

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



### PROGETTO ESECUTIVO

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

RELAZIONE

INFRASTRUTTURA DI LINEA

Marciapiedi FFP e di stazione

Relazione di calcolo

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

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

IF2R 22 E ZZ CL OC0000 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	C. Pinti	23/06/21	G. Coppa	24/06/21	L. Bruzzone	24/06/21	IL PROGETTISTA F. DI IULIO
								 25/06/21

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	1 di 113

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>UNITÀ DI MISURA.....</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>10</b>
4.1	CALCESTRUZZO.....	10
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE.....	11
4.3	COPRIFERRI.....	11
4.4	DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI.....	12
<b>5</b>	<b>PARAMETRI SISMICI.....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>16</b>
6.1	RILEVATI E RINTERRI.....	16
6.2	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI.....	16
6.3	COEFFICIENTI DI ATTRITO STRUTTURA-TERRENO.....	18
<b>7</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO.....</b>	<b>19</b>
7.1	CALCOLO DELLA SPINTA DELLE TERRE IN CONDIZIONI STATICHE.....	19
7.2	CALCOLO DELLA SPINTA DELLE TERRE IN CONDIZIONI SISMICHE.....	20
<b>8</b>	<b>GEOMETRIA DELLA STRUTTURA.....</b>	<b>22</b>
8.1	ELEMENTI SCATOLARI: L2-L3-L4-P2.....	22
<b>9</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>23</b>
9.1	CONDIZIONI DI CARICO.....	23
9.1.1	Peso proprio degli elementi strutturali.....	23
9.1.2	Carichi permanenti portati (PERM).....	23
9.1.3	Azioni variabili da traffico (ACC).....	24
9.1.4	Spinta delle terre in condizioni statiche (SPTSX-SPTDX).....	24

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 2 di 113

9.1.5	Spinta statica dell'acqua (SPTW) .....	25
9.1.6	Azione dovuta al vento sulla barriera antirumore (VENTO).....	25
9.1.7	Effetti aerodinamici associati al passaggio dei treni (PA).....	28
9.1.8	Azione del vento combinata agli effetti aerodinamici (VENTO+PA) .....	28
9.1.9	Azione sismica .....	29
9.1.10	Spinta delle terre in fase sismica .....	30
<b>9.2</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO.....</b>	<b>31</b>
<b>10</b>	<b>CRITERI DI VERIFICA .....</b>	<b>35</b>
<b>10.1</b>	<b>VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....</b>	<b>35</b>
10.1.1	Verifica a fessurazione .....	35
10.1.1	Verifica delle tensioni in esercizio .....	37
<b>10.2</b>	<b>VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI DI TIPO STRUTTURALE (SLU-STR).....</b>	<b>37</b>
10.2.1	Sollecitazioni flettenti .....	37
10.2.2	Sollecitazioni taglianti .....	37
<b>10.3</b>	<b>VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI TIPO GEOTECNICO (SLU-GEO).....</b>	<b>40</b>
10.3.1	Verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno .....	40
10.3.2	Verifica a scorrimento dell'opera lungo il piano di posa .....	41
10.3.3	Verifica a collasso per carico limite del complesso opera di sostegno-terreno ..	41
10.3.4	Verifica a ribaltamento dell'opera come corpo rigido.....	44
10.3.5	Verifiche di capacità portante dei micropali.....	44
<b>11</b>	<b>TIPOLOGICI P2-L4 .....</b>	<b>47</b>
<b>11.1</b>	<b>CODICE DI CALCOLO.....</b>	<b>47</b>
<b>11.2</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO .....</b>	<b>47</b>
11.2.1	Interazione terreno-struttura .....	48
<b>12</b>	<b>ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI.....</b>	<b>49</b>
<b>13</b>	<b>VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO.....</b>	<b>53</b>
<b>13.1</b>	<b>SOLETTA DI FONDAZIONE E PIEDRRTI.....</b>	<b>54</b>
<b>13.2</b>	<b>SOLETTA DI COPERTURA .....</b>	<b>58</b>
<b>14</b>	<b>VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>62</b>
<b>14.1</b>	<b>VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE .....</b>	<b>62</b>
<b>14.2</b>	<b>VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI.....</b>	<b>69</b>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SWS Engineering S.p.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>3 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	3 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	3 di 113								

<b>15</b>	<b><i>TIPOLOGICI L2-L3</i></b> .....	<b>72</b>
<b>15.1</b>	<b>CODICE DI CALCOLO</b> .....	<b>72</b>
<b>15.2</b>	<b>MODELLO DI CALCOLO</b> .....	<b>72</b>
<b>16</b>	<b><i>ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI</i></b> .....	<b>74</b>
<b>17</b>	<b><i>VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO</i></b> .....	<b>78</b>
<b>18</b>	<b><i>VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE DEI MICROPALI</i></b> .....	<b>79</b>
<b>18.1</b>	<b>CAPACITÀ PORTANTE (COMPRESSIONE)</b> .....	<b>79</b>
<b>18.2</b>	<b>VERIFICA AI CARICHI TRASVERSALI</b> .....	<b>80</b>
<b>18.3</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALI</b> .....	<b>83</b>
<b>19</b>	<b><i>TIPOLOGICO P3</i></b> .....	<b>87</b>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	4 di 113

## 1 PREMESSA

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

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento ai marciapiedi FFP e alle opere civili in c.a. previste nel lotto 2 sull'asse principale del tracciato.

Le opere in questione presentano le principali caratteristiche geometriche riassunte nella tabella seguente (per maggiori dettagli ed una descrizione più completa delle opere si rimanda agli elaborati grafici di progetto):

OO.CC. - MARCIAPIEDI FFP - SUB LOTTO 2												
Caratteristiche OO.CC. marciapiedi FFP						Caratteristiche micropali					B.A.	
Opera	Lato	Pk inizio	Pk fine	Sez. Tipo	Sviluppo (m)	Ø (mm)	L (m)	nr/m	tubo (mm)	s (m)	Tipo	
FFP3	Dispari	28.400,00	28.456,05	L3	56,05	250	9.5	2/1,5	168,3	10	H6	
		28.456,05	28.475,45	M2	19,4							
		28.475,45	28.654,64	L3	179,19	250	9.5	2/1,5	168,3	10	H2	
		28.654,64	28.720,57	L4	65,93							
		28.720,57	28.783,09	R3	62,52							
		28.783,09	28.809,70	L4	26,61							
		28.809,70	28.824,70	R3	15							
		Pari	28.400,00	28.456,05	L4	56,05						
			28.456,05	28.475,45	M4	50						
			28.475,45	28.654,64	L4	179,19						
			28.654,64	28.704,67	L4	50,03						
			28.704,67	28.804,70	L4	100,03						H3
			28.804,70	28.809,70	L4	5						
			28.809,70	28.824,70	R3	15						
FFFP4	Dispari	30.434,85	30.486,13	P2	51,28							
		30.486,13	30.505,53	M4	19,40							
		30.505,53	30.594,01	L4	88,48							
		30.594,01	30.760,43	L3	166,42	250	9.5	2/1,5	168,3	10	H1	
		Pari	30.434,85	30.486,13	P2	51,28						
			30.486,13	30.505,53	M4	19,40						
			30.505,53	30.552,66	L4	47,13						
			30.552,66	30.599,29	R3	46,63						
		30.599,29	30.760,43	R3	161,14							
FFP5	Dispari	34.035,30	34.043,91	L2	8,61	250	8.5	2/1,5	168,3	10		
		34.043,91	34.112,93	M4	69,02							
		34.112,93	34.180,08	L2	67,15	250	8.5	2/1,5	168,3	10		
		34.180,08	34.354,96	M4	174,88							
		34.354,96	34.384,20	L2	29,24	250	8.5	2/1,5	168,3	10		
		34.384,20	34.432,10	R3	47,9							
		Pari	34.432,10	34.471,23	L4	39,13						
			34.035,30	34.043,91	L2	8,61	250	8.5	2/1,5	168,3	10	
			34.043,91	34.112,93	M4	69,02						
			34.112,93	34.180,08	L2	67,15	250	8.5	2/1,5	168,3	10	
			34.180,08	34.354,96	M4	174,88						
			34.354,96	34.384,20	L4	29,24						

**Tabella 1 Caratteristiche OOC**

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandataria:

Mandante:

SYSTRA S.A.

SWS Engineering S.p.A.

SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

**PROGETTO ESECUTIVO**

Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IF2R

2.2.E.ZZ

CL

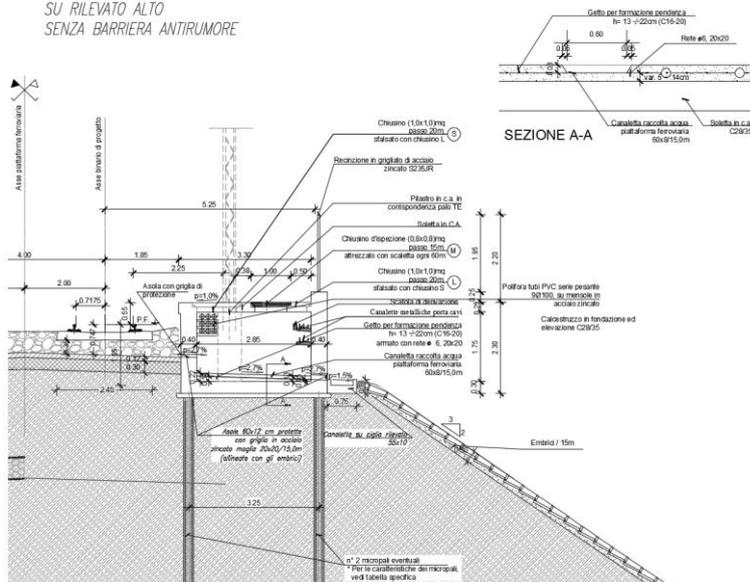
OC.00.0.0.001

A

5 di 113

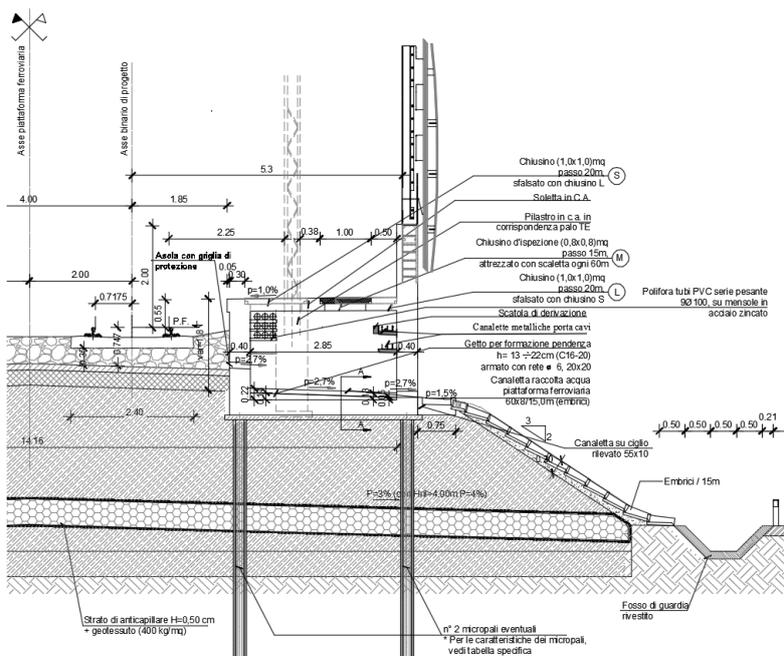
**Elementi scatolari: L2-L3-L4-P2**

SU RILEVATO ALTO  
SENZA BARRIERA ANTIRUMORE



**Figura 1** Tipologico L2: muro a U su micropali

SU RILEVATO BASSO  
CON BARRIERA ANTIRUMORE



**Figura 2** Tipologico L3: muro a U su micropali+BA



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	7 di 113

### Muri a mensola: R3

IN ADIACENZA PIAZZALE  
MURO SENZA BARRIERA ANTIRUMORE

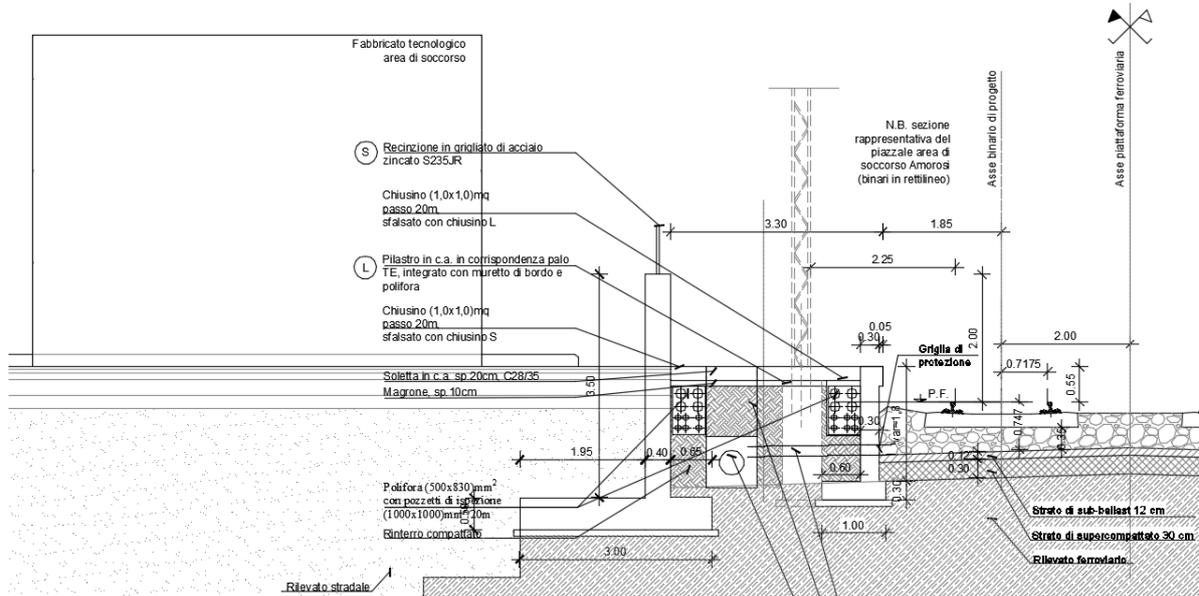


Figura 5 Tipologico R3: muro a mensola

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	8 di 113

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

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

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-11-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- UNI 11104:2016 "Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206".
- RFI DTC SI MA IFS 001 B – Dicembre 2017: Manuale di progettazione delle opere civili.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> <b>SYSTRA S.A.</b> <b>SWS Engineering S.p.A.</b> <b>SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>													
Relazione di calcolo <b>IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A</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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>9 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	9 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	9 di 113								

### 3 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella presente relazione sono:

- lunghezze      [m]
- forze            [kN]
- momenti        [kNm]
- tensioni        [MPa]

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 10 di 113

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 4.1 CALCESTRUZZO

Per le strutture in elevazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4

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

Classe minima di consistenza: S4

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>40</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd}$ (Breve durata) = $f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd}$ (Lungo durata) = $0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	3,10	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm <sup>2</sup>

Per la soletta di fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

**C28/35:**  $f_{ck} \geq 25$  MPa  $R_{ck} \geq 30$  MPa

Classe minima di consistenza: S4

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>35</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	29,05	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	37,05	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd}$ (Breve durata) = $f_{ck} / 1.5$	16,46	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd}$ (Lungo durata) = $0.85 f_{cd}$	13,99	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	2,83	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,98	N/mm <sup>2</sup>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	11 di 113

Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,40	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,32	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	32588	N/mm <sup>2</sup>

Per i micropali di fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

**C25/30**:  $f_{ck} \geq 25$  MPa  $R_{ck} \geq 30$  MPa

Classe minima di consistenza: S4

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	$R_{ck}$	<b>30</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm <sup>2</sup>
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lunga durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	2,56	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm <sup>2</sup>
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm <sup>2</sup>

#### 4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie

B450C

Tensione di snervamento caratteristica

$f_{yk} \geq 450$  MPa

Tensione caratteristica di rottura

$f_t \geq 540$  MPa

Modulo di elasticità

$E_s = 210000$  MPa

#### 4.3 COPRIFERRI

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

Strutture di elevazione	4.0 cm
Strutture di fondazione	4.0 cm
Pali	6.0 cm

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Conorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 12 di 113

#### 4.4 DURABILITÀ E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Si adotta quanto segue:

Fondazione	Classe di esposizione	XC2
Elevazione	Classe di esposizione	XC4

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 13 di 113

## 5 PARAMETRI SISMICI

Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato. La vita nominale ( $V_N$ ) dell'opera è stata assunta pari a 75 anni. La classe d'uso assunta è la III. Il periodo di riferimento ( $V_R$ ) per l'azione sismica, data la vita nominale e la classe d'uso, vale:

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

Il valore di probabilità di superamento del periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente, è:

$$P_{VR} (SLV) = 10\%.$$

Il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$  espresso in anni vale:

$$T_R (SLV) = - \frac{V_r}{\ln(1 - P_{vr})} = 1068 \text{ anni}$$

Dato il valore del periodo di ritorno suddetto, tramite le tabelle riportate nell'Allegato B della norma o tramite la mappatura messa a disposizione in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), è possibile definire i valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ :

$a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

$F_0$  → 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;

$S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_t$ );

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico (N.T.C. par. 7.11.6). In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

Le spinte delle terre, considerando lo scatolare una struttura rigida e priva di spostamenti (NTC par. 7.11.6.2.1 e EC8-5 par.7.3.2.1), sono calcolate in regime di spinta attiva, condizione che comporta il calcolo delle spinte in condizione sismica con l'incremento dinamico di spinta del terreno calcolato secondo la formula di Mononobe - Okabe:

$$S = \frac{1}{2} \cdot k_{a,E} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 \pm k_v)$$

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per le accelerazioni sismiche massime attese al suolo, considerando la componente verticale agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

Si assumono i parametri sismici più cautelativi della tratta in oggetto:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	14 di 113

Ricerca per comune
 REGIONE: Campania
PROVINCIA: Benevento
COMUNE: Ponte

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	68	0.097	2.344	0.310
SLD	113	0.127	2.333	0.326
SLV	1068	0.367	2.347	0.395
SLC	2193	0.473	2.446	0.427

Il sottosuolo su cui insiste l'opera ricade in categoria sismica "B" e categoria topografica "T1". I coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica risultano quindi:

$$S_s = 1.056;$$

$$S_T = 1.0.$$

La componente orizzontale  $k_h$  dell'accelerazione equivalente è data da:

$$k_h = \beta \cdot a_{max} / g$$

dove:

$\beta \leq 1$ : coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza.

$\beta_m$  assume i valori riportati nel § 7.11.6.2.1 delle NTC 2008; a seguire se ne riporta per completezza la tabella riassuntiva.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	15 di 113

**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

per muri non liberi di subire spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente  $\beta_m$  assume valore unitario.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	16 di 113

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

### 6.1 RILEVATI E RINTERRI

Sono riassunte nel prospetto riportato di seguito le caratteristiche del terreno dei rilevati ferroviari (con  $\gamma$  pari al peso specifico del terreno;  $\gamma_{\text{sat}}$  pari al peso specifico saturo del terreno;  $c'$  pari alla coesione;  $\phi'$  pari all'angolo di attrito;  $K_0$  coefficiente di spinta a riposo):

Parametri del rilevato stradale					
$\gamma$	$\gamma_{\text{sat}}$	$c'$	$\phi'$	$k_0$	$k_a$
(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(-)	(-)
19	19	0.0	35	0.426	0.270

Parametri del rilevato ferroviario					
$\gamma$	$\gamma_{\text{sat}}$	$c'$	$\phi'$	$k_0$	$k_a$
(kN/m <sup>3</sup> )	(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(°)	(-)	(-)
20	20	0.0	38	0.384	0.24

### 6.2 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si esibiscono di seguito le caratteristiche geotecniche relative ai terreni di fondazione della tratta in cui ricadono le opere in esame.

Stratigrafia FFP3-FFP4		
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.	Descrizione
bc2	6.50	Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni attuali e recenti)
bn1	15.50	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni terrazzate)

**Falda:** La quota di falda è situata a circa 3m dal p.c. locale. Cautelativamente si assume falda a quota 3m dal piano di posa fondazioni muro.

Il volume di terreno direttamente interagente con l'opera ha le seguenti proprietà:

#### Unità bc2 – Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni antiche)

$\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$\phi' = 31 \div 37^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c' = 0 \text{ kPa}$	coesione drenata
$N_{\text{spt}} = 7 \div 40$	numero di colpi da prova SPT

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	17 di 113

Dr = 25÷75% densità relativa

Vs = 150÷300 m/s velocità delle onde di taglio

Go = 45÷180 MPa modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

Eo = 120÷450 MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

### Unità bn1 – Ghiaia sabbiosa (Alluvioni terrazzate)

$\gamma = 20.0$  kN/m<sup>3</sup> peso di volume naturale

$\varphi' = 34\div 42^\circ$  angolo di resistenza al taglio

$c' = 0$  kPa coesione drenata

Nspt = 15÷R numero di colpi da prova SPT

Dr = 30÷85% densità relativa

Vs = 200÷1000 m/s velocità delle onde di taglio

Go = 80÷1950 MPa modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

Eo = 200÷5000 MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Stratigrafia FFP5		
Unità geotecnica	Profondità [m] da p.c.	Descrizione
Ba1	10.0	Sabbia, sabbia limosa (Alluvioni attuali e recenti)
MDL3	2.0	Ghiaia sabbiosa (Alluvioni terrazzate)
<b>Falda:</b> La quota di falda è situata a quota piano di posa fondazioni muro.		

Il volume di terreno direttamente interagente con l'opera ha le seguenti proprietà:

### Unità ba1 – Ghiaia sabbiosa (Alluvioni attuali e recenti)

$\gamma = 19.0$  kN/m<sup>3</sup> peso di volume naturale

$\varphi' = 32^\circ$  angolo di resistenza al taglio

$c' = 0$  kPa coesione drenata

Nspt = 24÷R numero di colpi da prova SPT

Dr = 50÷85% densità relativa

Vs = 200÷370 m/s velocità delle onde di taglio

Go = 75÷270 MPa modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

Eo = 200÷700 MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 18 di 113

### Unità MDL3 – Argille limose (Unità di Maddaloni)

$\gamma = 20.0$  kN/m<sup>3</sup> peso di volume naturale

$\phi' = 21 \div 28^\circ$  angolo di resistenza al taglio

$c' = 10 \div 20$  kPa coesione drenata

$N_{spt} = 8 \div R$  numero di colpi da prova SPT

$V_s = 200 \div 600$  m/s velocità delle onde di taglio

$G_o = 80 \div 720$  MPa modulo di deformazione a taglio iniziale (a piccole deformazioni)

$E_o = 200 \div 1800$  MPa modulo di deformazione elastico iniziale (a piccole deformazioni)

Per il dimensionamento dei tipologici L3-L4-P2, si farà riferimento alla stratigrafia 1, mentre per il tipologico L2 si utilizzeranno i parametri della stratigrafia 2.

Per il tipologico R3 si ipotizza invece che il terreno di spinta sia quello da rilevato stradale mentre quello di posa sia quello da rilevato ferroviario.

### 6.3 COEFFICIENTI DI ATTRITO STRUTTURA-TERRENO

Per l'attrito paramento – terreno si utilizza il valore  $\delta = 0.6 \phi'$  in fase statica e  $\delta = 0$  in fase sismica. Tuttavia, il software di calcolo utilizzato non consente di differenziare il valore del coefficiente di attrito nelle varie fasi di calcolo. Pertanto è stato utilizzato, per la valutazione dei coefficienti di spinta del terreno di rinterro, cautelativamente  $\delta=0$  sia in fase statica che in fase sismica. Tale assunzione, peraltro, non risulta essere particolarmente gravosa in quanto nella maggioranza dei casi esaminati la condizione di carico dimensionante è risultata essere quella sismica.

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro – terreno, in funzione dell'angolo d'attrito del terreno, si sono assunti i seguenti valori:

per  $\phi < 30^\circ$   $\mu = \text{tg } \phi'$ ;

per  $\phi > 35^\circ$   $\mu = 0.85 \text{ tg } \phi'$ ;

per  $30^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$   $\mu$  si ricava per interpolazione lineare

Infine l'adesione ca terra-opera sarà considerata nulla.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 19 di 113

## 7 MODELLO DI CALCOLO

Il dimensionamento dell'opera di sostegno è stato eseguito analizzando gli stati limite ultimi che si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno, e al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali costituenti le opere stesse.

Le azioni considerate sull'opera di sostegno sono quelle dovute al peso proprio del terreno e del materiale di riempimento, ai sovraccarichi permanenti e variabili dovuti rispettivamente al carico permanente della scarpata, ai carichi mobili e all'azione del vento sulle barriere antirumore.

Nel dimensionamento delle opere è stata assunta la stratigrafia descritta nel precedente Capitolo della presente relazione di calcolo.

Per ogni stato limite ultimo analizzato è stata rispettata la seguente condizione:

$$E_d \leq R_d$$

essendo  $E_d$  il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, ed  $R_d$  il valore di progetto della resistenza del sistema strutturale/geotecnico.

Il modello di calcolo è realizzato mediante il software commerciale "MAX 15" distribuito da Aztec Informatica.

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

Nel seguito si riportano le relative formulazioni.

### 7.1 CALCOLO DELLA SPINTA DELLE TERRE IN CONDIZIONI STATICHE

Le spinte del terreno sono state calcolate, per le opere superficiali, in condizioni di equilibrio limite attivo, con  $k_a$ ; le opere su fondazioni profonde, che non sono in grado di subire spostamenti, sono state invece calcolate in condizioni di equilibrio limite a riposo, con  $k_0$ .

In fase statica, le spinte esercitate dal terrapieno e dagli eventuali carichi presenti su di esso sono state valutate con il metodo di Culmann. Il metodo di Culmann adotta le stesse ipotesi di base del metodo di Coulomb. La differenza sostanziale è che mentre Coulomb considera un terrapieno con superficie a pendenza costante e carico uniformemente distribuito (il che permette di ottenere una espressione in forma chiusa per il coefficiente di spinta) il metodo di Culmann consente di analizzare situazioni con profilo di forma generica e carichi sia concentrati che distribuiti comunque disposti. Inoltre, rispetto al metodo di Coulomb, risulta più immediato e lineare tener conto della coesione del masso spingente. Il metodo di Culmann, nato come metodo essenzialmente grafico, si è evoluto per essere trattato mediante analisi numerica (noto in questa forma come metodo del cuneo di tentativo).

Come il metodo di Coulomb anche questo metodo considera una superficie di rottura rettilinea. I passi del procedimento risolutivo sono i seguenti:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	20 di 113

- si impone una superficie di rottura (angolo di inclinazione  $\rho$  rispetto all'orizzontale) e si considera il cuneo di spinta delimitato dalla superficie di rottura stessa, dalla parete su cui si calcola la spinta e dal profilo del terreno;

- si valutano tutte le forze agenti sul cuneo di spinta e cioè peso proprio (W), carichi sul terrapieno, resistenza per attrito e per coesione lungo la superficie di rottura (R e C) e resistenza per coesione lungo la parete (A);

- dalle equazioni di equilibrio si ricava il valore della spinta S sulla parete.

Questo processo viene iterato fino a trovare l'angolo di rottura per cui la spinta risulta massima. La convergenza non si raggiunge se il terrapieno risulta inclinato di un angolo maggiore dell'angolo d'attrito del terreno. Nei casi in cui è applicabile il metodo di Coulomb (profilo a monte rettilineo e carico uniformemente distribuito) i risultati ottenuti col metodo di Culmann coincidono con quelli del metodo di Coulomb. Le pressioni sulla parete di spinta si ricavano derivando l'espressione della spinta "S" rispetto all'ordinata "z". Noto il diagramma delle pressioni è possibile ricavare il punto di applicazione della spinta.

## 7.2 CALCOLO DELLA SPINTA DELLE TERRE IN CONDIZIONI SISMICHE

Per muri in grado di subire spostamenti, si utilizza la trattazione di Mononobe-Okabe, secondo cui, la spinta complessiva in fase sismica esercitata da un terrapieno è fornita dalla seguente relazione:

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

con punto di applicazione ad H/3 dal piano di posa della fondazione dell'opera.  
In fase sismica agirà pertanto una sovraspinta sismica sull'opera pari a  $S' - S$ .

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

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

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

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

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

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

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

In fase sismica agirà pertanto una sovraspinta sismica sull'opera pari a  $S'_Q - S_Q$ .

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 21 di 113

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

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

essendo :

- H        l'altezza del livello di falda rispetto a fondo scavo;
- z<sub>w</sub>     la profondità del punto considerato dalla superficie libera della falda;
- a<sub>x</sub>     accelerazione relativa di progetto.

Per muri a spostamento impedito si fa invece ricorso alla teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinata con la seguente espressione:

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

con risultante applicata ad un'altezza pari ad H/2.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 22 di 113

## 8 GEOMETRIA DELLA STRUTTURA

### 8.1 ELEMENTI SCATOLARI: L2-L3-L4-P2

Nel seguito sarà esaminata una striscia del muro ad U avente lunghezza 1.00m. Si riportano di seguito le dimensioni geometriche della sezione in retto.

Spessore medio del ballast + armamento	$H_b =$	0.80m
Larghezza totale dello scatolare	$L_{tot} =$	3.65m
Larghezza utile dello scatolare	$L_{int} =$	2.85m
Larghezza mensola di fondazione sinistra	$L_{msx} =$	0.00m
Larghezza mensola di fondazione destra	$L_{mdx} =$	0.00m
Spessore piedritti	$S_p =$	0.40m
Spessore della soletta di fondazione	$S_f =$	0.40m
Spessore della soletta di copertura	$S_f =$	0.25m
Altezza libera del muro ad U	$H_{int} =$	3.25m
Altezza totale del muro ad U	$H_{tot} =$	3.65m
Quota terreno da estradosso fondazione	$H_{terr} =$	1.80m
Quota falda da intradosso fondazione	$H_w =$	0.00m
Larghezza striscia di calcolo	$b =$	1.00m

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	23 di 113

## 9 ANALISI DEI CARICHI

### 9.1 CONDIZIONI DI CARICO

#### 9.1.1 Peso proprio degli elementi strutturali

Per il calcestruzzo armato si assume il seguente peso specifico:  
calcestruzzo armato:  $\gamma_{c.a.} = 25 \text{ kN/m}^3$ .

#### 9.1.2 Carichi permanenti portati (PERM)

Sulla soletta di fondazione degli scatolari sono stati considerati i carichi permanenti relativi al massetto delle pendenze, di spessore medio 9cm.

Massetto 0.09m x 25.00 kN/mc = 2.25 kN/mq

##### 9.1.2.1 Carico barriera antirumore

Il carico dovuto ai montanti in acciaio, posti a interasse 1,50m è pari a:

INTERASSE i=1,50m		H6
ALTEZZA DA P.F. [m]		5.42
H <sub>MONTANTI</sub> [m]		3.65
MONTANTI IN ACCIAIO	2 Tondi Ø30	0.555
	Tubo Ø 88.9x6.3	0.638
	Piatti 130mm	0.108
	Piatti 180mm	-
	Piatti 12mm	-
	Profilo a T	1.578
	Profili a 2T	0.331
	<b>TOTALE [kN]</b>	<b>3.21</b>

Sono inoltre portati in conto i pesi permanenti non strutturali dei pannelli fonoassorbenti, rispettivamente nelle due condizioni di “pannelli asciutti” e “pannelli bagnati”.

			H6
	Peso [kN/m <sup>2</sup> ]	Interasse [m]	
Pannelli asciutti	0.50	3.00	5.25
Pannelli bagnati	1.00	3.00	10.50

Il carico al metro lineare dato dalla barriera antirumore è pertanto pari a:  
 $p_{barr} = 3.21/1.5 + 10.5/3.0 = 5.6 \text{ kN/m}$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	24 di 113

### 9.1.3 Azioni variabili da traffico (ACC)

Per gli elementi scatolari a ridosso della ferrovia, si assume il carico accidentale dato la transito del treno di carico LM71, posto a tergo dell'opera.

Il treno LM71 viene schematizzato da 4 assi da 250 kN disposti ad interasse di 1,60 m e da un carico distribuito di 80 kN/m in entrambe le direzioni per una larghezza illimitata.

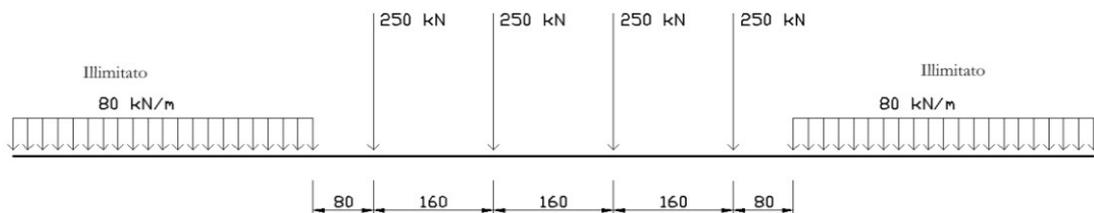


Figura 6- Treno LM71

Secondo il § 2.5.1.4.1.5 del RFI DTC SI PS MA IFS 001 C Manuale di progettazione RFI2018 (cfr, 5.2.2.2.1.5 NTC2018) il carico verticale su rilevato a tergo della spalla può essere ottenuto considerando una distribuzione trasversale dei carichi concentrati LM71 su una larghezza di 3m e una distribuzione longitudinale pari a quella di applicazione dei 4 carichi concentrati (schema LM71) = 6.40m.

Per questo tipo di carico non deve essere applicato l'incremento dinamico. Il coefficiente di adattamento è pari a 1.1. Il carico complessivo agente vale pertanto:

$$P_{V,LM71} = 52.08 \times 1,1 = 57,29 \text{ kN/m}^2$$

Sulla soletta di copertura viene inoltre applicato un carico uniforme di 5 kPa.

Il carico accidentale sul piazzale a ridosso del piedritto del tipologico R3 ha invece intensità  $q=20 \text{ kN/m}^2$ .

### 9.1.4 Spinta delle terre in condizioni statiche (SPTSX-SPTDX)

La struttura a mensola è stata analizzata nella condizione di spinta attiva, così come descritto nel paragrafo 7.1 della presente relazione; il valore del coefficiente di spinta è pari a:

$$K_a = 0.390$$

La struttura su pali è stata invece analizzata nella condizione di spinta a riposo; il valore del coefficiente di spinta è pari a:

$$K_a = 0.384$$

La pressione del terreno è stata calcolata come:

$$P = (P_b + h_{variabile} \cdot \gamma_{\text{terreno\_paramento}}) \cdot K_a$$

al di sopra della falda

$$P = [P_b + h_{variabile} \cdot (\gamma_{\text{terreno\_paramento}} - \gamma_w)] \cdot K_a$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 25 di 113

al di sotto della falda

### 9.1.5 Spinta statica dell'acqua (SPTW)

Qualora la falda fosse posizionata al di sopra del piano di posa della fondazione si considera, in aggiunta alla spinta delle terre sopra definita, la spinta idrostatica esercitata dall'acqua sulle pareti verticali, pari a  $S_w = \gamma_w * z$ , e la sottospinta idraulica diretta verso l'alto sulla soletta inferiore, pari al prodotto del peso specifico dell'acqua, per l'altezza dello scatolare immerso,  $P_w = \gamma_w * h_{imm}$ .

### 9.1.6 Azione dovuta al vento sulla barriera antirumore (VENTO)

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Si considera un caso limite, valutando la pressione esercitata dal vento su una barriera collocata su una linea caratterizzata da un rilevato alto.

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni  $p$  (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- $q_b$  = pressione cinetica di riferimento;
- $c_e$  = coefficiente di esposizione;
- $c_p$  = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
- $c_d$  = coefficiente dinamico.

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  in (N/m<sup>2</sup>) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2$$

dove  $\rho$  è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m<sup>3</sup>.

Il coefficiente d'esposizione  $c_e$  dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione ( $k$ ,  $Z_0$ ,  $Z_{min}$ ).

Il valore di  $c_e$  può essere ricavato mediante la relazione:

- $c_e(z) = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[ 7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \right]$  per  $z > Z_{min}$
- $c_e(z) = c_e(z_{min})$  per  $z < Z_{min}$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>26 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	26 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	26 di 113								

Nel caso in esame abbiamo con riferimento ad una altezza z dal suolo valutata cautelativamente pari a 20m si ha:

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_a$ [1/s]
3	27	500	0.02
$a_s$ (altitudine sul livello del mare [m])			70
$T_R$ (Tempo di ritorno)			75
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
$v_b$ ( $T_R = 50$ [m/s])			27.000
$\alpha_R$ ( $T_R$ )			1.02346
$v_b$ ( $T_R$ ) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s]			27.633



$p$ (pressione del vento [N/mq]) = $q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$
$q_b$ (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
$c_e$ (coefficiente di esposizione)
$c_p$ (coefficiente di forma)
$c_d$ (coefficiente dinamico)

Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

$q_b$ [N/mq]	477.25
--------------	--------

Coefficiente di forma

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

Coefficiente dinamico

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

D) Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,....)

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandatario:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

**PROGETTO ESECUTIVO**

Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	27 di 113

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Zona	Classe di rugosità	a <sub>s</sub> [m]
3	D	70

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

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

z [m]	c <sub>e</sub>
z ≤ 5	1.708
z = 20	2.606
z = 20	2.606

Cat. Esposiz.	k <sub>r</sub>	z <sub>0</sub> [m]	z <sub>min</sub> [m]	c <sub>t</sub>
III	0.2	0.1	5	1

c <sub>p</sub>	p [kN/mq]
0.80	0.995

Nel caso in esame si ha quindi:

q<sub>b</sub> = 0.477 kN/m<sup>2</sup>

c<sub>e</sub> = 2.606

c<sub>p</sub> = 0.80

c<sub>t</sub> = 1.00

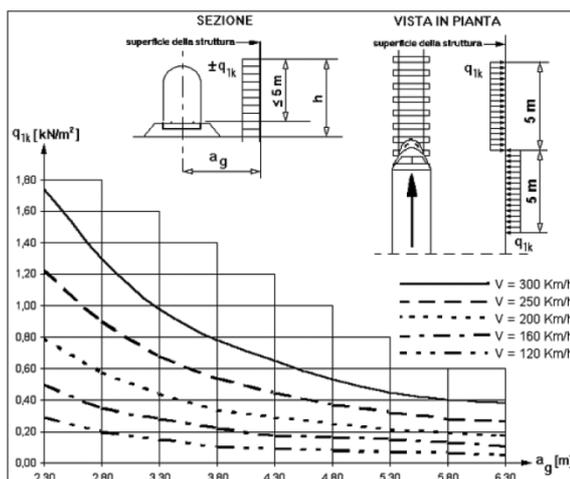
p = c<sub>e</sub> · c<sub>p</sub> · c<sub>t</sub> · q<sub>b</sub> = 1.00 kN/m<sup>2</sup>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	28 di 113

### 9.1.7 Effetti aerodinamici associati al passaggio dei treni (PA)

Gli effetti delle azioni aerodinamiche dovuta al traffico ferroviario sono state valutate in accordo a quanto riportato al punto 2.5.1.4.6. delle istruzioni RFI [RFI DTC SI PS MA IFS 001 A] e al paragrafo 5.2.2.7 delle NTC 2008. Queste ultime prevedono che il passaggio dei convogli ferroviari induca sulle superfici situate in prossimità della linea ferroviaria (per esempio, barriere antirumore) onde di pressione e depressione. Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi statici equivalenti agente nelle zone prossime alla testa e alla coda del treno.

Per la linea in esame è possibile considerare, cautelativamente, convogli con forme aerodinamiche sfavorevoli e aventi velocità di linea pari a 160 km/h.



**Figura 9-7 – Valori caratteristici delle azioni e defezioni della distanza minima e massima della barriera dal convoglio [NTC – Figg. 5.2.8 e 5.2.11]**

Nel caso in esame si ha quindi:

$$\begin{aligned}
 q_{1k} &= 0.18 \text{ kN/m}^2 \text{ (sovrappressione aerodinamica.)} \\
 k_1 &= 1.00 \text{ (coeff. Di forma dei convogli hp: convogli con forme aerodinamiche sfav.)} \\
 a_g &= 5.15 \text{ (distanza barriera da asse binario più vicino)} \\
 q_{1k} &= k_1 \cdot q_{1k} = 0.18
 \end{aligned}$$

### 9.1.8 Azione del vento combinata agli effetti aerodinamici (VENTO+PA)

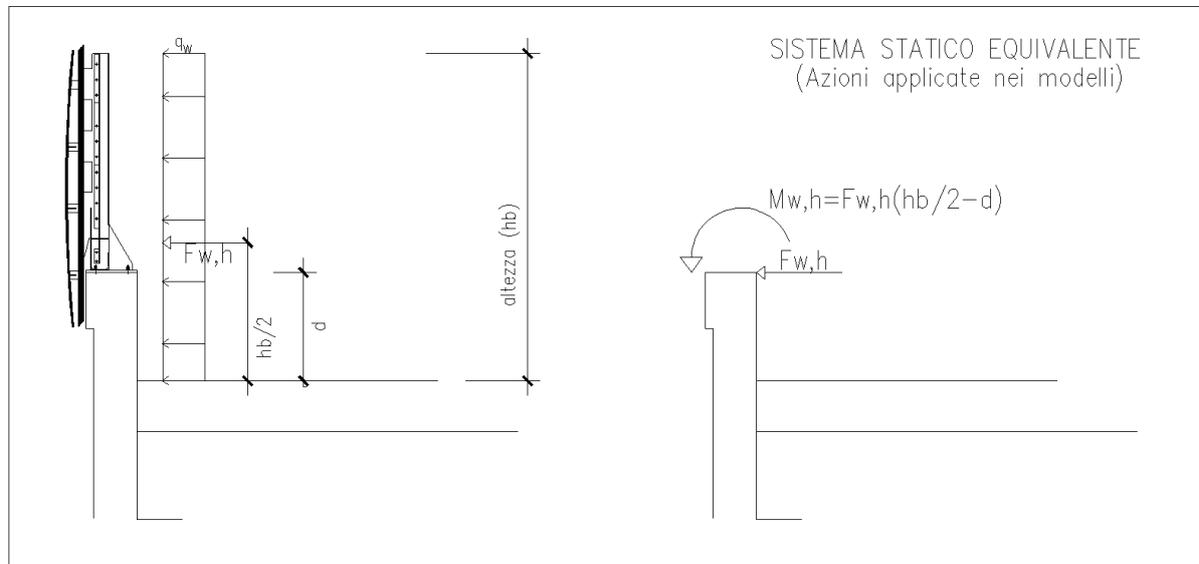
Come riportato al punto 2.5.1.8.3.2 delle istruzioni RFI [RFI DTC SI PS MA IFS 001 A] e al paragrafo 5.2.3.3.2 delle NTC 2008 bisogna verificare che l'azione risultante (vento+azioni aerodinamiche) debba essere maggiore ad un valore minimo pari a 1,50 kN/m<sup>2</sup>.

Nel caso in esame si ha:

$q_{w,tot} =$	1.18 < 1.50	(pressione normale vento+eff.aerod.)
$q_w =$	1.50 kN/m <sup>2</sup>	(prescrizione par. 2.5.1.8.3.2 RFI DTC SI PS MA IFS 001 A)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	29 di 113

Pertanto le azioni risultanti applicate nei modelli sono pari a:



<b>BARRIERA ANTIRUMORE</b>	<b>TIPOLOGIA</b>	<b>H6</b>
$h_b =$	4.85 m	(altezza barriera esposta al vento.)
* $F_{w,h} =$	7.275 kN/m	$\approx$ 7.5 kN/m (azione tagliante)
* $M_{w,h} =$	1.83 kNm/m	$\approx$ 2.0 kNm/m (Momento flettente testa muro)
*Applicato a testa muro		

### 9.1.9 Azione sismica

Per il calcolo dell'azione sismica si è utilizzato il metodo dell'analisi pseudo-statica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico  $k$ .

Le forze sismiche sono pertanto le seguenti:

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

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

I valori dei coefficienti sismici orizzontale  $k_h$  e verticale  $k_v$  possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m a_{max}/g$$

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

Nelle analisi eseguite con il metodo pseudostatico, i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali, nelle verifiche allo stato limite ultimo, potranno essere assunti come definito al paragrafo 7.11.6.2.1 delle NTC 2008 anche per i muri su pali, con l'avvertenza di sostituire le relazioni 7.11.6 e 7.11.7 delle stesse norme tecniche con le espressioni di seguito riportate:

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	30 di 113

$$k_h = 2 \cdot \beta_m \cdot S_T \cdot S_s \cdot \frac{a_g}{g}$$

$$k_v = \frac{1}{2} \cdot k_h$$

Fondazione su pali (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A\_3.10.3.1)

$$ag/g = 0.367$$

$$\beta_m = 0.310$$

$$S_s = 1.056$$

$$S_T = 1.00$$

$$K_h = \boxed{0.240} \text{ coefficiente sismico orizzontale}$$

$$K_v = \boxed{0.120} \text{ coefficiente sismico verticale}$$

Fondazione superficiale

$$ag/g = 0.367$$

$$\beta_m = 0.310$$

$$S_s = 1.056$$

$$S_T = 1.00$$

$$K_h = \boxed{0.120} \text{ coefficiente sismico orizzontale}$$

$$K_v = \boxed{0.06} \text{ coefficiente sismico verticale}$$

### 9.1.10 Spinta delle terre in fase sismica

Per muri a spostamento impedito, si fa ricorso alla teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinata con la seguente espressione:

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

con risultante applicata ad un'altezza pari ad H/2.

Per fondazioni superficiali, le spinte delle terre sono state determinate con la teoria di Mononobe - Okabe, secondo la formulazione riportata nel paragrafo 7.2 della presente relazione ed applicata con distribuzione triangolare delle tensioni sulla spalla:

$$S = \frac{1}{2} \cdot k_{a,E} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot (1 \pm k_v)$$

con risultante applicata ad un'altezza pari ad H/3.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 31 di 113

## 9.2 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si è fatto riferimento alle seguenti combinazioni delle azioni.

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

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

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

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

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

- Combinazione quasi permanente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) a lungo termine:

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

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

dove:

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

avendo indicato con  $E_Y$  e  $E_Z$  rispettivamente le componenti orizzontale e verticale dell'azione sismica.

Gli effetti dei carichi verticali, dovuti alla presenza dei convogli, vengono sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti di cui alla Tabella 5.2.IV del DM 17/01/2018 di seguito riportata. In particolare, per ogni gruppo viene individuata una azione dominante che verrà considerata per intero; per le altre azioni, vengono definiti diversi coefficienti di combinazione. Ogni gruppo massimizza una particolare condizione alla quale la struttura dovrà essere verificata.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	32 di 113

**Tabella 5.2.IV – Valutazione dei carichi da traffico (da DM 17/01/2018)**

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			COMMENTI
	Carico Verticale (1)	Treno Scarico	Frenatura ed Avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1.0	-	0.5 (0.0)	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1.0	0.0	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1.0 (0.5)	-	1.0	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

(1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , ecc..)

(2) 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.

Nelle tabelle sopra riportate è indicato un coefficiente per gli effetti a sfavore di sicurezza e, tra parentesi, un coefficiente, minore del precedente, per gli effetti a favore di sicurezza.

I coefficienti di amplificazione dei carichi  $\gamma$  e i coefficienti di combinazione  $\psi$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

Di seguito viene riportata la Tabella 5.2.III delle NTC18 dove si mostrano i carichi mobili in funzione del numero di binari presenti:

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
	Primo	1,0 (LM 71" + SW/0)	-	1,0 SW/2
2	secondo	1,0 (LM 71" + SW/0)	-	1,0 (LM 71" + SW/0)
	Primo	1,0 (LM 71" + SW/0)	0,75 (LM 71" + SW/0)	1,0 SW/2
≥3	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

Si riporta la Tabella 5.2.V delle NTC18 dei coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico SLU:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 33 di 113

**Tabella 5.2.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, eccezionali e sismica (da DM 17/01/2018)**

		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

(1) Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

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

(3) Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.

(4) Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.

(5) Aliquota di carico da traffico da considerare.

(6) 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

(7) 1,20 per effetti locali

Si riporta la Tabella 5.2.VI delle NTC18 in cui sono espressi i coefficienti di combinazione delle azioni:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	34 di 113

### Tabella 5.2.VI - Coefficienti di combinazione $\psi$ delle azioni (da DM 17/01/2018)

Tab. 5.2.VI - Coefficienti di combinazione  $\Psi$  delle azioni

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Azioni singole	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
da traffico	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
	$g_{r1}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
Gruppi di	$g_{r2}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	-
carico	$g_{r3}$	0,80 <sup>(2)</sup>	0,80 <sup>(1)</sup>	0,0
	$g_{r4}$	1,00	1,00 <sup>(1)</sup>	0,0
Azioni del vento	$F_{Wk}$	0,60	0,50	0,0
Azioni da	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
neve	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.

Nella combinazione sismica le azioni indotte dal traffico ferroviario sono combinate con un coefficiente  $\psi_2 = 0.2$  (paragrafo 5.1.3.12 del DM 17/01/2018) coerentemente con l'aliquota di massa afferente ai carichi da traffico.

Si riportano di seguito le combinazioni delle azioni maggiormente significative per la determinazione delle sollecitazioni più gravose.

Tabella 2 Combinazioni di carico SLU-SLV

	SLU01	SLU02	SLU03	SLU04	SLU05	SL06	SLV01	SLV02	SLV03	SLV04
PP	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1.35	1	1	1	1
PERM	1.5	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1	1	1	1
ACC	1.45	1.45	1	1.45	1.45	1.45	0.2	0.2	0.2	0.2
SPTSX	1.35	1.35	1	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1
SPTDX	1.35	1	1	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1
SPTW	1	1.35	1	1.35	1.35	1	1	1	1	1
SPACCSX	1.45	1.45	1	1.45	1.45	1.16	0.2	0.2	0.2	0.2
SPACCDX	1.45	1	1	1.45	1.45	1.16	0.2	0.2	0.2	0.2
SPPERMSX	1.5	1.5	1	1.5	1.5	1.5	1	1	1	1
SPPERMDX	1.5	1	1	1.5	1.5	1.5	1	1	1	1
VENTO+PA	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5	0	0	0	0
SISMA_H	0	0	0	0	0	0	1	1	0.3	0.3
SISMA_V	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	1	1
SPSSX	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
SPSDX	0	0	0	0	0	0	1	-1	1	-1

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>35 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	35 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	35 di 113								

**Tabella 3 Combinazioni di carico SLE**

	SLE_RARA01	SLE_RARA02	SLE_FREQ01	SLE_QPERM01
PP	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1
ACC	1	1	0.8	0
SPTSX	1	1	1	1
SPTDX	1	0.8	0.8	1
SPTW	1	1	1	1
SPACCSX	1	1	0.8	0
SPACCDX	1	0	0	0
SPPERMSX	1	1	1	1
SPPERMDX	1	0.8	0.8	1
VENTO+PA	0.6	1	0.5	0
SISMA_H	0	0	0	0
SISMA_V	0	0	0	0
SPSSX	0	0	0	0
SPSDX	0	0	0	0

## 10 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sono state effettuate sulla base dei criteri definiti nelle vigenti norme tecniche - "Norme tecniche per le costruzioni"- DM 14.1.2008 -, tenendo inoltre conto delle integrazioni riportate nel "Manuale di progettazione delle opere civili".

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio, riguardanti gli stati tensionale e di fessurazione, ed allo stato limite ultimo. Le combinazioni di carico considerate ai fini delle verifiche sono quelle indicate nei precedenti paragrafi.

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

### 10.1 VERIFICA AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

#### 10.1.1 Verifica a fessurazione

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

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

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	36 di 113

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del DM 14.1.2008.

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

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

**Figura 8: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008**

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

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

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

b)  $\delta_f \leq w_2$  per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

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

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

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

$$w_d = 1,7 w_m$$

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

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

Per il calcolo di  $\epsilon_{sm}$  e  $\Delta_{sm}$  vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 37 di 113

### 10.1.1 Verifica delle tensioni in esercizio

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

Le prescrizioni riportate di seguito fanno riferimento al par. 4.1.2.2.5.1 del DM 14.1.2008.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo  $\sigma_c$ , deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_c < 0,60 f_{ck}$  per combinazione caratteristica (rara)

$\sigma_c < 0,45 f_{ck}$  per combinazione quasi permanente.

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

$\sigma_s < 0,80 f_{yk}$

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

## 10.2 VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI DI TIPO STRUTTURALE (SLU-STR)

### 10.2.1 Sollecitazioni flettenti

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

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

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

### 10.2.2 Sollecitazioni taglianti

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

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

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

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 38 di 113

con:

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

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

e dove:

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

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

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

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

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

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

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

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

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

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

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

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

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

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

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

In cui:

$d$  è l'altezza utile della sezione;

$b_w$  è la larghezza minima della sezione;

$\sigma_{cp}$  è la tensione media di compressione della sezione;

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

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.      SWS Engineering S.p.A.      SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>													
Relazione di calcolo <b>IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A</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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>39 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	39 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	39 di 113								

- S            è interasse tra due armature trasversali consecutive;
- $\theta$            è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;
- $f_{cd}$         è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ( $f_{cd}=0.5f_{cd}$ );
- $\alpha$         è un coefficiente maggiorativo, pari ad 1 per membrature non compresse.

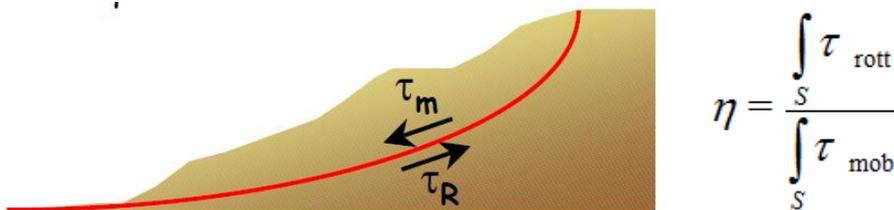
APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	40 di 113

### 10.3 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO DI TIPO GEOTECNICO (SLU-GEO)

#### 10.3.1 Verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno

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

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



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

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

Il coefficiente di sicurezza si esprime mediante la relazione:

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

con

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

dove n è il numero delle strisce considerate, b<sub>i</sub> ed α<sub>i</sub> sono la larghezza e l'inclinazione della base della striscia i-esima rispetto all'orizzontale, W<sub>i</sub> è il peso della striscia i-esima e c<sub>i</sub> e φ<sub>i</sub> sono le caratteristiche del terreno (coesione ed angolo di attrito) lungo la base della striscia. L'espressione del coefficiente di sicurezza di Bishop contiene al secondo membro il termine m che è funzione di η.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 41 di 113

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

### 10.3.2 Verifica a scorrimento dell'opera lungo il piano di posa

La verifica allo scorrimento sul piano di posa dell'opera di sostegno è condotta rispetto alle combinazioni riportate nel paragrafo 9 della presente relazione di calcolo; in particolare è stato verificato il rispetto della seguente condizione:

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

dove:

$N$  = risultante delle azioni ortogonali al piano di scorrimento;

$H$  = risultante delle azioni parallele al piano di scorrimento;

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

$B$  = dimensione della Fondazione sul piano di scorrimento;

$\delta$  = coefficiente di attrito fondazione - terreno.

### 10.3.3 Verifica a collasso per carico limite del complesso opera di sostegno-terreno

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

Dette:

$c$  = coesione del terreno;

$c_a$  = adesione lungo la base della fondazione ( $c_a \leq c$ );

$V$  = azione tagliante;

$\phi'$  = angolo d'attrito;

$\delta$  = angolo di attrito opera di sostegno – terreno;

$\gamma$  = peso specifico del terreno;

$k_p$  = coefficiente di spinta passiva espresso da  $k_p = \tan^2(45^\circ + \phi'/2)$ ;

$B$  = larghezza della fondazione;

$L$  = lunghezza della fondazione;

$D$  = profondità del piano di posa della fondazione;

$\eta$  = inclinazione piano posa della fondazione;

$P$  = pressione geostatica in corrispondenza del piano di posa della fondazione;

$q_{ult}$  = carico ultimo della fondazione.

Risulta:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 42 di 113

### Caso generale

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

### Caso di terreno puramente coesivo $\phi = 0$

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

in cui  $d_c$ ,  $d_q$  e  $d_\gamma$  sono i fattori di profondità,  $s_c$ ,  $s_q$  e  $s_\gamma$  sono i fattori di forma,  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$  sono i fattori di inclinazione del carico,  $b_c$ ,  $b_q$  e  $b_\gamma$ , sono i fattori di inclinazione del piano di posa e  $g_c$ ,  $g_q$  e  $g_\gamma$  sono fattori che tengono conto del fatto che la fondazione poggia su un terreno in pendenza.

I fattori di capacità portante  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  sono espressi come:

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

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

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

### Fattori di forma

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

### Fattori di profondità

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

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

### Fattori di inclinazione del carico

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

I fattori di inclinazione del carico si esprimono come:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 43 di 113

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

#### Fattori di inclinazione del piano di posa della fondazione

per $\phi = 0$	per $\phi > 0$
$b_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$	$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$ $b_q = e^{-2\eta^\circ \phi}$ $b_\gamma = e^{-2.7\eta^\circ \phi}$

#### Fattori di inclinazione del terreno

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

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

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

$$\beta \leq \phi$$

$$i_q, i_\gamma > 0$$

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

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 44 di 113

### 10.3.4 Verifica a ribaltamento dell'opera come corpo rigido

La verifica al ribaltamento rispetto al vertice esterno della fondazione è viene trattata secondo la normativa come uno stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU), utilizzando i relativi coefficienti sulle azioni di cui alla Tabella 9.1 (Tab.5.2.V NTC 2008), adoperando i coefficienti parziali del gruppo (M2) per il calcolo delle spinte.

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

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

essendo:

$M_{RIB}$  = risultante dei momenti ribaltanti

$M_{STA}$  = risultante dei momenti stabilizzanti

### 10.3.5 Verifiche di capacità portante dei micropali

Il calcolo viene eseguito secondo il metodo messo a punto dall' *École Nationale des Ponts et Chaussées* da Bustamante e Doix, recepito nella gran parte delle normative e linee guida in Europa e negli Stati Uniti (FHWA) e basato sulla conoscenza dei valori del parametro NSPT e/o pL (pressione laterale limite) dei terreni attraversati.

Per la determinazione del carico limite, Bustamante e Doix fanno riferimento alla nota espressione:

$$Q_{\text{lim}} = P + S$$

dove con P viene indicata la resistenza totale alla punta, mentre con S quella laterale. La resistenza laterale S, a sua volta, è data da:

$$S = \pi \cdot \alpha \cdot d \cdot L \cdot s$$

dove  $d_s = \alpha \cdot d$  è il diametro equivalente del palo, L la lunghezza della zona iniettata, s la resistenza tangenziale unitaria all'interfaccia fra zona iniettata e terreno. Nel caso in esame il micropalo attraversa strati di terreno dalle caratteristiche diverse e la relazione per la determinazione di S risulta:

$$S = \pi \cdot \alpha \cdot d \sum \cdot L_i s_i$$

Si assume  $d_s = \alpha \cdot d$ , dove d è il diametro della perforazione e  $\alpha$  un coefficiente maggiorativo, il cui valore può essere determinato attraverso l'uso della tabella seguente (Viggiani, 1999). Come è possibile notare, Bustamante e Doix forniscono indicazioni ulteriori riguardanti la quantità minima di miscela iniettata.

Secondo tale metodo si calcola il diametro equivalente del palo attraverso il coefficiente  $\alpha$  coefficiente dimensionale che tiene conto della tecnica di esecuzione dei micropali e del tipo di terreno.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	45 di 113

Secondo tale metodo, il carico limite del micropalo viene calcolato in funzione di un coefficiente adimensionale  $\alpha$ , che tiene conto della tecnica di esecuzione dei micropali e del tipo di terreno e della resistenza tangenziale  $\tau$  all'interfaccia palo-terreno, funzione sia della natura che delle caratteristiche del terreno, sia dalla tecnologia di infissione.

Oltre al coefficiente  $\alpha$ , il metodo di Bustamante e Doix contempla anche il calcolo della resistenza tangenziale  $s$  all'interfaccia palo-terreno in funzione sia della natura che delle caratteristiche del terreno, sia dalla tecnologia di infissione.

La resistenza caratteristica  $R_k$  del micropalo è stata dedotta con riferimento alle procedure analitiche descritte precedentemente. Tali resistenze vengono a loro volta divise per un fattore di correlazione  $\xi$  riportato nella seguente tabella in funzione del numero delle verticali indagate. In questo caso, supponendo un numero minimo pari ad 1 di verticali indagate nei pressi dell'opera, si adotta, a favore di sicurezza, un coefficiente  $\xi = 1.7$  [NTC – Tabella 6.4.IV].

**Tabella 4 – Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate**

NUMERO DI VERTICALI INDAGATE	1	2	3	4	5	7	$\geq 10$
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21

In definitiva, il valore della resistenza di calcolo è data dal minimo tra quella calcolata considerando i valori minimi dei parametri geotecnici e quella calcolata considerando quelli medi, come indicato nelle seguente formula:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{mean}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{mean}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

Ai fini della verifica della portanza si considera una lunghezza utile di **7,50 m**.

Si assume uno spessore medio di rilevato ferroviario pari a 2.0m, trascurandone il relativo contributo in termini di portanza verticale. Conseguentemente la lunghezza del micropalo dal piano campagna è pari a 9.5m.

Per quanto riguarda la verifica a carico limite orizzontale dei pali, questa è stata condotta tramite il metodo di Broms, 1964, secondo il quale, per pali lunghi (ipotesi che si configura per tutti i pali in esame), in terreni incoerenti sotto falda, non liberi di ruotare in testa, vale la seguente formulazione:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	46 di 113

$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$$

Per terreni coesivi e per le ulteriori ipotesi di cui sopra, vale la seguente formulazione:

$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$

In cui:

H = carico limite orizzontale del palo

$K_p$  = coefficiente di spinta passiva

d = diametro del palo

L = lunghezza del palo

$M_y$  = momenno di plasticizzazione del palo

$c_u$  = coesione non drenata

Il valore di H, ridotto per i coefficienti di normativa come riportato di seguito, dovrà essere confrontato con il valore del taglio massimo agente in testa palo dalle combinazioni SLU-SLV ( $V_{pd}$ ):

$$H \lim = \frac{H}{\xi \cdot \gamma_T} \geq V_{pd}$$

Con  $\xi$  funzione del numero di verticali indagate per l'opera in esame e  $\gamma_T$  secondo l'approccio considerato.

In analogia con il carico limite verticale, per il carico limite orizzontale si considera l'Approccio 2, pertanto il coefficiente  $\gamma_T$  sarà pari a 1.3 (Tab.6.4.VI – NTC08).

COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
$\gamma_T = 1,0$	$\gamma_T = 1,6$	$\gamma_T = 1,3$

**Figura 9: Coefficienti parziali per le resistenze caratteristiche di pali soggetti a carichi trasversali – Tabella 6.4.VI del DM 14.1.2008**

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 2.2.E.ZZ CL OC.00.0.001 A 47 di 113					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.001.A						

## 11 TIPOLOGICI P2-L4

### 11.1 CODICE DI CALCOLO

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti (STRAUS7) facendo riferimento agli assi baricentrici degli elementi schematizzati con elementi "beam".

### 11.2 MODELLO DI CALCOLO

Le analisi sono state condotte per una striscia di struttura di lunghezza unitaria, implementando un modello di calcolo bidimensionale in condizioni di deformazione piana. La struttura è definita sulla base degli assi baricentrici degli elementi. La fondazione è schematizzata come una trave su suolo elastico alla Winkler non reagente a trazione, il calcolo della costante di sottofondo è riportata nel paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

In favore di sicurezza, si assume per entrambi i tipologico un regime di spinta a riposo.

La soletta superiore è stata svincolata alle estremità per simulare la non continuità con la sottostruttura.

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle seguenti figure.

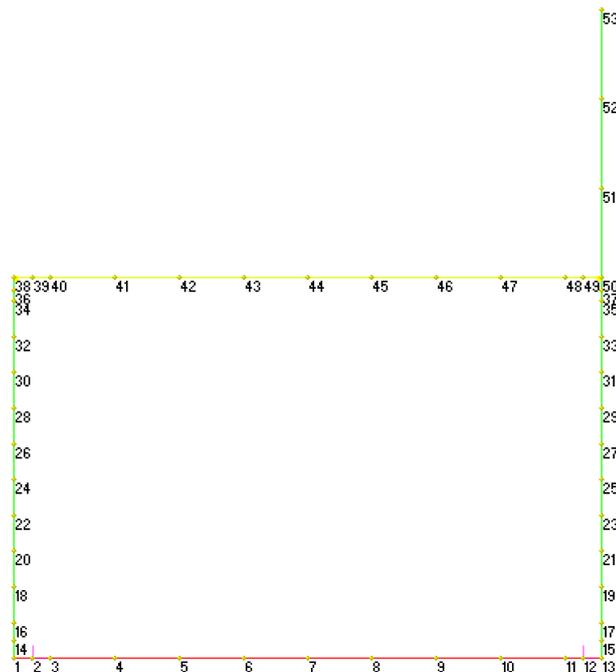


Figura 10 Modello F.E.M struttura - numerazione nodi

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	48 di 113

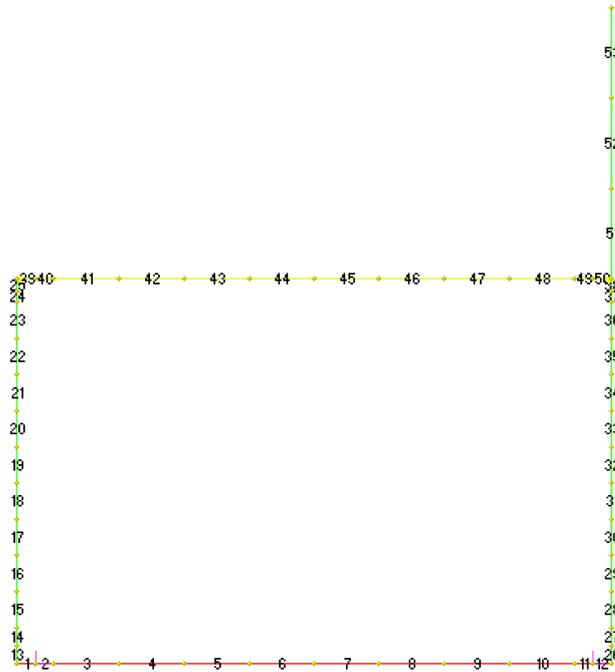


Figura 11 Modello F.E.M. struttura – numerazione aste

### 11.2.1 Interazione terreno-struttura

Nelle analisi strutturali, per la determinazione del coefficiente di sottofondo alla Winkler si è fatto riferimento alla seguente relazione (Vesic, 1965):

$$K = \frac{0.65E}{1-\nu^2} \sqrt[12]{\frac{Eb^4}{(EJ)_{fond}}}$$

dove:

E = modulo elastico del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson;

b = dimensione trasversale;

h = altezza;

J = inerzia;

$E_c$  = modulo elastico del calcestruzzo della fondazione.

Nel caso in esame K risulta pari a 19401 kN/mc. Tale rigidezza è stata applicata come beam support lungo l'elemento, in particolare considerando la striscia di calcolo pari ad 1m risulta **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** kPa/m\*1m = **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** kN/m/m.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>49 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	49 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	49 di 113								

## 12 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

Nelle seguenti tabelle sono riportati i valori massimi delle caratteristiche delle sollecitazioni ricavati per le sezioni oggetto di verifica, indicate in figura.

Di seguito è riportato l'involuppo delle sollecitazioni flettenti e taglianti dello stato limite ultimo. Le unità di misura adottate nei diagrammi seguenti sono kN–m.

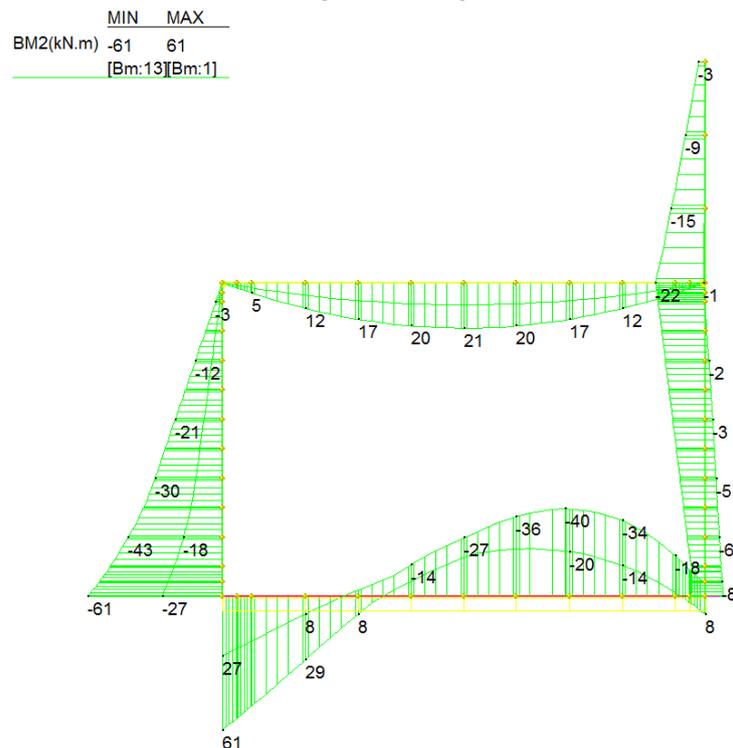


Figura 12 Involuppo SLU/Sisma: Momenti flettenti

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.  
 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandatario:

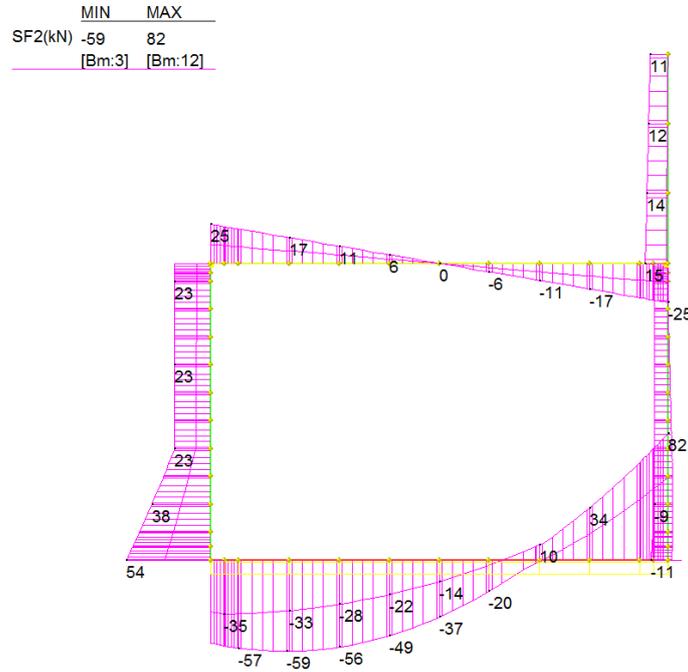
Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

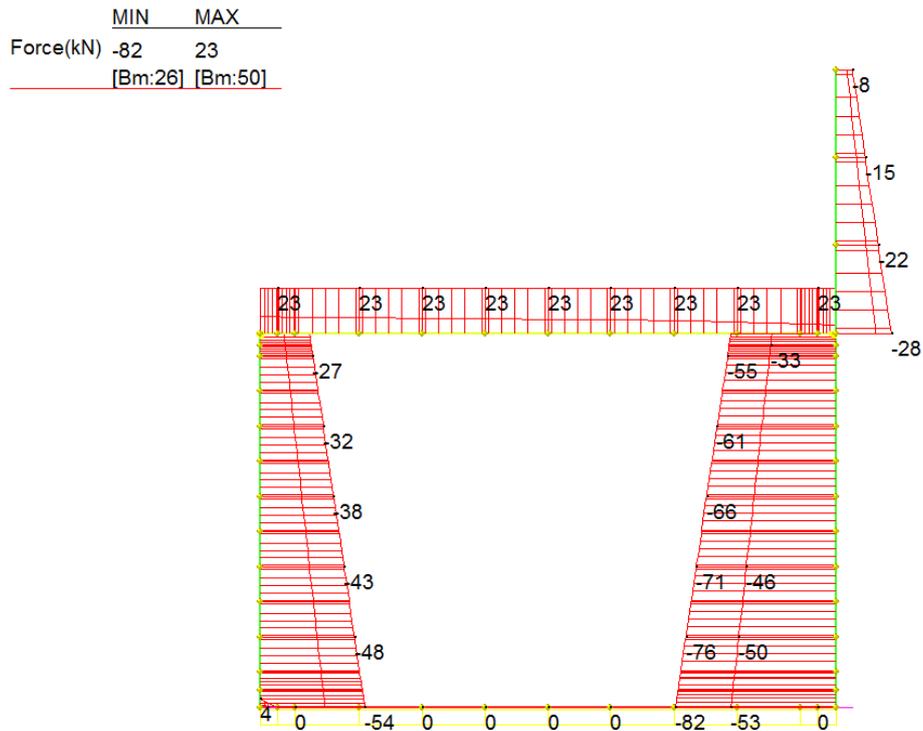
Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	50 di 113



**Figura 13 Involuppo SLU/Sisma: sollecitazioni taglianti**



**Figura 14 Involuppo SLU/Sisma: sforzo normale**



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	52 di 113

FOND	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU/SLV	0	50	59
SLE RARA	0	35	40
SLE FREQ	0	25	38
SLE QUASI PERM.	0	11	29

COP	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU/SLV	0	21	22
SLE RARA	0	15	16
SLE FREQ	0	13	14
SLE QUASI PERM.	0	8	9

PIEDR	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU/SLV	0	56	46
SLE RARA	0	36	34
SLE FREQ	0	26	27
SLE QUASI PERM.	0	14	12

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	53 di 113

### 13 VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO

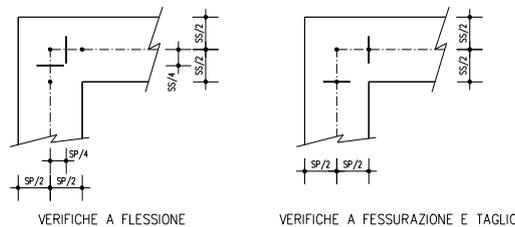
Si riassumono di seguito i risultati delle verifiche allo stato limite ultimo per le sollecitazioni di taglio e flessione, relative all'involuppo delle combinazioni di carico. In particolare si riportano le sollecitazioni massime per tutte le sezioni di verifica e le combinazioni di carico più gravose (minimo coefficiente di sicurezza), sia per la verifica a flessione sia per la verifica a taglio.

Nelle verifiche della soletta di fondazione, cautelativamente, non si è tenuto in conto del contributo dello sforzo normale.

Le verifiche a flessione in corrispondenza dei nodi tra setti adiacenti sono effettuate rispettivamente:

- nella sezione ubicata a metà fra asse piedritto e sezione d'attacco piedritto-soletta nel caso delle verifiche della soletta;
- nella sezione ubicata a metà fra asse soletta e sezione d'attacco del piedritto nel caso delle verifiche del piedritto.

Le verifiche a fessurazione e a taglio sono eseguite nelle sezioni di attacco soletta-piedritto.



I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D.M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2).

Si riporta di seguito l'armatura degli elementi strutturali nelle sezioni di mezzeria e di incastro.

Elemento	Dimensioni [cm]		Flessione		Armatura a taglio
	B	H	Lato terra	Lato interno	
PIEDRITTI	100	x 40	10Ø12	10Ø12	–
SOLETTA INF.	100	x 40	10Ø12	10Ø12	–
SOLETTA INF.	100	x 25	10Ø12	10Ø12	–

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 54 di 113

### 13.1 SOLETTA DI FONDAZIONE E PIEDRTTI

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C28/35	
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	15.86	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.760	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	16.800	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	16.800	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.600	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. a snervamento fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. a snerv. di calcolo fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef:		200000.0	MPa
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$ :		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :		0.50	
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa	

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	40.0	cm
Barre inferiori:	10Ø12	(11.3 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø12	(11.3 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.2	cm

#### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	50.00	59.00	0.00
2	0.00	56.00	46.00	0.00

#### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	35.00

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 55 di 113

2 0.00 36.00

#### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	25.00 (91.28)
2	0.00	26.00 (91.28)

#### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	11.00 (91.28)
2	0.00	14.00 (91.28)

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.3 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.5 cm

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)										
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)										
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000										
Yneuro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.										
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [kNm]										
x/d	Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)										
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]										
N°Comb	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	50.00	0.30	152.67	3.053	34.9	132.25	0.15	0.70	11.3 (5.9)
2	S	0.00	56.00	0.30	152.67	2.726	34.9	132.25	0.15	0.70	11.3 (5.9)

#### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione						
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace						
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)						
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)						
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)						
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>56 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	56 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	56 di 113								

1	0.00350	-0.00832	40.0	-0.00146	32.8	-0.01911	7.2
2	0.00350	-0.00832	40.0	-0.00146	32.8	-0.01911	7.2

#### METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	59.00	157.98	32.8	100.0	0.0034	0.00
2	S	46.00	157.98	32.8	100.0	0.0034	0.00

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata (Mpa)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata (Mpa)
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre >14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96])

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.53	40.0	0.00	31.3	-104.5	32.8	15.6	1560	11.3	9.5
2	S	2.60	40.0	0.00	31.3	-107.5	32.8	15.6	1560	11.3	9.5

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sclmax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
Sclmin	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
K3	=0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Psi	= 1-Beta12*(Ssr/Ss) <sup>2</sup> = 1-Beta12*(fctm/Sclmin) <sup>2</sup> = 1-Beta12*(Mfess/M) <sup>2</sup> [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es
srm	Distanza media in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	1.19	-1.19	---	0.125	1.00	0.400	0.000209 (0.000209)	234	0.083	91.28
2	S	1.22	-1.22	---	0.125	1.00	0.400	0.000215 (0.000215)	234	0.085	91.28

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.81	40.0	0.00	31.3	-74.6	32.8	15.6	1560	11.3	9.5
2	S	1.88	40.0	0.00	31.3	-77.6	32.8	15.6	1560	11.3	9.5

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	57 di 113

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.85	-0.85	---	0.125	1.00	0.400	0.000149 (0.000149)	234	0.059 (0.30)	91.28
2	S	0.88	-0.88	---	0.125	1.00	0.400	0.000155 (0.000155)	234	0.062 (0.30)	91.28

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.80	40.0	0.00	31.3	-32.8	32.8	15.6	1560	11.3	9.5
2	S	1.01	40.0	0.00	31.3	-41.8	32.8	15.6	1560	11.3	9.5

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.37	-0.37	---	0.125	0.50	0.400	0.000066 (0.000066)	234	0.026 (0.20)	91.28
2	S	0.48	-0.48	---	0.125	0.50	0.400	0.000084 (0.000084)	234	0.033 (0.20)	91.2

8

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 58 di 113

## 13.2 SOLETTA DI COPERTURA

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40		
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	18.81	MPa	
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020		
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035		
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo		
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0	MPa	
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa	
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00		
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920	MPa	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920	MPa	
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940	MPa	
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
		Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
Resist. caratt. a rottura ftk:		450.00	MPa	
Resist. a snerv. di calcolo fyd:		391.30	MPa	
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30	MPa	
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068		
Modulo Elastico Ef:		200000.0	MPa	
Diagramma tensioni-deformaz.:		Bilineare finito		
Coeff. Aderenza istant. $\beta_1*\beta_2$ :		1.00		
Coeff. Aderenza differito $\beta_1*\beta_2$ :		0.50		
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa		

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	25.0	cm
Barre inferiori:	10Ø12	(11.3 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	10Ø12	(11.3 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	7.2	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	7.2	cm

### ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	21.00	22.00	0.00

### COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	15.00

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>59 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	59 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	59 di 113								

### COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	13.00 (34.66)

### COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	0.00	8.00 (34.66)

### RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	6.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.3 cm
Copriferro netto minimo staffe:	6.5 cm

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)										
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)										
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult, Mx Ult) e (N, Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta $\geq 1.000$										
Yneuro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.										
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [kNm]										
x/d	Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)										
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]										
N°Comb	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	21.00	0.27	86.26	4.108	19.9	71.41	0.29	0.80	11.3 (3.2)

### METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione						
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace						
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)						
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)						
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)						
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.00389	25.0	-0.00146	17.8	-0.00877	7.2

### METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: <b>SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
Relazione di calcolo <b>IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A</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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>60 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	60 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	60 di 113								

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $<0.02$ ]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	22.00	118.04	17.8	100.0	0.0064	0.00

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre >14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96])

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.12	25.0	0.00	18.6	-82.9	17.8	9.3	929	11.3	9.5

#### COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sclmax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
Sclmin	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
K3	=0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Psi	= 1-Beta12*(Ssr/Ss) <sup>2</sup> = 1-Beta12*(fctm/Sclmin) <sup>2</sup> = 1-Beta12*(Mfess/M) <sup>2</sup> [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es
srm	Distanza media in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	1.34	-1.34	---	0.125	1.00	0.400	0.000166 (0.000166)	200	0.056	34.66

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.70	25.0	0.00	18.6	-71.8	17.8	9.3	929	11.3	9.5

#### COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	1.16	-1.16	---	0.125	1.00	0.400	0.000144 (0.000144)	200	0.049 (0.30)	34.66

#### COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

APPALTATORE:	<b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE:	<u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 61 di 113		

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.66	25.0	0.00	18.6	-44.2	17.8	9.3	929	11.3	9.5

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE**

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.72	-0.72	---	0.125	0.50	0.400	0.000088 (0.000088)	200	0.030 (0.20)	34.66

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 62 di 113

## 14 VERIFICHE GEOTECNICHE

### 14.1 VERIFICA DELLA CAPACITÀ PORTANTE

La verifica a capacità portante del complesso fondazione – terreno è stata effettuata applicando la combinazione (A1+M1+R3) dell'Approccio 2, tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.4.I delle NTC2008. I coefficienti  $\gamma_R$  sono riportati nella seguente tabella 6.4.I delle NTC08):

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

La pressione limite puo' essere calcolata in base alla formula generale di Brinch Hansen (1970):

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

(valida in condizioni drenate)

$$q_{lim} = c_U \cdot N_c^* \cdot d_c^* \cdot i_c^* \cdot s_c^* \cdot b_c^* \cdot g_c^* + q$$

(valida in condizioni non drenate)

essendo

$N_q, N_c, N_{\gamma}$  i fattori di capacità portante in condizioni drenate;

$N_c^*$  il fattore di capacità portante in condizioni non drenate;

$s_{\gamma}, s_q, s_c$  i fattori di forma della fondazione;

$i_{\gamma}, i_q, i_c$  i fattori correttivi per l'inclinazione del carico;

$b_{\gamma}, b_q, b_c$  i fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione;

$g_{\gamma}, g_q, g_c$  i fattori correttivi per l'inclinazione del piano campagna;

$d_{\gamma}, d_q, d_c$  i fattori correttivi per la profondità del piano di posa;

$d_c^*, i_c^*, s_c^*, b_c^*, g_c^*$  i fattori correttivi corrispondenti rispettivamente a quanto sopra esposto ma validi in condizioni non drenate.

In condizioni drenate valgono le seguenti espressioni:

$$N_q = \text{tg}^2(45 + \phi' / 2) \cdot e^{(\sigma \cdot \text{tg} \phi')}$$

$$N_c = (N_q - 1) / \text{tg} \phi'$$

$$N_{\gamma} = 1.5(N_q - 1) \cdot \text{tg} \phi'$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 63 di 113

$$i_{\gamma} = \left[ 1 - \frac{H}{N + B' \cdot c \cdot \cotg \phi'} \right]^{m+1}$$

$$i_q = i_c = \left[ 1 - \frac{H}{N + B' \cdot c \cdot \cotg \phi'} \right]^m$$

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot \frac{D}{B'} \quad \text{per } D/B' \leq 1$$

$$d_q = 1 + 2 \operatorname{tg} \phi' \cdot (1 - \sin \phi')^2 \cdot \operatorname{arctg} \left( \frac{D}{B'} \right) \quad \text{per } D/B' > 1$$

$$d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \operatorname{tg} \phi'}$$

$$s_q = 1 + (B/2) \operatorname{tg} \phi'$$

$$s_{\gamma} = 1 - 0.4B/4$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$$

$$g_{\gamma} = g_q = (1 - 0.5 \operatorname{tg} \beta)^5$$

$$g_c = 1 - \beta^{\circ} / 147^{\circ}$$

$$b_q = e^{(-2.7 \operatorname{tg} \phi')}$$

$$b_{\gamma} = e^{(-2.7 \operatorname{tg} \phi')}$$

ove  $\beta + \eta \leq 90^{\circ}$  e  $\beta \leq \phi$

In condizioni non drenate i fattori hanno le seguenti espressioni:

$$N_c^* = (2 + \pi)$$

$$s_c^* = 0.2 + \frac{B}{L}$$

$$i_c^* = \left[ 1 - \frac{mH}{B' c u N_c} \right]^m$$

$$d_c^* = 0.4 + \frac{D}{B} \quad \text{per } D/B \leq 1$$

$$d_c^* = 0.4 + \frac{\operatorname{tg}^{\wedge} - 1 D}{B} \quad \text{per } D/B > 1$$

$$g_c^* = \beta^{\circ} / 147^{\circ}$$

$$b_c^* = \eta^{\circ} / 147^{\circ}$$

Si sono indicate con:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 64 di 113

$q = \gamma \cdot D =$  pressione verticale totale agente alla quota di imposta della fondazione;

$B'$  = larghezza efficace equivalente della fondazione;

$\gamma$  = peso di volume naturale del terreno;

$c_u$  = coesione non drenata;

$D$  = affondamento della fondazione;

$H$  = carico orizzontale agente.

Per valutare gli effetti dell'eccentricità è necessario inserire nell'equazione della capacità due dimensioni  $L'$  e  $B'$  ridotte secondo le:

$$L' = L - 2e_x$$

$$B' = B - 2e_y$$

dove  $B$  e  $L$  sono le reali dimensioni della fondazione e  $e_x$  e  $e_y$  sono le eccentricità.

Si riporta di seguito la verifica per la condizione più gravosa.

L'azione complessiva trasmessa al terreno dalla fondazione nella condizione più gravosa è pari a circa 189kN per una striscia di larghezza unitaria e  $189 \times 12 = 2268$  kN globalmente, ipotizzando conci da 12m.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 65 di 113

(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 3.65 (m)  
L = 12.00 (m)  
D = 1.80 (m)



#### AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	2268		2268.00
Mb [kNm]	1332		1332.00
Ml [kNm]	0.00		0.00
Tb [kN]	564		564.00
Tl [kN]	0.00		0.00
H [kN]	564.00	0.00	564.00

*Peso unità di volume del terreno*

$\gamma_1 = 19.50$  (kN/mc)  
 $\gamma = 19.50$  (kN/mc)

*Valori caratteristici di resistenza del terreno*

$c' = 0.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 31.00$  (°)

*Valori di progetto*

$c' = 0.00$  (kN/mq)  
 $\varphi' = 31.00$  (°)

*Profondità della falda*

$Z_w = 1.80$  (m)

$e_B = 0.59$  (m)

$e_L = 0.00$  (m)

$B^* = 2.48$  (m)

$L^* = 12.00$  (m)

**q : sovraccarico alla profondità D**

q = 35.10 (kN/mq)

**$\gamma$  : peso di volume del terreno di fondazione**

$\gamma = 9.50$  (kN/mc)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	66 di 113

**Nc, Nq, Ny : coefficienti di capacità portante**

$$Nq = \tan^2(45 + \varphi'/2) * e^{(\pi * \tan \varphi')}$$

$$Nq = 20.63$$

$$Nc = (Nq - 1) / \tan \varphi'$$

$$Nc = 32.67$$

$$Ny = 2 * (Nq + 1) * \tan \varphi'$$

$$Ny = 25.99$$

**sc, sq, sy : fattori di forma**

$$s_c = 1 + B * Nq / (L * Nc)$$

$$s_c = 1.13$$

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

$$s_q = 1.12$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 * B^* / L^*$$

$$s_\gamma = 0.92$$

**ic, iq, iy : fattori di inclinazione del carico**

$$m_b = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1.83 \quad \theta = \arctg(Tb/Tl) = 90.00 \quad (^\circ)$$

$$m_l = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1.17 \quad m = 1.83 \quad (-)$$

$$i_q = (1 - H / (N + B * L^* * c' * \cotg \varphi'))^m$$

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

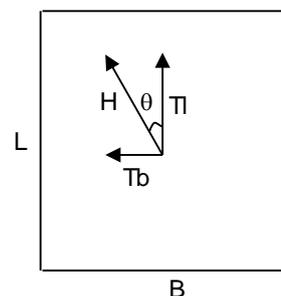
$$i_q = 0.59$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (Nq - 1)$$

$$i_c = 0.57$$

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

$$i_\gamma = 0.45$$



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 67 di 113

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

$$\text{per } D/B^* \leq 1; d_q = 1 + 2 D \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2 / B^*$$

$$\text{per } D/B^* > 1; d_q = 1 + (2 \tan\phi' (1 - \sin\phi')^2) * \arctan(D / B^*)$$

$$d_q = 1.21$$

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

$$d_c = 1.22$$

$$d_\gamma = 1$$

$$d_\gamma = 1.00$$

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

$$b_q = (1 - \beta_f \tan\phi')^2$$

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

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

$$b_q = 1.00$$

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

$$b_c = 1.00$$

$$b_\gamma = b_q$$

$$b_\gamma = 1.00$$

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

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

$$\beta_f + \beta_p = 0.00$$

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

$$g_q = 1.00$$

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

$$g_c = 1.00$$

$$g_\gamma = g_q$$

$$g_\gamma = 1.00$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 68 di 113

**Carico limite unitario**

$$q_{lim} = 706.50 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Pressione massima agente**

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

$$q = 76.35 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**Verifica di sicurezza capacità portante**

$$q_{lim} / \gamma_R = 307.17 \geq q = 76.35 \quad (\text{kN/m}^2)$$

**VERIFICA A SCORRIMENTO**

**Carico agente**

$$H_d = 564.00 \quad (\text{kN})$$

**Azione Resistente**

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

$$S_d = 1362.75 \quad (\text{kN})$$

**Verifica di sicurezza allo scorrimento**

$$S_d / \gamma_R = 1238.86 \geq H_d = 564.00 \quad (\text{kN})$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	69 di 113

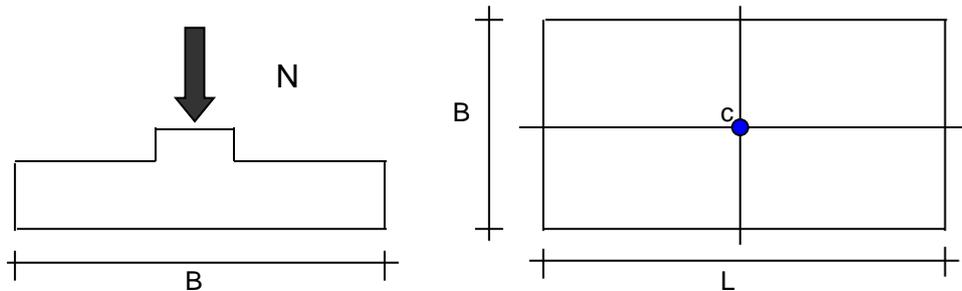
## 14.2 VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI

Si esibisce di seguito il calcolo dei cedimenti in fondazione dell'opera in esame.

### CEDIMENTI DI UNA FONDAZIONE RETTANGOLARE

#### LAVORO:

Sottopasso Stazione Acerra



#### Formulazione Teorica (H.G. Poulos, E.H. Davis; 1974)

$$\Delta\sigma_z = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) + ((L/2)(B/2)z/R_3)(1/R_1^2 + 1/R_2^2))$$

$$\Delta\sigma_x = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_1^2))$$

$$\Delta\sigma_y = (q/2\pi) * (\tan^{-1}((L/2)(B/2)/(zR_3)) - ((L/2)(B/2)z/R_3 R_2^2))$$

$$R_1 = ((L/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_2 = ((B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$R_3 = ((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)^{0.5}$$

$$\delta_{ot} = \Sigma\delta_i = \Sigma(((\Delta\sigma_z - v_i(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y))\Delta z_i/E_i)$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	70 di 113

**DATI DI INPUT:**

B = 3.65 (m) (Larghezza della Fondazione)

L = 12.00 (m) (Lunghezza della Fondazione)

N = 4380 (kN) (Carico Verticale Agente)

q = 100.00 (kN/mq) (Pressione Agente (q = N/(B\*L)))

ns = 2 (-) (numero strati) (massimo 6)

Strato	Litologia	Spessore	da z <sub>i</sub>	a z <sub>i+1</sub>	Δz <sub>i</sub>	E	v	δ <sub>ci</sub>
(-)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)
1	Bc2	6.50	0.0	6.5	1.0	24000	0.30	1.13
2	Bn1	15.50	6.5	22.0	1.0	40000	0.30	0.39
-			0.0	0.0	1.0			-
-			0.0	0.0	1.0			-
-			0.0	0.0	1.0			-
-			0.0	0.0	1.0			-

$$\delta_{ctot} = 1.52 \text{ (cm)}$$

Il cedimento totale risulta essere pari a **1.52cm**.  
Di seguito si forniscono le tabelle di sintesi del calcolo effettuato.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 71 di 113

z	$\Delta z_i$	Terreno	R1	R2	R3	$\Delta \sigma_{zi}$	$\Delta \sigma_{xi}$	$\Delta \sigma_{yi}$	E	$\nu$	$\delta_i$	$\Sigma \delta_i$
(m)	(m)	(-)	(-)	(-)	(-)	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(-)	(cm)	(cm)
0.00	1.0	1							24000	0.30		
1.00	1.0	1	6.02	1.89	6.29	83.80	65.27	51.33	24000	0.30	0.20	0.20
2.00	1.0	1	6.18	2.36	6.45	66.09	7.14	0.93	24000	0.30	0.27	0.47
3.00	1.0	1	6.50	3.10	6.75	53.02	3.46	-1.74	24000	0.30	0.22	0.69
4.00	1.0	1	6.95	3.95	7.18	42.50	1.65	-2.04	24000	0.30	0.18	0.87
5.00	1.0	1	7.50	4.86	7.72	34.41	0.68	-1.82	24000	0.30	0.14	1.01
6.00	1.0	1	8.14	5.79	8.34	28.19	0.16	-1.53	24000	0.30	0.12	1.13
7.00	1.0	2	8.85	6.75	9.03	23.34	-0.12	-1.27	40000	0.30	0.06	1.19
8.00	1.0	2	9.60	7.72	9.78	19.52	-0.26	-1.06	40000	0.30	0.05	1.24
9.00	1.0	2	10.40	8.69	10.56	16.48	-0.33	-0.89	40000	0.30	0.04	1.28
10.00	1.0	2	11.24	9.67	11.38	14.05	-0.35	-0.75	40000	0.30	0.04	1.32
11.00	1.0	2	12.09	10.66	12.23	12.07	-0.34	-0.64	40000	0.30	0.03	1.35
12.00	1.0	2	12.97	11.64	13.10	10.46	-0.33	-0.55	40000	0.30	0.03	1.37
13.00	1.0	2	13.87	12.63	13.99	9.14	-0.31	-0.48	40000	0.30	0.02	1.40
14.00	1.0	2	14.77	13.62	14.89	8.04	-0.29	-0.42	40000	0.30	0.02	1.42
15.00	1.0	2	15.69	14.61	15.80	7.12	-0.27	-0.37	40000	0.30	0.02	1.44
16.00	1.0	2	16.62	15.61	16.72	6.34	-0.25	-0.33	40000	0.30	0.02	1.45
17.00	1.0	2	17.56	16.60	17.65	5.68	-0.23	-0.29	40000	0.30	0.01	1.47
18.00	1.0	2	18.50	17.59	18.59	5.11	-0.21	-0.26	40000	0.30	0.01	1.48
19.00	1.0	2	19.45	18.59	19.53	4.62	-0.20	-0.24	40000	0.30	0.01	1.49
20.00	1.0	2	20.40	19.59	20.48	4.20	-0.18	-0.21	40000	0.30	0.01	1.50
21.00	1.0	2	21.36	20.58	21.44	3.83	-0.17	-0.20	40000	0.30	0.01	1.51
22.00	1.0	2	22.32	21.58	22.40	3.50	-0.15	-0.18	40000	0.30	0.01	1.52

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 72 di 113

## 15 TIPOLOGICI L2-L3

### 15.1 CODICE DI CALCOLO

L'analisi della struttura scatolare è stata condotta con un programma agli elementi finiti (STRAUS7) facendo riferimento agli assi baricentrici degli elementi schematizzati con elementi "beam".

### 15.2 MODELLO DI CALCOLO

Le analisi sono state condotte per una striscia di struttura di lunghezza unitaria, implementando un modello di calcolo bidimensionale in condizioni di deformazione piana. La struttura è definita sulla base degli assi baricentrici degli elementi. La fondazione è stata vincolata nei due nodi di base in corrispondenza dei micropali. La soletta superiore è stata svincolata alle estremità per simulare la non continuità con la sottostruttura.

Lo schema statico della struttura e la relativa numerazione dei nodi e delle aste sono riportati nelle seguenti figure.

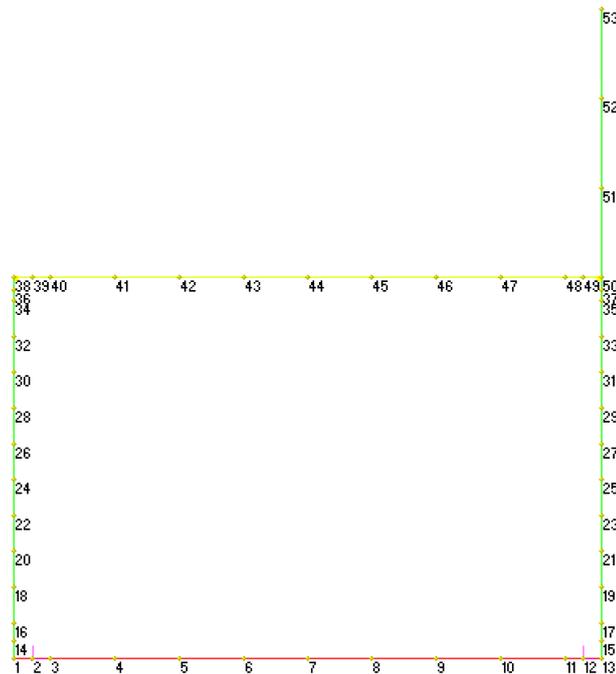
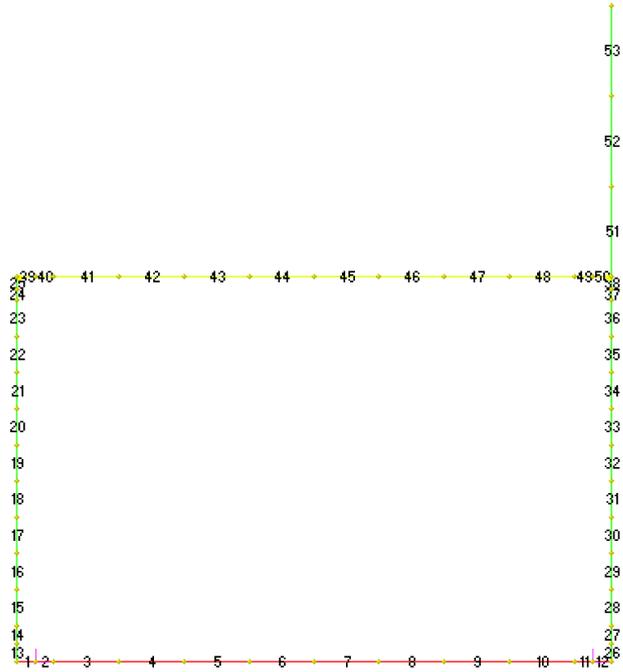


Figura 17 Modello F.E.M struttura - numerazione nodi

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>73 di 113</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	73 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	73 di 113								



**Figura 18 Modello F.E.M. struttura – numerazione aste**

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>74 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	74 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	74 di 113								

## 16 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI

Nelle seguenti tabelle sono riportati i valori massimi delle caratteristiche delle sollecitazioni ricavati per le sezioni oggetto di verifica, indicate in figura.

Di seguito è riportato l'involuppo delle sollecitazioni flettenti e taglianti dello stato limite ultimo. Le unità di misura adottate nei diagrammi seguenti sono kN–m.

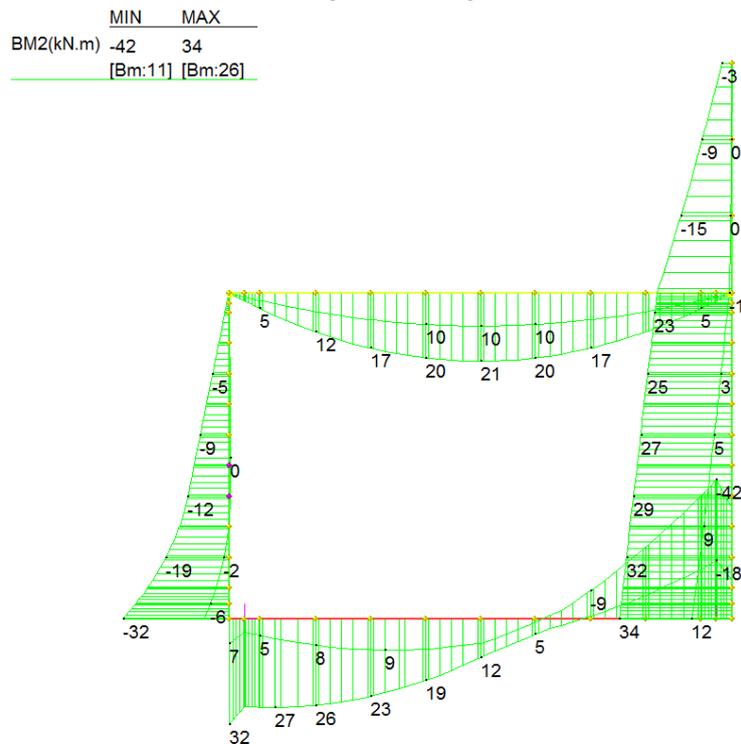


Figura 19 Involuppo SLU/Sisma: Momenti flettenti

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>75 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	75 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	75 di 113								

	MIN	MAX
SF2(kN)	-55	83
	[Bm:1]	[Bm:12]

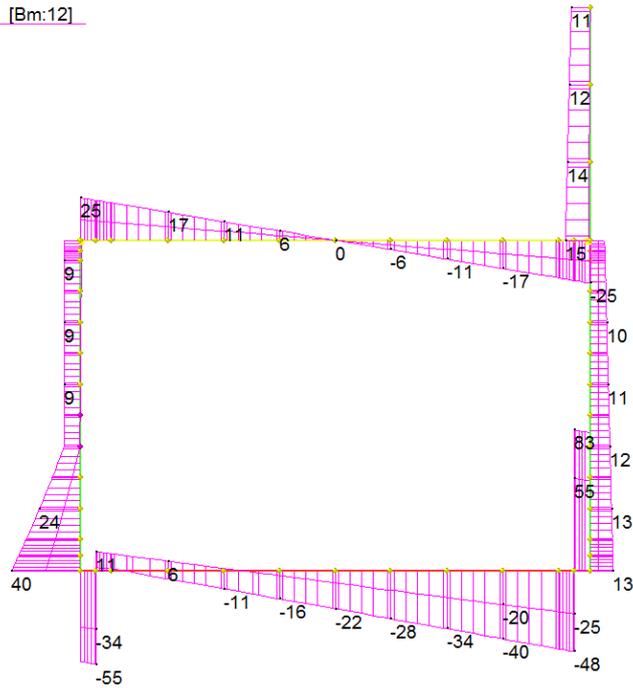


Figura 20 Inviluppo SLU/Sisma: sollecitazioni taglienti

	MIN	MAX
Force(kN)	-82	13
	[Bm:26]	[Bm:12]

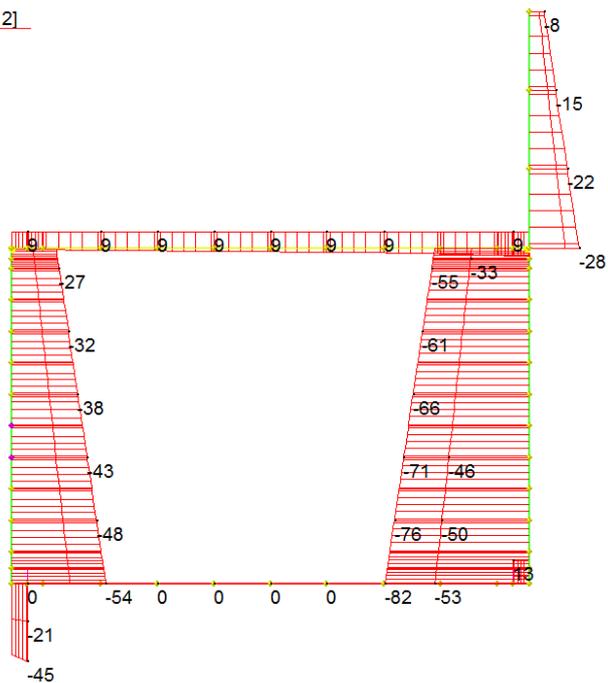


Figura 21 Inviluppo SLU/Sisma: sforzo normale

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

**PROGETTO ESECUTIVO**

PROGETTAZIONE:

Mandatario:

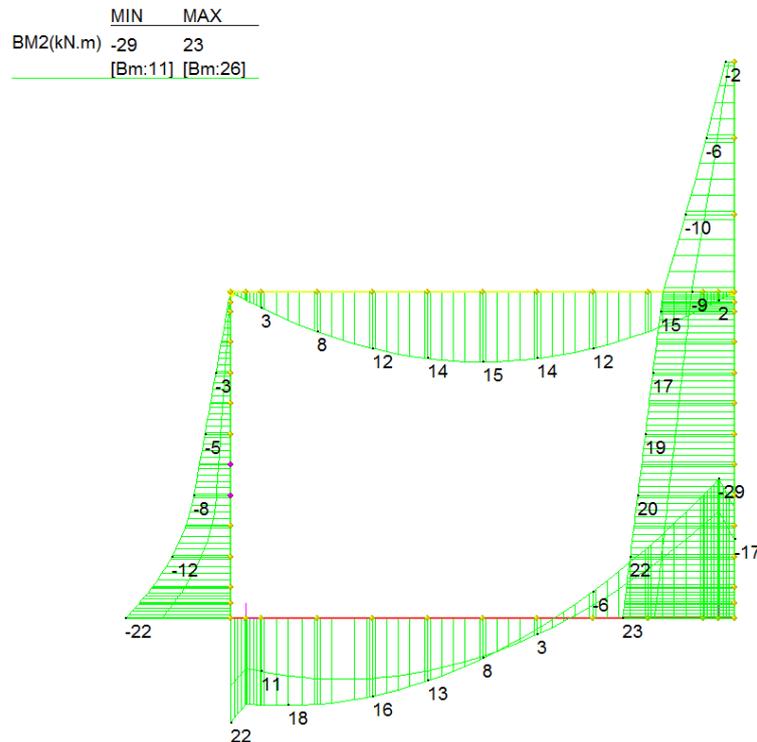
Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

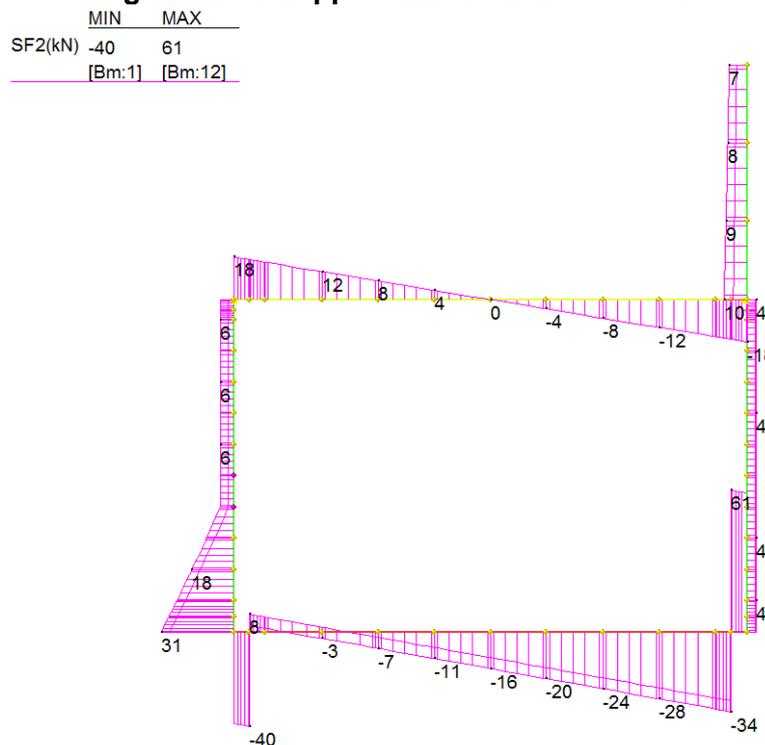
Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	76 di 113



**Figura 22 Involuppo SLE: Momenti flettenti**



**Figura 23 Involuppo SLE: sollecitazioni taglianti**

Di seguito si riportano i valori delle sollecitazioni per tutte le combinazioni di carico relative a tutte le sezioni di verifica.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	77 di 113

FOND	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU/SLV	0	42	48
SLE RARA	0	29	33
SLE FREQ	0	18	26
SLE QUASI PERM.	0	8	19

COP	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU/SLV	0	21	22
SLE RARA	0	15	16
SLE FREQ	0	13	14
SLE QUASI PERM.	0	8	9

PIEDR	<b>N</b>	<b>Mx</b>	<b>Vy</b>
	(KN)	(KNm)	(KNm)
SLU/SLV	0	25	32
SLE RARA	0	17	24
SLE FREQ	0	8	17
SLE QUASI PERM.	0	3	3

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario:      Mandante: <b>SYSTRA S.A.    SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.</b>						
Relazione di calcolo <b>IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A</b>	<b>COMMESSA</b> <b>IF2R</b>	<b>LOTTO</b> <b>2.2.E.ZZ</b>	<b>CODIFICA</b> <b>CL</b>	<b>DOCUMENTO</b> <b>OC.00.0.0.001</b>	<b>REV.</b> <b>A</b>	<b>FOGLIO</b> <b>78 di 113</b>

## **17 VERIFICHE DI RESISTENZA ULTIMA E DI ESERCIZIO**

Per le verifiche strutturali si faccia riferimento a quanto riportato per i tipologici P2-L4, al relativo paragrafo.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 2.2.E.ZZ CL OC.00.0.0.001 A 79 di 113

## 18 VERIFICHE DI CAPACITÀ PORTANTE DEI MICROPALI

Si esibiscono le verifiche di portanza considerando le caratteristiche geotecniche peggiori, relative alla stratografia 1

Si riportano di seguito le sollecitazioni massime agenti in testa ai micropali:

	SOLLECITAZIONE SINGOLO MICROPALO		
	$N_{pMAX}$	$N_{pMIN}$	$V_p$
	KN	KN	KN
SLU/SLV	197	98	44
SLE (RARA)	143	72	29
SLE (FREQ)	131	72	22
SLE (Q.PERM)	108	74	6

### 18.1 CAPACITÀ PORTANTE (COMPRESSIONE)

n	1	2	3	4	5	7	≥10	DM88	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00

#### Caratteristiche del micropalo:

Diametro di perforazione del micropalo (D): 0.25 (m)

Lunghezza del micropalo (L): 7.50 (m)

#### CAPACITÀ PORTANTE ESTERNA

##### Capacità portante di fusto

$$QI = \sum_i \pi * D s_i * s_i * l s_i$$

Tipo di Terreno	Spessore $l s_i$ (m)	$\alpha$ (-)	$D s_i = \alpha * D$ (m)	$s_i$ media (MPa)	$s_i$ minima (MPa)	$s_i$ calcolo (MPa)	$Q s_i$ (kN)
Po	6.50	1.10	0.28	0.090	0.090	0.037	205.03
DI	1.00	1.40	0.35	0.180	0.180	0.073	80.29
			0.00			0.000	0.00

$$L s = 7.50 \quad (m) \quad QI = 285.32 \quad (kN)$$

Capacità portante di punta  $Q_p = \%Punta * QI$  (consigliato 10-15%)

$$\% Punta = 10\% \quad Q_p = 28.53 \quad (kN)$$

#### CARICO LIMITE DEL MICROPALO

$$Q_{lim} = Q_b + QI$$

$$Q_{lim} = 313.86 \quad (kN)$$

#### COEFFICIENTE DI SICUREZZA

$$F_s = Q_{lim} / N \quad (F_s > 1)$$

$$F_s = 1.60$$

#### CAPACITÀ PORTANTE PER INSTABILITÀ DELL'EQUILIBRIO ELASTICO

Reaz. Laterale per unità di lunghezza e di spostam. ( $\beta$ ) ( $\beta = k * D_{am}$ ): 13.46 (N/mm<sup>2</sup>)

$$P_k = 2 * (\beta * E_{arm} * J_{arm})^{0.5} \quad \eta = P_k / N \quad (\text{consigliato } \eta > 10)$$

$$P_k = 13299.73 \quad (MN) \quad \eta = 67.68$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 80 di 113

## 18.2 VERIFICA AI CARICHI TRASVERSALI

n	1	2	3	4	5	7	≥10	T.A.	prog.
$\xi_3$	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.40
$\xi_4$	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.40

Palo corto: 
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio: 
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left( \frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo: 
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{ \left( 3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2 }$$

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>				
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>				
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A FOGLIO 81 di 113

### Calcolo del momento di plasticizzazione di un micropalo

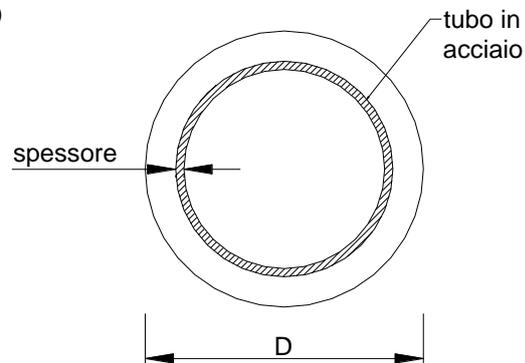
Diametro = 250 (mm)

#### Tubo

Diametro esterno = 168.3 (mm)

Spessore = 10.0 (mm)

Sforzo Normale = 0 (kN)



#### Caratteristiche dei Materiali

malta

Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

$\gamma_c$  = 1.5

$\alpha_{cc}$  = 0.85

$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c = 14.17$  (Mpa)

#### Acciaio

tipo di acciaio

$f_{yk}$  = 275 (Mpa)

$\gamma_m$  = 1.15

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_m / \gamma_{E,d} = 239.1$  (Mpa)

Es = 210000 (Mpa)

$\epsilon_{ys}$  = 0.114%

$\epsilon_{uk}$  = 1.000%

Calcolo

#### Momento di Plasticizzazione

My = 70.9 (kN m)

Inserisci

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	82 di 113

### DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	9.00	(m)		
Diametro del palo	d =	0.25	(m)		
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	70.88	(kN m)		
Angolo di attrito del terreno	$\varphi'_{med}$ =	31.00	(°)	$\varphi'_{min}$ =	31.00 (°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d}$ =	31.00	(°)	$\varphi'_{min,d}$ =	31.00 (°)
Coeff. di spinta passiva ( $k_p = (1+\sin\varphi)/(1-\sin\varphi)$ )	$k_{p_{med}}$ =	3.12	(-)	$k_{p_{min}}$ =	3.12 (-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$ )	$\gamma$ =	19.50	(kN/m <sup>3</sup> )		
Carico Assiale Permanente (G):	G =	44	(kN)		
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)		

#### Palo corto:

$$H1_{med} = 1850.41 \quad (kN) \qquad H1_{min} = 1850.41 \quad (kN)$$

#### Palo intermedio:

$$H2_{med} = 624.68 \quad (kN) \qquad H2_{min} = 624.68 \quad (kN)$$

#### Palo lungo:

$$H3_{med} = 101.12 \quad (kN) \qquad H3_{min} = 101.12 \quad (kN)$$

$$H_{med} = 101.12 \quad (kN) \quad \text{palo lungo} \qquad H_{min} = 101.12 \quad (kN) \quad \text{palo lungo}$$

$$H_k = \text{Min}(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4) = 59.48 \quad (kN)$$

$$H_d = H_k/\gamma_T = 45.75 \quad (kN)$$

$$F_d = G \cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q = 44.00 \quad (kN)$$

$$FS = H_d / F_d = 1.04$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 83 di 113

### 18.3 VERIFICHE STRUTTURALI MICROPALI

Per le verifiche strutturali occorre determinare anche il momento flettente massimo lungo il micropalo. La valutazione dello stato di sollecitazione può essere effettuata assimilando il terreno ad un mezzo alla Winkler, costituito da un letto di molle orizzontali indipendenti. Nell'ipotesi di  $k_h$  (coefficiente di reazione orizzontale del terreno) costante con la profondità, l'equazione differenziale che governa lo spostamento di un palo caricato lateralmente è:

$$E_{palo} \cdot J_{palo} \cdot \frac{d^4 y}{dz^4} + k_h \cdot D \cdot y = 0 \quad \text{con} \quad y = \text{spostamento orizzontale del palo}$$

tale equazione si può scrivere anche nella forma

$$\frac{d^4 y}{dz^4} + \frac{4}{\lambda^4} \cdot y = 0 \quad \text{con} \quad \lambda = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E_{palo} \cdot J_{palo}}{k_h \cdot D}} = \text{lunghezza caratteristica del palo.}$$

Per tenere conto dello scarso stato di addensamento nei primi metri di infissione del micropalo, si ipotizza un tratto di altezza  $h$  sporgente dal terreno in particolare si assume  $h=1,00$ . Sotto questa ipotesi, considerando il palo impedito di ruotare in testa per l'incastro determinato dal plinto; il massimo valore del momento flettente per effetto del carico orizzontale si ha in testa al palo ed è pari a:

$$M_{max} = \frac{1}{2} \cdot V \cdot (h + \lambda) \quad \text{con} \quad V = \text{forza orizzontale applicata in testa}$$

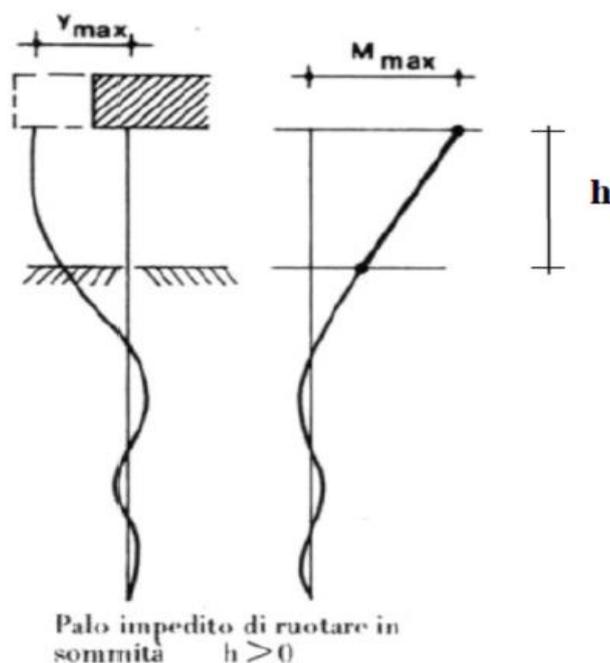


Figura 24– Schema di calcolo per il calcolo del momento massimo lungo il palo

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 84 di 113

Per la valutazione del coefficiente  $k_h$  si ipotizza un andamento crescente con la profondità del tipo :

$$k_h = \frac{n_h \cdot z}{D_{palo}}$$

e si assume il valore in corrispondenza della profondità media dello strato reagente. Nel caso in esame, per tutte le tipologie di barriere, in via cautelativa si può considerare come terreno reagente l'unità costituita da terreni incoerenti. I valori orientativi di  $n_h$  adottati si riferiscono al minimo valore riscontrabile in letteratura per tale tipologia di sottosuolo.

Stato di addensamento	Sciolto	Medio	Denso
$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ] sabbie non immerse	2.50	7.50	20
$n_h$ [N/cm <sup>3</sup> ] sabbie immerse	1.50	5.00	12

Figura 25 – Tabella correlazione tra  $n_h$  e tipologia di terreno incoerente [da Fondazioni, di C.Viggiani – Tabella 14.5]

Il calcolo della lunghezza elastica del palo è stato condotto considerando la sezione del micropalo omogeneizzata all'acciaio:

$$E_{palo} \cdot J_{palo} = E_s \cdot J_{arm} + E_c \cdot j_{cls} = E_s \cdot J_{arm} + E_c \cdot \left( \pi \cdot \frac{D_{perf}^4}{64} - J_{arm} \right)$$

poiché in questo modo si ottiene una lunghezza caratteristica maggiore, e quindi un momento massimo maggiore, di quella derivante dal considerare la deformabilità della sola armatura del micropalo.

Le verifiche strutturali sono state effettuate utilizzando le sollecitazioni di taglio massimo dell'Approccio 1 – Combinazione 1 (combinazioni SLU-STR).

Il profilo tubolare adottato per la tipologia in esame è il seguente:

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 85 di 113

## Ø168,3 x 10,0

Area dell'armatura (A<sub>arm</sub>): 4973 (mm<sup>2</sup>)

Momento di inerzia della sezione di armatura (J<sub>arm</sub>): 1.564E+07 (mm<sup>4</sup>)

Modulo di resistenza della sezione di armatura (W<sub>arm</sub>): 185,857 (mm<sup>3</sup>)

Tipo di acciaio

S 275 (Fe 430) ▼

Tensione di snervamento dell'acciaio (f<sub>y</sub>): 275 (N/mm<sup>2</sup>)

Coefficiente Parziale Acciaio γ<sub>M</sub> 1.05

Tensione ammissibile dell'acciaio (σ<sub>im</sub>): 262 (N/mm<sup>2</sup>)

Modulo di elasticità dell'acciaio (E<sub>arm</sub>): 210,000 (N/mm<sup>2</sup>)

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 86 di 113

### VERIFICA ALLE FORZE ORIZZONTALI

Momento massimo per carichi orizzontali (M):  
(Ipotesi di palo con testa impedita di ruotare)

$$M = T / (2 \cdot b)$$

$$b = \sqrt[4]{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E_{arm} \cdot J_{arm}}}$$

$$b = 1.111 \quad (1/m)$$

Momento Massimo (M):

$$M = 19.81 \quad (kN \cdot m)$$

### VERIFICHE STRUTTURALI DEL MICROPALO

Acciaio S 275 (Fe 430)

*Tensioni nel singolo micropalo*

$$\sigma = N/A_{arm} \pm M/W_{arm}$$

$$\tau = 2 \cdot T/A_{arm}$$

$$\sigma_{max} = 146.08 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{min} = -67.05 \quad (N/mm^2)$$

$$\tau = 17.70 \quad (N/mm^2)$$

$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{0.5}$$

$$\sigma_{id} = 149.26 \quad (N/mm^2)$$

verifica soddisfatta

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 87 di 113

## 19 TIPOLOGICO P3

### Dati

#### Materiali

##### Simbologia adottata

n°	Indice materiale
Descr	Descrizione del materiale
<b>Calcestruzzo armato</b>	
C	Classe di resistenza del cls
A	Classe di resistenza dell'acciaio
$\gamma$	Peso specifico, espresso in [kN/mc]
R <sub>ck</sub>	Resistenza caratteristica a compressione, espressa in [kPa]
E	Modulo elastico, espresso in [kPa]
$\nu$	Coeff. di Poisson
n	Coeff. di omogenizzazione acciaio/cls
ntc	Coeff. di omogenizzazione cls tesoro/compresso

#### Calcestruzzo armato

n°	Descr	C	A	$\gamma$ [kN/mc]	R <sub>ck</sub> [kPa]	E [kPa]	$\nu$	n	ntc
1	C32/40	C32/40	B450C	24.5170	40000	33642648	0.30	15.00	0.50
2	Materiale tiranti	Rck 250	Precomp	24.5170	24517	30073438	0.30	15.00	0.50
4	C28/35	C28/35	Precomp	24.5170	35000	32587986	0.30	15.00	0.50
5	C25/30	C25/30	Precomp	24.5170	30000	31447048	0.30	15.00	0.50

#### Acciai

Descr	f <sub>yk</sub> [kPa]	f <sub>uk</sub> [kPa]
Precomp	1569089	1863293
B450C	450000	540000

#### Geometria profilo terreno a monte del muro

##### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	0.00	-1.20	0.000
2	30.00	-1.20	0.000

Inclinazione terreno a valle del muro rispetto all'orizzontale 0.000 [°]

#### Falda

##### Simbologia adottata

(Sistema di riferimento con origine in testa al muro, ascissa X positiva verso monte, ordinata Y positiva verso l'alto)

n°	numero ordine del punto
X	ascissa del punto espressa in [m]
Y	ordinata del punto espressa in [m]
A	inclinazione del tratto espressa in [°]

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
1	-5.00	-4.00	0.000
2	-0.40	-4.00	0.000
3	10.00	-4.00	0.000

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	88 di 113

n°	X [m]	Y [m]	A [°]
4	15.00	-4.00	0.000
5	30.00	-4.00	0.000

## Geometria muro

### *Geometria paramento e fondazione*

Lunghezza muro 10.00 [m]

#### Paramento

Materiale C28/35  
 Altezza paramento 3.50 [m]  
 Altezza paramento libero 1.75 [m]  
 Spessore in sommità 0.40 [m]  
 Spessore all'attacco con la fondazione 0.40 [m]  
 Inclinazione paramento esterno 0.00 [°]  
 Inclinazione paramento interno 0.00 [°]

#### Fondazione

Materiale C32/40  
 Lunghezza mensola di valle 0.65 [m]  
 Lunghezza mensola di monte 1.95 [m]  
 Lunghezza totale 3.00 [m]  
 Inclinazione piano di posa 0.00 [°]  
 Spessore 0.50 [m]  
 Spessore magrone 0.10 [m]

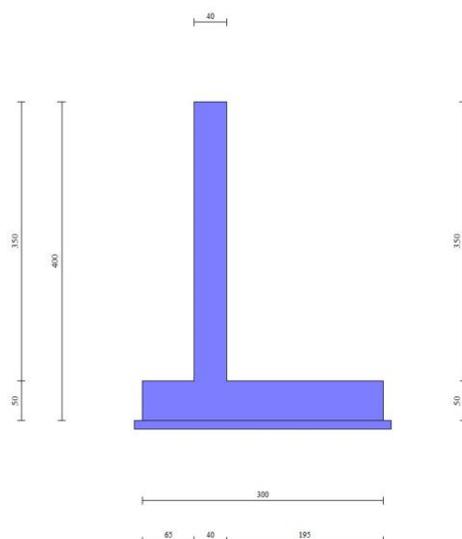


Fig. 1 - Sezione quotata del muro

## Descrizione terreni

### Parametri di resistenza

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>89 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	89 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	89 di 113								

### Simbologia adottata

n°	Indice del terreno
Descr	Descrizione terreno
$\gamma$	Peso di volume del terreno espresso in [kN/mc]
$\gamma_s$	Peso di volume saturo del terreno espresso in [kN/mc]
$\phi$	Angolo d'attrito interno espresso in [°]
$\delta$	Angolo d'attrito terra-muro espresso in [°]
c	Coesione espressa in [kPa]
ca	Adesione terra-muro espressa in [kPa]
Per calcolo portanza con il metodo di Bustamante-Doix	
Cesp	Coeff. di espansione laterale (solo per il metodo di Bustamante-Doix)
$\tau_l$	Tensione tangenziale limite, espressa in [kPa]

n°	Descr	$\gamma$ [kN/mc]	$\gamma_{sat}$ [kN/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kPa]	ca [kPa]	Cesp	$\tau_l$ [kPa]
1	RILEVATO FERROVIARIO	20.0000	20.0000	38.000	33.000	0	0	---	---
2	RILEVATO STRADALE	19.0000	19.0000	35.000	0.000	0	0	---	---

### Stratigrafia

#### Simbologia adottata

n°	Indice dello strato
H	Spessore dello strato espresso in [m]
$\alpha$	Inclinazione espressa in [°]
Terreno	Terreno dello strato
Per calcolo pali (solo se presenti)	
Kw	Costante di Winkler orizzontale espressa in Kg/cm <sup>2</sup> /cm
Ks	Coefficiente di spinta
Cesp	Coefficiente di espansione laterale (per tutti i metodi tranne il metodo di Bustamante-Doix)

Per calcolo della spinta con coeff. di spinta definiti (usati solo se attiva l'opzione 'Usa coeff. di spinta da strato')

Kst<sub>sta</sub>, Kst<sub>sis</sub> Coeff. di spinta statico e sismico

n°	H [m]	$\alpha$ [°]	Terreno	Kw [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ks	Cesp	Kst <sub>sta</sub>	Kst <sub>sis</sub>
1	4.00	0.000	RILEVATO STRADALE	---	---	---	---	---
2	10.00	0.000	RILEVATO FERROVIARIO	---	---	---	---	---



Fig. 2 - Stratigrafia

### Condizioni di carico

#### Simbologia adottata

Carichi verticali positivi verso il basso.  
Carichi orizzontali positivi verso sinistra.

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>90 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	90 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	90 di 113								

Momento positivo senso antiorario.  
X Ascissa del punto di applicazione del carico concentrato espressa in [m]  
F<sub>x</sub> Componente orizzontale del carico concentrato espressa in [kN]  
F<sub>y</sub> Componente verticale del carico concentrato espressa in [kN]  
M Momento espresso in [kNm]  
X<sub>i</sub> Ascissa del punto iniziale del carico ripartito espressa in [m]  
X<sub>f</sub> Ascissa del punto finale del carico ripartito espressa in [m]  
Q<sub>i</sub> Intensità del carico per x=X<sub>i</sub> espressa in [kN]  
Q<sub>f</sub> Intensità del carico per x=X<sub>f</sub> espressa in [kN]

### Condizione n° 1 (PIAZZALE) - PERMANENTE

#### Carichi sul terreno

n°	Tipo	X	F <sub>x</sub>	F <sub>y</sub>	M	X <sub>i</sub>	X <sub>f</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>f</sub>
		[m]	[kN]	[kN]	[kNm]	[m]	[m]	[kN]	[kN]
1	Distribuito					0.00	30.00	20.0000	20.0000

### Normativa

Normativa usata: **Norme Tecniche sulle Costruzioni 2008 (D.M. 14.01.2008) - Approccio 2 + Circolare C.S.LL.PP. 02/02/2009 n.617**

#### Coeff. parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

Carichi	Effetto		Combinazioni statiche					Combinazioni sismiche		
			HYD	UPL	EQU	A1	A2	EQU	A1	A2
Permanenti strutturali	Favorevoli	γ <sub>G1,fav</sub>	1.00	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti strutturali	Sfavorevoli	γ <sub>G1,sfav</sub>	1.00	1.10	1.30	1.30	1.00	1.00	1.00	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevoli	γ <sub>G2,fav</sub>	0.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.00	0.00	0.00
Permanenti non strutturali	Sfavorevoli	γ <sub>G2,sfav</sub>	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili	Favorevoli	γ <sub>Q,fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevoli	γ <sub>Q,sfav</sub>	1.00	1.50	1.50	1.50	1.30	1.00	1.00	1.00
Variabili da traffico	Favorevoli	γ <sub>QT,fav</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Variabili da traffico	Sfavorevoli	γ <sub>QT,sfav</sub>	1.00	1.50	1.45	1.45	1.15	1.00	1.00	1.00

#### Coeff. parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro		Combinazioni statiche		Combinazioni sismiche	
		M1	M2	M1	M2
Tangente dell'angolo di attrito	γ <sub>tan(φ)</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Coazione efficace	γ <sub>c'</sub>	1.00	1.25	1.00	1.00
Resistenza non drenata	γ <sub>cu</sub>	1.00	1.40	1.00	1.00
Peso nell'unità di volume	γ <sub>γ</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00

#### Coeff. parziali γ<sub>R</sub> per le verifiche agli stati limite ultimi STR e GEO

Verifica	Combinazioni statiche			Combinazioni sismiche		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Capacità portante	--	--	1.40	--	--	1.20
Scorrimento	--	--	1.10	--	--	1.00
Resistenza terreno a valle	--	--	1.40	--	--	1.20
Ribaltamento	--	--	1.15	--	--	1.00
Stabilità fronte di scavo	--	1.10	--	--	1.20	--

### Descrizione combinazioni di carico

Con riferimento alle azioni elementari prima determinate, si sono considerate le seguenti combinazioni di carico:

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} Q_{k2} + \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \Psi_{0,2} Q_{k2} + \Psi_{0,3} Q_{k3} + \dots$$

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

$$G_1 + G_2 + \Psi_{1,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	91 di 113

- Combinazione quasi permanente, impiegata per gli effetti di lungo periodo:

$$G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + \Psi_{2,1} Q_{k1} + \Psi_{2,2} Q_{k2} + \Psi_{2,3} Q_{k3} + \dots$$

I valori dei coeff.  $\Psi_{0,j}$ ,  $\Psi_{1,j}$ ,  $\Psi_{2,j}$  sono definiti nelle singole condizioni variabili, per i valori dei coeff.  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , sono definiti nella tabella normativa.

In particolare si sono considerate le seguenti combinazioni:

Simbologia adottata

$\gamma$  Coefficiente di partecipazione della condizione  
 $\Psi$  Coefficiente di combinazione della condizione

#### Combinazione n° 1 - STR (A1-M1-R3)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 2 - STR (A1-M1-R3) H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 3 - GEO (A2-M2-R2)

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 4 - GEO (A2-M2-R2) H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 5 - EQU

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.30	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.30	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 6 - EQU H

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 7 - SLER

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>92 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	92 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	92 di 113								

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
PIAZZALE	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 8 - SLEF

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 9 - SLEQ

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Sfavorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Sfavorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 10 - HYD

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	1.00	--	Favorevole
Peso terrapieno	1.00	--	Favorevole
Spinta terreno	1.00	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.00	--	Sfavorevole

#### Combinazione n° 11 - UPL

Condizione	$\gamma$	$\Psi$	Effetto
Peso muro	0.90	--	Favorevole
Peso terrapieno	0.90	--	Favorevole
Spinta terreno	1.10	--	Sfavorevole
PIAZZALE	1.10	--	Sfavorevole

### Dati sismici

Comune	Ponte
Provincia	Benevento
Regione	Campania
Latitudine	41.213973
Longitudine	14.693540
Indice punti di interpolazione	31431 - 31653 - 31654 - 31432
Vita nominale	75 anni
Classe d'uso	III
Tipo costruzione	Normali affollamenti
Vita di riferimento	113 anni

	Simbolo	U.M.	SLU	SLE
Accelerazione al suolo	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	3.600	1.248
Accelerazione al suolo	$a_g/g$	[%]	0.367	0.127
Massimo fattore amplificazione spettro orizzontale	F0		2.347	2.332
Periodo inizio tratto spettro a velocità costante	Tc*		0.395	0.326
Tipo di sottosuolo - Coefficiente stratigrafico	Ss		B	1.055
Categoria topografica - Coefficiente amplificazione topografica	St		T1	1.000

Stato limite ...	Coeff. di riduzione $\beta_m$	kh	kv
Ultimo	0.310	12.002	6.001
Esercizio	0.240	3.663	1.831

Nel calcolo non è stato portato in conto il sisma verticale  
 Forma diagramma incremento sismico **Stessa forma del diagramma statico**

### Opzioni di calcolo

#### Spinta

Metodo di calcolo della spinta	Culmann
Tipo di spinta	Spinta attiva
Terreno a bassa permeabilità	NO

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 93 di 113

Superficie di spinta limitata

NO

Capacità portante

Metodo di calcolo della portanza Hansen  
 Criterio di media calcolo del terreno equivalente (terreni stratificati) Ponderata  
 Criterio di riduzione per eccentricità della portanza Bowles  
 Criterio di riduzione per rottura locale (punzonamento) Nessuna  
 Larghezza fondazione nel terzo termine della formula del carico limite (0.5B<sub>γ</sub>N<sub>γ</sub>) Larghezza ridotta (B')  
 Fattori di forma e inclinazione del carico Solo i fattori di inclinazione  
 Se la fondazione ha larghezza superiore a 2.0 m viene applicato il fattore di riduzione per comportamento a piastra

Stabilità globale

Metodo di calcolo della stabilità globale Bishop

Altro

Partecipazione spinta passiva terreno antistante 0.00  
 Partecipazione resistenza passiva dente di fondazione 50.00  
 Componente verticale della spinta nel calcolo delle sollecitazioni NO  
 Considera terreno sulla fondazione di valle NO  
 Considera spinta e peso acqua fondazione di valle NO  
 Calcolo percorso filtrazione nella verifica a sifonamento Bligh

Spostamenti

Non è stato richiesto il calcolo degli spostamenti

Cedimenti

Non è stato richiesto il calcolo dei cedimenti

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite Ultimo (SLU)

	SLU	Eccezionale
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo a compressione	1.50	1.00
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15	1.00
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85	0.85
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00	1.00

Specifiche per le verifiche nelle combinazioni allo Stato Limite di Esercizio (SLE)

**Paramento e fondazione muro**

Verifiche strutturali nelle combinazioni SLD **non eseguite**. Struttura in classe d'uso III o IV

Condizioni ambientali Aggressive  
 Armatura ad aderenza migliorata SI

Verifica a fessurazione

Sensibilità armatura Poco sensibile  
 Metodo di calcolo aperture delle fessure Circ. Min. 252 (15/10/96) - NTC 2008 I Formulazione

Valori limite aperture delle fessure:

w<sub>1</sub>=0.20  
 w<sub>2</sub>=0.30  
 w<sub>3</sub>=0.40

Verifica delle tensioni

Valori limite delle tensioni nei materiali:

Combinazione	Calcestruzzo	Acciaio
Rara	0.60 f <sub>ck</sub>	0.80 f <sub>yk</sub>
Frequente	1.00 f <sub>ck</sub>	1.00 f <sub>yk</sub>
Quasi permanente	0.45 f <sub>ck</sub>	1.00 f <sub>yk</sub>

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 94 di 113

## Risultati per inviluppo

### Spinta e forze

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
A	Tipo azione
I	Inclinazione della spinta, espressa in [°]
V	Valore dell'azione, espressa in [kN]
Cx, Cy	Componente in direzione X ed Y dell'azione, espressa in [kN]
Px, Py	Coordinata X ed Y del punto di applicazione dell'azione, espressa in [m]

Ic	A	V [kN]	I [°]	Cx [kN]	Cy [kN]	Px [m]	Py [m]
1	Spinta statica	45.97	0.00	45.97	0.00	1.95	-2.87
	Peso/Inerzia muro			0.00	71.10/0.00	0.14	-2.78
	Peso/Inerzia terrapieno			0.00	135.92/0.00	0.98	-2.35
	Peso dell'acqua sulla fondazione di valle				0.00	0.00	0.00

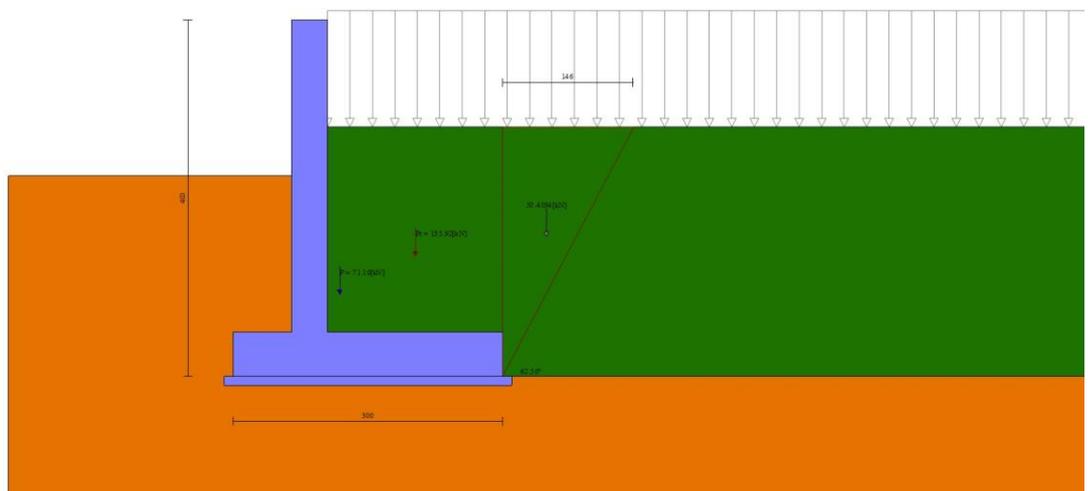


Fig. 3 - Cuneo di spinta (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>95 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	95 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	95 di 113								

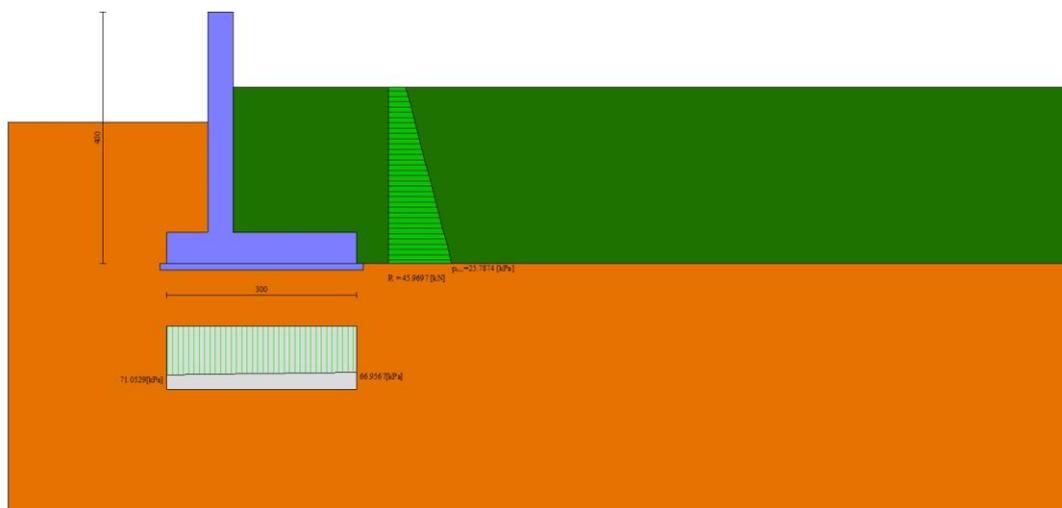


Fig. 4 - Diagramma delle pressioni (combinazione statica) (Combinazione n° 1)

## Risultanti globali

### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
N	Componente normale al piano di posa, espressa in [kN]
T	Componente parallela al piano di posa, espressa in [kN]
M <sub>r</sub>	Momento ribaltante, espresso in [kNm]
M <sub>s</sub>	Momento stabilizzante, espresso in [kNm]
ecc	Eccentricità risultante, espressa in [m]

Ic	N [kN]	T [kN]	M <sub>r</sub> [kNm]	M <sub>s</sub> [kNm]	ecc [m]
1 - STR (A1-M1-R3)	207.01	45.97	52.12	359.57	0.015
2 - STR (A1-M1-R3)	195.31	67.85	83.51	335.87	0.208
3 - GEO (A2-M2-R2)	195.31	44.82	50.81	335.87	0.040
4 - GEO (A2-M2-R2)	195.31	67.85	83.51	335.87	0.208
5 - EQU	207.01	58.26	66.05	359.57	0.082
6 - EQU	195.31	67.85	83.51	335.87	0.208
7 - SLER	195.31	35.36	40.09	335.87	-0.014
8 - SLEF	195.31	35.36	40.09	335.87	-0.014
9 - SLEQ	195.31	35.36	40.09	335.87	-0.014
10 - HYD	195.31	35.36	40.09	335.87	-0.014
11 - UPL	183.58	49.30	55.89	318.08	0.072

## Verifiche geotecniche

### Quadro riassuntivo coeff. di sicurezza calcolati

#### Simbologia adottata

Cmb	Indice/Tipo combinazione
S	Sisma (H: componente orizzontale, V: componente verticale)
FS <sub>SCO</sub>	Coeff. di sicurezza allo scorrimento
FS <sub>RIB</sub>	Coeff. di sicurezza al ribaltamento
FS <sub>QLIM</sub>	Coeff. di sicurezza a carico limite
FS <sub>STAB</sub>	Coeff. di sicurezza a stabilità globale
FS <sub>HYD</sub>	Coeff. di sicurezza a sifonamento
FS <sub>UPL</sub>	Coeff. di sicurezza a sollevamento

Cmb	Sismica	FS <sub>SCO</sub>	FS <sub>RIB</sub>	FS <sub>QLIM</sub>	FS <sub>STAB</sub>	FS <sub>HYD</sub>	FS <sub>UPL</sub>
1 - STR (A1-M1-R3)		2.924		25.590			
2 - STR (A1-M1-R3)	H	1.869		15.488			
3 - GEO (A2-M2-R2)					4.915		

APPALTATORE: <b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 2.2.E.ZZ CL OC.00.0.0.001 A 96 di 113

Cmb	Sismica	FSco	FSR1B	FSQ1M	FSSTAB	FSHYD	FSUPL
4 - GEO (A2-M2-R2)	H				3.583		
5 - EQU			5.444				
6 - EQU	H		4.022				
10 - HYD						100.000	
11 - UPL							100.000

### Verifica a scorrimento fondazione

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Rsa	Resistenza allo scorrimento per attrito, espresso in [kN]
Rpt	Resistenza passiva terreno antistante, espresso in [kN]
Rps	Resistenza passiva sperone, espresso in [kN]
Rp	Resistenza a carichi orizzontali pali (solo per fondazione mista), espresso in [kN]
Rt	Resistenza a carichi orizzontali tiranti (solo se presenti), espresso in [kN]
R	Resistenza allo scorrimento (somma di Rsa+Rpt+Rps+Rp), espresso in [kN]
T	Carico parallelo al piano di posa, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto R/T)

n°	Rsa	Rpt	Rps	Rp	Rt	R	T	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	
2 - STR (A1-M1-R3) H	126.84	0.00	0.00	--	--	126.84	67.85	1.869

### Verifica a carico limite

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
N	Carico normale totale al piano di posa, espresso in [kN]
Qu	carico limite del terreno, espresso in [kN]
Qd	Portanza di progetto, espresso in [kN]
FS	Fattore di sicurezza (rapporto tra il carico limie e carico agente al piano di posa)

n°	N	Qu	Qd	FS
	[kN]	[kN]	[kN]	
2 - STR (A1-M1-R3) H	195.31	3025.09	2160.78	15.488

### Dettagli calcolo portanza

#### Simbologia adottata

n°	Indice combinazione
Nc, Nq, Ny	Fattori di capacità portante
ic, iq, iy	Fattori di inclinazione del carico
dc, dq, dy	Fattori di profondità del piano di posa
gc, gq, gy	Fattori di inclinazione del profilo topografico
bc, bq, by	Fattori di inclinazione del piano di posa
sc, sq, sy	Fattori di forma della fondazione
pc, pq, py	Fattori di riduzione per punzonamento secondo Vesic
Re	Fattore di riduzione capacità portante per eccentricità secondo Meyerhof
Ir, Irc	Indici di rigidità per punzonamento secondo Vesic
ry	Fattori per tener conto dell'effetto piastra. Per fondazioni che hanno larghezza maggiore di 2 m, il terzo termine della formula trinomia 0.5B <sub>y</sub> N <sub>y</sub> viene moltiplicato per questo fattore
D	Affondamento del piano di posa, espresso in [m]
B'	Larghezza fondazione ridotta, espresso in [m]
H	Altezza del cuneo di rottura, espresso in [m]
γ	Peso di volume del terreno medio, espresso in [kN/mc]
φ	Angolo di attrito del terreno medio, espresso in [°]
c	Coesione del terreno medio, espresso in [kPa]

Per i coeff. che in tabella sono indicati con il simbolo '--' sono coeff. non presenti nel metodo scelto (Hansen).

n°	Nc	ic	dc	gc	bc	sc	pc	Ir	Irc	Re	ry
	Nq	iq	dq	gq	bq	sq	pq				
	Ny	iy	dy	gy	by	sy	py				
2	61.352	0.372	1.300	1.000	1.000	--	--	--	--	--	0.956
	48.933	0.385	1.173	1.000	1.000	--	--				
	56.174	0.248	1.000	1.000	1.000	--	--				

n°	D	B'	H	γ	φ	c
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/mc]	[kPa]
2	2.25	2.58	3.08	10.19	38.00	0

### Verifica a ribaltamento

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 97 di 113

#### Simbologia adottata

n° Indice combinazione  
Ms Momento stabilizzante, espresso in [kNm]  
Mr Momento ribaltante, espresso in [kNm]  
FS Fattore di sicurezza (rapporto tra momento stabilizzante e momento ribaltante)  
La verifica viene eseguita rispetto allo spigolo inferiore esterno della fondazione

n°	Ms [kNm]	Mr [kNm]	FS
6 - EQU H	335.87	83.51	4.022

#### Verifica stabilità globale muro + terreno

#### Simbologia adottata

Ic Indice/Tipo combinazione  
C Centro superficie di scorrimento, espresso in [m]  
R Raggio, espresso in [m]  
FS Fattore di sicurezza

Ic	C [m]	R [m]	FS
4 - GEO (A2-M2-R2) H	0.00; 4.50	8.73	3.583

#### Dettagli strisce verifiche stabilità

#### Simbologia adottata

Le ascisse X sono considerate positive verso monte  
Le ordinate Y sono considerate positive verso l'alto  
Origine in testa al muro (spigolo contro terra)  
W peso della striscia espresso in [kN]  
Qy carico sulla striscia espresso in [kN]  
Qf carico acqua sulla striscia espresso in [kN]  
α angolo fra la base della striscia e l'orizzontale espresso in [°] (positivo antiorario)  
φ angolo d'attrito del terreno lungo la base della striscia  
c coesione del terreno lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
b larghezza della striscia espressa in [m]  
u pressione neutra lungo la base della striscia espressa in [kPa]  
Tx; Ty Resistenza al taglio fornita dai tiranti in direzione X ed Y espressa in [kPa]

n°	W [kN]	Qy [kN]	Qf [kN]	b [m]	α [°]	φ [°]	c [kPa]	u [kPa]	Tx; Ty [kN]
1	2.56	10.19	0.00	6.63 - 0.51	46.110	35.000	0	0.0	
2	7.36	10.19	0.00	0.51	42.222	35.000	0	0.0	
3	11.51	10.19	0.00	0.51	37.848	35.000	0	0.0	
4	15.07	10.19	0.00	0.51	33.722	35.000	0	0.0	
5	18.12	10.19	0.00	0.51	29.787	35.000	0	0.0	
6	20.74	10.19	0.00	0.51	26.001	35.000	0	0.0	
7	22.95	10.19	0.00	0.51	22.334	35.000	0	0.0	
8	24.80	10.19	0.00	0.51	18.762	35.000	0	0.0	
9	26.31	10.19	0.00	0.51	15.265	35.000	0	0.0	
10	29.89	10.19	0.00	0.51	11.825	38.000	0	0.4	
11	29.85	10.19	0.00	0.51	8.427	38.000	0	1.3	
12	30.47	10.19	0.00	0.51	5.060	38.000	0	1.9	
13	30.77	10.19	0.00	0.51	1.710	38.000	0	2.2	
14	32.07	0.11	0.00	0.51	-1.634	38.000	0	2.2	
15	25.15	0.00	0.00	0.51	-4.984	38.000	0	1.9	
16	23.24	0.00	0.00	0.51	-8.351	38.000	0	1.3	
17	22.22	0.00	0.00	0.51	-11.747	38.000	0	0.4	
18	21.02	0.00	0.00	0.51	-15.186	38.000	0	0.0	
19	19.52	0.00	0.00	0.51	-18.683	38.000	0	0.0	
20	17.67	0.00	0.00	0.51	-22.253	38.000	0	0.0	
21	15.47	0.00	0.00	0.51	-25.917	38.000	0	0.0	
22	12.87	0.00	0.00	0.51	-29.700	38.000	0	0.0	
23	9.82	0.00	0.00	0.51	-33.631	38.000	0	0.0	
24	6.27	0.00	0.00	0.51	-37.753	38.000	0	0.0	
25	2.14	0.00	0.00	-6.11 - 0.51	-41.539	38.000	0	0.0	

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	98 di 113

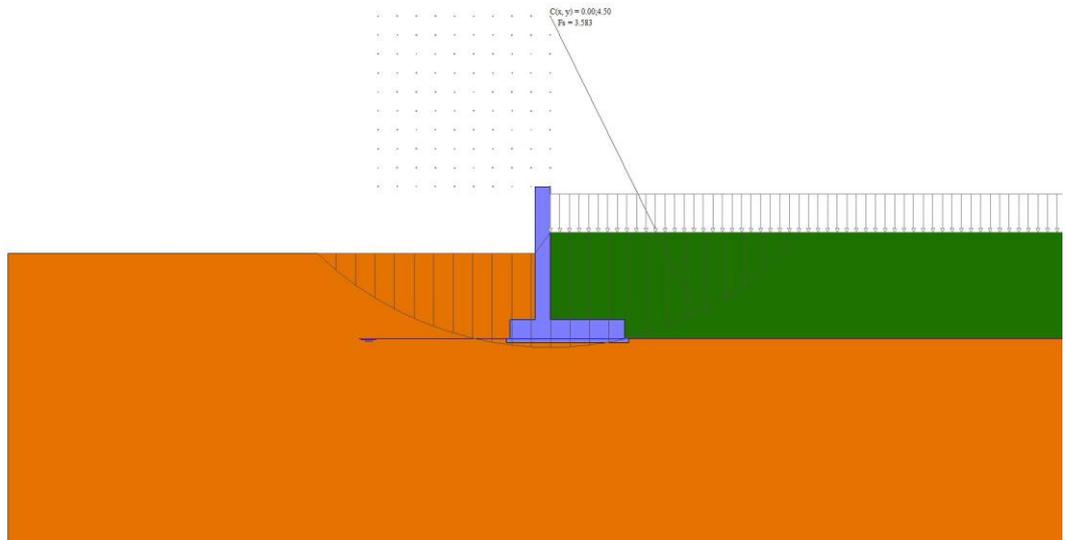


Fig. 5 - Stabilità fronte di scavo - Cerchio critico (Combinazione n° 4)

### Verifica a sifonamento

#### Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
$\Delta H$	perdita di carico, espressa in [m]
L	Lunghezza di filtrazione, espressa in [m]
$\gamma m$	Peso galleggiamento medio, espressa in [kN/mc]
ic	gradiente idraulico critico
ie	gradiente idraulico di efflusso
FS	Fattore di sicurezza a sifonamento (rapporto tra ic/ie)

Ic	$\Delta H$ [m]	L [m]	$\gamma m$ [kN/mc]	ic	ie	FS
10	0.00	0.00	0.0000	0.000	0.000	100.000

### Verifica a sollevamento

#### Simbologia adottata

As	Azione stabilizzante, espressa in [kN]
Ai	Azione instabilizzante, espressa in [kN]
Rp	Resistenza di progetto, espressa in [kN]
FS	Fattore di sicurezza a sollevamento (rapporto tra As/Ai)

Ic	As [kN]	Ai [kN]	FS
11	183.58	0.00	100.000

### Sollecitazioni

#### Elementi calcolati a trave

#### Simbologia adottata

N	Sforzo normale, espresso in [kN]. Positivo se di compressione.
T	Taglio, espresso in [kN]. Positivo se diretto da monte verso valle
M	Momento, espresso in [kNm]. Positivo se tende le fibre contro terra (a monte)

### Paramento

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
----	----------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------------	---------------

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandataria:

Mandante:

**SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.**

**PROGETTO ESECUTIVO**

Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	99 di 113

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.10	0.98	0.98	0.00	0.12	0.00	0.01
3	-0.20	1.96	1.96	0.00	0.24	0.00	0.02
4	-0.30	2.94	2.94	0.00	0.35	0.00	0.05
5	-0.40	3.92	3.92	0.00	0.47	0.00	0.09
6	-0.50	4.90	4.90	0.00	0.59	0.00	0.15
7	-0.60	5.88	5.88	0.00	0.71	0.00	0.21
8	-0.70	6.86	6.86	0.00	0.82	0.00	0.29
9	-0.80	7.85	7.85	0.00	0.94	0.00	0.38
10	-0.90	8.83	8.83	0.00	1.06	0.00	0.48
11	-1.00	9.81	9.81	0.00	1.18	0.00	0.59
12	-1.10	10.79	10.79	0.00	1.29	0.00	0.71
13	-1.20	11.77	11.77	0.00	1.41	0.00	0.85
14	-1.30	12.75	12.75	0.57	2.11	0.03	1.02
15	-1.40	13.73	13.73	1.19	2.89	0.12	1.27
16	-1.50	14.71	14.71	1.86	3.74	0.27	1.60
17	-1.60	15.69	15.69	2.58	4.67	0.49	2.02
18	-1.70	16.67	16.67	3.36	5.67	0.79	2.54
19	-1.80	17.65	17.65	4.18	6.75	1.16	3.16
20	-1.90	18.63	18.63	5.06	7.91	1.62	3.89
21	-2.00	19.61	19.61	5.99	9.15	2.18	4.74
22	-2.10	20.59	20.59	6.97	10.46	2.82	5.72
23	-2.20	21.57	21.57	8.00	11.85	3.57	6.84
24	-2.30	22.56	22.56	9.08	13.31	4.42	8.10
25	-2.40	23.54	23.54	10.21	14.86	5.39	9.50
26	-2.50	24.52	24.52	11.40	16.47	6.47	11.07
27	-2.60	25.50	25.50	12.64	18.17	7.67	12.80
28	-2.70	26.48	26.48	13.92	19.94	9.00	14.71
29	-2.80	27.46	27.46	15.26	21.79	10.46	16.79
30	-2.90	28.44	28.44	16.66	23.72	12.05	19.07
31	-3.00	29.42	29.42	18.10	25.72	13.79	21.54
32	-3.10	30.40	30.40	19.59	27.80	15.67	24.21
33	-3.20	31.38	31.38	21.14	29.96	17.71	27.10
34	-3.30	32.36	32.36	22.74	32.19	19.90	30.21
35	-3.40	33.34	33.34	24.39	34.50	22.26	33.54
36	-3.50	34.32	34.32	26.09	36.88	24.78	37.11

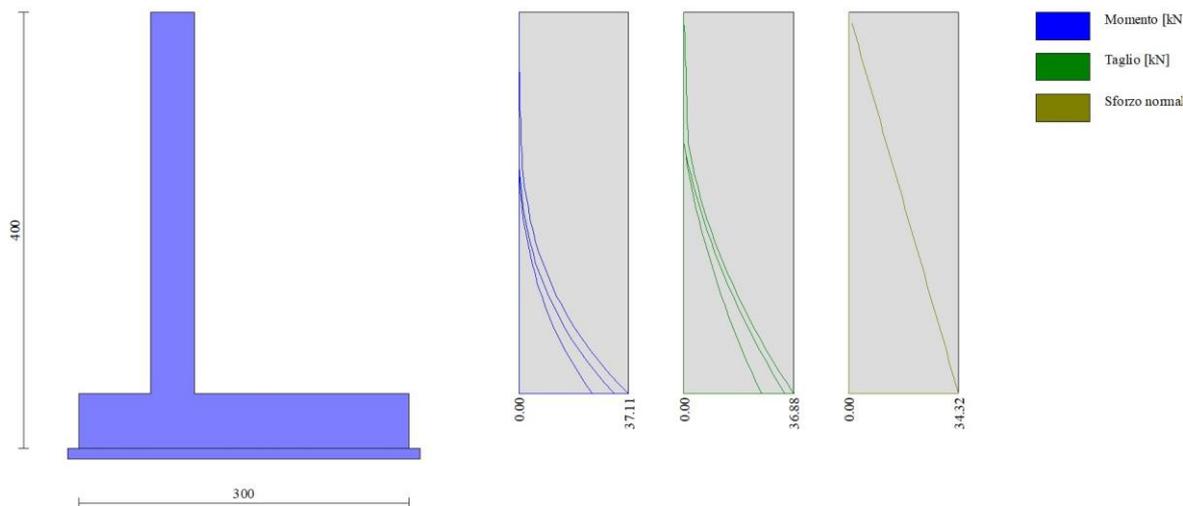


Fig. 6 - Paramento

*Fondazione*

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
1	-1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	-0.96	0.00	0.00	4.74	7.34	0.22	0.34
3	-0.86	0.00	0.00	9.49	14.53	0.88	1.36

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.  
Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandataria:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	100 di 113

n°	X [m]	Nmin [kN]	Nmax [kN]	Tmin [kN]	Tmax [kN]	Mmin [kNm]	Mmax [kNm]
4	-0.77	0.00	0.00	14.25	21.56	1.98	3.04
5	-0.68	0.00	0.00	19.02	28.44	3.53	5.36
6	-0.59	0.00	0.00	23.80	35.16	5.51	8.31
7	-0.49	0.00	0.00	28.59	41.72	7.95	11.88
8	-0.40	0.00	0.00	33.40	48.13	10.82	16.06
9	0.00	0.00	0.00	-52.22	-19.89	-51.76	-18.62
10	0.10	0.00	0.00	-49.73	-18.78	-46.79	-16.73
11	0.20	0.00	0.00	-47.23	-17.68	-42.15	-14.95
12	0.29	0.00	0.00	-44.72	-16.60	-38.40	-13.28
13	0.39	0.00	0.00	-42.19	-15.53	-34.73	-11.72
14	0.49	0.00	0.00	-39.65	-14.47	-31.15	-10.25
15	0.59	0.00	0.00	-37.10	-13.42	-27.68	-8.89
16	0.68	0.00	0.00	-34.53	-12.38	-24.34	-7.64
17	0.78	0.00	0.00	-32.02	-11.36	-21.14	-6.48
18	0.88	0.00	0.00	-30.30	-10.35	-18.10	-5.42
19	0.98	0.00	0.00	-28.40	-9.35	-15.24	-4.46
20	1.07	0.00	0.00	-26.33	-8.36	-12.57	-3.60
21	1.17	0.00	0.00	-24.09	-7.38	-10.11	-2.83
22	1.27	0.00	0.00	-21.68	-6.42	-7.88	-2.16
23	1.37	0.00	0.00	-19.10	-5.47	-5.89	-1.58
24	1.46	0.00	0.00	-16.34	-4.53	-4.16	-1.09
25	1.56	0.00	0.00	-13.42	-3.60	-2.71	-0.70
26	1.66	0.00	0.00	-10.32	-2.68	-1.55	-0.39
27	1.76	0.00	0.00	-7.05	-1.77	-0.70	-0.17
28	1.85	0.00	0.00	-3.61	-0.88	-0.18	-0.04
29	1.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

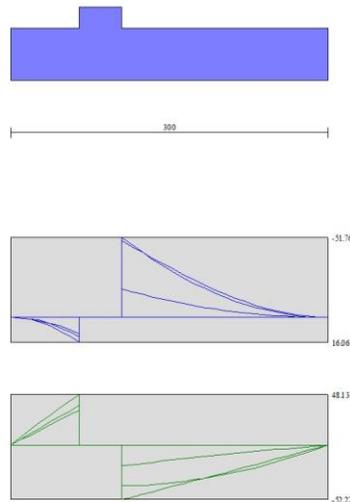


Fig. 7 - Fondazione

## Verifiche strutturali

### Verifiche a flessione

#### Elementi calcolati a trave

##### Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione espressa in [m]
B	larghezza sezione espressa in [cm]
H	altezza sezione espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori espressa in [cmq]
M	momento agente espressa in [kNm]
N	sforzo normale agente espressa in [kN]
Mu	momento ultimi espressa in [kNm]

APPALTATORE:	<b>TELESE</b> S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A.    Mandante: SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 101 di 113	

Nu                      sforzo normale ultimo espressa in [kN]  
FS                      fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione ultima e sollecitazione agente)

### Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	100	40	11.31	11.31	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	40	11.31	11.31	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
3	100	40	11.31	11.31	0.02	1.96	80.23	6684.94	3408.316
4	100	40	11.31	11.31	0.05	2.94	120.09	6670.39	2267.267
5	100	40	11.31	11.31	0.09	3.92	159.77	6655.91	1696.759
6	100	40	11.31	11.31	0.15	4.90	199.28	6641.50	1354.467
7	100	40	11.31	11.31	0.21	5.88	232.97	6470.24	1099.617
8	100	40	11.31	11.31	0.29	6.86	262.39	6246.24	909.899
9	100	40	11.31	11.31	0.38	7.85	289.65	6033.26	769.014
10	100	40	11.31	11.31	0.48	8.83	314.65	5825.77	660.060
11	100	40	11.31	11.31	0.59	9.81	337.32	5620.96	573.170
12	100	40	11.31	11.31	0.71	10.79	357.94	5422.33	502.650
13	100	40	11.31	11.31	0.85	11.77	376.24	5224.51	443.953
14	100	40	11.31	11.31	1.02	12.75	398.43	4965.38	389.477
15	100	40	11.31	11.31	1.27	13.73	425.81	4595.34	334.705
16	100	40	11.31	11.31	1.60	14.71	452.14	4149.58	282.089
17	100	40	11.31	11.31	2.02	15.69	473.75	3675.34	234.234
18	100	40	11.31	11.31	2.54	16.67	489.67	3215.38	192.866
19	100	40	11.31	11.31	3.16	17.65	501.01	2799.03	158.565
20	100	40	11.31	11.31	3.89	18.63	509.81	2440.49	130.977
21	100	40	11.31	11.31	4.74	19.61	516.74	2136.08	108.908
22	100	40	11.31	11.31	5.72	20.59	522.78	1880.72	91.322
23	100	40	11.31	11.31	6.84	21.57	528.01	1665.64	77.202
24	100	40	11.31	11.31	8.10	22.56	532.45	1483.27	65.760
25	100	40	11.31	11.31	9.50	23.54	536.23	1327.86	56.418
26	100	40	11.31	11.31	11.07	24.52	538.99	1193.65	48.687
27	100	40	11.31	11.31	12.80	25.50	541.33	1078.14	42.284
28	100	40	11.31	11.31	14.71	26.48	543.35	978.23	36.944
29	100	40	11.31	11.31	16.79	27.46	545.11	891.32	32.460
30	100	40	22.62	22.62	19.07	28.44	547.45	815.54	28.772
31	100	40	11.31	11.31	21.54	29.42	548.00	748.51	25.442
32	100	40	11.31	11.31	24.21	30.40	549.19	689.50	22.680
33	100	40	11.31	11.31	27.10	31.38	550.25	637.15	20.303
34	100	40	11.31	11.31	30.21	32.36	551.20	590.50	18.246
35	100	40	11.31	11.31	33.54	33.34	552.04	548.77	16.458
36	100	40	11.31	11.31	37.11	34.32	549.20	507.97	14.799

### Fondazione

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	Mu [kNm]	Nu [kN]	FS
1	100	50	11.31	11.31	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000
2	100	50	11.31	11.31	0.34	0.00	193.04	0.00	564.208
3	100	50	11.31	11.31	1.36	0.00	193.04	0.00	142.052
4	100	50	11.31	11.31	3.04	0.00	193.04	0.00	63.585
5	100	50	11.31	11.31	5.36	0.00	193.04	0.00	36.024
6	100	50	11.31	11.31	8.31	0.00	193.04	0.00	23.222
7	100	50	11.31	11.31	11.88	0.00	193.04	0.00	16.244
8	100	50	11.31	11.31	16.06	0.00	193.04	0.00	12.022
9	100	50	11.31	11.31	-51.76	0.00	-193.04	0.00	3.729
10	100	50	11.31	11.31	-46.79	0.00	-193.04	0.00	4.126
11	100	50	11.31	11.31	-42.15	0.00	-193.04	0.00	4.580
12	100	50	11.31	11.31	-38.40	0.00	-193.04	0.00	5.027
13	100	50	11.31	11.31	-34.73	0.00	-193.04	0.00	5.558
14	100	50	11.31	11.31	-31.15	0.00	-193.04	0.00	6.197
15	100	50	11.31	11.31	-27.68	0.00	-193.04	0.00	6.973
16	100	50	11.31	11.31	-24.34	0.00	-193.04	0.00	7.931
17	100	50	11.31	11.31	-21.14	0.00	-193.04	0.00	9.131
18	100	50	11.31	11.31	-18.10	0.00	-193.04	0.00	10.664
19	100	50	11.31	11.31	-15.24	0.00	-193.04	0.00	12.668
20	100	50	11.31	11.31	-12.57	0.00	-193.04	0.00	15.358
21	100	50	11.31	11.31	-10.11	0.00	-193.04	0.00	19.095
22	100	50	11.31	11.31	-7.88	0.00	-193.04	0.00	24.507
23	100	50	11.31	11.31	-5.89	0.00	-193.04	0.00	32.789
24	100	50	11.31	11.31	-4.16	0.00	-193.04	0.00	46.424
25	100	50	11.31	11.31	-2.71	0.00	-193.04	0.00	71.342
26	100	50	11.31	11.31	-1.55	0.00	-193.04	0.00	124.773
27	100	50	11.31	11.31	-0.70	0.00	-193.04	0.00	276.258
28	100	50	11.31	11.31	-0.18	0.00	-193.04	0.00	1087.674
29	100	50	11.31	11.31	0.00	0.00	0.00	0.00	100000.000

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	102 di 113

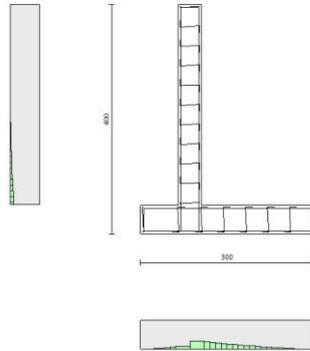


Fig. 8 - Paramento (Inviluppo)

### Verifiche a taglio

#### Simbologia adottata

$I_s$	indice sezione
$Y$	ordinata sezione espressa in [m]
$B$	larghezza sezione espressa in [cm]
$H$	altezza sezione espressa in [cm]
$A_{sw}$	area ferri a taglio espressa in [cm <sup>2</sup> ]
$\cot\theta$	inclinazione delle bielle compresse, $\theta$ inclinazione dei puntoni di calcestruzzo
$V_{Rcd}$	resistenza di progetto a 'taglio compressione' espressa in [kN]
$V_{Rsd}$	resistenza di progetto a 'taglio trazione' espressa in [kN]
$V_{Rd}$	resistenza di progetto a taglio espressa in [kN]. Per elementi con armature trasversali resistenti al taglio ( $A_{sw}>0.0$ ) $V_{Rd}=\min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$ .
$T$	taglio agente espressa in [kN]
$FS$	fattore di sicurezza (rapporto tra sollecitazione resistente e sollecitazione agente)

### Paramento

n°	B [cm]	H [cm]	$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> ]	$\cot\theta$	$V_{Rcd}$ [kN]	$V_{Rsd}$ [kN]	$V_{Rd}$ [kN]	T [kN]	FS
1	100	40	0.00	--	0.00	0.00	199.96	0.00	100.000
2	100	40	0.00	--	0.00	0.00	200.09	0.12	1699.934
3	100	40	0.00	--	0.00	0.00	200.22	0.24	850.529
4	100	40	0.00	--	0.00	0.00	200.35	0.35	567.394
5	100	40	0.00	--	0.00	0.00	200.49	0.47	425.827
6	100	40	0.00	--	0.00	0.00	200.62	0.59	340.887
7	100	40	0.00	--	0.00	0.00	200.75	0.71	284.260
8	100	40	0.00	--	0.00	0.00	200.88	0.82	243.812
9	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.02	0.94	213.476
10	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.15	1.06	189.881
11	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.28	1.18	171.006
12	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.41	1.29	155.562
13	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.55	1.41	142.692
14	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.68	2.11	95.546
15	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.81	2.89	69.916
16	100	40	0.00	--	0.00	0.00	201.94	3.74	54.009
17	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.07	4.67	43.292
18	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.21	5.67	35.646
19	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.34	6.75	29.957
20	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.47	7.91	25.588
21	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.60	9.15	22.147
22	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.74	10.46	19.382
23	100	40	0.00	--	0.00	0.00	202.87	11.85	17.122
24	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.00	13.31	15.247
25	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.13	14.86	13.673

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandataria:

Mandante:

**SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.**

**PROGETTO ESECUTIVO**

Relazione di calcolo

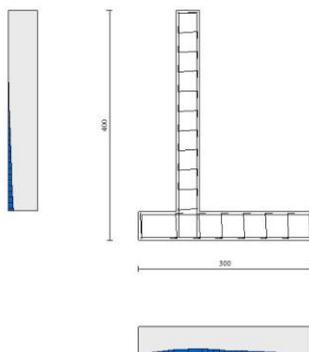
IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	103 di 113

n°	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kN]	V <sub>Rsd</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	T [kN]	FS
26	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.27	16.47	12.338
27	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.40	18.17	11.194
28	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.53	19.94	10.206
29	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.66	21.79	9.346
30	100	40	0.00	--	0.00	0.00	255.77	23.72	10.784
31	100	40	0.00	--	0.00	0.00	203.93	25.72	7.929
32	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.06	27.80	7.340
33	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.19	29.96	6.817
34	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.33	32.19	6.348
35	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.46	34.50	5.927
36	100	40	0.00	--	0.00	0.00	204.59	36.88	5.547

**Fondazione**

n°	B [cm]	H [cm]	A <sub>sw</sub> [cmq]	cotθ	V <sub>Rcd</sub> [kN]	V <sub>Rsd</sub> [kN]	V <sub>Rd</sub> [kN]	T [kN]	FS
1	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	0.00	100.000
2	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-7.34	31.873
3	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-14.53	16.107
4	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-21.56	10.854
5	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-28.44	8.230
6	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-35.16	6.657
7	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-41.72	5.609
8	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-48.13	4.862
9	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-52.22	4.482
10	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-49.73	4.706
11	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-47.23	4.955
12	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-44.72	5.234
13	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-42.19	5.547
14	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-39.65	5.902
15	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-37.10	6.308
16	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-34.53	6.777
17	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-32.02	7.309
18	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-30.30	7.726
19	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-28.40	8.241
20	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-26.33	8.889
21	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-24.09	9.715
22	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-21.68	10.795
23	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-19.10	12.255
24	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-16.34	14.320
25	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-13.42	17.442
26	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-10.32	22.676
27	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-7.05	33.187
28	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	-3.61	64.798
29	100	50	0.00	--	0.00	0.00	234.04	0.00	100.000



APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	104 di 113

Fig. 9 - Paramento (Inviluppo)

### Verifica delle tensioni

#### Simbologia adottata

n°	indice sezione
Y	ordinata sezione, espressa in [m]
B	larghezza sezione, espressa in [cm]
H	altezza sezione, espressa in [cm]
Afi	area ferri inferiori, espressa in [cmq]
Afs	area ferri superiori, espressa in [cmq]
M	momento agente, espressa in [kNm]
N	sfuerzo normale agente, espressa in [kN]
$\sigma_c$	tensione di compressione nel cls, espressa in [kPa]
$\sigma_{fi}$	tensione nei ferri inferiori, espressa in [kPa]
$\sigma_{fs}$	tensione nei ferri superiori, espressa in [kPa]

### Combinazioni SLER

#### Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	17430	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	1255271	[kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	$\sigma_c$ [kPa]	$\sigma_{fi}$ [kPa]	$\sigma_{fs}$ [kPa]
1	100	40	11.31	11.31	0.00	0.00	0 (7)	0 (7)	0 (7)
2	100	40	11.31	11.31	0.00	0.98	2 (7)	34 (7)	34 (7)
3	100	40	11.31	11.31	0.00	1.96	5 (7)	68 (7)	68 (7)
4	100	40	11.31	11.31	0.00	2.94	7 (7)	102 (7)	102 (7)
5	100	40	11.31	11.31	0.00	3.92	9 (7)	136 (7)	136 (7)
6	100	40	11.31	11.31	0.00	4.90	11 (7)	170 (7)	170 (7)
7	100	40	11.31	11.31	0.00	5.88	14 (7)	203 (7)	203 (7)
8	100	40	11.31	11.31	0.00	6.86	16 (7)	237 (7)	237 (7)
9	100	40	11.31	11.31	0.00	7.85	18 (7)	271 (7)	271 (7)
10	100	40	11.31	11.31	0.00	8.83	20 (7)	305 (7)	305 (7)
11	100	40	11.31	11.31	0.00	9.81	23 (7)	339 (7)	339 (7)
12	100	40	11.31	11.31	0.00	10.79	25 (7)	373 (7)	373 (7)
13	100	40	11.31	11.31	0.00	11.77	27 (7)	407 (7)	407 (7)
14	100	40	11.31	11.31	0.03	12.75	30 (7)	430 (7)	451 (7)
15	100	40	11.31	11.31	0.12	13.73	35 (7)	431 (7)	518 (7)
16	100	40	11.31	11.31	0.27	14.71	43 (7)	408 (7)	609 (7)
17	100	40	11.31	11.31	0.49	15.69	52 (7)	358 (7)	726 (7)
18	100	40	11.31	11.31	0.79	16.67	64 (7)	281 (7)	872 (7)
19	100	40	11.31	11.31	1.16	17.65	79 (7)	173 (7)	1047 (7)
20	100	40	11.31	11.31	1.62	18.63	97 (7)	0 (1)	1265 (7)
21	100	40	11.31	11.31	2.18	19.61	123 (7)	353 (7)	1557 (7)
22	100	40	11.31	11.31	2.82	20.59	159 (7)	1035 (7)	1936 (7)
23	100	40	11.31	11.31	3.57	21.57	204 (7)	2144 (7)	2390 (7)
24	100	40	11.31	11.31	4.42	22.56	259 (7)	3699 (7)	2897 (7)
25	100	40	11.31	11.31	5.39	23.54	321 (7)	5671 (7)	3448 (7)
26	100	40	11.31	11.31	6.47	24.52	390 (7)	8036 (7)	4041 (7)
27	100	40	11.31	11.31	7.67	25.50	466 (7)	10781 (7)	4676 (7)
28	100	40	11.31	11.31	9.00	26.48	549 (7)	13903 (7)	5358 (7)
29	100	40	11.31	11.31	10.46	27.46	640 (7)	17408 (7)	6090 (7)
30	100	40	22.62	22.62	12.05	28.44	548 (7)	11239 (7)	5693 (7)
31	100	40	11.31	11.31	13.79	29.42	846 (7)	25597 (7)	7716 (7)
32	100	40	11.31	11.31	15.67	30.40	962 (7)	30302 (7)	8617 (7)
33	100	40	11.31	11.31	17.71	31.38	1087 (7)	35432 (7)	9580 (7)
34	100	40	11.31	11.31	19.90	32.36	1221 (7)	40997 (7)	10607 (7)
35	100	40	11.31	11.31	22.26	33.34	1365 (7)	47012 (7)	11702 (7)
36	100	40	11.31	11.31	24.78	34.32	1518 (7)	53489 (7)	12867 (7)

#### Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo	19920	[kPa]
Tensione massima di trazione dell'acciaio	360000	[kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	$\sigma_c$	$\sigma_{fi}$	$\sigma_{fs}$
----	---	---	-----	-----	---	---	------------	---------------	---------------

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandataria:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

## PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	105 di 113

	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	50	11.31	11.31	0.00	0.00	0 (7)	0 (7)	0 (7)
2	100	50	11.31	11.31	0.22	0.00	9 (7)	465 (7)	72 (7)
3	100	50	11.31	11.31	0.88	0.00	35 (7)	1860 (7)	288 (7)
4	100	50	11.31	11.31	1.98	0.00	80 (7)	4188 (7)	648 (7)
5	100	50	11.31	11.31	3.53	0.00	142 (7)	7451 (7)	1153 (7)
6	100	50	11.31	11.31	5.51	0.00	221 (7)	11650 (7)	1802 (7)
7	100	50	11.31	11.31	7.95	0.00	319 (7)	16789 (7)	2598 (7)
8	100	50	11.31	11.31	10.82	0.00	434 (7)	22869 (7)	3538 (7)
9	100	50	11.31	11.31	-18.62	0.00	747 (7)	6085 (7)	39329 (7)
10	100	50	11.31	11.31	-16.73	0.00	671 (7)	5469 (7)	35347 (7)
11	100	50	11.31	11.31	-14.95	0.00	600 (7)	4888 (7)	31592 (7)
12	100	50	11.31	11.31	-13.28	0.00	533 (7)	4341 (7)	28061 (7)
13	100	50	11.31	11.31	-11.72	0.00	470 (7)	3830 (7)	24753 (7)
14	100	50	11.31	11.31	-10.25	0.00	411 (7)	3352 (7)	21664 (7)
15	100	50	11.31	11.31	-8.89	0.00	357 (7)	2907 (7)	18791 (7)
16	100	50	11.31	11.31	-7.64	0.00	306 (7)	2496 (7)	16134 (7)
17	100	50	11.31	11.31	-6.48	0.00	260 (7)	2118 (7)	13688 (7)
18	100	50	11.31	11.31	-5.42	0.00	218 (7)	1772 (7)	11453 (7)
19	100	50	11.31	11.31	-4.46	0.00	179 (7)	1458 (7)	9424 (7)
20	100	50	11.31	11.31	-3.60	0.00	144 (7)	1176 (7)	7601 (7)
21	100	50	11.31	11.31	-2.83	0.00	114 (7)	925 (7)	5979 (7)
22	100	50	11.31	11.31	-2.16	0.00	87 (7)	705 (7)	4558 (7)
23	100	50	11.31	11.31	-1.58	0.00	63 (7)	516 (7)	3334 (7)
24	100	50	11.31	11.31	-1.09	0.00	44 (7)	357 (7)	2305 (7)
25	100	50	11.31	11.31	-0.70	0.00	28 (7)	227 (7)	1469 (7)
26	100	50	11.31	11.31	-0.39	0.00	16 (7)	127 (7)	822 (7)
27	100	50	11.31	11.31	-0.17	0.00	7 (7)	56 (7)	364 (7)
28	100	50	11.31	11.31	-0.04	0.00	2 (7)	14 (7)	91 (7)
29	100	50	11.31	11.31	0.00	0.00	0 (7)	0 (7)	0 (7)

## Combinazioni SLEF

## Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo

29050

[kPa]

Tensione massima di trazione dell'acciaio

1569089

[kPa]

n°	B	H	Afi	Afs	M	N	σc	σfi	σfs
	[cm]	[cm]	[cmq]	[cmq]	[kNm]	[kN]	[kPa]	[kPa]	[kPa]
1	100	40	11.31	11.31	0.00	0.00	0 (8)	0 (8)	0 (8)
2	100	40	11.31	11.31	0.00	0.98	2 (8)	34 (8)	34 (8)
3	100	40	11.31	11.31	0.00	1.96	5 (8)	68 (8)	68 (8)
4	100	40	11.31	11.31	0.00	2.94	7 (8)	102 (8)	102 (8)
5	100	40	11.31	11.31	0.00	3.92	9 (8)	136 (8)	136 (8)
6	100	40	11.31	11.31	0.00	4.90	11 (8)	170 (8)	170 (8)
7	100	40	11.31	11.31	0.00	5.88	14 (8)	203 (8)	203 (8)
8	100	40	11.31	11.31	0.00	6.86	16 (8)	237 (8)	237 (8)
9	100	40	11.31	11.31	0.00	7.85	18 (8)	271 (8)	271 (8)
10	100	40	11.31	11.31	0.00	8.83	20 (8)	305 (8)	305 (8)
11	100	40	11.31	11.31	0.00	9.81	23 (8)	339 (8)	339 (8)
12	100	40	11.31	11.31	0.00	10.79	25 (8)	373 (8)	373 (8)
13	100	40	11.31	11.31	0.00	11.77	27 (8)	407 (8)	407 (8)
14	100	40	11.31	11.31	0.03	12.75	30 (8)	430 (8)	451 (8)
15	100	40	11.31	11.31	0.12	13.73	35 (8)	431 (8)	518 (8)
16	100	40	11.31	11.31	0.27	14.71	43 (8)	408 (8)	609 (8)
17	100	40	11.31	11.31	0.49	15.69	52 (8)	358 (8)	726 (8)
18	100	40	11.31	11.31	0.79	16.67	64 (8)	281 (8)	872 (8)
19	100	40	11.31	11.31	1.16	17.65	79 (8)	173 (8)	1047 (8)
20	100	40	11.31	11.31	1.62	18.63	97 (8)	0 (1)	1265 (8)
21	100	40	11.31	11.31	2.18	19.61	123 (8)	353 (8)	1557 (8)
22	100	40	11.31	11.31	2.82	20.59	159 (8)	1035 (8)	1936 (8)
23	100	40	11.31	11.31	3.57	21.57	204 (8)	2144 (8)	2390 (8)
24	100	40	11.31	11.31	4.42	22.56	259 (8)	3699 (8)	2897 (8)
25	100	40	11.31	11.31	5.39	23.54	321 (8)	5671 (8)	3448 (8)
26	100	40	11.31	11.31	6.47	24.52	390 (8)	8036 (8)	4041 (8)
27	100	40	11.31	11.31	7.67	25.50	466 (8)	10781 (8)	4676 (8)
28	100	40	11.31	11.31	9.00	26.48	549 (8)	13903 (8)	5358 (8)
29	100	40	11.31	11.31	10.46	27.46	640 (8)	17408 (8)	6090 (8)
30	100	40	22.62	22.62	12.05	28.44	548 (8)	11239 (8)	5693 (8)
31	100	40	11.31	11.31	13.79	29.42	846 (8)	25597 (8)	7716 (8)
32	100	40	11.31	11.31	15.67	30.40	962 (8)	30302 (8)	8617 (8)
33	100	40	11.31	11.31	17.71	31.38	1087 (8)	35432 (8)	9580 (8)
34	100	40	11.31	11.31	19.90	32.36	1221 (8)	40997 (8)	10607 (8)
35	100	40	11.31	11.31	22.26	33.34	1365 (8)	47012 (8)	11702 (8)
36	100	40	11.31	11.31	24.78	34.32	1518 (8)	53489 (8)	12867 (8)

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandataria:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

**PROGETTO ESECUTIVO**

Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	106 di 113

Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 33200 [kPa]  
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	50	11.31	11.31	0.00	0.00	0 (8)	0 (8)	0 (8)
2	100	50	11.31	11.31	0.22	0.00	9 (8)	465 (8)	72 (8)
3	100	50	11.31	11.31	0.88	0.00	35 (8)	1860 (8)	288 (8)
4	100	50	11.31	11.31	1.98	0.00	80 (8)	4188 (8)	648 (8)
5	100	50	11.31	11.31	3.53	0.00	142 (8)	7451 (8)	1153 (8)
6	100	50	11.31	11.31	5.51	0.00	221 (8)	11650 (8)	1802 (8)
7	100	50	11.31	11.31	7.95	0.00	319 (8)	16789 (8)	2598 (8)
8	100	50	11.31	11.31	10.82	0.00	434 (8)	22869 (8)	3538 (8)
9	100	50	11.31	11.31	-18.62	0.00	747 (8)	6085 (8)	39329 (8)
10	100	50	11.31	11.31	-16.73	0.00	671 (8)	5469 (8)	35347 (8)
11	100	50	11.31	11.31	-14.95	0.00	600 (8)	4888 (8)	31592 (8)
12	100	50	11.31	11.31	-13.28	0.00	533 (8)	4341 (8)	28061 (8)
13	100	50	11.31	11.31	-11.72	0.00	470 (8)	3830 (8)	24753 (8)
14	100	50	11.31	11.31	-10.25	0.00	411 (8)	3352 (8)	21664 (8)
15	100	50	11.31	11.31	-8.89	0.00	357 (8)	2907 (8)	18791 (8)
16	100	50	11.31	11.31	-7.64	0.00	306 (8)	2496 (8)	16134 (8)
17	100	50	11.31	11.31	-6.48	0.00	260 (8)	2118 (8)	13688 (8)
18	100	50	11.31	11.31	-5.42	0.00	218 (8)	1772 (8)	11453 (8)
19	100	50	11.31	11.31	-4.46	0.00	179 (8)	1458 (8)	9424 (8)
20	100	50	11.31	11.31	-3.60	0.00	144 (8)	1176 (8)	7601 (8)
21	100	50	11.31	11.31	-2.83	0.00	114 (8)	925 (8)	5979 (8)
22	100	50	11.31	11.31	-2.16	0.00	87 (8)	705 (8)	4558 (8)
23	100	50	11.31	11.31	-1.58	0.00	63 (8)	516 (8)	3334 (8)
24	100	50	11.31	11.31	-1.09	0.00	44 (8)	357 (8)	2305 (8)
25	100	50	11.31	11.31	-0.70	0.00	28 (8)	227 (8)	1469 (8)
26	100	50	11.31	11.31	-0.39	0.00	16 (8)	127 (8)	822 (8)
27	100	50	11.31	11.31	-0.17	0.00	7 (8)	56 (8)	364 (8)
28	100	50	11.31	11.31	-0.04	0.00	2 (8)	14 (8)	91 (8)
29	100	50	11.31	11.31	0.00	0.00	0 (8)	0 (8)	0 (8)

**Combinazioni SLEQ**Paramento

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 13073 [kPa]  
 Tensione massima di trazione dell'acciaio 1569089 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	40	11.31	11.31	0.00	0.00	0 (9)	0 (9)	0 (9)
2	100	40	11.31	11.31	0.00	0.98	2 (9)	34 (9)	34 (9)
3	100	40	11.31	11.31	0.00	1.96	5 (9)	68 (9)	68 (9)
4	100	40	11.31	11.31	0.00	2.94	7 (9)	102 (9)	102 (9)
5	100	40	11.31	11.31	0.00	3.92	9 (9)	136 (9)	136 (9)
6	100	40	11.31	11.31	0.00	4.90	11 (9)	170 (9)	170 (9)
7	100	40	11.31	11.31	0.00	5.88	14 (9)	203 (9)	203 (9)
8	100	40	11.31	11.31	0.00	6.86	16 (9)	237 (9)	237 (9)
9	100	40	11.31	11.31	0.00	7.85	18 (9)	271 (9)	271 (9)
10	100	40	11.31	11.31	0.00	8.83	20 (9)	305 (9)	305 (9)
11	100	40	11.31	11.31	0.00	9.81	23 (9)	339 (9)	339 (9)
12	100	40	11.31	11.31	0.00	10.79	25 (9)	373 (9)	373 (9)
13	100	40	11.31	11.31	0.00	11.77	27 (9)	407 (9)	407 (9)
14	100	40	11.31	11.31	0.03	12.75	30 (9)	430 (9)	451 (9)
15	100	40	11.31	11.31	0.12	13.73	35 (9)	431 (9)	518 (9)
16	100	40	11.31	11.31	0.27	14.71	43 (9)	408 (9)	609 (9)
17	100	40	11.31	11.31	0.49	15.69	52 (9)	358 (9)	726 (9)
18	100	40	11.31	11.31	0.79	16.67	64 (9)	281 (9)	872 (9)
19	100	40	11.31	11.31	1.16	17.65	79 (9)	173 (9)	1047 (9)
20	100	40	11.31	11.31	1.62	18.63	97 (9)	0 (1)	1265 (9)
21	100	40	11.31	11.31	2.18	19.61	123 (9)	353 (9)	1557 (9)
22	100	40	11.31	11.31	2.82	20.59	159 (9)	1035 (9)	1936 (9)
23	100	40	11.31	11.31	3.57	21.57	204 (9)	2144 (9)	2390 (9)
24	100	40	11.31	11.31	4.42	22.56	259 (9)	3699 (9)	2897 (9)
25	100	40	11.31	11.31	5.39	23.54	321 (9)	5671 (9)	3448 (9)

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.  
Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandataria:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
IF2R 2.2.E.ZZ CL OC.00.0.0.001 A 107 di 113

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
26	100	40	11.31	11.31	6.47	24.52	390 (9)	8036 (9)	4041 (9)
27	100	40	11.31	11.31	7.67	25.50	466 (9)	10781 (9)	4676 (9)
28	100	40	11.31	11.31	9.00	26.48	549 (9)	13903 (9)	5358 (9)
29	100	40	11.31	11.31	10.46	27.46	640 (9)	17408 (9)	6090 (9)
30	100	40	22.62	22.62	12.05	28.44	548 (9)	11239 (9)	5693 (9)
31	100	40	11.31	11.31	13.79	29.42	846 (9)	25597 (9)	7716 (9)
32	100	40	11.31	11.31	15.67	30.40	962 (9)	30302 (9)	8617 (9)
33	100	40	11.31	11.31	17.71	31.38	1087 (9)	35432 (9)	9580 (9)
34	100	40	11.31	11.31	19.90	32.36	1221 (9)	40997 (9)	10607 (9)
35	100	40	11.31	11.31	22.26	33.34	1365 (9)	47012 (9)	11702 (9)
36	100	40	11.31	11.31	24.78	34.32	1518 (9)	53489 (9)	12867 (9)

### Fondazione

Tensione massima di compressione nel calcestruzzo 14940 [kPa]  
Tensione massima di trazione dell'acciaio 450000 [kPa]

n°	B [cm]	H [cm]	Afi [cmq]	Afs [cmq]	M [kNm]	N [kN]	σc [kPa]	σfi [kPa]	σfs [kPa]
1	100	50	11.31	11.31	0.00	0.00	0 (9)	0 (9)	0 (9)
2	100	50	11.31	11.31	0.22	0.00	9 (9)	465 (9)	72 (9)
3	100	50	11.31	11.31	0.88	0.00	35 (9)	1860 (9)	288 (9)
4	100	50	11.31	11.31	1.98	0.00	80 (9)	4188 (9)	648 (9)
5	100	50	11.31	11.31	3.53	0.00	142 (9)	7451 (9)	1153 (9)
6	100	50	11.31	11.31	5.51	0.00	221 (9)	11650 (9)	1802 (9)
7	100	50	11.31	11.31	7.95	0.00	319 (9)	16789 (9)	2598 (9)
8	100	50	11.31	11.31	10.82	0.00	434 (9)	22869 (9)	3538 (9)
9	100	50	11.31	11.31	-18.62	0.00	747 (9)	6085 (9)	39329 (9)
10	100	50	11.31	11.31	-16.73	0.00	671 (9)	5469 (9)	35347 (9)
11	100	50	11.31	11.31	-14.95	0.00	600 (9)	4888 (9)	31592 (9)
12	100	50	11.31	11.31	-13.28	0.00	533 (9)	4341 (9)	28061 (9)
13	100	50	11.31	11.31	-11.72	0.00	470 (9)	3830 (9)	24753 (9)
14	100	50	11.31	11.31	-10.25	0.00	411 (9)	3352 (9)	21664 (9)
15	100	50	11.31	11.31	-8.89	0.00	357 (9)	2907 (9)	18791 (9)
16	100	50	11.31	11.31	-7.64	0.00	306 (9)	2496 (9)	16134 (9)
17	100	50	11.31	11.31	-6.48	0.00	260 (9)	2118 (9)	13688 (9)
18	100	50	11.31	11.31	-5.42	0.00	218 (9)	1772 (9)	11453 (9)
19	100	50	11.31	11.31	-4.46	0.00	179 (9)	1458 (9)	9424 (9)
20	100	50	11.31	11.31	-3.60	0.00	144 (9)	1176 (9)	7601 (9)
21	100	50	11.31	11.31	-2.83	0.00	114 (9)	925 (9)	5979 (9)
22	100	50	11.31	11.31	-2.16	0.00	87 (9)	705 (9)	4558 (9)
23	100	50	11.31	11.31	-1.58	0.00	63 (9)	516 (9)	3334 (9)
24	100	50	11.31	11.31	-1.09	0.00	44 (9)	357 (9)	2305 (9)
25	100	50	11.31	11.31	-0.70	0.00	28 (9)	227 (9)	1469 (9)
26	100	50	11.31	11.31	-0.39	0.00	16 (9)	127 (9)	822 (9)
27	100	50	11.31	11.31	-0.17	0.00	7 (9)	56 (9)	364 (9)
28	100	50	11.31	11.31	-0.04	0.00	2 (9)	14 (9)	91 (9)
29	100	50	11.31	11.31	0.00	0.00	0 (9)	0 (9)	0 (9)

### Verifica a fessurazione

#### Simbologia adottata

n° indice sezione  
Y ordinata sezione espressa in [m]  
B larghezza sezione espressa in [cm]  
H altezza sezione espressa in [cm]  
Af area ferri zona tesa espresso in [cmq]  
Aeff area efficace espressa in [cmq]  
M momento agente espressa in [kNm]  
Mpf momento di prima fessurazione espressa in [kNm]  
ε deformazione espresso in %  
Sm spaziatura tra le fessure espressa in [mm]  
w apertura delle fessure espressa in [mm]

### Combinazioni SLER

#### Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandatario:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	108 di 113

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (7)
2	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000008	---	0.000 (7)
3	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
4	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
5	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
6	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
7	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
8	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
9	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
10	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000074	---	0.000 (7)
11	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
12	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
13	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000099	---	0.000 (7)
14	100	40	11.31	1360.00	0.03	105.31	0.000000	0.00	0.000 (7)
15	100	40	11.31	1360.00	0.12	105.38	0.000000	0.00	0.000 (7)
16	100	40	11.31	1360.00	0.27	105.45	0.000000	0.00	0.000 (7)
17	100	40	11.31	1360.00	0.49	105.51	0.000000	0.00	0.000 (7)
18	100	40	11.31	1360.00	0.79	105.59	0.000000	0.00	0.000 (7)
19	100	40	11.31	1360.00	1.16	105.66	0.000000	0.00	0.000 (7)
20	100	40	11.31	1360.00	1.62	105.73	0.000000	0.00	0.000 (7)
21	100	40	11.31	1360.00	2.18	105.79	0.000000	0.00	0.000 (7)
22	100	40	11.31	1360.00	2.82	105.86	0.000000	0.00	0.000 (7)
23	100	40	11.31	1360.00	3.57	105.93	0.000000	0.00	0.000 (7)
24	100	40	11.31	1360.00	4.42	106.00	0.000000	0.00	0.000 (7)
25	100	40	11.31	1360.00	5.39	106.07	0.000000	0.00	0.000 (7)
26	100	40	11.31	1360.00	6.47	106.14	0.000000	0.00	0.000 (7)
27	100	40	11.31	1360.00	7.67	106.21	0.000000	0.00	0.000 (7)
28	100	40	11.31	1360.00	9.00	106.28	0.000000	0.00	0.000 (7)
29	100	40	11.31	1360.00	10.46	106.35	0.000000	0.00	0.000 (7)
30	100	40	22.62	1360.00	12.05	120.20	0.000000	0.00	0.000 (7)
31	100	40	11.31	1360.00	13.79	106.48	0.000000	0.00	0.000 (7)
32	100	40	11.31	1360.00	15.67	106.56	0.000000	0.00	0.000 (7)
33	100	40	11.31	1360.00	17.71	106.63	0.000000	0.00	0.000 (7)
34	100	40	11.31	1360.00	19.90	106.69	0.000000	0.00	0.000 (7)
35	100	40	11.31	1360.00	22.26	106.77	0.000000	0.00	0.000 (7)
36	100	40	11.31	1360.00	24.78	106.83	0.000000	0.00	0.000 (7)

### Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$ 

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (7)
2	100	50	11.31	1360.00	0.22	175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
3	100	50	11.31	1360.00	0.88	175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
4	100	50	11.31	1360.00	1.98	175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
5	100	50	11.31	1360.00	3.53	175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
6	100	50	11.31	1360.00	5.51	175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
7	100	50	11.31	1360.00	7.95	175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
8	100	50	11.31	1360.00	10.82	175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
9	100	50	11.31	1996.67	-18.62	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
10	100	50	11.31	1996.67	-16.73	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
11	100	50	11.31	1996.67	-14.95	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
12	100	50	11.31	1996.67	-13.28	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
13	100	50	11.31	1996.67	-11.72	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
14	100	50	11.31	1996.67	-10.25	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
15	100	50	11.31	1996.67	-8.89	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
16	100	50	11.31	1996.67	-7.64	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
17	100	50	11.31	1996.67	-6.48	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
18	100	50	11.31	1996.67	-5.42	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
19	100	50	11.31	1996.67	-4.46	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
20	100	50	11.31	1996.67	-3.60	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
21	100	50	11.31	1996.67	-2.83	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
22	100	50	11.31	1996.67	-2.16	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
23	100	50	11.31	1996.67	-1.58	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
24	100	50	11.31	1996.67	-1.09	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
25	100	50	11.31	1996.67	-0.70	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
26	100	50	11.31	1996.67	-0.39	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
27	100	50	11.31	1996.67	-0.17	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
28	100	50	11.31	1996.67	-0.04	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (7)
29	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (7)

### Combinazioni SLEF

APPALTATORE:

**TELESE** S.c.a r.l.

Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata

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

PROGETTAZIONE:

Mandatario:

Mandante:

SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.

**PROGETTO ESECUTIVO**

Relazione di calcolo

IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	109 di 113

ParamentoApertura limite fessure  $w_{lim}=0.30$ 

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (8)
2	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000008	---	0.00 (8)
3	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
4	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
5	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
6	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
7	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
8	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
9	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
10	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000074	---	0.00 (8)
11	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
12	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
13	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000099	---	0.00 (8)
14	100	40	11.31	1360.00	0.03	105.31	0.000000	0.00	0.00 (8)
15	100	40	11.31	1360.00	0.12	105.38	0.000000	0.00	0.00 (8)
16	100	40	11.31	1360.00	0.27	105.45	0.000000	0.00	0.00 (8)
17	100	40	11.31	1360.00	0.49	105.51	0.000000	0.00	0.00 (8)
18	100	40	11.31	1360.00	0.79	105.59	0.000000	0.00	0.00 (8)
19	100	40	11.31	1360.00	1.16	105.66	0.000000	0.00	0.00 (8)
20	100	40	11.31	1360.00	1.62	105.73	0.000000	0.00	0.00 (8)
21	100	40	11.31	1360.00	2.18	105.79	0.000000	0.00	0.00 (8)
22	100	40	11.31	1360.00	2.82	105.86	0.000000	0.00	0.00 (8)
23	100	40	11.31	1360.00	3.57	105.93	0.000000	0.00	0.00 (8)
24	100	40	11.31	1360.00	4.42	106.00	0.000000	0.00	0.00 (8)
25	100	40	11.31	1360.00	5.39	106.07	0.000000	0.00	0.00 (8)
26	100	40	11.31	1360.00	6.47	106.14	0.000000	0.00	0.00 (8)
27	100	40	11.31	1360.00	7.67	106.21	0.000000	0.00	0.00 (8)
28	100	40	11.31	1360.00	9.00	106.28	0.000000	0.00	0.00 (8)
29	100	40	11.31	1360.00	10.46	106.35	0.000000	0.00	0.00 (8)
30	100	40	22.62	1360.00	12.05	120.20	0.000000	0.00	0.00 (8)
31	100	40	11.31	1360.00	13.79	106.48	0.000000	0.00	0.00 (8)
32	100	40	11.31	1360.00	15.67	106.56	0.000000	0.00	0.00 (8)
33	100	40	11.31	1360.00	17.71	106.63	0.000000	0.00	0.00 (8)
34	100	40	11.31	1360.00	19.90	106.69	0.000000	0.00	0.00 (8)
35	100	40	11.31	1360.00	22.26	106.77	0.000000	0.00	0.00 (8)
36	100	40	11.31	1360.00	24.78	106.83	0.000000	0.00	0.00 (8)

FondazioneApertura limite fessure  $w_{lim}=0.30$ 

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (8)
2	100	50	11.31	1360.00	0.22	175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
3	100	50	11.31	1360.00	0.88	175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
4	100	50	11.31	1360.00	1.98	175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
5	100	50	11.31	1360.00	3.53	175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
6	100	50	11.31	1360.00	5.51	175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
7	100	50	11.31	1360.00	7.95	175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
8	100	50	11.31	1360.00	10.82	175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
9	100	50	11.31	1996.67	-18.62	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
10	100	50	11.31	1996.67	-16.73	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
11	100	50	11.31	1996.67	-14.95	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
12	100	50	11.31	1996.67	-13.28	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
13	100	50	11.31	1996.67	-11.72	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
14	100	50	11.31	1996.67	-10.25	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
15	100	50	11.31	1996.67	-8.89	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
16	100	50	11.31	1996.67	-7.64	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
17	100	50	11.31	1996.67	-6.48	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
18	100	50	11.31	1996.67	-5.42	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
19	100	50	11.31	1996.67	-4.46	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
20	100	50	11.31	1996.67	-3.60	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
21	100	50	11.31	1996.67	-2.83	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
22	100	50	11.31	1996.67	-2.16	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
23	100	50	11.31	1996.67	-1.58	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
24	100	50	11.31	1996.67	-1.09	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
25	100	50	11.31	1996.67	-0.70	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
26	100	50	11.31	1996.67	-0.39	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
27	100	50	11.31	1996.67	-0.17	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
28	100	50	11.31	1996.67	-0.04	-175.95	0.000000	0.00	0.00 (8)
29	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.00 (8)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b>												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>												
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>110 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	110 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	110 di 113								

## Combinazioni SLEQ

### Paramento

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (9)
2	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000008	---	0.000 (9)
3	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
4	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
5	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
6	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
7	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
8	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
9	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
10	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000074	---	0.000 (9)
11	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
12	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
13	100	40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000099	---	0.000 (9)
14	100	40	11.31	1360.00	0.03	105.31	0.000000	0.00	0.000 (9)
15	100	40	11.31	1360.00	0.12	105.38	0.000000	0.00	0.000 (9)
16	100	40	11.31	1360.00	0.27	105.45	0.000000	0.00	0.000 (9)
17	100	40	11.31	1360.00	0.49	105.51	0.000000	0.00	0.000 (9)
18	100	40	11.31	1360.00	0.79	105.59	0.000000	0.00	0.000 (9)
19	100	40	11.31	1360.00	1.16	105.66	0.000000	0.00	0.000 (9)
20	100	40	11.31	1360.00	1.62	105.73	0.000000	0.00	0.000 (9)
21	100	40	11.31	1360.00	2.18	105.79	0.000000	0.00	0.000 (9)
22	100	40	11.31	1360.00	2.82	105.86	0.000000	0.00	0.000 (9)
23	100	40	11.31	1360.00	3.57	105.93	0.000000	0.00	0.000 (9)
24	100	40	11.31	1360.00	4.42	106.00	0.000000	0.00	0.000 (9)
25	100	40	11.31	1360.00	5.39	106.07	0.000000	0.00	0.000 (9)
26	100	40	11.31	1360.00	6.47	106.14	0.000000	0.00	0.000 (9)
27	100	40	11.31	1360.00	7.67	106.21	0.000000	0.00	0.000 (9)
28	100	40	11.31	1360.00	9.00	106.28	0.000000	0.00	0.000 (9)
29	100	40	11.31	1360.00	10.46	106.35	0.000000	0.00	0.000 (9)
30	100	40	22.62	1360.00	12.05	120.20	0.000000	0.00	0.000 (9)
31	100	40	11.31	1360.00	13.79	106.48	0.000000	0.00	0.000 (9)
32	100	40	11.31	1360.00	15.67	106.56	0.000000	0.00	0.000 (9)
33	100	40	11.31	1360.00	17.71	106.63	0.000000	0.00	0.000 (9)
34	100	40	11.31	1360.00	19.90	106.69	0.000000	0.00	0.000 (9)
35	100	40	11.31	1360.00	22.26	106.77	0.000000	0.00	0.000 (9)
36	100	40	11.31	1360.00	24.78	106.83	0.000000	0.00	0.000 (9)

### Fondazione

Apertura limite fessure  $w_{lim}=0.20$

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
1	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (9)
2	100	50	11.31	1360.00	0.22	175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
3	100	50	11.31	1360.00	0.88	175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
4	100	50	11.31	1360.00	1.98	175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
5	100	50	11.31	1360.00	3.53	175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
6	100	50	11.31	1360.00	5.51	175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
7	100	50	11.31	1360.00	7.95	175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
8	100	50	11.31	1360.00	10.82	175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
9	100	50	11.31	1996.67	-18.62	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
10	100	50	11.31	1996.67	-16.73	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
11	100	50	11.31	1996.67	-14.95	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
12	100	50	11.31	1996.67	-13.28	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
13	100	50	11.31	1996.67	-11.72	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
14	100	50	11.31	1996.67	-10.25	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
15	100	50	11.31	1996.67	-8.89	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
16	100	50	11.31	1996.67	-7.64	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
17	100	50	11.31	1996.67	-6.48	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
18	100	50	11.31	1996.67	-5.42	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
19	100	50	11.31	1996.67	-4.46	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
20	100	50	11.31	1996.67	-3.60	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
21	100	50	11.31	1996.67	-2.83	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
22	100	50	11.31	1996.67	-2.16	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
23	100	50	11.31	1996.67	-1.58	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO PROGETTO ESECUTIVO</b>												
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A.    SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	<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>IF2R</td> <td>2.2.E.ZZ</td> <td>CL</td> <td>OC.00.0.0.001</td> <td>A</td> <td>111 di 113</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	111 di 113
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	OC.00.0.0.001	A	111 di 113								

n°	B [cm]	H [cm]	Af [cmq]	Aeff [cmq]	M [kNm]	Mpf [kNm]	ε [%]	Sm [mm]	w [mm]
24	100	50	11.31	1996.67	-1.09	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
25	100	50	11.31	1996.67	-0.70	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
26	100	50	11.31	1996.67	-0.39	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
27	100	50	11.31	1996.67	-0.17	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
28	100	50	11.31	1996.67	-0.04	-175.95	0.000000	0.00	0.000 (9)
29	100	50	0.00	0.00	0.00	0.00	---	---	0.000 (9)

APPALTATORE: <b>TELESE S.c.a r.l.</b> Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO</b> <b>II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO</b> <b>2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Relazione di calcolo IF2R.2.2.E.ZZ.CL.OC.00.0.0.001.A	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO OC.00.0.0.001	REV. A	FOGLIO 112 di 113

## Elenco ferri

### Simbologia adottata

n°	Indice del ferro
nf	numero ferri
D	diametro ferro espresso in [mm]
L	Lunghezza ferro espresso in [m]
P <sub>ferro</sub>	Peso ferro espresso in [kN]

### Paramento

n°	Tipo	nf	D [mm]	L [m]	P <sub>f</sub> [kN]	P <sub>gf</sub> [kN]	V <sub>cis</sub> [mc]
1	Diritto inferiore	10	12.00	4.05	0.0353	0.3530	
2	Diritto superiore	10	12.00	4.05	0.0353	0.3530	
3	Diritto superiore	10	12.00	1.85	0.0161	0.1607	
4	Diritto inferiore	10	12.00	1.85	0.0161	0.1607	
5	Ripartitore	11	12.00	1.00	0.0087	0.0958	
6	Gancio	14	12.00	0.44	0.0038	0.0536	
<b>Totale al metro</b>						<b>1.2266</b>	<b>1.40</b>
<b>Totale</b>						<b>11.7679</b>	<b>14.00</b>

### Fondazione

n°	Tipo	nf	D [mm]	L [m]	P <sub>f</sub> [kN]	P <sub>gf</sub> [kN]	V <sub>cis</sub> [mc]
1	Diritto superiore	10	12.00	4.11	0.0358	0.3577	
2	Diritto inferiore	10	12.00	4.11	0.0358	0.3577	
3	Ripartitore	8	12.00	1.00	0.0087	0.0697	
4	Gancio	11	12.00	0.48	0.0042	0.0460	
<b>Totale al metro</b>						<b>0.8630</b>	<b>1.50</b>
<b>Totale</b>						<b>8.3096</b>	<b>15.00</b>