

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

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



PROGETTAZIONE:
MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA
PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie
prestazioni specialistiche



PROGETTO ESECUTIVO

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

RELAZIONE

OPERE D'ARTE VIABILITÀ

NW01

(ex IV.04) - Ponte stradale su Viabilità di collegamento tra S.P.102 e S.P. 88 (NV05)

Relazione di calcolo impalcato

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

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

I	F	2	R	2	2	E	Z	Z	C	L	N	W	0	1	0	0	0	0	1	A
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMMISSIONE	Coding	23/06/21	G.Coppa	24/06/21	L.Bruzzone	24/06/21	IL PROGETTISTA F. DI IULIO
								 ORDINE INGENGERI 14128 25/06/21

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	2 di 118

SOMMARIO

1	PREMESSA	6
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	6
1.2	UNITÀ DI MISURA	7
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
2.1	ELABORATI DI RIFERIMENTO.....	9
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	10
3.1	CALCESTRUZZI.....	10
3.2	ACCIAIO.....	11
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	13
4.1	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA.....	14
4.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA	15
4.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA	18
5	ANALISI DEI CARICHI	21
5.1	CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI	21
5.1.1	<i>Peso proprio trave prefabbricata e traversi</i>	21
5.1.2	<i>Peso proprio soletta</i>	22
5.2	PESO CARICHI PERMANENTI PORTATI.....	22
5.3	SOVRACCARICHI DA TRAFFICO (Q1)	23
5.3.1	<i>Carichi sui marciapiedi</i>	24
5.4	AZIONE DI FRENAMENTO (Q3)	24
5.5	AZIONE CENTRIFUGA (Q4)	25

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	3 di 118
OPERE D'ARTE VIABILITÀ							
Relazione di calcolo impalcato							

5.6	AZIONI DA VENTO (Q5)	25
5.6.1	<i>Categoria di esposizione</i>	27
5.6.2	<i>Coefficienti dinamico</i>	30
5.6.3	<i>Coefficiente di topografia</i>	30
5.6.4	<i>Coefficiente di forma</i>	30
5.6.5	<i>Pressione del vento</i>	30
5.7	DEFORMAZIONI IMPRESSE ϵ	32
5.7.1	<i>Ritiro e viscosità del calcestruzzo (ϵ_2)</i>	32
5.7.2	<i>Effetti termici (ϵ_3)</i>	35
5.8	AZIONE SISMICA (Q6)	36
5.8.1	<i>Parametri sismici di calcolo</i>	36
5.8.2	<i>Applicazione del sisma</i>	36
5.9	AZIONI PARASSITE DEI VINCOLI (Q7)	36
5.10	COMBINAZIONI DI CARICO	36
6	MODELLO DI CALCOLO	38
6.1	GEOMETRIA	39
6.2	CONDIZIONI DI VINCOLO	40
7	CRITERI DI VERIFICA	41
7.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	41
7.1.1	<i>Verifica a fessurazione</i>	41
7.1.2	<i>Verifica delle tensioni in esercizio</i>	42
7.1.3	<i>Verifica di deformabilità</i>	43

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 4 di 118

7.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	44
7.2.1	<i>Sollecitazioni flettenti.....</i>	44
7.2.2	<i>Sollecitazioni taglianti</i>	44
7.2.3	<i>Verifiche locali</i>	46
7.2.4	<i>Fenomeno di “BURSTING”</i>	46
7.2.5	<i>Fenomeno di “SPALLING”</i>	47
7.2.6	<i>Fenomeno di “SPREADING”.....</i>	48
8	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE IMPALCATO ...	49
8.1	TRAVI PRINCIPALI	49
8.1.1	<i>Sollecitazioni agenti</i>	49
8.1.2	<i>Dati geometrici.....</i>	55
8.1.3	<i>Armature trave prefabbricata.....</i>	56
8.1.4	<i>Verifiche locali</i>	58
8.1.5	<i>Verifiche a deformabilità</i>	61
8.1.6	<i>Sintesi sollecitazioni e verifiche.....</i>	62
8.2	VERIFICA PREDALLE IN FASE DI GETTO.....	70
8.2.1	<i>Predalle appoggio-appoggio</i>	70
8.2.2	<i>Predalle mensola</i>	72
8.3	VERIFICA TRASVERSALE DELLA SOLETTA IN FASE DI ESERCIZIO	75
8.3.1	<i>Calcolo delle sollecitazioni</i>	75
8.3.2	<i>Verifica delle sezioni</i>	75
9	REAZIONI MASSIME AGLI APPOGGI.....	82

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>5 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	5 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	5 di 118								

10 TABULATO 1-VERIFICA TRAVE PRECOMPRESSA.....83

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 6 di 118

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo viene emessa nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al Progetto esecutivo del Raddoppio dell'Itinerario Ferroviario Napoli-Bari nella Tratta Canello-Benevento/ 2° Lotto Funzionale Frasso Telesino.

Le Analisi e Verifiche nel seguito esposte fanno in particolare riferimento all'impalcato del Ponte stradale NW01 L=30.0 m, previsto sulla viabilità di collegamento tra S.P. 102 e S.P. 88 tra le pk 0+134.85 e 0+167.85 in corrispondenza delle pk 31+933 e 31+966 dell'asse principale del tracciato di progetto.

1.1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'impalcato ha luce netta pari a 30,00 m, costante, ed è costituito da 3 travi prefabbricate in c.a.p. aventi sezione a V (precompressione a fili aderenti) solidarizzate tra loro mediante 2 traversi in testata, e una soletta superiore in c.a., gettata in opera dello spessore finito di spessore 30 cm (di cui 5 cm di predalles prefabbricate).

La carreggiata ha larghezza pari a 6,50 m, mentre la larghezza complessiva dell'impalcato è pari a 10,20 m, comprensiva di due cordoli di larghezza pari a 1.85 m e spessore pari a 50cm.

Le travi sono poste ad interasse di 3,10 m; in prossimità degli appoggi hanno sezione ringrossata. Le travi hanno un'altezza pari ad 1,80 m ed una larghezza pari a 2,50 m; presentano un retrotrave di 60 cm e in prossimità degli appoggi hanno un ringrosso delle anime e della base. L'armatura di precompressione della trave è costituita da trefoli 0,6", aventi area nominale di 1,39 cm².

I traversi di testata hanno uno spessore di 60 cm ed un'altezza di 1.50 m.

In figura è riportata la sezione trasversale dell'impalcato in campata:

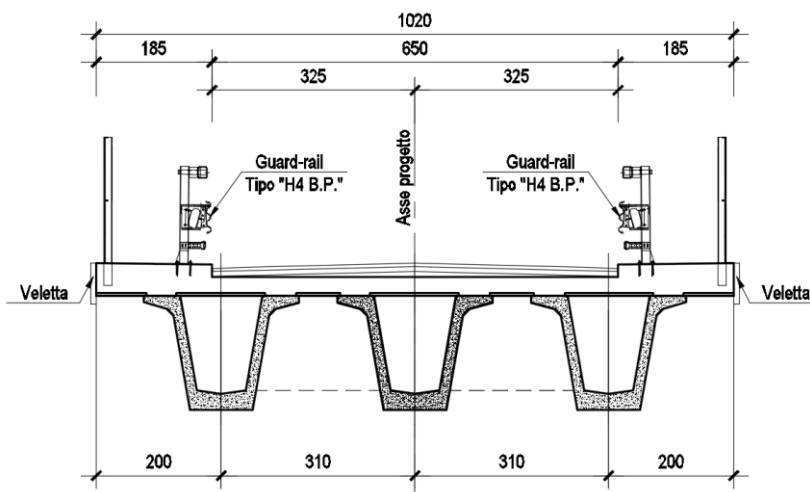






Figura 1 Sezione trasversale di campata dell'impalcato

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	7 di 118

LEGENDA	
	Multidirezionale
	Fisso
	Unidirezionale Trasversale
	Unidirezionale Longitudinale

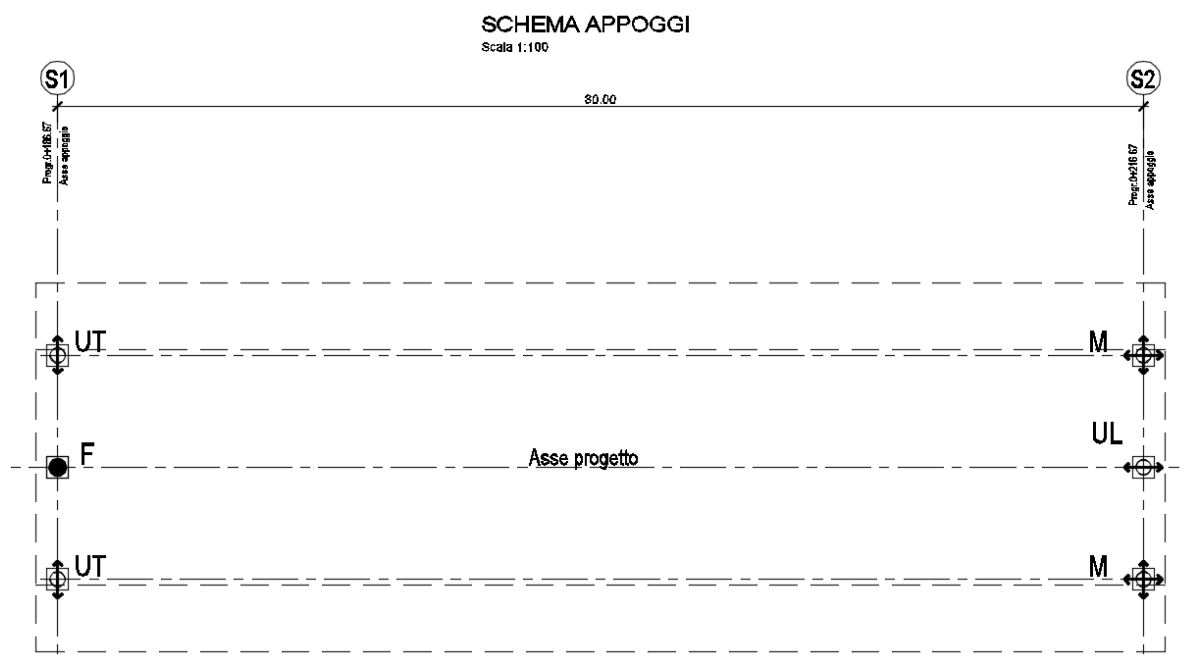


Figura 2 Schema appoggi impalcato

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale V_N pari a 75 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso III ai sensi del D. M. 14/01/2008, da cui scaturisce un coefficiente d'uso $C_U = 1.5$.

1.2 UNITÀ DI MISURA

Nel seguito si adotteranno le seguenti unità di misura:

- per le lunghezze ⇒ m, mm
- per i carichi ⇒ kN, kN/m², kN/m³
- per le azioni di calcolo ⇒ kN, kNm
- per le tensioni ⇒ MPa

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <i>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</i>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 8 di 118

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

- Rif. [1] Ministero delle Infrastrutture, DM 14 gennaio 2008, «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
- Rif. [2] Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008»
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 A)
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 1 / Ambiente e Geologia (RFI DTC SI AG MA IFS 001 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [8] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [9] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 A– rev 30/12/2016)
- Rif. [10] Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea
- Rif. [11] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- Rif. [12] UNI EN 206-1-2006 : Calcestruzzo – “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <i>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</i>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	9 di 118

2.1 ELABORATI DI RIFERIMENTO

Costituiscono parte integrante di quanto esposto nel presente documento, l'insieme degli elaborati di progetto specifici relativi all'opera in esame e riportati in elenco elaborati.

Pianta, sezione longitudinale e sezione trasversale	IF2R	2	2	E	Z	Z	P	A	N	W	0	1	0	0	0	0	1	A
Pianta impalcato, Prospetto e schema appoggi	IF2R	2	2	E	Z	Z	P	A	N	W	0	1	0	0	0	0	2	A

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 10 di 118

3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 CALCESTRUZZI

Per la realizzazione dei calcestruzzi, al fine di assicurare i requisiti di qualità e di durabilità, si è fatto riferimento alle specifiche riportate nella norma UNI EN 206 -1. pertanto sulla base delle condizioni ambientali prevedibili per le opere in oggetto si riporta nella tabella seguente, in corrispondenza di ogni elemento strutturale, la classe di esposizione, la resistenza caratteristica R_{ck} , il rapporto a/c massimo, il quantitativo di cemento minimo, e l'eventuale percentuale di aria che deve essere inglobata nel calcestruzzo.

Sono previsti inoltre per la soletta e i traversi, copriferri pari a 35 mm.

CLASSI DEI CALCESTRUZZI						
Elemento	Classi di esposizione	Classi di resistenza [f_{ck}/R_{ck}]	a/c	Tipi di cementi	Quantitativo di cemento [kg/m ³]	Classi di consistenza
Soletta e Traversi	XC4-XD3-XF4	C35/45	0.45	CEMIIL*- III-IV	340	S4-S5
Cassoncini in c.a.p.	XC4-XF2	C45/55	0.45	CEMIIL*- III-IV	330	S4-S5

*Resistenza minima all'attacco dei solfati : moderato

CALCESTRUZZO PER TRAVI C.A.P.

$R_{ck} \geq$	55	N/mm ²	resistenza caratteristica cubica
$R_{ckj} \geq$	48.2	N/mm ²	resistenza caratteristica al rilascio dei trefoli
$E_c =$	42272.3	N/mm ²	modulo elastico
$F_{ck} =$	45.65	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica
$F_{cd} =$	30.43	N/mm ²	resistenza a compressione di calcolo
$F_{ctk} =$	3.28	N/mm ²	resistenza a trazione per flessione caratteristica
$f_{ctk} =$	2.73	N/mm ²	resistenza a trazione caratteristica
$f_{ctd} =$	1.82	N/mm ²	resistenza a trazione di calcolo
$\sigma_{ci} =$	0.48x48=23.04	N/mm ²	massima tensione di compressione iniziale
$\sigma_{ce} =$	0.38x55=20.90	N/mm ²	massima tensione di compressione in esercizio
$\sigma_{te} =$	0.08x48=3.84	N/mm ²	massima trazione iniziale
$\sigma_{tl} =$	0.06x55=3.30	N/mm ²	massima trazione in esercizio

CALCESTRUZZO PER SOLETTA E TRASVERSI C.A.P.

$R_{ck} \geq$	45	N/mm ²	resistenza caratteristica cubica
$R_{ckj} \geq$	38.5	N/mm ²	resistenza caratteristica al rilascio dei trefoli
$E_c =$	34625.0	N/mm ²	modulo elastico

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		PROGETTO ESECUTIVO			
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	11 di 118

$F_{ck} =$	37.35	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica
$F_{cd} =$	21.17	N/mm ²	resistenza a compressione di calcolo
$F_{ctk} =$	2.82	N/mm ²	resistenza a trazione per flessione caratteristica
$f_{ctk} =$	2.35	N/mm ²	resistenza a trazione caratteristica
$f_{ctd} =$	1.56	N/mm ²	resistenza a trazione di calcolo
$\sigma_{ci} =$	0.48x38.5=18.48	N/mm ²	massima tensione di compressione iniziale
$\sigma_{ce} =$	0.38x45=17.1	N/mm ²	massima tensione di compressione in esercizio
$\sigma_{te} =$	0.08x38.5=3.08	N/mm ²	massima trazione iniziale
$\sigma_{tl} =$	0.06x45=2.7	N/mm ²	massima trazione in esercizio

CALCESTRUZZO PER SOLETTA

$R_{ck} \geq$	45	N/mm ²	resistenza caratteristica cubica
$E_c =$	34625.0	N/mm ²	modulo elastico
$f_{ck} =$	37.35	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cd} =$	21.17	N/mm ²	resistenza a compressione di calcolo
$f_{ctk} =$	2.82	N/mm ²	resistenza a trazione per flessione caratteristica
$f_{ctk} =$	2.35	N/mm ²	resistenza a trazione caratteristica
$f_{ctd} =$	1.8	N/mm ²	resistenza a trazione per flessione di calcolo

3.2 ACCIAIO

ACCIAIO DA PRECOMPRESSIONE

Travi

trefoli \varnothing 0.6" stabilizzati

A_n	139	mm ²	area trefolo
$F_{ptk} \geq$	1860.0	N/mm ²	tensioni caratteristica di rottura
$f_{p(0.1)k} \geq$	1670.0	N/mm ²	tensioni caratteristica di deformazione dell'1% sotto carico
$E_s =$	195000	N/mm ²	modulo elastico
$\sigma_{spi} =$	1395.0 < 0.85 $f_{p(0.1)k}$	N/mm ²	tensione utile all'atto del rilascio dei trefoli
$\sigma_{sp} \leq$	1092 MPa = 0.6 f_{ptk}	N/mm ²	tensione utile a tempo infinito

Traversi

barre \varnothing 36

A_n	150	mm ²	sezione trefolo
$F_{ptk} \geq$	1050.0	N/mm ²	tensioni caratteristica di rottura

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:			PROGETTO ESECUTIVO			
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ			COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO
Relazione di calcolo impalcato			IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001
					REV.	FOGLIO
					A	12 di 118

$f_{pyk} \geq$	850.0	N/mm ²	tensioni caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000	N/mm ²	modulo elastico
$\sigma_{spi} =$	$700.0 < 0.85f_{pyk}$	N/mm ²	tensione utile all'atto della tesatura
$\sigma_{sp} \leq$	$630 \text{ MPa} = 0.6f_{ptk}$	N/mm ²	tensione utile a tempo infinito

ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

FeB 44 K

controllato in stabilimento

$F_{yk} \geq$	430.0	N/mm ²	tensioni caratteristica di snervamento
$F_{yd} =$	373.91	N/mm ²	tensioni di snervamento di calcolo
$E_s =$	205000	N/mm ²	modulo elastico
$f_{yk} / f_{ctk} =$	2.43	N/mm ²	resistenza a trazione per flessione caratteristica
$\sigma_{adm} =$	255.0	N/mm ²	tasso di lavoro ammissibile

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 13 di 118

4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

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

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

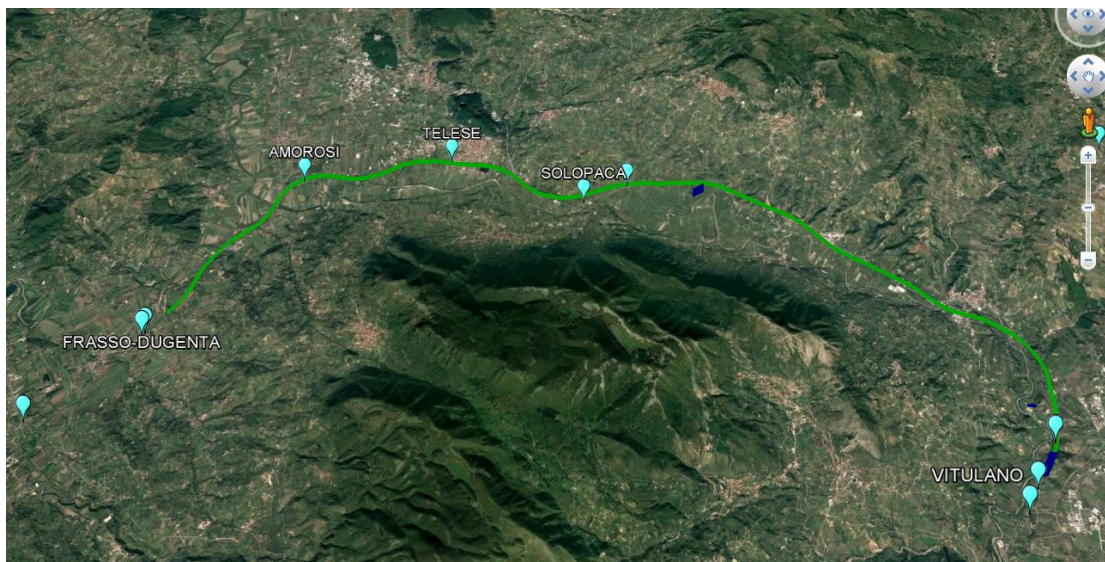


Figura 3 – Configurazione planimetrica tracciato

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

- Zona S1: da pk 16+500 a pk 22+500 (Dugenta/Frasso – Amorosi)
- Zona S2: da pk 22+500 a pk 30+000 (Amorosi – Solopaca)
- Zona S3: da pk 30+000 a pk 46+577 (Solopaca-Ponte-Vitulano)

Per ciascuna zona, sono stati dunque individuati, in funzione del periodo di riferimento dell'azione sismica (VR), i parametri di pericolosità sismica (ag/g, F0 e Tc*) rappresentativi

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 14 di 118

delle più severe condizioni di pericolosità riscontrabili lungo il tratto di riferimento, assumendo in particolare come riferimento le seguenti Località

- Zona S1: Amorosi (BN)
- Zona S2: Solopaca (BN)
- Zona S3: Ponte (BN)

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

L'opera in esame ricade nella zona sismica denominata Zona S3

4.1 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO DELL'OPERA

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

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

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

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

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

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

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 15 di 118

Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

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

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

$$C_u = 1.5$$

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

$$V_R = V_n \cdot C_u$$

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

4.2 PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA

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

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

- **ag/g**: accelerazione orizzontale relativa massima al suolo, su sito di riferimento rigido;
- **Fo**: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T*c**: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per quanto detto al precedente paragrafo, risulta:

APPALTATORE:	 TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		PROGETTO ESECUTIVO			
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	16 di 118

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

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

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

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile all'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture o crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione invece conserva una parte della resistenza e della rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

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

Stati Limite		P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 17 di 118

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

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

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

SLATO LIMITE	T _R [anni]
SLO	68
SLD	113
SLV	1068
SLC	2193

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

Di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica da assumere come riferimento per la determinazione delle Azioni sismiche di progetto per opere ricadenti nella parte di tracciato dell'infrastruttura individuata come zona **S3**:

Località : Ponte (BN)

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

$$V_R = 112.5 \text{ anni}$$

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

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>18 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	18 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	18 di 118								

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

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

4.3 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO E CATEGORIA TOPOGRAFICA

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

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	19 di 118

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo.

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

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

Tabella di riepilogo Categoria di Sottosuolo e Topografiche DM 14.01.08

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

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 20 di 118

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

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

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

Per il caso in esame, risulta una categoria di sottosuolo di tipo C ($S_s = 1.18$) e una classe Topografica T1 ($S_T = 1.0$)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 21 di 118

5 ANALISI DEI CARICHI

5.1 CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI

Si eseguono le verifiche delle travi in c.a.p. tenendo conto delle due seguenti fasi di lavoro:

PRIMA FASE

Le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono da sole al peso proprio ed a quello della soletta gettata in opera;

SECONDA FASE

Il sistema misto travi precomprese e soletta gettata in opera, divenuto solidale dopo la maturazione del calcestruzzo, resiste al peso delle sovrastrutture e dei carichi variabili.

Il programma tiene conto della storia delle sollecitazioni nelle varie fasi di costruzione. Sono previste più travi prefabbricate precomprese a fili aderenti, anche inguainate in testata per ottimizzare lo stato di sollecitazione e soggette a fasi transitorie di sollevamento e trasporto.

Le verifiche delle sezioni vengono condotte secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite e comprendono ad esempio: verifica SLU per flessione della sezione in tutte le fasi, verifica SLU per taglio, verifica SLU per taglio e torsione, verifica SLE tensioni dei materiali (calcestruzzo, acciai da precompressione, acciai lenti), verifica delle deformazioni ecc..

5.1.1 Peso proprio trave prefabbricata e traversi

CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI G_1			
Peso specifico cls	g	25.00	kN/m ³
Larghezza impalcato	B	10.20	m
Luce trave C.A.P. (assi appoggi)	L	30.00	m
Numero di travi in C.A.P.	n	3	
Interasse travi in C.A.P.	i	3.10	m
Area sezione trave C.A.P. in mezzeria	A_m	0.93	m ²
Area sezione trave C.A.P. appoggio	A_a	1.77	m ²
Estensione sezione appoggio	l_1	0.60	m
Peso Proprio Trave C.A.P. (sez. appoggio)	p_{g1a}	44.25	kN/m
Peso Proprio Trave C.A.P. (sez. mezzeria)	p_{g1m}	23.25	kN/m
Peso Proprio 1 Trave C.A.P. (mediato)	$p_{g1,1}$	24.3	kN/m

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	22 di 118
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato							

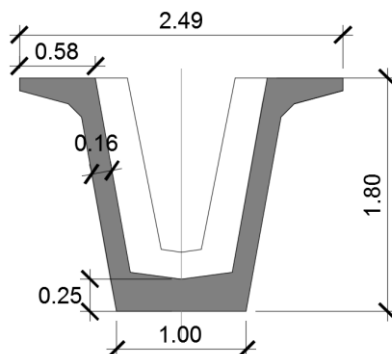


Figura 4 Schema cassonino trave principale

I traversi di testata hanno uno spessore di 60 cm ed un'altezza di 1.50 m.

Spessore trasversi di testata	S_{tt}	0.60	m
Area trasverso di testata per trave	A_t	0.90	m ²
Peso Proprio 1 trasverso di testata	p_{gt}	13.50	kN

5.1.2 Peso proprio soletta

I carichi permanenti sono costituiti, oltre che dal peso proprio delle travi in c.a.p., dalla soletta di spessore medio pari 30 cm. Il carico è distribuito lungo le travi dell'impalcato ed è pari a 25,50 kN/m.

Spessore soletta impalcato	S_s	0.33	m
Larghezza soletta impalcato	L_s	9.20	m
Area sezione trasversale	A_{sez}	2.99	m ²
Peso Proprio soletta per trave	$p_{g1,2}$	25.50	kN/m
Peso Proprio soletta Impalcato	$P_{g1,2}$	76.50	kN/m
Spessore marciapiedi	s_m	0.20	m
Larghezza marciapiedi (DX+SX)	L_m	3.70	m

5.2 PESO CARICHI PERMANENTI PORTATI

I carichi permanenti portati comprendono: i marciapiedi ($25 \times 1,85 \times 0,20 = 9,25$ kN/m), le velette in c.a. ($25 \times 0,09 \times 0,64 = 1,44$ kN/m), la barriera bordo ponte (1,50 kN/m), la rete antivandalismo (1,00 kN/m) e la pavimentazione della carreggiata (2,00 kN/m²).

I marciapiedi presentano larghezza pari a 1,85 m e spessore 0,20 m.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 23 di 118

I carichi sono pertanto:

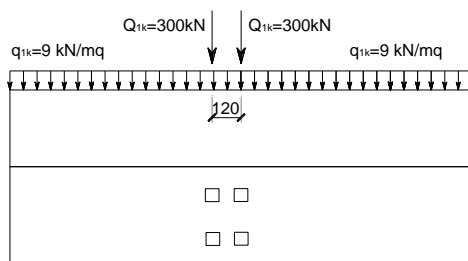
CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI G_2	
Peso specifico pacchetto stradale	g 20.00 kN/m ³
Spessore medio pacchetto rilevato stradale (ricoprimento+pavimentazione)	S_{pm} 0.10 m
Larghezza carreggiata	L_c 5.50 m
Veletta	pv 1.44 kN/m
Sicurvia + rete	ps 2.50 kN/m
Carichi permanenti portati	$P_{g2,2 tot}$ 18.88 kN/m
Carichi permanenti portati (per trave)	$P_{g2,2 tot}$ 6.29 kN/m

5.3 SOVRACCARICHI DA TRAFFICO (Q_1)

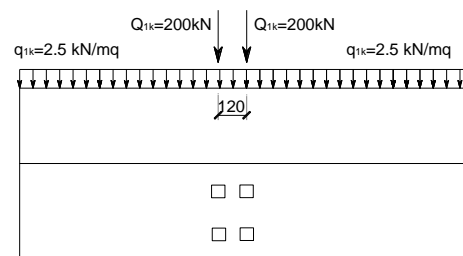
I carichi mobili presi in considerazione sono quelli indicati dalla normativa per ponti di prima categoria. Sono definiti dagli schemi di carico convenzionali rappresentati nelle figure seguenti e disposti su corsie convenzionali. Il numero di colonne di carichi mobili considerate nel calcolo è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3.00m.

Così come specificato dal D. M.14 gennaio 2008, i sovraccarichi da traffico, relativamente allo "Schema di carico 1", sono schematizzati mediante colonne di carico costituite, come riportato nelle figure seguenti, da quattro forze concentrate (forze tandem) e da carichi uniformemente distribuiti su tutta la larghezza della carreggiata. Nel caso in esame, pur avendo la carreggiata una larghezza pari a 5.5 m, si definiscono, cautelativamente, due corsie di carico convenzionali.

Prima colonna di carico



Seconda colonna di carico



1. prima corsia costituita da un mezzo Q_{1A} (600 kN) e carico q_{1k} (9.0 kN/m²);
2. seconda corsia d costituita da un mezzo Q_{1A} (400 kN) e carico q_{1k} (2.50 kN/m²);
3. area rimanente costituita da carico q_{1k} (2.50 kN/m²);

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 24 di 118

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

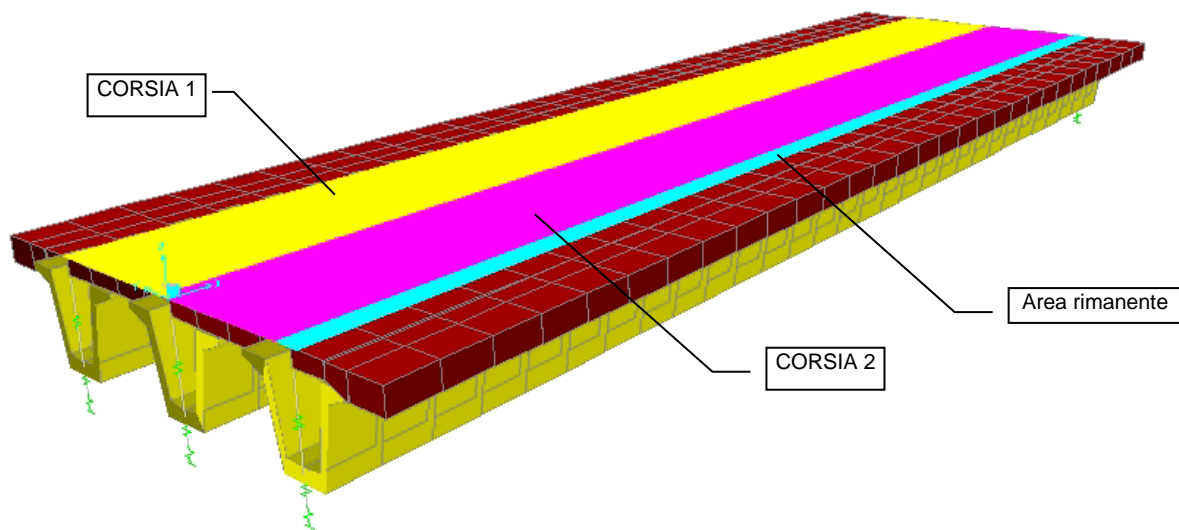


Figura 5 Disposizione corsie di carico

5.3.1 Carichi sui marciapiedi

I carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente distribuito del valore di 5,0 kN/m².

Carico accidentale distribuito marciapiedi $q_m = 5$ [kN/m²]

Essendo la larghezza del marciapiede pari a 1,85m il carico al metro lineare risulta essere $q_m = 9,25$ kN/m.

5.4 AZIONE DI FRENAMENTO (Q3)

L'azione di frenamento o di accelerazione si assume agente nella direzione dell'asse della carreggiata ed al livello della superficie finita. Il valore di tale azione è pari al massimo tra:

$$q_3 = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.1 \times q_{1k} \times w_1 \times L$$

dove w_1 è la larghezza della corsia ed L la lunghezza della zona caricata.

$$Q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot 300) + 0,10 \cdot 9,00 \cdot 3,00 \cdot 30 = 438,3 \text{ kN}$$

La forza è applicata a livello della pavimentazione.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 25 di 118

5.5 AZIONE CENTRIFUGA (Q4)

L'azione centrifuga per ogni colonna di carico è valutata convenzionalmente come segue:

$R < 60$ m	$q_4 = 5.00$ kN/m
$60\text{m} \leq R \leq 1500$ m	$q_4 = 300/R$ kN/m
$1500\text{m} \leq R$	$q_4 = 0.00$ kN/m

Per il viadotto in esame l'azione centrifuga è nulla in quanto l'impalcato si sviluppa in rettilineo.

5.6 AZIONI DA VENTO (Q5)

L'azione del vento viene convenzionalmente assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente al piano longitudinale del ponte.

Usualmente 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.

	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						

Figure 1 Definizione della categoria di esposizione

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	26 di 118

Categoria di esposizione del sito	k_f	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Figure 2 Schema per la definizione della categoria di esposizione – cfr. NTC08

La pressione del vento è stata calcolata ai sensi delle NTC 2008; la normativa suddivide il territorio italiano in zone per le quali sono assegnati i parametri di base $v_{b,0}$, a_0 , k_s . Con riferimento a tali parametri è possibile calcolare la velocità di riferimento v_b , vale a dire il valore caratteristico della velocità del vento a 10 m dal suolo su un terreno di categoria di esposizione II, mediata su dieci minuti e riferita ad un periodo di ritorno di 50 anni v_b .

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d' Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 27 di 118

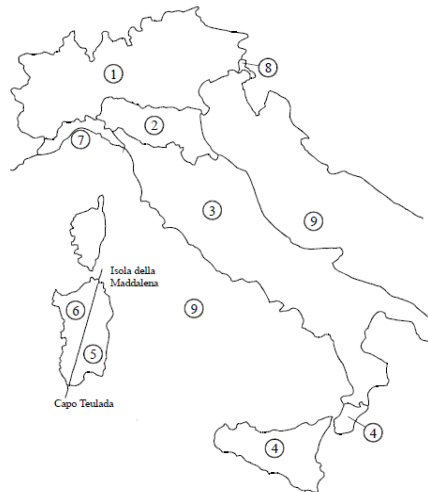


Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Figure 3 Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano e valori dei parametri di riferimento (tab. 3.3.I NTC2008).

I dettagli del calcolo sono di seguito riportati:

Zona - Regione	Zona	[-]	3
Velocità di riferimento - Valore caratteristico	$V_{b,0}$	[m/s]	27
Parametro legato all'altitudine della zona	a_0	[m]	50
Parametro funzione della zona	k_a	[1/s]	0.02
Altitudine	a_s	[m]	30
Velocità di riferimento per un periodo di ritorno di 50 anni	V_b	[m/s]	25
Tempo di ritorno	T_R	[anni]	75
Coefficiente correttivo per il tempo di ritorno	C_R	[-]	1.02
Velocità di riferimento per il periodo di ritorno definito	$V_r (T_R)$	[m/s]	27.63

Densità dell'aria	ρ	[kg/m ³]	1.25
Pressione cinetica di riferimento	q_b	[N/m ²]	391.20

5.6.1 Categoria di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza della costruzione z sul suolo del punto considerato, dalla rugosità e dalla topografia del terreno, dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

Il coefficiente di esposizione c_e varia lungo la quota fuori terra (z) della costruzione ed è dato dalla formula:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 28 di 118

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

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

Dove:

k_r , z_0 , z_{\min} sono assegnati in funzione della categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione;

z è l'altezza della struttura (somma dell'altezza della barriera antirumore e del rilevato su cui è installata);

c_t è il coefficiente di topografia.

In mancanza di analisi che tengano conto sia della direzione di provenienza del vento sia delle variazioni di rugosità del terreno, la categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno.

Nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5, e 6, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>29 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	29 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	29 di 118								

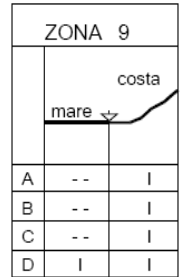
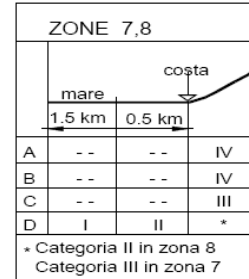
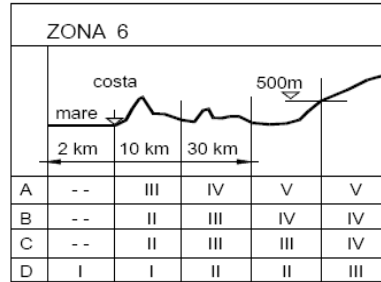
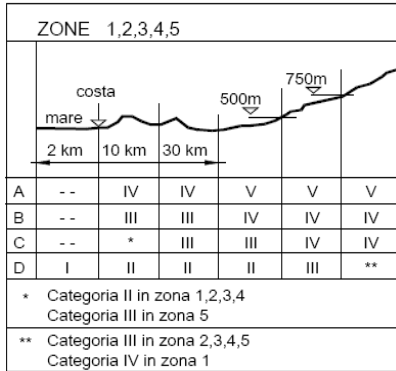


Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

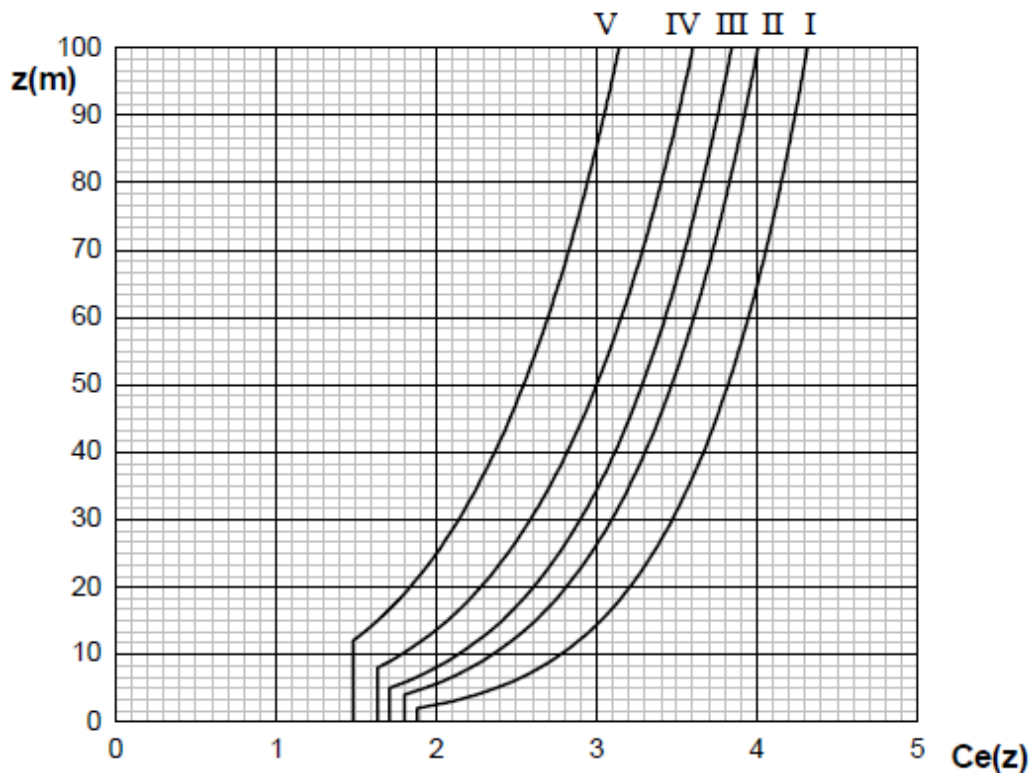


Figura 3.3.3 - Andamento del coefficiente di esposizione c_e con la quota (per $c_t = 1$)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 30 di 118

Classe di rugosità del terreno	Classe _{rug}	[-]	C
Categoria di esposizione del sito	Cat _{esp}	[-]	III
Parametri per la definizione del coeff. di esposizione	k _r	[-]	0.22
	Z ₀	[m]	0.3
	Z _{min}	[m]	8.00

Tabella 1 Categoria di esposizione

$$C_{e(10m)} = 1.634$$

5.6.2 Coefficienti dinamico

Il coefficiente dinamico c_d permette di tenere in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Nelle strutture analizzate viene considerato cautelativamente un coefficiente dinamico pari a $c_d = 1.0$.

5.6.3 Coefficiente di topografia

Nelle strutture analizzate viene considerato un coefficiente di topografia unitario.

5.6.4 Coefficiente di forma

Secondo le indicazioni della 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008», e considerando travi ad anima piena per cui il rapporto tra la superficie delimitata dal contorno della trave e la superficie della parte piena della trave, $\varphi = 1$, si determina il coefficiente aerodinamico per l'impalcato: $c_p = 2,4 - \varphi = 1,40$

5.6.5 Pressione del vento

q _b	0.477	kN/m ²	
C _e	1.631		Coefficiente di esposizione calcolato per z = 7m
C _p	1.4		Coefficiente di forma
C _d	1		Coefficiente dinamico
P	1.09	kN/m ²	Pressione del vento

La superficie dei carichi transitanti esposta al vento si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3 m a partire dal piano stradale.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	31 di 118

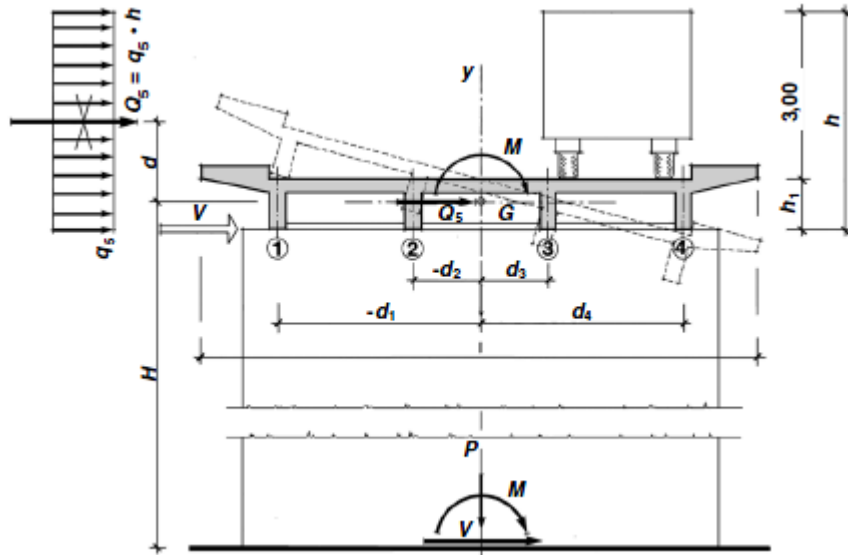


Figura 6: Direzione dell'azione del vento sul ponte

Calcolo di $q_{v,1}$

Altezza di riferimento

Z 4.80 m

Coefficiente di esposizione

C_e 2.850

Pressione del vento in 1

$q_{v,1}$ 1.82 kN/m²

Calcolo di $q_{v,2}$

Altezza di riferimento

Z 5.90 m

Coefficiente di esposizione

C_e 3.035

Pressione del vento in 2

$q_{v,1}$ 1.94 kN/m²

Calcolo di $q_{v,3}$

Altezza di riferimento

Z 7.00 m

Coefficiente di esposizione

C_e 3.180

Pressione del vento in 3

$q_{v,1}$ 2.03 kN/m²

Forza totale agente

F_{tot} 4.25 kN/m

Pressione media agente sull'intera superficie

p_{media} 1.93 kN/m²

A vantaggio di sicurezza si assume comunque una pressione da vento pari a 2.5 kN/mq

Si considera il caso di ponte carico, per cui l'altezza della superficie di impatto del vento è pari all'altezza dell'impalcato più tre metri e il caso di ponte scarico per cui l'altezza della superficie di impatto è solo l'altezza dell'impalcato.

In particolare, risulta:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 32 di 118

$$d_{tot,s} = 1.80 + 0.40 = 2.20 \text{ m} \quad (\text{Ponte scarico})$$

$$d_{tot,c} = 1.80 + 0.40 + 3.0 = 5.20 \text{ m} \quad (\text{Ponte carico})$$

da cui:

$$q_{5,s} = 2.20 \cdot 2.5 \text{ kN/m}^2 = 5.5 \text{ kN/m}$$

$$q_{5,c} = 5.20 \cdot 2.5 \text{ kN/m}^2 = 13.0 \text{ kN/m}$$

Forza sul lato direttamente esposto all'azione del vento	F_{wk1}	5.50	kN/m
Momento rispetto al baricentro dell'impalcato	M₁	6.88	kNm/m

5.7 DEFORMAZIONI IMPRESSE ϵ

In accordo con la normativa vigente (par. 5.1.3.2 NTC08), si intendono per deformazioni impresse sui ponti stradali:

1. Distorsioni e presollecitazioni di progetto: ϵ_1 .

Ai fini delle verifiche si devono considerare gli effetti delle distorsioni e delle presollecitazioni eventualmente previste in progetto.

2. Effetti reologici: ritiro ϵ_2 e viscosità ϵ_3 ;

Il calcolo degli effetti del ritiro del calcestruzzo, delle variazioni termiche e della viscosità deve essere effettuato in accordo al carattere ed all'intensità di tali distorsioni definiti nelle relative sezioni delle vigenti Norme Tecniche.

3. Cedimenti vincolari: ϵ_4

Gli effetti di cedimenti vincolari non risultano significativi nel caso in esame (schema di trave appoggiata – appoggiata ad unica campata).

5.7.1 Ritiro e viscosità del calcestruzzo (ϵ_2)

Per il calcolo del ritiro finale del calcestruzzo si fa riferimento a quanto riportato di seguito.

Si considera che la trave prefabbricata al momento del getto della soletta abbia esaurito il 100% del proprio ritiro. Con riferimento alla normativa italiana, la deformazione totale da ritiro si può valutare come:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

con:

ϵ_{cd} = deformazione per ritiro da essiccamento

ϵ_{ca} = deformazione per ritiro autogeno

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento risulta pari a:

$$\epsilon_{cd} = K_h * \epsilon_{c0}$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 33 di 118

con:

$$K_h = f(h_0)$$

h_0 = dimensione fittizia in (mm) = $2A_c/u$

A_c = area della sezione in cls perpendicolare alla direzione di massima contrazione

u = perimetro della sezione in cls esposto all'aria

DEFORMAZIONE DA RITIRO SOLETTA			
Area sez. cls	A_c	3.060	m ²
Perimetro sez. cls esposto all'aria	u	10.20	m
Dimensione fittizia	h_0	0.60	m
Parametro $f(h_0)$ (vd Tab. 11.2.Vb)	K_h	0.7	-

Tab. 11.2.Vb – Valori di k_h

h_0 (mm)	k_h
100	1,00
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

Figura 7: Valori di K_h – Tabella 11.2.Vb del D.M. 14 gennaio 2008

PER DOPPIA INTERPOLAZIONE LINEARE SU Tab. 11.2.Va:

ϵ_{c0} a U.R. 80% (deformazione da ritiro per essiccamento)

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 1	f_{ck1}	40	N/mm ²
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 2	f_{ck2}	60	N/mm ²
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 1 (IN VAL. ASS.)	ϵ_{c01}	0.24	-
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 2 (IN VAL. ASS.)	ϵ_{c02}	0.19	-
R_{ck} TRAVE	R_{ck}	55	N/mm ²
f_{ck} TRAVE	f_{ck}	45.65	N/mm ²
	ϵ_{c0} ($f_{ckTRAVE}$; U.R.80%)	0.226	‰

ϵ_{c0} a U.R. 60% (deformazione da ritiro per essiccamento)

VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 1	f_{ck1}	40	N/mm ²
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ASCISSA 2	f_{ck2}	60	N/mm ²
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 1 (IN VAL. ASS.)	ϵ_{c01}	0.38	-
VALORI NOTI DA TAB. 11.2.Va (estremi della retta) ORDINATA 2 (IN VAL. ASS.)	ϵ_{c02}	0.3	-
R_{ck} TRAVE	R_{ck}	55	N/mm ²
f_{ck} TRAVE	f_{ck}	45.65	N/mm ²
	ϵ_{c0} ($f_{ckTRAVE}$; U.R.60%)	0.357	‰

ϵ_{c0} a U.R. 70% (deformazione da ritiro per essiccamento)

	ϵ_{c0} ($f_{ckTRAVE}$; U.R.70%)	0.292	‰
--	--	--------------	---

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 34 di 118

Relativamente a ϵ_{c0} , considerando un'umidità relativa di circa il 75% e una resistenza caratteristica cilindrica del cls pari a $f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 0.83 \cdot 55 = 45.65 \text{ N/mm}^2$, risulta, per interpolazione lineare, $\epsilon_{c0} = -0.286 \text{ ‰}$, facendo riferimento al prospetto riportato di seguito:

Tab. 11.2.Va – Valori di ϵ_{c0}

f_{ck}	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in %)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Figura 8: Valori di ϵ_{c0} – Tabella 11.2.Va del D.M. 14 gennaio 2008

Risulta dunque:

Deformazione da ritiro per essiccamento $f(f_{ck}, UR)$ Tab.11.2.Va	ϵ_{c0}	0.00029	-
Deform. media per ritiro da essiccamento ($t=\infty$)	ϵ_{cd}	0.00020	-
Resistenza caratteristica cubica cls	R_{ck}	55	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica cls	f_{ck}	45.65	N/mm ²
Deform. media per ritiro autogeno ($t=\infty$)	ϵ_{ca}	0.0000891	-
Deformazione totale da ritiro	ϵ_{cs}	0.000293	-

I dati sopra ricavati sono riassunti nel prospetto riportato di seguito:

Relativamente alla viscosità, il coefficiente di viscosità $\phi(\infty, t_0)$, a tempo infinito, può essere dedotto dalla tabella riportata di seguito, per interpolazione lineare, dove h_0 è la dimensione fittizia definita in precedenza. Si considera sempre un'atmosfera con umidità relativa pari a circa il 75%.

Tab. 11.2.VI – Valori di $\phi(\infty, t_0)$. Atmosfera con umidità relativa di circa il 75%

t_0	$h_0 \leq 75 \text{ mm}$	$h_0 = 150 \text{ mm}$	$h_0 = 300 \text{ mm}$	$h_0 \geq 600 \text{ mm}$
3 giorni	3,5	3,2	3,0	2,8
7 giorni	2,9	2,7	2,5	2,3
15 giorni	2,6	2,4	2,2	2,1
30 giorni	2,3	2,1	1,9	1,8
≥ 60 giorni	2,0	1,8	1,7	1,6

Figura 9: Valori di $\phi(\infty, t_0)$ con atmosfera con umidità relativa di circa il 75% – Tabella 11.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008

VISCOSITA' DEL CALCESTRUZZO per SOLETTA			
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni SOLETTA	f_{ck}	37.4	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	f_{cm}	45.4	N/mm ²
Umidità ambiente relativa, in percentuale	RH	70	%

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 35 di 118

Dimensione fittizia	h_0	600	mm
Coefficiente atto a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo	α_1	0.834	-
Coefficiente atto a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo	α_2	0.950	-
Coefficiente atto a prendere in conto l'influenza della resistenza del calcestruzzo	α_3	0.879	-
Coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'umidità sul coeff. Viscoso	ϕ_{RH}	1.28	-
Coefficiente che tiene conto dell'effetto della resistenza sul coeff. Viscoso	$\beta(f_{cm})$	2.49	-
Età del calcestruzzo in giorni al momento dell'applicazione del carico	t_0	7	gg
Coefficiente che considera dell'effetto dell'età del cls all'applicazione del carico	$\beta(t_0)$	0.63	-
Coefficiente nominale di viscosità	ϕ_0	2.03	-
Coefficiente dipendente dall'umidità relativa e dalla dim. Fittizia	β_H	1158.65	-
Età calcestruzzo in giorni al momento considerato	t	27375	gg
Coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo	β_c	0.99	-
Coefficiente di viscosità	Φ	2.00	-
Effetto del tipo di cemento sul coeff. Di viscosità	$t_{0corretto}$	12.11	gg
Coefficiente che considera dell'effetto dell'età del cls all'applicazione del carico	$\beta(t_0)$	0.57	-
Coefficiente nominale di viscosità	Φ_0	1.83	-
Coefficiente di viscosità SOLETTA	$\Phi_{(t,t_0)}$	1.81	-

5.7.2 Effetti termici (ϵ_3)

Relativamente alle variazioni termiche sono state considerate le seguenti distorsioni termiche:

- variazione termica uniforme per gli elementi strutturali +/-15°C
- gradiente termico tra soletta e trave in c.a.p. +/-5°C

EFFETTI TERMICI			
Spessore soletta	s	0.30	m
Variazione termica	ΔT	15.0	°C
Coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo	α_T	0.00001	1/°C
Deformazione termica	ϵ	0.00015	-
Modulo elastico soletta	$E_{soletta}$	36416	N/mm ²
Tensione soletta	σ	5.46	N/mm ²
Area soletta collaborante	A_c	226007	mm ²
Sforzo assiale in soletta	N_{tot} soletta	1235	kN
Sforzo normale eccentrico sulla sezione composta	N_{tot} trave composta	1235	kN
Distanza tra baricentro soletta e quello della sezione composta	d	0.59	m
Momento flettente sulla sezione composta	M trave composta	728	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: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 36 di 118

5.8 AZIONE SISMICA (Q6)

5.8.1 Parametri sismici di calcolo

Si assumono i parametri sismici più cautelativi corrispondenti al tratto S3:

Latitudine	= 41.2139730
Longitudine	= 14.6935400
ag	= 0.367 g
F0	= 2.346;
T*c	= 0.395 s;
S	= 1.18
a _{max} (g)	= 0.433

5.8.2 Applicazione del sisma

Non essendo il ponte isolato sismicamente, l'azione che si trasmette alle sottostrutture tramite gli apparecchi di appoggio fissi longitudinali e trasversali è proporzionale alla massa dell'impalcato attraverso il prodotto $a_g \cdot S$.

5.9 AZIONI PARASSITE DEI VINCOLI (Q7)

Le resistenze parassite dei vincoli per le spalle sono valutate

$$R_p = 0.03 \cdot (V_g + V_q)$$

Con V_g si intende lo scarico verticale sugli appoggi per effetto dei pesi propri e dei carichi permanenti mentre per V_q si intende lo scarico verticale sugli appoggi per effetto dei sovraccarichi mobili.

5.10 COMBINAZIONI DI CARICO

Le condizioni di carico precedentemente elencate sono state combinate secondo i coefficienti riportati nella tabella seguente (tab CC) per lo stato limite considerato.

In particolare, la tabella seguente è stata sviluppata sulla base dei par. 2.5.3 e 5.1.3.12 del D.M.14/01/08 e scegliendo come approccio il secondo (n. 2) in cui si impiega un'unica combinazione dei gruppi dei coefficienti parziali definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In questo caso, per le combinazioni agli SLU, si impiegano i coefficienti riportati nella colonna A1 della Tab 5.1.V del DM 14/1/08.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 37 di 118	

	g1	g2	ε1	ε2	ε3	q1-q2	q3	q4	q5	q6	q7
SLE R–gr1	1	1	1	1	0.5	S1+0.5xS5	0	0	0.6	0	0
SLE F–gr1	1	1	1	1	0.5	S1 + 0.5xS5 (0.75 tandem +0.4 distribuiti)	0	0	0.2	0	0
SLE Q.P.	1	1	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
SLU A1 STR – gr1	1.35	1.35	1.2	1.2	1.2 x 0.6	1.35x(S1+0.5xS5)	0	0	1.5 x 0.6	0	0
SLU A1 STR – gr2a	1.35	1.35	1.	1.2	1.2 x 0.6	1.35xS1	1.35	0	1.5 x 0.6	0	0
SLU A1 STR – gr2b	1.35	1.35	1.	1.2	1.2 x 0.6	1.35xS1	0	1.35	1.5 x 0.6	0	0
SLU A1 STR – q5	1.35	1.35	1.	1.2	1.2 x 0.6	1.35 x S1 (0.75 tandem +0.4 distribuiti)	0	0	1.5	0	0
Sisma (SLU)	1	1	0	0	0	0.2	0	0	0	1	1

Tabella Combinazioni di carico (Tab. CC)

In particolare, per i carichi permanenti strutturali e non, e i carichi variabili da traffico sono stati utilizzati i coefficienti γ_{G1} , γ_{G2} , γ_Q , pari a 1.35 e per gli altri carichi variabili un valore di γ_{Qi} , pari a 1.5.

Con gr1, gr2a e gr2b si indicano i gruppi di azioni variabili da traffico riportati nella tabella 5.1.IV del D.M.14/01/08, mentre con S1 ed S5 si indicano gli schemi di carico 1 e 5.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>38 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	38 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	38 di 118								

6 MODELLO DI CALCOLO

L'analisi strutturale è stata condotta mediante il software di calcolo agli elementi finiti SAP2000. È stato eseguito un modello FEM tridimensionale dell'impalcato costituito da un graticcio di elementi beam che simulano le travi nella direzione longitudinale e la soletta nella direzione trasversale. A ciascuno degli elementi frame, monodimensionali, è stata assegnata la sezione corrispondente, distinguendo, per quanto riguarda le travi, tra la sezione di mezzera e quella in prossimità degli appoggi. La sezione assegnata agli elementi che simulano la soletta è di tipo rettangolare, con dimensioni 100 x s, con s pari allo spessore della soletta.

Gli elementi beam che simulano le travi e la soletta sono stati disposti in corrispondenza del baricentro delle rispettive sezioni. Il collegamento delle travi con la soletta è stato modellato mediante link rigidi. Alla quota delle travi sono stati modellati, mediante elementi beam, i cinque traversi, due di testata, tre in campata, ai quali si è assegnata una sezione rettangolare equivalente.

Il collegamento dell'impalcato con le sottostrutture è stato simulato attraverso link elastici: le caratteristiche di rigidità degli elementi inseriti modellano lo schema di vincolo adottato per l'impalcato in esame. Per valutare correttamente gli effetti massimi dei carichi viaggianti previsti dalla normativa, essi sono stati definiti all'interno del modello agli elementi finiti come "moving load cases".

Il calcolo delle sollecitazioni è stato condotto attraverso il modello tridimensionale agli elementi finiti descritto, schematizzato nelle Figure dei seguenti paragrafi.

Gli assi di riferimento adottati sono:

- x = asse longitudinale impalcato
- y = asse trasversale impalcato
- z = asse verticale impalcato

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	39 di 118

6.1 GEOMETRIA

Le proprietà geometriche che contraddistinguono gli elementi strutturali modellati possono essere individuate nelle Figure riportate di seguito.

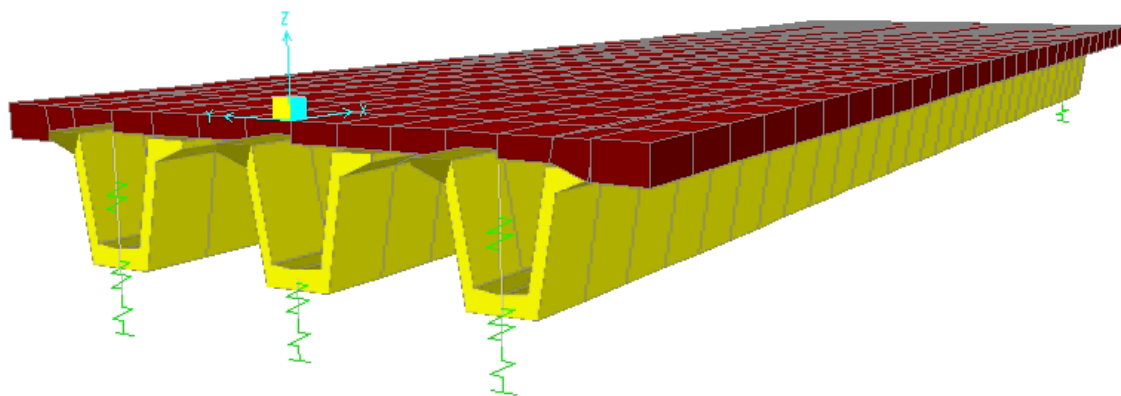


Figura 10 Modello agli elementi finiti realizzato con programma di calcolo SAP2000

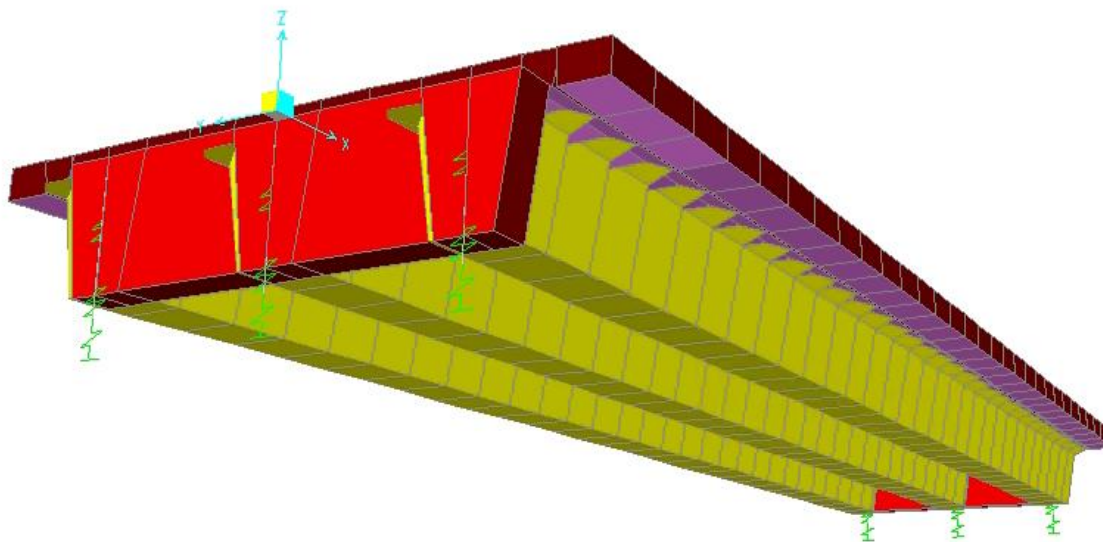


Figura 11 Modello agli elementi finiti realizzato con programma di calcolo SAP2000

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>40 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	40 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	40 di 118								

6.2 CONDIZIONI DI VINCOLO

Alle estremità delle travi sono stati inseriti degli isolatori elastomerici tramite degli elementi *nlink*. Si riporta di seguito un'immagine del modello con l'applicazione degli isolatori:

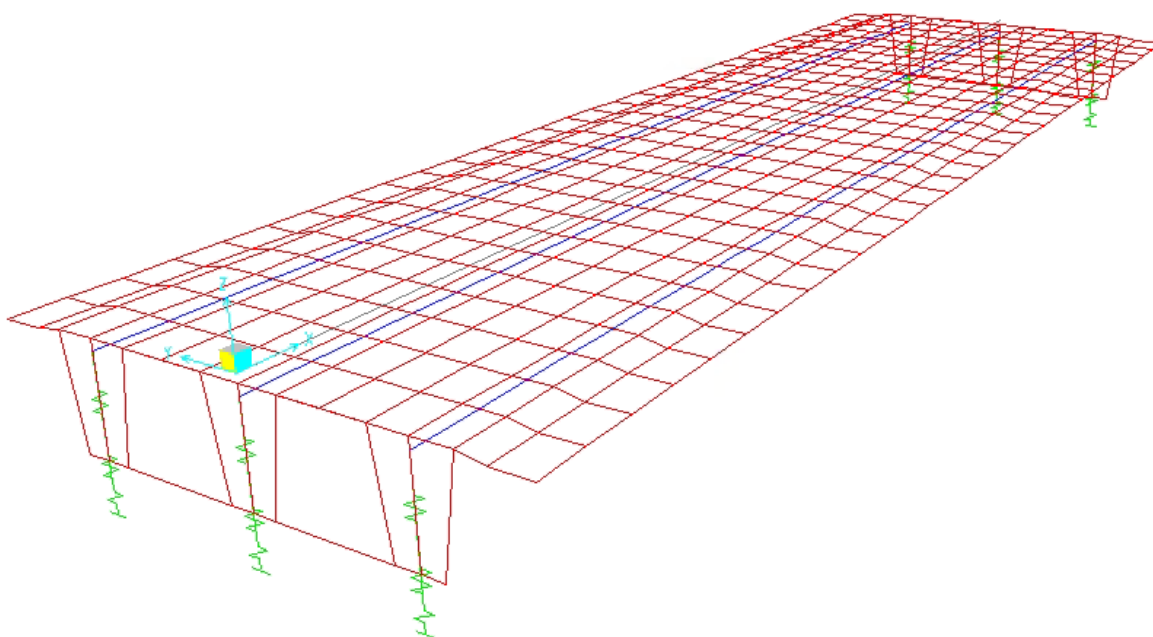


Figura 12: Condizioni di vincolo – Vista 3D wireframe

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 41 di 118

7 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, di fessurazione e di deformazione, ed allo stato limite ultimo, ivi compresa la verifica allo stato limite di fatica. 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.

7.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Rispetto agli elementi in cemento armato ordinario, per la valutazione degli stati di deformazione e di tensione degli elementi in calcestruzzo armato precompresso si devono tenere in conto anche gli effetti delle cadute di tensione per i fenomeni reologici che comportano deformazioni differite dei materiali: ritiro e viscosità del calcestruzzo, rilassamento dell'acciaio. Nelle strutture ad armatura pre-tesa si deve inoltre considerare la caduta di tensione per deformazione elastica.

7.1.1 Verifica a fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.4 del DM 14.1.2008, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nel “Manuale di progettazione delle opere civili”.

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

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

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

Per la soletta d'impalcato (intesa come zona non ispezionabile delle strutture):

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 42 di 118

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

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

$$w_d = 1,7 w_m$$

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

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

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

7.1.2 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. 2.5.1.8.3.2.1 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

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

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

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

Nel caso degli elementi precompressi in calcestruzzo, a cadute avvenute valgono le limitazioni sopra riportate; relativamente alle tensioni di compressione iniziali nel calcestruzzo (all'atto della precompressione), queste non devono superare il valore:

$$\sigma_{ci} < 0,60 f_{ckj}$$

essendo f_{ckj} la resistenza caratteristica del calcestruzzo all'atto del tiro.

Non sono ammesse tensioni di trazione.

Nella zona di ancoraggio delle armature si possono tollerare compressioni locali σ_c prodotte dagli apparecchi di ancoraggio pari a:

$$\sigma_c < f_{ckj}/1.15$$

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

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

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

Per le tensioni in esercizio a perdite avvenute degli acciai da precompressione vale quanto stabilito di seguito, rappresentando $f_{p(1)k}$ la tensione convenzionale caratteristica di

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 43 di 118

snervamento dei trefoli da precompressione, ottenuta dalla tensione $f_{p(1)}$ corrispondente all'1% di deformazione totale, compresa tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura f_{pt} :

$$\sigma_{sp} < 0,80 f_{p(1)k}$$

Le tensioni iniziali σ_{spi} all'atto della tesatura dei cavi (armatura pre-tesa) devono invece rispettare le più restrittive delle seguenti limitazioni:

$$\sigma_{spi} < 0,85 f_{p(1)k}$$

$$\sigma_{spi} < 0,75 f_{ptk}$$

ove f_{ptk} è la tensione caratteristica di rottura dell'acciaio da precompressione.

Inoltre, relativamente al dimensionamento degli elementi in c.a.p, si rispettano gli ulteriori limiti tensionali, prescritti nel "Manuale di progettazione delle opere civili", riportati di seguito:

- la tensione principale di trazione nella fibra baricentrica nella combinazione di carico caratteristica (rara), deve risultare $\leq 0.040 f_{ck}$.

7.1.3 Verifica di deformabilità

Le verifiche di deformabilità sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 2.6.2.2.3 del "Manuale di progettazione delle opere civili".

E' necessario rispettare il seguente limite di deformazione sotto l'azione dei carichi accidentali di progetto incrementati dinamicamente nella combinazione caratteristica (rara) agli S.L.E.:

$$f \leq L/700$$

dove:

L = luce di calcolo;

f = massima freccia verticale.

Per le strutture in c.a. la verifica sarà condotta considerando la struttura in primo stadio (non fessurato) senza considerare il contributo delle armature.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 44 di 118

7.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Relativamente alle verifiche di resistenza (SLU) eseguite sulle sezioni in c.a.p., vale quanto stabilito di seguito per le sezioni in cemento armato ordinario. In particolare, per le verifiche di resistenza locali agli ancoraggi delle armature di precompressione, si assume un valore di calcolo della forza di precompressione con $\gamma_P = 1,2$.

7.2.1 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 ($\sigma_{max} = f_{yk} / 1.15$)

7.2.2 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:

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

con:

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

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

e dove:

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

$\rho_1 = A_{si} / (b_w \times d)$ 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).

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 45 di 118

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

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

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;

s_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;

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

S è l'interasse tra due armature trasversali consecutive;

θ è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);

α è un coefficiente maggiorativo pari ad 1 per membrature non compresse.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 46 di 118

7.2.3 Verifiche locali

Conformemente con quanto prescritto nel par.2.5.2.2 del “Manuale di progettazione delle opere civili”, devono essere eseguite in corrispondenza delle testate delle travi delle verifiche locali per tenere conto dei fenomeni connessi all'introduzione e alla diffusione della precompressione nel calcestruzzo (fenomeni di bursting, spalling e spreading), prevedendo un'armatura aggiuntiva diffusa in grado di assorbire le relative sollecitazioni.

Il tasso di lavoro delle armature aggiuntive, non deve essere superiore a 160MPa per governare il fenomeno della fessurazione.

7.2.4 Fenomeno di “BURSTING”

Il trasferimento della forza di precompressione sul calcestruzzo avviene mediante delle traiettorie curvilinee. Tali traiettorie generano delle tensioni di trazione o 'bursting stresses', in senso trasversale ad esse (la cui risultante viene chiamata 'forza di fenditura' o 'splitting force'), che possono dar luogo a fenomeni fessurativi con conseguente riduzione dell'ancoraggio delle barre del precompresso. Per evitare ciò viene posta un'armatura trasversale in corrispondenza delle testate delle travi, ripartita su una lunghezza di 0,5-0,7 L_u , essendo L_u pari alla lunghezza di trasferimento ($= 70\phi$, con ϕ pari al diametro massimo del trefolo), a partire dalle estremità dei trefoli.

Per un singolo gruppo di trefoli le forze di fenditura dei fili interni si elidono vicendevolmente e, in tal modo, il contributo allo sforzo di fenditura è offerto solo dai trefoli esterni.

Nel caso di un gruppo di trefoli che presenta un massimo di sei fili sul perimetro esterno la forza complessiva di fenditura vale:

$$F=6 \times Z_s$$

in cui Z_s , forza di fenditura del singolo trefolo, vale:

$$Z_s=1.5 \times (0.25 \times P_{barra})$$

con:

$$P_{barra}= A_f \times \sigma_{spi}$$

Con σ_{spi} pari alla massima tensione nei cavi al momento del rilascio.

Nota la forza complessiva di fenditura si ricava l'armatura A_a necessaria ad assorbire tale sforzo, assumendo la tensione σ_a pari a 220N/mm² per limitare le fessurazioni e facilitare l'ancoraggio.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 47 di 118

7.2.5 Fenomeno di "SPALLING"

All'esterno delle traiettorie di compressione dovute al diffondersi della precompressione, in corrispondenza delle zone marginali (d'angolo), si producono delle tensioni di trazione di bordo.

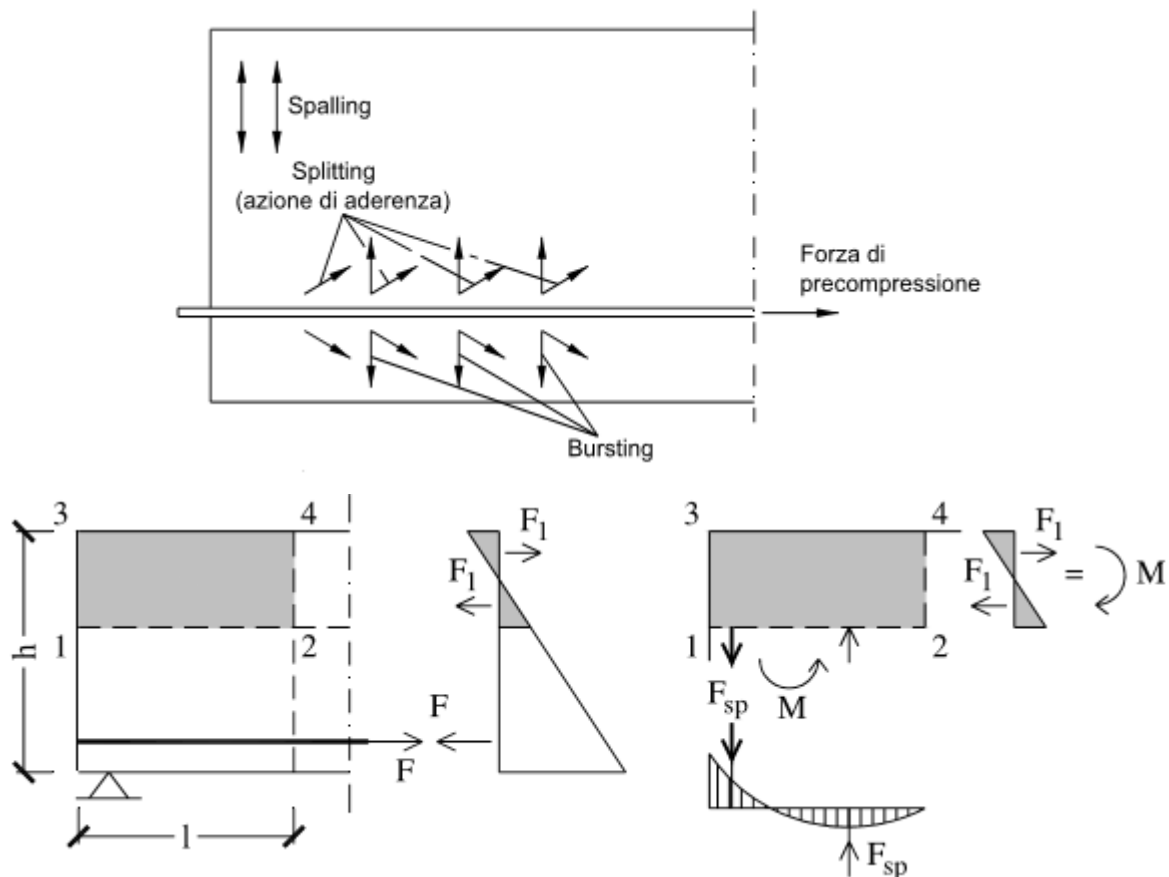
In riferimento a quanto riportato da Leonhardt (vol.II pag.65), il valore della forza di spalling F_{sp} si può esprimere, in funzione dell'eccentricità specifica e/H , mediante la seguente formula:

$$F_{sp} = \frac{0.015P}{1 - \sqrt{2e/H}} \cong 0.03P$$

nella quale "P" è lo sforzo totale di precompressione e vale:

$$P = N_{tr} \times A_{tr} \times \sigma_{spi}$$

La forza F_{sp} è assorbita da un'armatura A_a posta in prossimità della testata della trave, ricavata assumendo la tensione σ_a pari a 220N/mm^2 .



APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 48 di 118

Figura 14: Tensioni di 'spalling' in presenza di una forza di precompressione eccentrica – Model Code 1990

7.2.6 Fenomeno di "SPREADING"

La diffusione ("spreading") delle forze di precompressione avviene secondo delle traiettorie che, con sufficiente approssimazione, sono inclinate rispetto all'asse del cavo di precompressione di un angolo pari a β . Tale angolo, come riportato dall'EC2, può essere considerato uguale a 34° . A causa di tale fenomeno si manifestano tensioni di trazione in direzione ortogonale al cavo, che dovranno essere assorbite da staffe verticali disposte su tutta l'altezza della trave, per una lunghezza pari alla lunghezza di diffusione.

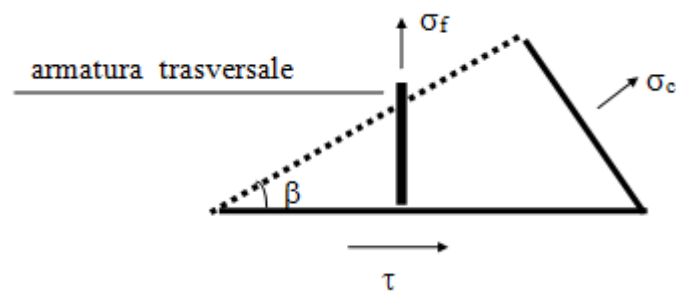


Figura 15: Fenomeno di 'spreading'

Il valore totale della forza è funzione dello scorrimento S .

Per i trefoli che partono dalla testata risulta:

$$T_1 = S_1 \cdot \tan \beta$$

Si ricava pertanto l'area di armatura A_a necessaria ad assorbire tale forza, assumendo la tensione σ_a pari a 220 N/mm^2 .

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <i>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</i>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 49 di 118

8 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE IMPALCATO

8.1 TRAVI PRINCIPALI

8.1.1 Sollecitazioni agenti

Le caratteristiche di sollecitazione (momento flettente e taglio) destinate nelle travi longitudinali d'impalcato vengono espletate per le fasi di carico di seguito riportate:

PRIMA FASE

- a) al manifestarsi della precompressione
- b) prima del getto in opera
- c) subito dopo il getto in opera

SECONDA FASE

- d) impalcato scarico
- e) impalcato carico

Si terrà conto inoltre degli effetti del ritiro differenziale della soletta rispetto alle travi prefabbricate nonché degli effetti dovuti al rilassamento dell'acciaio, al ritiro del calcestruzzo ed al fluage.

Gli schemi di calcolo adottati sono quelli descritti di seguito.

Per desumere le sollecitazioni relative alla fase 1a) si fa riferimento allo schema di trave semplicemente appoggiata, considerando quale sezione reagente quella della sola trave prefabbricata. Per la fase 1 si assumono i soli carichi dovuti al peso proprio.

Per ricercare le sollecitazioni nelle fasi successive b), c), d), e) si fa riferimento ad uno schema strutturale d'impalcato appoggiato-appoggiato composto dalle travi principali longitudinali, dai trasversi e dalla soletta.

Per la fase 1c) si assumono i carichi dovuti al peso proprio della soletta e dei trasversi.

I carichi della fase 2d) sono rappresentati dai sovraccarichi permanenti portati, ovvero dai pesi delle barriere di sicurezza, delle velette, del pacchetto stradale, ecc.

I carichi della fase 2e) sono costituiti dai carichi accidentali mobili, la cui valutazione è riportata in precedenza.

In tutte le fasi la determinazione dello stato tensionale degli elementi da verificare avviene in base alla combinazione caratteristica (rara) :

$$S = G1 + G2 + P + Q$$

dove:

G1 = permanenti strutturali

G2 = permanenti non strutturali

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>50 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	50 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	50 di 118								

P = precompressione

Q = azioni variabili

I valori di sollecitazione si ottengono risolvendo lo schema di struttura ottenuto con l'utilizzo del programma di analisi strutturale "SAP2000".

8.1.1.1 Calcoli per la fase di carico n.1a - 1b

Le caratteristiche di sollecitazione dovute al peso proprio sono calcolate per trave semplicemente appoggiata sottoposta a carico uniforme. Il calcolo è cautelativo perché non tiene conto della presenza del retrotrave oltre l'asse appoggi.

E' preso in conto l'incremento delle sollecitazioni dovuto alle zone di appoggio ringrossate ed alla eventuale presenza dei trasversi.

Si riportano di seguito i risultati, in termini di caratteristiche delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) indotte dal peso proprio delle travi (carichi fase 1). I risultati sono desunti dal software di calcolo agli elementi finiti SAP2000.

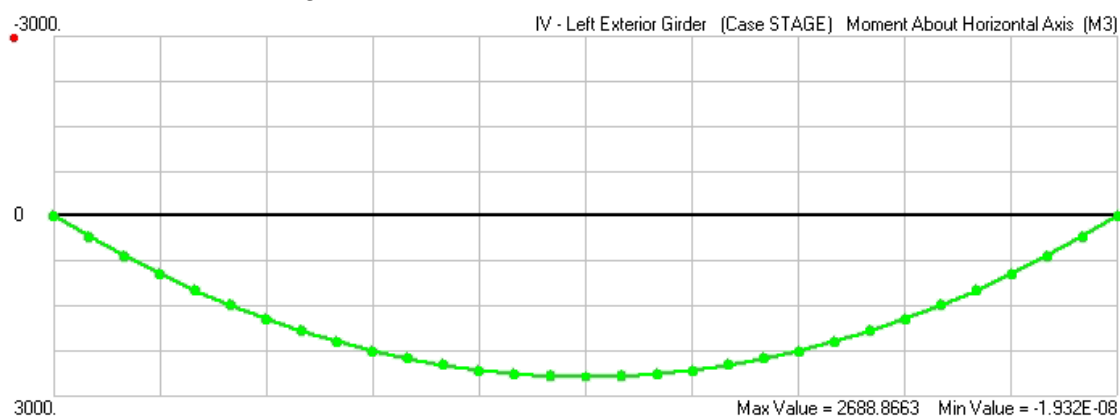


Figura 16: Peso proprio travi – Momento flettente (kNm)

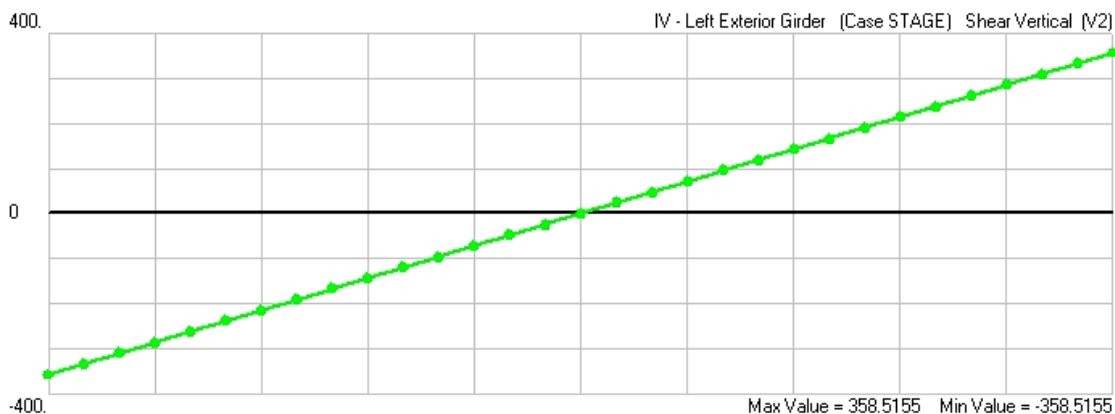


Figura 17: Peso proprio travi – Taglio (kNm)

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: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 51 di 118

8.1.1.2 Calcoli per la fase di carico n.1c

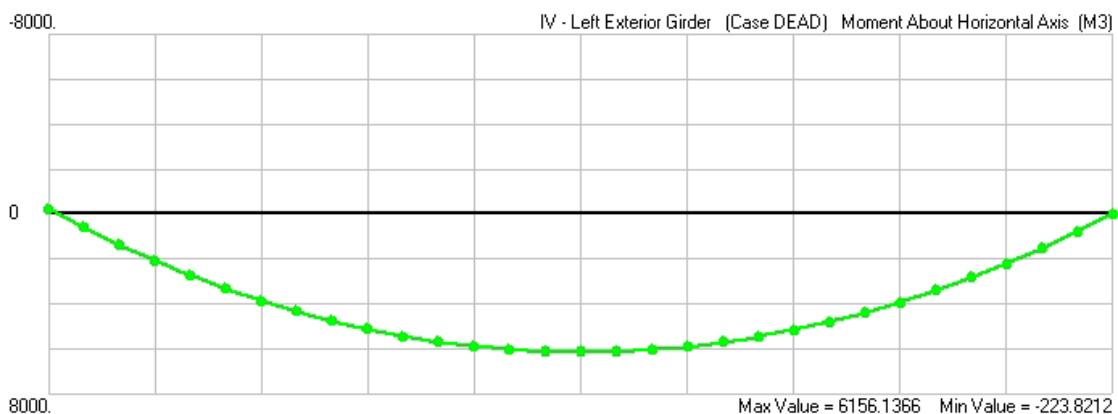
Le predalles sono collaboranti.

- Altezza utile della soletta risulta di cm 32.50
- in riferimento agli interassi delle travi risulta una larghezza di soletta collaborante pari a cm 410.00
- La larghezza della soletta riferita al bordo dell'impalcato è pari a cm 460.00

Le caratteristiche di sollecitazione dovute ai carichi sono calcolate per trave semplicemente appoggiata sottoposta al carico uniforme dovuto al getto della soletta.

Le sollecitazioni indotte dai trasversi sono calcolate per carichi concentrati su trave appoggiata.

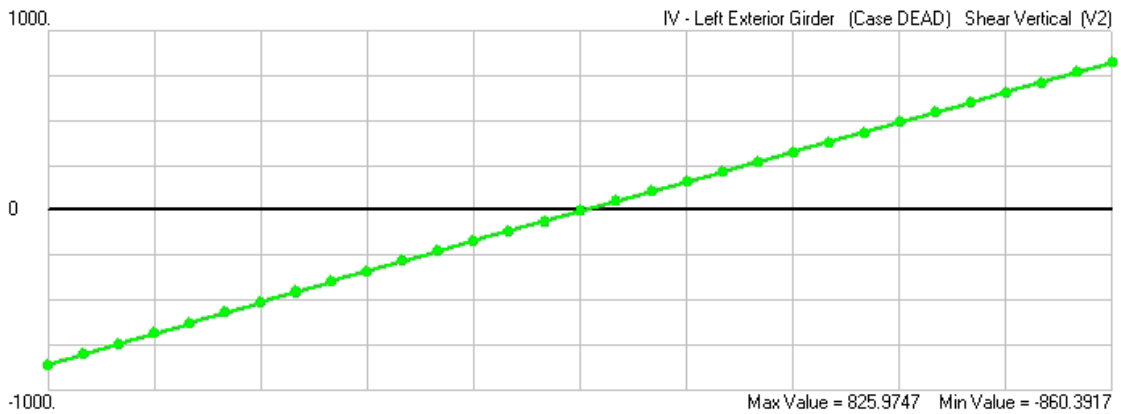
Si riportano di seguito i risultati, in termini di caratteristiche delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) e di spostamenti, indotti dal getto della soletta (carichi fase 1c). I risultati sono desunti dal software di calcolo agli elementi finiti SAP2000.



NB. Le sollecitazioni includono i carichi dello step precedente

Figura 18: Getto della soletta – Momento flettente (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: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 52 di 118



NB. Le sollecitazioni includono i carichi dello step precedente

Figura 19: Getto della soletta – Taglio (kNm)

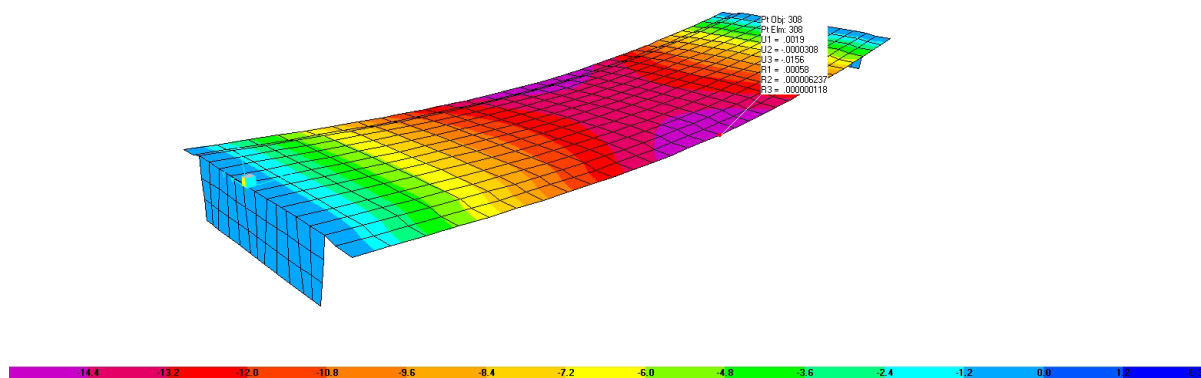


Figura 20 Deformata fase 1c

8.1.1.3 Calcoli per la fase di carico n.2d

Lo schema strutturale dell'impalcato definisce un grigliato piano formato dalle travi longitudinali, dai trasversi di testata, dai trasversi intermedi e da travi trasversali con cui è descritta la soletta.

Si riportano di seguito i risultati, in termini di caratteristiche delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) e di spostamenti, indotti dai sovraccarichi permanenti portati, ovvero dai pesi delle barriere di sicurezza, delle velette, del pacchetto stradale, ecc. (carichi fase 2d). I risultati sono desunti dal software di calcolo agli elementi finiti SAP2000.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 53 di 118

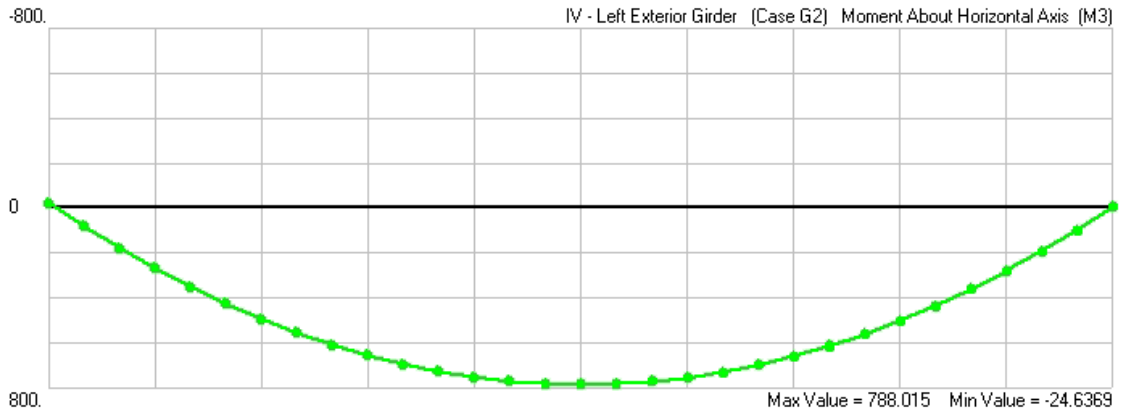


Figura 21: Sovraccarichi permanenti non strutturali – Momento flettente (kNm)

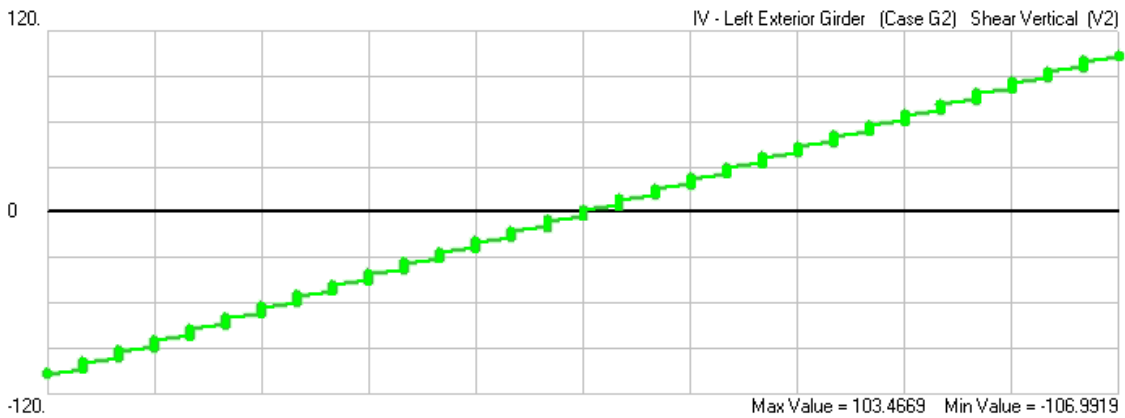


Figura 22: Sovraccarichi permanenti non strutturali – Taglio (kNm)

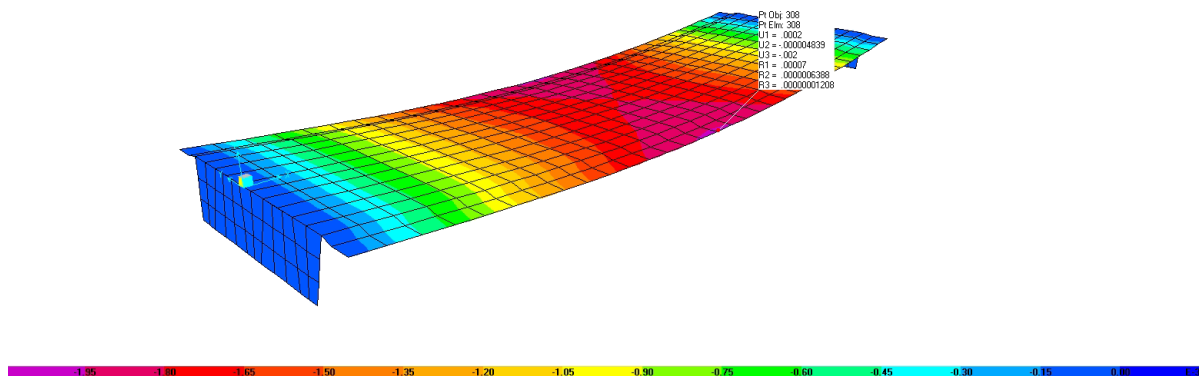


Figura 23: Sovraccarichi permanenti non strutturali – Deformata a flessione

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>54 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	54 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	54 di 118								

8.1.1.4 Calcoli per la fase di carico n.2e

Si riportano di seguito i risultati, in termini di caratteristiche delle sollecitazioni (momento flettente e taglio) e di spostamenti, indotti dai carichi accidentali (carichi fase 2e). I risultati sono desunti dal software di calcolo agli elementi finiti SAP2000.

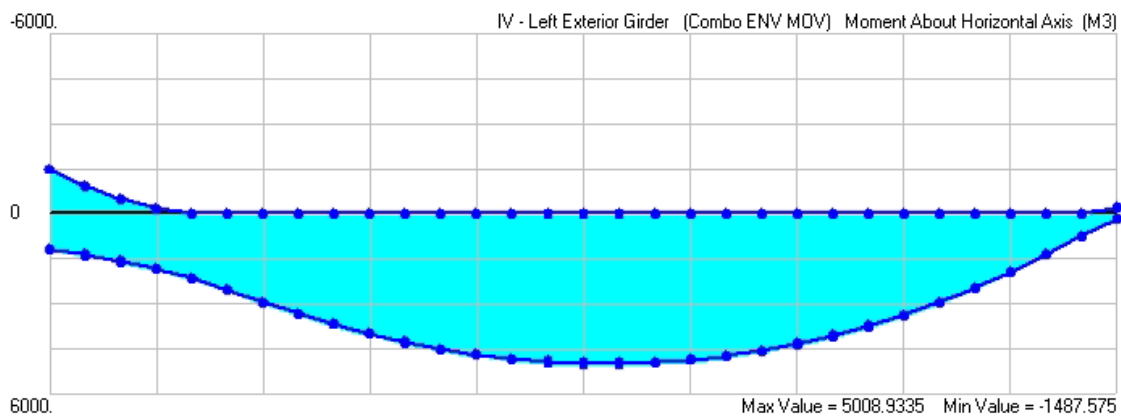


Figura 24: Carichi accidentali– Momento flettente trave destra maggiormente caricata (kNm)

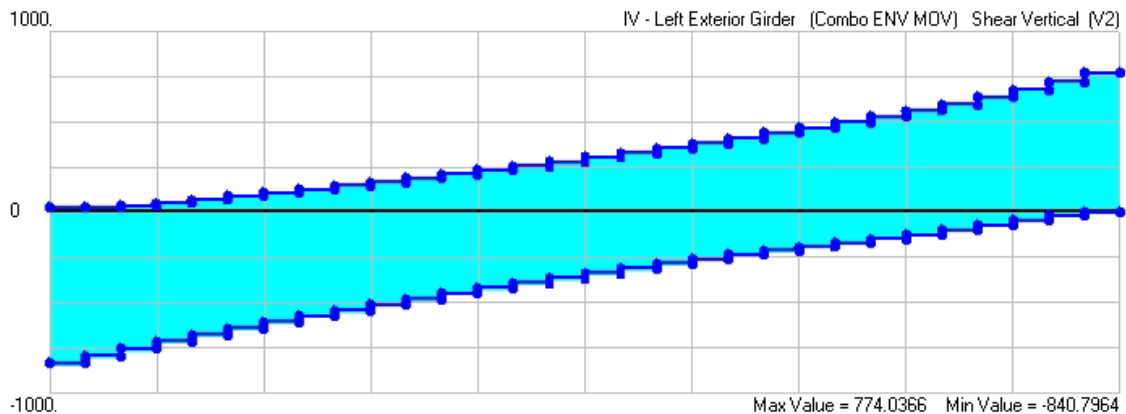


Figura 25: Carichi accidentali – Taglio trave destra maggiormente caricata (kNm)

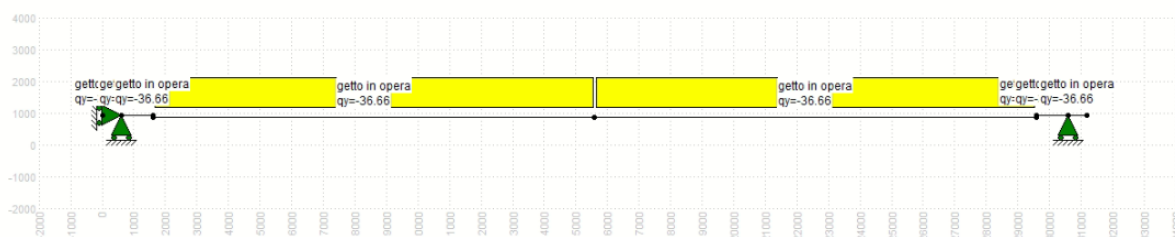
APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 55 di 118

8.1.2 Dati geometrici

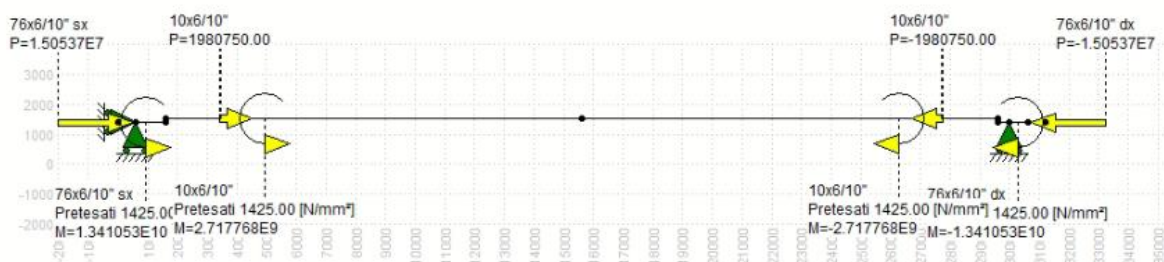
8.1.2.1 Schemi statici

L'impalcato viene realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. e getto eseguito in opera di traversi e soletta collaborante. Si distinguono due fasi successive di lavoro:

PRIMA FASE: Le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono al peso proprio ed a quello del getto eseguito in opera.



SECONDA FASE: Il sistema misto, travi prefabbricate e soletta gettata in opera, divenuto solido dopo la maturazione del calcestruzzo, resiste al peso delle sovrastrutture e dei carichi accidentali.



8.1.2.1.1 Prima fase

Nella prima fase i prefabbricati sono soggetti alle seguenti condizioni di vincolo:

In opera al momento del getto di 2a fase:

Sbalzo sinistro = 600.00

Sbalzo destro = 600.00

In fase di sollevamento:

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	56 di 118

Sbalzo sinistro = 600.00

Sbalzo sinistro = 600.00

8.1.2.1.2 Seconda fase

In seconda fase la struttura è vincolata sugli appoggi definitivi:

appoggio	descrizione	X	luce campata
1	Appoggio 1	600.00	
2	Appoggio 2	30600.00	30000.00

8.1.3 Armature trave prefabbricata

8.1.3.1 Armature di precompressione pretesate

trefoli :	6/10"	
area trefolo =	139.000	[mm ²]
acciaio :	prec.fpk=1860	
tensione di tesatura =	1425.00	[N/mm ²]
area totale A _p =	13066.000	[mm ²]
precompressione totale N _p =	18619050.00	[N]
quota baricentro Z _{g,p} =	426.06	[mm]

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
1750.00	4		
1690.00	2		
1590.00			
1490.00			
1390.00	2		
1290.00			
1190.00	2		
1090.00			
990.00	2		
890.00			
300.00	2		

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A 57 di 118
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato							

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
250.00	4		
205.00	12		
155.00	16	10	4000.00
105.00	16	8	4000.00
55.00	16		
N. trefoli=	78	L tot guaine=	72000.00

8.1.3.2 Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.		armatura	y	z	x iniziale	x finale
P1-L1		6Ø20	0.00	175.00	800.00	30400.00
P1-L2		6Ø26	0.00	75.00	1040.00	30160.00

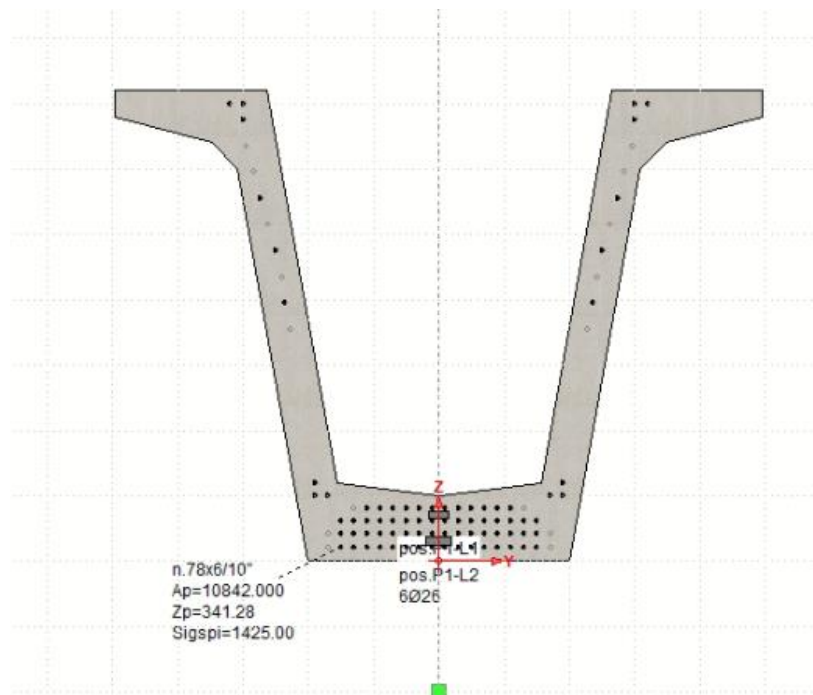
Armatura trasversale :

pos.		armatura	x iniziale	x finale	
P1-S1		4Ø12/100.00	0.00	10000.00	trave+colleg. con soletta
P1-S1	(simmetrica)		21200.00	31200.00	
P1-S2		4Ø12/200.00	10000.00	15600.00	trave+colleg. con soletta
P1-S2	(simmetrica)		15600.00	21200.00	

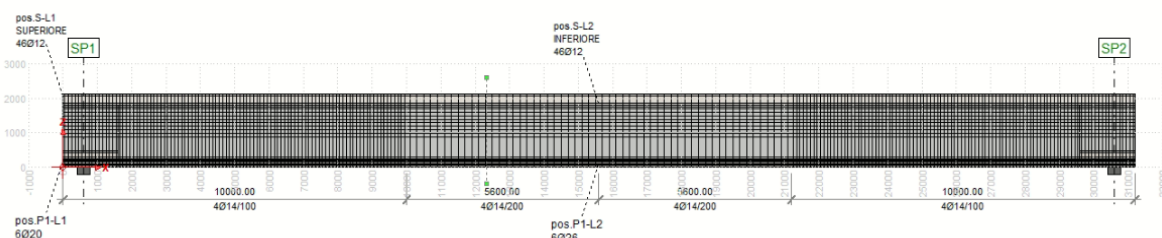
armatura longit. appoggio :

n. barre	Ø	lunghezza	quota z
4	16	1000.00	70.00

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 58 di 118



Sezioni trasversali con disposizione dei trefoli e dell'armatura lenta



Sezione longitudinale con disposizione dell'armatura lenta

8.1.4 Verifiche locali

8.1.4.1 Fenomeno di "BURSTING"

Si procede di seguito al calcolo dell'armatura trasversale in corrispondenza delle testate delle travi, al fine di evitare fenomeni fessurativi legati alle tensioni di trazione, o 'bursting stresses', relative al trasferimento della forza di precompressione sul calcestruzzo. Tale armatura è da ripartire su una lunghezza di 0,5-0,7 Lu, essendo Lu pari alla lunghezza di trasferimento ($= 70\varnothing$, con \varnothing pari al diametro massimo del trefolo), a partire dalle estremità dei trefoli. Si ricorda che per un singolo gruppo di trefoli le forze di fenditura dei fili interni si elidono vicendevolmente e, in tal modo, il contributo allo sforzo di fenditura è offerto solo dai trefoli esterni.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 59 di 118

Nel caso di un gruppo di trefoli che presenta un massimo di sei fili sul perimetro esterno la forza complessiva di fenditura vale:

$$F=6 \times ZS$$

in cui ZS, forza di fenditura del singolo trefolo, vale:

$$ZS=1.5 \times (0.25 \times P_{barra})$$

con:

$$P_{barra}= A_{tr} \times \sigma_{spi}$$

Con σ_{spi} pari alla massima tensione nei cavi al momento del rilascio.

Nota la forza complessiva di fenditura, si ricava l'armatura Aa necessaria ad assorbire tale sforzo, assumendo la tensione σ_a pari a 220N/mm² per limitare le fessurazioni e facilitare l'ancoraggio:

$$A_a = F / \sigma_a$$

Le grandezze sopra citate sono valutate nel prospetto riportato di seguito:

FENOMENO DI 'BURSTING'		
Diametro nominale trefoli	ϕ	15.2 mm
Lunghezza di trasferimento	L_u	1064 mm
Area singolo trefolo	A_{tr}	139 mm ²
Tensione iniziale di tesatura	σ_{spi}	1350 N/mm ²
Trazione iniziale trefolo	P_{barra}	187.65 kN
Forza di fenditura singolo trefolo	Z_s	70.37 kN
Numero fili sul perimetro esterno	n	6 -
Forza complessiva di fenditura	F	422.21 kN
Tensione di fenditura	σ_a	220 N/mm ²
Armatura trasversale di calcolo	A_a	19.19 cm ²
Lunghezza di ripartizione armatura	L_a	74 cm

Sulla base dei calcoli sopra riportati, si utilizzano staffe $\phi 12/10$ da distribuire su una lunghezza:

$$L = 0.7 \times L_u = 0.7 \times 70\phi \cong 80 \text{ cm per i trefoli che partono dalla testata.}$$

8.1.4.2 Fenomeno di "SPALLING"

Si procede di seguito al calcolo dell'armatura trasversale in corrispondenza di zone marginali delle testate delle travi, al fine di evitare fenomeni fessurativi legati a tensioni di trazione di bordo, o 'spalling stresses', relative alla diffusione della precompressione sul calcestruzzo.

Il valore della forza di spalling Fsp si può esprimere, in funzione dell'eccentricità specifica e/H, mediante la seguente formula:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 60 di 118

$$F_{Sp} = \frac{0.015P}{1 - \sqrt{2e/H}} \cong 0.03P$$

nella quale “P” è lo sforzo totale di precompressione e vale:

$$P = n_{tr} \times A_{tr} \times \sigma_{spi}$$

Si ha pertanto:

$$F_{sp} = 0.03 \times P$$

La forza F_{sp} è assorbita da un'armatura A_a posta in prossimità della testata della trave, ricavata assumendo la tensione σ_a pari a 220 N/mm²:

$$A_a = F_{sp} / \sigma_a$$

Le grandezze sopra citate sono valutate nel prospetto riportato di seguito:

FENOMENO DI 'SPALLING'		
Diametro nominale trefoli	ϕ	15.2 mm
Area singolo trefolo	A_{tr}	139 mm ²
Tensione iniziale di tesatura	σ_{spi}	1425 N/mm ²
Trazione iniziale trefolo	P_{barra}	198.075 kN
Numero trefoli	n_{tr}	60 -
Trazione totale trefoli	P	11884.5 kN
Forza di spalling	F_{sp}	356.54 kN
Tensione	σ_a	220 N/mm ²
Armatura trasversale di calcolo	A_a	16.21 cm ²

8.1.4.3 Fenomeno di “SPREADING”

Si procede di seguito al calcolo dell'armatura trasversale in corrispondenza delle testate delle travi, al fine di evitare fenomeni fessurativi legati alle tensioni di trazione in direzione ortogonale al cavo, relative alla diffusione (“spreading”) della forza di precompressione sul calcestruzzo secondo traiettorie inclinate rispetto all'asse del cavo di precompressione di un angolo pari a β che può essere considerato uguale a 34°. Tale armatura è da ripartire su una lunghezza pari alla lunghezza di diffusione.

La forza totale T che deve provvedere ad assorbire l'armatura trasversale da calcolare è funzione dello scorrimento S calcolato in precedenza.

Per la totalità dei trefoli che partono dalla testata risulta che la forza T è pari a:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 61 di 118

$$T = S \times \tan\beta$$

La forza T è assorbita da un'armatura Aa posta in prossimità della testata della trave, ricavata assumendo la tensione σ_a pari a 220 N/mm²:

$$A_a = T / \sigma_a$$

da distribuire sulla lunghezza L: $0 < L < L_e$, con:

L_e = lunghezza di introduzione (distanza dalla testata alla quale il diagramma delle tensioni nel calcestruzzo ha un andamento lineare) = $35 \varnothing + H_0$; calcolata in precedenza.

Le grandezze sopra citate sono valutate nel prospetto riportato di seguito:

FENOMENO DI 'SPREADING'		
Diametro nominale trefoli	ϕ	15.2 mm
Area singolo trefolo	A_{tr}	139 mm ²
Tensione iniziale di tesatura	σ_{spi}	1350 N/mm ²
Numero trefoli del bulbo inferiore	n_{tr_bulbo}	48 -
Precompressione risultante trefoli nel bulbo infer.	F_{pr}	9007.2 kN
Tensione normale nel baricentro della nervatura	σ_n	12.8 N/mm ²
Area della nervatura	A_A	500000 mm ²
Risultanti delle tensioni normali nella nervatura	R_A	6400.00 kN
Forza di scorrimento	S	2607.20 kN
Inclinazione traiettoria di diffusione	β	0.59 rad
Tangente dell'angolo di diffusione	$\tan\beta$	0.67 -
Forza totale staffatura	T	1757.40 kN
Tensione	σ_a	220 N/mm ²
Armatura trasversale di calcolo	A_a	79.88 cm ²
Distanza tra il bulbo inf. e il lembo superiore della trave	H_0	180 cm
Lunghezza di introduzione (distribuzione armatura)	L_e	233.2 cm

8.1.5 Verifiche a deformabilità

Si mostrano di seguito gli spostamenti verticali massimi della struttura registrati in presenza dei carichi mobili stradali.

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: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>62 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	62 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	62 di 118								

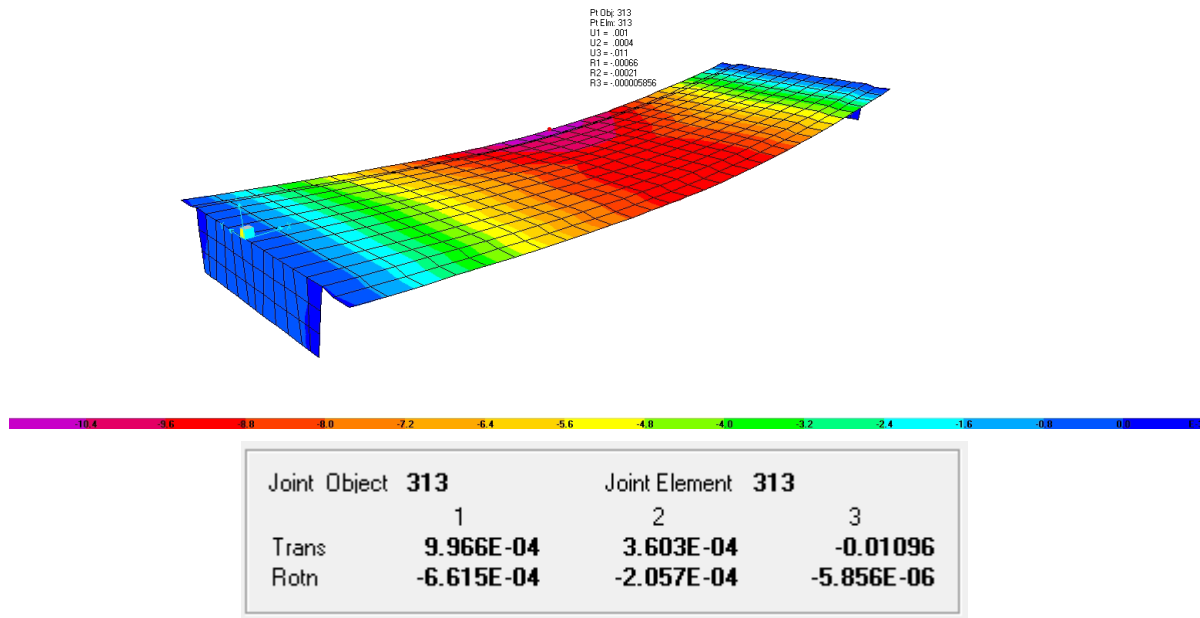


Figura 26: Spostamenti dir.-z della struttura in presenza dei carichi mobili (m)

Considerando la luce libera dell'impalcato, pari a 30.00m; lo spostamento massimo registrato, pari a 0.011m, risulta inferiore al limite consentito, pari a $30.00\text{m}/700 = 0.0428\text{m}$. La verifica risulta pertanto soddisfatta.

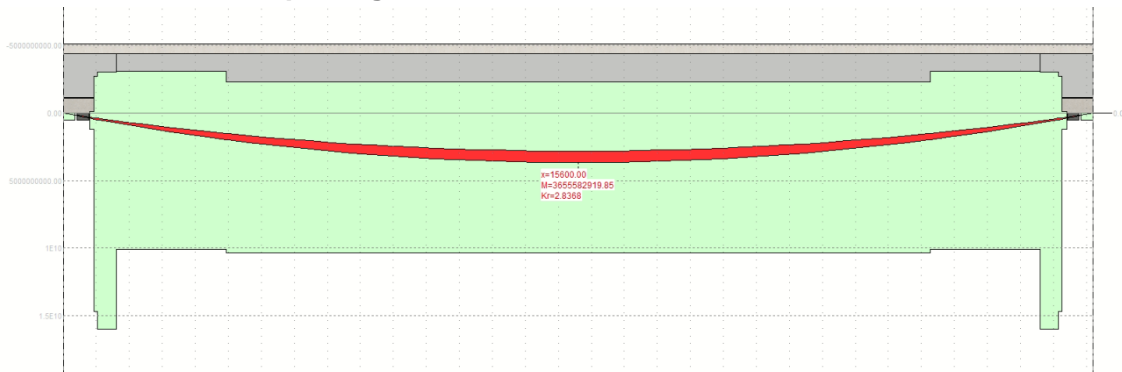
8.1.6 Sintesi sollecitazioni e verifiche

Si riporta di seguito una sintesi delle verifiche effettuate mediante la sovrapposizione dei diagrammi delle sollecitazioni agenti con quelli delle sollecitazioni resistenti. Per i dettagli si rimanda al tabulato 1.

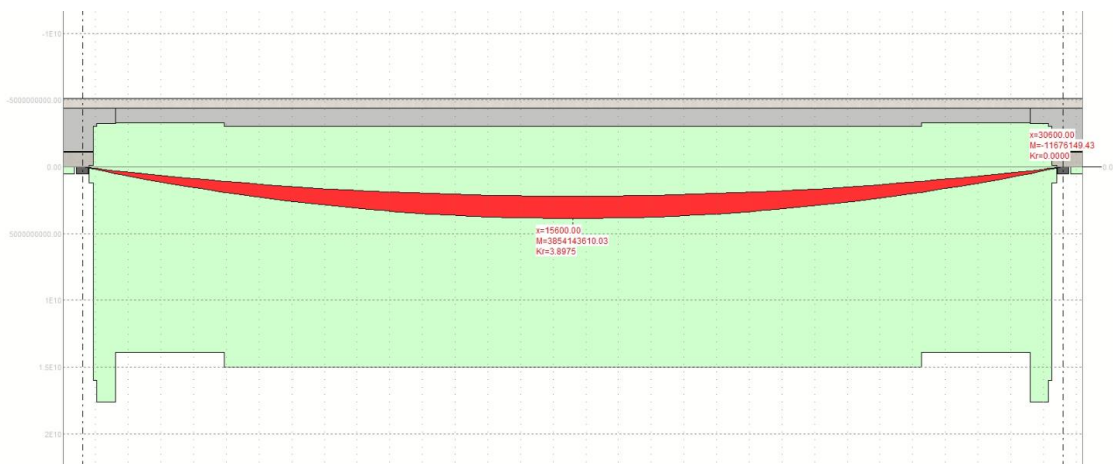
APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 63 di 118

8.1.6.1 Verifiche a momento flettente

8.1.6.1.1 t=0 dopo taglio trefoli

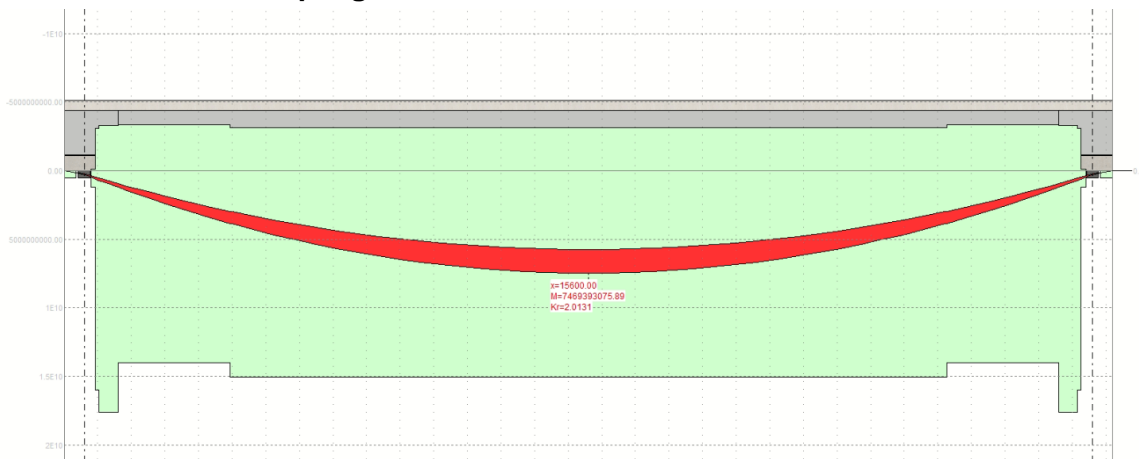


8.1.6.1.2 t=0 in sollevamento

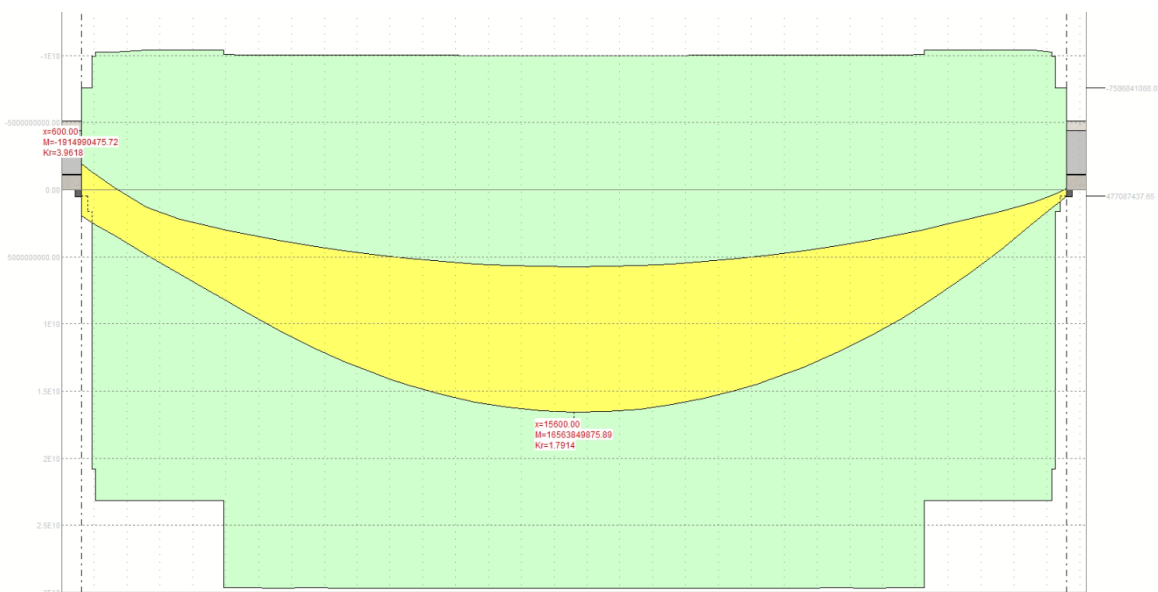


APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>64 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	64 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	64 di 118								

8.1.6.1.3 t=42 dopo getto 2° fase



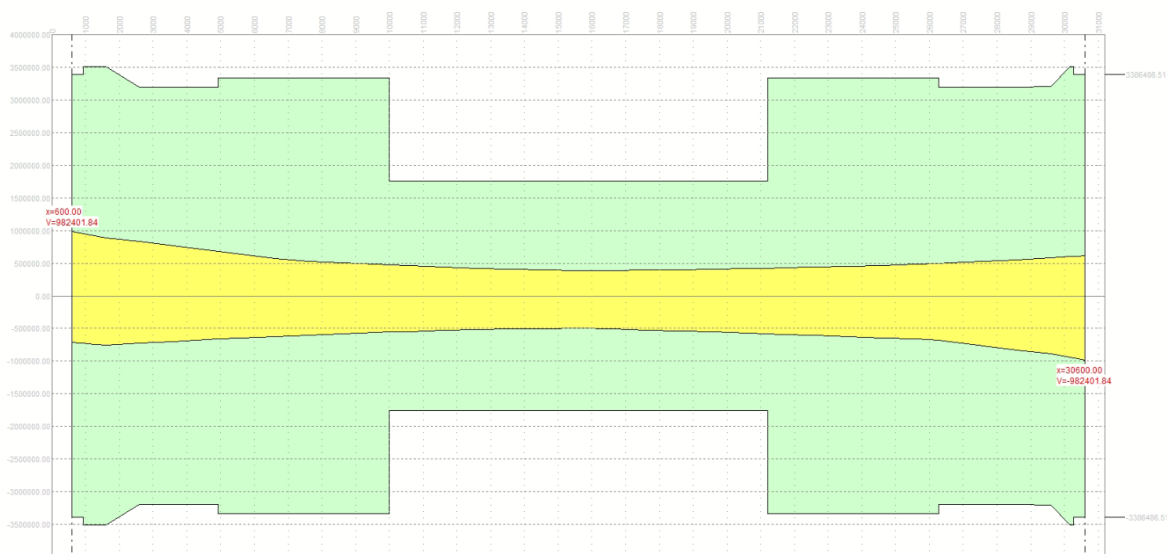
8.1.6.1.4 t=inf



APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>65 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	65 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	65 di 118								

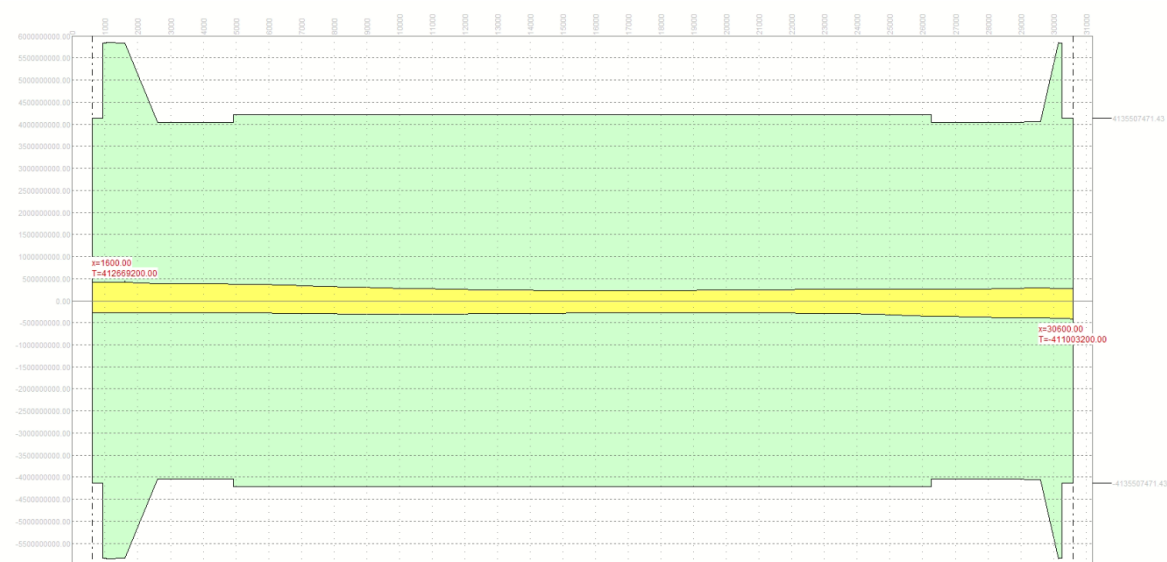
8.1.6.2 Verifica a taglio

8.1.6.2.1 t=inf



8.1.6.3 Verifica a torsione

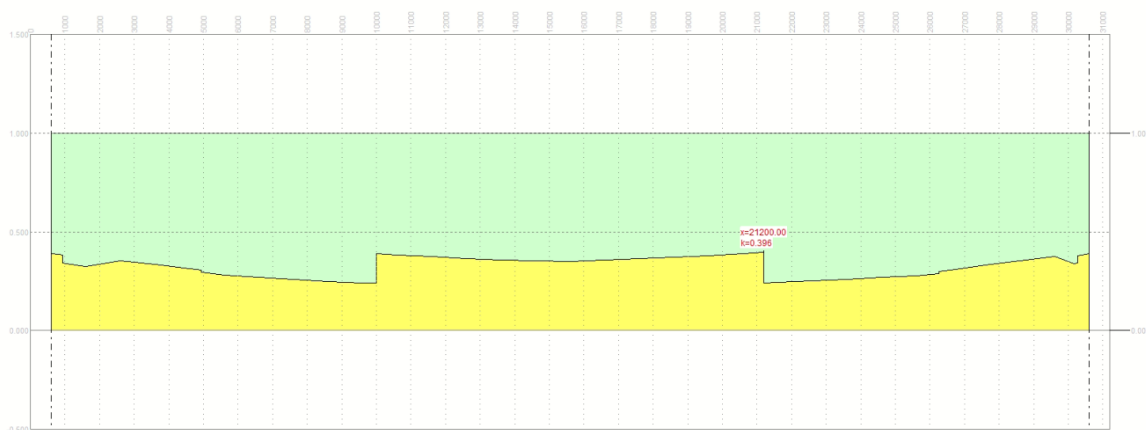
8.1.6.3.1 t=inf



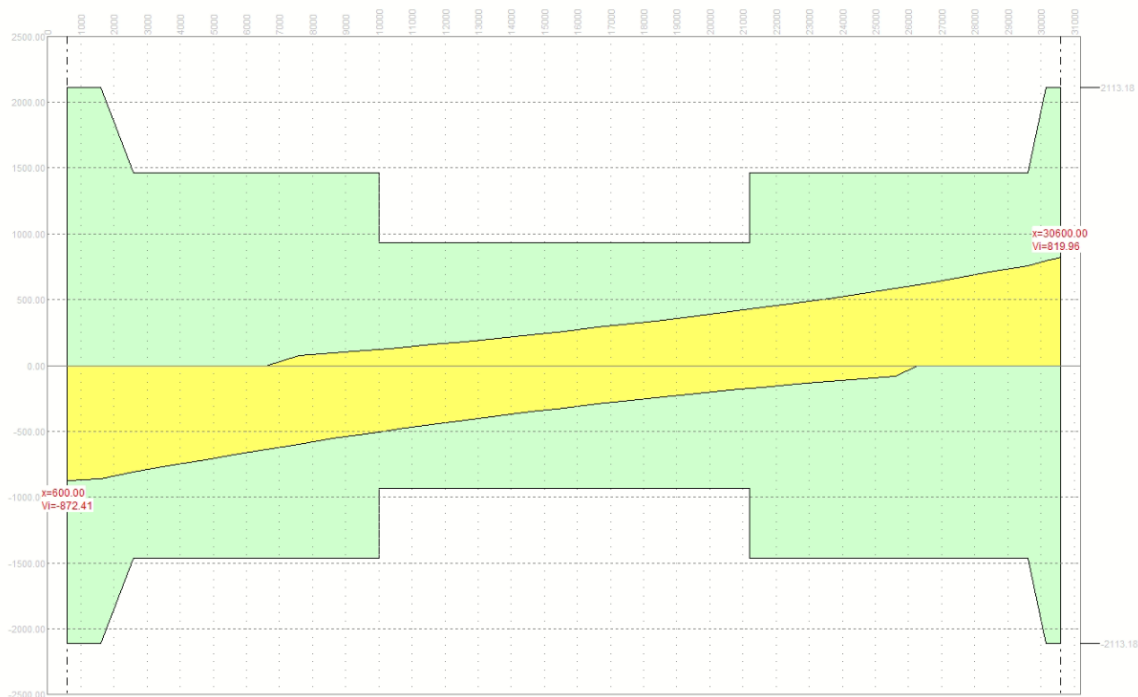
APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	66 di 118

8.1.6.4 Verifica a taglio-torsione

8.1.6.4.1 $t=inf$



8.1.6.5 Verifica di scorrimento all'interfaccia tra i getti

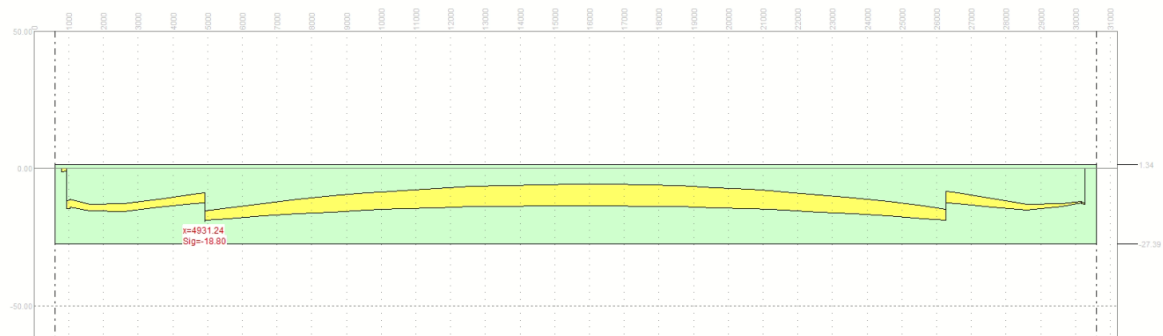


APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 67 di 118

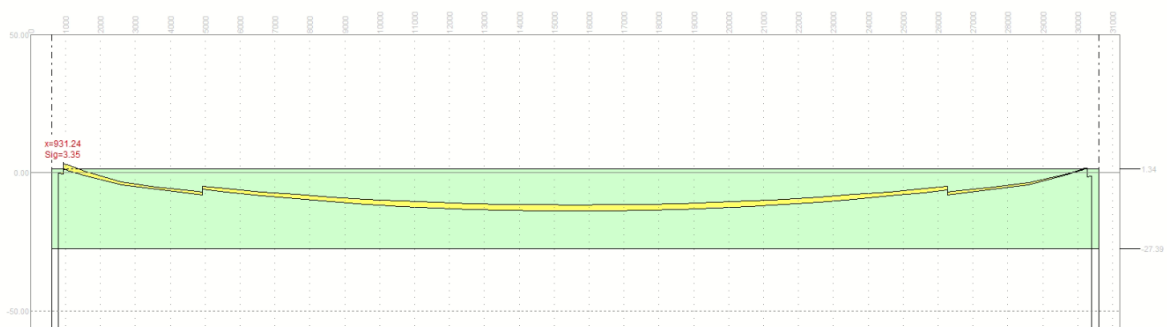
8.1.6.6 Verifiche tensionali

8.1.6.6.1 Tensioni lato calcestruzzo

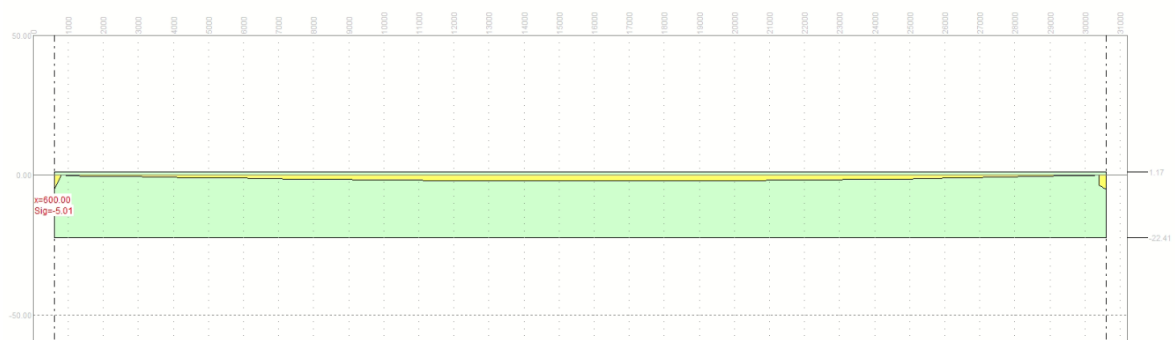
8.1.6.6.1.1 Intradosso trave $t=inf$ SLE_RARE



8.1.6.6.1.2 Estradosso trave $t=inf$ SLE_RARE

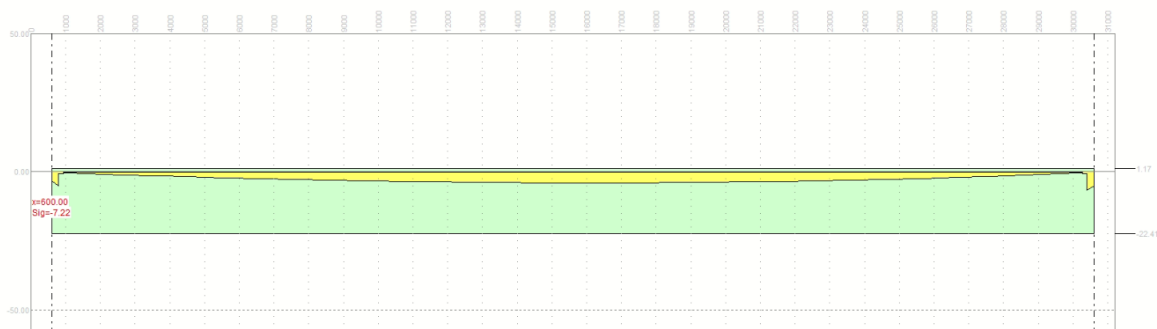


8.1.6.6.1.3 Intradosso soletta $t=inf$ SLE_RARE



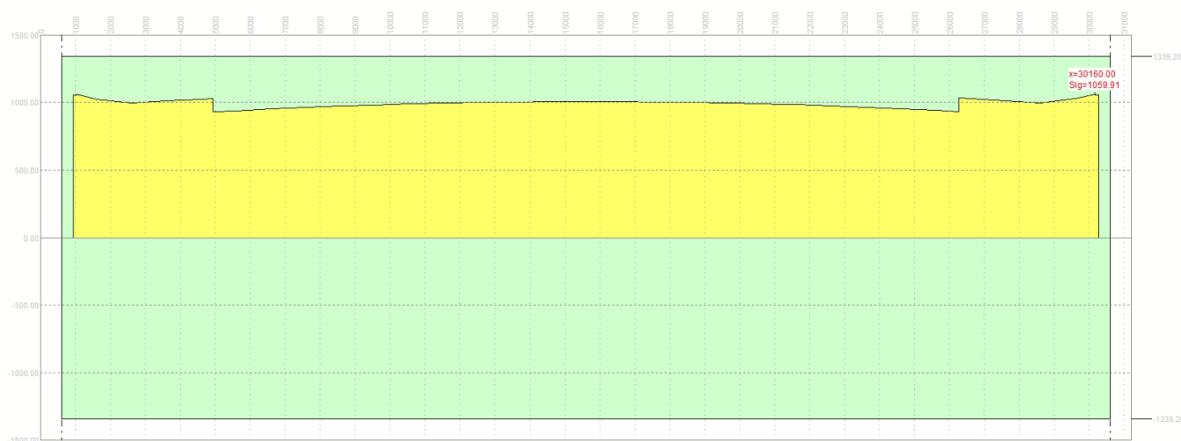
APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>68 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	68 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	68 di 118								

8.1.6.6.1.4 Estradosso soletta $t=inf$ SLE_RARE

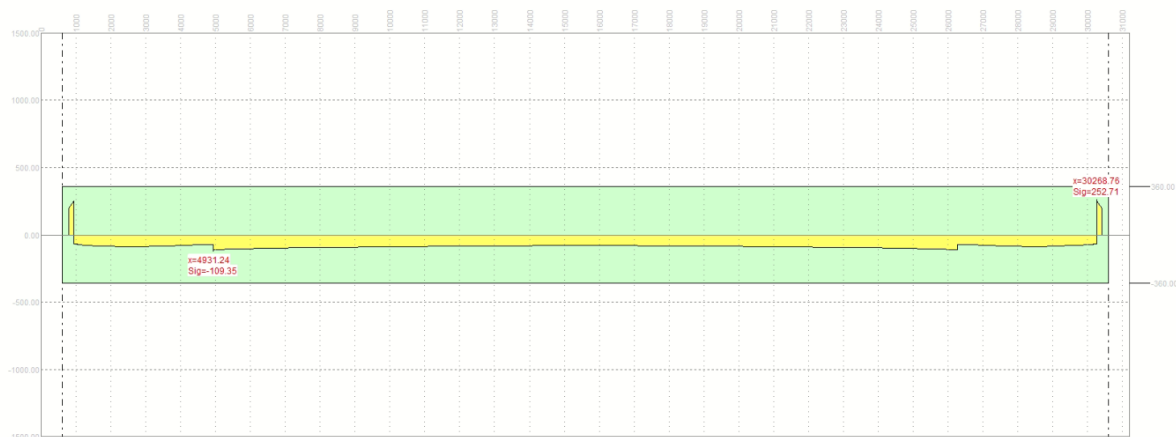


8.1.6.6.2 Tensioni lato acciaio

8.1.6.6.2.1 Trave prefabbricata $t=inf$ SLE_RARE

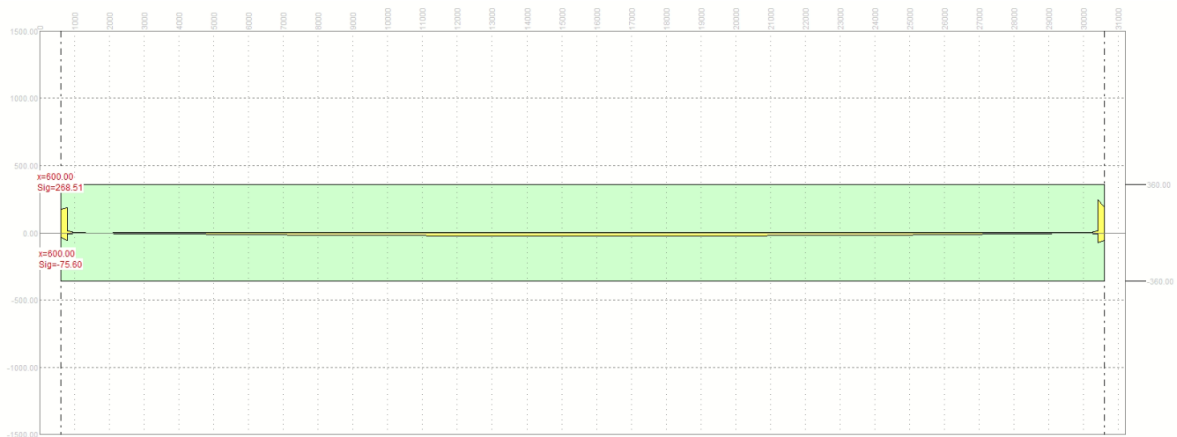


8.1.6.6.2.2 Armatura lenta trave $t=inf$ SLE_RARE



APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>69 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	69 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	69 di 118								

8.1.6.6.2.3 *Armatura lenta trave t=inf SLE_RARE*



APPALTATORE:	 TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		PROGETTO ESECUTIVO			
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	70 di 118

8.2 VERIFICA PREDALLE IN FASE DI GETTO

Nella presente sezione si verifica l'armatura delle predalles in fase di getto. Tutte le armature principali della soletta saranno realizzate con acciaio B450C. Le solette degli impalcato saranno realizzate con l'ausilio di predalles autoportanti, aventi spessore di 5 cm, tessute trasversalmente e appoggiate sulle travi principali. Le predalles sono dotate di tralicci H = 18 cm.

Il getto della soletta è previsto mediante 3 fasi di getto distinte, mostrate in figura, così definite:

- Fase 1-2: getto nella zona compresa fra le travi precomprese e sullo sbalzo;
- Fase 3: getto nella zona rimanente dello sbalzo; tale getto di completamento sarà realizzato soltanto dopo che il calcestruzzo del getto di prima fase abbia raggiunto una resistenza maggiore di 25 MPa.

8.2.1 Predalle appoggio-appoggio

Caratteristiche sezione	valore	unità
Interasse trasversale tralicci	400	mm
Altezza totale solaio	300	mm
Spessore soletta superiore	250	mm
Larghezza travetti	2400	mm
Caratteristiche geometriche traliccio		
Diametro corrente superiore	16	mm
Diametro corrente inferiore	14	mm
Diametro aste diagonali	10	mm
Interasse trasversale correnti inferiori	100	mm
Interasse longitudinale diagonali	200	mm
Altezza traliccio	205	mm
Spessore lastre predalles	50	mm
Pesi specifici materiali		
Peso specifico cls fresco al getto	25	KN/m ³
Peso specifico cls maturato	25	KN/m ³
Peso specifico blocchi alleggerimento	25	KN/m ³
Peso specifico acciaio	78.5	KN/m ³
Resistenza materiali		
Resistenza caratteristica cubica cls	45	Mpa
Resistenza caratteristica snervamento acciaio	450	Mpa
Fattore parziale riduzione resistenza cls	1.50	
Fattore parziale riduzione resistenza acciaio	1.15	
Resistenza di calcolo cls	21.17	Mpa
Resistenza di calcolo acciaio	391.30	Mpa

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata					
PROGETTAZIONE:	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
Mandatario:	Mandante:	PROGETTO ESECUTIVO				
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo impalcato	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	71 di 118

Carichi solaio I fase

Peso traliccio	0.26 KPa
Peso predalles	1.25 KPa
Peso cls al getto	6.25 KPa
Peso blocchi	0.00 KPa
Sovraccarico attrezzature cantiere	1.00 KPa

Carichi traliccio singolo I fase

Peso traliccio	0.10 KN/m
Peso predalles	0.50 KN/m
Peso cls al getto	2.50 KN/m
Peso blocchi alleggerimento	0.00 KN/m
Sovraccarico attrezzature cantiere	0.40 KN/m

Coefficienti combinazione carichi SLU

coefficiente carichi permanenti strutturali	1.35
coefficiente carichi permanenti non strutturali	1.35
coefficiente sovraccarichi variabili	1.50

Carico di calcolo SLU I fase

Carico di calcolo SLU I fase traliccio singolo	4.79 KN/m
--	-----------

Coefficienti combinazione carichi SLE

coefficiente carichi permanenti strutturali	1.00
coefficiente carichi permanenti non strutturali	1.00
coefficiente sovraccarichi variabili	1.00

Caratteristiche geometriche trave

Luce campata trave	1.42 m
--------------------	---------------

Sollecitazioni slu I fase traliccio singolo

Momento max campata	1.2 KNm
Taglio max appoggi	3.4 KN

Parametri geometrici per verifiche aste traliccio

Braccio correnti sup-inf	190 mm
Angolo α asta diagonale/piano sez trasv	0.48 rad
Angolo β asta diagonale/piano sez long	0.26 rad
Lunghezza corrente superiore	200 mm
Lunghezza asta diagonale	220.5 mm

Sollecitazioni slu I fase aste traliccio

Forza di compressione corrente superiore	6.4 KN
--	--------

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 72 di 118

Forza di trazione corrente singolo inferiore 3.2 KN
Forza compressione asta diagonale 2.0 KN

Verifiche slu aste traliccio:stabilità diagonale

Area tondo 78.54 mm²
Mom inerzia tondo 490.87 mm⁴
Raggio di girazione 2.50 mm
Lunghezza lib. Inflessione 220.45 mm
Snellezza 88.18 -
Fattore amplificazione ω 1.98
Tensione normale amplificata 50.1 Mpa

VERIFICA ($\omega \sigma < f_{yd}$) **OK**

Verifiche slu aste traliccio:stabilità corrente compresso

Area tondo 201.06 mm²
Mom inerzia tondo 3216.99 mm⁴
Raggio di girazione 4.00 mm
Lunghezza lib. Inflessione 200.00 mm
Snellezza 50.00 -
Fattore amplificazione ω 1.28
Tensione normale amplificata 40.5 Mpa

VERIFICA ($\omega \sigma < f_{yd}$) **OK**

Verifiche slu aste traliccio:resistenza corrente teso

Area tondo 153.94 mm²
Tensione normale 15.48 Mpa
Deformazione iniziale acciaio correnti inferiori 0.00010

VERIFICA ($\sigma < f_{yd}$) **OK**

8.2.2 Predalle mensola

Caratteristiche sezione	valore	unità
Interasse trasversale tralicci	400	mm
Altezza totale solaio	300	mm
Spessore soletta superiore	250	mm
Larghezza travetti	2400	mm

Caratteristiche geometriche traliccio

Diametro corrente superiore	16	mm
Diametro corrente inferiore	14	mm
Diametro aste diagonali	10	mm
Interasse trasversale correnti inferiori	100	mm
Interasse longitudinale diagonali	200	mm

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	73 di 118

Altezza traliccio **205** mm
Spessore lastre predalles **50** mm

Pesi specifici materiali

Peso specifico cls fresco al getto **25** KN/m³
Peso specifico cls maturato **25** KN/m³
Peso specifico blocchi alleggerimento **25** KN/m³
Peso specifico acciaio **78.5** KN/m³

Resistenza materiali

Resistenza caratteristica cubica cls **45** Mpa
Resistenza caratteristica snervamento acciaio **450** Mpa
Fattore parziale riduzione resistenza cls **1.50**
Fattore parziale riduzione resistenza acciaio **1.15**
Resistenza di calcolo cls 21.17 Mpa
Resistenza di calcolo acciaio 391.30 Mpa

Carichi solaio I fase

Peso traliccio **0.26** KPa
Peso predalles 1.25 KPa
Peso cls al getto 6.25 KPa
Peso blocchi 0.00 KPa
Sovraccarico attrezzature cantiere **1.00** KPa

Carichi traliccio singolo I fase

Peso traliccio 0.10 KN/m
Peso predalles 0.50 KN/m
Peso cls al getto 2.50 KN/m
Peso blocchi alleggerimento 0.00 KN/m
Sovraccarico attrezzature cantiere 0.40 KN/m

Coefficienti combinazione carichi SLU

coefficiente carichi permanenti strutturali **1.35**
coefficiente carichi permanenti non strutturali **1.35**
coefficiente sovraccarichi variabili **1.50**

Carico di calcolo SLU I fase

Carico di calcolo SLU I fase traliccio singolo 4.79 KN/m

Coefficienti combinazione carichi SLE

coefficiente carichi permanenti strutturali **1.00**
coefficiente carichi permanenti non strutturali **1.00**
coefficiente sovraccarichi variabili **1.00**

Caratteristiche geometriche trave

Luce campata trave **0.81** m

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	74 di 118

Sollecitazioni slu I fase traliccio singolo

Momento max campata	1.6 KNm
Taglio max appoggi	3.9 KN

Parametri geometrici per verifiche aste traliccio

Braccio correnti sup-inf	190 mm
Angolo α asta diagonale/piano sez trasv	0.48 rad
Angolo β asta diagonale/piano sez long	0.26 rad
Lunghezza corrente inferiore	200 mm
Lunghezza asta diagonale	220.5 mm

Sollecitazioni slu I fase aste traliccio

Forza di compressione corrente superiore	8.3 KN
Forza di trazione corrente singolo inferiore	4.1 KN
Forza compressione asta diagonale	2.3 KN

Verifiche slu aste traliccio:stabilità diagonale

Area tondo	78.54 mm ²
Mom inerzia tondo	490.87 mm ⁴
Raggio di girazione	2.50 mm
Lunghezza lib. Inflessione	220.45 mm
Snellezza	88.18 -
Fattore amplificazione ω	1.98
Tensione normale amplificata	57.2 Mpa

VERIFICA ($\omega \sigma < f_{yd}$) **OK**

Verifiche slu aste traliccio:stabilità corrente compresso

Area tondo	153.94 mm ²
Mom inerzia tondo	1885.74 mm ⁴
Raggio di girazione	3.50 mm
Lunghezza lib. Inflessione	200.00 mm
Snellezza	57.14 -
Fattore amplificazione ω	1.28
Tensione normale amplificata	34.4 Mpa

VERIFICA ($\omega \sigma < f_{yd}$) **OK**

Verifiche slu aste traliccio:resistenza corrente tesoro

Area tondo	201.06 mm ²
Tensione normale	41.14 Mpa
Deformazione iniziale acciaio correnti inferiori	0.00020

VERIFICA ($\sigma < f_{yd}$) **OK**

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 75 di 118

8.3 VERIFICA TRASVERSALE DELLA SOLETTA IN FASE DI ESERCIZIO

La soletta è completa e deve sopportare i carichi permanenti portati ed i carichi mobili previsti dalla normativa. Per valutare gli effetti locali si fa ricorso al modello FEM realizzato per il ponte, in cui sono state inserite le linee di carico rappresentative delle corsie definite da normativa; adottando lo schema di carico 1 e operando una permutazione della posizione dei carichi più gravosi sia lungo l'asse longitudinale, sia lungo l'asse trasversale dell'impalcato, si ottengono le sollecitazioni più gravose per la soletta in esame. Le verifiche verranno pertanto presentate riportando le mappe di involuppo degli elementi plate, soggetti ai carichi di seguito descritti.

Data la geometria dell'impalcato, che non comporta sezioni di soletta a sbalzo, non si ritiene significativa l'analisi locale con lo schema di carico 2 in concomitanza dell'azione dell'urto.

8.3.1 Calcolo delle sollecitazioni

Vengono di seguito riportati gli involuppi dei diagrammi di momento flettente e taglio. Le sollecitazioni sono ottenute con carichi già fattorizzati allo stato limite ultimo .

Combinazione SLU

$\gamma G2 = 1.50$ (carichi non strutturali)

$\gamma Q1 = 1.35$ (carichi variabili da traffico)

Combinazione SLE-rara/frequente/QP

$\gamma G2 = 1.00/1.00/1.00$ (carichi non strutturali)

$\gamma Q1 = 1.00/0.75/0.00$ (carichi variabili da traffico)

8.3.2 Verifica delle sezioni

Nelle verifiche si distinguono armature in appoggio trave e in mezzera:

- appoggio: $\emptyset 20/10$ superiori e $\emptyset 12/10$ inferiori
- mezzera: $\emptyset 12/10$ superiori e $\emptyset 20/10$ inferiori

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>76 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	76 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	76 di 118								

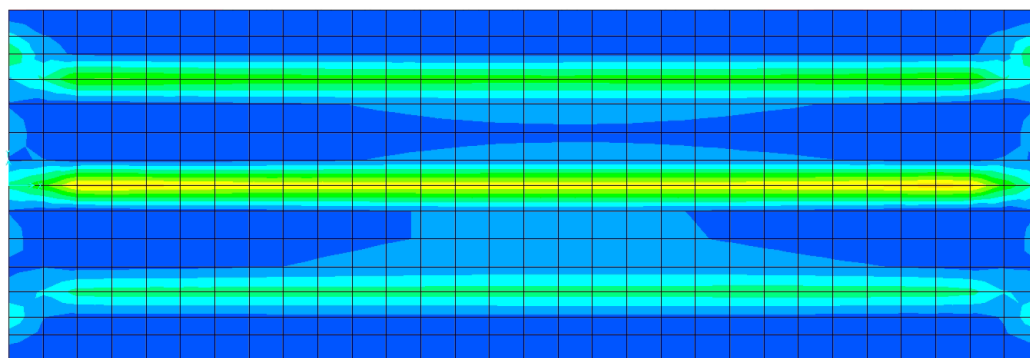


Figura 27 Inviluppo momento M22 minimo -SLU

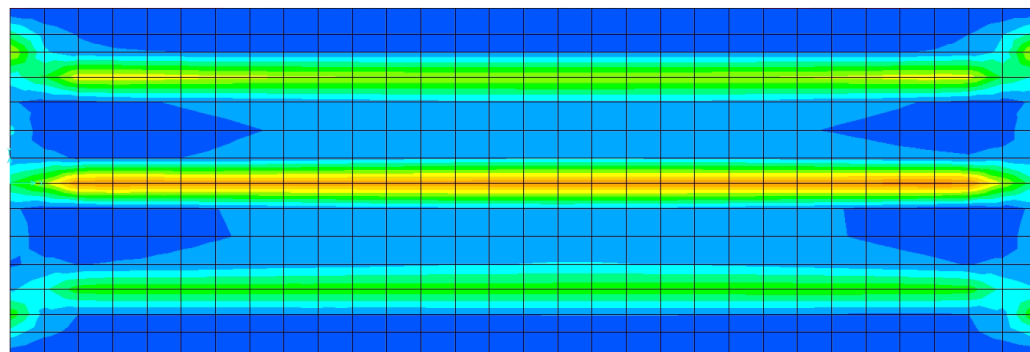


Figura 28 Inviluppo momento M22 minimo -SLE

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 77 di 118

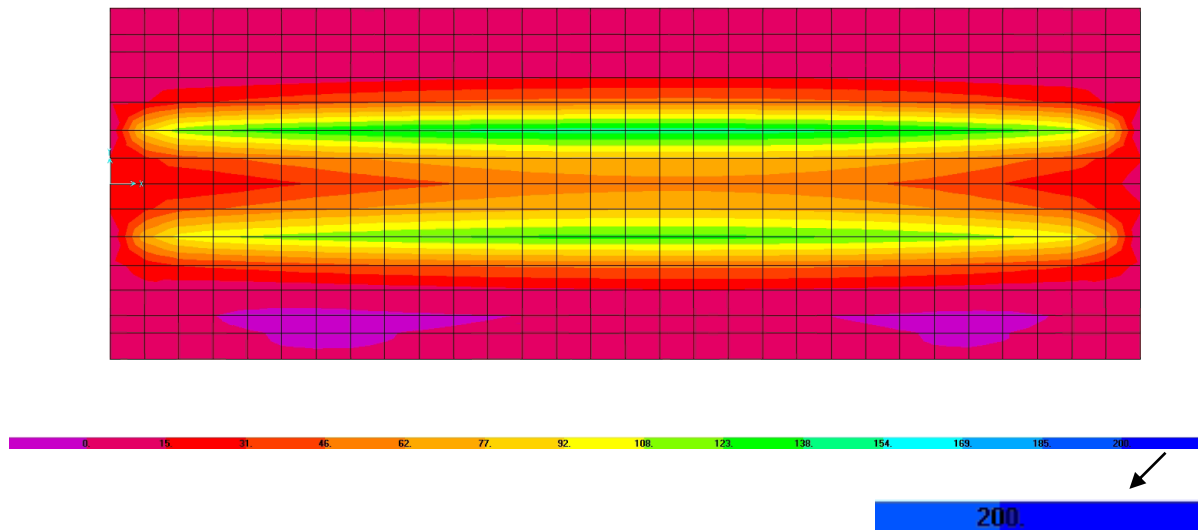


Figura 29 Involuppo momento M22 massimo -SLU

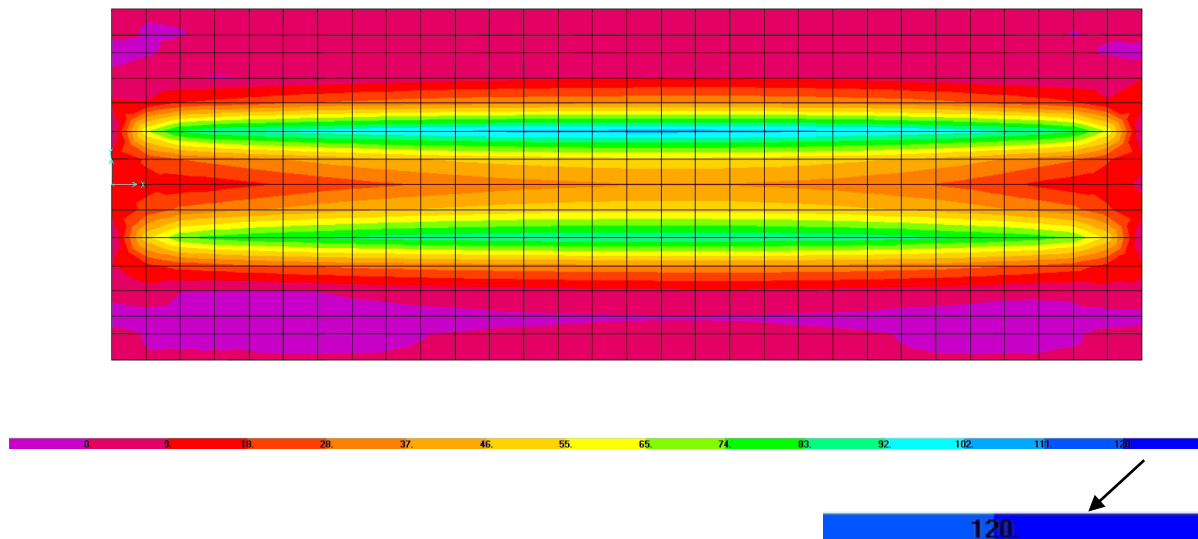


Figura 30 Involuppo momento M22 massimo -SLE

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C35/45
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	21.17 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	35220.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.500 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	78 di 118

	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	24.000	MPa
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. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	27.5	cm
Barre inferiori:	10Ø20	(31.4 cm ²)
Barre superiori:	10Ø12	(11.3 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.7	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.7	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	200.00	0.00	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	120.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.7	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	7.8	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.)

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	79 di 118

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	200.00	-0.01	233.49	1.167	21.2	224.88	0.29	0.80	31.4 (4.4)

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	-0.00305	27.5	0.00033	21.8	-0.00861	5.7

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. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] 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	11.64	27.5	0.00	17.6	-209.9	21.8	8.8	880	31.4	9.8

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
ScImax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
ScImin Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
K3 = 0,125 per flessione; = 0,25 (ScImin + ScImax)/(2 ScImin) per trazione eccentrica
Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Psi = 1-Beta12*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12*(fctm/ScImin)² = 1-Beta12*(Mfess/M)² [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.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 80 di 118	

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	8.15	-7.34	---	0.125	1.00	0.773	0.000811 (0.000420)	142	0.195	57.22

8.3.2.1 Verifica a taglio

Per la verifica a taglio si sceglie di considerare le armature a traliccio della predalla e, a favore di sicurezza, un' altezza di sezione pari ad 23cm (20.5+2.5= altezza fuori tutto del traliccio + metà altezza predalla):

SEZIONE			
b _w	=	100	cm
h	=	23	cm
c	=	5	cm
d	=	h-c	= 18 cm
MATERIALI			
f _{ywd}	=	391.30	MPa
R _{ck}	=	45	MPa
γ _c	=	1.5	
f _{ck}	=	0.83xR _{ck}	= 37.35 MPa
f _{cd}	=	0.85xf _{ck} /γ _c	= 21.17 MPa
ARMATURE A TAGLIO			
∅ _{st}	=	10	
braccia	=	6	
∅ _{st2}	=	0	
braccia	=	0	
passo	=	20	cm
(A _{sw} / s)	=	23.562	cm ² / m
α	=	69	° (69° staffe verticali)
ELEMENTI CON ARMATURA A TAGLIO			
Calcolo di cot θ			
cot(θ) =	3.36		
θ =	16.57 °		
Armatura trasversale			
V _{Rsd} =	402.13 (KN)	$0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$ $0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$	
V _{Rcd} =	681.93 (KN)	$0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$	
V _{Rd} =	402 (KN)	min(V_{Rsd}, V_{Rcd})	

$$V_{RD} > V_{ed} = 81 \text{ kN}$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 81 di 118

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: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 82 di 118

9 REAZIONI MASSIME AGLI APPOGGI

Nel presente paragrafo si riportano gli scarchi agenti sugli apparecchi di appoggio delle campate in cap.

Per le varie combinazioni di carico, gli scarichi sugli appoggi delle campate in cap e delle campate in acciaio sono pari a:

	SPALLA FISSA								
	UNI TRASV			FISSO			UNI TRASV		
	N [kN]	T _{long} [kN]	T _{trasv} [kN]	N [kN]	T _{long} [kN]	T _{trasv} [kN]	N [kN]	T _{long} [kN]	T _{trasv} [kN]
SLU	2713	20	-	2655	-5	77	2531	-14	-
SISMA	2216	- 860	-	1235	- 860	1290	2182	-860	-
SLE	2012	13	-	1966	-4	52	1873	-10	-

	SPALLA MOBILE								
	MULTI			UNI LONG			UNI TRASV		
	N [kN]	T _{long} [kN]	T _{trasv} [kN]	N [kN]	T _{long} [kN]	T _{trasv} [kN]	N [kN]	T _{long} [kN]	T _{trasv} [kN]
SLU	2489	-	-	2721	-	-	2352	-	-
SISMA	1923	-	-	1383	-	-1290	1896	-	-
SLE	1845	-	-	2015	-	-	1741	-	-

APPALTATORE:	 TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO			
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		PROGETTO ESECUTIVO			
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	83 di 118

10 TABULATO 1-VERIFICA TRAVE PRECOMPRESSA

Sistema di riferimento

Il sistema di riferimento delle grandezze geometriche e delle forze è una terna sinistrogira con l'asse X parallelo all'asse longitudinale della struttura, l'asse Z contenuto nel piano verticale e l'asse Y ortogonale a tale piano e orientato verso l'osservatore che veda le X positive a destra e le Z positive in alto.

I carichi agenti sulla struttura e le reazioni dei vincoli sono positivi se sono diretti verso l'alto e verso destra. I momenti flettenti sulla trave sono positivi quando tendono la fibra inferiore della sezione.

Tensioni e deformazioni sono positive se di trazione, sia per il calcestruzzo che per l'acciaio.

Normativa

Sono rispettate le seguenti normative:

- Legge 05/11/1971 n. 1086: *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- D.M. 14/01/2008: *Norme tecniche per le costruzioni - NTC 2008*
- RFI IFS002A *"Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria"*

Unità di misura

Ove non sia diversamente specificato, le grandezze contenute nella presente relazione sono espresse nelle seguenti unità di misura:

lunghezza	[mm]
forza	[N]
angolo	[GRAD]

I diametri delle barre di armatura lenta sono sempre espressi in [mm], i diametri dei trefoli di precompressione sono invece espressi in [inch] (= 25.4 [mm]).

Modello di calcolo

Il codice di calcolo TCAP riceve le combinazioni di carico della struttura dal programma di calcolo delle sollecitazioni ed esegue le verifiche nelle situazioni agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio inserendo nelle combinazioni l'effetto della precompressione.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>84 di 118</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	84 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	84 di 118								

Per valutare l'effetto della precompressione nelle varie sezioni viene assunto un modello di calcolo appropriato che riproduce le condizioni iperstatiche della struttura reale.

La struttura è considerata lineare e rettilinea, soggetta a deformazione longitudinale assiale generata dalla precompressione e deformazione trasversale per inflessione nel piano verticale. Essa viene schematizzata come una struttura a telaio piano che discretizza i tratti a sezione (e quindi baricentro) costante con aste orizzontali e i tratti a geometria variabile con aste inclinate.

Le forze di precompressione sono rappresentate da forze longitudinali e da coppie di trasporto delle forze stesse alla quota del baricentro locale.

Per il calcolo dei momenti flettenti resistenti a rottura viene utilizzata la procedura FindLim ed. TCAP/1.0 05/10 - SIGMAcSOFT che tiene conto, oltre al contributo del calcestruzzo, del contributo delle armature lente (stesso stato deformativo del calcestruzzo) e del contributo delle armature di precompressione nello stato deformativo effettivo (pretensione).

Codice di calcolo

La verifica è stata condotta con il codice di calcolo automatico TCAP ed. 9.4 - 02/2019 sviluppato da SIGMAc SOFT - Padova.

Procedura di calcolo tensionale per flessione: PREFLErett vers. TCAP/3.0 09/11 - SIGMAcSOFT

Procedura di calcolo a rottura per flessione: FindLim ed. TCAP/1.0 05/10 - SIGMAcSOFT

Procedura di calcolo a rottura per taglio: VrdCalc ed. TCAP/1.0 06/10 - SIGMAcSOFT

Modello iperstatico: TRSP ed. TCAP/1.0 04/10 - SIGMAcSOFT

Dati di calcolo

Dati geometrici

Schemi statici

L'impalcato viene realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. e getto eseguito in opera di traversi e soletta collaborante. Si distinguono due fasi successive di lavoro:

PRIMA FASE: Le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono al peso proprio ed a quello del getto eseguito in opera.

SECONDA FASE: Il sistema misto, travi prefabbricate e soletta gettata in opera, divenuto solidale dopo la maturazione del calcestruzzo, resiste al peso delle sovrastrutture e dei carichi accidentali.

Prima fase

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. <small>Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata</small>	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SYSTRA S.A. <u>Mandante:</u> SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	85 di 118

Nella prima fase i prefabbricati sono soggetti alle seguenti condizioni di vincolo:

In opera al momento del getto di 2a fase:

Sbalzo sinistro = 600.00

Sbalzo destro = 600.00

In fase di sollevamento:

Sbalzo sinistro = 600.00

Sbalzo sinistro = 600.00

Seconda fase

In seconda fase la struttura è vincolata sugli appoggi definitivi:

appoggio	descrizione	X	luce campata
1	SP1	600.00	
2	SP2	30600.00	30000.00

Armature trave prefabbricata

Armature di precompressione pretesate

trefoli :	6/10"	
area trefolo =	139.000	[mm ²]
acciaio :	prec.fpk=1860	
tensione di tesatura =	1425.00	[N/mm ²]
area totale A _p =	10842.000	[mm ²]
precompressione totale N _p =	15449850.00	[N]
quota baricentro Z _{g,p} =	341.28	[mm]

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
1750.00	4		
1690.00	2		
1590.00			
1490.00			
1390.00	2		
1290.00			
1190.00	2		

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A 86 di 118
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato							

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
1090.00			
990.00	2		
890.00			
300.00	2		
250.00	4		
205.00	12		
155.00	16	10	4000.00
105.00	16	8	4000.00
55.00	16		
N. trefoli=	78	L tot guaine=	72000.00

Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.	armatura	y	z	x iniziale	x finale
P1-L1	6Ø20	0.00	175.00	800.00	30400.00
P1-L2	6Ø26	0.00	75.00	1040.00	30160.00

Armatura trasversale :

pos.	armatura	x iniziale	x finale	
P1-S1	4Ø12/100.00	0.00	10000.00	trave+colleg. con soletta
P1-S1	(simmetrica)	21200.00	31200.00	
P1-S2	4Ø12/200.00	10000.00	15600.00	trave+colleg. con soletta
P1-S2	(simmetrica)	15600.00	21200.00	

armatura longit. appoggio :

n. barre	Ø	lunghezza	quota z
----------	---	-----------	---------

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	87 di 118

n. barre	Ø	lunghezza	quota z
4	16	1000.00	70.00

Armature getto in opera

Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.		armatura	Y	Z	X iniziale	X finale
S-L1	SUPERIORE	46Ø12	0.00	2075.00	480.00	30720.00
S-L2	INFERIORE	46Ø12	0.00	1850.00	480.00	30720.00

Materiali - resistenze di calcolo

In questo paragrafo non valgono le convezioni di segno precedentemente riportate: per il calcestruzzo tutte le grandezze sono indicate con segno positivo e contestualmente viene specificato se si tratta di valori di compressione o di trazione.

Calcestruzzo delle travi prefabbricate

Ai fini del calcolo le caratteristiche rilevanti del calcestruzzo sono date dalla resistenza a rottura, dal modulo elastico e dall'entità dei fenomeni differiti nel tempo.

Le travi prefabbricate in c.a.p. sono precomprese a trefoli aderenti e devono perciò rispettare delle limitazioni tensionali già in fase iniziale, al rilascio dei trefoli.

Data l'entità delle sollecitazioni iniziali si raccomanda di eseguire il trasferimento della precompressione con opportuna gradualità. Nel seguito della relazione si indicherà sinteticamente tale operazione come "taglio dei trefoli".

Calcestruzzo	C45/55
resistenza caratteristica $R_{ck28,cub}$	55.00
resistenza al taglio dei trefoli $R_{ckj,cub}$	38.50
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.500
modulo elastico	36416.11
peso specifico	0.0000
ritiro totale	-0.00030
% ritiro prima del taglio trefoli	25.5%
% ritiro taglio trefoli-getto soletta	25.5%
% ritiro da getto soletta a t=inf.	49%
coeff. di viscosità	0.900

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	88 di 118

% viscosità taglio trefoli-getto soletta	33%
% viscosità da getto soletta a t=inf.	67%

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione :

a tempo infinito	f_{ck}	$= 0.83 \cdot R_{ck}$	$= 0.83 \cdot 55.00 = 45.65$	N/mm ²
al taglio dei trefoli	f_{ckj}	$= 0.83 \cdot R_{ckj}$	$= 0.83 \cdot 38.50 = 31.96$	N/mm ²

Resistenza di calcolo a compressione :

a tempo infinito	f_{cd}	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 45.65 / 1.5 = 25.87$	N/mm ²
al taglio dei trefoli	f_{cdj}	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ckj} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 31.96 / 1.5 = 18.11$	N/mm ²

Nel calcolo a rottura delle sezioni si utilizza il diagramma parabola-rettangolo con tensione massima a tempo infinito pari a :

$$f_{cd} = 25.87 \text{ N/mm}^2$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione (formazione delle fessure) :

a tempo infinito	f_{ct}	$= f_{ctm} / 1.2$	$= 3.83 / 1.2 = 3.19$
al taglio dei trefoli	f_{ctj}	$= f_{ctmj} / 1.2$	$= 3.02 / 1.2 = 2.52$

Nelle condizioni di esercizio la massima tensione di compressione nel calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

al taglio dei trefoli :

σ_{cj}	$< 0.70 \cdot f_{ckj}$	$= 22.37$	N/mm ²
---------------	------------------------	-----------	-------------------

a cadute avvenute :

σ_c	$< 0.6 \cdot f_{ck}$	$= 27.39$	N/mm ²	(per comb. caratteristica rara)
σ_c	$< 0.45 \cdot f_{ck}$	$= 20.54$	N/mm ²	(per comb. quasi permanente)

Limitazioni Specifica IFS002A-2.2.1

Massima tensione di trazione ai lembi prefabbricato (ove precompresso) = 1.34 N/mm²

Massima tensione principale di trazione all'asse baricentrico = 2.05 N/mm²

Calcestruzzo gettato in opera

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 89 di 118

Calcestruzzo	C35/45
resistenza caratteristica $R_{ck,cub}$	45.00
coefficiente sicurezza del materiale	1.5
modulo elastico	34625.49
peso specifico	0.0000
coeff. di omogeneizzazione con cls travi	0.951

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione :

a tempo infinito	f_{ck}	$= 0.83 \cdot R_{ck}$	$= 0.83 \cdot 45.00 = 37.35$	N/mm ²
------------------	----------	-----------------------	------------------------------	-------------------

Resistenza di calcolo a compressione :

a tempo infinito	f_{cd}	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 37.35 / 1.5 = 21.17$	N/mm ²
------------------	----------	---	------------------------------------	-------------------

Nel diagramma parabola-rettangolo la tensione massima è pari a :

$$f_{cd} = 21.17$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione (formazione delle fessure) :

a tempo infinito	f_{ct}	$= f_{ctm} / 1.2$	$= 3.35 / 1.2 = 2.79$
------------------	----------	-------------------	-----------------------

Nelle condizioni di esercizio la massima tensione di compressione del calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

σ_c	$< 0.6 \cdot f_{ck}$	$= 22.41$	N/mm ²	(per comb. caratteristica rara)
σ_c	$< 0.45 \cdot f_{ck}$	$= 16.81$	N/mm ²	(per comb. quasi permanente)

Limitazioni Specifica IFS002A-2.2.1

Massima tensione di trazione ai lembi getto in opera (ove precompresso) = 1.17 N/mm²

Massima tensione principale di trazione all'asse baricentrico = 1.68 N/mm²

Acciaio per c.a.p.

Acciaio prec.fpk=1860 :

tensione all'1% deform. residua $f_{p(1)k}$	1674.00
Modulo elastico	195000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 90 di 118

coefficiente di sicurezza	1.15
% rilassam. prima del taglio trefoli	41.4%
% rilassam. taglio trefoli-getto soletta	25.9%
% rilassam. da getto soletta a t=inf.	32.7%

In base al punto 4.1.8.1.5 del D.M. 14/01/2008 le tensioni iniziali all'atto della tesatura dei cavi pre-tesi deve rispettare la più restrittiva delle seguenti limitazioni:

σ_{spi}	$\leq 0.80 \cdot f_{ptk}$	$= 0.80 \cdot 1841.40 = 1473.12$	N/mm ²
σ_{spi}	$\leq 0.90 \cdot f_{p(1)k}$	$= 0.90 \cdot 1674.00 = 1506.60$	N/mm ²

E' ammessa una sovratensione iniziale pari a $0.05 f_{p(1)k}$.

La tensione massima in esercizio nella combinazione caratteristica (rara) deve rispettare la seguente limitazione (4.1.8.1.2 e 4.1.2.2.5.2 D.M.14/01/2008):

σ_{sp}	$\leq 0.80 \cdot f_{p(1)k}$	1339.20	N/mm ²
---------------	-----------------------------	---------	-------------------

Nel calcolo a rottura si utilizza il diagramma triangolo-rettangolo con tensione massima pari a:

f_{ptd}	$= f_{p(1)k} / \gamma_s$	$= 1674.00 / 1.15 = 1455.65$	N/mm ²
-----------	--------------------------	------------------------------	-------------------

Acciaio per armatura lenta

Questo tipo di acciaio costituisce l'armatura destinata ad assorbire gli sforzi di taglio (staffe) ed altri sforzi locali di trazione nel calcestruzzo.

tipo acciaio	B450C
tensione di snervamento f_{yk}	450.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.15
modulo elastico	210000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6

La tensione massima consentita (4.1.2.2.5.2 DM 17/01/2018) nella combinazione rara deve rispettare la seguente limitazione:

σ_s	$\leq 0.80 \cdot f_{yk}$	$= 0.80 \cdot 450.00 = 360.00$	N/mm ²
------------	--------------------------	--------------------------------	-------------------

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 91 di 118

Nel calcolo a rottura si utilizza il diagramma triangolo-rettangolo con tensione massima pari a:

f_{yd}	=	f_{yk}/γ_s	=	450.00/1.15 = 391.30	N/mm ²
----------	---	-------------------	---	----------------------	-------------------

Cadute di tensione

Rilassamento dell'acciaio da precompressione

La valutazione del rilassamento dell'acciaio da precompressione avviene con la formulazione indicata dalla normativa e con i dati forniti dal produttore.

Ad una temperatura costante di 20 [°C] la caduta di tensione $\Delta\sigma_{pr}$ per rilassamento al tempo t è:

classe	tipo	caduta
2	treccie e trefoli stabilizzati	$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{pi} \cdot [0.66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9.1\mu} \cdot (t/1000)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}]$

dove:

- σ_{pi} è la tensione iniziale nel cavo;
- ρ_{1000} è la perdita per rilassamento (in percentuale) a 1000 ore dopo la messa in tensione, a 20 [°C] e a partire da una tensione iniziale pari a 0.7 della resistenza f_p del campione provato:

Acciaio	classe	ρ_{1000}
1	2	2.5

- $\mu = \sigma_{pi}/f_{pk}$;
- f_{pk} è la resistenza caratteristica a trazione dell'acciaio;
- t è il tempo misurato in ore dalla messa in tensione.

La caduta finale per rilassamento può essere valutata con le formule sopra scritte ed inserendo un tempo di 500000 ore. Si ottiene così:

Armatura	classe	μ	$\Delta\sigma_{pr}/\sigma_{pi}$	
Trave 1 - gruppo 1	2	0.774	0.054	5.42%

Ritiro del calcestruzzo

L'accorciamento dovuto al ritiro viene assunto pari a :

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 92 di 118

prefabbricati $\varepsilon_{cs1} = -0.00030$

getto in opera $\varepsilon_{cs2} = -0.00030$

e la conseguente caduta di tensione nell'acciaio da precompressione viene calcolata in base al modulo elastico dell'acciaio stesso:

Armatura	$\Delta\sigma_{ps}$		
Trave 1 - gruppo 1	$-0.00030 \cdot 195000.00 =$	-58.50	4.11%

Viscosità del calcestruzzo

Il valore della deformazione lenta del calcestruzzo (viscosità) si assume, ai fini del calcolo delle cadute di tensione nell'acciaio, secondo quanto indicato dalle norme (11.2.10.7 D.M.14/01/2008), pari a :

$$\varphi_{inf,1} = 0.9 \quad (\text{cavi pretesi nei prefabbricati})$$

Sviluppo nel tempo delle cadute di tensione

Per i cavi pretesi, che agiscono sugli elementi prefabbricati, i valori totali dei fenomeni differiti esposti ai paragrafi precedenti vengono ripartiti nelle diverse fasi tenendo conto delle diverse condizioni ambientali e tensionali.

	% rilassamento	% ritiro	% viscosità
dalla posa in tensione al taglio trefoli	41.40	25.50	0.00
dal taglio trefoli al getto in opera	25.90	25.50	33.00
dal getto in opera a tempo infinito	32.70	49.00	67.00

Sollecitazioni esterne

<nessun carico applicato in prima fase>

Stati limite di esercizio

Stato Limite delle tensioni in esercizio - procedimento di calcolo

Per valutare lo stato tensionale nelle sezioni di verifica distingueremo le seguenti fasi :

PRIMA FASE

- a) al manifestarsi della precompressione
- b) prima del getto in opera

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 93 di 118

c) subito dopo il getto in opera

SECONDA FASE

d) impalcato scarico

e) impalcato carico

In tutte le fasi la determinazione dello stato tensionale degli elementi da verificare avviene in base alla combinazione caratteristica (rara) :

$$S = G_1 + G_2 + P + Q$$

dove:

G_1 = permanenti strutturali

G_2 = permanenti non strutturali

P = precompressione

Q = azioni variabili

Verifica al sollevamento

La verifica al sollevamento della trave viene eseguita in fase a).

Incremento dinamico = 0.15

Sbalzo sinistro = 600.00

Sbalzo destro = 600.00

Stato limite di fessurazione travi prefabbricate

Per garantire la durabilità della struttura il calcolo di verifica tensionale agli Stati Limite di esercizio viene condotto con opportune limitazioni che preservano le travi principali da una eccessiva fessurazione.

A questo scopo, facendo riferimento alla normativa (tab. 4.1.IV) ed adottando le limitazioni relative alle armature *sensibili* nel caso di ambiente molto aggressivo, andrebbero verificate le seguenti condizioni:

classi di esposizione	comb. rare	comb. frequenti	comb. quasi perm.
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	<nessuna verifica>	formazione fessure	decompressione

Per una maggiore tutela della durabilità dell'opera vengono invece rispettate nelle verifiche le seguenti limitazioni:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 94 di 118

classi di esposizione	comb. rare	comb. frequenti	comb. quasi perm.
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	formazione fessure	decompressione	<nessuna verifica>
	$\sigma_{traz.} \leq f_{ctm}/1.2$		

Stato Limite di deformazione

Viene valutata l'entità delle deformazioni significative degli elementi inflessi nelle varie fasi.

La valutazione di tali deformazioni viene fatta assumendo per il modulo elastico del calcestruzzo il valore:

$$E_{travi} = 36416.11$$

$$E_{soletta} = 34625.49$$

e, per determinare gli effetti sotto l'azione dei carichi permanenti, viene assunto un coefficiente di viscosità pari a:

$$\varphi_{inf} = 0.9$$

L'effetto della viscosità viene poi ridotto moltiplicando tutte le deformazioni conseguenti per il valore 0.5

Le frecce calcolate sono positive se rappresentano uno spostamento verso l'alto, negative se verso il basso.

Prima fase

VH180 :

	accorciamento	rotaz. testata	rotaz. testata	freccia in
	[mm]	sinistra [GRAD]	destra [GRAD]	mezzeria [mm]
al taglio trefoli	-10.9764	0.35296	-0.35296	46.9893
prima del getto in opera	-14.0832	0.36463	-0.36463	50.5438
al getto soletta	-14.0832	0.22594	-0.22594	26.3676
dopo maturazione	-14.1080	0.22613	-0.22613	26.3750

Seconda fase

Spostamenti X in asse appoggi [mm] :

	dopo maturazione	postesi e	
	soletta	cambio vincoli	t=inf.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 95 di 118

	dopo maturazione	postesi e	
	soletta	cambio vincoli	t=inf.
SP1	0.0000	0.0000	0.0000
SP2	0.0000	0.0000	-2.1642

Rotazioni in asse appoggi [GRAD] :

	dopo maturazione	postesi e	
	soletta	cambio vincoli	t=inf.
SP1	0.00000	0.00000	0.09518
SP2	0.00000	0.00000	-0.09518

Frecce in mezzeria [mm] :

campat a		dopo maturazione	postesi e	t=inf.	t=inf.
	X	soletta	cambio vincoli	comb. rara max	comb. rara min
1	15600.00	26.3750	26.3750	30.2678	30.2678

Stati limite ultimi

Stato Limite Ultimo per sollecitazioni flettenti

Il calcolo dei momenti ultimi delle sezioni viene eseguito tenendo conto del diagramma $\sigma-\varepsilon$ parabola-rettangolo per il calcestruzzo, con deformazione limite pari a -0.0035 in compressione, e deformazione indefinita a trazione con tensione nulla (sezione fessurata).

Per gli acciai si utilizza un diagramma tensioni-deformazioni linearmente elastico fino alla tensione di rottura e lineare orizzontale fino alla deformazione 0.01, sia in trazione che in compressione.

Si rimanda al capitolo dei materiali per i valori dei moduli elastici e delle tensioni di calcolo.

Nel calcolo del momento ultimo si tiene conto del delta di deformazione ε_{sp} dell'acciaio da precompressione rispetto agli altri materiali.

Stato Limite Ultimo per sollecitazioni taglianti e torcenti

Per valutare i tagli e momenti torcenti resistenti viene utilizzata la formulazione indicata dalle norme:

$$V_{Rd} = [0.18/\gamma_c \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (\text{taglio ultimo in assenza di armatura trasversale})$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 96 di 118

$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot (\cotan\alpha + \cotan\theta) / (1 + \cotan^2\theta)$ (taglio ultimo per rottura delle bielle compresse)

$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot (\cotan\alpha + \cotan\theta) \cdot \sin\alpha$ (taglio ultimo per rottura delle staffe)

$T_{Rcd} = 2 \cdot A_k \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot \cotan\theta / (1 + \cotan^2\theta)$ (momento torcente ultimo per rottura delle bielle compresse)

$T_{Rsd} = 2 \cdot A_k \cdot (A_{sw,parete}/s) \cdot f_{yd} \cdot \cotan\theta$ (momento torcente ultimo per rottura delle staffe)

Dove:

d: altezza utile della sezione

b_w : larghezza minima della sezione

A_{sw} : area armatura trasversale nella sezione

$A_{sw,parete}$: area armatura trasversale minima nelle pareti

s: passo staffe

α : inclinazione risp. all'orizzontale delle armature trasversali (90 [deg])

θ : inclinazione bielle compresse in cls

α_c : coeff. maggiorativo dovuto alla presenza dello sforzo assiale

A_{sl} : area acciaio in zona tesa

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

$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_{cls}$

$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d)$

A_k : area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico della sezione

Nel modello a traliccio a rottura si considerano inclinate a 45 [deg] le bielle compresse di calcestruzzo in sezioni non precomprese, mentre si tiene conto dell'effetto benefico della precompressione valutando una minore inclinazione delle bielle in base alla tensione principale di trazione presente nella sezione a quota baricentrica.

L'inclinazione così determinata viene comunque limitata come indicato nelle norme citate.

Stato Limite Ultimo per scorrimento tra i getti

Viene calcolato lo sforzo di scorrimento di progetto S_{Edi} tra il calcestruzzo delle travi prefabbricate e quello gettato in opera, e viene confrontato con quello ultimo di interfaccia S_{Rdi} , utilizzando le indicazioni della normativa EN1991-1-1-6.2.5

$$S_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed}/z$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 97 di 118

in cui:

- β è il rapporto tra la forza longitudinale nell'ultimo getto di calcestruzzo e la forza longitudinale totale in zona compressa o tesa, entrambe calcolate nella sezione considerata, assunto = 1.0
- V_{Ed} è la forza di taglio trasversale di 2ª fase
- z è il braccio della coppia interna della sezione composta

$$S_{Rdi} = b_i \cdot (c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n) + A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot \mu \leq 0.5 \cdot b_i \cdot v \cdot f_{cd}$$

in cui:

Larghezza superficie contatto / spess. tot. anime	b_i/b_w	1.000	[-]
Fattore di coesione tra le superfici	c	0.350	[-]
Resistenza a trazione di progetto	f_{ctd}	3.35	[N/mm ²]
Coefficiente di attrito tra le superfici	μ	0.600	[-]
Compressione normale alle superfici di contatto	σ_n	0.14	[N/mm ²]
Area complessiva staffa di collegamento	A_{sw}	<variabile >	[mm ²]
Passo staffe di collegamento	s	<variabile >	[mm]
Resistenza calcestruzzo più debole	f_{cd}	21.16	[N/mm ²]

Verifica delle sezioni

Verifica sezione X=15200.00 - Sezione di mezzeria

Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-500.00	0.00	prefabb.:
2	-770.00	1500.00	reag.trazione
3	-870.00	1600.00	
4	-1240.00	1700.00	
5	-1240.00	1800.00	
6	-660.00	1800.00	

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>98 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	98 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	98 di 118								

n.	Y	Z	
7	-390.00	300.00	
8	0.00	250.00	
9	390.00	300.00	
10	660.00	1800.00	
11	1240.00	1800.00	
12	1240.00	1700.00	
13	870.00	1600.00	
14	770.00	1500.00	
15	500.00	0.00	
16	500.00	0.00	fine prefabb.

A	J _f	Z _g
933500.000	368745019899.7 200	864.07

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	1750.00	556.000
2	1690.00	278.000
3	1390.00	278.000
4	1190.00	278.000
5	990.00	278.000
6	300.00	278.000
7	250.00	556.000
8	205.00	1668.000
9	155.00	2224.000
1	105.00	2224.000
0		
1	55.00	2224.000
1		

Z _{g,p}	A _p

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 99 di 118

Z_{g,p}	A_p
341.28	10842.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	175.00	1884.956	6Ø20
2	75.00	3185.575	6Ø26

Sezione ideale (n=6.000)	A _{id}	J _{f,id}	Z _{g,id}
	1028975.183	416560701716. 5310	808.79

Cadute di tensione prima del taglio trefoli :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	14.92	1.0%
rilassamento acciaio	41.4%	31.95	2.2%

Sollecitazioni	M _{esterno}	N _{precomp.}	M _{precomp.}
t=0 dopo taglio trefoli	2809129679.30	-14941745.74	-7811348405.88
prima del getto in opera	0.00	-14192214.34	-7419503233.02
dopo getto 2a fase	5739570132.53	-14188939.10	-7417790979.20

Tensioni nei materiali in prima fase

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$	
t=0 dopo taglio trefoli	-4.58	-22.63	
prima del getto in opera	0.00	0.00	
dopo getto 2a fase	-11.66	-15.53	

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{long,max}$	pos.	$\sigma_{long,min}$	pos.
t=0 dopo taglio trefoli	1262.89	-125.25		-131.27	

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 100 di 118	

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{long,max}$	pos.	$\sigma_{long,min}$	pos.
prima del getto in opera	0.00	0.00		0.00	
dopo getto 2a fase	1220.22	-90.93		-92.22	

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	14.92	1.0%
rilassamento acciaio	25.9%	19.99	1.4%
viscosità cls	38.7%	34.23	2.4%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.1%	0.08	0.0%
rilassamento acciaio	0.1%	0.07	0.0%
viscosità cls	0.2%	0.15	0.0%

Verifica a rottura per flessione dopo getto 2a fase

Presollecitazione armature pretese : $\epsilon_{sp,z=341.28}=0.00671$

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	$Z_{\epsilon sup}$	ϵ_{inf}	$Z_{\epsilon inf}$
(+)	222.42	15021610426.22	-0.00350	1800.00	0.00037	55.00
(-)	500.92	-3060581855.86	0.00873	1750.00	-0.00350	0.00

$M_{d,max} = 7461441172.29 < 15021610426.22$ $K_r=2.013$

Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase

Calcestruzzo:	θ [GRAD]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0.006	320.00		2.26195

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>101 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	101 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	101 di 118								

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
1750.00	1.338	8278.956	0.0148	-15.20	1.031

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
1643161.51	1479606.23	2316904.99

$$V_{Ed,max} = 25486.87 < 1643161.51$$

Seconda fase: trave + getto in opera

dopo cambio vincoli

- scassero / cambio vincoli

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-500.00	0.00	prefabb.:
2	-770.00	1500.00	reag.trazione
3	-870.00	1600.00	
4	-1240.00	1700.00	
5	-1240.00	1800.00	
6	-660.00	1800.00	
7	-390.00	300.00	
8	0.00	250.00	
9	390.00	300.00	
10	660.00	1800.00	
11	1240.00	1800.00	
12	1240.00	1700.00	
13	870.00	1600.00	
14	770.00	1500.00	
15	500.00	0.00	
16	500.00	0.00	fine prefabb.
17	-500.00	0.00	
18	-2000.00	1800.00	getto in opera
19	-2000.00	2100.00	(m=0.951)
20	1550.00	2100.00	non reag.trazione

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>102 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	102 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	102 di 118								

n.	Y	Z	
21	1550.00	1800.00	
22	-2000.00	1800.00	

A	J _f	Z _g
1946132.536	949133572947.6 860	1429.11

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	1750.00	556.000
2	1690.00	278.000
3	1390.00	278.000
4	1190.00	278.000
5	990.00	278.000
6	300.00	278.000
7	250.00	556.000
8	205.00	1668.000
9	155.00	2224.000
1	105.00	2224.000
0		
1	55.00	2224.000
1		

Z _{g,p}	A _p
341.28	10842.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	175.00	1884.956	6Ø20
2	75.00	3185.575	6Ø26
3	2075.00	5202.477	SUPERIORE 46Ø12

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>103 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	103 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	103 di 118								

n.	Z	area	
4	1850.00	5202.477	INFERIORE 46Ø12

Sezione ideale (n=6.000)	A _{id}	J _{f,id}	Z _{g,id}
	2104037.449	111055427367 1.6500	1392.26

Sollecitazioni e frecce :

	N	M	V	frecce
cambio vincoli	0.00	0.00	0.00	0.0000

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto + scassero/cambio vincoli :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$	
trave prefabbricata	-11.65	-15.53	
getto in opera	0.00	0.00	

Cadute di tensione da maturazione soletta a t=inf. :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48.9%	28.58	2.0%
rilassamento acciaio	32.6%	25.16	1.8%
viscosità cls	61.1%	54.01	3.8%

Verifiche in esercizio

Verifica tensionale

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-500.00	0.00	prefabb.:
2	-770.00	1500.00	reag.trazione
3	-870.00	1600.00	
4	-1240.00	1700.00	
5	-1240.00	1800.00	
6	-660.00	1800.00	
7	-390.00	300.00	

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	104 di 118

n.	Y	Z	
8	0.00	250.00	
9	390.00	300.00	
10	660.00	1800.00	
11	1240.00	1800.00	
12	1240.00	1700.00	
13	870.00	1600.00	
14	770.00	1500.00	
15	500.00	0.00	
16	500.00	0.00	fine prefabb.
17	-500.00	0.00	
18	-2000.00	1800.00	getto in opera
19	-2000.00	2100.00	(m=0.951)
20	1550.00	2100.00	non reag.trazione
21	1550.00	1800.00	
22	-2000.00	1800.00	

A	J _f	Z _g
1946132.536	949133572947.6 860	1429.11

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	1750.00	556.000
2	1690.00	278.000
3	1390.00	278.000
4	1190.00	278.000
5	990.00	278.000
6	300.00	278.000
7	250.00	556.000
8	205.00	1668.000
9	155.00	2224.000
1	105.00	2224.000

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	105 di 118
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato							

n.	Z	area
0		
1	55.00	2224.000
1		

Z _{g,p}	A _p
341.28	10842.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	175.00	1884.956	6Ø20
2	75.00	3185.575	6Ø26
3	2075.00	5202.477	SUPERIORE 46Ø12
4	1850.00	5202.477	INFERIORE 46Ø12

Sezione ideale (n=6.000)	A _{id}	J _{f,id}	Z _{g,id}
	2104037.449	111055427367 1.6500	1392.26

Tensioni sul cls - VH180 :

	σ _{e,max}	σ _{e,min}	σ _{i,max}	σ _{i,min}
dopo maturazione getto in opera	-11.65	-11.65	-15.53	-15.53
t=inf.-senza carichi	-11.53	-11.53	-13.46	-13.46
t=inf.-SLE Rare	-11.53	-13.82	-5.69	-13.46
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00	0.00	0.00

Tensioni sul cls - getto in opera :

	σ _{e,max}	σ _{e,min}	σ _{i,max}	σ _{i,min}
dopo maturazione getto in opera	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-senza carichi	-0.19	-0.19	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	-0.19	-3.96	0.00	-2.06
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00	0.00	0.00

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: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 106 di 118

Conformemente a quanto prescritto dalla Specifica IFS002A-2.2.1 si esegue il controllo della tensione principale di trazione al baricentro della sezione nell'involuppo di combinazioni Rare.

$$\sigma_x = \text{tensione normale alla sezione} = -6.19 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_z = \text{tensione tangenziale} = 0.95 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_1 = \text{tensione principale di trazione} = 0.14 \text{ N/mm}^2 (< 2.05)$$

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
dopo maturazione getto in opera	1219.91	0.00	SUPERIOR E	-92.23	
t=inf.-senza carichi	1049.09	0.43	INFERIORE	-80.28	
t=inf.-SLE Rare	1005.71	0.43	INFERIORE	-80.28	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00		0.00	

Verifica a rottura per flessione t=inf.

presollecitazione nelle armature di precompressione :

	Z cavo risult.	$\Delta \epsilon_{sp}$
Armature pretese	341.28	0.00578

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	Z _{esup}	ϵ_{inf}	Z _{εinf}
(+)	1781.35	29672811764.39	-0.00185	2100.00	0.01000	55.00
(-)	687.14	-10011107335.22	0.00707	2075.00	-0.00350	0.00

$$M_{d,max} = 16529507452.29 < 29672811764.39 \quad K_r = 1.795$$

Verifica rottura per taglio t=inf.

Calcestruzzo:	θ [GRAD]	b _w	Staffe:	A _{sw}
	0.006	320.00		2.26195

d	K	A _{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
2075.00	1.310	15912.531	0.0200	-6.69	1.250

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A 107 di 118
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato							

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
1136549.83	1754390.42	3331662.93

$$V_{Ed,max} = 499627.92 < 1754390.42$$

$$\text{Trazione per taglio (V=499627.92)} = 624534.89 \text{ [N]}$$

Verifica rottura per torsione t=inf.

Calcestruzzo:	θ [GRAD]	f'_{cd}	Staffe parete:	A_{sw}
	0.006	12.93		1.13097

A_k	t_{min}	u_k	σ_{cp}	α_c
2520800.00	150.00	7312.00	-6.69	1.250

T_{Rcd}	T_{Rsd}
4216092327.59	5577960588.30

$$T_{Ed,max} = 283264660.00 < 4216092327.59$$

$$\text{Trazione per torsione (T=4216092327.59)} = 15286846.98 \text{ [N]}$$

$$\text{Trazione per torsione (T=283264660.00)} = 1027070.37 \text{ [N]}$$

$$\text{Sforzo di precompressione presente} = -13020537.47 \text{ [N]}$$

<armatura longitudinale non necessaria>

Verifica a taglio/torsione t=inf.

L'azione combinata di taglio e torsione impegna i materiali (bielle di calcestruzzo e staffe di acciaio) in misura superiore a quella delle azioni singole dei due parametri di sollecitazione.

Viene perciò eseguita la verifica secondo il punto 4.1.2.1.4 - *Sollecitazioni composte - b)* nella combinazione più sfavorevole.

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |-283264660.00/4216092327.59| + |-499627.92/1754390.42| = 0.352$$

Forze di scorrimento tra i getti

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 108 di 118

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di 320.000 [mm²] (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione X=15200.00 risultano:

max valore di progetto scorrimento interfaccia	250.19	[N/mm]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	-334.22	[N/mm]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	±402.31	[N/mm]
staffe di collegamento	2.2619	[mm ² /mm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	±933.38	[N/mm]

Verifica sezione X=30000.00 - Sezione di appoggio

Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-500.00	0.00	prefabb.:
2	-770.00	1500.00	reag.trazione
3	-870.00	1600.00	
4	-1240.00	1700.00	
5	-1240.00	1800.00	
6	-410.00	1800.00	
7	-160.00	480.00	
8	0.00	440.00	
9	160.00	480.00	
10	410.00	1800.00	
11	1240.00	1800.00	
12	1240.00	1700.00	
13	870.00	1600.00	
14	770.00	1500.00	
15	500.00	0.00	
16	0.00	0.00	fine prefabb.

A	J _f	Z _g
1769200.000	548881364861.4	923.47

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 109 di 118

A	J_f	Z_g
	570	

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	1750.00	556.000
2	1690.00	278.000
3	1390.00	278.000
4	1190.00	278.000
5	990.00	278.000
6	300.00	278.000
7	250.00	556.000
8	205.00	1668.000
9	155.00	834.000
1	105.00	1112.000
0		
1	55.00	2224.000
1		

Z_{g,p}	A_p
403.83	8340.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	175.00	1884.956	6Ø20
2	75.00	3185.575	6Ø26

Sezione ideale (n=6.000)	A_{id}	J_{f,id}	Z_{g,id}
	1849663.183	596153251690. 6850	896.07

Cadute di tensione prima del taglio trefoli :

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 110 di 118

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	14.92	1.0%
rilassamento acciaio	41.4%	31.95	2.2%

Sollecitazioni	$M_{esterno}$	$N_{precomp.}$	$M_{precomp.}$
t=0 dopo taglio trefoli	436088407.74	-11493650.56	-5972571266.09
prima del getto in opera	0.00	-11046128.73	-5740020607.63
dopo getto 2a fase	661396576.96	-11044023.53	-5738926655.63

Tensioni nei materiali in prima fase

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,max}$		$\sigma_{i,max}$	
t=0 dopo taglio trefoli	1.70	*	-14.06	
prima del getto in opera	0.00		0.00	
dopo getto 2a fase	1.27	*	-13.15	*

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{long,max}$	pos.	$\sigma_{long,min}$	pos.
t=0 dopo taglio trefoli	1314.98	-75.18		-80.43	
prima del getto in opera	0.00	0.00		0.00	
dopo getto 2a fase	1264.98	-70.49		-75.30	

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25.5%	14.92	1.0%
rilassamento acciaio	25.9%	19.99	1.4%
viscosità cls	25.7%	18.76	1.3%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.1%	0.08	0.0%
rilassamento acciaio	0.1%	0.07	0.0%
viscosità cls	0.1%	0.10	0.0%

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>111 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	111 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	111 di 118								

Verifica a rottura per flessione dopo getto 2a fase

Presollecitazione armature pretese : $\epsilon_{sp,z=403.83}=0.00679$

fless.	Z asse neutro	Mr	ϵ_{sup}	$Z_{\epsilon sup}$	ϵ_{inf}	$Z_{\epsilon inf}$
(+)	1241.13	17614950636.14	-0.00350	1800.00	0.00743	55.00
(-)	371.69	-3240542096.94	0.01000	1750.00	-0.00270	0.00

$M_{d,max} = 859815550.04 < 17614950636.14 K_r=20.487$

Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase

Calcestruzzo:	θ [GRAD]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0.006	836.00		4.52389

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
1750.00	1.338	6888.956	0.0047	-6.24	1.241

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
2023310.13	2959212.45	7289965.85

$V_{Ed,max} = 928185.02 < 2959212.45$

Seconda fase: trave + getto in opera

dopo cambio vincoli

- scassero / cambio vincoli

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-500.00	0.00	prefabb.:
2	-770.00	1500.00	reag.trazione
3	-870.00	1600.00	
4	-1240.00	1700.00	

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV. FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A 112 di 118

n.	Y	Z	
5	-1240.00	1800.00	
6	-410.00	1800.00	
7	-160.00	480.00	
8	0.00	440.00	
9	160.00	480.00	
10	410.00	1800.00	
11	1240.00	1800.00	
12	1240.00	1700.00	
13	870.00	1600.00	
14	770.00	1500.00	
15	500.00	0.00	
16	0.00	0.00	fine prefabb.
17	-500.00	0.00	
18	-2000.00	1800.00	getto in opera
19	-2000.00	2100.00	(m=0.951)
20	1550.00	2100.00	non reag.trazione
21	1550.00	1800.00	
22	-2000.00	1800.00	

A	J _f	Z _g
2781832.536	1235113071655. 6800	1297.15

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	1750.00	556.000
2	1690.00	278.000
3	1390.00	278.000
4	1190.00	278.000
5	990.00	278.000
6	300.00	278.000
7	250.00	556.000

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>113 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	113 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	113 di 118								

n.	Z	area
8	205.00	1668.000
9	155.00	834.000
1 0	105.00	1112.000
1 1	55.00	2224.000

Z _{g,p}	A _p
403.83	8340.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	175.00	1884.956	6Ø20
2	75.00	3185.575	6Ø26
3	2075.00	5202.477	SUPERIORE 46Ø12
4	1850.00	5202.477	INFERIORE 46Ø12

Sezione ideale (n=6.000)	A _{id}	J _{f,id}	Z _{g,id}
	2924725.449	136078995623 4.4900	1283.74

Sollecitazioni e frecce :

	N	M	V	freccia
cambio vincoli	0.00	0.00	0.00	0.0000

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto + scassero/cambio vincoli :

	σ _{e,max}	σ _{i,max}	
trave prefabbricata	0.84	-13.91	
getto in opera	0.00	0.00	

Cadute di tensione da maturazione soletta a t=inf. :

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	114 di 118

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	48.9%	28.58	2.0%
rilassamento acciaio	32.6%	25.16	1.8%
viscosità cls	74.1%	54.01	3.8%

Verifiche in esercizio

Verifica tensionale

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-500.00	0.00	prefabb.:
2	-770.00	1500.00	reag.trazione
3	-870.00	1600.00	
4	-1240.00	1700.00	
5	-1240.00	1800.00	
6	-410.00	1800.00	
7	-160.00	480.00	
8	0.00	440.00	
9	160.00	480.00	
10	410.00	1800.00	
11	1240.00	1800.00	
12	1240.00	1700.00	
13	870.00	1600.00	
14	770.00	1500.00	
15	500.00	0.00	
16	0.00	0.00	fine prefabb.
17	-500.00	0.00	
18	-2000.00	1800.00	getto in opera
19	-2000.00	2100.00	(m=0.951)
20	1550.00	2100.00	non reag.trazione
21	1550.00	1800.00	
22	-2000.00	1800.00	

A	J_f	Z_g
----------	----------------------	----------------------

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	115 di 118
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato							

A	J_f	Z_g
2781832.536	1235113071655. 6800	1297.15

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	1750.00	556.000
2	1690.00	278.000
3	1390.00	278.000
4	1190.00	278.000
5	990.00	278.000
6	300.00	278.000
7	250.00	556.000
8	205.00	1668.000
9	155.00	834.000
1	105.00	1112.000
0		
1	55.00	2224.000
1		

Z_{g,p}	A_p
403.83	8340.000

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	175.00	1884.956	6Ø20
2	75.00	3185.575	6Ø26
3	2075.00	5202.477	SUPERIORE 46Ø12
4	1850.00	5202.477	INFERIORE 46Ø12

Sezione ideale (n=6.000)	A_{id}	J_{f,id}	Z_{g,id}
	2924725.449	136078995623 4.4900	1283.74

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	116 di 118	

Tensioni sul cls - VH180 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo maturazione getto in opera	0.84	0.84	-13.91	-13.91
t=inf.-senza carichi	0.89	0.89	-12.72	-12.72
t=inf.-SLE Rare	0.91	0.66	-12.08	-12.76
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00	0.00	0.00

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
dopo maturazione getto in opera	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-senza carichi	-0.14	-0.14	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	-0.11	-0.49	0.00	-0.17
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00	0.00	0.00

Conformemente a quanto prescritto dalla Specifica IFS002A-2.2.1 si esegue il controllo della tensione principale di trazione al baricentro della sezione nell'involuppo di combinazioni Rare.

σ_x = tensione normale alla sezione = -3.86 N/mm²

τ_z = tensione tangenziale = 1.07 N/mm²

σ_1 = tensione principale di trazione = 0.29 N/mm² (<2.05)

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
dopo maturazione getto in opera	1259.29	0.00	SUPERIOR E	-79.78	
t=inf.-senza carichi	1106.07	0.08	INFERIORE	-72.91	
t=inf.-SLE Rare	1050.73	0.21	INFERIORE	-73.16	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00		0.00	

Verifica a rottura per flessione t=inf.

presollecitazione nelle armature di precompressione :

	Z cavo risult.	$\Delta\varepsilon_{sp}$
--	-----------------------	--------------------------

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO												
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	<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>NW.01.0.0.001</td> <td>A</td> <td>117 di 118</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	117 di 118
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	2.2.E.ZZ	CL	NW.01.0.0.001	A	117 di 118								

	Z cavo risult.	$\Delta\varepsilon_{sp}$
Armature pretese	403.83	0.00597

fless.	Z asse neutro	Mr	ε_{sup}	$Z_{\varepsilon_{sup}}$	ε_{inf}	$Z_{\varepsilon_{inf}}$
(+)	1820.84	23154583939.91	-0.00158	2100.00	0.01000	55.00
(-)	483.77	-10291604391.32	0.00998	2075.00	-0.00304	0.00

$$M_{d,max} = 1679383890.04 < 23154583939.91 \quad K_r=13.788$$

Verifica rottura per taglio t=inf.

Calcestruzzo:	θ [GRAD]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0.006	688.57		4.52389

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
2075.00	1.310	12072.955	0.0102	-4.09	1.158

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
1572860.36	3508780.85	6589280.33

$$V_{Ed,max} = 928185.02 < 3420699.08$$

$$\text{Trazione per taglio } (V=928185.02) = 1160231.28 \text{ [N]}$$

Verifica rottura per torsione t=inf.

Calcestruzzo:	θ [GRAD]	f'_{cd}	Staffe parete:	A_{sw}
	0.006	12.93		2.26195

A_k	t_{min}	u_k	σ_{cp}	α_c
2387942.8 33	218.57	6639.14	-4.09	1.158

T_{Rcd}	T_{Rsd}
5332615083.65	10567955420.44

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
OPERE D'ARTE VIABILITÀ Relazione di calcolo impalcato	COMMESSA IF2R	LOTTO 2.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO NW.01.0.0.001	REV. A	FOGLIO 118 di 118

$$T_{Ed,max} = 394423400.00 < 5332615083.65$$

$$\text{Trazione per torsione (T=5332615083.65)} = 18435461.32 \text{ [N]}$$

$$\text{Trazione per torsione (T=394423400.00)} = 1363566.88 \text{ [N]}$$

$$\text{Sforzo di precompressione presente} = -10134216.67 \text{ [N]}$$

<armatura longitudinale non necessaria>

Verifica a taglio/torsione $t=inf$.

L'azione combinata di taglio e torsione impegna i materiali (bielle di calcestruzzo e staffe di acciaio) in misura superiore a quella delle azioni singole dei due parametri di sollecitazione.

Viene perciò eseguita la verifica secondo il punto 4.1.2.1.4 - *Sollecitazioni composte - b*) nella combinazione più sfavorevole.

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |-394423400.00/5332615083.65| + |-928185.02/3420699.08| = 0.347$$

Forze di scorrimento tra i getti

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di 688.571 [mm²] (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione X=30000.00 risultano:

max valore di progetto scorrimento interfaccia	784.71	[N/mm]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	0.00	[N/mm]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	±865.69	[N/mm]
staffe di collegamento	4.5239	[mm ² /mm]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	±1927.82	[N/mm]