

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 ACQUEDOTTO SERINO RAMO 5B  
 RELAZIONE DI CALCOLO

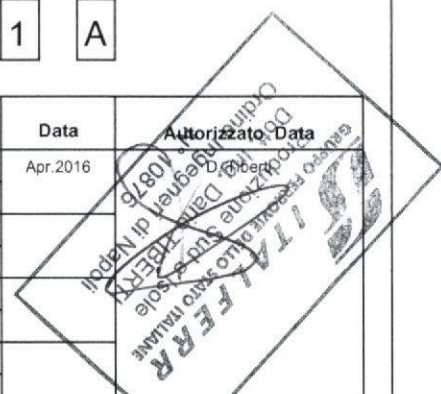
SCALA:

-
---

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

N 7 D 2    0 1    D    7 8    C L    O C 0 4 0 0    0 0 1    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	A. Ingletti	Apr.2016	<i>Fanelli</i>	Apr.2016	<i>M. D'avino</i>	Apr.2016	<i>D. Di...</i>	



File: N7D201D78CLOC0400001A.doc

n. Elab.:

82

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	7
5	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA.....	8
6	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	9
6.1	Calcestruzzo .....	10
6.2	Acciaio per strutture in conglomerato cementizio .....	11
7	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI .....	12
8	ANALISI DEI CARICHI .....	13
8.1	Pesi propri ( $G_{1,k}$ ).....	13
8.2	Permanenti non strutturali ( $G_{2,k}$ ).....	13
8.3	Carichi mobili ( $Q_1$ ) .....	14
8.4	Azione di frenamento ( $Q_3$ ).....	17
8.5	Azione centrifuga ( $Q_4$ ) .....	17
8.6	Azione del sisma ( $Q_6$ ) .....	18
8.7	Ritiro del calcestruzzo.....	21
8.8	Variazione termica.....	21
8.1	Spinta statica del terreno.....	22
8.2	Spinta dovuta al sovraccarico accidentale.....	22
8.3	Sovraspinta sismica .....	23
9	COMBINAZIONI DI CARICO.....	24
10	MODELLAZIONE STRUTTURALE .....	29
11	ANALISI STRUTTURALE: SCATOLARE SINGOLA CANNA.....	30
11.1	Modellazione adottata .....	31



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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	3 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

11.2	Analisi dei carichi .....	33
11.3	Sollecitazioni.....	36
11.4	Verifiche di resistenza.....	38
11.4.1	<i>Criteri di verifica</i> .....	38
11.4.2	<i>Verifica piedritti</i> .....	43
11.4.3	<i>Verifica soletta superiore</i> .....	51
11.4.4	<i>Verifica soletta inferiore</i> .....	59
12	ANALISI STRUTTURALE: SCATOLARE DOPPIA CANNA.....	65
12.1	Modellazione adottata .....	66
12.2	Analisi dei carichi .....	68
12.3	Sollecitazioni.....	71
12.4	Verifiche di resistenza.....	73
12.4.1	<i>Criteri di verifica</i> .....	73
12.4.2	<i>Verifica piedritti</i> .....	78
12.4.3	<i>Verifica soletta superiore</i> .....	87
12.4.4	<i>Verifica soletta inferiore</i> .....	95

	<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</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B  <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<b>COMMESSA</b> N7D2	<b>LOTTO</b> 01	<b>CODIFICA</b> D 78 CL	<b>DOCUMENTO</b> OC 04 00 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 4 di 101

## 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".

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella presente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limiti dell'opera di protezione dell'Acquedotto Serino Ramo 5B. L'opera è costituita dalle seguenti tipologie:

- Lo scotolare a singola canna ha uno sviluppo longitudinale in asse tracciato di 35.0 m, trasversalmente è largo 4,90m ed ha un'altezza netta di 3,00m.
- Lo scotolare a doppia canna ha uno sviluppo longitudinale in asse tracciato di 47.0 m, trasversalmente è largo 14,10m ed ha un'altezza netta di 3,20m.

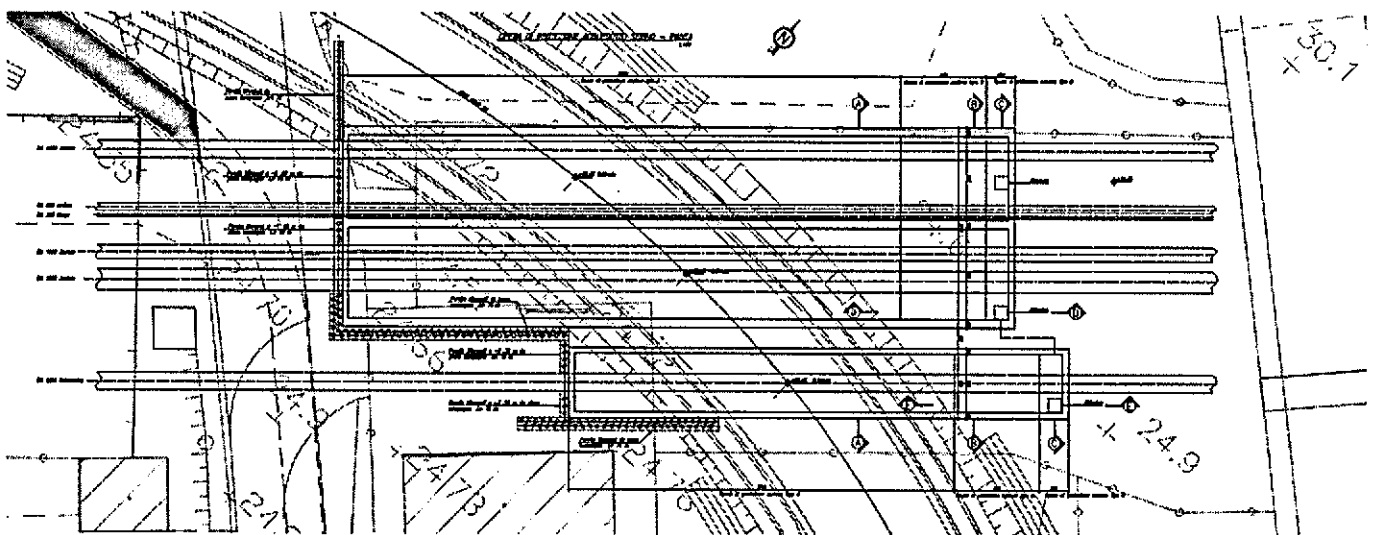


Figura 1 – Opera di protezione Acquedotto Serino

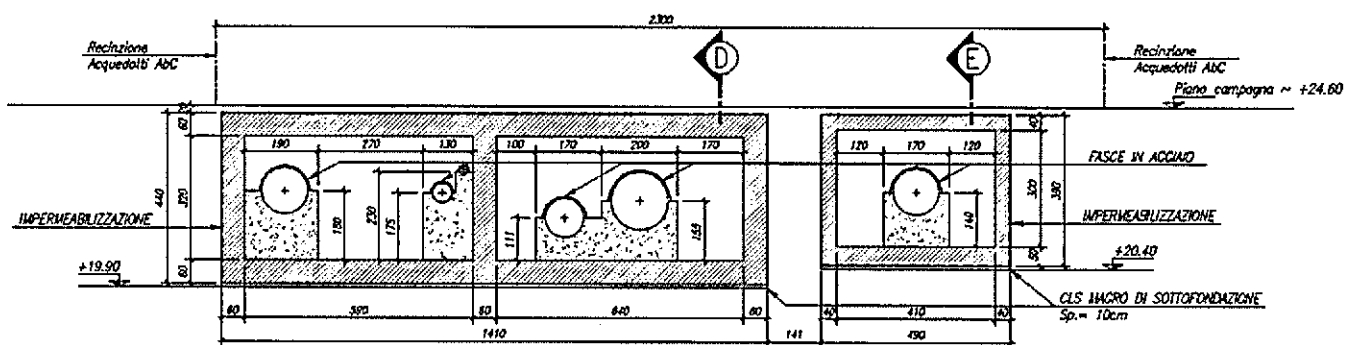


Figura 2 – Sezione trasversale

	<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</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	<b>COMMESSA</b> N7D2	<b>LOTTO</b> 01	<b>CODIFICA</b> D 78 CL	<b>DOCUMENTO</b> OC 04 00 001	<b>REV.</b> A	<b>FOGLIO</b> 8 di 101

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Sono state prese a riferimento le seguenti Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento:

- *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*
- *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 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.*
- *UNI EN 1992-2 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti”.*
- *UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.*
- *UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.*
- *UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.*
- *“Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”*

	<p>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</p> <p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p>					
<p>Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B  <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b></p>	<p>COMMESSA  N7D2</p>	<p>LOTTO  01</p>	<p>CODIFICA  D 78 CL</p>	<p>DOCUMENTO  OC 04 00 001</p>	<p>REV.  A</p>	<p>FOGLIO  7 di 101</p>

#### 4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione, si è fatto riferimento ai seguenti elaborati:

- *N7D2.00.D.78.PZ.OC0400.001.A – Pianta, prospetto e sezioni*

## 5 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA

### Unità di misura principali

<b>N</b> (Newton)	unità di forza
<b>m</b> (metro)	unità di lunghezza
<b>kg</b> (kilogrammo-massa)	unità di massa
<b>s</b> (secondo)	unità di tempo

### Unità di misura derivate

<b>kN</b> (kiloNewton)	$10^3$ N
<b>MN</b> (megaNewton)	$10^6$ N
<b>kgf</b> (kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
<b>cm</b> (centimetro)	$10^{-2}$ m
<b>mm</b> (millimetro)	$10^{-3}$ m
<b>Pa</b> (Pascal)	1 N/m <sup>2</sup>
<b>kPa</b> (kiloPascal)	$10^3$ N/m <sup>2</sup>
<b>MPa</b>	(megaPascal) $10^6$ N/m <sup>2</sup>
<b>N/m<sup>3</sup></b>	(peso specifico)
<b>g</b> (accelerazione di gravità)	$\sim 9.81$ m/s <sup>2</sup>

### Corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

$\gamma$ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m <sup>3</sup> )
$\sigma$ (sigma)	tensione normale	(N/mm <sup>2</sup> )
$\tau$ (tau)	tensione tangenziale	(N/mm <sup>2</sup> )
$\epsilon$ (epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
$\varphi$ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)



Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	9 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

## 6 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche e i riferimenti dei paragrafi del D.M. citato. Di seguito sono riportate le principali caratteristiche dei materiali impiegati

TABELLA MATERIALI				
CALCESTRUZZO				
Classe di lavorabilità	Classe di resistenza minima (MPa)	Classe di esposizione ambientale (EN 206)	Dmax (mm)	Esempi 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	- Volete 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
				- Solette in c.a. gettate in opera in elevazione
S3-S4	C32/40	XC4	25	- Pile e spole
				- Baccoli e pulvini
				- Strutture in c.a. in elevazione
S3-S4	C32/40	XC4	25	- Cordola barriera, bordo ponte
S3-S4	C30/37	XA1	25	- Tombini a struttura scatolare e circolare
S3-S4	C30/37	XC3	25	- Muri ad "U", di controripa/sottoscappa e scalari per opere di protezione acquedotti
S3-S4	C25/30	XC2	25	- Solai in fondazioni
				- Fondazioni armate
S3-S4	C25/30	XC2	25	- CUNETTE, CANALETTE E CORDOLI
S4-S5	C25/30	XC2	25	- Pali (di peralte o opere di sostegno) e relativi cordoli di collegamento gettati in opera inclusa la soletta di copertura delle opere di scavalco Nuovo Sadegnano
S4-S5	C25/30	XC2	25	- Pali/diaframmi di fondazione gettati in opera
S5-S0C	C75/90	XC2	18	- Pali ad elica continua
--	C12/15	X0	--	- Magre e riempimento di livellamento
ACCIAIO				
ACCIAIO IN BARRE PER GETTI E RETI ELETTROSDALDATE		B450C fyk=450Mpa (da 540Mpa) fyk = fyk / γyk < 1,35 fyk = tensione caratteristica di snervamento Rm = tensione caratteristica di rottura		
ACCIAIO ARMONICO DI TIPO STABILIZZATO PER TRAM E TRAVERSI		Trelat 40,6" fpk 185Mpa - fp(1)k 1670Mpa a treve		
ACCIAIO PER ARMATURA MICROPALE		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 PRE' RESTRETTIVE

### 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, BACCOLI, PULVINI)	S=40 mm
- OPERE IN ELEVAZIONE CON SUPERFICIE INTERRATE O NON ISPEZIONABILI	S=40 mm
- SOLETTE DA PONTE - ESTRADOSSO	S=30 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-TESI	S=mpa (3 volte 50mm)
- IMPALCATI IN C.A.P. - CAVI POST-TESI	S=mpa (4 volte 60mm)
- VELETTE	S=30 mm
- PREDALLES CON FUNZIONI STRUTTURALI	S=25 mm
- PREDALLES SENZA FUNZIONI STRUTTURALI	S=mpa (4 volte 20mm)
- CUNETTE, CANALETTE E CORDOLI	S=40 mm



## 6.1 Calcestruzzo

Calcestruzzo classe C12/15 (calcestruzzo magro)

$R_{ck} = 15.00$  MPa resistenza caratteristica cubica

### Calcestruzzo classe C30/37 (scatolari di protezione acquedotti)

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:

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

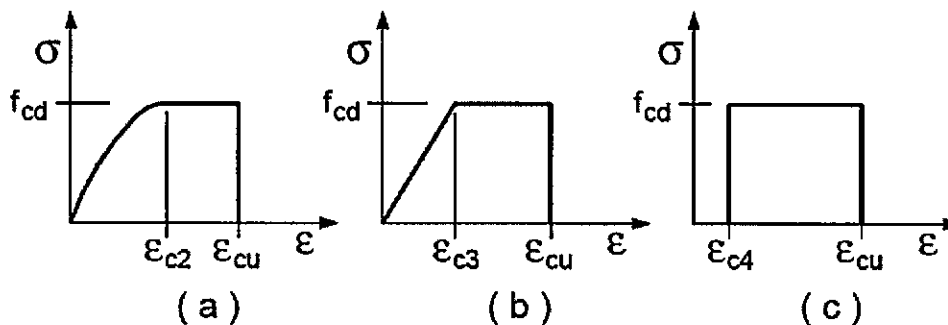
dove [NTC – 11.2.10.2]:

- $f_{ctk}$  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.

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

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

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]:

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

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

## 6.2 Acciaio per strutture in conglomerato cementizio

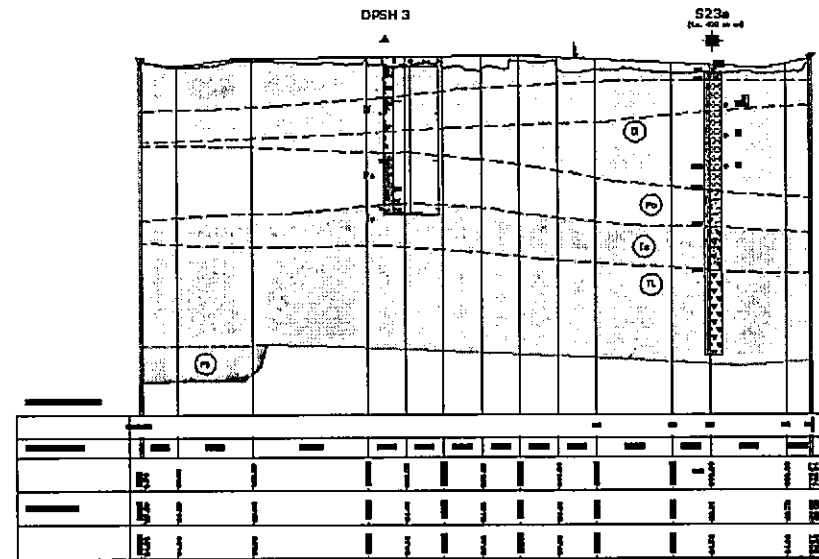
Acciaio **B450C**

$f_{tk}$	≥	540.00 MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{yk}$	≥	450.00 MPa	tensione caratteristica di snervamento
$\gamma_s$	=	1.15	coefficiente del materiale
$f_{yd}$	≥	391.30 MPa	tensione caratteristica di snervamento di calcolo
$E_s$	=	206 000.00 MPa	Modulo elastico

## 7 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

In accordo a quanto riportato nella Relazione geotecnica sono riportati i valori dei parametri geotecnici caratteristici:

### RAMO 5B



	$\gamma$ [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		

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.

	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					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 04 00 001	REV. A	FOGLIO 13 di 101

## 8 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi considerata nel calcolo delle sollecitazioni sulle strutture in oggetto.

### 8.1 Pesi propri ( $G_{1,k}$ )

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

### 8.2 Permanenti non strutturali ( $G_{2k}$ )

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta:

- **Strato di usura**, con uno spessore di 4 cm;
- **Binder**, con uno spessore di 5 cm;
- **Strato di base**, con uno spessore di 8 cm;
- **Strato di fondazione di inerti stabilizzati all'acqua e compattati**, con spessore di 15 cm.

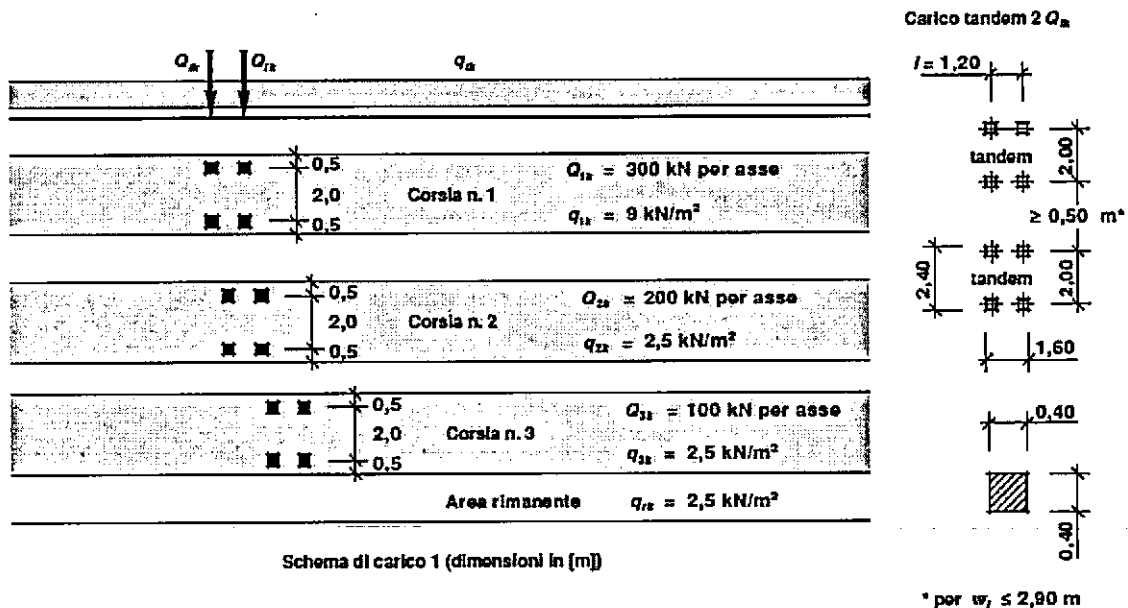
 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 04 00 001	REV. A	FOGLIO 14 di 101

### 8.3 Carichi mobili ( $Q_i$ )

Le azioni da traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dagli schemi di carico di seguito elencati (D. Min. 14/01/2008).

#### Schema 1

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Esso è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m) e da carichi uniformemente distribuiti secondo le seguenti colonne di carico:



In senso trasversale i carichi  $Q_{ik}$  e  $q_{ik}$  sono distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,00 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa.

Per la disposizione dei carichi mobili e delle corsie sulla carreggiata si fa riferimento alle linee d'influenza, in modo da ottenere i valori massimi e minimi delle caratteristiche di sollecitazione in tutte le sezioni d'impalcato.

Disposizione dei carichi mobile per lo scatolare semplice

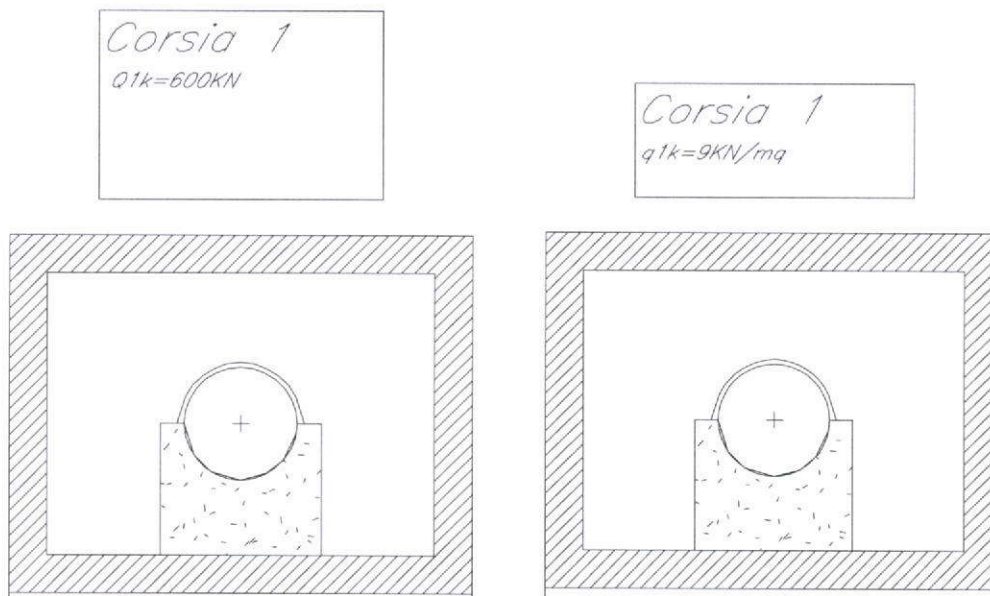


Figura 3 – Schema di carico 1 – Momento max

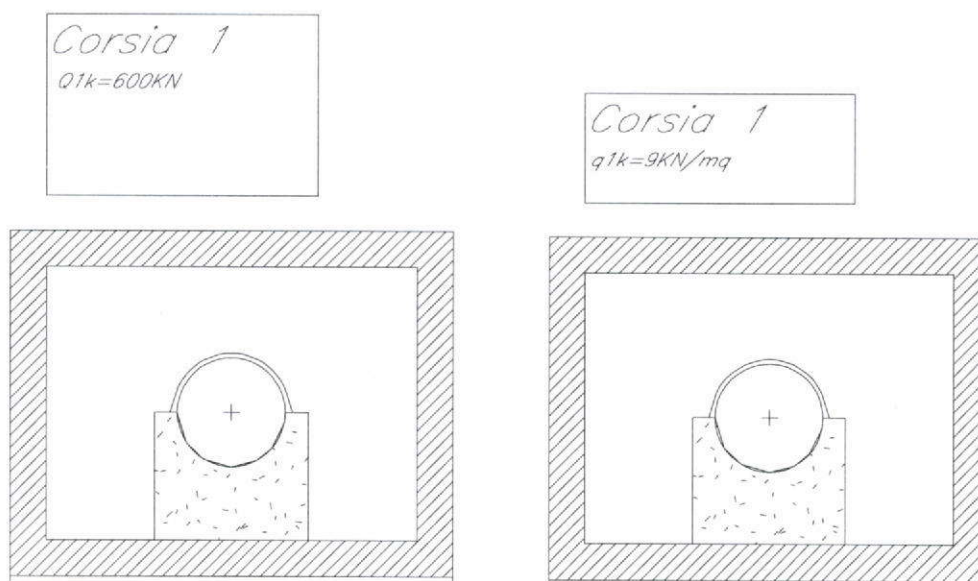


Figura 4 – Schema di carico 1 – Taglio max

Disposizione dei carichi mobile per lo scatolare pluriconnesso

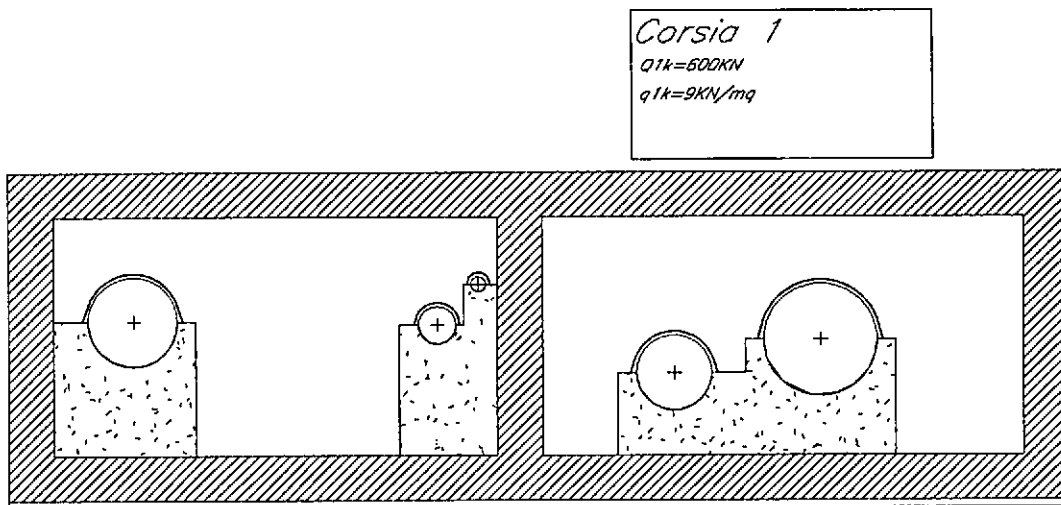


Figura 5 – Schema di carico 1 – Momento max campata

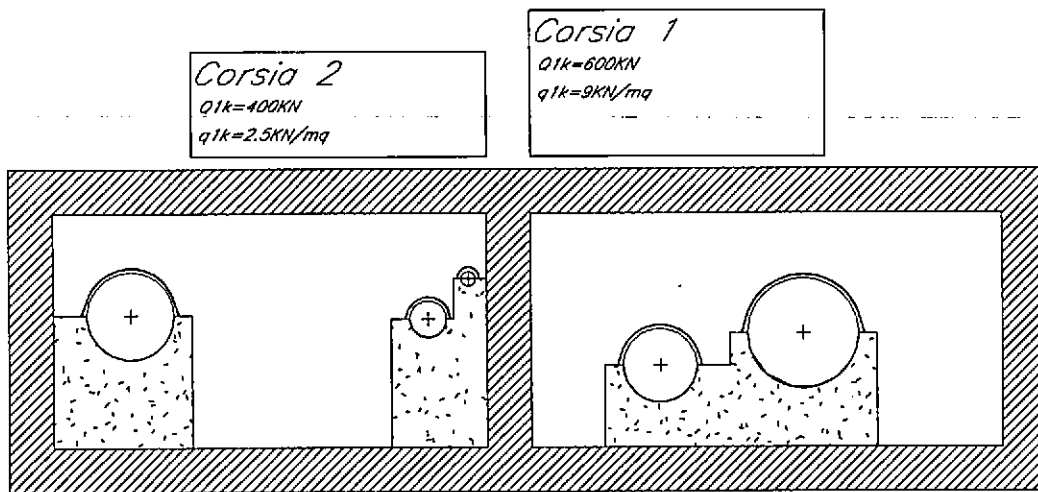


Figura 6 – Schema di carico 1 – Taglio max e Momento max appoggio



### 8.4 Azione di frenamento ( $Q_3$ )

La forza di frenamento o accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e per i ponti di 1<sup>a</sup> categoria è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq Q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

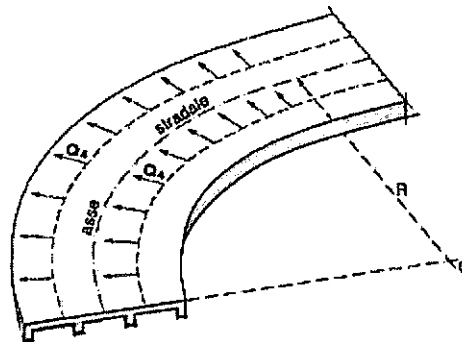
Tale azione deve essere applicata all'impalcato a quota pavimentazione.

### 8.5 Azione centrifuga ( $Q_4$ )

Nelle opere con asse curvo di raggio  $R$  l'azione centrifuga viene valutata come riportato nella tabella 1. Il carico concentrato  $Q_4$  si considera applicato a livello della pavimentazione e agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Tabella 1 Valori caratteristici delle forze centrifughe.

Raggio di curvatura $R$ (m)	$Q_4$ (kN)
$R > 200$	$0,2 \cdot Q_v$
$200 \leq R < 1500$	$40 \cdot Q_v / R$
$R \geq 1500$	0
$Q_v = \Sigma 2 \cdot Q_{1k} =$ carico totale degli assi tandem dello schema di carico 1.	



L'opera è in corrispondenza di una curva di raggio 80m, pertanto l'azione centrifuga risulta:

$$Q_4 = 0,2 \cdot (Q_v)$$

La componente della forza del frenamento in direzione normale all'asse dell'opera risulta maggiore della proiezione della forza centrifuga in direzione normale all'asse dell'opera stessa;

Poiché l'azione centrifuga e il frenamento non agiscono contemporaneamente, come previsto dalla Tabella 5.1.IV - NTC2008, nel calcolo è stata considerata solamente la frenatura.

	<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 acquedotto Serino ramo 5B RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 04 00 001	REV. A	FOGLIO 18 di 101

### 8.6 Azione del sisma ( $Q_6$ )

Poiché 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  $C_U = 1.50$ .

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

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso  $C_U = 1.5$
- Vita nominale  $V_N = 75$ anni
- Categoria di suolo: C
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura  $q = 1$

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale e verticale sono riportati :

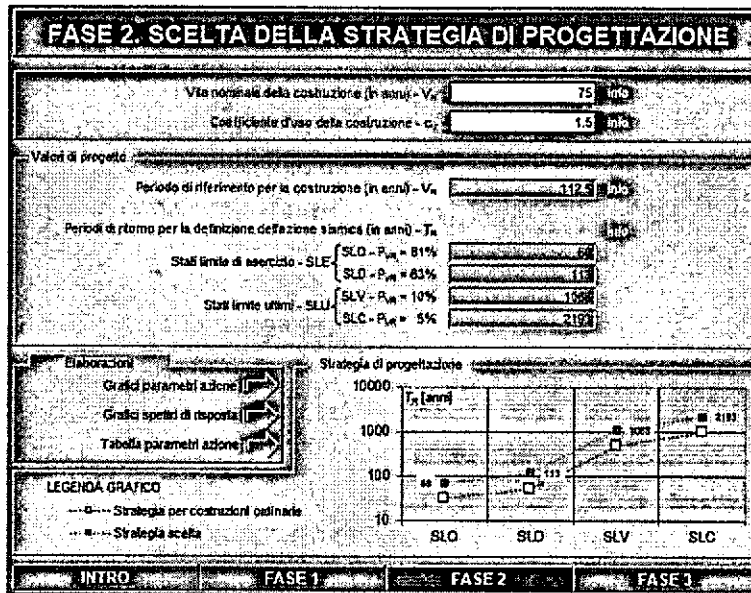


LINEA AV MILANO NAPOLI - TRATTA ROMA-NAPOLI  
 VIABILITA' DI ACCESSO ALLA STAZIONE AV NAPOLI-AFRAGOLA  
 VIABILITA' DI CUI ALLA LETTERA b) DELL'ARTICOLO 6 DELL'ACCORDO  
 PROCEDIMENTALE RFI - COMUNE DI AFRAGOLA DEL 22/06/2012

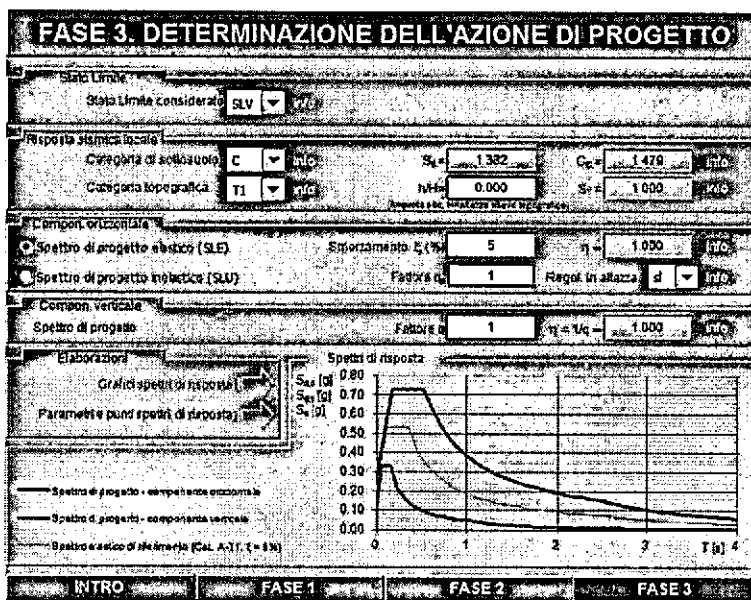
PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B  
 RELAZIONE DI CALCOLO

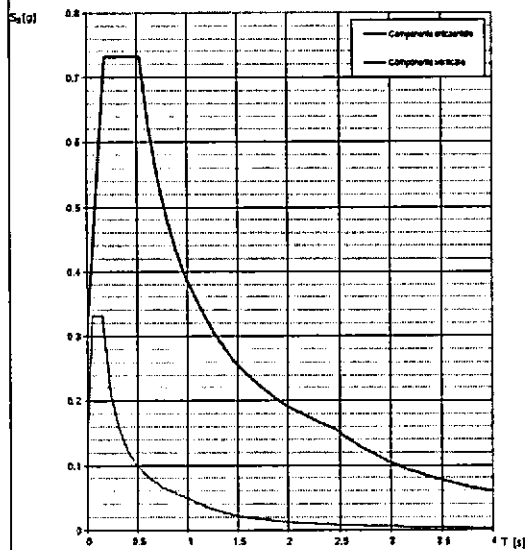
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	19 di 101



Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica. Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci Ex, Ey ed Ez.



Spettri di risposta (componenti ortz. e vert.) per lo stato II SLV



Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV I
$a_{ov}$	0.214 g
$F_w$	2.471
$T_r$	0.354 s
$S_s$	1.382
$C_c$	1.479
$S_r$	1.000
$q$	1.000

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	
$a_{ov}$	0.134 g
$S_s$	1.000
$S_r$	1.000
$q$	1.000
$T_a$	0.050 s
$T_c$	0.150 s
$T_d$	1.000 s

Parametri dipendenti

$S$	1.382
$\eta$	1.000
$T_a$	0.175 s
$T_c$	0.524 s
$T_d$	2.457 s

Parametri dipendenti

$F_w$	1.544
$S$	1.000
$\eta$	1.000

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	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					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 04 00 001	REV. A	FOGLIO 21 di 101

### 8.7 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2008.

La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 15°, ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

$f_{ck} = 30$  Mpa *Resistenza Caratteristica Cilindrica a Compressione*  
 $UR = 75$  % *Umidità Relativa*

$\epsilon_{co} = -0.311$  ‰ *Deformazione per Ritiro da Essiccamento*

$A_c = 6.32$  m<sup>2</sup> *Area della Sezione in Conglomerato*  
 $u = 4.9$  m *Perimetro della Sezione in Conglomerato esposto all'Aria*

$h_0 = 2580$  mm *Dimensione Fittizia pari al rapporto  $2A_c/u$*   
 $k_h = 0.700$

$\epsilon_{cd, \infty} = -0.218$  ‰ *Deformazione per Ritiro da Essiccamento (a Tempo infinito)*

$\epsilon_{ca, \infty} = -0.050$  ‰ *Deformazione per Ritiro da Autogeno (a Tempo Infinito)*

$\epsilon_{cs} = -0.268$  ‰ *Deformazione per Ritiro Totale (a Tempo infinito)*  
 $\phi(t_{\infty}, t_0) = 1.840$  *Coefficiente di Viscosità a  $t = \infty$*

→  $\alpha = 0.00001$  °C<sup>-1</sup>  
 $\Delta T_{eq} = 26.79$  °C  
 $\Delta T_{eq(t=\infty)} = 15$  °C

### 8.8 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a  $\Delta T = +15^\circ\text{C}$ , con un variazione termica a aggiuntiva a farfalla pari a  $\Delta T = +5^\circ\text{C}$  applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$

## 8.1 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali della spalla sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a  $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$ , applicata ad 1/3 dal basso.

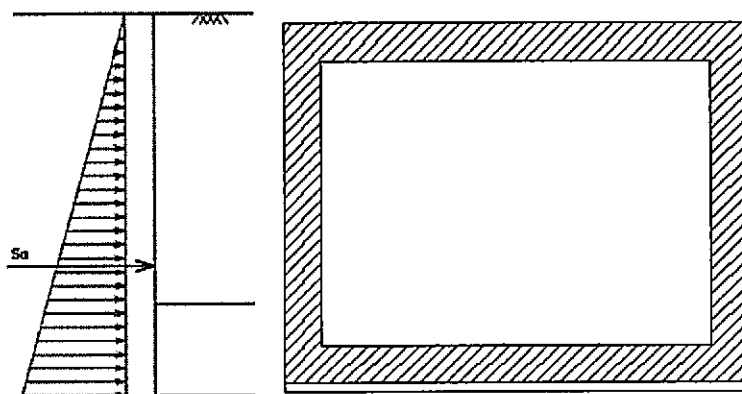


Fig. 1 - Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo  $k_0$ .

## 8.2 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a  $S=k_0 \cdot q \cdot H$ , con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.

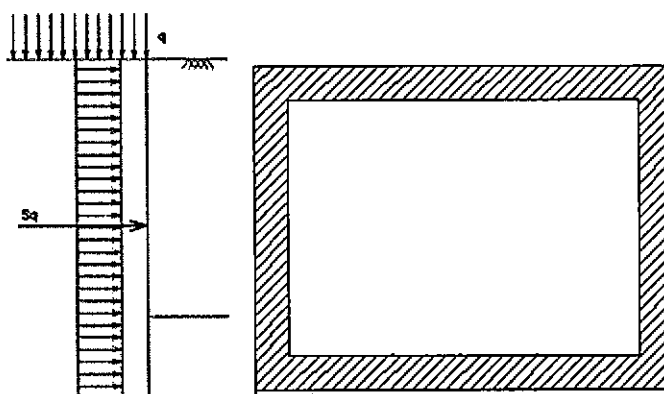


Fig. 2 - Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

### 8.3 Sovrappinta sismica

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovrappinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad  $H/2$ .

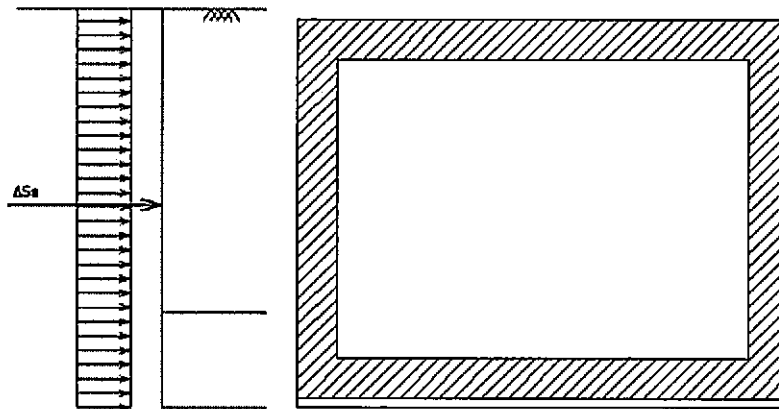


Fig. 3 – Schema per il calcolo degli effetti della sovrappinta sismica

### 9 COMBINAZIONI DI CARICO

In linea con quanto riportati nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

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

combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

combinazione Rara (SLE irreversibile):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Frequente (SLE reversibile):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Al fine della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si dovranno considerare le combinazioni riportate nella tabella seguente:

Carichi sulla carreggiata						Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
Carichi verticali			Carichi orizzontali			Carichi verticali
Gruppo di azioni	Modello principale (Schema di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q <sub>1</sub>	Forza centripeta q <sub>2</sub>	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5 kN/m <sup>2</sup>
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m <sup>2</sup>
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(\*) Ponti di 3<sup>a</sup> categoria  
 (\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
 (\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali



**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	25 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

I coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni agli SLU sono:

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{E1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(3)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{E2}, \gamma_{E3}, \gamma_{E4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

 Ed i coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali sono:

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	---	0,75	0,0
Vento $q_s$	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	---	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Nave $q_s$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_t$	0,6	0,6	0,5

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<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 acquedotto Serino ramo 5B RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 04 00 001	REV. A	FOGLIO 26 di 101

Per le fondazioni superficiali, sono prese in considerazione le seguenti verifiche agli stati limite ultimi:

- SLU di tipo Geotecnico (GEO), relative a condizioni di:
  - Collasso per carico limite dell'insieme fondazione – terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR), relative a condizioni di:
  - Raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche sono svolte considerando il seguente approccio:

- Approccio 2:
  - A1 + M1 + R3

Tale approccio prevede un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche.

PARAMETRO	Coefficiente parziale	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	$c'$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	$c_u$	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	$\gamma_{\gamma}$	1,00	1,00

VERIFICA	Coefficiente parziale	(R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	$\gamma_R$	1,00	1,80	2,30

Si ottengono le combinazioni riportate nella successiva tabella:



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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
 N7D2 01 D 78 CL OC 04 00 001 A 27 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

PERM	QK-M	QK-T	Q2	Q3	SPT3X	SPTDX	SPACCSX	SPAGCDX	TERM	RITIRO	BISMAH	SPSDX	
01S1-11M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.00	0	0	0.72	0	0	0
02S1-11T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.00	0	0	0.72	0	0	0
03S1-12M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.72	0	0	0
04S1-12T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.72	0	0	0
05S1-13M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.35	0	1.35	0.72	0	0	0
06S1-13T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.35	0	1.35	0.72	0	0	0
07S1-14-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.72	0	0	0
08S1-15-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	1.35	0.72	0	0	0
09S1-21M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.00	0	0	-0.72	1.2	0	0
10S1-21T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.00	0	0	-0.72	1.2	0	0
11S1-22M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.72	1.2	0	0
12S1-22T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.72	1.2	0	0
13S1-23M	1.35	1.35	0	1.35	0	1.00	1.35	0	1.35	-0.72	1.2	0	0
14S1-23T	1.35	0	1.35	1.35	0	1.00	1.35	0	1.35	-0.72	1.2	0	0
15S1-24-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.72	1.2	0	0
16S1-25-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	1.35	-0.72	1.2	0	0
17S1T11M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.2	0	0	0
18S1T11T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.2	0	0	0
19S1T12M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	1.0125	1.0125	1.2	0	0	0
20S1T12T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	1.0125	1.0125	1.2	0	0	0
21S1T13M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	1.0125	1.2	0	0	0
22S1T13T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	1.0125	1.2	0	0	0
23S1T14-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	1.0125	1.0125	1.2	0	0	0
24S1T15-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	1.0125	1.2	0	0	0
25S1T21M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.2	1.2	0	0
26S1T21T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.2	1.2	0	0
27S1T22M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	1.0125	1.0125	-1.2	1.2	0	0
28S1T22T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	1.0125	1.0125	-1.2	1.2	0	0
29S1T23M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	1.0125	-1.2	1.2	0	0
30S1T23T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	1.0125	-1.2	1.2	0	0
31S1T24-	1.35	0	0	0	0	1.35	1.35	1.0125	1.0125	-1.2	1.2	0	0
32S1T25-	1.35	0	0	0	0	1.00	1.35	0	1.0125	-1.2	1.2	0	0
33S2-11M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	0.72	0	0	0
34S2-11T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	0.72	0	0	0
35S2-12M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	0.72	0	0	0
36S2-12T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	0.72	0	0	0
37S2-13M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.35	0	1.01	0.72	0	0	0
38S2-13T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0	1.01	0.72	0	0	0
39S2-21M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	-0.72	1.2	0	0
40S2-21T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0	0	-0.72	1.2	0	0
41S2-22M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-0.72	1.2	0	0
42S2-22T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-0.72	1.2	0	0
43S2-23M	1.35	1.01	0	0.54	1.35	1.00	1.35	0	1.01	-0.72	1.2	0	0
44S2-23T	1.35	0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0	1.01	-0.72	1.2	0	0
45S2T11M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.2	0	0	0
46S2T11T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	1.2	0	0	0
47S2T12M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.2	0	0	0
48S2T12T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.2	0	0	0
49S2T13M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	1.01	1.2	0	0	0
50S2T13T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	1.01	1.2	0	0	0

PROGETTO DEFINITIVO

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	28 di 101

	PERM	Q1k-M	Q2-T	Q2	Q3	SPTSx	SPTDx	SPACCSx	SPACCDx	TERM	RITIRO	SISMAH	SISDX
51S2T21M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.2	1.2	0	0
52S2T21T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.00	0	0	-1.2	1.2	0	0
53S2T22M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.2	1.2	0	0
54S2T22T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.2	1.2	0	0
55S2T23M	1.35	1.01	0	0.54	0	1.00	1.35	0	1.01	-1.2	1.2	0	0
56S2T23T	1.35	0	1.01	0.54	0	1.00	1.35	0	1.01	-1.2	1.2	0	0
57SED1-	1	0.2	0	0.2	0	0.7	1	0	0	0.5	0	1	1
58SED2-	1	0.2	0	0.2	0	0.7	1	0	0	-0.5	1	1	1
59Q1-11-	1	0	0	0	0	0.7	0.7	0	0	0.5	0	0	0
60Q1-12-	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0	0
61Q1-13-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0	0.5	0	0	0
62Q1-21-	1	0	0	0	0	0.7	0.7	0	0	-0.5	1	0	0
63Q1-22-	1	0	0	0	0	1	1	0	0	-0.5	1	0	0
64Q1-23-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0	-0.5	1	0	0
65F1-11M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	0.7	0	0	0.5	0	0	0
66F1-11T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	0.7	0	0	0.5	0	0	0
67F1-12M	1	0.75	0	0.4	0	1	1	0.75	0.75	0.5	0	0	0
68F1-12T	1	0	0.75	0.4	0	1	1	0.75	0.75	0.5	0	0	0
69F1-13M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	1	0	0.75	0.5	0	0	0
70F1-13T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	1	0	0.75	0.5	0	0	0
71F1-14-	1	0	0	0	0	1	1	0.75	0.75	0.5	0	0	0
72F1-15-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0.75	0.5	0	0	0
73F1-21M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	0.7	0	0	-0.5	1	0	0
74F1-21T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	0.7	0	0	-0.5	1	0	0
75F1-22M	1	0.75	0	0.4	0	1	1	0.75	0.75	-0.5	1	0	0
76F1-22T	1	0	0.75	0.4	0	1	1	0.75	0.75	-0.5	1	0	0
77F1-23M	1	0.75	0	0.4	0	0.7	1	0	0.75	-0.5	1	0	0
78F1-23T	1	0	0.75	0.4	0	0.7	1	0	0.75	-0.5	1	0	0
79F1-24-	1	0	0	0	0	1	1	0.75	0.75	-0.5	1	0	0
80F1-25-	1	0	0	0	0	0.7	1	0	0.75	-0.5	1	0	0

dove:

- PERM** : carichi permanenti
- Q1k-M** : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il momento)
- Q1k-T** : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il taglio)
- Q2-M** : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il momento)
- Q2-T** : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il taglio)
- Q3** : azione longitudinale di frenamento
- SPTSx** : spinta del terreno sulla parete sx
- SPTDx** : spinta del terreno sulla parete dx
- SPACCSx** : spinta del carico accidentale sulla parete sx
- SPACCDx** : spinta del carico accidentale sulla parete dx
- TERM** : termica
- RITIRO** : ritiro
- SISMAH** : azione sismica
- SISDX** : incremento sismico della spinta del terreno



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 acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	29 di 101

## 10 MODELLAZIONE STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del SAP2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti sulle sottostrutture necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali.

Assi comuni a tutti i modelli

x = asse longitudinale impalcato

y = asse trasversale impalcato

z = asse verticale impalcato

## 11 ANALISI STRUTTURALE: SCATOLARE SINGOLA CANNA

Lo scatolare ha uno sviluppo longitudinale in asse tracciato di 35,0 m, trasversalmente è largo 4,90m ed ha un'altezza netta di 3,00m.

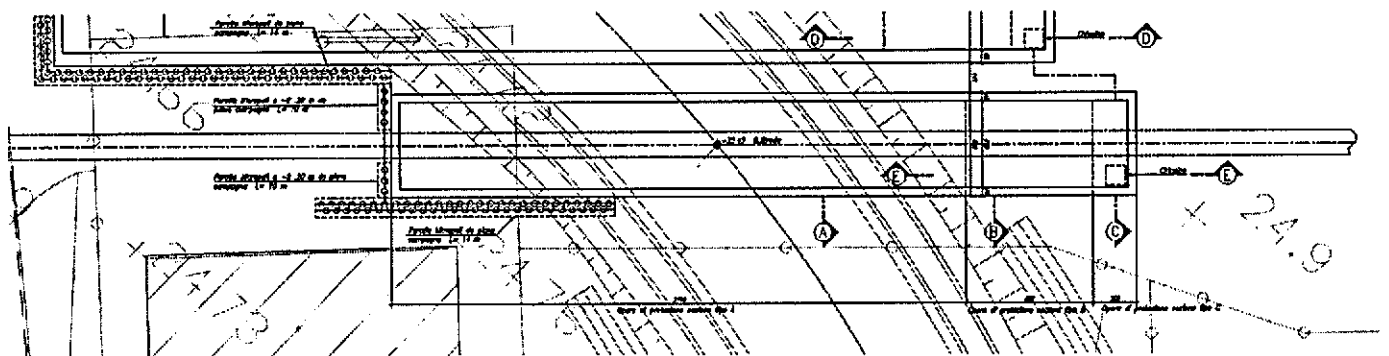


Figura 7 - Opera di protezione Acquedotto Serino

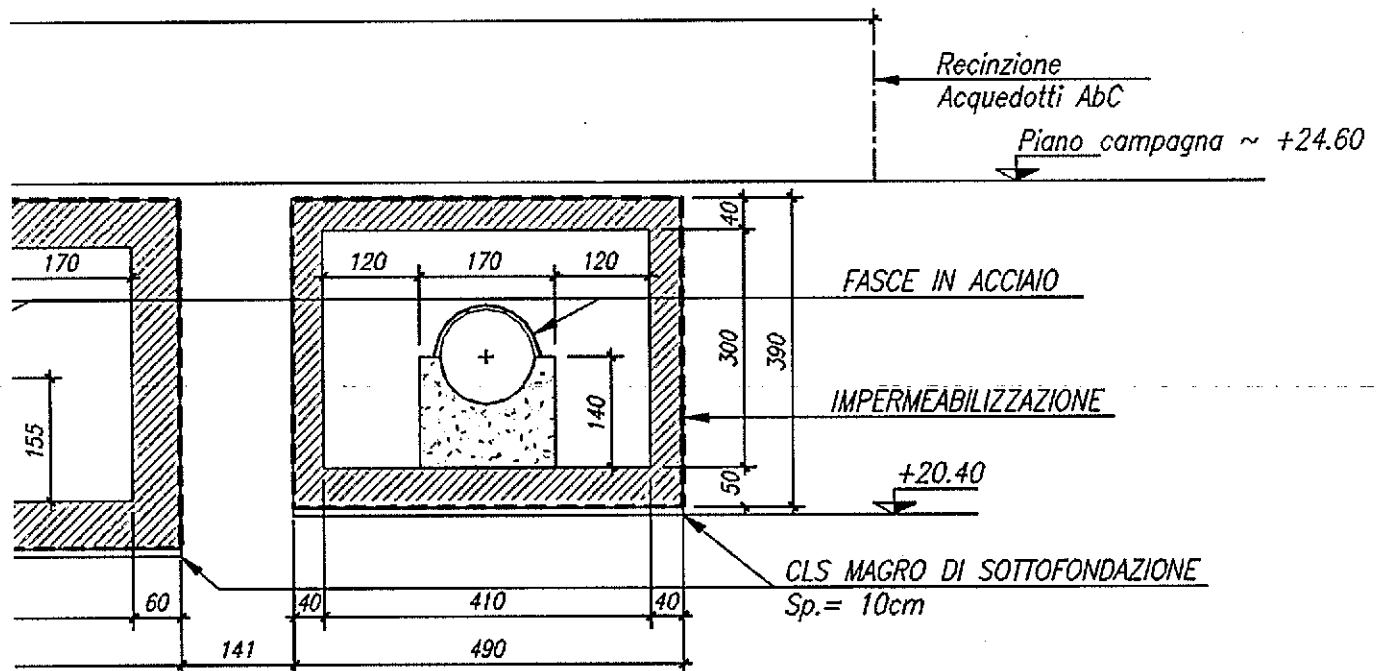
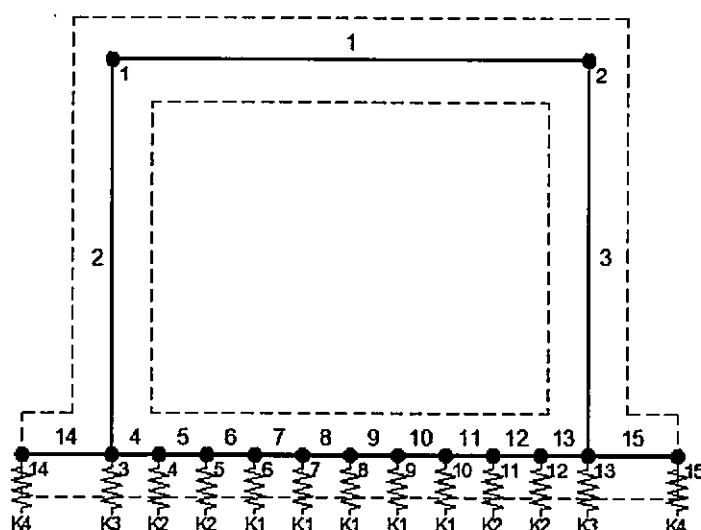


Figura 8 - Sezione trasversale

### 11.1 Modellazione adottata

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di telaio chiuso. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite molle alla Winkler.



La soletta inferiore viene divisa in elementi per poter schematizzare, tramite molle applicate, l'interazione terreno- struttura.

Il coefficiente di sottofondo alla Winkler viene determinato con la seguente relazione:

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

Dove:

$E_0 = 150 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni
$E = 30 \text{ MPa}$	modulo elastico del terreno (assunto pari a $E_0/5$ )
$\nu = 0.3$	coefficiente di Poisson
$B = 4.1 \text{ m}$	larghezza della fondazione
$L = 35 \text{ m}$	lato maggiore della fondazione
$C_t = 2.01$	fattore di forma (Bowles, 1960)
$K_w = 4000 \text{ KN/m}^3$	coefficiente di sottofondo alla Winkler



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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N702	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	32 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

Per la rigidezza delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 4000 KPa/m. Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

**Rigidezze molle**

Interasse molle	i	$(0.40/2 + 4.10 + 0.40/2) / 10 =$	0.45	m
Molle centrali	K1	$4000 \cdot 0.45 =$	1 800	kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 4000 \cdot 0.45 =$	2 700	kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 4000 \cdot (0.45/2 + 0.40/2) =$	3 400	kN/m
Molle risolto	K4	-	0	kN/m



## 11.2 Analisi dei carichi

### Geometria

#### Caratteristiche materiali e terreno

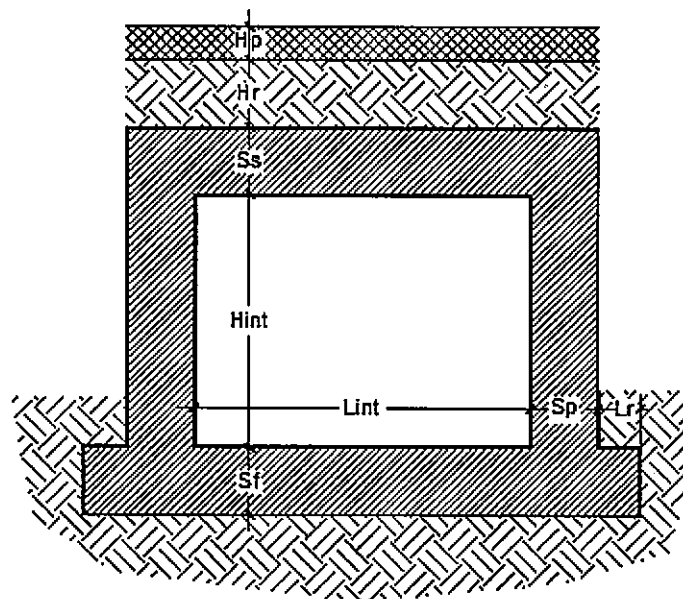
Calcestruzzo armato - Peso specifico	$\gamma$	25	$\text{kN/m}^3$
Calcestruzzo armato - Tipo		C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	$R_{ck}$	37	$\text{N/mm}^2$
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	$f_{ck}$	31	$\text{N/mm}^2$
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	$E$	33000	$\text{N/mm}^2$
Pacchetto stradale - Peso specifico	$\gamma$	20	$\text{kN/m}^3$
Terreno del rilevato - Peso specifico	$\gamma$	19	$\text{kN/m}^3$
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	$\varphi$	27	$^\circ$
Terreno di fondazione	$K_w$	4000	$\text{kN/m}^3$
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione		ordinarie	

#### Ricoprimento

Spessore pacchetto stradale	$H_p$	0.32	m
Spessore del rinterro	$H_r$	0.38	m

#### Geometria

Spessore soletta superiore	$S_s$	0.40	m
Spessore soletta di fondazione	$S_f$	0.50	m
Spessore piedritti	$S_p$	0.40	m
Altezza netta	$H_{int}$	3.00	m
Larghezza netta	$L_{int}$	4.10	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	$L_r$	0.00	m



Tab. 1: Geometria del modello

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<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 acquedotto Serino ramo 5B <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b>	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 04 00 001	REV. A	FOGLIO 34 di 101

### Azioni elementari applicate

#### Carichi permanenti

Soletta superiore					
Peso pacchetto stradale	Ps	$0.32 \cdot 20 =$		6.40	kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	$0.38 \cdot 19 =$		7.22	kN/m <sup>2</sup>
Totale				<b>13.62</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### Carichi accidentali sulla copertura

Tandem					
Ldiffusione x				1.60	m
Ldiffusione y				2.40	m
Impronta di carico x	Ld1	$1.60 + 2 \cdot (0.32+0.38+0.40/2) =$		3.40	m
Impronta di carico y	Ld2	$2.40 + 2 \cdot (0.32+0.38+0.40/2) =$		4.20	m
Impronta sull'impalcato		$3.40 \cdot 4.20 =$		14.28	m <sup>2</sup>
carico q1 (totale)				600	kN
carico q1 (ripartito)	Q <sub>1k</sub>	$600 / 14.28 =$		<b>42.02</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### Carico distribuito

	Ld3	$3.00 + 2 \cdot (0.32+0.38+0.40/2) =$		4.80	m
	q <sub>1k</sub>	$9.00 \cdot (3.00 / 4.80) =$		<b>5.63</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### Frenamento q3

q3	q3	$180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900$ kN		<b>77.76</b>	<b>kN/m</b>
----	----	--	--	--------------	-------------

#### Azione termica

Variazione termica uniforme	$\Delta T_U$			15	°
Variazione termica a farfalla	$\Delta T_F$			5	°
Variazione termica uniforme di calcolo	$\Delta T_{U*}$	$15 / 3 =$		5	°
Variazione termica a farfalla di calcolo	$\Delta T_{F*}$	$5 / 3 =$		1.67	°

#### Ritiro (applicato alla soletta superiore)

	$\Delta T_R$			-15	°
--	--------------	--	--	-----	---

#### Spinta del terreno

K0		$1 - \text{sen}(27^\circ) =$		0.546	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.546 \cdot 13.62 =$		7.44	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.546 \cdot (13.62 + 19 \cdot 0.40/2) =$		<b>9.51</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.546 \cdot [13.62 + 19 \cdot (0.40/2 + 3.00 + 0.50/2)] =$		<b>45.30</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.546 \cdot [13.62 + 19 \cdot (0.40/2 + 3.00 + 0.50)] =$		47.90	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(7.44 + 9.51) / 2 \cdot 0.40 / 2$		<b>1.69</b>	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(45.30 + 47.90) / 2 \cdot 0.50 / 2$		<b>11.65</b>	<b>kN/m</b>

#### Spinta del carico accidentale

Spinta dovuta al q1	p	$0.546 \cdot (42.02 + 5.63) =$		<b>26.01</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
---------------------	---	--------------------------------	--	--------------	-------------------------

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	35 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

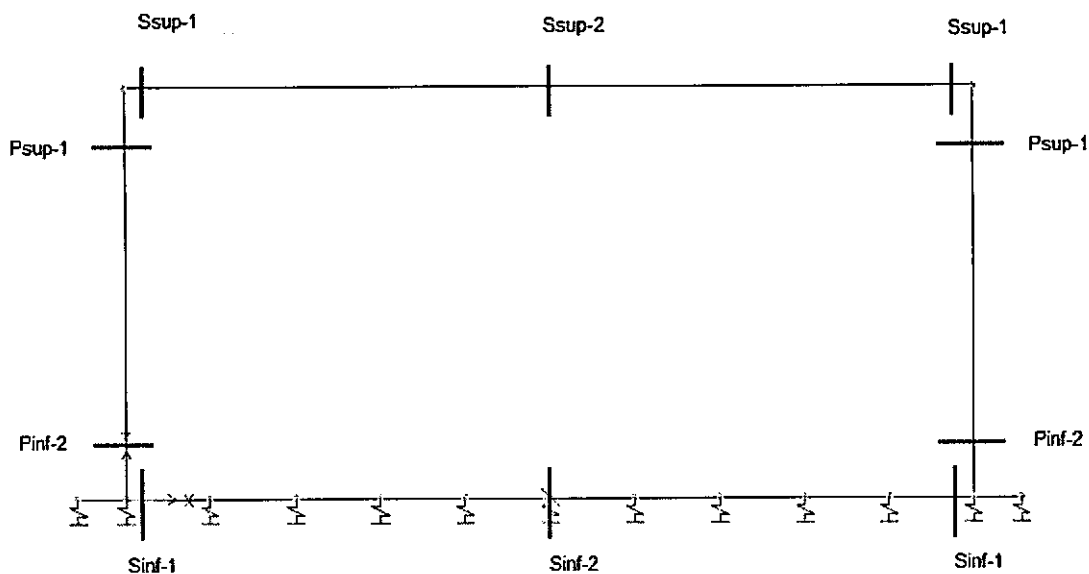
**Sisma orizzontale**

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -		SLV
Vita nominale	Vr			75 anni
Classe d'uso	Cu			III
accelerazione orizzontale	ag/g			0.214
amplificazione spettrale	Fo			2.471
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E		C
Coeff. Amplificazione stratigrafica	Ss			1.383
Coeff. Amplificazione topografica	St			1
Coefficiente S	S	= Ss · St		1.383
accelerazione orizzontale max	a <sub>max</sub> /g	= ag/g · S		0.296
Fattore di struttura	q			1.00
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	FHs	$0.296 \cdot (0.40 \cdot 25 + 13.62 + 0.2 \cdot 37.37) / 1.00 =$	<b>9.20</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Forza orizz. sul piedritti	FHp	$0.296 \cdot (0.40 \cdot 25) / 1.00 =$	<b>2.96</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

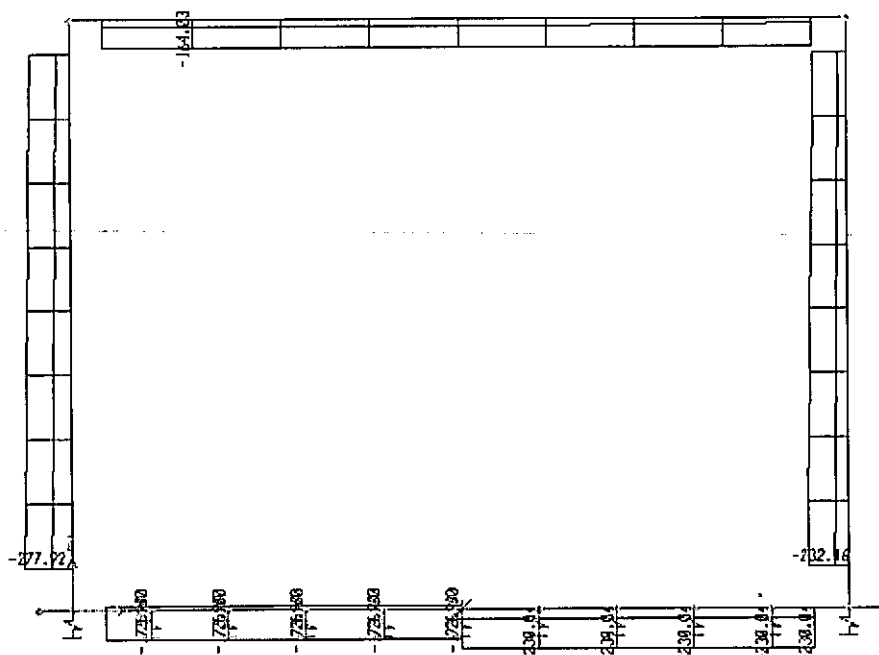
**Spinta del terreno in fase sismica**

Coefficiente sismico orizzontale	k <sub>h</sub>	= a <sub>max</sub> /g	0.296	
Coefficiente sismico verticale	k <sub>v</sub>	= ±0.5 · k <sub>h</sub>	0.148	
Risultante della spinta sismica	ΔS <sub>E</sub>	= (a <sub>max</sub> /g) · γ · (H <sub>int</sub> + S <sub>s</sub> + S <sub>f</sub> ) <sup>2</sup>	103.0	kN/m
Pressione risultante	Δp <sub>E</sub>	= ΔS <sub>E</sub> / H	<b>26.9</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

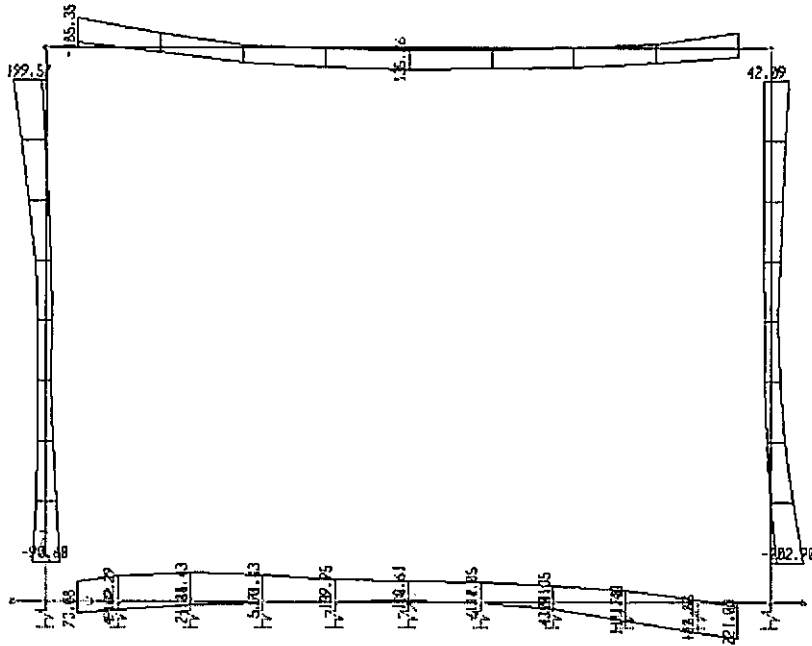
### 11.3 Sollecitazioni



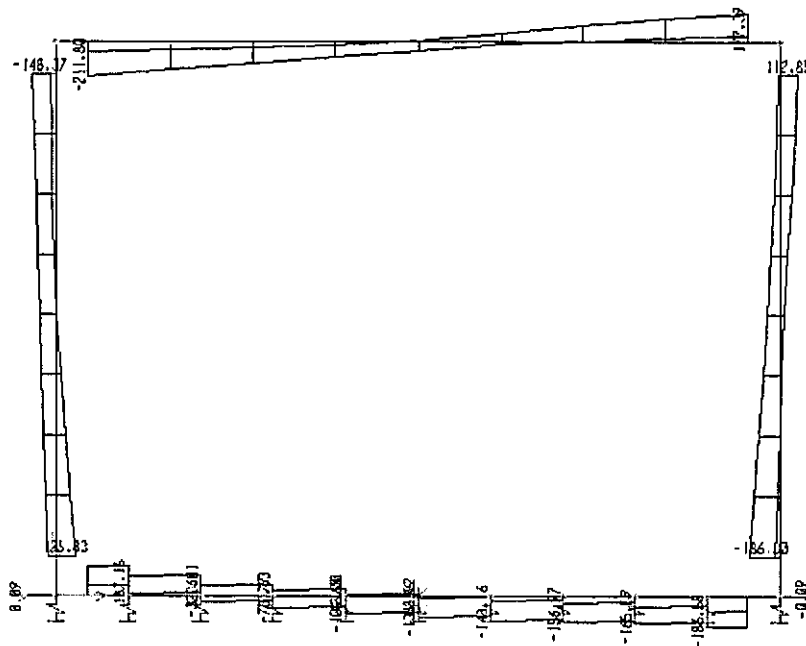
Tab. 2: Sezioni di verifica



Tab. 3: Sforzo Normale - Involuppo SLU



Tab. 4: Momento flettente – Inviluppo SLU



Tab. 5: Taglio – Inviluppo SLU

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	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					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 04 00 001	REV. A	FOGLIO 38 di 101

## 11.4 Verifiche di resistenza

### 11.4.1 Criteri di verifica

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.

#### 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:

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

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



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 acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	39 di 101

$d$  altezza utile della sezione (in mm);

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

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  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 resistenza secondo il meccanismo taglio-trazione o taglio-compressione forniti da normativa. Più precisamente:

per la resistenza a "taglio trazione":

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)) \cdot \sin(\alpha)$$

per la resistenza a "taglio compressione":

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}(\alpha) + \text{ctg}(\theta)) / (1 + \text{ctg}^2(\theta))$$

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

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

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:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5.$$

### 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	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_3$
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 fessura	-	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.

La deformazione unitaria media delle  $\epsilon_{sm}$  può essere calcolata con l'espressione:

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

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

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

$\rho_{eff}$  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:

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



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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	42 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

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:

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

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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	43 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

#### 11.4.2 Verifica piedritti

Sezione: 40 x 100 cm

##### Armatura a flessione:

- Sommità Psup-1

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

- Spiccato Pinf-2

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

##### Armatura a taglio:

Spille φ 12/40x40 cm.

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione acquedotto Serlino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	44 di 101

**RELAZIONE DI CALCOLO**

- Verifica a pressoflessione (Spiccato Pinf-2)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 200000$	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35
$R_{ck}$	35 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.05 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	19.4 N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	16.5 N/mm <sup>2</sup>

**Geometria della sezione**

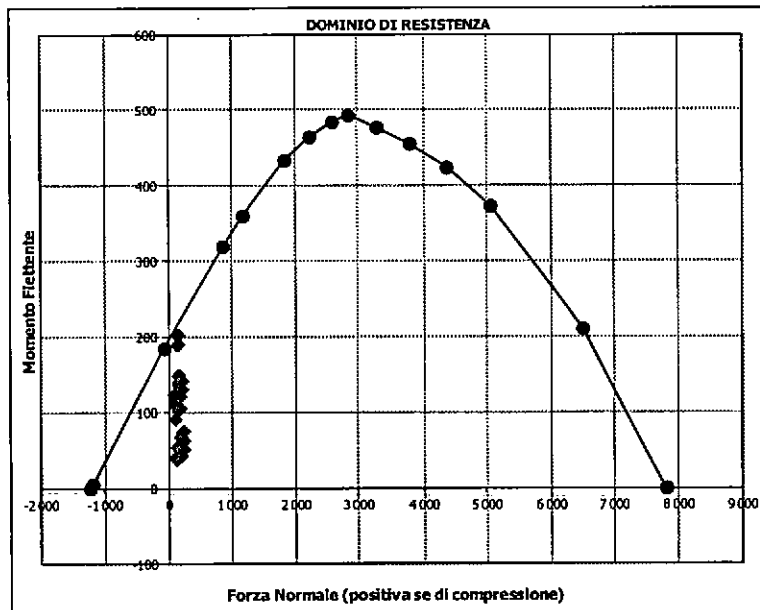
Altezza geometrica della sezione	$h = 40$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro	$d' = 6.2$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 33.8$	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	01S1-11M	232	51
(Nmin)	57SED1-	76	113
(Mmax)	43S2-23M	143	203
(Mmin)	23S1T14-	119	38

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	45 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

• Verifica a pressoflessione (Sommità Psup-1)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	$N/mm^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	$N/mm^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000$	$N/mm^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	$N/mm^2$
$f_{ck}$	29.05	$N/mm^2$
$\gamma_c$	1.5	
$f_{ctd}$	19.4	$N/mm^2$
$f_{cd}$	16.5	$N/mm^2$

**Geometria della sezione**

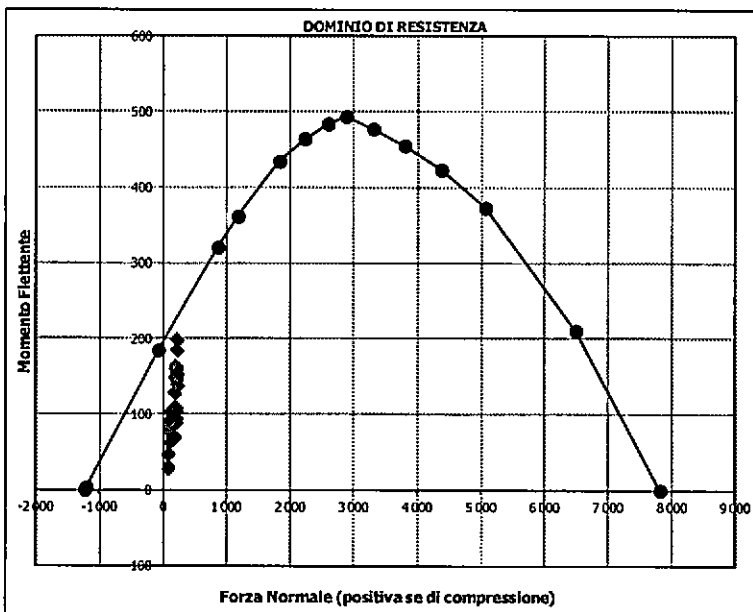
Altezza geometrica della sezione h	=	40	cm
Base della sezione b	=	100	cm
Copriferro d'	=	6.2	cm
Altezza utile della sezione d	=	33.8	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd
(Nmax) 06S1-13T	237	152
(Nmin) 07S1-14-	78	46
(Mmax) 37S2-13M	212	200
(Mmin) 31S1T24-	78	27



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 acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	46 di 101

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd1}$  la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd2}$  la verifica è soddisfatta.

#### Calcestruzzo

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.1	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{cd}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

#### Acciaio

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

#### Sollecitazioni

		Piedritto sx	Piedritto dx
$V_{Ed}$	kN	148	186
$N_{Ed}$	kN	0	0

#### Armatura a taglio

Diametro	mm	12	12
Numero barre		2.5	2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	2.83	2.83
Passo s	cm	40	40
Angolo $\alpha$	°	90	90

#### Armatura longitudinale

$n_1$		5	5
$\varnothing_1$	mm	20	20
$n_2$			
$\varnothing_2$	mm		
Asl	cm <sup>2</sup>	15.71	15.71

#### Sezione

$b_w$	cm	100	100
H	cm	40	40
c	cm	5	5
d	cm	35	35
k	N/mm <sup>2</sup>	1.76	1.76
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.44	0.44
$\rho$		0.0045	0.0045
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00	0.00
$\alpha_c$		1.00	1.00

#### Resistenza senza armatura a taglio

$V_{Rd}$	kN	174	174
----------	----	-----	-----

#### Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8	21.8
$V_{RSd}$	kN	218	218
$V_{RCd}$	kN	894	894
$V_{Rd}$	kN	218	218

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	47 di 101

- Verifica a fessurazione (Spiccato Pinf-2)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>90</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>134</b>	kN

#### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$n$	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_2 =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_1 = 6.2$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>149.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	67.6	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	47.6	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>11.7</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	623076	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	175696	cm <sup>4</sup>		

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	48 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	72	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	99	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	74.3	cm	
	$u (M_{fess})$	54.3	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.8		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	168.5	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	11.5	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	0.00028		
Copriferro netto	$c'$	5.2	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	20.2	cm	
Area efficace	$A_{Ceff}$	2020	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	15.7	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.00778		
Distanza tra le barre	$s$	20.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	27.3	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	$w_m$	0.08	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	$w_k$	0.13	mm	



Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	49 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

- Verifica a fessurazione (Sommità Psup-1)

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>93</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>129</b>	kN

### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_2 =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_1 = 6.2$ cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>5.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>157.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	72.2	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	52.2	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>11.6</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	623076	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	174931	cm <sup>4</sup>		

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	50 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	72	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	99	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	76.6	cm	
	$u (M_{fess})$	56.6	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.8		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	169.2	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	11.5	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	0.00031		
Copriferro netto	$c'$	5.2	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	20.2	cm	
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	2020	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	15.7	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.00778		
Distanza tra le barre	$s$	20.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	27.3	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	$w_m$	0.09	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	$w_k$	0.15	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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	51 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

### 11.4.3 Verifica soletta superiore

Sezione: 40 x 100 cm

#### Armatura a flessione:

- Appoggio Ssup-1

Armatura tesa

$\phi$  20/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  20/20 cm

- Campata Ssup-2

Armatura tesa

$\phi$  20/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  20/20 cm

#### Armatura a taglio:

Spille  $\phi$  12/40x40 cm.

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	52 di 101

• Verifica a pressoflessione (Appoggio Ssup-1)

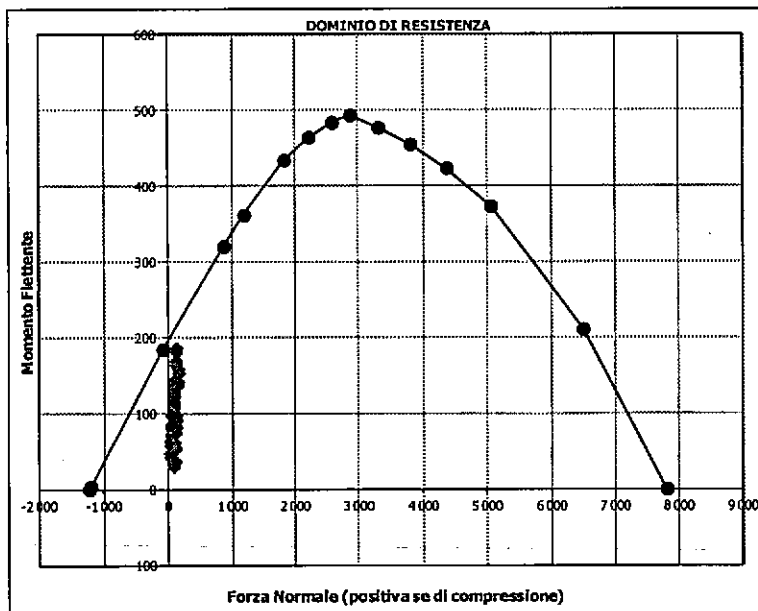
Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C28/35
$R_{ck}$	35 $\text{N/mm}^2$
$f_{dk}$	29.05 $\text{N/mm}^2$
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	19.4 $\text{N/mm}^2$
$f_{cc}$	16.5 $\text{N/mm}^2$

Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 40 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 6.2 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 33.8 \text{ cm}$

Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 $\text{cm}^2$
		0.00 $\text{cm}^2$
		0.00 $\text{cm}^2$
		<b>15.71 <math>\text{cm}^2</math></b>

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 $\text{cm}^2$
		0.00 $\text{cm}^2$
		0.00 $\text{cm}^2$
		<b>15.71 <math>\text{cm}^2</math></b>



Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
(Nmax) 35S2-12M	164	158
(Nmin) 26S1T21T	39	42
(Mmax) 37S2-13M	133	185
(Mmin) 31S1T24-	91	30

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	53 di 101

• Verifica a pressoflessione (Campata Ssup-2)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{yk} = 540$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 205000$	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.1	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	19.4	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

**Geometria della sezione**

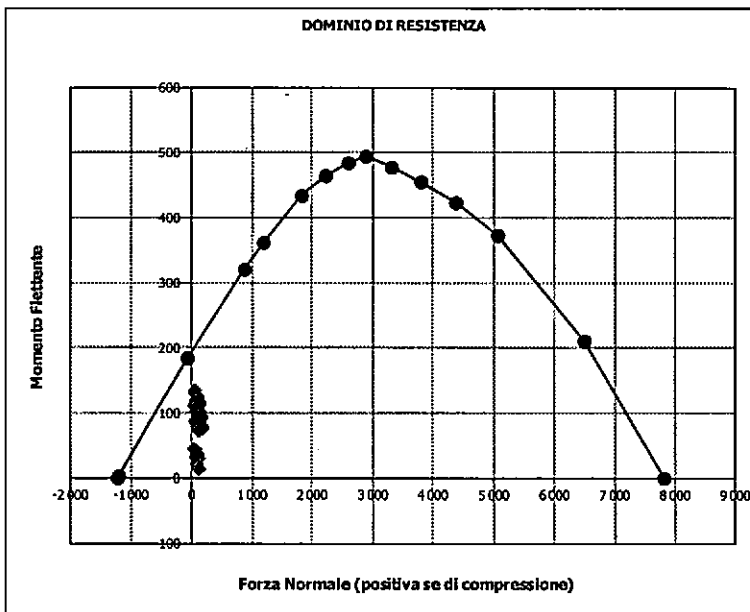
Altezza geometrica della sezione-h	=	40 cm
Base della sezione	b =	100 cm
Copriferro	d' =	6.2 cm
Altezza utile della sezione	d =	33.8 cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		15.71	cm <sup>2</sup>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		15.71	cm <sup>2</sup>



**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	35S2-12M	164	79
(Nmin)	26S1T21T	39	110
(Mmax)	09S1-21M	46	135
(Mmin)	07S1-14-	118	14

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	54 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd1}$  la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd2}$  la verifica è soddisfatta.

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.1	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{ctd}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

$V_{Ed}$	kN	212
$N_{Ed}$	kN	0

**Soletta sup**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	12
Numero barre		2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	2.83
Passo s	cm	40
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	20
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	15.71

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	40
c	cm	5
d	cm	35
k	N/mm <sup>2</sup>	1.76
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.44
$\rho$		0.0045
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	174
----------	----	-----

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{RSd}$	kN	218
$V_{RCd}$	kN	894
$V_{Rd}$	kN	218

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	55 di 101

• Verifica a fessurazione (Appoggio Ssup-1)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>80</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>59</b>	kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{t1} = 6.2$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>151.4</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	135.7	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	115.7	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	<b>10.7</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	623076	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	171358	cm <sup>4</sup>	

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	56 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	67	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	94	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	158.9	cm	
	$u (M_{fess})$	138.9	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_r$	5.5		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_s$	180.5	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	10.6	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	0.00029		
Copriferro netto	$c'$	5.2	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	20.2	cm	
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	2020	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	15.7	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.00778		
Distanza tra le barre	$s$	20.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{mm}$	27.3	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	$w_m$	0.08	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	$w_k$	0.13	mm	



Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	57 di 101

- Verifica a fessurazione (Campata Ssup-2)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>82</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>29</b>	kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>40</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{t1} = 6.2$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>164.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	281.0	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	261.0	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>10.2</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	4440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	623076	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	170410	cm <sup>4</sup>		

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	58 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	65	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	92	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	315.6	cm	
	$u (M_{fess})$	295.6	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.3		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	185.5	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	10.2	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	0.00031		
Copriferro netto	$c'$	5.2	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	20.2	cm	
Area efficace	$A_{Ceff}$	2020	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	15.7	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.00778		
Distanza tra le barre	$s$	20.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	27.3	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	$w_m$	0.09	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	$w_k$	0.14	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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N702	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	59 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

#### 11.4.4 Verifica soletta inferiore

**Sezione: 50 x 100 cm**

Armatura a flessione:

- Appoggio Sinf-1

Armatura tesa

$\phi$  20/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  20/20 cm

- Campata Sinf-2

Armatura tesa

$\phi$  20/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  20/20 cm

Armatura a taglio:

Spille  $\phi$  12/40x40 cm.

• Verifica a pressoflessione (Appoggio Sinf-1)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 205000$	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{dk}$	29.05	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	19.4	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

**Geometria della sezione**

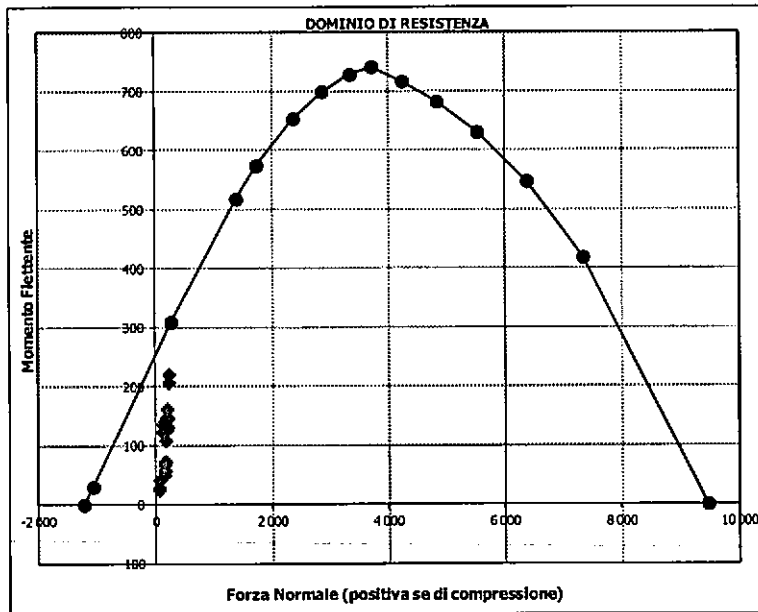
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro	$d' = 6.2$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 43.8$	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>15.71 cm<sup>2</sup></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	44S2-23T	230	221
(Nmin)	01S1-11M	53	26
(Mmax)	44S2-23T	230	221
(Mmin)	17S1T11M	56	24

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	61 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

• Verifica a pressoflessione (Campata Sinf-2)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	$N/mm^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	$N/mm^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000$	$N/mm^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35
$R_{ck}$	35 $N/mm^2$
$f_{dk}$	29.05 $N/mm^2$
$\gamma_c$	1.5
$f_{cd}$	19.4 $N/mm^2$
$f_{cc}$	16.5 $N/mm^2$

**Geometria della sezione**

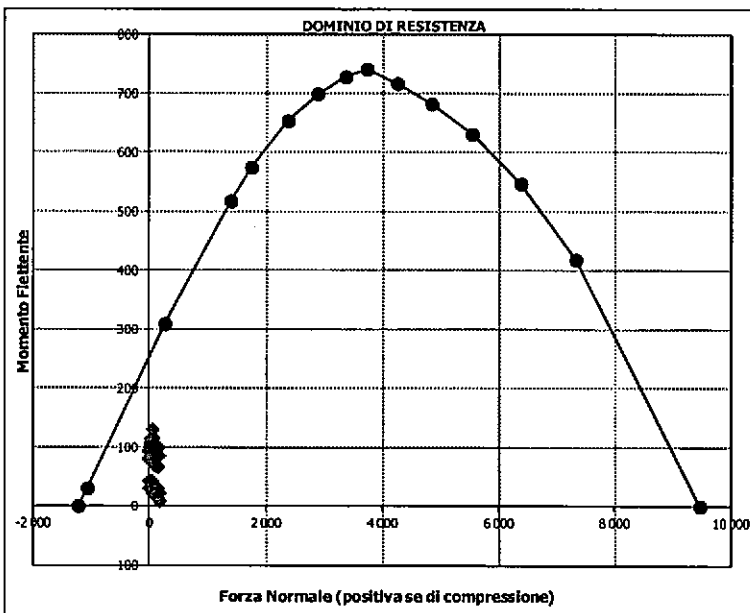
Altezza geometrica della sezione h	=	50 cm
Base della sezione b	=	100 cm
Copriferro d'	=	6.2 cm
Altezza utile della sezione d	=	43.8 cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		<b>15.71 <math>cm^2</math></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		<b>15.71 <math>cm^2</math></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd
(Nmax) 15S1-24-	174	8
(Nmin) 37S2-13M	-26	95
(Mmax) 01S1-11M	53	131
(Mmin) 15S1-24-	174	8

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura a taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd1}$  la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd2}$  la verifica è soddisfatta.

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.1	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{ctd}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

$V_{Ed}$	kN	187
$N_{Ed}$	kN	0

**Soletta inf**

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	12
Numero barre		2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	2.83
Passo s	cm	40
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	20
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
Asl	cm <sup>2</sup>	15.71

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	50
c	cm	5
d	cm	45
k	N/mm <sup>2</sup>	1.67
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.41
$\rho$		0.0035
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	195
----------	----	-----

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{RSd}$	kN	280
$V_{RCd}$	kN	1149
$V_{Rd}$	kN	280

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	63 di 101

- Verifica a fessurazione (Appoggio Sinf-1)

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>94</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>131</b>	kN

### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	$\eta$	<b>15</b>	

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>50</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{t1} = 6.2$ cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>111.4</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	71.7	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	46.7	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>14.3</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	5440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1208221	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	318172	cm <sup>4</sup>		

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	109	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

- Verifica a fessurazione (Campata Sinf-2)

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>80</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>40</b>	kN

### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{amm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{amm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>50</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_2 =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_1 = 6.2$ cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>116.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	201.9	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	176.9	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>12.3</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	5440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	1208221	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	304646	cm <sup>4</sup>		

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	101	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------



## 12 ANALISI STRUTTURALE: SCATOLARE DOPPIA CANNA

Lo scatolare a doppia canna ha uno sviluppo longitudinale in asse tracciato di 47.0 m, trasversalmente è largo 14,10m ed ha un'altezza netta di 3,20m.

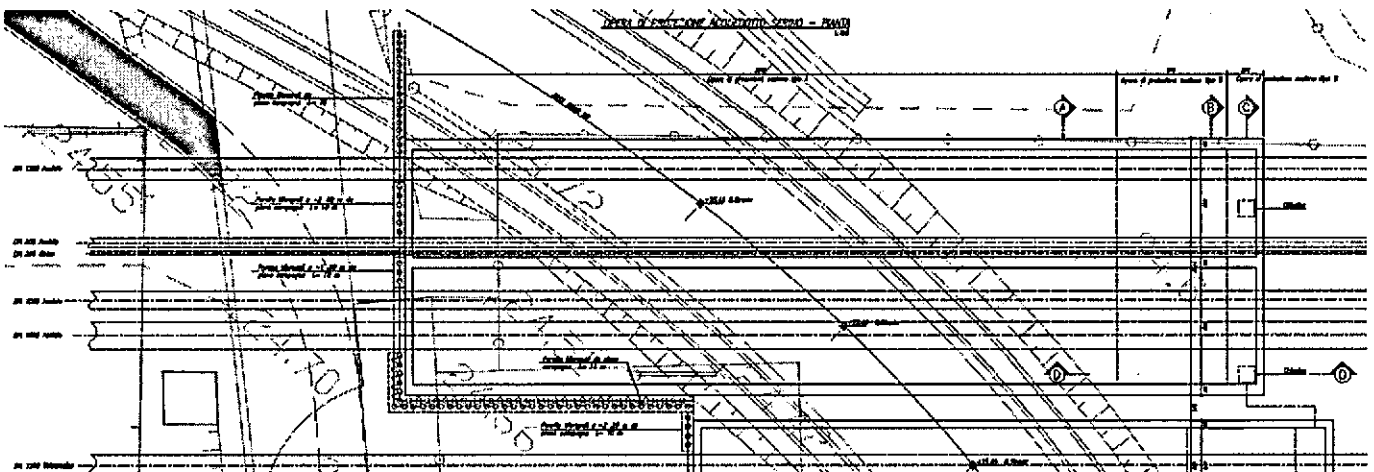


Figura 9 – Opera di protezione Acquedotto Serino

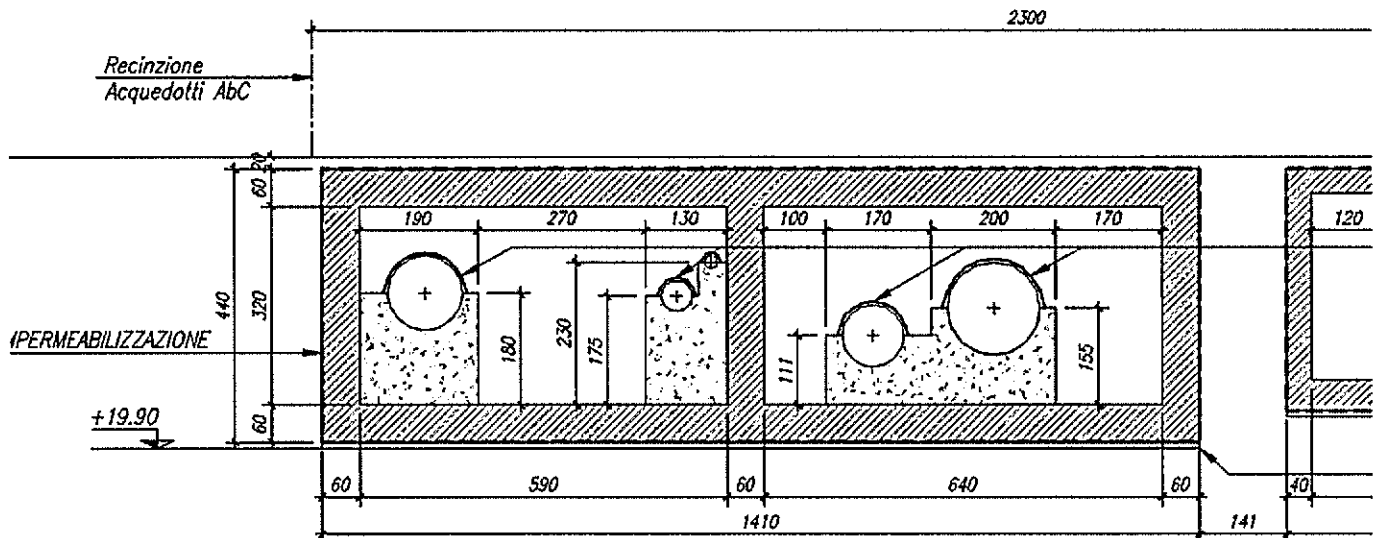
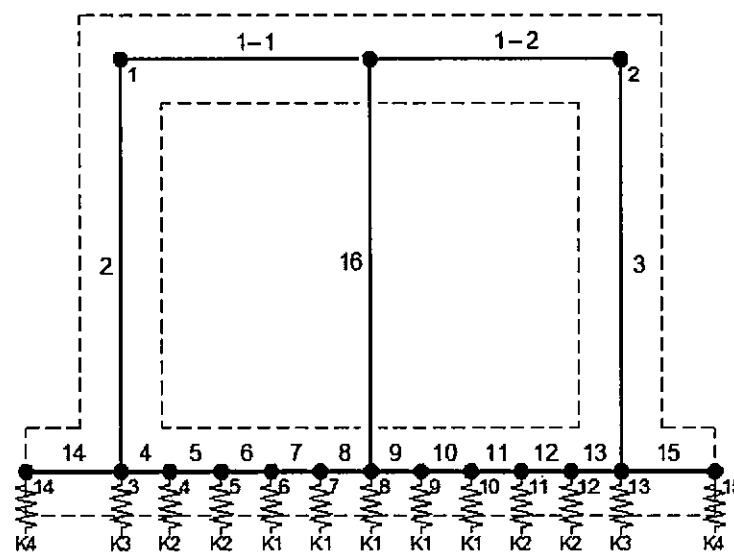


Figura 10 – Sezione trasversale

### 12.1 Modellazione adottata

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di telaio chiuso. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite molle alla Winkler.



La soletta inferiore viene divisa in elementi per poter schematizzare, tramite molle applicate, l'interazione terreno- struttura.

Il coefficiente di sottofondo alla Winkler viene determinato con la seguente relazione:

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

Dove:

$E_0 = 150 \text{ MPa}$	modulo di deformazione elastico a piccole deformazioni
$E = 30 \text{ MPa}$	modulo elastico del terreno (assunto pari a $E_0/5$ )
$\nu = 0.3$	coefficiente di poisson
$B = 14.1 \text{ m}$	larghezza della fondazione
$L = 47 \text{ m}$	lato maggiore della fondazione
$C_t = 2.01$	fattore di forma (Bowles, 1960)
$K_w = 2000 \text{ KN/m}^3$	coefficiente di sottofondo alla Winkler



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 acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	67 di 101

Per la rigidezza delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 4000 KPa/m. Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

**Rigidezze molle**

Interasse molle	I	$(0.60/2 + 12.90 + 0.60/2) / 10 =$	1.35	m
Molle centrali	K1	$2000 \cdot 1.35 =$	2 700	kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 2000 \cdot 1.35 =$	4 050	kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 2000 \cdot (1.35/2 + 0.60/2) =$	3 900	kN/m
Molle risvolto	K4	-	0	kN/m

## 12.2 Analisi dei carichi

### Geometria

#### Caratteristiche materiali e terreno

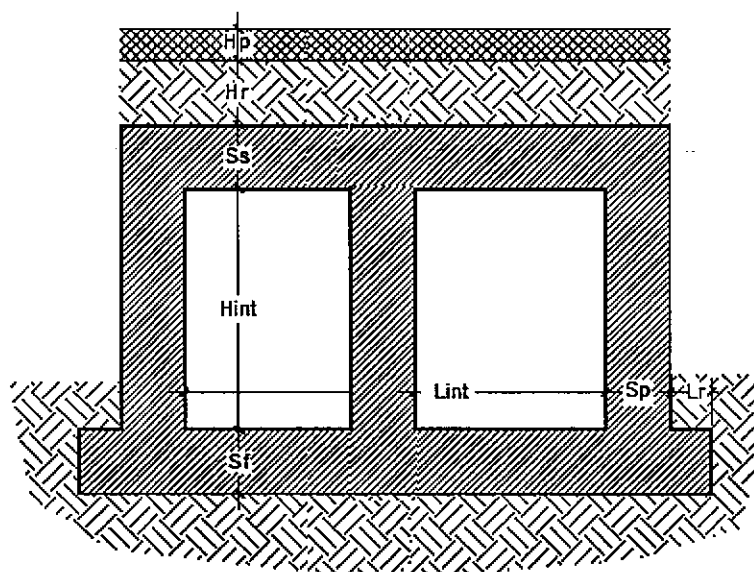
Calcestruzzo armato - Peso specifico	$\gamma$	25	$\text{kN/m}^3$
Calcestruzzo armato - Tipo		C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	$R_{ck}$	37	$\text{N/mm}^2$
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	$f_{ck}$	31	$\text{N/mm}^2$
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	$E$	33000	$\text{N/mm}^2$
Pacchetto stradale - Peso specifico	$\gamma$	20	$\text{kN/m}^3$
Terreno del rilevato - Peso specifico	$\gamma$	19	$\text{kN/m}^3$
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	$\varphi$	27	$^\circ$
Terreno di fondazione	$K_w$	2000	$\text{kN/m}^3$
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione		ordinarie	

#### Ricoprimento

Spessore pacchetto stradale	$H_p$	0.32	m
Spessore del rinterro	$H_r$	0.38	m

#### Geometria

Spessore soletta superiore	$S_s$	0.60	m
Spessore soletta di fondazione	$S_f$	0.60	m
Spessore piedritti	$S_p$	0.60	m
Altezza netta	$H_{int}$	3.20	m
Larghezza netta	$L_{int}$	12.90	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	$L_r$	0.00	m



Tab. 6: Geometria del modello

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	69 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

### Azioni elementari applicate

#### Carichi permanenti

Soletta superiore				
Peso pacchetto stradale	Ps	$0.32 \cdot 20 =$	6.40	kN/m <sup>2</sup>
Peso del rinterro	Pr	$0.38 \cdot 19 =$	7.22	kN/m <sup>2</sup>
Totale			<b>13.62</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### Carichi accidentali sulla copertura

Tandem				
Ldiffusione x			1.60	m
Ldiffusione y			2.40	m
Impronta di carico x	Ld1	$1.60 + 2 \cdot (0.32+0.38+0.60/2) =$	3.60	m
Impronta di carico y	Ld2	$2.40 + 2 \cdot (0.32+0.38+0.60/2) =$	4.40	m
Impronta sull'impalcato		$3.60 \cdot 4.40 =$	15.84	m <sup>2</sup>
carico q1 (totale)			600	kN
carico q1 (ripartito)	Q <sub>1k</sub>	$600 / 15.84 =$	<b>37.88</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### Carico distribuito

	Ld3	$3.00 + 2 \cdot (0.32+0.38+0.60/2) =$	5.00	m
	q <sub>1k</sub>	$9.00 \cdot (3.00 / 5.00) =$	<b>5.40</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

#### Frenamento q3

q3	q3	$180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900$ kN	<b>79.61</b>	<b>kN/m</b>
----	----	--	--------------	-------------

#### Azione termica

Variazione termica uniforme	$\Delta T_U$		15	°
Variazione termica a farfalla	$\Delta T_F$		5	°
Variazione termica uniforme di calcolo	$\Delta T_{U*}$	$15 / 3 =$	5	°
Variazione termica a farfalla di calcolo	$\Delta T_{F*}$	$5 / 3 =$	1.67	°

#### Ritiro (applicato alla soletta superiore)

	$\Delta T_R$		-15	°
--	--------------	--	-----	---

#### Spinta del terreno

K0		$1 - \text{sen}(27^\circ) =$	0.546	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.546 \cdot 13.62 =$	7.44	kN/m <sup>2</sup>
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.546 \cdot (13.62 + 19 \cdot 0.60/2) =$	<b>10.55</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.546 \cdot [13.62 + 19 \cdot (0.60/2 + 3.20 + 0.60/2)] =$	<b>49.97</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.546 \cdot [13.62 + 19 \cdot (0.60/2 + 3.20 + 0.60)] =$	53.08	kN/m <sup>2</sup>
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(7.44 + 10.55) / 2 \cdot 0.60 / 2$	<b>2.70</b>	<b>kN/m</b>
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(49.97 + 53.08) / 2 \cdot 0.60 / 2$	<b>15.46</b>	<b>kN/m</b>

#### Spinta del carico accidentale

Spinta dovuta al q1	p	$0.546 \cdot (37.88 + 5.40) =$	<b>23.63</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
---------------------	---	--------------------------------	--------------	-------------------------

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	70 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

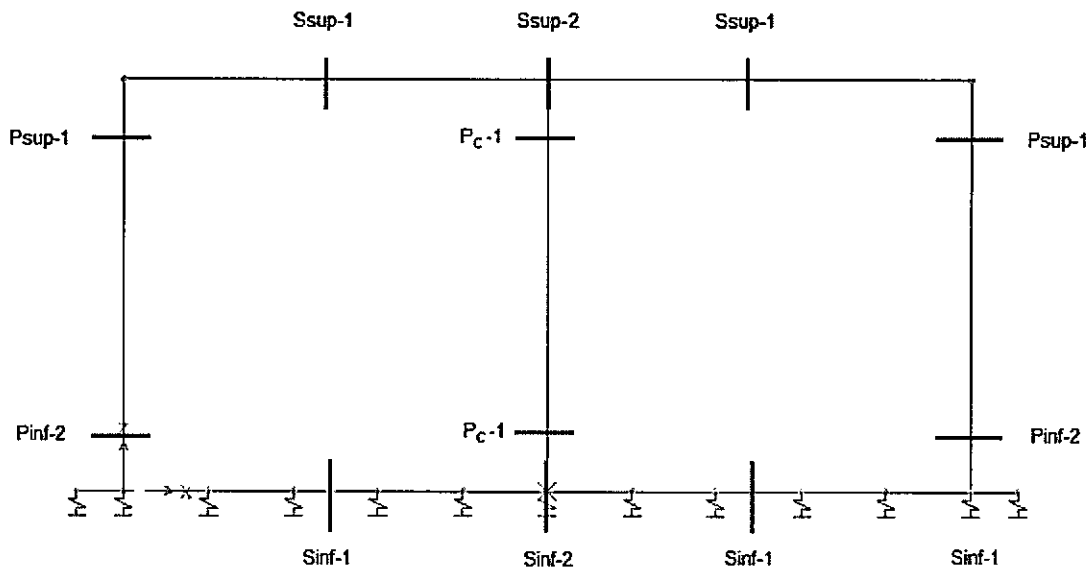
**Sisma orizzontale**

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -		SLV
Vita nominale	$v_r$			75 anni
Classe d'uso	$C_u$			III
accelerazione orizzontale	$a_g/g$			0.214
amplificazione spettrale	$F_o$			2.471
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E		C
Coeff. Amplificazione stratigrafica	$S_s$			1.383
Coeff. Amplificazione topografica	$S_t$			1
Coefficiente S	$S = S_s \cdot S_t$			1.383
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g = a_g/g \cdot S$			0.296
Fattore di struttura	$q$			1.00
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	FHs	$0.296 \cdot (0.60 \cdot 25 + 13.62 + 0.2 \cdot 15.50) / 1.00 =$		<b>9.39</b> kN/m <sup>2</sup>
Forza orizz. sui piedritti	FHp	$0.296 \cdot (0.60 \cdot 25) / 1.00 =$		<b>4.44</b> kN/m <sup>2</sup>

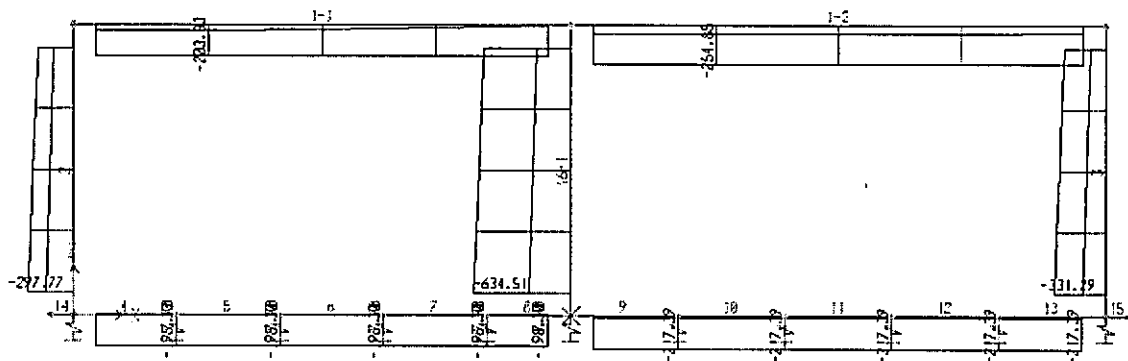
**Spinta del terreno in fase sismica**

Coefficiente sismico orizzontale	$k_h = a_{max}/g$			0.092
Coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$			0.046
Risultante della spinta sismica	$\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f)^2$			128.5 kN/m
Pressione risultante	$\Delta p_E = \Delta S_E / H$			<b>30.7</b> kN/m <sup>2</sup>

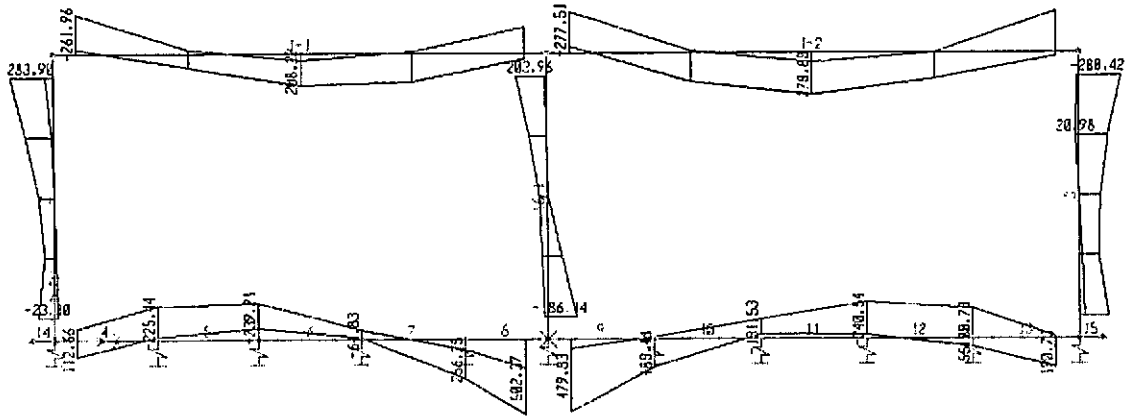
### 12.3 Sollecitazioni



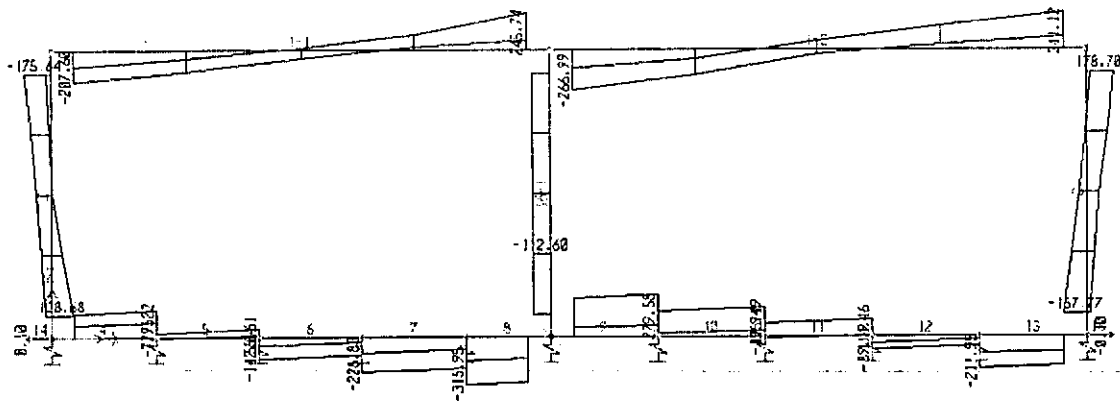
Tab. 7: Sezioni di verifica



Tab. 8: Sforzo Normale - Involuppo SLU



Tab. 9: Momento flettente – Involuppo SLU



Tab. 10: Taglio – Involuppo SLU



## 12.4 Verifiche di resistenza

### 12.4.1 Criteri di verifica

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.

#### 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);

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

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$  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 resistenza secondo il meccanismo taglio-trazione o taglio-compressione forniti da normativa. Più precisamente:

per la resistenza a "taglio trazione":

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}(\alpha) + \operatorname{ctg}(\theta)) \cdot \sin(\alpha)$$

per la resistenza a "taglio compressione":

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}(\alpha) + \operatorname{ctg}(\theta)) / (1 + \operatorname{ctg}^2(\theta))$$

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:

$$1 \leq \text{ctg } \theta \leq 2,5.$$

### 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	$< w_1$	ap. fessure	$< w_2$
		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  $\Delta_{sm}$ :

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

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	76 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

$\epsilon_{sm}$  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.

La deformazione unitaria media delle  $\epsilon_{sm}$  può essere calcolata con l'espressione:

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

$\sigma_s$  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:

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



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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	77 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

$c$  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:

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

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:

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

	<p>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</p> <p><b>PROGETTO DEFINITIVO</b></p>												
<p>Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B  <b>RELAZIONE DI CALCOLO</b></p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N7D2</td> <td>01</td> <td>D 78 CL</td> <td>OC 04 00 001</td> <td>A</td> <td>78 di 101</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	78 di 101
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	78 di 101								

### 12.4.2 Verifica piedritti

**Sezione: 60 x 100 cm**

Armatura a flessione:

- Piedritto laterale Sommità Psup-1

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

- Piedritto laterale Spiccato Pinf-2

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

- Piedritto centrale Pc-1

Armatura tesa

φ 20/20 cm

Armatura compressa

φ 20/20 cm

Armatura a taglio:

Spille φ 12/40x40 cm.

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	79 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

• Verifica a pressoflessione (Piedritto laterale Spiccato Pinf-2)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 200000$	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.05	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	19.4	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ct}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

**Geometria della sezione**

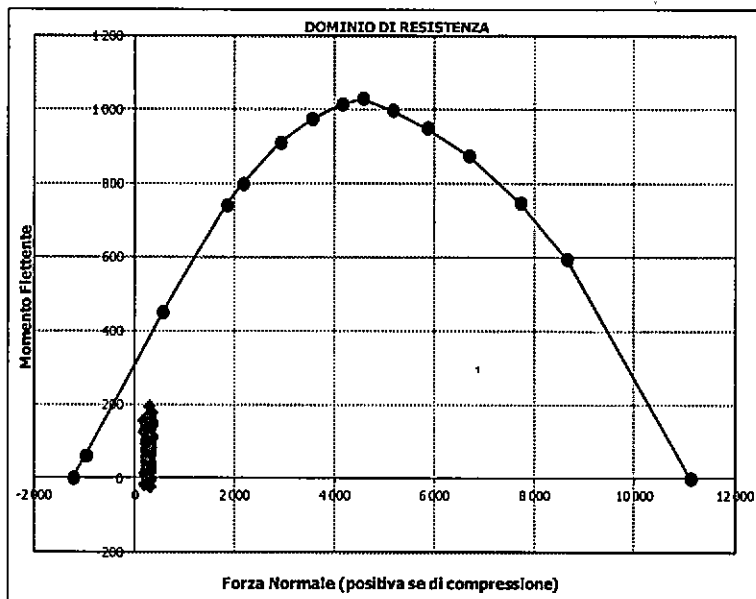
Altezza geometrica della sezione h	=	60	cm
Base della sezione b	=	100	cm
Copriferro d'	=	6.2	cm
Altezza utile della sezione d	=	53.8	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	03S1-12M	331	112
(Nmin)	58SED2-	147	155
(Mmax)	43S2-23M	266	194
(Mmin)	38S2-13T	281	-23

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione acquadotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	80 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

• Verifica a pressoflessione (Piedritto laterale Sommità Psup-1)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	$N/mm^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	$N/mm^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000$	$N/mm^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35
$R_{ck}$	35 $N/mm^2$
$f_{dk}$	29.05 $N/mm^2$
$\gamma_c$	1.5
$f_{ctd}$	19.4 $N/mm^2$
$f_{cc}$	16.5 $N/mm^2$

**Geometria della sezione**

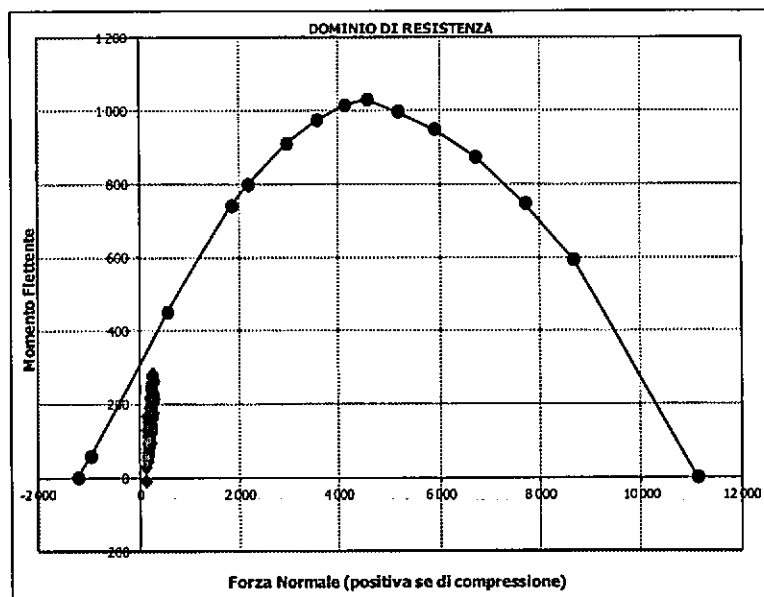
Altezza geometrica della sezione	$h = 60$	cm
Base della sezione	$b = 100$	cm
Copriferro	$d' = 6.2$	cm
Altezza utile della sezione	$d = 53.8$	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		<b>15.71 <math>cm^2</math></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		<b>15.71 <math>cm^2</math></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	03S1-12M	266	266
(Nmin)	58SED2-	99	-10
(Mmax)	06S1-13T	233	284
(Mmin)	58SED2-	99	-10



Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	81 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

• Verifica a pressoflessione (Piedritto centrale Pc-1)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	$N/mm^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	$N/mm^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000$	$N/mm^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	$N/mm^2$
$f_{ck}$	29.05	$N/mm^2$
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	19.4	$N/mm^2$
$f_{ctd}$	16.5	$N/mm^2$

**Geometria della sezione**

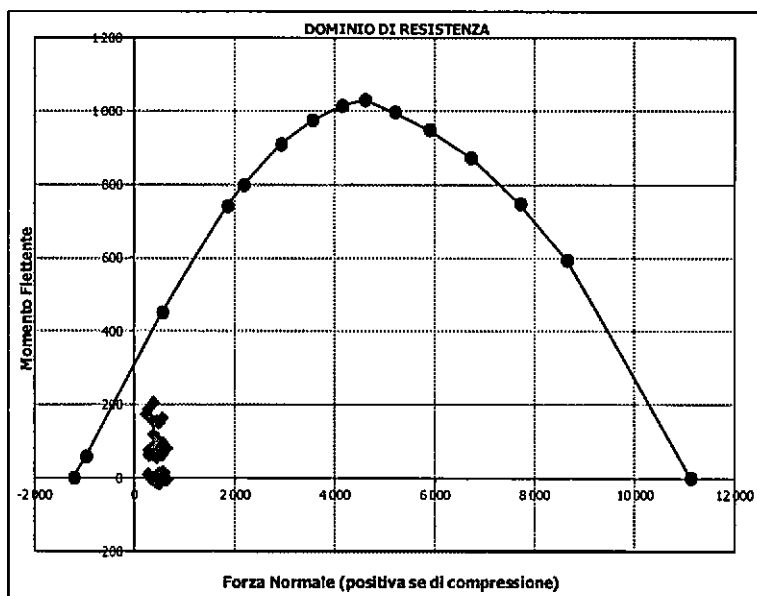
Altezza geometrica della sezione h	=	60	cm
Base della sezione b	=	100	cm
Copriferro d'	=	6.2	cm
Altezza utile della sezione d	=	53.8	cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd
(Nmax) 10S1-21T	635	-5
(Nmin) 57SED1-	221	174
(Mmax) 37S2-13M	364	204
(Mmin) 11S1-22M	475	-16

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

3. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd1}$  la verifica è soddisfatta;
4. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd2}$  la verifica è soddisfatta.

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.1	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{ctd}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

		Pied sx	Pied dx	Pied ce
$V_{Ed}$	kN	176	179	113
$N_{Ed}$	kN	0	0	0

**Armatura a taglio**

		Pied sx	Pied dx	Pied ce
Diametro	mm	12	12	12
Numero barre		2.5	2.5	2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	2.83	2.83	2.83
Passo s	cm	40	40	40
Angolo $\alpha$	°	90	90	90

**Armatura longitudinale**

		Pied sx	Pied dx	Pied ce
$n_1$		5	5	5
$\varnothing_1$	mm	20	20	20
$n_2$				
$\varnothing_2$	mm			
Asl	cm <sup>2</sup>	15.71	15.71	15.71

**Sezione**

		Pied sx	Pied dx	Pied ce
$b_w$	cm	100	100	100
H	cm	60	60	60
c	cm	5	5	5
d	cm	55	55	55
k	N/mm <sup>2</sup>	1.60	1.60	1.60
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.38	0.38	0.38
$\rho$		0.0029	0.0029	0.0029
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00	0.00	0.00
$\alpha_c$		1.00	1.00	1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	Pied sx	Pied dx	Pied ce
		214	214	214

**Resistenza con armatura a taglio**

		Pied sx	Pied dx	Pied ce
Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8	21.8	21.8
$V_{Rsd}$	kN	342	342	342
$V_{Rcd}$	kN	1405	1405	1405
$V_{Rd}$	kN	342	342	342

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	83 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

- Verifica a fessurazione (Piedritto laterale Spiccato Pinf-2)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>120.6</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>208</b>	kN

#### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>60</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{t1} = 6.2$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.3</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>94.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	58.0	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	28.0	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>18.5</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	6440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	2066929	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id}^*$	539527	cm <sup>4</sup>		

#### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	162	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	84 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

- Verifica a fessurazione (Piedritto laterale Sommità Psup-1)

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>175</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>149</b>	kN

### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>60</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_2 =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_1 = 6.2$ cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>180.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	117.4	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	87.4	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>15.3</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	6440	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	2066929	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	488031	cm <sup>4</sup>		

**PROGETTO DEFINITIVO**

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	85 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	155	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	215	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	144.5	cm	
	$u (M_{fess})$	114.5	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.9		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	232.7	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	14.8	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	0.00034		
Copriferro netto	$c'$	5.2	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	20.2	cm	
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	2020	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	15.7	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.00778		
Distanza tra le barre	$s$	20.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	27.3	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	$w_m$	0.09	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	$w_k$	0.16	mm	

Opera di protezione acquedotto Sarino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	86 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

- Verifica a fessurazione (Piedritto centrale Pc-1)

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>89</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>269</b>	kN

### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{amm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{amm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>60</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{t1} = 6.2$ cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>2.4</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>41.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	33.1	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	3.1	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	<b>24.8</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	6440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	2066929	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	785592	cm <sup>4</sup>	

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	168	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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	87 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

### 12.4.3 Verifica soletta superiore

Sezione: 60 x 100 cm

#### Armatura a flessione:

- Campata Ssup-1

Armatura tesa

$\phi$  20/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  20/20 cm

- Appoggio Ssup-2

Armatura tesa

$\phi$  20/20 cm

Armatura compressa

$\phi$  20/20 cm

#### Armatura a taglio:

Spille  $\phi$  12/40x40 cm.

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	88 di 101

• Verifica a pressoflessione (Campata Ssup-1)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	$N/mm^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	$N/mm^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000$	$N/mm^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	$N/mm^2$
$f_{ck}$	29.1	$N/mm^2$
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	19.4	$N/mm^2$
$f_{cc}$	16.5	$N/mm^2$

**Geometria della sezione**

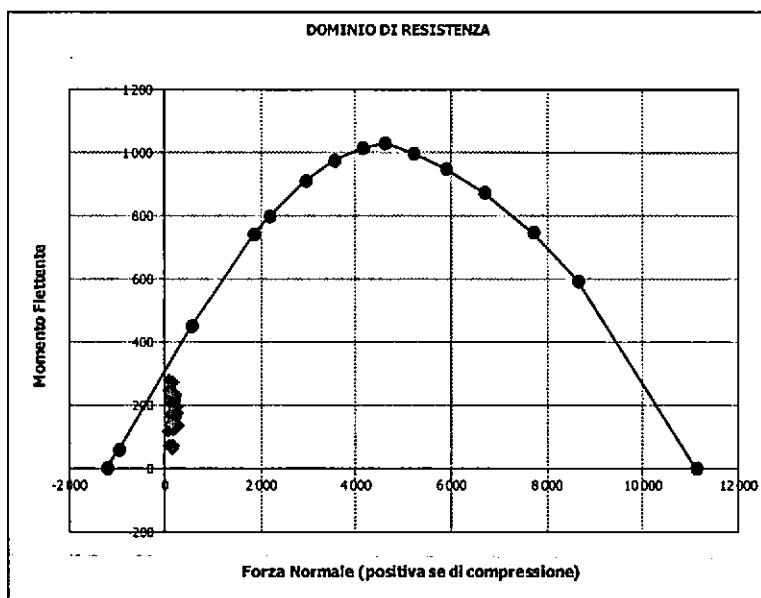
Altezza geometrica della sezione h	=	60 cm
Base della sezione b	=	100 cm
Copriferro d'	=	6.2 cm
Altezza utile della sezione d	=	53.8 cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>15.71</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	36S2-12T	255	137
(Nmin)	25S1T21M	53	248
(Mmax)	09S1-21M	66	279
(Mmin)	24S1T15-	121	63



Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	89 di 101

• Verifica a pressoflessione (Appoggio Ssup-2)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	$N/mm^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	$N/mm^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000$	$N/mm^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	$N/mm^2$
$f_{ck}$	29.05	$N/mm^2$
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	19.4	$N/mm^2$
$f_{ct}$	16.5	$N/mm^2$

**Geometria della sezione**

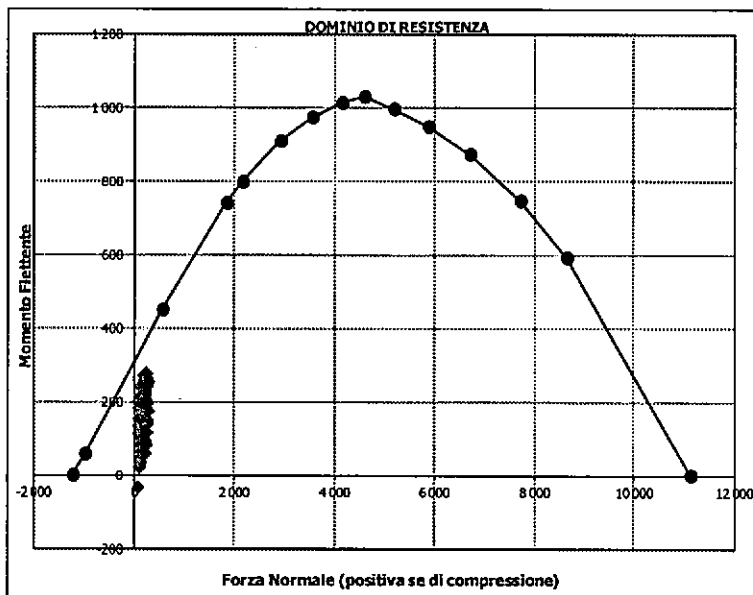
Altezza geometrica della sezione h	=	60 cm
Base della sezione b	=	100 cm
Copriferro d'	=	6.2 cm
Altezza utile della sezione d	=	53.8 cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		15.71 $cm^2$

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		0.00 $cm^2$
		15.71 $cm^2$



**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	36S2-12T	255	253
(Nmin)	58SED2-	49	-33
(Mmax)	37S2-13M	219	278
(Mmin)	58SED2-	49	-33

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

3. Verifica della sezione senza armatura al taglio  $\rightarrow$  se  $V_{Ed} < V_{Rd1}$  la verifica è soddisfatta;
4. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio  $\rightarrow$  se  $V_{Ed} < V_{Rd2}$  la verifica è soddisfatta.

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.1	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{ctd}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

		Sol sup
$V_{Ed}$	kN	267
$N_{Ed}$	kN	0

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	12
Numero barre		2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	2.83
Passo s	cm	40
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	20
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
$A_{sl}$	cm <sup>2</sup>	15.71

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	60
c	cm	5
d	cm	55
k	N/mm <sup>2</sup>	1.60
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.38
$\rho$		0.0029
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	214
----------	----	-----

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{Rsd}$	kN	342
$V_{Rcd}$	kN	1405
$V_{Rd}$	kN	342



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 acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	91 di 101

- Verifica a fessurazione (Campata Ssup-1)

#### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>177.5</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>39</b>	kN

#### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

#### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>60</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$AS_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$AS_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$AS_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$AS_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{t1} = 6.2$ cm

#### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.8</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>217.5</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	456.9	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	426.9	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	<b>13.4</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	6440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	2066929	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	476897	cm <sup>4</sup>	

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	92 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	143	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	203	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	523.1	cm	
	$u (M_{fess})$	493.1	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.5		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	250.8	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	13.3	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	0.00041		
Copriferro netto	$c'$	5.2	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	20.2	cm	
Area efficace	$A_{Ceff}$	2020	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	15.7	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.00778		
Distanza tra le barre	$s$	20.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	27.3	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	$w_m$	0.11	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	$w_k$	0.19	mm	

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	93 di 101

- Verifica a fessurazione (Appoggio Ssup-2)

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>169.7</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>101</b>	kN

### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{amm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{amm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>60</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{s1} = 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	15.71	cm <sup>2</sup>	5 Ø 20	$c_{t1} = 6.2$ cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>4.6</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>188.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	168.2	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	138.2	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	<b>14.5</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	6440	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	2066929	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	481588	cm <sup>4</sup>	

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	94 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	150	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	210	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	208.0	cm	
	$u (M_{fess})$	178.0	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	5.7		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	240.5	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	14.1	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	0.00036		
Copriferro netto	$c'$	5.2	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	20.2	cm	
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	2020	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	15.7	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.00778		
Distanza tra le barre	$s$	20.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	27.3	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	$w_m$	0.10	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	$w_k$	0.17	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 acquedotto Serino ramo 5B RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA N7D2	LOTTO 01	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO OC 04 00 001	REV. A	FOGLIO 95 di 101

#### 12.4.4 Verifica soletta inferiore

**Sezione: 60 x 100 cm**

Armatura a flessione:

- Campata Sinf-1

Armatura tesa

$\phi$  20/10 cm

Armatura compressa

$\phi$  20/10 cm

- Appoggio Sinf-2

Armatura tesa

$\phi$  20/10 cm

Armatura compressa

$\phi$  20/10 cm

Armatura a taglio:

Spille  $\phi$  12/40x40 cm.

• Verifica a pressoflessione (Campata Sinf-1)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	$N/mm^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	$N/mm^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	$N/mm^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000$	$N/mm^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	$N/mm^2$
$f_{ck}$	29.05	$N/mm^2$
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	19.4	$N/mm^2$
$f_{cc}$	16.5	$N/mm^2$

**Geometria della sezione**

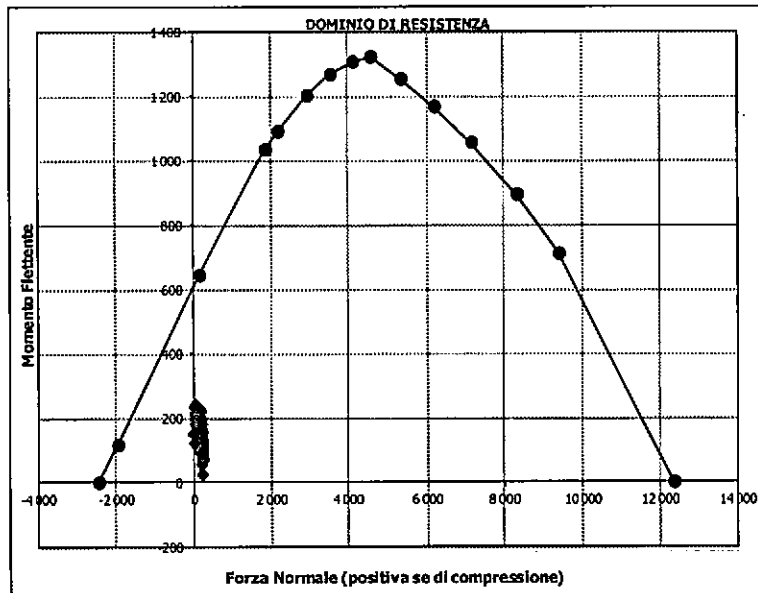
Altezza geometrica della sezione h	=	60 cm
Base della sezione b	=	100 cm
Copriferro d'	=	6.2 cm
Altezza utile della sezione d	=	53.8 cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>31.42 cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
5	20	15.71 cm <sup>2</sup>
		0.00 cm <sup>2</sup>
		<b>31.42 cm<sup>2</sup></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

Comb.	Nsd	Msd
(Nmax) 16S1-25-	217	70
(Nmin) 38S2-13T	-8	233
(Mmax) 02S1-11T	14	241
(Mmin) 58SED2-	191	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 acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	97 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

• Verifica a pressoflessione (Appoggio Sinf-2)

**Acciaio**

Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$	N/mm <sup>2</sup>
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$	N/mm <sup>2</sup>
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico	$E_s = 205000$	N/mm <sup>2</sup>
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.05	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$f_{cd}$	19.4	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cc}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

**Geometria della sezione**

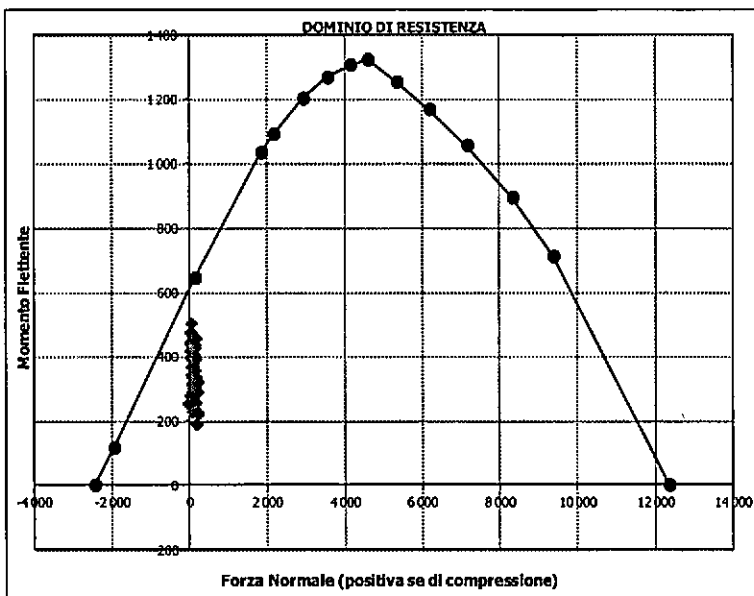
Altezza geometrica della sezione h	=	60 cm
Base della sezione b	=	100 cm
Copriferro d'	=	6.2 cm
Altezza utile della sezione d	=	53.8 cm

**Armatura tesa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>31.42</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>

**Armatura compressa**

N° ferri	Diametro	Area	
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
5	20	15.71	cm <sup>2</sup>
		0.00	cm <sup>2</sup>
		<b>31.42</b>	<b>cm<sup>2</sup></b>



**Caratteristiche di sollecitazione**

	Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	16S1-25-	217	188
(Nmin)	38S2-13T	-8	443
(Mmax)	14S1-23T	25	502
(Mmin)	57SED1-	169	62

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

5. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd1}$  la verifica è soddisfatta;
6. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se  $V_{Ed} < V_{Rd2}$  la verifica è soddisfatta.

**Calcestruzzo**

Tipo	C28/35	
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	29.1	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.5	
$\alpha_{cc}$	0.85	
$f_{ctd}$	16.5	N/mm <sup>2</sup>

**Acciaio**

$f_{tk}$	540	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_s$	1.15	
$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>

**Sollecitazioni**

		Sol inf
$V_{Ed}$	kN	316
$N_{Ed}$	kN	0

**Armatura a taglio**

Diametro	mm	12
Numero barre		2.5
$A_{sw}$	cm <sup>2</sup>	2.83
Passo s	cm	40
Angolo $\alpha$	°	90

**Armatura longitudinale**

$n_1$		5
$\varnothing_1$	mm	20
$n_2$		
$\varnothing_2$	mm	
Asl	cm <sup>2</sup>	15.71

**Sezione**

$b_w$	cm	100
H	cm	60
c	cm	5
d	cm	55
k	N/mm <sup>2</sup>	1.60
$v_{min}$	N/mm <sup>2</sup>	0.38
$\rho$		0.0029
$\sigma_{cp}$	N/mm <sup>2</sup>	0.00
$\alpha_c$		1.00

**Resistenza senza armatura a taglio**

$V_{Rd}$	kN	214
----------	----	-----

**Resistenza con armatura a taglio**

Inclinazione puntone $\theta$	°	21.8
$V_{Rsd}$	kN	342
$V_{Rcd}$	kN	1405
$V_{Rd}$	kN	342

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	99 di 101

- Verifica a fessurazione (Campata Sinf-1)

**Sollecitazioni**

Momento flettente	M	<b>155</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>18</b>	kN

**Materiali**

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{amm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

**Caratteristiche geometriche**

Altezza sezione	H	<b>60</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	31.42	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>20</b>	$c_{s1} = \nabla 6.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{s2} = \nabla$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$c_{t2} = \nabla$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	31.42	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>20</b>	$c_{t1} = \nabla 6.2$ cm

**Tensioni nei materiali**

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>3.0</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>99.9</b>	N/mm <sup>2</sup>	< $\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	851.3	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	821.3	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	<b>16.6</b>	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{id}$	6880	cm <sup>2</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{id}$	2333857	cm <sup>4</sup>	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{id*}$	855458	cm <sup>4</sup>	

**Verifica a fessurazione**

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	159	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

- Verifica a fessurazione (Appoggio Sinf-2)

### Sollecitazioni

Momento flettente	M	<b>318</b>	kN m
Sforzo normale	N	<b>30</b>	kN

### Materiali

Res. caratteristica cls	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile cls	$\sigma_{camm}$	11.0	N/mm <sup>2</sup>
Res. media a trazione cls	$f_{ctm}$	2.9	N/mm <sup>2</sup>
Res. caratteristica a trazione cls	$f_{ctk}$	2.0	N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile acciaio	$\sigma_{samm}$	<b>260</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	<b>15</b>	

### Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	<b>60</b>	cm		
Larghezza sezione	B	<b>100</b>	cm		
Armatura compressa (1° strato)	$As_1'$	31.42	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>20</b>	$C_{s1} = \sqrt{\phantom{x}}$ <b>6.2</b> cm
Armatura compressa (2° strato)	$As_2'$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{s2} = \sqrt{\phantom{x}}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	$As_2$	0.00	cm <sup>2</sup>	Ø	$C_{t2} = \sqrt{\phantom{x}}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	$As_1$	31.42	cm <sup>2</sup>	<b>10</b> Ø <b>20</b>	$C_{t1} = \sqrt{\phantom{x}}$ <b>6.2</b> cm

### Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	$\sigma_c$	<b>6.1</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{camm}$
Trazione nell'acciaio (1° strato)	$\sigma_s$	<b>205.7</b>	N/mm <sup>2</sup>	<	$\sigma_{samm}$

Eccentricità	e (M)	1070.7	cm	>	H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	1040.7	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	<b>16.5</b>	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	$A_{ld}$	6880	cm <sup>2</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	$J_{ld}$	2333857	cm <sup>4</sup>		
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	$J_{ld+}$	855309	cm <sup>4</sup>		

Opera di protezione acquedotto Serino ramo 5B

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
N7D2	01	D 78 CL	OC 04 00 001	A	101 di 101

RELAZIONE DI CALCOLO

### Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione ( $f_{ctk}$ )	$M_{fess}^*$	161	kN m	La sezione è fessurata
Momento di fessurazione ( $f_{ctm}$ )	$M_{fess}$	228	kN m	
Eccentricità per $M=M_{fess}$	$e (M_{fess})$	767.4	cm	
	$u (M_{fess})$	737.4	cm	
Compressione max nel cls. per $M=M_{fess}$	$\sigma_{cr}$	4.3		
Traz. nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	$\sigma_{sr}$	146.2	N/mm <sup>2</sup>	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	$y (M_{fess})$	16.6	cm	
	$\beta_1$	1		
	$\beta_2$	0.5		
Deform. unitaria media dell'arm.	$\epsilon_{sm}$	0.00073		
Copriferro netto	$c'$	5.2	cm	
Altezza efficace	$d_{eff}$	20.2	cm	
Area efficace	$A_{C_{eff}}$	2020	cm <sup>2</sup>	
Armatura nell'area efficace	$A_{S_{eff}}$	31.4	cm <sup>2</sup>	
	$\rho_r$	0.01555		
Distanza tra le barre	$s$	10.0	cm	
	$K_2$	0.4		
	$K_3$	0.125		
Distanza media tra le fessure	$s_{fm}$	18.8	cm	
Valore medio dell'ap. delle fessure	$w_m$	0.14	mm	
Valore caratter. dell'ap. delle fessure	$w_k$	0.23	mm	