78 \quad (\text{kN/m}^2)$$

Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 210.06 \geq q = 190.78 \quad (\text{kN/m}^2)$$

VERIFICA A SCORRIMENTO

Carico agente

$$H_d = 235.50 \quad (\text{kN})$$

Azione Resistente

$$S_d = N \tan(\varphi) + c \cdot B \cdot L^*$$

$$S_d = 895.93 \quad (\text{kN})$$

Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$S_d / \gamma_R = 814.48 \geq H_d = 235.50 \quad (\text{kN})$$

**Fondazioni Dirette**  
**Verifica in tensioni efficaci**

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_0 \cdot q_c + q \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_0 \cdot q_q + 0.5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot \gamma_{\gamma}$$

$N_c, N_q, N_{\gamma}$  : coefficienti di capacità portante

$$N_c = \tan^2(45 + \varphi/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi)}$$

$$N_q = 14.72$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_c = 25.80$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_{\gamma} = 16.72$$

$s_c, s_q, s_{\gamma}$  : fattori di forma

$$s_c = 1 + B \cdot N_q / (L \cdot N_c)$$

$$s_c = 1.00$$

$$s_q = 1 + B \cdot \tan \varphi' / L'$$

$$s_q = 1.00$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0.4 \cdot B' / L'$$

$$s_{\gamma} = 1.00$$

$i_c, i_q, i_{\gamma}$  : fattori di inclinazione del carico

$$i_c = (2 + B' / L') / (1 + B' / L') = 0.00$$

$$\theta = \arctg(T_b/T_l) = 0.00 \quad (^{\circ})$$

$$i_q = (2 + L' / B') / (1 + L' / B') = 0.00$$

$$m = 2.00 \quad (-)$$

$$i_{\gamma} = (1 - H \cdot (N + B \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^m$$

(m=2 nel caso di fondazione nastriforme e m=(m<sub>0</sub>sin<sup>2</sup>θ+m<sub>0</sub>cos<sup>2</sup>θ) in tutti gli altri casi)

$$i_{\gamma} = 0.71$$

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

$$i_c = 0.69$$

$$i_{\gamma} = (1 - H \cdot (N + B \cdot L' \cdot c' \cdot \cot \varphi'))^{m+1}$$

$$i_{\gamma} = 0.60$$

$d_c, d_q, d_{\gamma}$  : fattori di profondità del piano di appoggio

per D/B ≤ 1; d<sub>c</sub> = 1 + 2 D tan φ' (1 - sen φ')<sup>2</sup> / B'

per D/B > 1; d<sub>c</sub> = 1 + (2 tan φ' (1 - sen φ')<sup>2</sup>) \* arctan (D / B')

$$d_c = 1.30$$

$$d_q = d_c - (1 - d_c) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_q = 1.33$$

$$d_{\gamma} = 1$$

$$d_{\gamma} = 1.00$$

$b_c, b_q, b_{\gamma}$  : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_c = (1 - \beta_v \tan \varphi)^2$$

$$\beta_v + \beta_p = 0.00 \quad \beta_v + \beta_p < 45^{\circ}$$

$$b_c = 1.00$$

$$b_q = b_c - (1 - b_c) / (N_c \tan \varphi)$$

$$b_q = 1.00$$

$$b_{\gamma} = b_q$$

$$b_{\gamma} = 1.00$$

$g_c, g_q, g_{\gamma}$  : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_c = (1 - \tan \beta_p)^2$$

$$\beta_v + \beta_p = 0.00 \quad \beta_v + \beta_p < 45^{\circ}$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_q = g_c - (1 - g_c) / (N_c \tan \varphi)$$

$$g_q = 1.00$$

$$g_{\gamma} = g_q$$

D = Profondità del piano di appoggio

e<sub>B</sub> = Eccentricità in direzione B (e<sub>B</sub> = Mb/N)

e<sub>L</sub> = Eccentricità in direzione L (e<sub>L</sub> = MI/N) (per fondazione nastriforme e<sub>L</sub> = 0; L' = L)

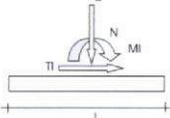
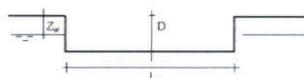
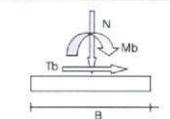
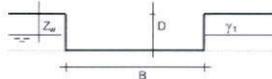
B' = Larghezza fittizia della fondazione (B' = B - 2'e<sub>B</sub>)

L' = Lunghezza fittizia della fondazione (L' = L - 2'e<sub>L</sub>)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

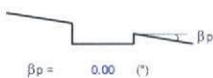
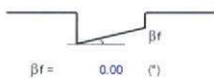
**coefficienti parziali**

Metodo di calcolo	azioni		proprietà del terreno		resistenze		
	permanenti	temporanee variabili	tan φ'	c'	q <sub>lim</sub>	scorr	
Stato Limite Ultimo	A1+M1+R1	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00
	A2+M2+R2	1.00	1.30	1.25	1.25	1.80	1.00
	SISMA	1.00	1.00	1.25	1.25	1.80	1.00
	A1+M1+R3	1.30	1.50	1.00	1.00	2.30	1.10
	SISMA	1.00	1.00	1.00	1.00	2.30	1.10
Tensioni Ammissibili	1.00	1.00	1.00	1.00	3.00	3.00	
Definiti dal Progettista	1.35	1.50	1.00	1.00	1.40	1.00	



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B	=	9.70	(m)
L	=	100.00	(m)
D	=	1.60	(m)



$$\beta_f = 0.00 \quad (^{\circ})$$

$$\beta_p = 0.00 \quad (^{\circ})$$

**AZIONI**

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1507.00		1507.00
Mb [kNm]	731.20		731.20
MI [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	235.50		235.50
TI [kN]	0.00		0.00
H [kN]	235.50	0.00	235.50

Peso unità di volume del terreno

γ <sub>1</sub>	=	18.00	(kN/mc)
γ	=	18.00	(kN/mc)

Valori caratteristici di resistenza del terreno

c'	=	0.00	(kN/mq)
φ'	=	28.00	(°)

Valori di progetto

c'	=	0.00	(kN/mq)
φ'	=	28.00	(°)

Profondità della falda

$$Z_w = 7.40 \quad (m)$$

e <sub>B</sub>	=	0.49	(m)
e <sub>L</sub>	=	0.00	(m)

B'	=	8.73	(m)
L'	=	1.00	(m)

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 28.80 \quad (kN/mq)$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione



LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione Badagnano Ramo 13 - Muri ad "U"  
RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 05 00 002	A	55 di 55

#### Carico limite unitario

$$q_{lim} = 463.40 \quad (\text{kN/m}^2)$$

#### Pressione massima agente

$$q = N / B * L^*$$

$$q = 172.63 \quad (\text{kN/m}^2)$$

#### Verifica di sicurezza capacità portante

$$q_{lim} / \gamma_R = 201.48 \geq q = 172.63 \quad (\text{kN/m}^2)$$

#### VERIFICA A SCORRIMENTO

##### Carico agente

$$Hd = 235.50 \quad (\text{kN})$$

##### Azione Resistente

$$Sd = N \tan(\varphi') + c' B * L^*$$

$$Sd = 801.29 \quad (\text{kN})$$

#### Verifica di sicurezza allo scorrimento

$$Sd / \gamma_R = 728.45 \geq Hd = 235.50 \quad (\text{kN})$$