

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:	PROGETTISTA:	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI	Prof. Ing. Marco PETRANGELI	Ing. Piergiorgio GRASSO
		Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche 

## PROGETTO ESECUTIVO

### ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

VI05 – VIADOTTO dal km 20+474,00 al km 21+238,50: Viadotto Calore Torallo

Spalla fissa: Relazione di calcolo

APPALTATORE	SCALA:
IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. Dott. Ing. Sabino Del Balzo INGEGNERE TECNICO  23/06/2020	-

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	C	L	V	I	0	5	0	4	0	0	1	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	F. Del Drago	24/02/2020	G. Usai	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	M. Petrangeli
B	Revisione a seguito di istruttoria ITF	F. Del Drago	23/06/2020	G. Usai	23/06/2020	P. Grasso	23/06/2020	 23/06/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.CL.VI.05.0.4.001.B.doc

n. Elab.:

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>2 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	2 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	2 di 104								

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
2.1	Normative.....	6
2.2	Elaborati di riferimento .....	7
<b>3</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>8</b>
3.1	Calcestruzzo per elevazione spalla .....	8
3.2	Calcestruzzo per platea di fondazione .....	8
3.3	Calcestruzzo per pali di fondazione .....	9
3.4	Acciaio per barre di armatura.....	10
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....</b>	<b>11</b>
4.1	Vita Nominale e Classe d'uso dell'Opera .....	12
4.2	Parametri di pericolosità sismica .....	13
4.3	Categoria di sottosuolo e categoria topografica .....	19
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA .....</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI .....</b>	<b>27</b>
6.1	Permanenti strutturali .....	27
6.1.1	<i>Peso proprio impalcato (G1).....</i>	<i>27</i>
6.1.2	<i>Peso proprio spalla (SP_Gk1) .....</i>	<i>29</i>
6.2	Permanenti non strutturali.....	30
6.2.1	<i>Permanenti Impalcato (G2) .....</i>	<i>30</i>
6.2.2	<i>Peso proprio del rilevato a tergo e del ricoprimento dell'aggetto anteriore (SP_Gk2) .....</i>	<i>32</i>
6.2.3	<i>Spinta del terreno (SP_Gk2_h).....</i>	<i>32</i>
6.2.4	<i>Permanenti spalla (Gk3-SP).....</i>	<i>32</i>
6.2.5	<i>Spinta permanenti spalla (Gk3-SP_h).....</i>	<i>33</i>
6.3	Carichi da traffico.....	33
6.3.1	<i>Treni di carico .....</i>	<i>33</i>
6.3.1.1	<i>Traffico LM71 (Q1,1a).....</i>	<i>35</i>
6.3.1.2	<i>Traffico 2 LM71 (Q1,2a).....</i>	<i>36</i>
6.3.1.3	<i>Traffico SW/2 (Q1,1b).....</i>	<i>37</i>
6.3.1.4	<i>Traffico LM71 + SW/2 (Q1,2b).....</i>	<i>38</i>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>3 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	3 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	3 di 104								

6.3.1.5	Azioni sulla spalla (Sp_Qk, SP_Qk_h).....	39
6.3.2	<i>Azioni di avviamento e frenatura</i> .....	40
6.3.2.1	Avviamento (Qa).....	40
6.3.2.2	Frenatura LM71 (Qf1).....	40
6.3.2.3	Frenatura SW2 (Qf2).....	41
6.3.3	<i>Forza centrifuga</i> .....	42
6.3.3.1	Centrifuga LM71 (Qc1a) e Centrifuga SW/2 (Qc1b).....	42
6.3.4	<i>Serpeggio (QS)</i> .....	44
6.4	<i>Carichi variabili</i> .....	45
6.4.1	<i>Azioni del vento (Qw)</i> .....	45
6.4.1.1	Pressione cinetica di riferimento.....	45
6.4.1.2	Coefficiente di esposizione.....	46
6.4.1.3	Coefficiente di forma dell'impalcato.....	47
6.4.1.4	Azione del vento sull'impalcato.....	49
6.4.2	<i>Azioni variabili sul marciapiede (Qm)</i> .....	50
6.4.3	<i>Azioni aerodinamiche indotte dal transito dei convogli</i> .....	51
6.4.3.1	Carico su 1 marciapiede (Qae1).....	52
6.4.3.2	Carico su 2 marciapiede (Qae2).....	52
6.5	<i>Azioni climatiche (Q7)</i> .....	53
6.5.1	<i>Azioni termiche uniformi (Q7_TL)</i> .....	53
6.5.1	<i>Azioni termiche differenziali (Q7_TU)</i> .....	53
6.6	<i>Ritiro (Q8_SH)</i> .....	54
6.7	<i>Azioni sismiche (E)</i> .....	57
6.7.1	<i>Azioni sismiche</i> .....	58
6.7.1.1	Sisma derivante da impalcato (Elong, Etrasv, Evert).....	59
6.7.1.2	Sisma su inerzia spalla (SP_Elong, SP_Etrasv, SP_Evert).....	60
6.7.1.3	Sovraspinta sismica del terreno (SP_Gk2_Elong, SP_Gk2_Etrasv, SP_Gk2_Evert).....	60
6.8	<i>Tabelle riepilogo Scarichi impalcato</i> .....	62
7	<b>COMBINAZIONI DI CARICO</b> .....	63
8	<b>MODELLO DI CALCOLO</b> .....	67
8.1	Descrizione del modello di calcolo.....	67
8.2	Risultati del modello di calcolo.....	70
8.2.1	<i>Reazioni globali</i> .....	70
8.2.2	<i>Sollecitazioni sugli elementi</i> .....	73

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>4 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	4 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	4 di 104								

<b>9</b>	<b>CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI.....</b>	<b>76</b>
9.1	VERIFICHE ALLO SLU .....	76
9.1.1	<i>Pressoflessione</i> .....	76
9.1.2	<i>Taglio</i> .....	77
9.2	VERIFICA SLE.....	79
9.2.1	<i>Verifiche alle tensioni</i> .....	79
9.2.2	<i>Verifiche a fessurazione</i> .....	80
9.2.3	<i>Muro frontale</i> .....	81
	Muro frontale –armatura verticale .....	81
	Muro frontale –armatura orizzontale .....	82
9.2.4	<i>Muro paraghiaia</i> .....	83
	Muro paraghiaia –armatura verticale.....	83
	Muro paraghiaia –armatura orizzontale.....	84
9.2.5	<i>Muro andatore</i> .....	85
	Muro andatore–armatura verticale .....	85
	Muro andatore–armatura orizzontale .....	85
9.2.6	<i>Muro posteriore</i> .....	86
	Muro chiusura posteriore–armatura verticale .....	86
	Muro chiusura posteriore–armatura orizzontale .....	88
9.2.7	<i>Fondazione</i> .....	89
	Fondazione–armatura longitudinale.....	89
	Fondazione–armatura trasversale .....	90
9.2.8	<i>Solettone</i> .....	91
	Solettone–armatura longitudinale .....	91
	Solettone–armatura trasversale.....	92
	Solettone–armatura longitudinale sezione attacco.....	92
9.2.1	<i>Bandiere</i> .....	94
	Bandiere – armatura orizzontale.....	94
	Bandiere – armatura verticale.....	95
9.3	Palificata.....	96
9.3.1	<i>Reazioni globali massime</i> .....	96
9.4	Verifiche strutturali pali di fondazione .....	97
9.4.1	<i>Verifiche allo SLU</i> .....	99
9.4.2	<i>Verifiche allo SLE</i> .....	101
<b>10</b>	<b>INCIDENZE .....</b>	<b>104</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>5 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	5 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	5 di 104								

## 1 PREMESSA

Nell'ambito dell'*Itinerario Napoli-Bari* si inserisce il *Raddoppio della Tratta Canello - Benevento - II° Lotto Funzionale Frasso Telesino - Vitulano* oggetto di progettazione esecutiva.

La presente relazione ha per oggetto il dimensionamento degli elementi in elevazione della spalla A (allineamento fisso) del *Viadotto Calore Torallo - VI05*.

Nel seguito si procede al calcolo dello stato di sollecitazione ed alle verifiche dei vari elementi costituenti l'elevazione della spalla nei confronti degli Stati Limite Ultimi strutturali di presso-flessione, taglio. Si esegue inoltre la determinazione delle azioni massime sugli elementi costituenti la fondazione, quali plinto e pali di fondazione, e alla loro verifica nei confronti degli Stati Limite Ultimi strutturali di presso-flessione, taglio e Stati Limite Ultimi geotecnici.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>6 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	6 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	6 di 104								

## 2 NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Normative

Le principali Normative nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento e prese a riferimento sono le seguenti:

- [1] *Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni»*
- [2] *Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»*
- [3] *Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture*
- [4] *Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 A - Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 3 - Corpo Stradale*
- [5] *Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea*

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>7 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	7 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	7 di 104								

## 2.2 Elaborati di riferimento

Vengono presi a riferimento tutti gli elaborati grafici progettuali di pertinenza.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>8 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	8 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	8 di 104								

### 3 MATERIALI

#### 3.1 Calcestruzzo per elevazione spalla

##### Classe C32/40

Rck =	40,00 MPa	Resistenza caratteristica cubica
fck = 0,83 Rck =	33,20 MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
fcm = fck +8 =	41,20 MPa	Valore medio resistenza cilindrica
acc =	0,85	Coeff. rid. per carichi di lunga durata
γM =	1,50 -	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
fcd = acc fck/γM =	18,81 MPa	Resistenza di progetto
fctm = 0,3 fck <sup>(2/3)</sup> =	3,10 MPa	Resistenza media a trazione semplice
fctm = 1,2 fctm =	3,72 MPa	Resistenza media a trazione per flessione
fctk = 0,7 fctm =	2,17 MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
σc = 0,55 fck =	18,26 MPa	Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
σc = 0,40 fck =	13,28 MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
Ecm = 22000 (fcm/10) <sup>(0,3)</sup> =	33643,00 MPa	Modulo elastico di progetto
ν =	0,20	Coefficiente di Poisson
Gc = Ecm / (2(1+ ν)) =	14018,00 MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Debolmente aggressive	
Classe di esposizione =	XC4	
c =	4,00 cm	Copriferro minimo
w =	0,20 mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.4 [3])

#### 3.2 Calcestruzzo per platea di fondazione

##### Classe C28/35

Rck =	35,00 MPa	Resistenza caratteristica cubica
-------	-----------	----------------------------------



**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	9 di 104

$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	29,05 MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	37,05 MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85	Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,50 -	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	16,46 MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	2,83 MPa	Resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm} = 1,2 f_{ctm} =$	3,40 MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	1,98 MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	15,98 MPa	Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	11,62 MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{(0,3)}$ $=$	32588,00 MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,20	Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	13578,00 MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie	
Classe di esposizione =	XC2	
$c =$	4,00 cm	Copriferro minimo
$w =$	0,30 mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.4 [3])

### 3.3 Calcestruzzo per pali di fondazione

#### Classe C25/30

$R_{ck} =$	30,00 MPa	Resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} = 0,83 R_{ck} =$	24,90 MPa	Resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32,90 MPa	Valore medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85	Coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,50 -	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_M =$	14,11 MPa	Resistenza di progetto
$f_{ctm} = 0,3 f_{ck}^{(2/3)} =$	2,56 MPa	Resistenza media a trazione semplice

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	10 di 104

$f_{cm} = 1,2 f_{ctm} =$	3,07 MPa	Resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} = 0,7 f_{ctm} =$	1,79 MPa	Valore caratteristico resistenza a trazione (frattile 5%)
$\sigma_c = 0,55 f_{ck} =$	13,70 MPa	Tensione limite in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$\sigma_c = 0,40 f_{ck} =$	9,96 MPa	Tensione limite in esercizio in comb. quasi perm. (rif. §1.8.3.2.1 [3])
$E_{cm} = 22000 (f_{cm}/10)^{0,3}$ =	31447,00 MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,20	Coefficiente di Poisson
$G_c = E_{cm} / (2(1 + \nu)) =$	13103,00 MPa	Modulo elastico tangenziale di progetto
Condizioni ambientali =	Ordinarie	
Classe di esposizione =	XC2	
$c =$	6,00 cm	Copriferro minimo
$w =$	0,30 mm	Apertura massima fessure in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.4 [3])

### 3.4 Acciaio per barre di armatura

B450C

$f_{yk} \geq$	450,00 MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540,00 MPa	Tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_{k \geq}$	1,15	
$(f_t/f_y)_{k <}$	1,35	
$\gamma_s =$	1,15 -	Coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s =$	391,30 MPa	Tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	210000,00 MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,20 %	Deformazione di progetto a snervamento
$\epsilon_{uk} = (A_{gt})_k$	7,50 %	Deformazione caratteristica ultima
$\sigma_s = 0,75 f_{yk} =$	337,50 MPa	Tensione in esercizio in comb. rara (rif. §1.8.3.2.1 [3])

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 11 di 104

#### 4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dal D.M. 14 gennaio 2008 e relativa circolare applicativa.

L'opera in questione rientra in particolare nell'ambito del Progetto di Raddoppio della tratta Ferroviaria Frasso Telesino – Vitulano, che si sviluppa per circa 30Km, da ovest verso est, attraversando il territorio di diverse località tra cui Dugenta/Frasso (BN), Amorosi (BN), Telese(BN), Solopaca(BN), San Lorenzo Maggiore(BN), Ponte(BN), Torrecuso(BN), Vitulano (BN) , Benevento – Località Roseto (BN).

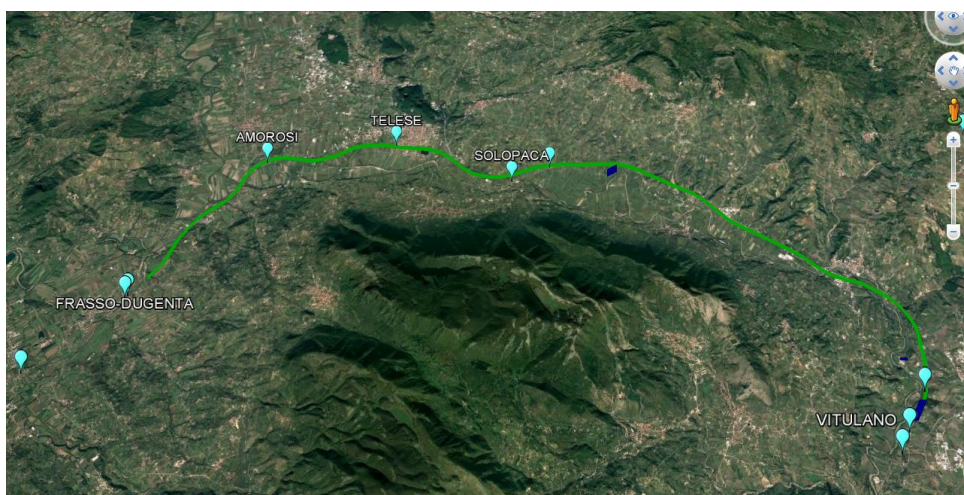


Figura 1 – Configurazione planimetrica tracciato

In considerazione della variabilità dei parametri di pericolosità sismica con la localizzazione geografica del sito, ed allo scopo di individuare dei tratti omogenei nell'ambito dei quali assumere costanti detti parametri, si è provveduto a suddividere il tracciato in tre sottozone sismiche, a seguito di un esame generale del livello pericolosità sismica dell'area che evidenzia un graduale incremento dell'intensità sismica da ovest verso est; nella fattispecie le zone sismiche "omogenee" individuate, sono quelle di seguito elencate:

Zona S1 : da pk 16+500 a pk 22+500 (Dugenta/Frasso – Amorosi)

Zona S2 : da pk 22+500 a pk 30+000 (Amorosi – Solopaca)

Zona S3 : da pk 30+000 a pk 46+577 (Solopaca-Ponte-Vitulano)

Per ciascuna zona, sono stati dunque individuati, in funzione del periodo di riferimento dell'azione sismica (VR), i parametri di pericolosità sismica ( $ag/g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ ) rappresentativi delle più severe condizioni di pericolosità riscontrabili lungo il tratto di riferimento, assumendo in particolare come riferimento le seguenti Località:

Zona S1 : Amorosi (BN)

Zona S2 : Solopaca (BN)

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 12 di 104

Zona S3 : Ponte (BN)

Nei paragrafi seguenti è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica per ciascuna delle località di riferimento.

L'opera in esame ricade nella zona sismica denominata Zona S1

#### 4.1 Vita Nominale e Classe d'uso dell'Opera

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

La vita nominale delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella.

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

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale  $V_N = 75$  anni (categoria 2)

Riguardo invece la Classe d'Uso, il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008, individua le seguenti quattro categorie

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

Classe II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe III o in Classe IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>13 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	13 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	13 di 104								

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

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

All' opera in oggetto corrisponde pertanto una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):

$$C_u = 1.5$$

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ , ovvero:

$$V_R = V_n \cdot C_u$$

Pertanto, per l'opera in oggetto, il periodo di riferimento è pari a  $V_R = 75 \times 1.5 = 112.5$  anni

## 4.2 Parametri di pericolosità sismica

La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica /  $V_R$ ) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

Il DM 14.01.08 definisce in particolare la pericolosità sismica di un sito attraverso i seguenti parametri:

**ag/g**: accelerazione orizzontale relativa massima al suolo, su sito di riferimento rigido;

**Fo**: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

**T\*c**: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per quanto detto al precedente paragrafo, risulta:

**Localizzazione Geografica** : Amorosi (BN), Solopaca (BN), Ponte (BN)

Periodo di riferimento Azione sismica  $V_R = 112.5$  anni,

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>14 di 104</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	14 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	14 di 104								

Riguardo, infine gli stati limite di verifica/periodo di ritorno dell'azione sismica, la normativa individua in particolare 4 situazioni tipiche riferendosi alle prestazioni che la costruzione nel suo complesso deve poter espletare, riferendosi sia agli elementi strutturali, che a quelli non strutturali / impianti, come di seguito descritto:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile all'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture o crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione invece conserva una parte della resistenza e della rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche

**Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

A ciascuno stato limite di verifica è quindi associata una probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , secondo quanto indicato nel seguito:

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	LO	81%
	LD	63%
Stati limite ultimi	LV	10%
	LC	5%

Tab. 3.2.1 DM 14.01.08

A ciascuna probabilità di superamento  $P_{VR}$  è quindi associato un Periodo di Ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , valutabile attraverso la seguente relazione:

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>15 di 104</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	15 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	15 di 104								

$T_R = - V_R / \ln(1-P_{VR})$  (periodo di ritorno dell'azione sismica)

Nel caso in esame risulta dunque, con riferimento ai diversi stati limite :

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]
SLO	68
SLD	113
SLV	1068
SLC	2193

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

**Zona S1 da pk 16+500 a pk 22+500 (Dugenta/Frasso – Amorosi)**

Di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica da assumere come riferimento per la determinazione delle Azioni sismiche di progetto per opere ricadenti nella parte di tracciato dell'infrastruttura individuata come zona S1:

Località : Amorosi (BN)

<b>Località</b>	
Comune	Amorosi
Provincia	Benevento
Regione	Campania
Latitudine	41,2042407
Longitudine	14,4648703

VR = 112.5 anni

Sulla scorta di quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.078	2.428	0.324
SLD	113	0.099	2.440	0.340
SLV	1068	0.273	2.352	0.419
SLC	2193	0.357	2.394	0.433

*Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità sismica zona S1*



  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### Zona S2 da pk 22+500 a pk 30+000 (Amorosi – Solopaca)

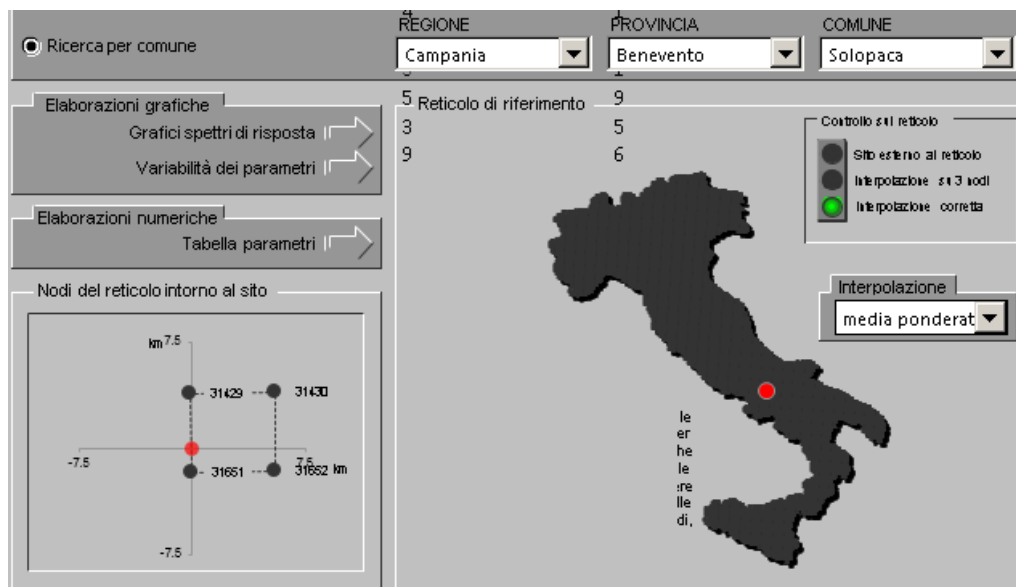
Di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica da assumere come riferimento per la determinazione delle Azioni sismiche di progetto per opere ricadenti nella parte di tracciato dell'infrastruttura individuata come zona S2:

Località : Solopaca (BN)

Località	
Comune	Solopaca
Provincia	Benevento
Regione	Campania
Latitudine	41,1937370
Longitudine	14,5550380

VR = 112.5 anni

Sulla scorta di quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene:



The screenshot displays a software interface for seismic hazard analysis. At the top, there are search filters for REGIONE (Campania), PROVINCIA (Benevento), and COMUNE (Solopaca). Below these, there are sections for 'Elaborazioni grafiche' (Graphical elaborations) and 'Elaborazioni numeriche' (Numerical elaborations). A map of Italy shows the location of Solopaca in the Campania region. A grid of reference points is shown with distances of 7.5 km. A control panel for the grid includes options for 'Controllo sul reticolo' (Grid control) and 'Interpolazione' (Interpolation) method, set to 'media ponderat' (weighted average).

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF26</b>	LOTTO <b>12 E ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0504 001</b>	REV. <b>B</b>

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.088	2.368	0.316
SLD	113	0.113	2.377	0.331
SLV	1068	0.322	2.346	0.401
SLC	2193	0.419	2.430	0.425

Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità sismica zona S2

**Zona S3 da pk 30+000 a pk 46+577 (Solopaca-Ponte-Vitulano)**

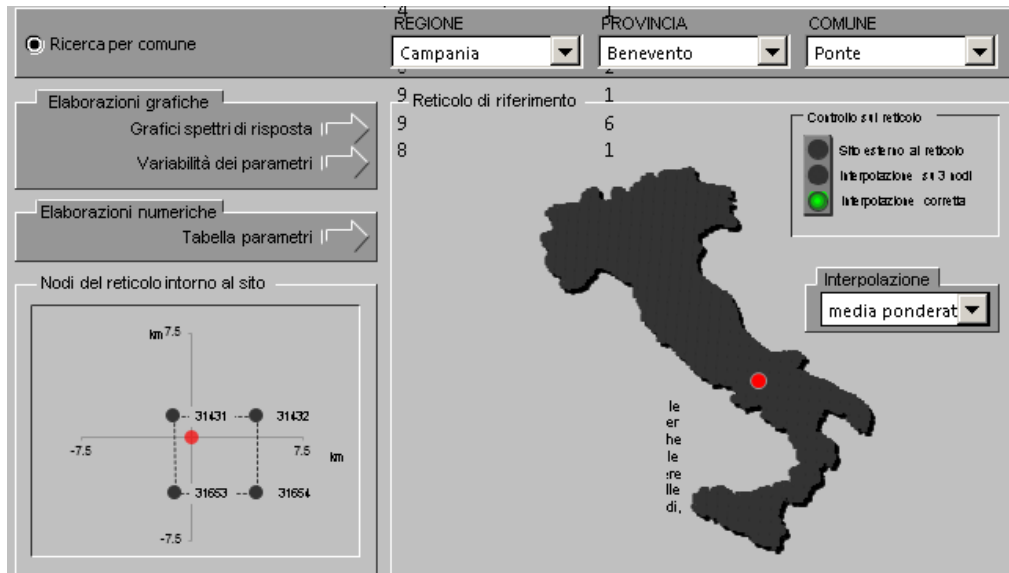
Di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica da assumere come riferimento per la determinazione delle Azioni sismiche di progetto per opere ricadenti nella parte di tracciato dell'infrastruttura individuata come zona S2:

Località : Ponte (BN)

Località	
Comune	Ponte
Provincia	Benevento
Regione	Campania
Latitudine	41,2139730
Longitudine	14,6935400

VR = 112.5 anni

Sulla scorta di quanto riportato in Allegato A delle Norme Tecniche per le costruzioni DM 14.01.08, si ottiene:



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

Tabella di riepilogo Parametri di pericolosità sismica zona S3

L'opera in esame ricade nella zona sismica denominata S1.

### 4.3 Categoria di sottosuolo e categoria topografica

Le Categoria di Sottosuolo e le Condizioni Topografiche sono valutate come descritte al punto 3.2.2 del DM 14.01.08, ovvero:

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF26</b>	LOTTO <b>12 E ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0504 001</b>	REV. <b>B</b>

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

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

**Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.**

Categoria	Descrizione
<b>S1</b>	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella di riepilogo Categoria di Sottosuolo e Topografiche DM 14.01.08**

Note la Categoria di Sottosuolo e le Condizioni Topografiche, la costruzione degli spettri passa infine attraverso la definizione dei coefficienti di Amplificazione Stratigrafica ( $S_s$  e  $C_c$ ) e Topografica ( $S_T$ ), mediante le indicazioni di cui alle tab 3.2.V e 3.2.VI del DM 14.01.08, che si ripropongono nel seguito per chiarezza espositiva:

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

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

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Per il caso in esame, come riportato all'interno della relazione geotecnica risulta una categoria di sottosuolo di tipo C e una classe Topografica T1.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 22 di 104

## 5 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

Il Viadotto Calore Torallo - VI05, a doppio binario, si estende dal km 20+474,00 al km 21+238,50 della Tratta Canello-Benevento - II° Lotto Funzionale Frasso Telesino-Vitulano per uno sviluppo complessivo di 764,5 m in corrispondenza del Fiume Calore ed è costituito da 25 campate isostatiche di cui:

- ✓ n°22 campate di luce  $L=25,00\text{m}$  (asse pila-asse pila): ciascun impalcato è costituito da n°4 travi a cassoncino in c.a.p. di luce di calcolo  $L_c=22,80\text{m}$  disposte ad un interasse di 2,48m e collegate trasversalmente da n°4 trasversi in c.a.p. con cavi post-tesi. Completa l'impalcato una soletta in c.a. gettata in opera di larghezza complessiva pari a 13,70m.
- ✓ 2 campate (tra le pile P5 e P6 e tra le pile P7 e P8) di luce in asse sottostrutture pari a 45.00 m, realizzate con implacati della tipologia misto acciaio-calcestruzzo. L'adozione di tali campate speciali si è resa necessaria per sovrappassare, con il minimo intervento possibile delle interferenze idrauliche presente nella zona.
- ✓ 1 campata(tra le pile P6 e P7) di luce in asse sottostrutture pari a 65.00 m, realizzata con implacato della tipologia misto acciaio-calcestruzzo.

L'adozione di "campate speciali" (45,00m-65,00m-45,00m di cui sopra) per lo scavalco del Fiume Calore è stata dettata da motivazioni di carattere idraulico, alla vicinanza del viadotto stradale esistente della S.S. *Fondo Valle Isclero* immediatamente più a valle, nonché dall'esigenza di garantire il rispetto dei franchi idraulici minimi sul livello di piena di progetto.

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento della Spalla A, fissa, sulla quale grava un impalcato isostatico in c.a.p. di lunghezza pari a 25 m.

Il muro frontale presenta un'altezza spiccato - p.f. pari a 9.23 m ed uno spessore pari a 2.00 m mentre i muri di risvolto presentano uno spessore pari a 1.00 m. La fondazione è costituita da una platea su 18 pali disposti a quinconce.

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	V10504 001	B	23 di 104

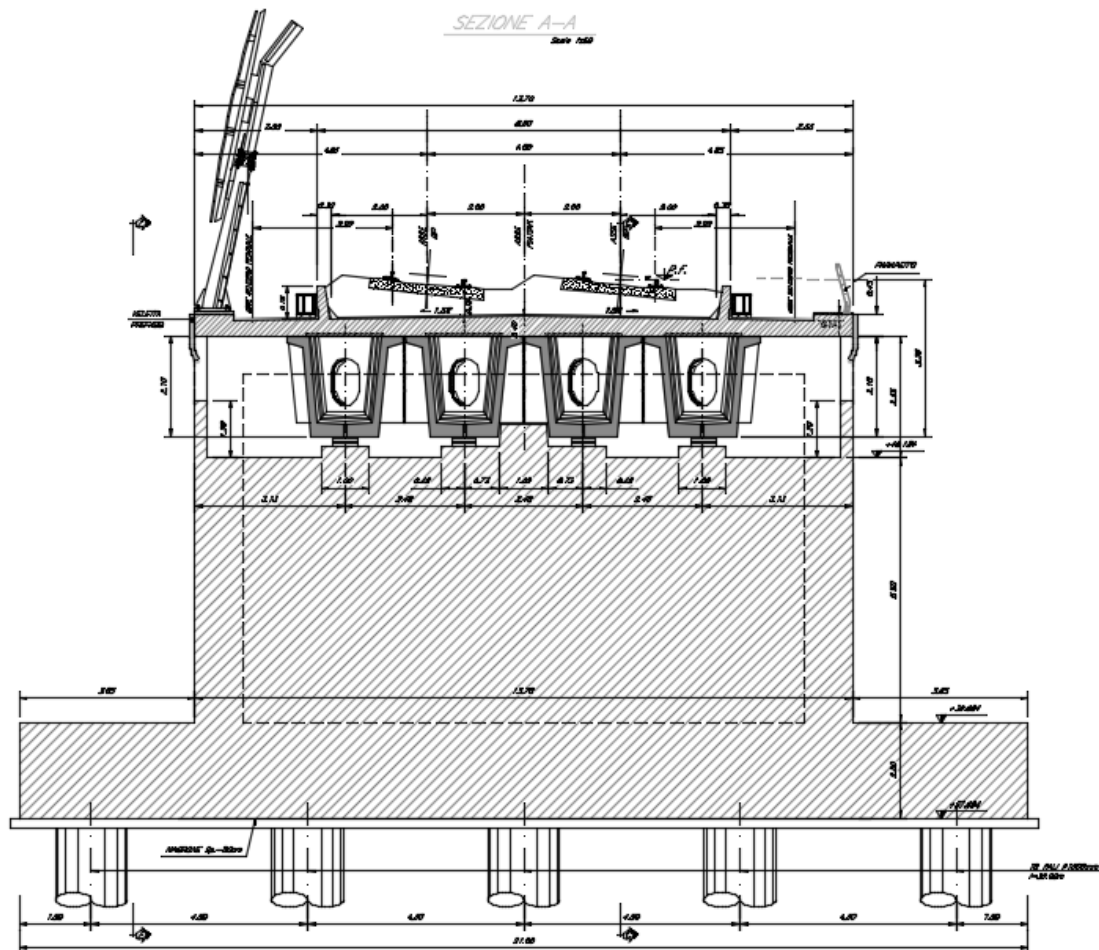


Figura 2 – Prospetto frontale della spalla A

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	24 di 104

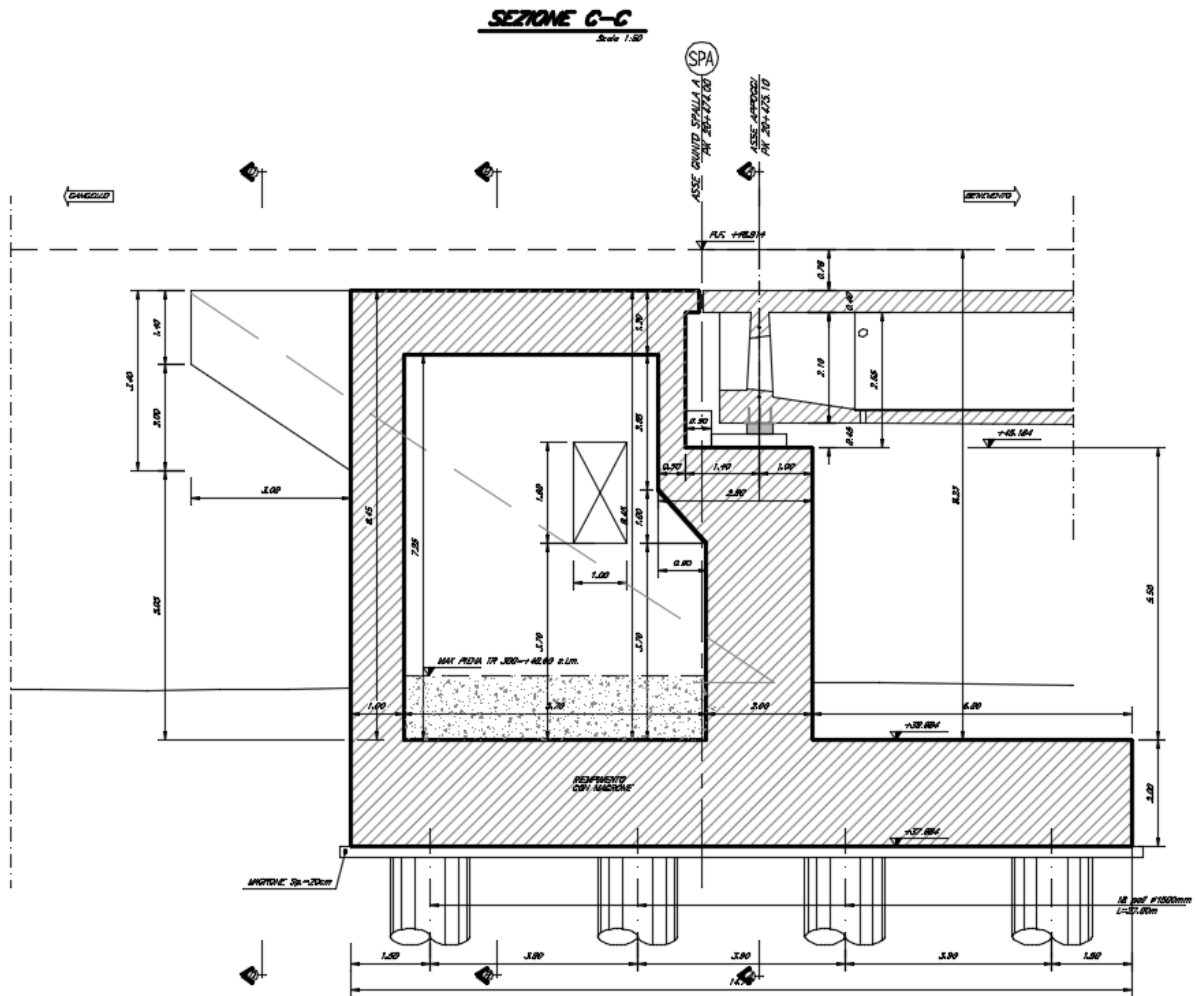


Figura 3 – Sezione longitudinale della spalla A



Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	25 di 104

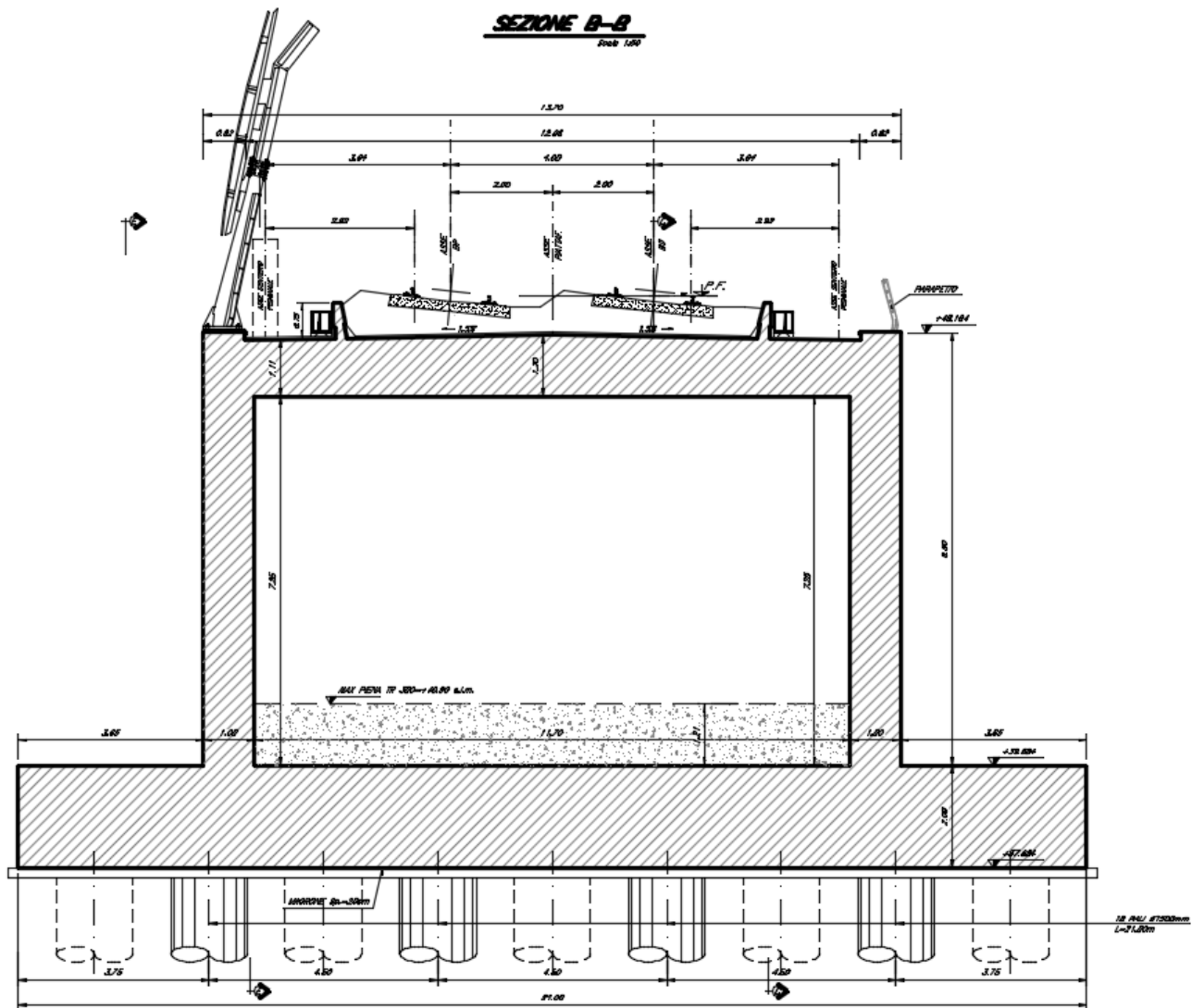


Figura 4 – Sezione trasversale della spalla A

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	26 di 104

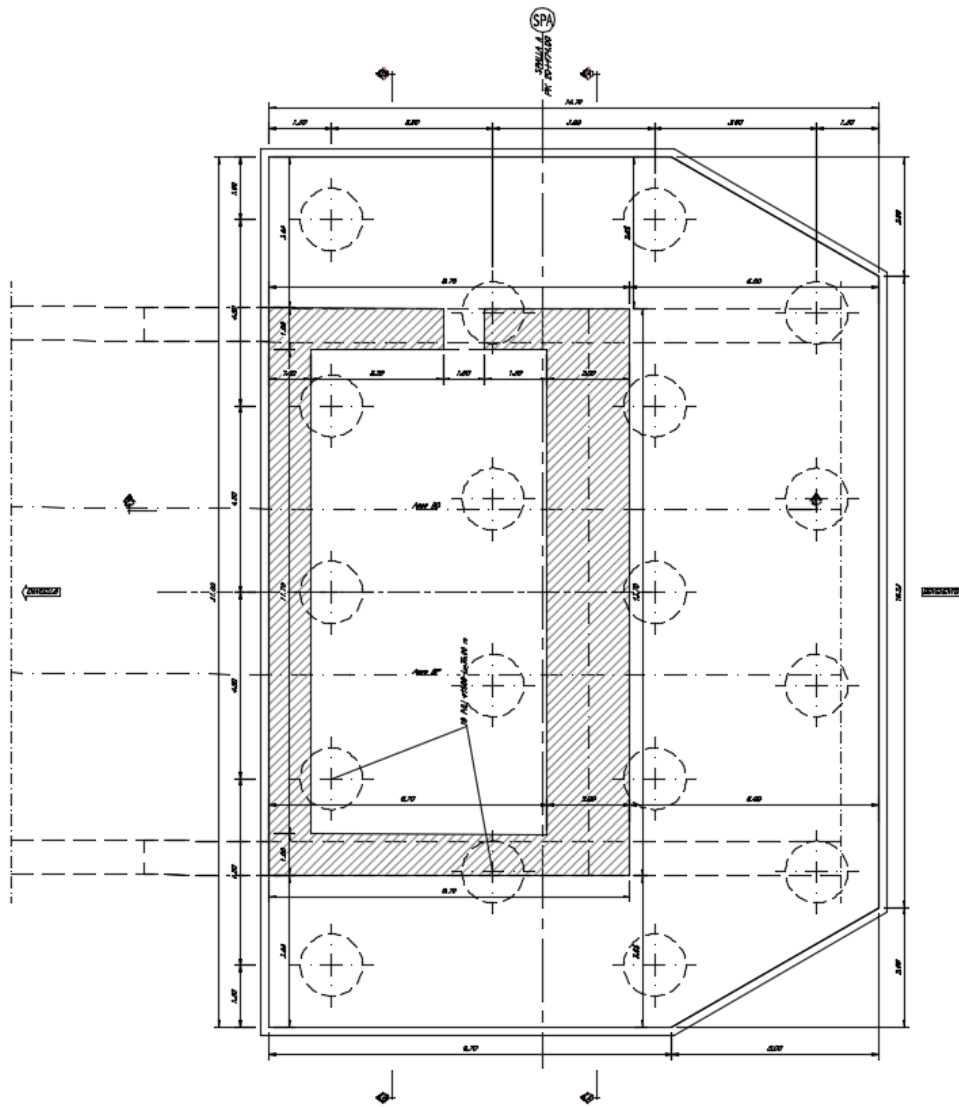


Figura 5 – Pianta allo spiccato fondazione della spalla A

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	27 di 104

## 6 ANALISI DEI CARICHI

Di seguito si riporta l'analisi dei carichi agenti sulla spalla derivanti dall'impalcato afferente. Le azioni e le reazioni riportate sono riferite al seguente sistema di riferimento:

- asse 1 o asse X: asse longitudinale;
- asse 2 o asse Y: asse trasversale;
- asse 3 o asse Z: asse verticale.

### 6.1 Permanenti strutturali

#### 6.1.1 Peso proprio impalcato (G1)

L'impalcato a singola campata isostatica, di campata pari a 25 m in asse ai giunti (22,80 m asse appoggi), è costituito da 4 cassoncini in c.a.p. solidarizzati da trasversi gettati in opera. La soletta è di spessore variabile tra 30 cm e 40 cm ed è anch'essa gettata in opera su predalles prefabbricate.

I carichi dovuti al peso proprio degli impalcati sono calcolati sulla base delle caratteristiche geometriche e del peso unitario di ciascun elemento.

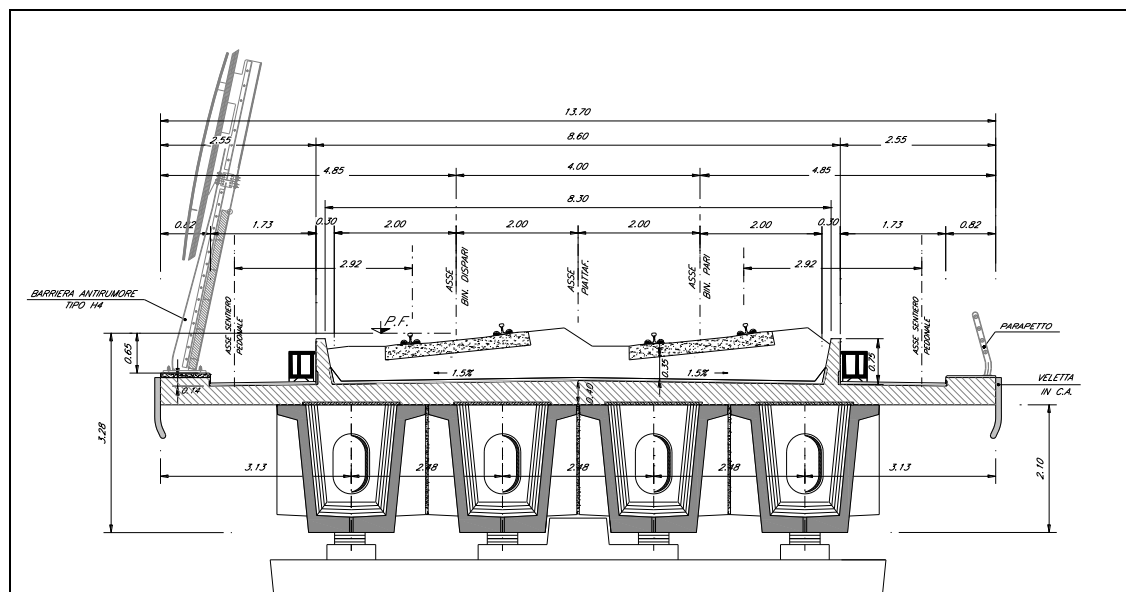


Figura 6 – Sezione trasversale impalcato L=25 m

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	28 di 104

IMPALCATO

Peso proprio travi

A,1 sezione testata =	2,01	m2
A,1 sezione media transizione =	1,60	m2
A,1 sezione corrente =	1,13	m2
L,testata =	1,50	m
L,zona transizione =	3,60	m
L,corrente =	19,20	m
L,tot =	24,30	m
V,1 trave =	30,47	m3
peso unitario travi =	25,00	kN/m3

P,1 trave =	761,78	kN
-------------	--------	----

Peso proprio trasversi

A,1 sez trasverso testata =	2,76	m2
A,1 sez trasverso corrente =	3,64	m2
s,trasverso testata =	0,40	m
s,trasverso corrente =	0,25	m
V,1 trave trasversi =	4,03	m3
peso unitario trasversi =	25,00	kN/m3

P,1 trave trasv =	100,70	kN
-------------------	--------	----

Peso proprio totale travi e trasversi

P,1 trave+trasv =	862,48	kN
N,travi =	4,00	

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>29 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	29 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	29 di 104								

P,tot travi+trasv = 3449,90 kN

Peso proprio soletta

A soletta = 5,05 m<sup>2</sup>  
L impalcato = 25,00 m  
peso unitario soletta = 25,00 kN/m<sup>3</sup>

P soletta = 3156,25 kN

Peso proprio totale impalcato

Peso impalcato = 6606,15 kN

Risultanti reazioni vincolari

F<sub>Long</sub>= 0  
F<sub>Trasv</sub> = 0  
N<sub>Vert</sub> = 3303 kN  
M<sub>Long</sub>= 0  
M<sub>Trasv</sub> = 0

**6.1.2 Peso proprio spalla (SP\_Gk1)**

I carichi afferenti al peso proprio degli elementi costituenti la spalla (elevazione e platea di fondazione) sono calcolati sulla base delle caratteristiche geometriche di ciascun elemento e considerando un peso unitario del calcestruzzo pari a 25,00 kN/m<sup>3</sup>.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>30 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	30 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	30 di 104								

## 6.2 Permanenti non strutturali

I carichi permanenti non strutturali sono costituiti dal peso della massicciata, dal peso delle barriere antirumore, dal peso delle canalette portacavi, dal peso delle velette prefabbricate e peso dei marciapiedi.

### 6.2.1 Permanenti Impalcato (G2)

Secondo il §1.3.2 [3], ove non si eseguano valutazioni più dettagliate, la determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata, armamento e dell'impermeabilizzazione potrà effettuarsi assumendo convenzionalmente, per linea in rettilineo, un peso di volume pari a 18,00 kN/m<sup>3</sup>, applicato su tutta la larghezza media compresa fra i muretti para-ballast, per un'altezza media fra p.f. ed estradosso impalcato pari a 0,80 m. Per i ponti in curva si assume un peso convenzionale di 20 kN/m<sup>3</sup>.

Secondo il §2.5.1.3.2 [3], nella progettazione di nuovi ponti ferroviari dovranno essere sempre considerati i pesi le azioni e gli ingombri associati all'introduzione delle barriere antirumore, anche nei casi in cui non ne sia originariamente prevista la realizzazione, assumendo un peso pari a 4,00 kN/m<sup>2</sup> ed un'altezza minima di 4,00 m misurata dall'estradosso della soletta.

#### IMPALCATO

##### Peso ballast

p,ballast rettilineo =	18,00 kN/m <sup>3</sup>
p,ballast curva =	20,00 kN/m <sup>3</sup>
tracciato in curva (S/N) =	S
p,ballast =	20,00 kN/m <sup>3</sup>
s ballast =	0,80 m
L ballast =	8,30 m
L impalcato =	25,00
P,tot ballast =	3320,00 kN

##### Peso barriere antirumore

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	31 di 104

P,barriere =	4,00 kN/m <sup>2</sup>
B.A. lato sx =	H4
B.A. lato sdx =	H4
H,barriera sx (min. 4m) =	5,40 m
H,barriera dx (min. 4m) =	5,40 m
L impalcato =	25,00 m

P,tot barriere = 1080,00 kN

Peso cordoli, muretti paraballast, velette

A,cordoli (2) =	0,36 m <sup>2</sup>
A,muretti paraballast (2) =	0,287 m <sup>2</sup>
A,veletta (2) =	0,19 m <sup>2</sup>

P,tot arredi = 521,13 kN

Peso canalette portacavi

P,canalette (2) =	5,00 kN/m
P,tot canalette =	125,00 kN

Peso impermeabilizzazione

Densità =	21,00 kN/m <sup>3</sup>
s spessore =	0,05 m
L ballast =	11,70 m
L impalcato =	25,00 M

P,tot impermeabilizzazione = 307,00 kN

Risultanti reazioni vincolari Totali permanenti impalcato.

F<sub>Long</sub>=

0

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 32 di 104

$F_{Trasv} =$	0	
$N_{Vert} =$	2677	kN
$M_{Long} =$	0	
$M_{Trasv} =$	0	

### 6.2.2 *Peso proprio del rilevato a tergo e del ricoprimento dell'aggetto anteriore (SP\_Gk2)*

La spalla oggetto di questa relazione è una spalla cava interno la quale è prevista un ricoprimento di 1,20 metri. Il peso di questo ricoprimento è pari a 28,8 kN/mq e viene assegato alle shell della fondazione interne i muri della spalla.

Per la parte dello sbalzo della platea di fondazione viene considerato un ricoprimento di 50 cm minimo, la presenza del quale viene considerato nel modello come un peso pari a 10 kN/mq. Questo ricoprimento agisce in fase sismica anche come inerzia.

### 6.2.3 *Spinta del terreno (SP\_Gk2\_h)*

Di seguito si riportano i parametri geotecnici del terrapieno.

$\gamma_t =$	20 kN/mc	peso di volume rinterro
$\phi' =$	38 °	angolo di attrito del rinterro
$c' =$	0 kPa	coesione efficace

Nell'ipotesi di spostamenti molto piccoli della struttura rispetto al terreno, la spinta del terrapieno viene valutata sulla base dello stato di riposo:

$$S(z) = k_0 \cdot \gamma_T \cdot z = 7.68 \cdot z$$

in cui  $k_0 = 1 - \sin\phi = 0.384$  è il coefficiente di spinta a riposo

Si deve notare che essendo presente una fondazione su pali si ipotizza che la spalla sia impedita di traslare rispetto al terreno. La spinta sia in condizioni di esercizio che in condizioni sismiche viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo  $k_0$ .

### 6.2.4 *Permanenti spalla (Gk3-SP)*



	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 33 di 104

Secondo il §1.3.2 [3], ove non si eseguano valutazioni più dettagliate, la determinazione dei carichi permanenti portati relativi al peso della massicciata, armamento e dell'impermeabilizzazione potrà effettuarsi assumendo convenzionalmente, per linea in rettilineo, un peso di volume pari a  $18,00 \text{ kN/m}^3$ , applicato su tutta la larghezza media compresa fra i muretti para-ballast, per un'altezza media fra p.f. ed estradosso impalcato pari a 0,80 m. Per i ponti in curva si assume un peso convenzionale di  $20 \text{ kN/m}^3$ .

Nel modello di calcolo il peso del ballast viene applicato con un valore pari a  $16 \text{ kN/mq}$  sulla soletta superiore.

### 6.2.5 Spinta permanenti spalla (Gk3-SP\_h)

Inoltre il peso del ballast è considerato come un sovraccarico sul rilevato dietro il muro posteriore che determina un'ulteriore spinta sul muro della spalla. Il valore della spinta ballast è definita come pressione sul modello.

## 6.3 Carichi da traffico

Le azioni variabili verticali sono state definite in accordo con il manuale di *progettazione RFI 2016*.

### 6.3.1 Treni di carico

#### Treno LM71

- Distribuzione longitudinale dei carichi assiali  $Q_{vk}$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN/m}$$

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1.1 \text{ (coefficiente di adattamento)}$$

#### Treno SW/ 2

- Distribuzione longitudinale dei carichi

$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

$$\alpha = 1.0 \text{ (coefficiente di adattamento)}$$

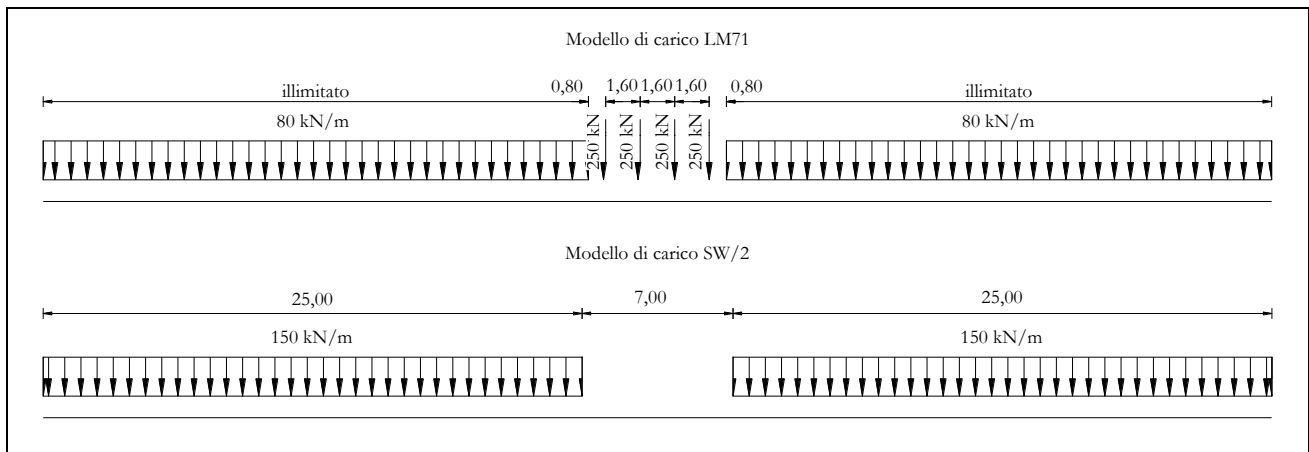


Figura 7 – Modelli di carico teorici

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico devono essere moltiplicati per il coefficiente  $\alpha$  che deve assumersi come da tabella seguente:

Modello di carico	Coefficiente $\alpha$
LM71	1,10
SW/2	1,00

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli di carico devono essere moltiplicati per il coefficiente  $\Phi$  che tiene conto dell'amplificazione dinamica.

$$\phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi - 0.2}} + 0.73 = \frac{2.16}{\sqrt{22.8 - 0.2}} + 0.73 = 1.202$$

Per la descrizione dei carichi da traffico, in relazione alle disposizioni trasversali e longitudinali dei carichi lungo l'impalcato si veda l'elaborato di calcolo dell'impalcato c.a.p L= 25m.

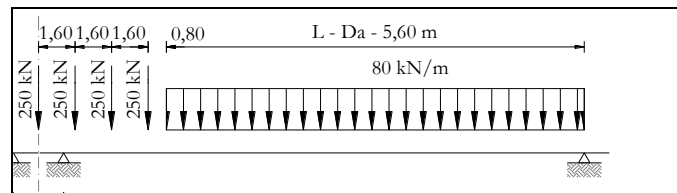
In aggiunta ai carichi provenienti dall'impalcato, si considera la presenza di un sovraccarico accidentale gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa, mediante l'applicazione di un carico uniformemente distribuito pari a  $q = 40 \text{ kN/mq}$ .

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	35 di 104

6.3.1.1 Traffico LM71 (Q1,1a)

Disposizione 2 - Modello di carico LM71



$$F_3 = 1530,51 \text{ kN}$$

$$\alpha = 1,10$$

$$\text{eccentricità} = -1,92 \text{ m}$$

Coeff. di amplificazione dinamica

$$\varphi = 1,20$$

Risultanti reazioni vincolari

$$F_{\text{Long}} = 0$$

$$F_{\text{Trasv}} = 0$$

$$N_{\text{Vert}} = 2024.6 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Long}} = 0 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Trasv}} = -3886 \text{ kNm}$$

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>36 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	36 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	36 di 104								

### 6.3.1.2 Traffico 2 LM71 (Q1,2a)

I valori di N ottenuti in precedenza vanno raddoppiati. L'eccentricità si assume pari a 0.08m.

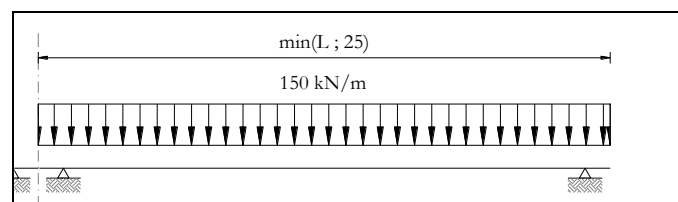
#### Risultanti reazioni vincolari

$F_{Long} =$	0
$F_{Trasv} =$	0
$N_{Vert} =$	4047 kN
$M_{Long} =$	0 kNm
$M_{Trasv} =$	324 kNm

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF26</b>	LOTTO <b>12 E ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0504 001</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>37 di 104</b>

### 6.3.1.3 Traffico SW/2 (Q1,1b)

Disposizione 2 - Modello di carico SW/2



#### Modello di carico SW/2

$F_3 = 1875,00 \text{ kN}$   
 $\alpha = 1,00$   
 eccentricità =  $2,00 \text{ m}$

#### Coeff. di amplificazione dinamica

$\varphi = 1,20$

#### Risultanti reazioni vincolari

$F_{\text{Long}} = 0$   
 $F_{\text{Trasv}} = 0$   
 $N_{\text{Vert}} = 2254 \text{ kN}$   
 $M_{\text{Long}} = 0$   
 $M_{\text{Trasv}} = 4508 \text{ kNm}$

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>38 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	38 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	38 di 104								

#### 6.3.1.4 Traffico LM71 + SW/2 (Q1,2b)

Si sommano i valori ottenuti in precedenza

#### Risultanti reazioni vincolari

$F_{Long} =$	0
$F_{Trasv} =$	0
$N_{vert} =$	4277 kN
$M_{Long} =$	0
$M_{Trasv} =$	622 kNm

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>39 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	39 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	39 di 104								

#### 6.3.1.5 Azioni sulla spalla (Sp\_Qk, SP\_Qk\_h )

Si considera la presenza di un sovraccarico accidentale gravante sulla spalla e sul cuneo di spinta a tergo di essa, mediante l'applicazione di un carico uniformemente distribuito pari a  $q = 40 \text{ kN/mq}$ .

Analogamente sul cuneo di spinta si considera una spinta pari a  $Q = 0.384 \times 40 \text{ kN/mq}$ . Tale spinta è applicata sulla larghezza di 8.5m.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>40 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	40 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	40 di 104								

### 6.3.2 Azioni di avviamento e frenatura

La azioni di frenatura e avviamento sono costituite da forze uniformemente distribuite su una lunghezza di binario L determinata per ottenere l'effetto più gravoso sull'elemento strutturale considerato. I valori da considerare sono i seguenti:

- ✓ avviamento:  $Q_{la,k} = 33 \text{ kN/m} \cdot L \leq 1000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71, SW/2
- ✓ frenatura:  $Q_{lb,k} = 20 \text{ kN/m} \cdot L \leq 6000 \text{ kN}$  per i modelli di carico LM71  
 $Q_{lb,k} = 35 \text{ kN/m}$  per i modelli di carico SW/2

I valori caratteristici dell'azione di frenatura e di avviamento devono essere moltiplicati per  $\alpha$  e non devono essere moltiplicati per  $\Phi$ .

Nel caso di ponti a doppio binario si devono considerare due treni in transito in versi opposti, uno in fase di avviamento e l'altro in fase di frenatura.

#### 6.3.2.1 Avviamento ( $Q_a$ )

$$Q_{la,k} = \alpha 33 \text{ kN/m} \cdot 25 = 907.5 \text{ kN} \quad \text{per i modelli di carico LM71, SW/2}$$

$$H = \text{altezza piano ferro} - \text{appoggi} = 3.28\text{m} \quad L_a = \text{distanza appoggi} = 22.8\text{m}$$

$$N_{\text{vert}} = Q_{la,k} \cdot h/L_a = 131\text{kN}$$

#### Risultanti reazioni vincolari

$F_{\text{Long}} =$	907.5 kN
$F_{\text{Trasv}} =$	0
$N_{\text{vert}} =$	131 kN
$M_{\text{Long}} =$	0
$M_{\text{Trasv}} =$	0

#### 6.3.2.2 Frenatura LM71 ( $Q_f$ )

$$Q_{lb,k} = \alpha 20 \text{ kN/m} \cdot 25 = 550 \text{ kN} \quad \text{per i modelli di carico LM71}$$

$$H = \text{altezza piano ferro} - \text{appoggi} = 3.28\text{m} \quad L_a = \text{distanza appoggi} = 22.8\text{m}$$

$$N_{\text{vert}} = Q_{lb,k} \cdot h/L_a = 79\text{kN}$$



**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	41 di 104

Risultanti reazioni vincolari

$F_{Long} =$	550 kN
$F_{Trasv} =$	0
$N_{Vert} =$	79 kN
$M_{Long} =$	0
$M_{Trasv} =$	0

6.3.2.3 Frenatura SW2 (Qf2)

$Q_{lb,k} = \alpha \cdot 35 \text{ kN/m} \cdot 25 = 875 \text{ kN}$  per i modelli di carico SW/2

$H = \text{altezza piano ferro} - \text{appoggi} = 3.28\text{m}$   $La = \text{distanza appoggi} = 22.8\text{m}$

$N_{Vert} = Q_{lb,k} \cdot h/La = 126\text{kN}$

Risultanti reazioni vincolari

$F_{Long} =$	875 kN
$F_{Trasv} =$	0
$N_{Vert} =$	126 kN
$M_{Long} =$	0
$M_{Trasv} =$	0

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>42 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	42 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	42 di 104								

### 6.3.3 Forza centrifuga

L'azione centrifuga è schematizzata come una forza agente in direzione orizzontale perpendicolarmente al binario e verso l'esterno della curva, applicata ad 1,80 m al di sopra del p.f.. Il valore caratteristico della forza centrifuga si determina in accordo con la seguente espressione:

$$Q_{tk} = V^2 \cdot f \cdot (\alpha \cdot Q_{vk}) / (127 \cdot R)$$

dove

- V velocità di progetto espressa in km/h
- $Q_{vk}$  valore caratteristico dei carichi verticali
- R raggio di curvatura in m
- f fattore di riduzione (rif. §1.4.3.1 [3])

Per il modello di carico LM71 si considera:

- a) modello di carico LM71 e forza centrifuga calcolata per la massima velocità di progetto.

#### 6.3.3.1 Centrifuga LM71 (Qc1a) e Centrifuga SW/2 (Qc1b)

##### LM71

v = v<sub>max</sub>

Raggio minimo = 1300,00 m

Velocità massima = 200,00 km/h

L<sub>f</sub> = 25,00 m

f = 0,69

Q<sub>v</sub> = 1530,51 kN

Q<sub>h</sub> = 281,35 kN

h rispetto a intradosso imp. = 5,08 m

##### Risultanti reazioni vincolari

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	43 di 104

$F_{Long} =$	0
$F_{Trasv} =$	141 kN
$N_{Vert} =$	0
$M_{Long} =$	0
$M_{Trasv} =$	715 kNm

SW/2

$v_{max} = 100$  km/h

Raggio minimo = 1300,00 m

Velocità (100 km/h) = 100,00 km/h

$f(1) = 1,00$

$Q_v = 1875,00$  kN

$Q_{h,max} = 124,92$  kN

h rispetto a intradosso imp. = 5,08 m

Risultanti reazioni vincolari

$F_{Long} =$	0
$F_{Trasv} =$	62 kN
$N_{Vert} =$	0
$M_{Long} =$	0 kNm
$M_{Trasv} =$	317 kNm

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>44 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	44 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	44 di 104								

### 6.3.4 Serpeggio (QS)

La forza laterale indotta dal serpeggio si schematizza come una forza concentrata agente orizzontalmente perpendicolarmente all'asse del binario.

Il valore caratteristico di tale forza è assunto pari a 100 kN. Tale valore deve essere moltiplicato per  $\alpha$  ma non per il coefficiente di amplificazione dinamica.

#### IMPALCATO

##### Serpeggio LM71

Forza serpeggio = 100 kN

$\alpha$  = 1,10

h rispetto a intradosso imp. = 3,28 m

##### Risultanti reazioni vincolari

$F_{Long}$  = 0

$F_{Trasv}$  = 110 kN

$N_{Vert}$  = 0

$M_{Long}$  = 0 kNm

$M_{Trasv}$  = 361 kNm

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 45 di 104

## 6.4 Carichi variabili

### 6.4.1 Azioni del vento ( $Q_w$ )

L'azione del vento viene ricondotta ad un'azione statica equivalente costituita da pressioni e depressioni agenti normalmente alle superfici.

La pressione del vento è data dalla seguente espressione:

$$p = q_b \cdot C_e \cdot C_p \cdot C_d$$

- dove
- $q_b$  pressione cinetica di riferimento
  - $C_e$  coefficiente di esposizione
  - $C_p$  coefficiente di forma
  - $C_d$  coefficiente dinamico, posto generalmente pari a 1

Di seguito si riporta il dettaglio del calcolo di tali fattori per l'opera in oggetto.

#### 6.4.1.1 Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento si determina mediante l'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 \text{ (in N/m}^2\text{)}$$

- dove
- $v_b$  velocità di riferimento
  - $\rho$  densità dell'aria, convenzionalmente posta pari a 1,25 kg/m<sup>3</sup>

Di seguito si determina la pressione di riferimento sulla base dei parametri caratteristici del sito e il tempo di ritorno dell'opera in oggetto:

#### Parametri dipendenti dal sito

Zona =	3
$v_{b,0}$ =	27,00 m/s
$a_0$ =	500,00 m
$k_a$ =	0,02 1/s

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>46 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	46 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	46 di 104								

#### Altitudine del sito

as = 40 m s.l.m.

vb = 27,00 m/s

#### Tempo di ritorno

TR = 75 anni

$\alpha_R(TR) = 1,02$

vb(TR) = 27,63 m/s

#### Pressione di riferimento

qb = 477,25 N/m<sup>2</sup>

#### 6.4.1.2 Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito e si determina mediante l'espressione:

$$c_e(z) = k_r \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

dove  $k_r, z_0, z_{\min}$  sono parametri che dipendono dalla categoria di esposizione del sito;

$c_t$  è il coefficiente di topografia, posto generalmente pari a 1

Di seguito si determina il coefficiente di esposizione sulla base della classe d'esposizione e l'altezza  $z$  del punto considerato, posta pari alla massima quota del complesso impalcato, barriere antirumore, sagoma del treno. A tal proposito il §1.4.4.2 [3] impone di considerare il treno come una superficie piana continua convenzionalmente alta 4,00 m sul p.f.. L'azione del vento dovrà comunque considerarsi agente sulle b.a. presenti considerando la loro altezza effettiva se disponibile oppure un'altezza convenzionale di 4,00 m misurati dall'estradosso della soletta qualora le b.a. non siano previste al momento della redazione del progetto.

#### Categoria di esposizione

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>47 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	47 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	47 di 104								

Classe di rugosità = **D**  
Distanza dalla costa = **< 30 km**

Categoria di esposizione = **II**  
 $k_r = 0,19$   
 $z_0 = 0,05$  m  
 $z_{min} = 4,00$  m

Quota di riferimento z

H spalla fino a intradosso imp. = **9,23** m  
H imp. fino a p.f. = **3,28** m  
H b.a. su p.f. = **4,67** m  
H min b.a. su p.f. = **3,35** m  
H treno su p.f. = **4,00** m  
  
z di riferimento = **24,53** m

Coefficiente di esposizione

ce = **3,11**

6.4.1.3 Coefficiente di forma dell'impalcato

Il coefficiente di forma dell'impalcato e l'area di riferimento per il calcolo della forza risultante si determinano in base ai criteri enunciati nel §8.3.1 [9].

A tal proposito si riconduce il coefficiente di forma  $c_p$  al coefficiente di forza  $c_{fx,0}$ . Il coefficiente di forza  $c_{fx,0}$  si determina in base al rapporto tra larghezza  $b$  e altezza totale dell'impalcato  $d_{tot}$ .

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	48 di 104

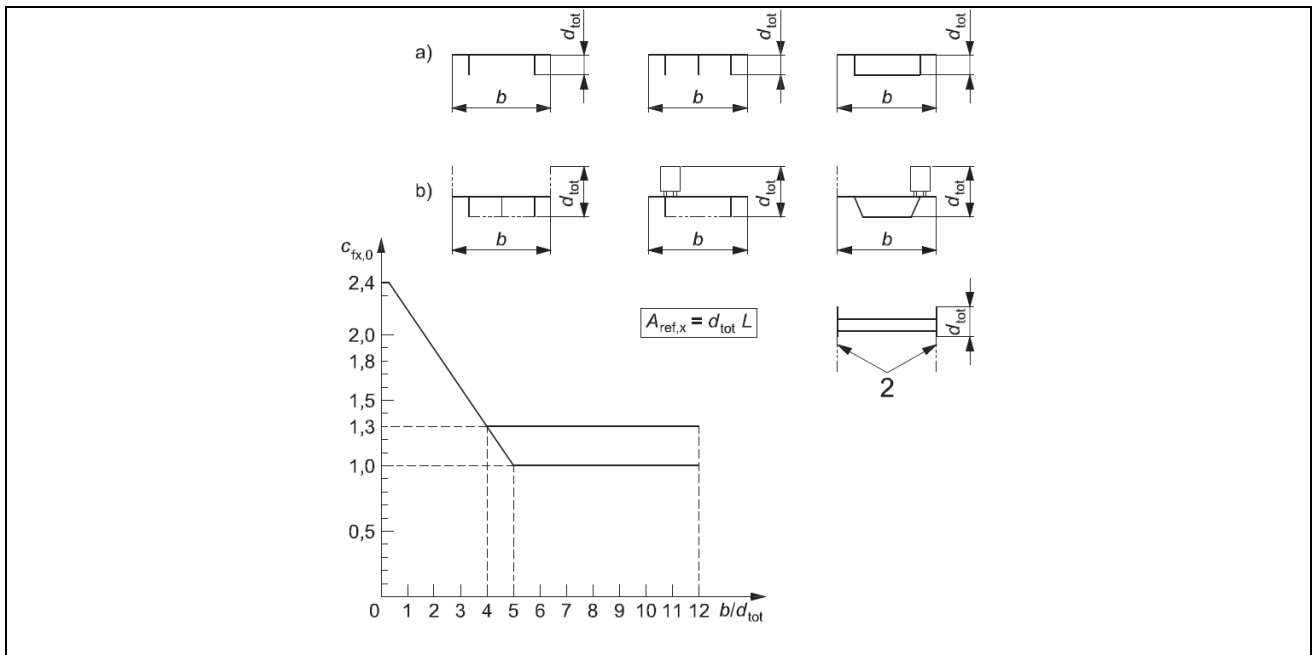


Figura 8 – Correlazione tra il rapporto  $b/d_{tot}$  e coefficiente di forma  $c_{fx,0}$  (figura 8.3 EC1-4)

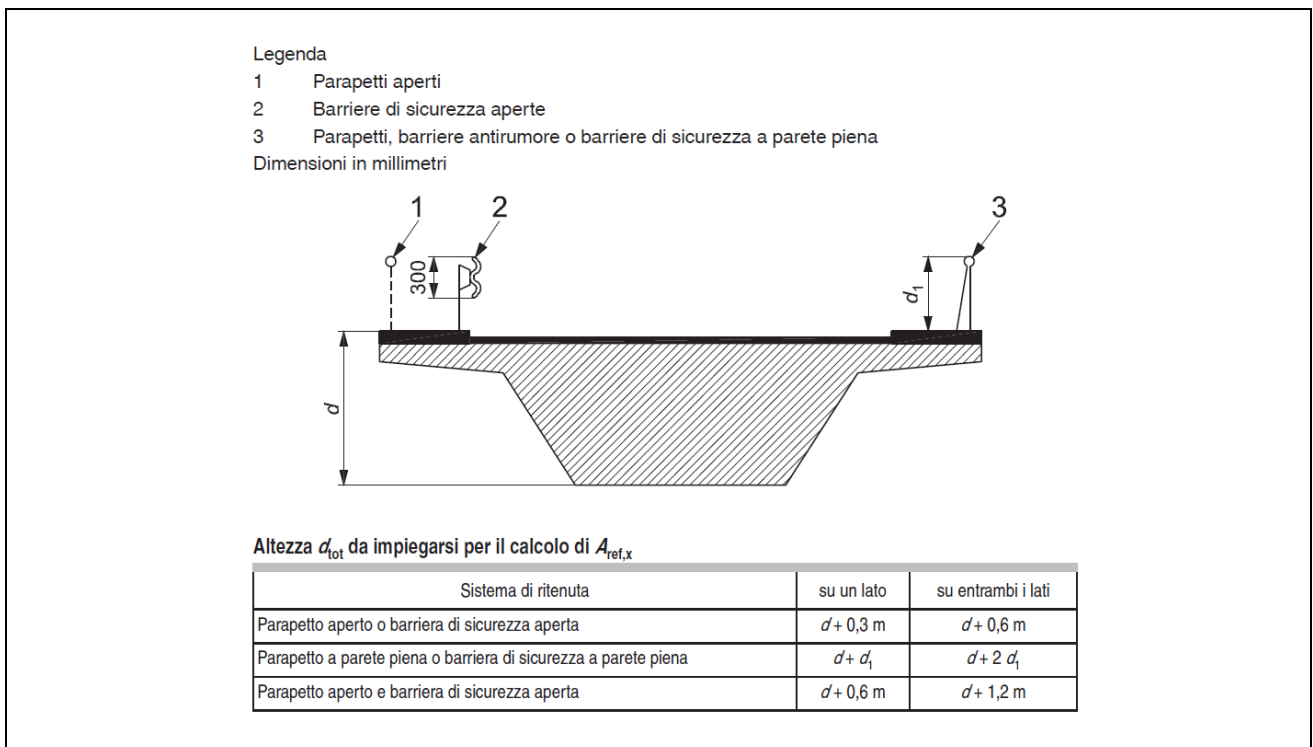


Figura 9 – Criteri per la determinazione dell'area di riferimento (figura 8.5 EC1-4)



  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>49 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	49 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	49 di 104								

L'area da considerare per il calcolo della risultante di forza si definisce come la somma di tutte le superfici proiettate dall'impalcato nel piano longitudinale, comprese le barriere e la sagoma dei veicoli.

Per il caso in esame si ha:

$$c_p = 1.90$$

#### 6.4.1.4 Azione del vento sull'impalcato

Di seguito si procede al calcolo dell'azione del vento sull'impalcato in relazione ai parametri determinati nei paragrafi precedenti.

Come scarico dall'impalcato per il vento abbiamo  $F_y = 325,71$  kN e momento  $M = 1237,7$  kNm.

#### Risultanti reazioni vincolari

$F_{Long} =$	0
$F_{Trasv} =$	325.7 kN
$N_{Vert} =$	0
$M_{Long} =$	0 kNm
$M_{Trasv} =$	1237.7 kNm

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	50 di 104

6.4.2 Azioni variabili sul marciapiede (Qm)

Lm = 1,75 m (larghezza trasversale singolo marciapiede)  
q13= 10,00 KN/m<sup>2</sup> (carico variabile per unità di superficie zona marciapiedi)

tot.Qm 1= 17,5 KN/m (carico variabile sui marciapiedi per metro lineare longitudinale 1 marciapiede carico)  
et(m) = 5,20 m eccentricità trasversale di calcolo

Risultanti reazioni vincolari

F<sub>Long</sub>= 0  
F<sub>Trasv</sub> = 0 kN  
N<sub>Vert</sub> = 218.8 kN  
M<sub>Long</sub>= 0 kNm  
M<sub>Trasv</sub> = 1137 kNm

tot.Qm 2= 35,0 KN/m (carico variabile sui marciapiedi per metro lineare longitudinale 2 marciapiedi carichi)  
et(m) = 0,10 m eccentricità trasversale di calcolo

Qm2 (2 Marciapiedi carichi)

N	ML	MT	TL	TT	
[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	
385,00	0,0	38,5	0,0	0,0	Scarichi su spalla mobile
385,00	0,0	38,5	0,0	0,0	Scarichi su spalla fissa

Risultanti reazioni vincolari

F<sub>Long</sub>= 0  
F<sub>Trasv</sub> = 0 kN  
N<sub>Vert</sub> = 437.5 kN  
M<sub>Long</sub>= 0 kNm  
M<sub>Trasv</sub> = 43.75 kNm

### 6.4.3 Azioni aerodinamiche indotte dal transito dei convogli

Per la valutazione delle azioni aerodinamiche indotte dal transito dei convogli si è fatto riferimento a quanto riportato al punto 2.5.1.4.6 delle istruzioni RFI [RFI DTC SICS MA IFS 001 con riferimento al caso di “Superfici verticali parallele al binario”].

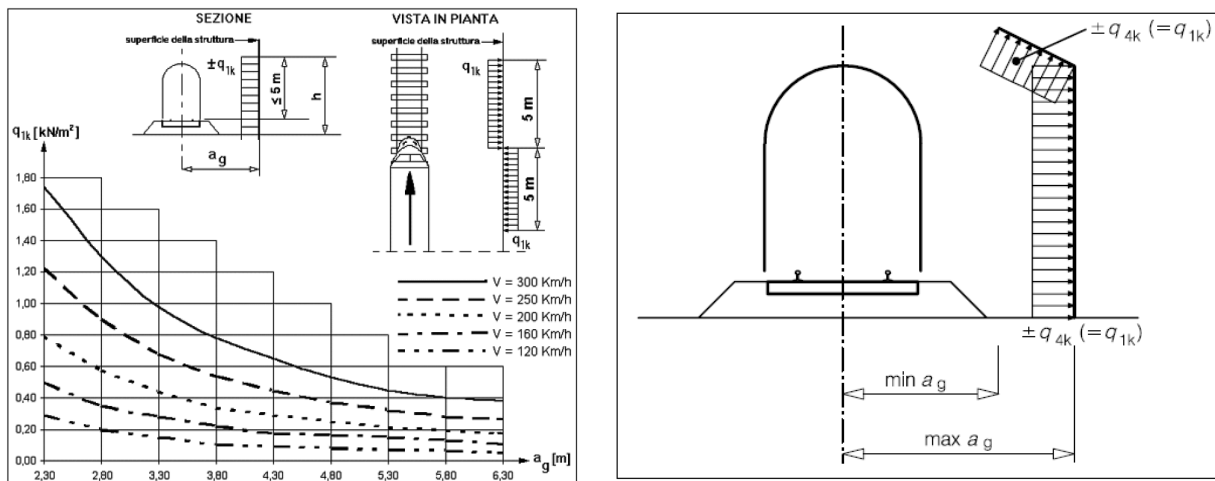


Figura 10 – Valori caratteristici delle azioni e definizione della distanza minima e massima della barriera dal convoglio [NTC – Fig. 5.2.8 e 5.2.11]

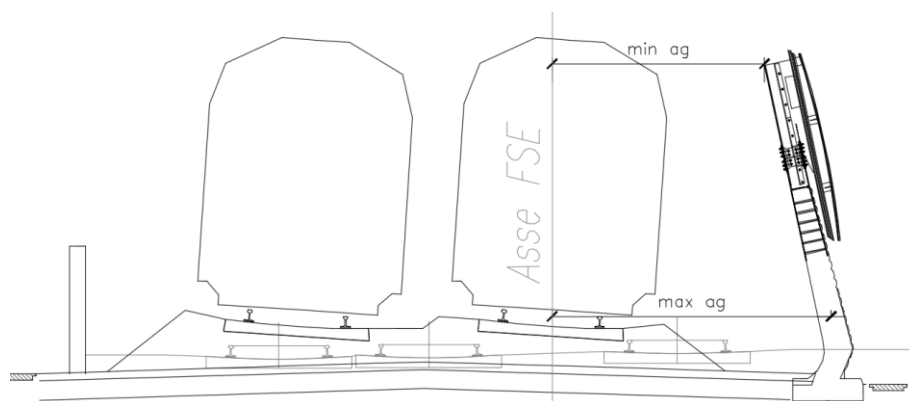


Figura 11 – Criterio di valutazione della distanza minima e massima del convoglio dalla barriera per i casi in esame

Per la linea in esame è possibile considerare, cautelativamente, convogli con forme aerodinamiche sfavorevoli e aventi velocità di linea pari a 200 km/h. Pertanto si ha:

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	52 di 104

- Impalcato L=25m

$d_{med} = 4.00m$

$q_{ak} = 0.35kN/mq$

$h_{barriera} = 5.05m$

6.4.3.1 Carico su 1 marciapiede (Qae1)

Risultanti reazioni vincolari

$F_{Long} =$	0 kN
$F_{Trasv} =$	22 kN
$N_{Vert} =$	0 kN
$M_{Long} =$	0 kNm
$M_{Trasv} =$	128 kNm

6.4.3.2 Carico su 2 marciapiede (Qae2)

Risultanti reazioni vincolari

$F_{Long} =$	0 kN
$F_{Trasv} =$	44 kN
$N_{Vert} =$	0 kN
$M_{Long} =$	0 kNm
$M_{Trasv} =$	0 kNm

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>53 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	53 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	53 di 104								

## 6.5 Azioni climatiche (Q7)

### 6.5.1 Azioni termiche uniformi (Q7\_TL)

Si considera una variazione termica uniforme  $\Delta T = 15.0^{\circ}\text{C}$  sugli elementi della struttura in elevazione, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ .

### 6.5.1 Azioni termiche differenziali (Q7\_TU)

Si considera una variazione termica differenziale  $\Delta T = 5.0^{\circ}\text{C}$  su tutti gli elementi della struttura in elevazione, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$ .

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	54 di 104

## 6.6 Ritiro (Q8\_SH)

Si considera una variazione termica uniforme equivalente  $\Delta T = -10.41^\circ\text{C}$  sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.14-01-2008.

### Cls a t=0

$f_{ck} =$	32 Mpa
$f_{cm} =$	40 MPa
$\alpha =$	0,00001
$E_{cm} =$	33345764 kN/m <sup>2</sup>
cls tipo =	R
k =	1 coef. di correzione di $E_{cm}$

$$E_{cm} = 33345764 \text{ kN/m}^2$$

### Tempo e ambiente

$t_s =$	2 gg	età del calcestruzzo in giorni, all'inizio del ritiro per essiccamento
$t_o =$	2 gg	età del calcestruzzo in giorni al momento del carico
$t =$	25550 gg	età del calcestruzzo in giorni
$h_o = 2A_c/u =$	2400 mm	dimensione fittizia dell'elemento di cls
$A_c =$	1200000 mmq	sezione dell'elemento
$u =$	1000 mm	perimetro a contatto con l'atmosfera
$RH =$	75 %	umidità relativa percentuale

Coefficiente di viscosità  $\phi(t, t_o)$  e modulo elastico  $E_{ct}$  a tempo "t"

$$\phi(t, t_o) = \phi_o \beta_c(t, t_o) = 1,979$$

$$\phi_o = \phi RH \beta_{\chi}(f_{cm}) \beta_{\chi}(t_o) = 2,011 \text{ coefficiente nominale di viscosità}$$

$$\phi_{RH} = 1 + \left[ \frac{1 - RH/100}{0.1 \cdot \sqrt{h_o}} \alpha_1 \right] \alpha_2 = 1,166 \text{ coefficiente che tiene conto dell'umidità}$$

$$\alpha_1 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.7} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0,911 \text{ coeff. per la resistenza del cls}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} (35/f_{cm})^{0.2} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0,974 \text{ coeff. per la resistenza del cls}$$

$$\beta_c(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = 2,656313 \text{ coefficiente che tiene conto della resistenza del cls}$$

$$\beta_c(t_o) = \frac{1}{(0.1 + t_o^{0.20})} = 0,649 \text{ coefficiente per l'evoluzione della viscosità nel tempo}$$

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	55 di 104

$\alpha = 1$  coefficiente per il tipo di cemento (-1 per Classe S, 0 per Classe N, 1 per Classe R)

S	-1
N	0
R	1

$\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0.3} = 0,984$  coeff. per la variabilità della viscosità nel tempo

$\beta_H = 1.5 \left[ 1 + (0.012 \cdot RH)^{18} \right] h_0 + 250 \cdot \alpha_3 \leq 1500 \cdot \alpha_3 = 1403,1$  coefficiente che tiene conto dell'umidità relativa

$\alpha_3 = \begin{cases} (35 / f_{cm})^{0.5} & \text{per } f_{cm} > 35 \text{ MPa} \\ 1 & \text{per } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \end{cases} = 0,935$  coeff. per la resistenza del calcestruzzo

Il modulo elastico al tempo "t" è pari a:

$$E_{cm}(t, t_0) = \frac{E_{cm}}{1 + \varphi(t, t_0)} = 11194799 \text{ kN/m}^2$$

Deformazione di Ritiro

$$\varepsilon_{rt}(t, t_0) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0,000310 \text{ deformazione di ritiro } \varepsilon(t, t_0)$$

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_2) K_b \varepsilon_{cd,0} = 0,000255 \text{ deformazione dovuta al ritiro per essiccamento}$$

$$\beta_{ds}(t, t_2) = \left[ \frac{(t - t_2)}{(t - t_2) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} \right] = 0,844533$$

$K_h = 0,7$  parametro che dipende da  $h_0$  secondo il prospetto seguente

Valori di  $K_h$

$h_0$	$K_h$
100	1,0
200	0,85
300	0,75
≥500	0,70

Valori di  $K_h$  intermedi a quelli del prospetto vengono calcolati tramite interpolazione lineare.

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	56 di 104

$$\varepsilon_{sd,0} = 0.85 \left[ (220 + 110\alpha_{ds1}) \cdot \exp(-\alpha_{ds2} \frac{f_{cm}}{f_{cm0}}) \right] 10^{-6} \beta_{RH} = 0,000432 \text{ deformazione di base}$$

$$\beta_{RH} = 1.55 \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH0} \right)^3 \right] = 0,896094$$

$$f_{cm0} = 10 \text{ MPa}$$

$$RH0 = 100 \%$$

$$\alpha_{ds1} = 6$$

coefficiente per il tipo di cemento (3 per Classe S per Classe N, 6 per Classe R)

$$\alpha_{ds2} = 0,11$$

coefficiente per il tipo di cemento (0.13 per Class S, 0.12 per Classe N, 0.11 per Classe R)

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{at}(t) \varepsilon_{caoo} = 0,000055 \text{ deformazione dovuta al ritiro autogeno}$$

$$\beta_{at}(t) = 1 - \exp(-0.2t^{0.5}) = 1$$

$$\varepsilon_{caoo} = 2.5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = 0,000055$$

Variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{ritiro} = - \frac{\varepsilon_s(t, t_0) \cdot E_{cm}}{(1 + \varphi(t, t_0)) \cdot E_{cm} \cdot \alpha} = -10,41 \text{ } ^\circ\text{C}$$

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura.

Sia il ritiro dei muri in elevazione sia la riduzione del modulo elastico E per effetto della fessurazione riduce gli effetti sopra descritti, in questa sede operando a favore della stabilità si applica 50% della variazione termica calcolata considerando il modulo elastico pieno e nullo il ritiro dei muri.



  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

## 6.7 Azioni sismiche (E)

L'azione sismica di progetto è rappresentata da spettri di risposta definiti in base alla pericolosità sismica di base del sito ove sorge l'opera in oggetto, la vita di riferimento e le caratteristiche del sottosuolo.

Di seguito si riportano i parametri di input utilizzati per la definizione degli spettri di progetto orizzontali e verticali e i grafici degli stessi.

I valori del fattore di struttura  $q$ , adottati per la definizione delle azioni sismiche e per il dimensionamento degli elementi secondo i criteri della gerarchia delle resistenze, sono stati definiti in base ai criteri di seguito esplicitati.

Il valore del fattore di struttura  $q$  assunto per il dimensionamento delle spalle è pari a 1,0, in accordo con quanto indicato nel §7.9.2.1 [1] per le "strutture che si muovono con il terreno" (vedi Tabella 1).

Tipi di elementi duttili	$q_0$	
	CD"B"	CD"A"
<b>Pile in cemento armato</b>		
Pile verticali inflesse	1,5	3,5 $\lambda$
Elementi di sostegno inclinati inflessi	1,2	2,1 $\lambda$
<b>Pile in acciaio:</b>		
Pile verticali inflesse	1,5	3,5
Elementi di sostegno inclinati inflessi	1,2	2,0
Pile con controventi concentrici	1,5	2,5
Pile con controventi eccentrici	-	3,5
<b>Spalle rigidamente connesse con l'impalcato</b>		
In generale	1,5	1,5
Strutture che si muovono col terreno <sup>7</sup>	1,0	1,0
<b>Archi</b>	1,2	2,0

<sup>7</sup> Le strutture che si muovono con il terreno non subiscono amplificazione dell'accelerazione del suolo. Esse sono caratterizzate da periodi naturali di vibrazione in direzione orizzontale molto bassi ( $T \leq 0,03$  s). Appartengono a questa categoria le spalle connesse, mediante collegamenti flessibili, all'impalcato.

Tabella 1 – Valori del fattore struttura  $q_0$  per differenti tipologie di pile e spalle - tabella 7.9.1 [1]

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>58 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	58 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	58 di 104								

### 6.7.1 Azioni sismiche

Per la valutazione dell'azione sismica associata ai carichi fissi propri e permanenti /accidentali agenti sulle spalle si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui il sisma è rappresentato da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k_h$  (coefficiente sismico orizzontale) o  $k_v$  (coefficiente sismico verticale) secondo quanto di seguito indicato:

$$\text{Forza sismica orizzontale} \quad F_h = k_h W$$

$$\text{Forza sismica verticale} \quad F_v = k_v W$$

I valori dei coefficienti sismici orizzontali  $k_h$  e verticale  $k_v$ , relativi allo stato limite considerato, sono posti pari all'ordinata dello spettro di progetto corrispondente al periodo  $T=0$ , per la componente orizzontale, ed a quella corrispondente al periodo proprio  $T=T_0$ , per la componente verticale.

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

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{max}}{g} \quad (7.11.6)$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h \quad (7.11.7)$$

dove

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

$g$  = accelerazione di gravità.

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

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (7.11.8)$$

dove

$S$  = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2;

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

Nella precedente espressione, il coefficiente  $\beta_m$  assume i valori riportati nella Tab. 7.11-II.

Per muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

Nel caso di muri di sostegno liberi di traslare o di ruotare intorno al piede, si può assumere che l'incremento di spinta dovuta al sisma agisca nello stesso punto di quella statica. Negli altri casi, in assenza di specifici studi si deve assumere che tale incremento sia applicato a metà altezza del muro.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

**Tabella 7.11.II - Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito.**

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

*Figura 12 – Coefficienti sismici (estratto D.M. 14/01/2008 p.to 7.11.6.2.1)*

Con riferimento al valore da assegnare al coefficiente  $\beta_m$ , si è fatto riferimento alle indicazioni di cui alla Tabella 7.11.II riportata nella stessa sezione della norma, tenendo tuttavia conto della specifica che prescrive, nel caso di muri che non siano in grado di subire spostamenti (quale è il caso delle spalle del viadotto in questione che in virtù della elevata rigidità sia del sistema di fondazione che della parte in elevazione, è interessata da spostamenti trascurabili durante l'evento sismico) un valore del coefficiente  $\beta_m$  pari ad 1.0.

Assumendo tale valore si considera che, cautelativamente, il terreno di riempimento è rigidamente connesso alla spalla e non subisce deformazioni o movimenti relativi rispetto ad essa.

In definitiva risulta:

$a_g/g =$	0.275
$\beta_m =$	1.00
$S_s =$	1.315
$S_T =$	1.00

$K_h =$	0.362	coefficiente sismico orizzontale
$K_v =$	0.181	coefficiente sismico verticale

#### 6.7.1.1 Sisma derivante da impalcato (Elong, Etrasv, Evert)

Sulla scorta dei coefficienti sismici appena valutati, si è proceduto pertanto alla valutazione delle azioni trasmesse dall'impalcato alle sottostrutture, avendo considerato, come mostrato successivamente nella tabella di riepilogo delle combinazioni di carico, il caso più gravoso in termini di massa sismica associata ai carichi variabili, corrispondente in particolare alla Condizioni di doppio binario carico con treno tipo LM71.

Di seguito il riepilogo delle Azioni inerziali:

Impalcato L=25m

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

RIEPILOGO SCARICHI A TESTA SPALLA FISSA - CONDIZIONI SISMICHE						
(Sollecitazioni riferite alla sezione del muro in asse Appoggi impalcato)						
Condizione		N	ML	MT	TL	TT
		[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Sisma Long con 2 LM71	<b>Elong</b>	548	0	0	4888	0
Sisma Trasv con 2 LM71	<b>Etrasv</b>	0	0	6246	0	2444
Sisma Vert con 2 LM71	<b>Evert</b>	1222	0	0	0	0

#### 6.7.1.2 Sisma su inerzia spalla (SP\_Elong, SP\_Etrasv, SP\_Evert)

Le masse della spalla e del rinterro sono moltiplicate per kh e kv.

#### 6.7.1.3 Sovrappinta sismica del terreno (SP\_Gk2\_Elong, SP\_Gk2\_Etrasv, SP\_Gk2\_Evert)

In assenza di uno studio più dettagliato che prenda in considerazione la rigidità relativa, il tipo di movimento e la massa dell'opera di sostegno, si assume che la forza dovuta alla spinta dinamica del terreno sia valutata con la teoria di Wood ed agisca con un'inclinazione rispetto alla normale al muro uguale a zero:

$$\Delta S_s = (a_{\max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

Tale risultante è applicata ad un'altezza pari ad H/2.

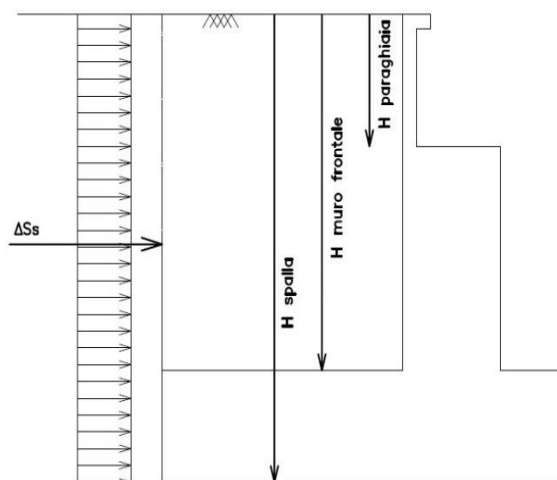


Figura 13: Incremento di spinta sismica

  	<p><b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b>  <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b>  <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>												
<p><b>Spalla fissa S1: 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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>61 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	61 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	61 di 104								

La spinta totale di progetto  $E_d$  esercitata dal terrapieno ed agente sull'opera di sostegno in condizioni sismiche è dunque data dalla somma della spinta a riposo, della spinta sismica e della spinta statica data dal sovraccarico accidentale combinata al 20% così come riportato nella Tabella 5.2.V delle NTC2008.

$$E_d = S_{stat} + 0.2 \cdot S_q + \Delta S_s$$

Infine, nel caso specifico non essendo presente la falda a tergo dell'opera, la spinta idrostatica è nulla

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

## 6.8 Tabelle riepilogo Scarichi impalcato

Di seguito si riporta un riepilogo degli scarichi trasmessi dall'impalcato alle sottostrutture per ciascuna delle condizioni di carico elementari prese in esame:

RIEPILOGO SCARICHI A TESTA SPALLA FISSA - CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI						
(Sollecitazioni riferite alla sezione del muro in asse Appoggi impalcato)						
Condizione		N	ML	MT	TL	TT
		[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Permanenti strutturali	<b>G1</b>	3303	0	0	0	0
Permanenti NON strutturali	<b>G2</b>	2677	0	0	0	0
Traffico - 1LM71	<b>Q1,1a</b>	2024	0	3885	0	0
Traffico - 1SW2	<b>Q1,1b</b>	2254	0	4508	0	0
Traffico - 2 LM71	<b>Q1,2a</b>	4047	0	324	0	0
Traffico - 1 LM72 + 1 SW2	<b>Q1,2b</b>	4277	0	622	0	0
Carico variabile 1 Marciapiede	<b>Qm1</b>	222.5	0	1143.65	0	0
Carico variabile 2 Marciapiedi	<b>Qm2</b>	445.0	0	44.5	0	0
Carico Avviamento	<b>Qa</b>	131	0	0	907.5	0
Frenatura LM71	<b>Qf1</b>	79	0	0	550	0
Frenatura SW2	<b>Qf2</b>	126	0	0	875	0
Centrifuga 1 LM71	<b>Qc1a</b>	0	0	715	0	141
Centrifuga 2 LM71	<b>Qc1b</b>	0	0	1429	0	281
Centrifuga SW2	<b>Qc2</b>	0	0	317	0	62.46
Serpeggio 1 treno	<b>QS1</b>	0	0	360.8	0	110
Serpeggio 2 treni	<b>QS2</b>	0	0	721.6	0	220
Vento	<b>Qw</b>	0	0	1237.7	0	325.71
Azioni aerodinamiche 1 treno	<b>Qae1</b>	0	0	128	0	22
Azioni aerodinamiche 2 treni	<b>Qae2</b>	0	0	0	0	44
Sisma Long con 2 LM71	Ex	548	0	0	4888	0
Sisma Trasv con 2 LM71	Ey	0	0	6246	0	2444
Sisma Vert con 2 LM71	Ez	1230	0	0	0	0

Tabella 2 – Sollecitazioni trasmesse dall'impalcato alle sottostrutture

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>63 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	63 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	63 di 104								

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

La determinazione delle Sollecitazioni di Progetto utili al dimensionamento strutturale e geotecnico delle opere oggetto del presente documento, è stata condotta utilizzando il metodo agli stati limite, secondo quanto specificato a riguardo al paragrafo 2.6 del DM 14.01.08, con riferimento all'Approccio 2.

Per la definizione dei criteri di combinazione degli effetti prodotti dalle singole condizioni elementari di carico previste sull'opera, si è fatto inoltre riferimento a quanto prescritto al prg 2.5.3 dello stesso DM , di seguito riproposto per completezza :

### 2.5.3 COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto  $A_d$  (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi  $Q_{kj}$  che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi  $G_2$ .

Trattandosi nel caso in esame di opere ferroviarie, la definizione dei coefficienti parziali di combinazione ( $\gamma$ ) e di partecipazione ( $\psi$ ) è stata effettuata seguendo a riguardo le specifiche di cui al paragrafo 5.2.3 del DM 14.01.08 nonché quanto indicato nel relativo manuale di progettazione RFI già citato al paragrafo dei documenti di riferimento; nel seguito un estratto significativo sul tema dei documenti citati:

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	64 di 104

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast <sup>(3)</sup>	favorevoli	$\gamma_B$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico <sup>(4)</sup>	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 <sup>(5)</sup>	0,20 <sup>(5)</sup>
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	$\gamma_P$	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 <sup>(6)</sup>	1,00 <sup>(7)</sup>	1,00	1,00	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> Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.  
<sup>(4)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.  
<sup>(5)</sup> Aliquota di carico da traffico da considerare.  
<sup>(6)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(7)</sup> 1,20 per effetti locali

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr1	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr2	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
	gr3	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	gr4	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	$T_k$	0,60	0,60	0,50

<sup>(1)</sup> 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.



  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

Tabella 5.2.III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte

Numero di binari	Binari Carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	Primo	1,0 (LM 71"++"SW/0")	-	1,0 SW/2
2	Primo	1,0 (LM 71"++"SW/0")	-	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71"++"SW/0")	-	1,0 (LM 71"++"SW/0")
≥ 3	Primo	1,0 (LM 71"++"SW/0")	0,75 (LM 71"++"SW/0")	1,0 SW/2
	secondo	1,0 (LM 71"++"SW/0")	0,75 (LM 71"++"SW/0")	1,0 (LM 71"++"SW/0")
	Altri	-	0,75 (LM 71"++"SW/0")	-

<sup>(1)</sup> LM71 "++" SW/0 significa considerare il più sfavorevole fra i treni LM 71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Tabella 5.2.IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	-	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante  
<sup>(1)</sup> Includendo tutti i fattori ad assi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc.)  
<sup>(2)</sup> La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Per la ricerca delle condizioni maggiormente gravose in termini di sollecitazioni di progetto sugli elementi, sono state esaminate, per ciascuno dei tre stati limite di verifica previsti dalla normativa (SLE, SLU e Sisma) 4 differenti configurazioni dei carichi variabili, corrispondenti in particolare ai gruppi di carico Gr1 e GR3, significativi per l'opera in esame, ovvero:

Configurazione 1 : 2 binari carichi con treno LM71 (Gruppo 1)

Configurazione 2 : 1 binario carico con treno LM71 + 1 binario carico con treno SW2 (Gruppo 3)

Configurazione 3 : 1 binario carico con treno LM71 (Gruppo 1)

Configurazione 4 : 1 binario carico con treno SW2 (Gruppo 1)

in concomitanza ai treni di carico sono state considerate tutte le azioni variabili a questi direttamente associate (frenatura, avviamento, ecc...) oltre agli altri carichi variabili di altra natura (vento, carichi variabili marciapiedi, azioni parassite vincoli, sisma) per un totale complessivo di 20 combinazioni di carico.

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO  
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO  
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE  
PROGETTO ESECUTIVO**

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IF26 12 E ZZ CL VI0504 001 B 66 di 104

Condizione	SLE-rara				SLE-frequente				SLU				SLV				GEO			
	Gr.1 1	Gr.3 2	Gr.1 3	Gr.1 4	Gr.1 5	Gr.3 6	Gr.1 7	Gr.1 8	Gr.1 9	Gr.3 10	Gr.1 11	Gr.1 12	Gr.1 13	Gr.3 14	Gr.1 15	Gr.1 16	Gr.1 17	Gr.3 18	Gr.1 19	Gr.1 20
Permanenti strutturali	G1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Permanenti NON strutturali	G2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.3	1.3
Traffico - 1 LM71	Q1,1a			1.0				0.8				1.45								1.25
Traffico - 1SW2	Q1,1b										0.8									1.25
Traffico - 2 LM71	Q1,2a	1.0							1.45											
Traffico - 1 LM72 + 1 SW2	Q1,2b		1.0							1.45			0.2	0.2	0.2	0.2	1.25			
Carico variabile 1 Marciapiede	Qm1			0.8	0.8			0.64	0.64			1.2	1.2							1.04
Carico variabile 2 Marciapiedi	Qm2	0.8	0.8			0.48	0.48			1.2	1.2									1.04
Carico Avviamento	Qa	0.5	1.0	0.5	0.5	0.3	0.6	0.4	0.4	0.725	1.45	0.725	0.725				0.63	1.25	0.63	0.63
Frenatura LM71	Qf1	0.5				0.3				0.725							0.63			
Frenatura SW2	Qf2		1.0				0.6				1.45									1.25
Centrifuga 1 LM71	Qc1a		0.5	1.0			0.3	0.8			0.725	1.45								0.63
Centrifuga 2 LM71	Qc1b	1.0				0.6				1.45							1.25			1.25
Centrifuga SW2	Qc2		0.5		1.0		0.3		0.8		0.725		1.45	1.45						0.63
Serpeggio 1 treno	Qs1			1.0	1.0			0.8	0.8			1.45	1.45	1.45						1.25
Serpeggio 2 treni	Qs2	1.0	0.5			0.6	0.3			1.45	0.725						1.25	0.63		1.25
Vento	Qw	0.6	0.6	0.6	0.6															
Azioni aerodinamiche 1 treno	Qae1			1.0	1.0			0.8	0.8			1.45	1.45	1.45						1.25
Azioni aerodinamiche 2 treni	Qae2	1.0	0.5			0.6	0.3			1.45	0.725						1.25	0.63		1.25
Azioni termiche	Q7	±0.6	±0.6	±0.6	±0.6	±0.5	±0.5	±0.5	±0.5	±0.9	±0.9	±0.9	±0.9				±0.78	±0.78	±0.78	±0.78
Ritiro	Q8	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1.2]	[0; 1.2]	[0; 1.2]	[0; 1.2]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]	[0; 1]
Sisma Long con 2 LM71	Elong												1.0	0.3	1.0	0.3				
Sisma Trasv con 2 LM71	Etrasv												0.3	1.0	0.3	1.0				
Sisma Vert con 2 LM71	Evert												0.3	0.3	-0.3	-0.3				
p.p. spalla	SP_Gk1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.35	1.35	1.35	1.35	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
spalla sisma long	SP_Elong												1.0	1.0	1.0	1.0				
spalla sisma trasv	SP_Etrasv												0.2	0.2	0.0	0.0				
spalla sisma vert	SP_Evert												0.2	0.2	0.2	0.2				
p.p. rinterro	SP_Gk2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.25
rinterro spinta esercizio	SP_Gk2_h	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.25
rinterro sisma long	SP_Gk2_Elong												1.0	1.0	1.0	1.0				
rinterro sisma trasv	SP_Gk2_Etrasv												0.2	0.2	0.0	0.0				
rinterro sisma vert	SP_Gk2_Evert												0.2	0.2	0.2	0.2				
permanente	SP_Gk3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.25
permanente spinta esercizio	SP_Gk3_h	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.25
accidentale	SP_Qk	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6	0.8	0.8	1.45	1.45	1.45	1.45	0.2	0.2	0.0	0.0	1.25	1.25	1.25
accidentale spinta esercizio	SP_Qk_h	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	0.6	0.8	0.8	1.45	1.45	1.45	1.45	0.2	0.2	0.2	0.2	1.25	1.25	1.25

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 67 di 104

## 8 MODELLO DI CALCOLO

### 8.1 Descrizione del modello di calcolo

Entrambe le spalle sono state analizzate mediante l'uso di modelli agli elementi finiti (FEM) tridimensionali, rispettosi della reale geometria dell'opera e dei carichi applicati. Tali modelli fanno uso quasi esclusivo di elementi finiti piani di tipo lastra-piastra (shell).

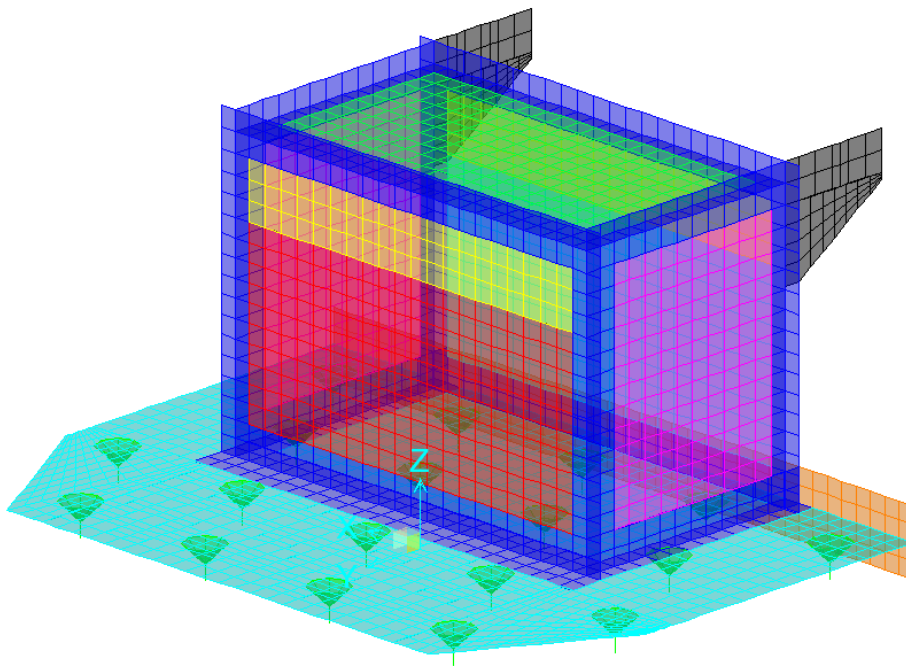


Figura 14 – Vista del modello 3D con discretizzazione degli elementi finiti

Le porzioni di intersezione tra i muri (frontale/laterale) e tra essi e la fondazione, sono state esplicitamente considerate al fine di considerare il loro peso una volta sola ed agevolare le successive verifiche, evitando di sovrastimare le sollecitazioni agenti, mediante la lettura delle sollecitazioni al filo delle carpenterie. Similmente si sono adoperati elementi fittizi verticali di elevata flessibilità posti a tergo della spalla al fine di poter applicare le spinte agenti sull'intera porzione di carpenteria pertinente e non sottostimare il taglio sui pali.

La risultanti dei carichi derivanti dall'impalcato (N, MT, VT, VL) sono state applicate al modello mediante l'ausilio di un elemento asta (frame) dotato di carichi distribuiti la cui risultante è unitaria. L'elemento asta è collegato al muro frontale mediante elementi lastra-piastra di dimensioni opportune, tali da applicare la corretta eccentricità verticale rispetto al baricentro del muro.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 68 di 104

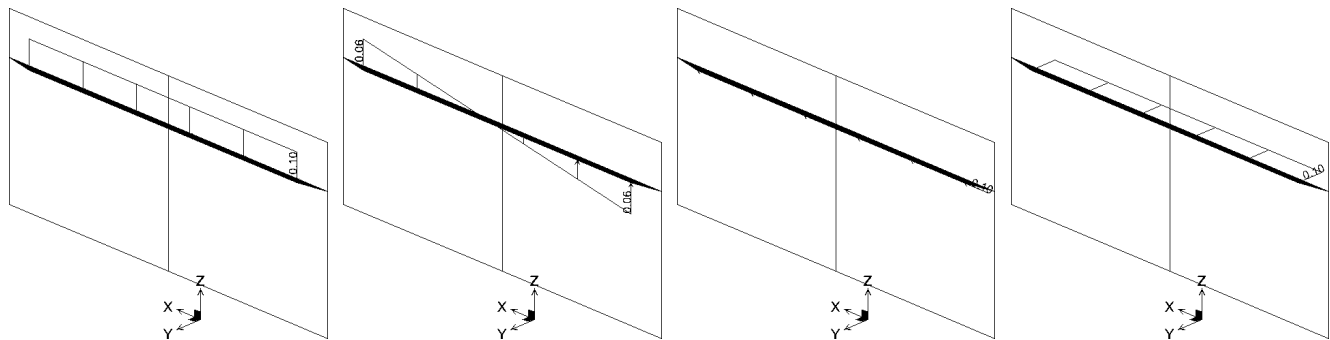


Figura 15 – Modello di calcolo: elementi fittizi per applicazione dei carichi derivanti dall'impalcato: N, MT, VT, VL

Il sistema di riferimento adottato è una terna destrorsa con l'asse delle Z positivo verso l'alto e l'asse X parallelo alla direzione trasversale dell'opera; l'origine è posta all'intradosso della fondazione nel baricentro della palificata.

Nel modello è stata modellata in via approssimata la presenza dei pali, al fine di cogliere meglio gli effetti sul plinto di fondazione. In particolare è stato modellato l'ingombro di ciascun palo così da evitare concentrazioni di tensioni spurie sugli elementi del plinto. La congruenza tra plinto e pali è realizzata in automatico dal programma di calcolo mediante speciali vincoli cinematici tra gli elementi lastra-piastra e i nodi che sopra essi ricadono (edge constraint). La parte terminale del palo, corrispondente all'intradosso del plinto, ha degli svincoli flessionali e torsionali, così che il palo possa trasmettere solo sforzo normale e tagli. Il vincolo relativo al palo è di tipo flessibile, assimilabile a quanto si otterrebbe mediante ripartizione rigida delle sollecitazioni sui pali.

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	69 di 104

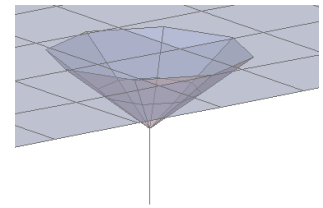
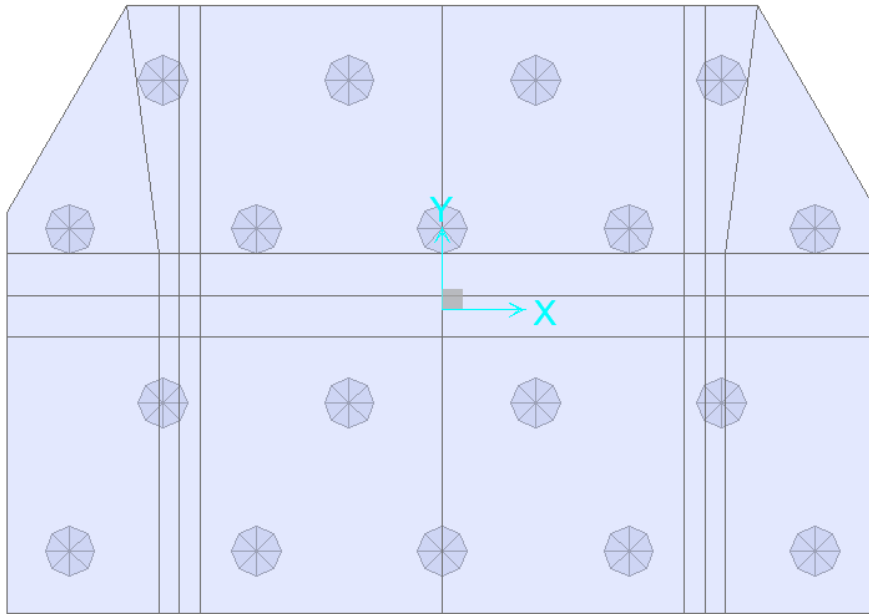


Figura 16 - Modello di calcolo: pali e vincoli

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	70 di 104

## 8.2 Risultati del modello di calcolo

### 8.2.1 Reazioni globali

Le reazioni globali agenti ad intradosso fondazione nel riferimento baricentrico dei pali sono:

RIEPILOGO SCARICHI INTRADOSSO FONDAZIONE BARICENTRO PALI							
Condizione		N	ML	MT	TL	TT	
		[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	
CARICHI ELEMENTARI IMPALCATO	Permanenti strutturali	G1	3303.0	1156.1	0.0	0.0	0.0
	Permanenti NON strutturali	G2	2677.0	937.0	0.0	0.0	0.0
	Traffico - 1LM71	Q1,1a	2023.7	708.3	-3885.4	0.0	0.0
	Traffico - 1SW2	Q1,1b	2253.8	788.8	-4507.5	0.0	0.0
	Traffico - 2 LM71	Q1,2a	4047.3	1416.6	-323.8	0.0	0.0
	Traffico - 1 LM72 + 1 SW2	Q1,2b	4277.4	1497.1	-622.1	0.0	0.0
	Carico variabile 1 Marciapiede	Qm1	222.5	77.9	-1143.6	0.0	0.0
	Carico variabile 2 Marciapiedi	Qm2	445.0	155.8	-44.5	0.0	0.0
	Carico Avviamento	Qa	130.6	6852.0	0.0	-907.6	0.0
	Frenatura LM71	Qf1	79.1	4152.7	0.0	-550.0	0.0
	Frenatura SW2	Qf2	125.9	6606.6	0.0	-875.1	0.0
	Centrifuga 1 LM71	Qc1a	0.0	0.0	-1769.7	0.0	-140.7
	Centrifuga 2 LM71	Qc1b	0.0	0.0	-3539.3	0.0	-281.3
	Centrifuga SW2	Qc2	0.0	0.0	-785.7	0.0	-62.5
	Serpeggio 1 treno	QS1	0.0	0.0	-1185.8	0.0	-110.0
	Serpeggio 2 treni	QS2	0.0	0.0	-2371.6	0.0	-220.0
	Vento	Qw	0.0	0.0	-3680.5	0.0	-325.7
	Azioni aerodinamiche 1 treno	Qae1	0.0	0.0	-294.0	0.0	-22.1
	Azioni aerodinamiche 2 treni	Qae2	0.0	0.0	-331.4	0.0	-44.2
	Sisma Long con 2 LM71	Elong	548.0	36852.2	0.0	-4888.4	0.0
Sisma Trasv con 2 LM71	Etrasv	0.0	0.0	-24575.7	0.0	-2443.7	
Sisma Vert con 2 LM71	Evert	1220.0	427.0	0.0	0.0	0.0	

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	71 di 104

RIEPILOGO SCARICHI INTRADOSSO FONDAZIONE BARICENTRO PALI

Condizione		N	ML	MT	TL	TT	
		[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]	
CARICHI ELEMENTARI SPALLA	p.p. spalla	SP_Gk1	27051.4	-41679.4	0.1	0.0	0.0
	spalla sisma long	SP_Elong	0.0	34960.0	0.0	-9739.2	0.0
	spalla sisma trasv	SP_Etrasv	0.0	0.0	-34958.0	0.0	-9737.3
	spalla sisma vert	SP_Evert	4869.3	-7502.3	0.0	0.0	0.0
	p.p. rinterro	SP_Gk2	4008.8	-6273.2	0.0	0.0	0.0
	rinterro spinta esercizio	SP_Gk2_h	0.0	21157.6	0.0	-6818.7	0.0
	rinterro sisma long	SP_Gk2_Elong	0.0	78645.9	-0.1	-15524.5	0.0
	rinterro sisma trasv	SP_Gk2_Etrasv	0.0	0.0	-7078.6	0.0	-718.6
	rinterro sisma vert	SP_Gk2_Evert	864.2	-3277.7	0.0	0.0	0.0
	permanente	SP_Gk3	1067.0	-3734.6	0.0	0.0	0.0
	permanente spinta esercizio	SP_Gk3_h	0.0	4596.0	0.0	-879.7	0.0
	accidentale	SP_Qk	2667.6	-9336.6	0.0	0.0	0.0
	accidentale spinta esercizio	SP_Qk_h	0.0	7128.9	0.0	-1364.5	0.0

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	72 di 104

RIEPILOGO SCARICHI INTRADOSSO FONDAZIONE BARICENTRO PALI

Condizione		N	ML	MT	TL	TT
		[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
SLE-rara	01_SLE1	45283.0	-19004.7	-8809.9	-9791.6	-740.9
	02_SLE2	45664.7	-10967.9	-5495.1	-10845.4	-429.0
	03_SLE3	43041.8	-21851.6	-10257.9	-9516.6	-468.1
	04_SLE4	43271.9	-21771.1	-9896.1	-9516.6	-389.9
SLE-frequente	05_SLS1	42412.7	-20939.0	-3960.9	-8954.3	-327.3
	06_SLS2	42641.7	-16117.0	-1972.0	-9586.6	-140.2
	07_SLS3	42054.9	-22249.4	-6439.7	-9152.9	-218.2
	08_SLS4	42239.0	-22185.0	-6150.2	-9152.9	-155.6
SLU	09_SLU1	63030.4	-22664.1	-9574.1	-14582.7	-790.9
	10_SLU2	63583.9	-11010.7	-4767.7	-16110.8	-338.8
	11_SLU3	59771.7	-26795.3	-11717.7	-14183.9	-395.5
	12_SLU4	60105.4	-26678.5	-11193.1	-14183.9	-282.1
SLV	13_SLV1	42617.9	120060.4	-20048.5	-37850.5	-3869.9
	14_SLV2	42234.2	14739.7	-66677.0	-16744.0	-12899.6
	15_SLV3	37378.7	130006.8	-20048.5	-37850.5	-3869.9
	16_SLV4	36995.1	24686.1	-66677.1	-16744.0	-12899.6
GEO	17_GEO1	52755.1	-33366.5	-8253.8	-10918.8	-681.8
	18_GEO2	53232.3	-23320.5	-4110.3	-12236.1	-292.0
	19_GEO3	49944.7	-36928.4	-10107.8	-10575.0	-340.9
	20_GEO4	50232.3	-36827.7	-9655.5	-10575.0	-243.2

COMBINAZIONI DI CARICO



	<p><b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b>  <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b>  <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b>  <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>												
<p><b>Spalla fissa S1: 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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>73 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	73 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	73 di 104								

### 8.2.2 Sollecitazioni sugli elementi.

Di seguito si riportano i grafici dei diagrammi di sollecitazione e le tabelle delle massime sollecitazioni ottenute dalle analisi per le sezioni oggetto di verifica.

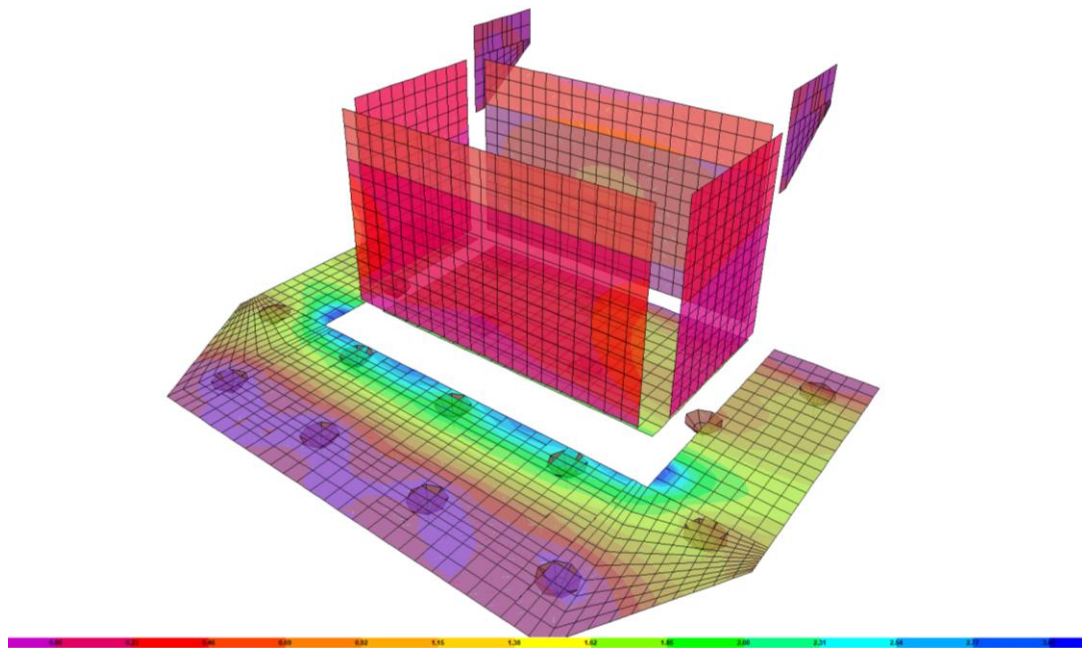


Figura 17 – Involuppo delle sollecitazione positive M22 – Range da 0 a -3000 kNm/m.

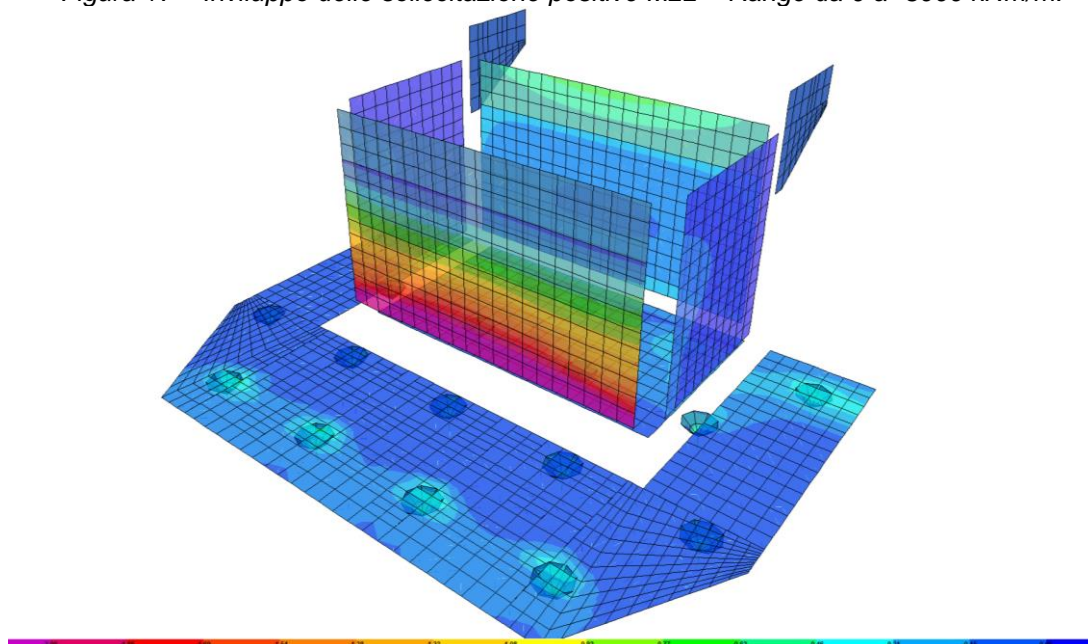


Figura 18 – Involuppo delle sollecitazione negative M22 – Range da 0 -1500 kNm/m.

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	74 di 104

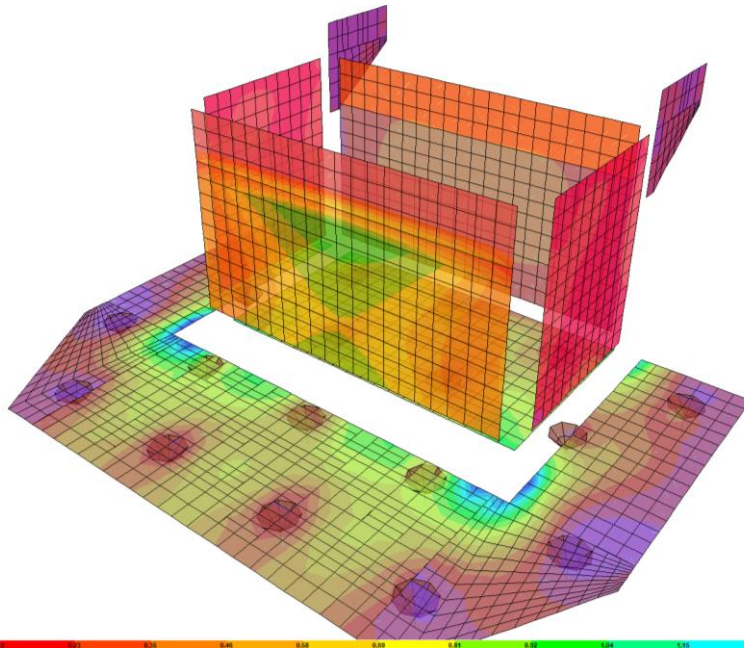


Figura 19 – Involuppo delle sollecitazione massime positive M11 – Range da 0 a 1500kNm/m.

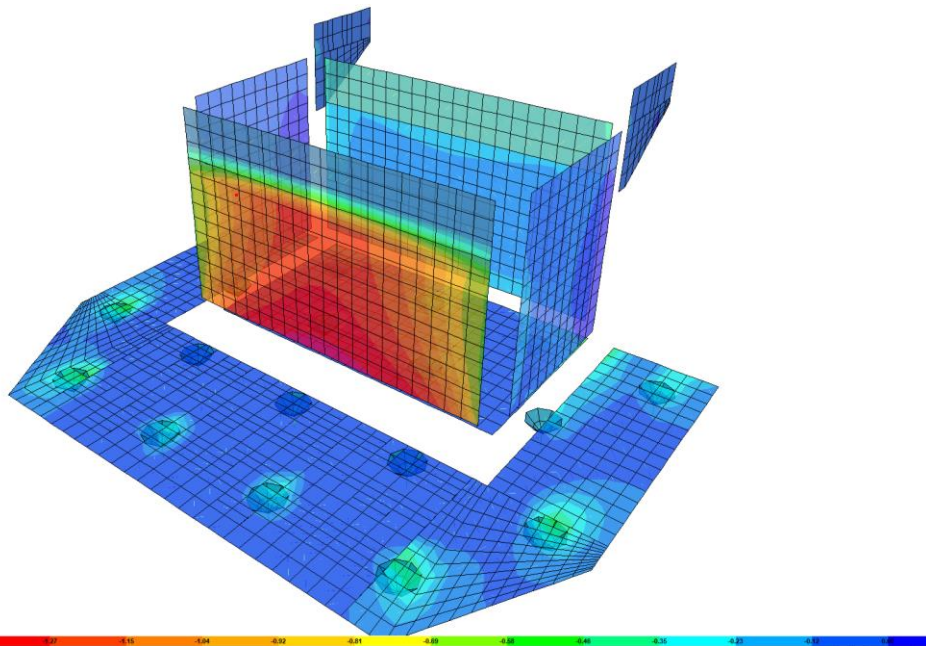


Figura 20 – Involuppo delle sollecitazione massime negative M11 – Range da 0 -1500 kNm/m.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA <b>IF26</b>	LOTTO <b>12 E ZZ</b>	CODIFICA <b>CL</b>	DOCUMENTO <b>VI0504 001</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>75 di 104</b>

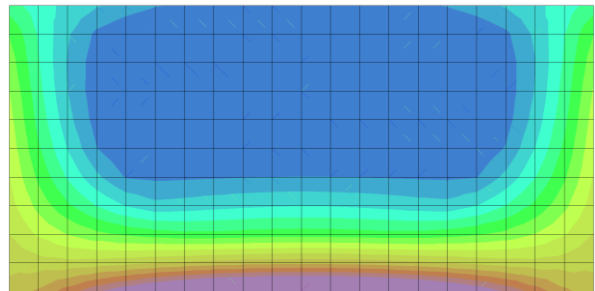
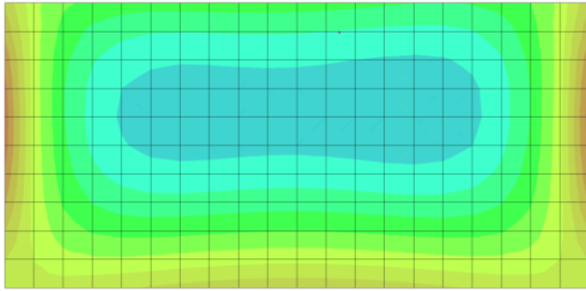


Figura 21 – Involuppo delle sollecitazione massime negative del solettone M11(lato sx) ed M22 (lato dx) – Range da 0 a -400kNm/m.

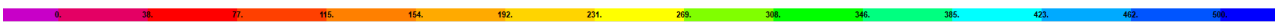
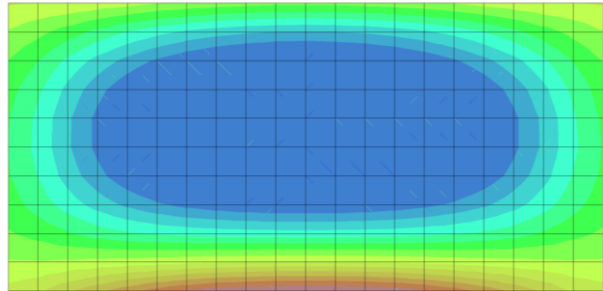
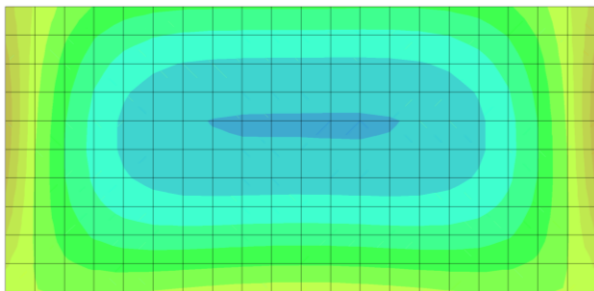


Figura 22 – Involuppo delle sollecitazione massime positive del solettone M11(lato sx) ed M22 (lato dx) – Range da 0 a 500kNm/m.

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

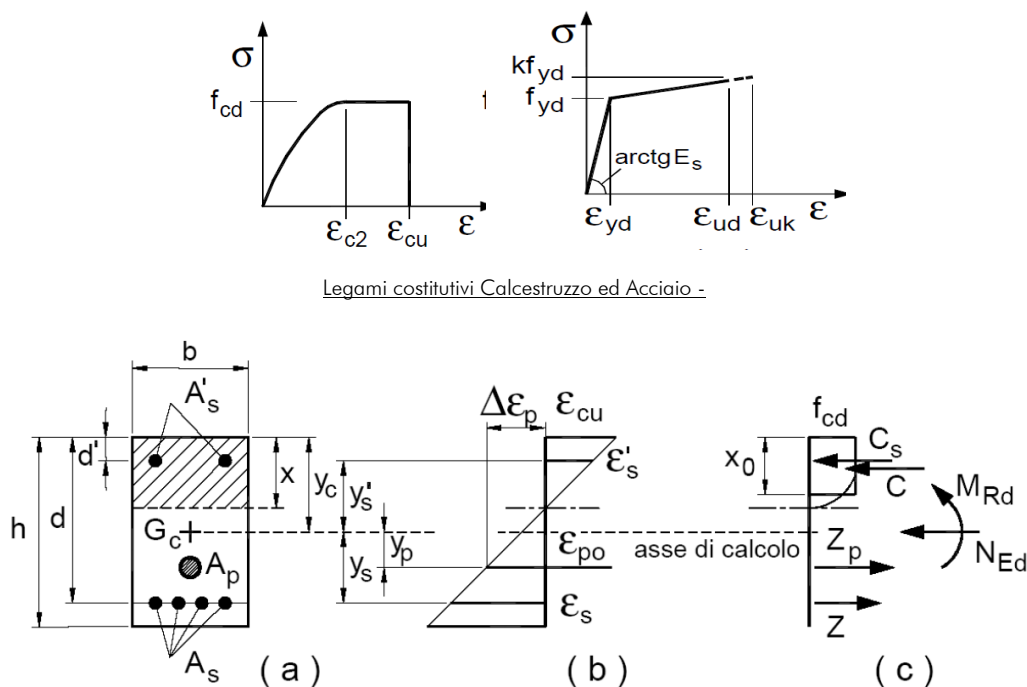
## 9 CRITERI GENERALI PER LE VERIFICHE STRUTTURALI

I criteri generali di verifica utilizzati per la valutazione delle capacità resistenti delle sezioni, per la condizione SLU, e per le massime tensioni nei materiali nonché per il controllo della fessurazione, relativamente agli SLE, sono quelli definiti al p.to 4.1.2 del DM 14.01.08.

### 9.1 VERIFICHE ALLO SLU

#### 9.1.1 Pressoflessione

La determinazione della capacità resistente a flessione/pressoflessione della generica sezione, viene effettuata con i criteri di cui al punto 4.1.2.1.2.4 delle NTC08, secondo quanto riportato schematicamente nelle figure seguito, tenendo conto dei valori delle resistenze e deformazioni di calcolo riportate al paragrafo dedicato alle caratteristiche dei materiali:



Schema di riferimento per la valutazione della capacità resistente a pressoflessione generica sezione -

La verifica consisterà nel controllare il soddisfacimento della seguente condizione:

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 77 di 104

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

dove

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

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

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

### 9.1.2 Taglio

La resistenza a taglio  $V_{Rd}$  della membratura priva di armatura specifica risulta pari a:

$$V_{Rd} = \left\{ 0.18 \cdot k \cdot \frac{(100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}}{\gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b_w d$$

Dove:

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

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

$$\rho_1 = A_{sw}/(b_w \cdot d)$$

$d$  = altezza utile per piedritti soletta superiore ed inferiore;

$b_w$  = 1000 mm larghezza utile della sezione ai fini del taglio.

In presenza di armatura, invece, la resistenza a taglio  $V_{Rd}$  è il minimo tra la resistenza a taglio trazione  $V_{Rsd}$  e la resistenza a taglio compressione  $V_{Rcd}$

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

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

Essendo:

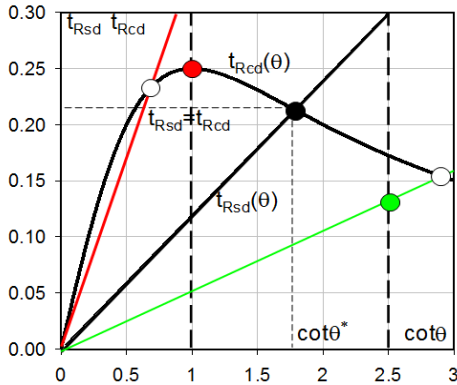
$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2,5$$

Per quanto riguarda in particolare le verifiche a taglio per elementi armati a taglio, si è fatto riferimento al metodo del traliccio ad inclinazione variabile, in accordo a quanto prescritto al punto 4.1.2.1.3 delle NTC08, considerando ai fini delle verifiche, un angolo  $\theta$  di inclinazione delle bielle compresse del traliccio resistente tale da rispettare la condizione.

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	78 di 104

$$1 \leq \cot \theta \leq 2,5 \quad 45^\circ \geq \theta \geq 21.8^\circ$$



- Se la  $\cot \theta^*$  è compresa nell'intervallo (1,0-2,5) è possibile valutare il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd}=V_{Rsd})$
- Se la  $\cot \theta^*$  è maggiore di 2,5 la crisi è da attribuirsi all'armatura trasversale e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rsd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle armature trasversali valutabile per una  $\cot \theta = 2,5$ .
- Se la  $\cot \theta^*$  è minore di 1,0 la crisi è da attribuirsi alle bielle compresse e il taglio resistente  $V_{Rd}(=V_{Rcd})$  coincide con il massimo taglio sopportato dalle bielle di calcestruzzo valutabile per una  $\cot \theta = 1,0$ .

L'angolo effettivo di inclinazione delle bielle ( $\theta$ ) assunto nelle verifiche è stato in particolare valutato, nell'ambito di un problema di verifica, tenendo conto di quanto di seguito indicato :

$$\cot \theta^* = \sqrt{\frac{v \cdot \alpha_c}{\omega_{sw}} - 1}$$

(  $\theta^*$  angolo di inclinazione delle bielle cui corrisponde la crisi contemporanea di bielle compresse ed armature)

dove

$$v = f'_{cd} / f_{cd} = 0.5$$

$f'_{cd}$  = resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima

$f_{cd}$  = resistenza a compressione di calcolo del calcestruzzo d'anima

$\alpha_c$	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 $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

$\omega_{sw}$  : Percentuale meccanica di armatura trasversale.

$$\omega_{sw} = \frac{A_{sw} f_{yd}}{b s f_{cd}}$$

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B	FOGLIO 79 di 104

## 9.2 VERIFICA SLE

La verifica nei confronti degli Stati limite di esercizio, consiste nel controllare, con riferimento alle sollecitazioni di calcolo corrispondenti alle Combinazioni di Esercizio il tasso di Lavoro nei Materiali e l'ampiezza delle fessure attesa, secondo quanto di seguito specificato

### 9.2.1 Verifiche alle tensioni

La verifica delle tensioni in esercizio consiste nel controllare il rispetto dei limiti tensionali previsti per il calcestruzzo e per l'acciaio per ciascuna delle combinazioni di carico caratteristiche "Rara" e "Quasi Permanente"; i valori tensionali nei materiali sono valutati secondo le note teorie di analisi delle sezioni in c.a. in campo elastico e con calcestruzzo "non reagente" adottando come limiti di riferimento, trattandosi nel caso in specie di opere Ferroviarie, quelli indicati nel documento " Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario RFI DTC INC PO SP IFS 001 A del 30-12-16 ", ovvero:

#### Strutture in c.a.

##### Tensioni di compressione del calcestruzzo

Devono essere rispettati i seguenti limiti per le tensioni di compressione nel calcestruzzo:

- per combinazione di carico caratteristica (rara):  $0,55 f_{ck}$ ;
- per combinazioni di carico quasi permanente:  $0,40 f_{ck}$ ;
- per spessori minori di 5 cm, le tensioni normali limite di esercizio sono ridotte del 30%.

##### Tensioni di trazione nell'acciaio

Per le armature ordinarie, la massima tensione di trazione sotto la combinazione di carico caratteristica (rara) non deve superare  $0,75 f_{yk}$ .

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>80 di 104</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	80 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	80 di 104								

### 9.2.2 Verifiche a fessurazione

La verifica a fessurazione consiste nel controllo dell'ampiezza massima delle fessure per le combinazioni di carico di esercizio i cui valori limite sono stabiliti, nell'ambito del progetto di opere ferroviarie, nel documento RFI DTC SICS MA IFS 001 A – 2.5.1.8.3.2.4 (*Manuale di progettazione delle opere civili del 30/12/2016*).

In particolare l'apertura convenzionale delle fessure  $\delta_f$  dovrà rispettare i seguenti limiti:

$\delta_f \leq w_1 = 0.2 \text{ mm}$  per tutte le strutture in condizioni ambientali aggressive o molto aggressive (così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008 – Tab 4.1.III), per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;

$\delta_f \leq w_2 = 0.3 \text{ mm}$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie.

**Tabella 4.1.III** – *Descrizione delle condizioni ambientali*

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 4.1.III – DM 14.01.2008

In definitiva, nel caso in esame, con riferimento alle indicazioni della tabella di cui in precedenza, si adotta il limite **w1=0,20 mm** sia per le parti in elevazione che per quelle in fondazione, in quanto in entrambi i casi trattasi di strutture a permanente contatto col terreno.



  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### 9.2.3 Muro frontale

#### Muro frontale –armatura verticale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato M10-91. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=2000mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 22/100$  + II stato :  $\phi 22/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 22/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 16/400 \times 400$

#### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	1447	-1280	-494	2.70	-28.6	
SLE Nmax	1956	-1280	-494	2.77	-15.9	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	1351	-1039	-420	2.21	-18.2	-0.67
SLS Nmax	1648	-1039	-420	2.26	-11.7	-0.54
			[MPa]	<b>2.77</b>	<b>-28.6</b>	<b>-0.67</b>

#### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	2015	-1884	-717	3.80
SLU Nmax	2754	-1884	-717	4.13
SLU Nmin	2080	-2314	-1242	3.12
SLU Nmax	2692	-2314	-1242	3.34
				<b>3.12</b>

#### Resistenza a taglio

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	16	$V_{Rcd}$ [kN]	5415	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
s1 [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	2129	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
s2 [mm]	400	$V_R$ [kN]	2129	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	1242	$CS_V$ <b>1.71</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### Muro frontale –armatura orizzontale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato M10-61. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=2000mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 22/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 22/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 16/400 \times 400$

### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$		
SLE N min	103	-832	104	2.01	-108.5		
SLE Nmax	253	-832	104	2.05	-91.3	$\sigma_{traz,el}$	
SLS Nmin	100	-696	91	1.69	-89.1	-0.86	
SLS Nmax	212	-696	91	1.72	-76.3	-0.81	
				[MPa]	<b>2.05</b>	<b>-108.5</b>	<b>-0.86</b>

### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	137	-1238	154	2.34
SLU Nmax	356	-1238	154	2.50
SLU Nmin	292	-626	40	4.85
SLU Nmax	354	-626	40	4.94
				<b>2.34</b>

### Resistenza a taglio

	$ctg \theta$			
		2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$	
$\phi$ [mm]	16	$V_{Rcd}$ [kN]	5428	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	2134	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	2134	$\min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	154	$CS_V$ <b>13.89</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### 9.2.4 Muro paraghiaia

#### Muro paraghiaia –armatura verticale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato P4-1. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52MPa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=500mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 22/200$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 22/200$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

#### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	148	-74	-59	2.72	-64.2	
SLE Nmax	293	-74	-59	2.64	-33.9	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	127	-66	-55	2.45	-59.7	-1.13
SLS Nmax	276	-66	-55	2.38	-28.6	-0.87
			[MPa]	<b>2.72</b>	<b>-64.2</b>	<b>-1.13</b>

#### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	205	-110	-86	3.12
SLU Nmax	391	-110	-86	3.44
SLU Nmin	82	57	-32	5.59
SLU Nmax	242	57	-32	6.14
				<b>3.12</b>

#### Resistenza a taglio

	ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$	
$\phi$ [mm]	12	$V_{Rcd}$ [kN]	1207	$0.9 b_w d \alpha_c f_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	267	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	267	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	86	$CS_V$ <b>3.10</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### Muro paraghiaia –armatura orizzontale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato P4-1. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=500mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 22/200$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 22/200$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$		
SLE N min	59	-26	-1	0.98	-21.7		
SLE Nmax	326	-26	-1	1.13	3.0	$\sigma_{traz,el}$	
SLS Nmin	58	-23	-1	0.86	-17.8	-0.37	
SLS Nmax	309	-23	-1	1.03	3.2	0.08	
				[MPa]	<b>1.13</b>	<b>-21.7</b>	<b>-0.37</b>

### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	77	-40	-2	8.01
SLU Nmax	420	-40	-2	9.67
SLU Nmin	-152	13	1	20.62
SLU Nmax	216	13	1	26.19
				<b>8.01</b>

### Resistenza a taglio

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	12	$V_{Rcd}$ [kN]	1207	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	267	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	267	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	2	$CS_V$ <b>162.23</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

## 9.2.5 Muro andatore

### Muro andatore–armatura verticale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato A20-1. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52MPa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=1000mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 20/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 20/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	488	-195	-395	1.64	-15.4	
SLE Nmax	839	-195	-395	1.76	-1.7	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	448	-166	-343	1.40	-11.1	-0.42
SLS Nmax	765	-166	-343	1.53	-0.4	-0.13
				<b>1.76</b>	<b>-15.4</b>	<b>-0.42</b>

[MPa]

### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	644	-282	-576	4.84
SLU Nmax	1159	-282	-576	5.59
SLU Nmin	29	-106	-205	10.39
SLU Nmax	1010	-106	-205	14.34
				<b>4.84</b>

### Resistenza a taglio

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	16	$V_{Rcd}$ [kN]	2617	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	1029	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	1029	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	576	$CS_V$ <b>1.79</b>

### Muro andatore–armatura orizzontale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato A20-1. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52MPa, pertanto non si ha apertura di fessure.

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	86 di 104

Caratteristiche geometriche : H=1000mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 20/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 20/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

**Verifica tensioni in esercizio**

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	415	-150	-328	1.26	-9.3	
SLE Nmax	993	-150	-328	1.65	4.0	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	406	-130	-286	1.10	-5.8	-0.28
SLS Nmax	842	-130	-286	1.42	3.2	0.12
			[MPa]	<b>1.65</b>	<b>-9.3</b>	<b>-0.28</b>

**Resistenza a flessione**

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	643	-216	-463	6.32
SLU Nmax	1493	-216	-463	7.95
SLU Nmin	1383	-120	-331	13.89
SLU Nmax	3605	-120	-331	20.69
				<b>6.32</b>

**Resistenza a taglio**

	$ctg \theta$			
	16	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$	
$\phi$ [mm]	16	$V_{Rcd}$ [kN]	2617	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	1029	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	1029	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	463	$CS_V$ <b>2.22</b>

**9.2.6 Muro posteriore**

Muro chiusura posteriore–armatura verticale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato N9-97. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=1000mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 20/100$

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	87 di 104

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 20/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	280	256	38	2.20	-56.6	
SLE Nmax	426	256	38	2.19	-39.3	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	247	234	34	2.01	-52.9	-0.94
SLS Nmax	407	234	34	2.00	-34.2	-0.79
			[MPa]	<b>2.20</b>	<b>-56.6</b>	<b>-0.94</b>

Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	390	385	55	3.26
SLU Nmax	569	385	55	3.46
SLU Nmin	167	486	-18	2.39
SLU Nmax	368	486	-18	2.57
				<b>2.39</b>

Resistenza a taglio

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	12	$V_{Rcd}$ [kN]	2617	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	579	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	579	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	55	$CS_V$ <b>10.46</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### Muro chiusura posteriore–armatura orizzontale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato N9-97. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=1000mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 20/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 20/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	45	187	-4	1.53	-63.0	
SLE Nmax	231	187	-4	1.60	-37.9	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	49	166	-4	1.37	-54.8	-0.78
SLS Nmax	229	166	-4	1.43	-30.9	-0.62
				[MPa] <b>1.60</b>	<b>-63.0</b>	<b>-0.78</b>

### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	60	279	-6	3.99
SLU Nmax	292	279	-6	4.35
SLU Nmin	45	263	-13	4.20
SLU Nmax	222	263	-13	4.50
				<b>3.99</b>

### Resistenza a taglio

	$ctg \theta$			
	2.50			$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	12	$V_{Rcd}$ [kN]	2617	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	579	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	579	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	13	$CS_V$ <b>44.01</b>



  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

## 9.2.7 Fondazione

### Fondazione–armatura longitudinale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato F24-1. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.31Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=2000mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 26/100$  + II stato  $\phi 26/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 26/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 18/400 \times 400$

### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	-117	2134	1302	3.30	-119.8	
SLE Nmax	458	2134	1302	3.59	-97.0	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	-71	1792	1099	2.79	-99.4	-2.03
SLS Nmax	403	1792	1099	3.02	-80.8	-1.84
			[MPa]	<b>3.59</b>	<b>-119.8</b>	<b>-2.03</b>

### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	-163	3031	1829	2.46
SLU Nmax	699	3031	1829	2.70
SLU Nmin	297	3524	2016	2.22
SLU Nmax	817	3524	2016	2.35
				<b>2.22</b>

### Resistenza a taglio

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	18	$V_{Rcd}$ [kN]	4731	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
s1 [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	2691	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
s2 [mm]	400	$V_R$ [kN]	2691	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	2016	$CS_V$ <b>1.33</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### Fondazione–armatura trasversale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato F30-141. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.31Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=2000mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 26/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 26/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 18/400 \times 400$

### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	-18	935	-244	1.85	-99.4	
SLE Nmax	40	935	-244	1.89	-94.4	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	-13	793	-234	1.57	-84.1	-0.99
SLS Nmax	34	793	-234	1.60	-80.1	-0.97
			[MPa]	<b>1.89</b>	<b>-99.4</b>	<b>-0.99</b>

### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	-25	1311	-347	2.92
SLU Nmax	59	1311	-347	2.98
SLU Nmin	15	1371	-266	2.82
SLU Nmax	159	1371	-266	2.91
				<b>2.82</b>

### Resistenza a taglio

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	18	$V_{Rcd}$ [kN]	4744	$0.9 b_w d \alpha_c f_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	2698	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	2698	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	347	$CS_V$ <b>7.79</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### 9.2.8 Solettone

#### Solettone–armatura longitudinale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato S7-50. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52MPa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=1200mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 26/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 26/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

#### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	3	413	-45	1.88	-75.1	
SLE Nmax	165	413	-45	1.99	-61.7	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	-6	361	-39	1.63	-66.4	-1.16
SLS Nmax	154	361	-39	1.74	-53.1	-1.04
			[MPa]	<b>1.99</b>	<b>-75.1</b>	<b>-1.16</b>

#### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	41	586	-66	3.83
SLU Nmax	242	586	-66	4.01
SLU Nmin	45	211	-37	10.62
SLU Nmax	337	211	-37	11.35
				<b>3.83</b>

#### Resistenza a taglio

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	12	$V_{Rcd}$ [kN]	3171	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	701	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	701	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	66	$CS_V$ <b>10.58</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### Solettone–armatura trasversale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato S8-31. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=1200mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 26/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 26/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

### **Verifica tensioni in esercizio**

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$		
SLE N min	-926	306	-6	0.00	-141.9		
SLE Nmax	86	306	-6	1.45	-48.6	$\sigma_{traz,el}$	
SLS Nmin	-928	260	-5	0.00	-133.9	-1.51	
SLS Nmax	68	260	-5	1.23	-41.7	-0.78	
				[MPa]	<b>1.45</b>	<b>-141.9</b>	<b>-1.51</b>

### **Resistenza a flessione**

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	-1108	441	-8	3.70
SLU Nmax	122	441	-8	5.18
SLU Nmin	-1016	105	1	15.95
SLU Nmax	21	105	1	21.19
				<b>3.70</b>

### **Resistenza a taglio**

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	12	$V_{Rcd}$ [kN]	3171	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	701	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	701	$\min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	8	$CS_V$ <b>88.03</b>

### Solettone–armatura longitudinale sezione attacco

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato S7-100. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	93 di 104

Caratteristiche geometriche : H=1200mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 26/100$

Armatura verticale compressa: I stato :  $\phi 26/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

**Verifica tensioni in esercizio**

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	150	-270	-310	1.32	-36.9	
SLE Nmax	220	-270	-310	1.35	-31.6	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	130	-241	-278	1.18	-33.2	-0.67
SLS Nmax	205	-241	-278	1.21	-27.5	-0.62
			[MPa]	<b>1.35</b>	<b>-36.9</b>	<b>-0.67</b>

**Resistenza a flessione**

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	234	-405	-444	5.79
SLU Nmax	325	-405	-444	5.91
SLU Nmin	237	-302	-231	7.75
SLU Nmax	597	-302	-231	8.36
				<b>5.79</b>

**Resistenza a taglio**

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	12	$V_{Rcd}$ [kN]	3171	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	701	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	701	$\min (V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	444	$CS_V$ <b>1.58</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### 9.2.1 Bandiere

#### Bandiere – armatura orizzontale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato O11. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52MPa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche :	H=820mm (altezza) B=1000mm (base)
Armatura verticale tesa :	I stato $\phi 20/100$
Armatura verticale compressa:	I stato $\phi 20/100$
Armatura a taglio (spille):	$\phi 12/400 \times 400$

#### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	-568	-133	146	0.00	-152.9	
SLE Nmax	-348	-133	146	0.75	-117.3	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	-562	-121	135	0.00	-146.3	-1.49
SLS Nmax	-355	-121	135	0.51	-113.0	-1.27
			[MPa]	<b>0.75</b>	<b>-152.9</b>	<b>-1.49</b>

#### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	-763	-196	214	3.05
SLU Nmax	-474	-196	214	3.57
SLU Nmin	-595	-76	145	8.63
SLU Nmax	-348	-76	145	9.78
				<b>3.05</b>

#### Resistenza a taglio

	ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$	
$\phi$ [mm]	12	$V_{Rcd}$ [kN]	$2110$	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	467	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	467	$\min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	214	$CS_V$ <b>2.18</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### Bandiere – armatura verticale

Le verifiche sono condotte con riferimento all'elemento più sollecitato O11. Di seguito le caratteristiche della sezione e le verifiche. La tensione di trazione del calcestruzzo con la sezione interamente reagente è inferiore al limite di fessurazione -2.52Mpa, pertanto non si ha apertura di fessure.

Caratteristiche geometriche : H=820mm (altezza) B=1000mm (base)

Armatura verticale tesa : I stato  $\phi 20/100$

Armatura verticale compressa: I stato  $\phi 20/100$

Armatura a taglio (spille):  $\phi 12/400 \times 400$

### Verifica tensioni in esercizio

Combo	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$\sigma_{cls}$	$\sigma_{acc}$	
SLE N min	-36	-21	-125	0.18	-15.7	
SLE Nmax	14	-21	-125	0.25	-8.0	$\sigma_{traz,el}$
SLS Nmin	-34	-20	-115	0.17	-14.8	-0.18
SLS Nmax	13	-20	-115	0.24	-7.6	-0.13
			[MPa]	<b>0.25</b>	<b>-15.7</b>	<b>-0.18</b>

### Resistenza a flessione

	N [kN]	M [kNm]	V [kN]	$CS_M$
SLU N min	-49	-29	-176	29.74
SLU Nmax	17	-29	-176	30.57
SLU Nmin	-24	-20	-80	42.70
SLU Nmax	29	-20	-80	43.62
				<b>29.74</b>

### Resistenza a taglio

		ctg $\theta$	2.50	$1.0 \leq \dots \leq 2.5$
$\phi$ [mm]	12	$V_{Rcd}$ [kN]	2110	$0.9 b_w d \alpha_c f'_{cd} ctg / (1 + ctg^2)$
$s_1$ [mm]	400	$V_{Rsd}$ [kN]	467	$A_s / s f_{yd} 0.9 d ctg$
$s_2$ [mm]	400	$V_R$ [kN]	467	$\min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$
		$V_E$ [kN]	176	$CS_V$ <b>2.65</b>

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>96 di 104</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	96 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	96 di 104								

### 9.3 Palificata

Le sollecitazioni agenti nei pali di fondazione, sono state dedotte dal modello di calcolo e corrispondono, con ragionevole approssimazione, a quanto si otterrebbe mediante una ripartizione rigida delle azioni globali.

#### 9.3.1 Reazioni globali massime

Le massime azioni agenti in testa ai pali sono:

	Max N(kn)	Min N (kN)	V (kN)
SLE	2705	2088	625
SLS	3238	2064	769
SLU	3778	2986	925
SLV	4837	-678	2271
GEO	3250	2238	705



Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	97 di 104

## 9.4 Verifiche strutturali pali di fondazione

### Geometria dell'armatura

<u>GEOMETRIA DELLA SEZIONE</u>		
Diametro del palo =	1500	mm
Copriferro netto c =	60	mm
Classe di resistenza calcestruzzo =	C25/30	Mpa
Classe di resistenza delle barre =	B450C	MPa
<u>ARMATURA PER I PRIMI 10 Ø</u>		
<i>1° strato di armatura longitudinale</i>		
Numero barre long.	56	-
Diametro eq. barre long.	30	mm
Copriferro baricentrico arm. long. c' =	89	mm
<i>2° strato di armatura longitudinale</i>		
Numero barre long.	28	-
Diametro barre long.	30	mm
Copriferro baricentrico arm. long. c' =	145	mm
<i>Armatura trasversale</i>		
Diametro barre trasv.	14	mm
Passo arm. trasv.	125	mm
Diametro corona esterna =	1366	mm
<u>VERIFICA ARMATURA MINIMA LONG.</u>		
$r_{min} =$	1.00%	
$A_c =$	1767146	mm <sup>2</sup>
$A_{s,min} =$	17671	mm <sup>2</sup>
Armatura long. tot $A_{sd,tot} =$	59376	mm <sup>2</sup>
$r_l =$	3.36%	ok

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	98 di 104

<b>ARMATURA PER LA LUNGHEZZA RESTANTE</b>		
<i>1° strato di armatura longitudinale</i>		
Numero barre long.	28	-
Diametro barre long.	18	mm
Copriferro baricentrico arm. long. c' =	81	mm
<i>Armatura trasversale</i>		
Diametro barre trasv.	12	mm
Passo arm. trasv.	200	mm
Diametro corona esterna =	1368	mm
<b>VERIFICA ARMATURA MINIMA LONG.</b>		
$r_{min} =$	0.40%	
$A_c =$	1767146	mm <sup>2</sup>
$A_{s,min} =$	7069	mm <sup>2</sup>
Armatura long. tot $A_{sd,tot} =$	7125	mm <sup>2</sup>
$r_t =$	0.40%	ok

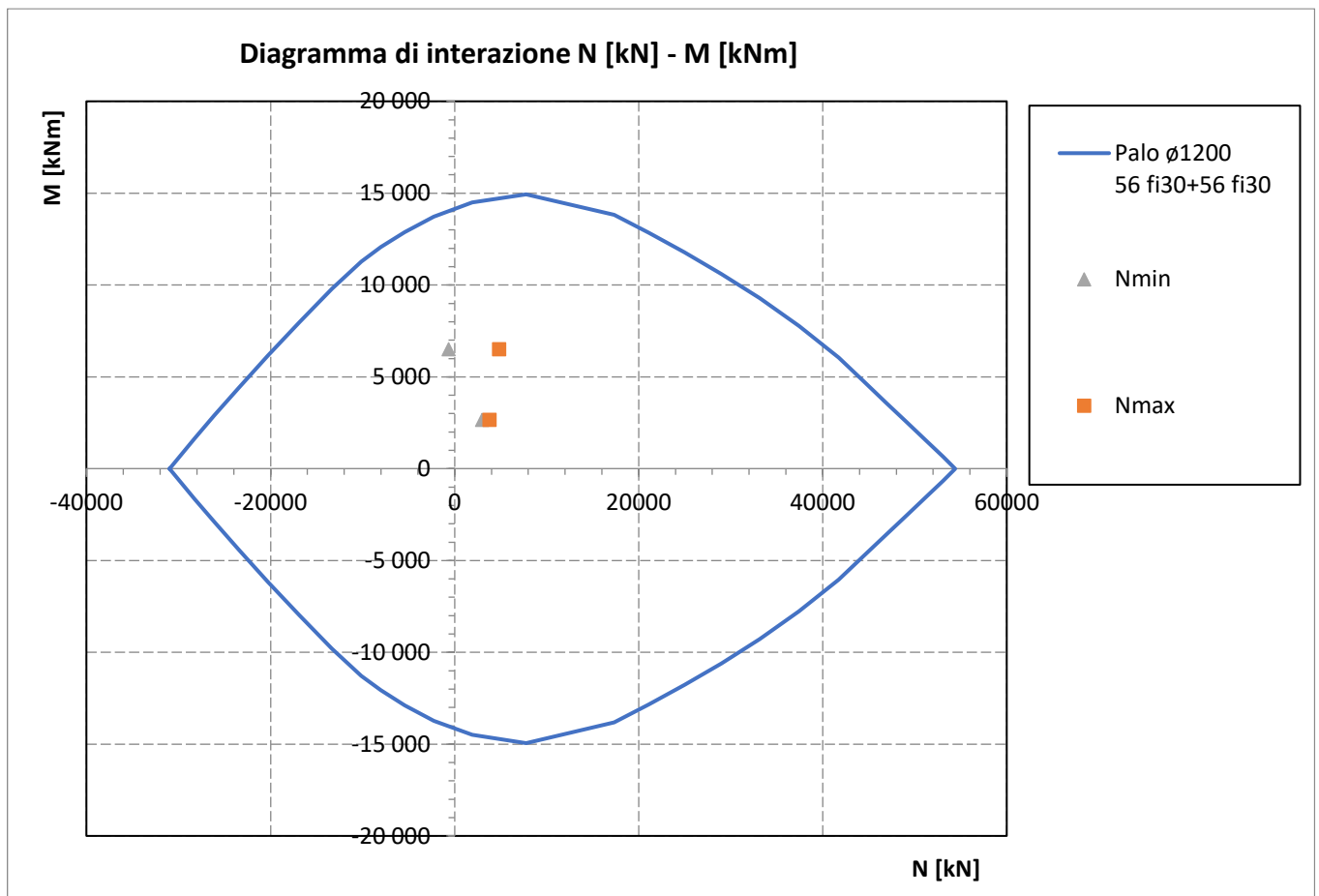
Armatura longitudinale								
	Gabbia 1		Gabbia 2		Gabbia 3		Gabbia 4	
	n.	Ø (mm)	n.	Ø (mm)	n.	Ø (mm)	n.	Ø (mm)
Spalla S1	56+56	30	28	30	-	-	-	-

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
	<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI0504 001	REV. B

### 9.4.1 Verifiche allo SLU

#### Presso-flessione

Sono riportate a seguire le verifiche SLU della sezione di sommità del palo maggiormente sollecitato, espresse in forma sintetica mediante il diagramma di interazione N – M.



La verifica è soddisfatta in quanto le coppie N-M delle sollecitazioni agenti nella sezione di verifica sono interne al dominio di resistenza per ogni condizione di carico indagata.

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	100 di 104

Taglio

Verifica a taglio per sezioni circolari armate a taglio (D.M. 14/01/2008)			
classe cls	$R_{ck}$	30	N/mm <sup>2</sup>
resist. Caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	25	N/mm <sup>2</sup>
	$f_{cd}$	14	N/mm <sup>2</sup>
diametro	$\Phi$	1500	mm
Area sezione	A	1767146	mm <sup>2</sup>
copriferro	c	80	mm
Area sezione rettangolare equivalente	$A_{eq}$	1486983	mm <sup>2</sup>
altezza utile equivalente	d	1177	mm
larghezza equivalente	$b_w$	1264	mm
altezza equivalente	$h_{eq}$	1398	mm
sforzo assiale dovuto ai carichi o precompressione	N	0	N
	$\sigma_{cp}$	0.000	N/mm <sup>2</sup>
	$\alpha_c$	1.00	
Acciaio	$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
B450C	$f_{yd}$	391	N/mm <sup>2</sup>
diametro staffe (spille)	$\varnothing_w$	14	mm
Area staffa (spilla)	$A_{\varnothing_w}$	154	mm <sup>2</sup>
0.9 d	z	1059	mm
passo spirale	$s_w$	125	mm
	n° bracci	2	
angolo di inclinazione biella compressa	$\theta$	21.8	°
deve essere compreso tra 1 e 2.5	$\cot(\theta)$	2.50	
angolo di inclinazione armatura rispetto asse palo	$\alpha$	90	°
	$\cot(\alpha)$	0.00	
	$A_{s_w} / s_w$	2.46	mm <sup>2</sup> /mm
Taglio resistente per "taglio trazione"	$V_{Rsd}$	2551	kN
Taglio resistente per "taglio compressione"	$V_{Rcd}$	3256	kN
taglio sollecitante	$V_{Ed}$	2271	kN
fattore di sicurezza per GR (par. 7.9.5.2.2)	$\gamma_{Rd}$	1	
taglio resistente	$V_{Rd}$	2551	kN
	$V_{Ed}$	<	$V_{Rd}$
	FS	1.12	verifica

  	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
<b>Spalla fissa S1: Relazione di calcolo</b>	<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>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>CL</td> <td>VI0504 001</td> <td>B</td> <td>101 di 104</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	101 di 104
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	101 di 104								

### 9.4.2 Verifiche allo SLE

#### Tensioni

La verifica SLE di tipo tensionale si effettua controllando che le massime tensioni normali agenti nella sezione risultino inferiori ai seguenti valori limite:

#### per le combinazioni SLE-RAR:

- tensione limite nel calcestruzzo:  $\sigma_c = 0.55 f_{ck}$
- tensione limite nelle barre:  $\sigma_s = 0.75 f_{yk}$

#### per le combinazioni SLE-QPE:

- tensione limite nel calcestruzzo:  $\sigma_c = 0.40 f_{ck}$

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IF26 12 E ZZ CL VI0504 001 B 102 di 104

SLS

Verifica C.A. S.L.U. - File: palo1500\_56fi30+28fi30

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: DM 1996 ?

Titolo :

Sezione circolare cava

Raggio esterno 750 [mm]  
Raggio interno 0 [mm]  
N° barre uguali 0  
Diametro barre 0 [mm]  
Copriferro (baric.) 0 [mm]

N° barre 84 Zoom

N°	As [mm²]	x [mm]	y [mm]
1	707	0	661
2	707	74	657
3	707	147	644
4	707	218	624
5	707	287	596
6	707	352	560

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

Sollecitazioni  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 2064 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 2199 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

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

Materiali  
 B450C C25/30  
 ε<sub>su</sub> 10 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200 000 N/mm² f<sub>cd</sub> 13.28  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9.75  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6  
 τ<sub>c1</sub> 1.829

σ<sub>c</sub> -5.373 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 69.88 N/mm²  
 ε<sub>s</sub> 0.3494 ‰  
 d 1 411 mm  
 x 755.7 x/d 0.5356  
 δ 1

Vertici: 50  
 Verifica  
 N° iterazioni: 3  
 Precompresso

Rck	30	MPa				
fck	24.9	MPa				
fyk	450	MPa				
σ <sub>c</sub>	-5.4	MPa	<	0.55 fck =	-13.70 MPa	VERO
σ <sub>s</sub>	69.9	MPa	<	0.75 fyk =	337.5 MPa	VERO
						1
x	755.7	mm	Le verifiche sono soddisfatte.			

Spalla fissa S1: Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	103 di 104

Fessurazione

La verifica SLE a fessurazione si effettua controllando che il massimo valore di apertura delle fessure risulti inferiore ai seguenti valori limite:

per le combinazioni SLE-RAR:

- apertura fessure limite:  $w_{lim} = w_1 = 0.20 \text{ mm}$

INPUT			OUTPUT		
$R_{ck}$	30	Mpa	diff. def. armature-cla		
$h$	1500	mm	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$	2.20E-04	-
$c_1$	89	mm	distanza max fessure		
$\phi_1$	30	mm	$s_{r,max}$	394	mm
$n_1$	18.462		ampiezza fessure:		
$c_2$	145	mm	$w_k$	0.087	mm
$\phi_2$	30	mm	$w_{lim}$	0.200	mm
$n_2$	18.462		La verifica è soddisfatta.		
$d$	1383	mm			
$b_{eff}$	54	mm			
$x$	755.7	mm			
$\sigma_{s,max1}$	70	Mpa			
$\sigma_{s,max2}$	70	Mpa			
$h_{c,eff}$	248	mm			
$A_{c,eff}$	13438	mm <sup>2</sup>			
$\rho_{p,eff}$	0.105				
$k_t$	0.6				
$k_1$	0.8				
$k_2$	0.5				
$k_3$	3.4				
$k_4$	0.425				

**Spalla fissa S1: Relazione di calcolo**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	CL	VI0504 001	B	104 di 104

**10 INCIDENZE**

Muri andatori	105 kg/mc
Muro frontale	150 kg/mc
Paraghiaia	200 kg/mc
Plinto	150 kg/mc
Pali	280 kg/mc
Muro posteriore	110 kg/mc
Bandiere	130 kg/mc
Soletta superiore	160 kg/mc