

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO – VITULANO

PILE P13 E P14: Relazione di calcolo
VI21 – VIADOTTO dal km 42+520 al km 43+000: Viadotto Calore Ponte

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

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

IF2R 32 E ZZ CL VI2105 004 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	C. Pinti	23/06/21	G. Coppa	24/06/21	L. Bruzzone	24/06/21	IL PROGETTISTA F. DI IULIO 31/10/21
B	REVISIONE A SEGUITO RDV	C. Pinti	29/10/21	G. Coppa	30/10/21	L. Bruzzone	30/10/21	

File: IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.doc

n. Elab.:

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 2 di 57

1	PREMESSA.....	5
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	6
3	FASI E TECNICHE REALIZZATIVE	9
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	10
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	11
5.1	CALCESTRUZZO	11
5.1.1	Strutture di elevazione	11
5.1.2	Plinto di fondazione.....	11
5.1.3	Pali di fondazione	12
5.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE.....	13
5.3	COPRIFERRI MINIMI	13
6	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ED ASPETTI IDRAULICI	14
7	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO.....	15
7.1	CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO.....	15
7.2	AZIONI DIRETTAMENTE APPLICATE SULLA PILA.....	16
7.2.1	Carichi permanenti strutturali G_1	16
7.2.2	Carichi permanenti non strutturali G_2	16
7.2.3	Azione del vento sulla pila Q_6	16
7.3	AZIONI SISMICHE Q_7	17
7.3.1	Spettri di risposta elastici	25
7.3.2	Spettri di risposta di progetto.....	27
7.3.3	Combinazione delle componenti dell'azione sismica e valutazione delle masse 32	
7.4	AZIONI ECCEZIONALI Q_8	34

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 3 di 57

7.4.1	Rottura della catenaria	34
7.4.2	Urto da traffico ferroviario	34
7.4.3	Urto da traffico veicolare	34
7.5	VARIAZIONI TERMICHE ϵ_3	34
8	COMBINAZIONI DI CARICO	35
9	CRITERI DI VERIFICA	41
9.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	41
9.1.1	Verifica a fessurazione	41
9.1.2	Verifica delle tensioni in esercizio	42
9.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	44
9.2.1	Sollecitazioni flettenti	44
9.2.2	Sollecitazioni taglianti	44
10	CRITERI DI MODELLAZIONE	46
10.1	MODELLAZIONE FEM	46
11	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA	50
12	ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL SISTEMA DI FONDAZIONE	51
13	VALIDAZIONE DEI CODICI DI CALCOLO (§10.2 – DM 14.1.2008)	52
13.1	TIPO DI ANALISI SVOLTA	52
13.2	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	52
13.3	DESCRIZIONE DEL SOFTWARE	53
13.4	AFFIDABILITA' DEI CODICI DI CALCOLO	53
13.5	MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	54
13.6	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE	54

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 4 di 57

13.7	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI	54
14	INCIDENZE.....	55
15	OUTPUT DI CALCOLO.....	56
16	INDICE DELLE FIGURE	57

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 5 di 57

1 **PREMESSA**

La presente relazione afferisce ai calcoli e alle verifiche strutturali delle pile P13-P14 del Viadotto Calore Ponte _VI21, nell'ambito della redazione dei documenti tecnici relativi alla progettazione esecutiva dell'itinerario della linea ferroviaria Napoli-Bari, tratta Cancello - Benevento - II° Lotto Funzionale Frasso Telesino-Vitulano - 3° Lotto funzionale San Lorenzo-Vitulano.

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, "Norme Tecniche per le Costruzioni"- DM 14.1.2008 e Circolare n .617 "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni".

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	6 di 57

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La tipologia di pila in esame prevede una sezione pseudorettangolare cava pluriconnessa, variabile lungo l'altezza, con larghezza, in corrispondenza della sezione di spiccato, pari a 5.50m in direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto, e pari a 4.50m in corrispondenza della sezione di intradosso pulvino, e lunghezza di 13.20m in direzione trasversale rispetto all'asse del viadotto, costante lungo l'altezza; i setti esterni perimetrali presentano uno spessore di 0.80m; quelli centrali prevedono uno spessore pari a 0.60m (Geometria tipo B*).

Il pulvino presenta una sezione pseudorettangolare piena delle medesime dimensioni esterne previste in corrispondenza della sezione del fusto ad intradosso pulvino e spessore costante, pari a 2.00m.

Geometria fusto pila		Proprietà geometriche					
Sigla	Descrizione	A	s	I _y	I _z	B _T	B _L
		Sezione fusto	Spessore pulvino	Inerzia dir. trasversale	Inerzia dir. longitudinale	Lunghezza pila	Larghezza pila
[-]	[-]	[m ²]	[m]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[m]	[m]
B*	Cava pluriconnessa 5,5x13,2	30.19	2.00	4.9521E+14	1.2025E+14	13.2	5.5

Il sistema di fondazione previsto è del tipo indiretto, con plinti di spessore pari a 2.5m e dimensioni in pianta 14x19.4m, su diaframmi, per le caratteristiche dei quali si faccia riferimento alla relazione di calcolo dedicata (Pilinto tipo F4).

Tipologia sistema di fondazione		Geometria pilinto			Pali	
Sigla	Descrizione	B _L	B _T	s	n	φ
		Dimensione in pianta in direz. parallela all'asse del viadotto	Dimensione in pianta in direz. trasversale rispetto all'asse del viadotto	Spessore	Numero pali	diametro
[-]	[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[mm]
F4	14x19.4x2.5	14	19.4	2.5	-	-

La tipologia di impalcati afferenti il gruppo di pile in esame è individuata nel prospetto di seguito:

Coppia impalcati afferenti					
Sigla	Impalcato lato fisso pila			Impalcato lato mobile pila	
[-]	Luce [m]	Tipo [-]		Luce [m]	Tipo [-]
12	45	Acciaio-clc		65	Acciaio-clc
16	65	Acciaio-clc		45	Acciaio-clc

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 7 di 57
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX							

Nelle Figure riportate di seguito si forniscono le immagini delle carpenterie della tipologia di pila in esame. Si rimanda agli elaborati grafici per l'ottenimento di dettagli ulteriori.

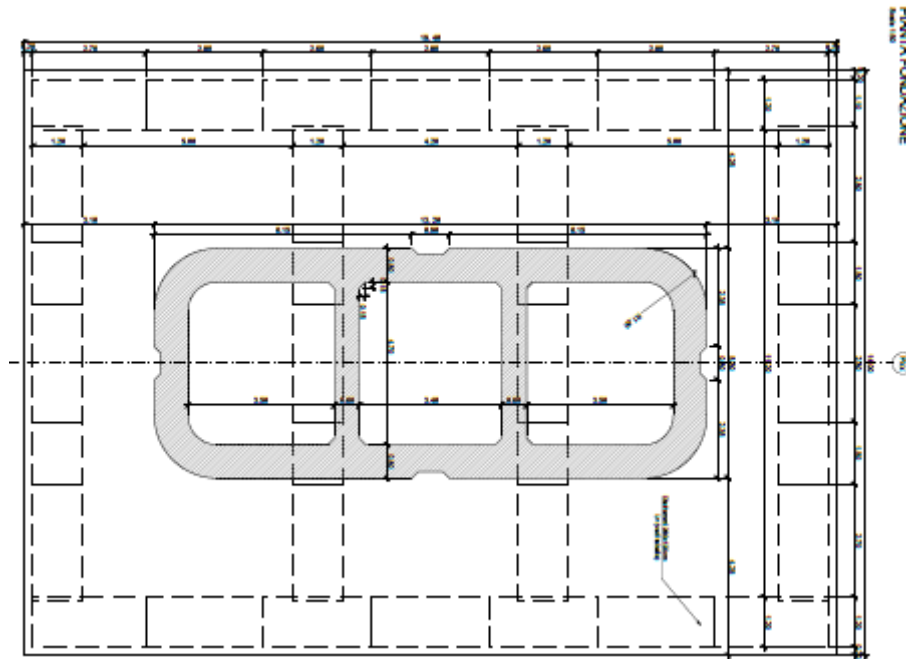


Figura 1: Vista in pianta P13-P14

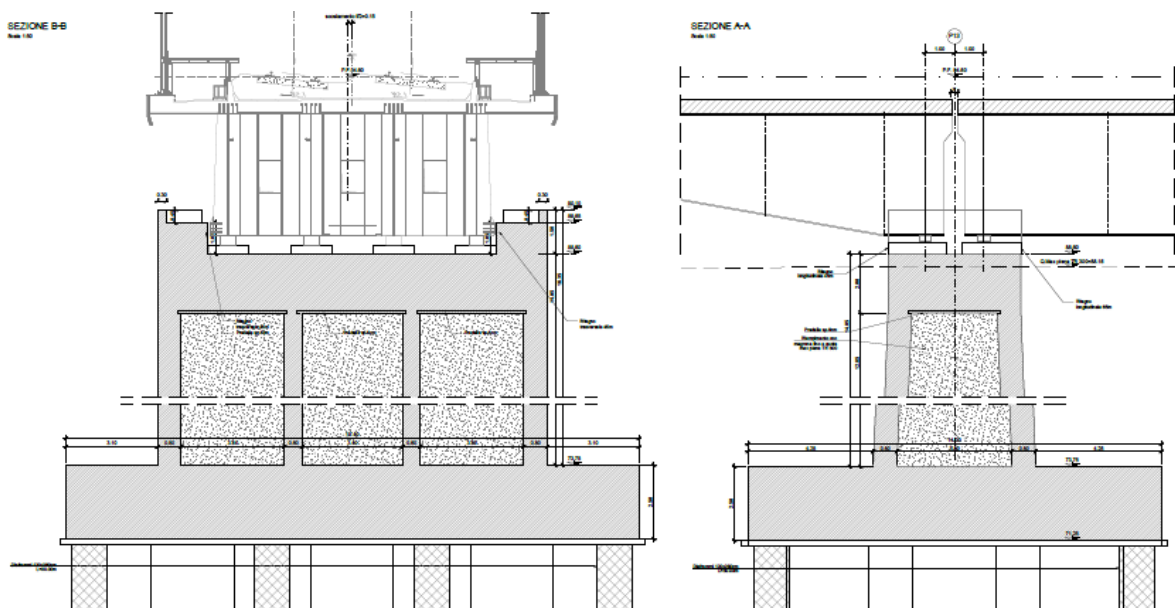


Figura 2: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto P13

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	8 di 57

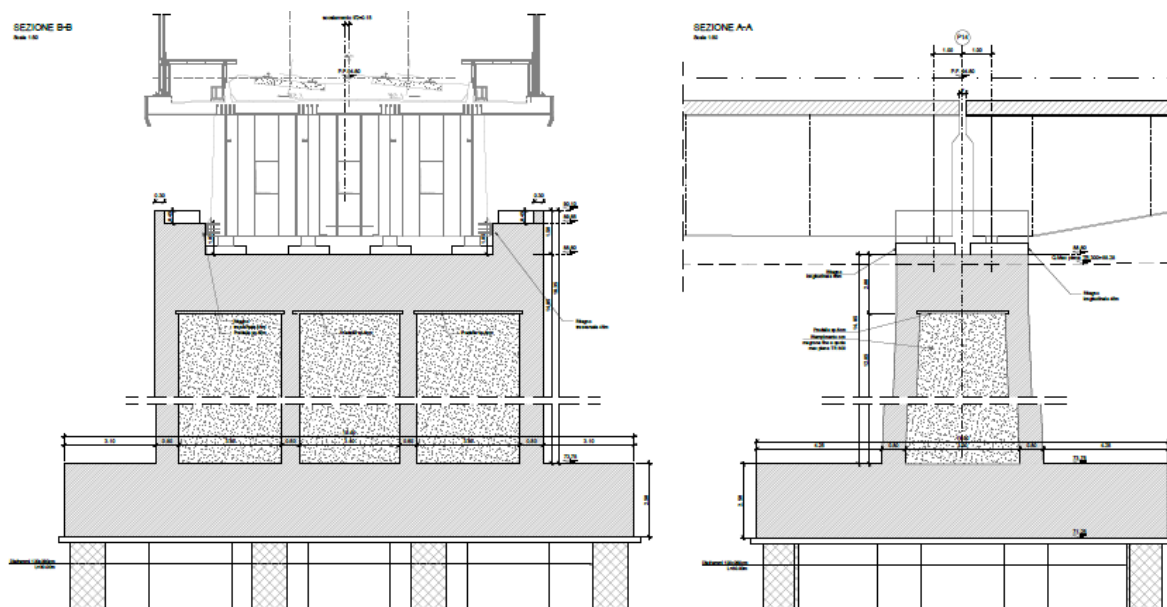


Figura 3: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto P14

Di seguito si fornisce l'elenco delle pile del tipo in esame relativamente al viadotto in oggetto.

Sigla WBS - VI	Numero pila	Sigla geometria pila	Sigla coppia impalcati per pila	Altezza pila tot. (fusto+pulvino) m	Sigla plinto relativo	Diametro pali mm	PK
21	13	Bx	12	14.85	F4	-	42+875.18
21	14	Bx	16	14.85	F4	-	42+940.23

Nei paragrafi successivi, le verifiche strutturali esibite sono quelle relative alle pile P3-VI20; P4-VI20, di uguale geometria e armatura rispetto a quelle in esame, ma sottoposte a sollecitazioni maggiori. Si faccia riferimento al documento IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.20.0.5.003.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 9 di 57

3 FASI E TECNICHE REALIZZATIVE

La realizzazione dell'opera prevede il getto in opera degli elementi in c.a. costituenti la pila.

In particolare le macro-fasi realizzative previste sono così articolate:

- Fase 1 – Scavo e predisposizione piano di lavoro e area di cantiere;
- Fase 2 – Getto dei pali di fondazione e del plinto;
- Fase 3 – Realizzazione dell'elevazione della pila (getto fusto e pulvino);
- Fase 4 – Posa in opera degli appoggi per la predisposizione degli impalcati afferenti.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 10 di 57

4 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

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

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

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

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

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	11 di 57

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati, ricavate con riferimento alle indicazioni contenute D.M.14 gennaio 2008. Le classi di esposizione dei calcestruzzi sono coerenti con la UNI EN 206-1-2001.

5.1 CALCESTRUZZO

5.1.1 Strutture di elevazione

Per il getto in opera del fusto della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4

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

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33.20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22.13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18.81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3}$ [Rck<50/60]	3.10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2.17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm} = 1.2 f_{ctm}$	3.72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

5.1.2 Plinto di fondazione

Per il getto in opera del plinto di fondazione della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C28/35 $f_{ck} \geq 28$ MPa $R_{ck} \geq 35$ MPa

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	12 di 57

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	35	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	29.05	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	37.05	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	19.37	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	16.46	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2.83	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1.98	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.40	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.32	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	32588	N/mm ²

5.1.3 Pali di fondazione

Per il getto in opera dei pali di fondazione della pila si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

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

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

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	30	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24.90	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32.90	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16.60	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14.11	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2.56	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1.79	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1.2 f_{ctm}$	3.07	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1.19	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 13 di 57

5.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE

Classe acciaio per armature ordinarie	B450C
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450$ MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_t \geq 540$ MPa
Modulo di elasticità	$E_a = 210000$ MPa

5.3 COPRIFERRI MINIMI

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

Strutture di elevazione	5.0 cm
Plinto di fondazione	4.0 cm
Pali di fondazione	6.0 cm

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: <u> </u> Mandante: <u> </u> SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 14 di 57

6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA ED ASPETTI IDRAULICI

Per le caratteristiche geotecniche relative ai terreni di fondazione dell'opera in esame e per gli aspetti idrologici e idraulici, si faccia riferimento agli elaborati specialistici di riferimento.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 15 di 57

7 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

L'analisi dei carichi che interessano la pila è stata effettuata considerando le azioni provenienti dagli impalcati afferenti e quelle direttamente applicate sulla pila.

I carichi trasmessi dagli impalcati sono relativi alle condizioni di carico elementari, opportunamente combinate secondo le vigenti normative, analizzate nel dettaglio nelle rispettive relazioni di calcolo degli impalcati tipo che afferiscono alla pila in esame.

Si riportano di seguito la sintesi delle azioni provenienti dagli impalcati e l'analisi dei carichi elementari che interessano direttamente la pila.

7.1 CARICHI TRASMESSI DALL'IMPALCATO

Per la sintesi degli scarichi espletati dagli appoggi d'impalcato sulla pila, relativamente ai due lati, fisso e mobile, per ciascuna delle condizioni di carico elementari analizzate, si faccia riferimento al capitolo relativo alle sollecitazioni e alle verifiche della pila, presentato nell'analisi dei risultati.

In particolare, per quanto riguarda i carichi da traffico ferroviario trasmessi dall'impalcato, si sono considerati coefficienti dinamici unitari, conformemente con quanto prescritto nel par.2.5.1.4.2.5.2 del "Manuale di progettazione delle opere civili", poiché le pile in esame presentano un valore di snellezza $\lambda < 30$, come dimostrato nelle valutazioni riportate nel prospetto a seguire, effettuate per le due direzioni principali di analisi, longitudinale e trasversale rispetto all'asse del viadotto.

VALUTAZIONE SNELLEZZA PILA E CALCOLO COEFFICIENTE DINAMICO PER CARICHI DA TRAFFICO		
<u>Direzione trasversale</u>		
H _p	14.85 m	Altezza complessiva della pila (fusto+pulvino)
l ₀	29.7 m	Lunghezza libera d'inflessione della pila
I _y	4.95E+14 mm ⁴	Inerzia mensola direzione trasversale
A	30.2 m ²	Sezione trasversale della pila
$\rho=(I/A)^{(1/2)}$	4050 mm	Raggio di inerzia della sezione della pila
λ_{trasv}	7.33 -	Snellezza della pila direzione trasversale
<u>Direzione longitudinale</u>		
H _{pila}	14.85 m	Altezza complessiva della pila (fusto+pulvino)
l ₀	29.7 m	Lunghezza libera d'inflessione della pila
I _z	1.2E+14 mm ⁴	Inerzia mensola direzione longitudinale
A	30.2 m ²	Sezione trasversale della pila
$\rho=(I/A)^{(1/2)}$	1996 mm	Raggio di inerzia della sezione della pila
λ_{long}	14.88 -	Snellezza della pila direzione longitudinale
λ	14.88 <30	Snellezza della pila
Φ	1 -	Coefficiente di amplificazione dinamica dei carichi da traffico per verifica pila

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	16 di 57

7.2 AZIONI DIRETTAMENTE APPLICATE SULLA PILA

7.2.1 Carichi permanenti strutturali G_1

I carichi permanenti strutturali, rappresentati dal peso proprio degli elementi costituenti la pila (fusto, pulvino e sistema di fondazione), sono valutati sulla base della geometria degli elementi della struttura e del peso specifico dei diversi materiali. Si assume un peso unitario pari a $\gamma=25\text{kN/m}^3$ per il calcestruzzo.

7.2.2 Carichi permanenti non strutturali G_2

I carichi permanenti non strutturali che interessano direttamente la pila sono rappresentati dal peso del riempimento delle cavità della pila, che grava direttamente sul plinto di fondazione, per il quale si è considerato cautelativamente un peso unitario pari a $\gamma=25\text{kN/m}^3$, e dal peso del terreno di ricoprimento del plinto di fondazione, applicato a quota estradosso plinto, per il quale si è considerato un peso unitario pari a $\gamma=20\text{kN/m}^3$.

VALUTAZIONE DEL PESO DEL TERRENO DI RICOPRIMENTO SUL PLINTO		
Peso specifico del terreno di ricoprimento	γ_{terr}	20 kN/m^3
Altezza dello strato di ricoprimento	s_{terr}	9.90 m
Area del plinto in pianta	A_{plinto}	271.6 m^2
Area dell'ingombro della pila	A_p	70.3 m^2
Peso del terreno di ricoprimento	P_{terr}	39867 kN

VALUTAZIONE DEL PESO DEL RIEMPIMENTO ALL'INTERNO DELLA PILA		
Peso specifico del riempimento	γ_{riemp}	25 kN/m^3
Altezza dello strato di riempimento	s_{riemp}	12.85 m
Area totale occupata dalle cavità della pila in pianta	A_{cav}	40.1 m^2
Peso del terreno di riempimento	P_{terr}	12869 kN

7.2.3 Azione del vento sulla pila Q_6

Si riporta di seguito il calcolo dell'azione del vento sul fusto della pila in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto. La sezione della pila è assimilata, per questo calcolo, a un rettangolo di dimensioni $B_L \times B_T$.

Si assume cautelativamente una pressione di progetto pari a $2,5\text{kN/m}^2$.

Risulta pertanto sui due lati del fusto della pila:

$$q_{T,\text{vento}} = 2,5\text{kN/m}^2 \times B_L - \text{Carico unitario in direzione trasversale all'asse del viadotto}$$

$$q_{L,\text{vento}} = 2,5\text{kN/m}^2 \times B_T - \text{Carico unitario in direzione parallela all'asse del viadotto}$$

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	17 di 57

7.3 AZIONI SISMICHE Q₇

Nel presente paragrafo si riportano la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del DM 14.1.2008.

L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel DM 14.1.2008, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione orizzontale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

S_T : coefficiente di amplificazione topografica;

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

a_g : accelerazione massima al suolo;

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono 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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 18 di 57

$$T_C = C_C \cdot T^*_C$$

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

$$T_D = 4.0 + \frac{a_g}{g} + 1.6$$

In cui :

C_C : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

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

L'espressione analitica dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione verticale è la seguente:

$$0 \leq T \leq T_B \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \longrightarrow S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

nelle quali:

$S = S_S \times S_T$: con S_S pari sempre a 1 per lo spettro verticale;

η : fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ , espresso in punti percentuali diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$):

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55$$

T: periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 19 di 57

T_B, T_C, T_D : periodi che separano i diversi rami dello spettro, e che sono pari a:

$$T_C = 0.05 \quad T_B = 0.15 \quad T_D = 1.0$$

F_V : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima mediante la relazione:

$$F_V = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

Di seguito si riporta il calcolo dei parametri per la valutazione degli spettri in accelerazione orizzontale e verticale, effettuata mediante l'utilizzo del software "Spettri NTC ver. 1.0.3" reperibile presso il sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Vita Nominale

La vita nominale di un'opera strutturale (V_N), è 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. La vita nominale delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi come indicato nella seguente tabella.

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

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale $V_N = 75$ anni.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	20 di 57

Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

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. 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.

Per l'opera in oggetto si considera una **Classe d'uso III**.

Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica

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

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1	1.5	2

Pertanto per l'opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a $75 \times 1,5 = 112,5$ anni.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 21 di 57

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

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%

Accelerazione (a_g), fattore (F_0) e periodo (T^*_c)

Ai fini del D.M. 14-01-2008 le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g : accelerazione orizzontale massima sul sito;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

I parametri prima elencati dipendono dalle coordinate geografiche, espresse in termini di latitudine e longitudine, del sito interessato dall'opera, dal periodo di riferimento (V_R), e quindi dalla vita nominale (V_N) e dalla classe d'uso (C_u) e dallo stato limite considerato. Si riporta nel seguito la valutazione di detti parametri per i vari stati limite.

Comune di Torrecuso – Provincia di Benevento

Latitudine: 41.1858200°

Longitudine: 14.6812600°

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 22 di 57

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.095	2.345	0.310
SLD	113	0.124	2.338	0.326
SLV	1068	0.355	2.354	0.395
SLC	2193	0.460	2.450	0.425

Tabella 1: Valutazione dei parametri a_g , F_o e T_c^* per i periodi di ritorno associati a ciascuno stato limite

Sono stati presi in esame, secondo quanto previsto dal DM 14.1.2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, cap. 7.1, i seguenti Stati Limite sismici:

- SLV: Stato Limite di Salvaguardia della Vita (Stato Limite Ultimo)
- SLD: Stato Limite di Danno (Stato Limite di Esercizio)
- SLC: Stato Limite di Collasso (Stato Limite Ultimo)
- SLO: Stato Limite di Operatività (Stato Limite di Esercizio)

Si riportano al termine dell’analisi, i parametri ed i punti dello spettro di risposta elastici e di progetto per lo stato limite SLV.

Classificazione dei terreni

Per la definizione dell’azione sismica di progetto, la valutazione dell’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, deve essere basata su studi specifici di risposta sismica locale esistenti nell’area di intervento. In mancanza di tali studi la normativa prevede la classificazione, riportata nella tabella seguente, basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{s30} , ovvero sul numero medio di colpi NSPT ottenuti in una prova penetrometrica dinamica (per terreni prevalentemente granulari), ovvero sulla coesione non drenata media c_u (per terreni prevalentemente coesivi).

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 23 di 57

Categoria di suolo di fondazione	Descrizione
Cat. A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
Cat. B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ 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)
Cat. C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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)
Cat. D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori $V_{s,30}$ 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)
Cat. E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s)
Cat. 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.
Cat. S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Si considera una **categoria C** di suolo di fondazione.

Amplificazione stratigrafica

I due coefficienti prima definiti, S_s e C_c , dipendono dalla categoria del sottosuolo come mostrato nel prospetto seguente.

Per i terreni di categoria A, entrambi i coefficienti sono pari a 1, mentre per le altre categorie i due coefficienti sono 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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	24 di 57

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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Nel caso in esame (categoria di sottosuolo C) allo SLV risulta:

$$S_s = 1.198$$

$$C_c = 1.427$$

Amplificazione topografica

Per poter tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente tabella.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo con inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4

Nel caso in esame $S_T = 1$

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	25 di 57

7.3.1 Spettri di risposta elastici

In accordo con le prescrizioni normative, lo spettro di risposta elastico è stato considerato solo ai fini della valutazione delle azioni in fondazione e delle azioni sugli apparecchi di appoggio.

Stato limite di salvaguardia della vita

Di seguito si forniscono lo spettro di risposta elastico per lo stato limite di salvaguardia della vita e la tabella dei parametri rispettivi.

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

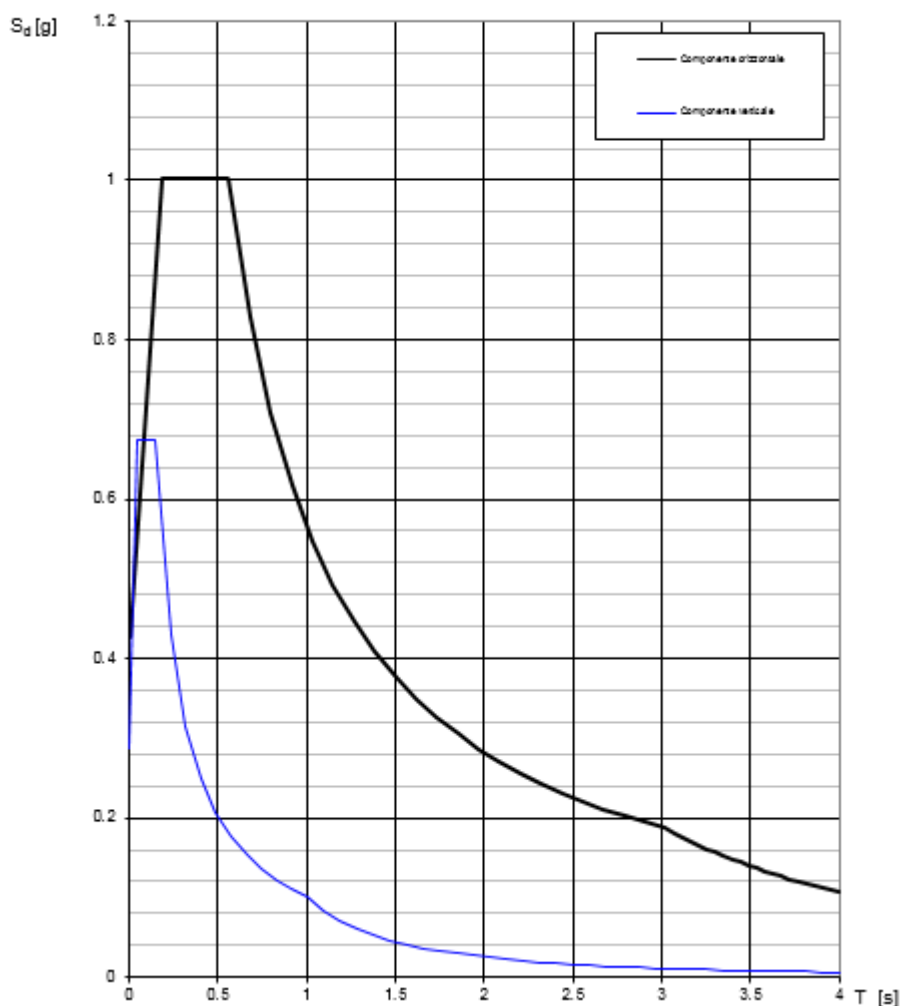


Figura 4: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale)

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
3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO

PROGETTAZIONE:

Mandatario: Mandante:

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

PROGETTO ESECUTIVO

Pile P13 e P14: Relazione di calcolo
IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX

COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 26 di 57
------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.355 g
F_0	2.354
T_C	0.395 s
S_s	1.198
C_C	1.427
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.198
η	1.000
T_B	0.188 s
T_C	0.563 s
T_D	3.022 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.426
$T_B \leftarrow$	0.188	1.002
$T_C \leftarrow$	0.563	1.002
	0.680	0.830
	0.797	0.708
	0.915	0.617
	1.032	0.547
	1.149	0.491
	1.266	0.446
	1.383	0.408
	1.500	0.376
	1.617	0.349
	1.734	0.326
	1.851	0.305
	1.968	0.287
	2.085	0.271
	2.202	0.256
	2.319	0.243
	2.436	0.232
	2.554	0.221
	2.671	0.211
	2.788	0.203
	2.905	0.194
$T_D \leftarrow$	3.022	0.187
	3.068	0.181
	3.115	0.176
	3.162	0.171
	3.208	0.166
	3.255	0.161
	3.301	0.157
	3.348	0.152
	3.394	0.148
	3.441	0.144
	3.488	0.140
	3.534	0.137
	3.581	0.133
	3.627	0.130
	3.674	0.126
	3.721	0.123
	3.767	0.120
	3.814	0.117
	3.860	0.114
	3.907	0.112
	3.953	0.109
	4.000	0.107

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 27 di 57

7.3.2 Spettri di risposta di progetto

In accordo con il par. 3.2.3.5 del DM 14.1.2008 le capacità dissipative delle strutture possono essere prese in considerazione attraverso una riduzione delle forze elastiche. Tale riduzione tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. Lo spettro di progetto $S_d(T)$ che ne risulta, sia per le componenti orizzontali, che per la componente verticale, deriva dunque dallo spettro elastico con le ordinate ridotte e lo si ottiene sostituendo, nelle espressioni che lo definiscono, il termine η con il termine $1/q$, dove q è il cosiddetto fattore di struttura.

Il fattore di struttura è definito in accordo con il par. 7.3.1 del DM 14.1.2008:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u/α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Nel caso di pile da ponte in c.a. in **classe di duttilità "B" (CD "B")**, in accordo con il par. 7.9.2.1 (Tabella 7.9.I) DM 14.1.2008 (Tabella 7.9.I), il valore di q_0 è pari ad 1.5 mentre il valore di K_R è pari ad 1, per cui, in definitiva, per le componenti orizzontali dell'azione sismica si adotta:

$$q = 1.5$$

Per la componente verticale, il fattore di struttura per i ponti è unitario ($q = 1$), quindi si utilizza lo spettro elastico.

L'utilizzo di uno spettro di risposta di progetto ($q > 1$) implica il rispetto di quelli che sono i requisiti normativi della gerarchia delle resistenze, descritti nello specifico nei paragrafi relativi al calcolo e alla verifica dei singoli elementi 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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	28 di 57

Stato limite di salvaguardia della vita

Secondo quanto riportato nel DM 14/01/2008 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, cap. 3.2.3.5, lo spettro di progetto delle componenti orizzontali per lo SLV è stato determinato secondo le seguenti relazioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\frac{1}{q} \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{15}{q} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \frac{1}{q} \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

In cui:

$$S = S_s \cdot S_T;$$

S_s : coefficiente di amplificazione stratigrafico;

S_T : coefficiente di amplificazione topografica;

F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_C : periodo corrispondente all’inizio del tratto a velocità costante dello spettro ed è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

In cui :

C_C : coefficiente che tiene conto della categoria del terreno;

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 29 di 57

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

T_B : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ed è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$T_B = \frac{T_C}{3}$$

T_D : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante ed è ottenuto mediante la seguente relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

q : fattore di struttura.

Sulla base delle coordinate geografiche del sito su cui sorge l'opera in esame, sono stati determinati gli spettri di risposta di progetto ed i parametri per lo SLV , riportati di seguito:

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	30 di 57

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

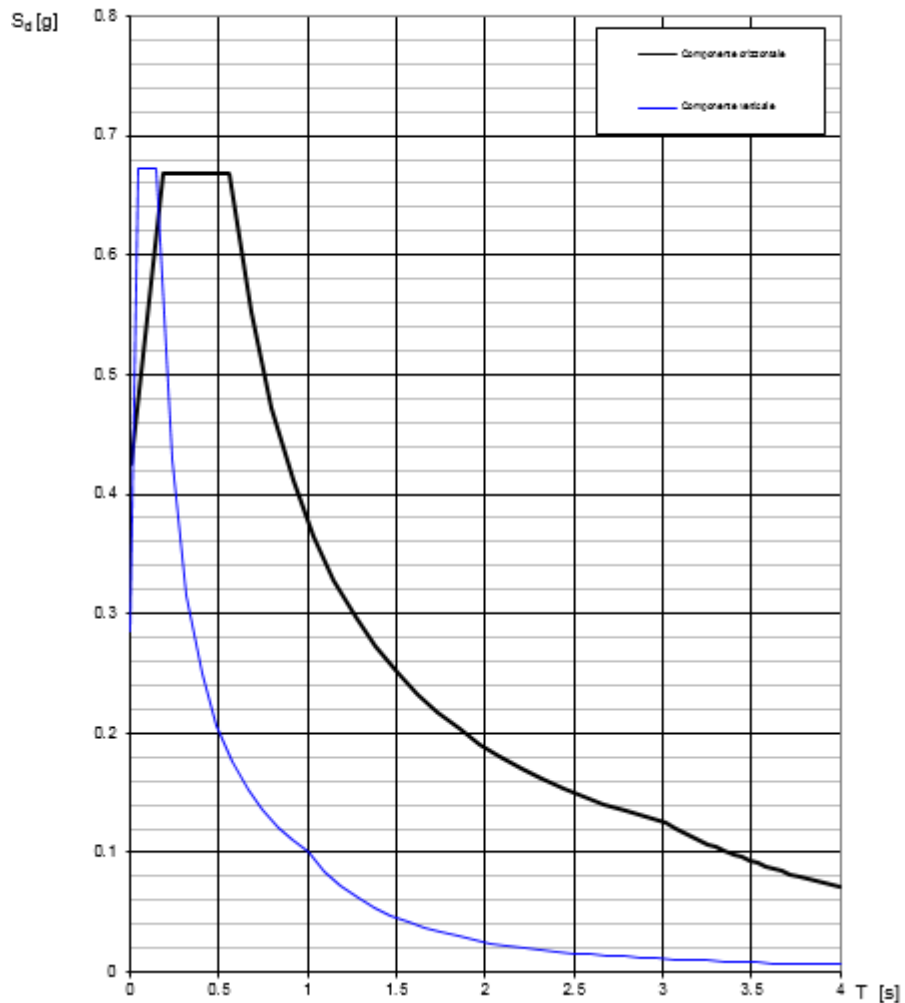


Figura 5: Spettri di risposta di progetto (q=1,5)_SLV (Componente orizzontale e verticale)

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
3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO

PROGETTAZIONE:

Mandatario: Mandante:

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

PROGETTO ESECUTIVO

Pile P13 e P14: Relazione di calcolo
IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX

COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 31 di 57
------------------	-------------------	----------------	----------------------------	-----------	--------------------

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.355 g
F_0	2.354
T_C	0.395 s
S_s	1.198
C_C	1.427
S_T	1.000
q	1.500

Parametri dipendenti

S	1.198
η	0.667
T_B	0.188 s
T_C	0.563 s
T_D	3.022 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

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

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.426
T_B	0.188	0.668
T_C	0.563	0.668
	0.680	0.553
	0.797	0.472
	0.915	0.412
	1.032	0.365
	1.149	0.328
	1.266	0.297
	1.383	0.272
	1.500	0.251
	1.617	0.233
	1.734	0.217
	1.851	0.203
	1.968	0.191
	2.085	0.180
	2.202	0.171
	2.319	0.162
	2.436	0.154
	2.554	0.147
	2.671	0.141
	2.788	0.135
	2.905	0.130
T_D	3.022	0.125
	3.068	0.121
	3.115	0.117
	3.162	0.114
	3.208	0.111
	3.255	0.107
	3.301	0.104
	3.348	0.101
	3.394	0.099
	3.441	0.096
	3.488	0.094
	3.534	0.091
	3.581	0.089
	3.627	0.086
	3.674	0.084
	3.721	0.082
	3.767	0.080
	3.814	0.078
	3.860	0.076
	3.907	0.075
	3.953	0.073
	4.000	0.071

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 32 di 57

7.3.3 Combinazione delle componenti dell'azione sismica e valutazione delle masse

Il sisma viene convenzionalmente considerato come agente separatamente in due direzioni tra loro ortogonali prefissate (direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto e trasversale); per tenere conto che nella realtà il moto del terreno durante l'evento sismico ha direzione casuale e in accordo con le prescrizioni normative, per ottenere l'effetto complessivo del sisma, a partire dagli effetti delle direzioni calcolati separatamente, si è provveduto a sommare i massimi ottenuti in una direzione con il 30% dei massimi ottenuti per l'azione applicata nell'altra direzione.

Per quanto riguarda la valutazione delle masse sismiche, nel caso di ponti, in accordo con il par. 3.2.4 del D.M. 14/01/2008, oltre alla massa efficace dell'impalcato e della pila, è stata considerata un'aliquota pari al 20% del carico dovuto al transito dei treni: questo è stato ottenuto tenendo conto dello scenario più gravoso tra quello che vede la presenza sui due binari di due treni di carico LM71 e quello caratterizzato da un treno LM71 e da un treno tipo SW/2.

In direzione longitudinale rispetto all'asse del viadotto, la lunghezza di impalcato di competenza della pila, per il calcolo delle masse sismiche, è quella relativa all'impalcato "lato fisso"; in direzione trasversale, è pari alla somma della metà della luce dell'impalcato "lato fisso" e della metà di quella dell'impalcato "lato mobile".

La valutazione delle masse sismiche relative alla coppia di impalcati afferenti la pila è esplicitata nel prospetto di seguito, per ciascuna delle due direzioni di verifica, e per i due lati, quello fisso e quello mobile.

MASSE SISMICHE IMPALCATO					
Impalcato di riferimento			<u>Imp.L.M.</u>	<u>Imp.L.F.</u>	
Massa sismica per carichi permanenti strutturali impalcato in direz.long.	MG1		0.00	15378.00	kN
Massa sismica per carichi permanenti non strutturali impalcato in direz.long.	MG2		0.00	16120.00	kN
Massa sismica per carichi permanenti totali impalcato in direz.long.	MG		0.00	31498.00	kN
Massa sismica per carichi da traffico (20%) in direz.long.	MQ1		0.00	2751.36	kN
Massa sismica per carichi permanenti strutturali impalcato in direz.trasv.	MG1		5340.00	7689.00	kN
Massa sismica per carichi permanenti non strutturali impalcato in direz.trasv.	MG2		5580.00	8060.00	kN
Massa sismica per carichi permanenti totali impalcato in direz.trasv.	MG		10920.00	15749.00	kN
Massa sismica per carichi da traffico (20%) in direz.trasv.	MQ1		1019.68	1375.68	kN

Il §7.9.3-DM 14.1.2008 raccomanda di assumere un'eccentricità accidentale nel posizionamento delle masse sismiche riferite all'impalcato, pari a 0,03 volte la dimensione dell'impalcato stesso misurata perpendicolarmente alla direzione dell'azione sismica.

Per la pila in oggetto si avrebbe:

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 33 di 57

Impalcato di riferimento	l_{imp}		l_{imp_sx}	l_{imp_dx}	[-]
Lunghezza totale dell'impalcato	L_{imp}		45.00	65.00	(m)
Eccentricità dell'impalcato in direzione longitudinale	e_{long}	$e_{long} = 0.03 * L_{imp}$	1.35	1.95	(m)

Le eccentricità così definite producono sulla pila effetti torsionali che ai fini delle valutazioni successive sono considerate trascurabili e vengono pertanto trascurate.

Per quanto riguarda le masse sismiche della pila, queste sono calcolate automaticamente dal programma di calcolo, come meglio descritto nel capitolo relativo ai criteri di modellazione, sulla base delle caratteristiche geometriche e della massa unitaria dei materiali costituenti i vari elementi.

La massa sismica relativa all'inerzia del riempimento delle cavità della pila, è applicata sulla pila in corrispondenza del baricentro dello strato di riempimento. Per il peso del riempimento considerato, si faccia riferimento a quanto esplicitato nel capitolo di analisi dei carichi permanenti non strutturali che interessano direttamente la pila.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	34 di 57

7.4 AZIONI ECCEZIONALI Q₈

Nel presente paragrafo si riporta la descrizione delle azioni eccezionali, derivanti dall'esercizio ferroviario e dal traffico veicolare sotto il ponte, che inducono uno stato di sollecitazione aggiuntivo sulle pile.

7.4.1 Rottura della catenaria

In accordo con il par. 5.2.2.9.1 del DM 14.1.2008, si considera l'eventualità che si verifichi la rottura della catenaria nel punto più sfavorevole del ponte. Essendo presenti due binari, la forza statica equivalente, agente in direzione parallela all'asse dei binari, è stata assunta pari a 40 kN e applicata sui sostegni alla quota del filo.

7.4.2 Urto da traffico ferroviario

In accordo con il par. 3.6.3.4 del DM 14.1.2008, l'urto sulle strutture adiacenti la ferrovia, legato al deragliamento del treno, è stato simulato mediante l'applicazione, a 1.80m dal piano del ferro, delle seguenti azioni statiche equivalenti, considerate agenti non simultaneamente:

- 4000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 1500 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari.

7.4.3 Urto da traffico veicolare

Laddove prevista una viabilità al di sotto del viadotto, in accordo con il par. 3.6.3.3.1 del DM 14.1.2008, l'urto di veicoli sulla pila, è stato simulato mediante l'applicazione delle seguenti azioni statiche equivalenti, considerate agenti non simultaneamente:

Caso di strada locale

- 750 kN in direzione parallela al moto del veicolo;
- 375 kN in direzione ortogonale al moto del veicolo.

Caso di strada extraurbana

- 1000 kN in direzione parallela al moto del veicolo;
- 500 kN in direzione ortogonale al moto del veicolo.

7.5 VARIAZIONI TERMICHE ε₃

Per l'analisi termica delle pile cave, eseguita in accordo con quanto previsto nel par. 5.2.2.5.2 del DM 14.1.2008, si rimanda alla successiva fase di progettazione.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 35 di 57

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni delle azioni sono state definite in accordo con quanto riportato al par. 2.5.3 del DM 14.1.2008:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} e quelli dei coefficienti di combinazione Ψ_{ij} sono stati desunti dal par. 5.2.3.3.1 del DM 14.1.2008, relativo al capitolo sui 'Ponti ferroviari'. Di seguito si riportano le Tabelle di riferimento.

Per quanto riguarda il coefficiente di combinazione Ψ_{2j} relativo ai carichi dovuti al transito dei treni, come anticipato in precedenza, questo si assume pari a 0,2 nelle combinazioni sismiche, conformemente a quanto prescritto nel par. 3.2.4 del DM 14.1.2008, ed in quelle eccezionali, conformemente a quanto prescritto nel par. 5.2.3.1.5 del DM 14.1.2008.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 36 di 57
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX						

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

Figura 6: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008

Azioni		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	Ξ_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	Ξ_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	Ξ_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	Ξ_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

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

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 7: Valori dei coefficienti di combinazione– Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	37 di 57

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Treno di carico LM 71	0,80 ⁽³⁾	⁽¹⁾	0,0
	Treno di carico SW /0	0,80 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno di carico SW/2	0,0 ⁽³⁾	0,80	0,0
	Treno scarico	1,00 ⁽³⁾	-	-
	Centrifuga	⁽²⁾	⁽²⁾	⁽²⁾
	Azione laterale (serpeggio)	1,00 ⁽³⁾	0,80	0,0

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

(2) Si usano gli stessi coefficienti Ψ adottati per i carichi che provocano dette azioni.

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti Ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Figura 8: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008

Conformemente con quanto prescritto al par.5.2.3.1.3 del D.M. 14 gennaio 2008, gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008, riportata di seguito.

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

Azione dominante
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, α , ecc.)
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Figura 9: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008

Sulla base dei criteri esposti sopra, si riportano nel prospetto di seguito i coefficienti dedotti per ciascuna delle combinazioni di carico adottate nell'analisi strutturale, per i diversi stati limite.

APPALTATORE:	 Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata		ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: _____ Mandante: _____							
	SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	Pile P13 e P14: Relazione di calcolo		IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	38 di 57
	IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX							

Combinazione	Gruppo	Traffico	G1	G2	Q3,a B1-SW2	Q3,a B1-LM71	Q3,a B2-LM71	Q3,f B1-SW2	Q3,f B1-LM71	Q3,f B2-LM71	Q4 B1-SW2	Q4 B1-LM71	Q4 B2-LM71	Q5 B1-SW2	Q5 B1-LM71	Q5 B2-LM71	Q6	LM71_B1	LM71_B2	SW2_B1	A_Gk	A_Qk
SLU-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1.35	1.5	0	0.725	0	0	0	0.725	0	1.45	1.45	0	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45	0	-1.35	-1.45
SLU-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1.35	1.5	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0.725	0.725	0	0.725	0.725	0.9	1.45	1.45	0	-1.35	-1.45
SLU-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1.35	1.5	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-1.45
SLU-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1.35	1.5	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-1.45
SLU-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1.35	1.5	0	0	0	0.725	0	0	1.45	0	0	1.45	0	0	0.9	0	0	1.45	-1.35	-0.725
SLU-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1.35	1.5	0	0	0	1.45	0	0	0.725	0	0	0.725	0	0	0.9	0	0	1.45	-1.35	-0.725
SLU-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1.35	1.5	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-0.725
SLU-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1.35	1.5	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1.35	-0.725
SLU-Gr.1(N)-Gk=1.00	Gr.1	(N)	1	1	0	0.725	0	0	0	0.725	0	1.45	1.45	0	1.45	1.45	0.9	1.45	1.45	0	-1	-1.45
SLU-Gr.3(N)-Gk=1.00	Gr.3	(N)	1	1	0	1.45	0	0	0	1.45	0	0.725	0.725	0	0.725	0.725	0.9	1.45	1.45	0	-1	-1.45
SLU-Gr.1(P)-Gk=1.00	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45
SLU-Gr.3(P)-Gk=1.00	Gr.3	(P)	1	1	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45
SLU-Gr.1-1SW/2-Gk=1.00	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.725	0	0	1.45	0	0	1.45	0	0	0.9	0	0	1.45	-1	-0.725
SLU-Gr.3-1SW/2-Gk=1.00	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	1.45	0	0	0.725	0	0	0.725	0	0	0.9	0	0	1.45	-1	-0.725
SLU-Gr.1-MaxML(P)-Gk=1.00	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.725	0.725	0	0	1.45	0	1.45	1.45	0	1.45	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45
SLU-Gr.3-MaxML(P)-Gk=1.00	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	1.45	1.45	0	0	0.725	0	0.725	0.725	0	0.725	0.9	0	1.45	1.45	-1	-1.45
SLV-EL+0.3ET	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
SLV-0.3EL+ET	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
SLE-C-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1	1	0	0.5	0	0	0	0.5	0	1	1	0	1	1	0.6	1	1	0	-1	-1
SLE-C-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.6	1	1	0	-1	-1
SLE-C-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	1	0	1	1	0	1	0.6	0	1	1	-1	-1
SLE-C-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1	1	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.6	0	1	1	-1	-1
SLE-C-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.5	0	0	1	0	0	1	0	0	0.6	0	0	1	-1	-0.5
SLE-C-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	1	0	0	0.5	0	0	0.5	0	0	0.6	0	0	1	-1	-0.5
SLE-C-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.5	0.5	0	0	1	0	1	1	0	1	0.6	0	1	1	-1	-1
SLE-C-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	1	1	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0.5	0.6	0	1	1	-1	-1
SLE-F-Gr.1(N)	Gr.1	(N)	1	1	0	0.4	0	0	0	0.4	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0.8	0	-1	-0.8
SLE-F-Gr.3(N)	Gr.3	(N)	1	1	0	0.8	0	0	0	0.8	0	0.4	0.4	0	0.4	0.4	0	0.8	0.8	0	-1	-0.8
SLE-F-Gr.1(P)	Gr.1	(P)	1	1	0	0	0.4	0.4	0	0	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8
SLE-F-Gr.3(P)	Gr.3	(P)	1	1	0	0	0.8	0.8	0	0	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8
SLE-F-Gr.1-1SW/2	Gr.1	1SW/2	1	1	0	0	0	0.4	0	0	0.8	0	0	0.8	0	0	0	0	0	0.8	-1	-0.4
SLE-F-Gr.3-1SW/2	Gr.3	1SW/2	1	1	0	0	0	0.8	0	0	0.4	0	0	0.4	0	0	0	0	0	0.8	-1	-0.4
SLE-F-Gr.1-MaxML(P)	Gr.1	MaxML	1	1	0	0	0.4	0.4	0	0	0.8	0	0.8	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8
SLE-F-Gr.3-MaxML(P)	Gr.3	MaxML	1	1	0	0	0.8	0.8	0	0	0.4	0	0.4	0.4	0	0.4	0	0	0.8	0.8	-1	-0.8
SLE-QP	\	\	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 2: Combinazioni di carico

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 39 di 57	

I casi di carico che figurano nelle combinazioni sopra riportate, fanno riferimento alle seguenti azioni.

CASI DI CARICO		
Sigla	Tipologia	Descrizione
-	-	-
G1	Carichi permanenti strutturali	Peso proprio travi+soletta
G2 (G2,1+G2,2+G2,3+G2,4)	Carichi permanenti non strutturali	Ballast e armamento-velette-paraballast-canalette e impianti-barriere antirumore
Q3,a B1-SW2	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno SW/2 su binario 1
Q3,a B1-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 1
Q3,a B2-LM71	Avviamento treno	Azione di avviamento per treno LM71 su binario 2
Q3,f B1-SW2	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno SW/2 su binario 1
Q3,f B1-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 1
Q3,f B2-LM71	Frenatura treno	Azione di frenatura per treno LM71 su binario 2
Q4 B1-SW2	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno SW/2 su binario 1
Q4 B1-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 1
Q4 B2-LM71	Azione centrifuga	Azione centrifuga per treno LM71 su binario 2
Q5 B1-SW2	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno SW/2 su binario 1
Q5 B1-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 1
Q5 B2-LM71	Serpeggio	Azione di serpeggio per treno LM71 su binario 2
Q6	Vento	Azione del vento
LM71_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 1
LM71_B2	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno LM71 su binario 2
SW2_B1	Traffico ferroviario	Carico verticale per treno SW/2 su binario 1
A_Gk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincoli (aliquota dovuta ai carichi permanenti)
A_Qk	Resistenze parassite	Resistenze parassite dei vincoli (aliquota dovuta ai carichi variabili)

Tabella 3 – Casi di carico

Per quanto riguarda le condizioni di traffico indicate nel prospetto dei coefficienti di combinazioni adottati, queste fanno riferimento rispettivamente 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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 40 di 57

- **(N):** Condizioni di traffico normale (modello di carico LM71 su binario 1 e 2) su entrambe le campate afferenti. Gli assi del modello LM71 sono centrati sulla pila (Disposizione '0', in seguito denominata DISP.0);
- **(P):** Condizioni di traffico pesante (modello di carico SW/2 su binario 1 e LM71 su binario 2) su entrambe le campate afferenti. Gli assi del LM71 e la stesa di carico di 25 m del SW/2 sono centrati sulla pila (Disposizione '1', in seguito denominata DISP.1);
- **Max ML:** Condizioni di traffico pesante (SW/2 su binario 1, LM71 su binario 2) solo sulla campata lato appoggi fissi. Gli assi del modello LM71 e la stesa di carico di 25 m del modello SW/2 sono posizionati a partire dall'estremità dell'impalcato lato fisso, a ridosso della pila (Disposizione '2', in seguito denominata DISP.2);
- **1SW/2:** Condizioni di traffico pesante con un solo binario carico (SW/2 su binario 1) su entrambe le campate afferenti. La stesa di carico di 25 m del modello SW/2 è centrata sulla pila (Disposizione '3', in seguito denominata DISP.3).

Per quanto riguarda i gruppi di carico analizzati, come visibile nel prospetto dei coefficienti di combinazioni adottati, le azioni agenti sull'impalcato sono state combinate secondo i gruppi 1 e 3 (Gr.1-3), che danno luogo a sollecitazioni maggiori per le strutture in elevazione e in fondazione.

Inoltre, in accordo con la Tabella 5.2.V del DM 14.1.2008, le combinazioni allo SLU sono state duplicate considerando sia il possibile effetto sfavorevole che quello favorevole dei carichi permanenti strutturali e non. Nel secondo caso si sono quindi assunti valori unitari per i coefficienti γ_{Gk} .

Per quanto riguarda i coefficienti delle azioni dedotti per le combinazioni di carico eccezionali, si faccia riferimento al Capitolo dedicato alle verifiche per azioni eccezionali.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 41 di 57

9 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" - RFI DTC SI MA IFS 001 A .

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

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

9.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

9.1.1 Verifica a fessurazione

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

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

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

Tabella 4: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del DM 14.1.2008

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

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 42 di 57

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

- a) $\delta_f \leq w_1$ per strutture in condizioni ambientali aggressive e molto aggressive, così come identificate nel par. 4.1.2.2.4.3 del DM 14.1.2008, per tutte le strutture a permanente contatto con il terreno e per le zone non ispezionabili di tutte le strutture;
- b) $\delta_f \leq w_2$ per strutture in condizioni ambientali ordinarie secondo il citato paragrafo del DM 14.1.2008.

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

- Stato limite di fessurazione: $w_d \leq w_1 = 0.2$ 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.

9.1.2 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:

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 43 di 57

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

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

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.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 44 di 57

9.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

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

9.2.2 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);

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

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

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

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 45 di 57

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;
- σ_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;
- A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;
- S è 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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.							
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX		COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 46 di 57

10 CRITERI DI MODELLAZIONE

10.1 MODELLAZIONE FEM

Le sollecitazioni di verifica della pila sono state determinate a partire dai valori delle risultanti delle azioni trasmesse dagli impalcati alla quota degli apparecchi di appoggio. Per il calcolo di tali sollecitazioni ci si è serviti di un modello FEM tridimensionale implementato nel software di calcolo agli elementi finiti *Midas Gen* e schematizzante la geometria della pila. Il fusto della pila è stato schematizzato mediante un elemento frame monodimensionale (beam), cui si è assegnata la sezione reale corrispondente, distinguendo tra quella cava corrente, relativa al fusto della pila, e quella piena in corrispondenza della zona pulvino. L'elemento 'frame', incastrato alla base a simulare lo schema statico di mensola, è posizionato in corrispondenza dell'asse baricentrico di ciascun elemento. Le caratteristiche meccaniche assegnate a ciascun elemento sono state definite sulla base dei materiali che compongono l'elemento stesso, definiti all'inizio della presente trattazione.

Gli assi di riferimento adottati sono:

- x = asse longitudinale rispetto all'asse del viadotto
- y = asse trasversale rispetto all'asse del viadotto
- z = asse verticale

I carichi assegnati nei vari punti della struttura sono stati desunti dall'analisi dei carichi descritta in precedenza.

Si individua nella Figura a seguire la modalità di trasmissione delle azioni trasferite dagli impalcati, sull'elemento monodimensionale che schematizza la pila: in corrispondenza dei due allineamenti degli appoggi (lato fisso e mobile) sono stati modellati due nodi, in posizione baricentrica rispetto all'allineamento, dunque in asse impalcato, collegati tramite *link rigidi* al fusto della pila in modo da consentire il trasferimento delle sollecitazioni dalla quota degli appoggi alla pila. Il modello prevede inoltre nodi posizionati in corrispondenza della quota baricentrica dei due impalcati afferenti e del piano del ferro, vincolati rigidamente all'elemento pila. Nella Figura di seguito si visualizzano inoltre le caratteristiche del vincolo esterno di base.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	IF2R	3.2.E.ZZ	CL	VI.21.0.5.004	B	47 di 57		

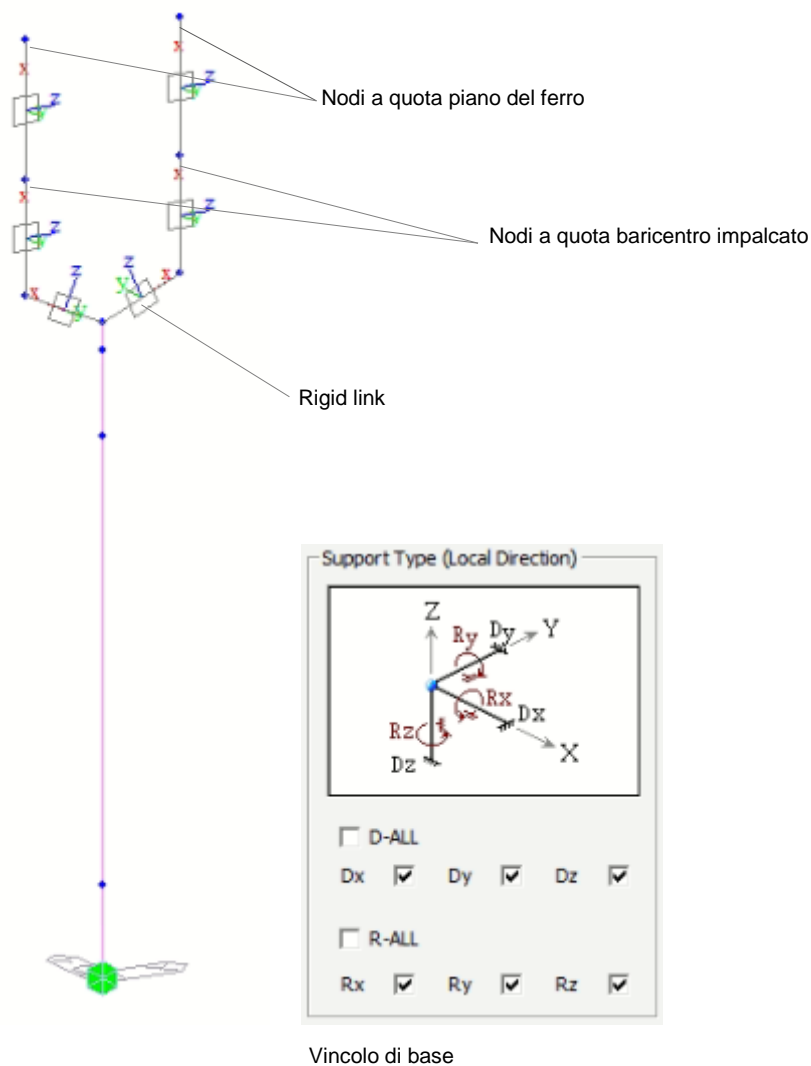


Figura 11: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – Vista 3D Wireframe – Sistema dei vincoli interni-esterni

A seguire, le immagini del modello agli elementi finiti implementato per la pila oggetto di analisi, sopra descritto.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 3.2.E.ZZ CL VI.21.0.5.004 B 48 di 57					
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX						

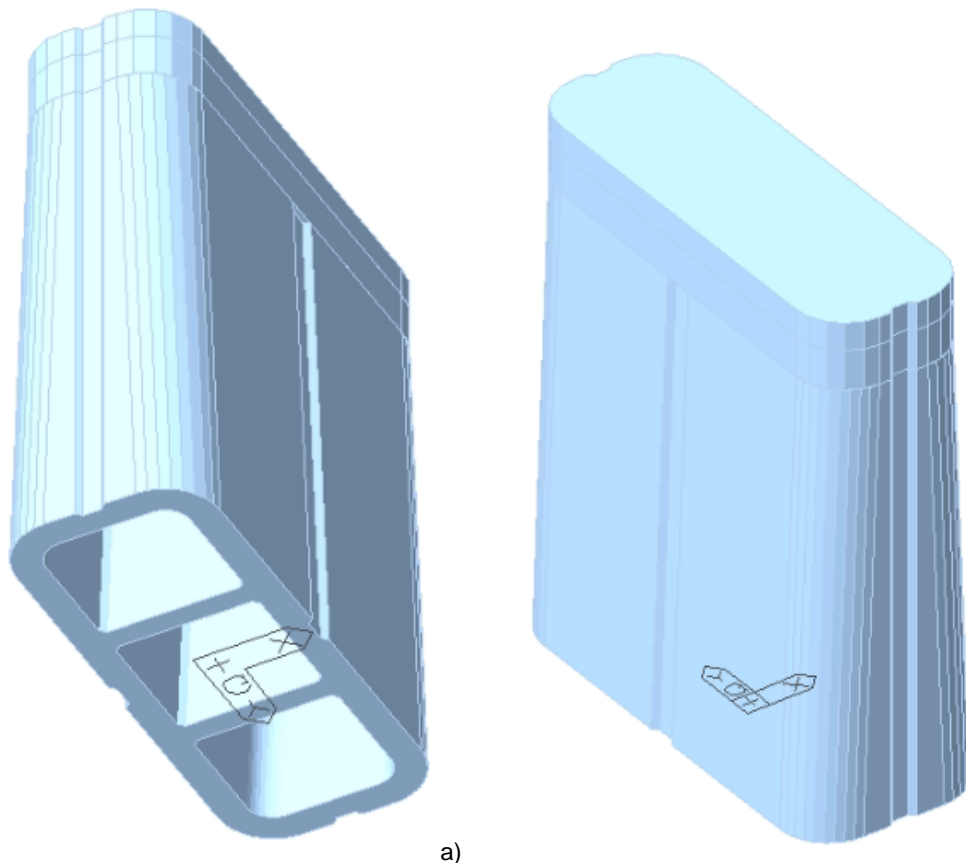


Figura 12: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D dal basso b) Vista 3D dall'alto

Per tener conto dell'influenza della fessurazione sulla rigidezza, in accordo con il par.7.2.6 del DM 14.1.2008, si è considerato un abbattimento del modulo elastico pari al 50%, rispetto al valore iniziale E_{cm} con conseguente abbattimento delle rigidzze flessionali della pila nelle due direzioni e corrispondente aumento dei periodi di vibrazione.

Questa condizione rappresenta lo scenario più gravoso per la struttura in esame: in condizioni iniziali non fessurate, le pile sono caratterizzate da rigidzze molto alte, dunque periodi di vibrazione molto bassi (spesso $T_1 < T_B$ o al più $T_B < T_1 << T_C$) ai quali corrispondono ordinate spettrali prossime o uguali a quelle di massima amplificazione (plateau dello spettro di risposta). In definitiva, in questo ramo dello spettro, un aumento del periodo di vibrazione, legato ad un abbattimento della rigidezza, comporta un aumento dell'accelerazione sismica considerata.

Inoltre, secondo quanto anticipato nel paragrafo relativo alle azioni sismiche, la valutazione degli effetti dell'azione sismica viene effettuata considerando uno spettro di progetto,

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 49 di 57

ottenuto riducendo lo spettro elastico mediante un fattore di struttura pari ad 1.5, in modo da tener conto in maniera semplificata della capacità dissipativa anelastica della struttura.

Per questioni legate al criterio di gerarchia delle resistenze, gli spettri elastici ($q=1$) verranno utilizzati solo nel caso della verifica degli apparecchi di appoggio e per la valutazione delle azioni in fondazione; si rimanda ai relativi paragrafi per approfondimenti in merito all'applicazione del criterio di gerarchia delle resistenze per i diversi elementi strutturali.

Si ribadisce inoltre che per la valutazione delle masse sismiche del viadotto, oltre alla massa dell'impalcato e della pila, è stata considerata anche un'aliquota pari al 20% del carico dovuto al transito dei mezzi.

Per la determinazione delle sollecitazioni sui diversi elementi costituenti la pila si procede con un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta su modello agli elementi finiti.

Le masse sismiche della pila e del pulvino sono calcolate automaticamente dal programma sulla base delle caratteristiche geometriche e della massa unitaria dei materiali costituenti i vari elementi.

Le masse sismiche relative agli impalcati, ai carichi variabili, e al riempimento della pila, sono inserite manualmente nel modello nei punti di applicazione rispettivi (quota baricentro impalcato, quota piano del ferro, quota baricentro strato di riempimento).

Note le reazioni vincolari alla base della struttura, dal software di calcolo, si considera un modello di plinto di fondazione rigido sul quale si effettuerà la ripartizione delle azioni, ai fini della deduzione delle azioni assiali sui pali. Il trasporto delle azioni dalla base della pila ad intradosso plinto, tiene conto delle eccentricità presenti e delle azioni aggiuntive che interessano il sistema di fondazione. Si faccia riferimento all'analisi dei risultati della fondazione per precisazioni sulla modalità di trasporto delle azioni all'intradosso.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Conorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 50 di 57

11 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DELLA PILA

Come anticipato all'inizio della trattazione, si faccia riferimento all'analisi condotta nel documento IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.20.0.5.003, relativo al calcolo e alle verifiche strutturali delle pile P3-P4-VI20, caratterizzate dalla medesima geometria, condizione di carico, e armatura, delle pile in oggetto.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 51 di 57

12 ANALISI DEI RISULTATI: SOLLECITAZIONI E VERIFICHE DEL SISTEMA DI FONDAZIONE

Per le analisi del sistema di fondazione delle pile in esame su diaframmi, si faccia riferimento alla Relazione di calcolo dei diaframmi dedicata.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 52 di 57

13 VALIDAZIONE DEI CODICI DI CALCOLO (§10.2 – DM 14.1.2008)

Nei paragrafi successivi si riporta il controllo dell'affidabilità dei codici utilizzati per la redazione del progetto e la verifica dell'attendibilità dei risultati ottenuti, curando nel contempo che la presentazione dei risultati stessi sia tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità.

Il presente capitolo è redatto coerentemente con quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" e relativa "Circolare 2 Febbraio 2009 n.617", Cap. 10.2.

C.10.2 - Analisi e verifiche svolte con l'ausilio di codici di calcolo

Il sottoscritto, in qualità di calcolatore delle opere in progetto, dichiara quanto segue nei paragrafi successivi.

13.1 TIPO DI ANALISI SVOLTA

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

Per il calcolo delle strutture in c.a. è stato utilizzato il programma "Midas-Gen". Tale software consente una modellazione tridimensionale agli elementi finiti.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato condotto attraverso un'analisi dinamica modale. Le sollecitazioni derivanti da tali azioni sono state composte poi con quelle derivanti da carichi verticali, orizzontali non sismici secondo le varie combinazioni di carico probabilistiche. Il calcolo degli effetti dell'azione sismica è stato eseguito con riferimento alla struttura spaziale, tenendo cioè conto degli elementi interagenti fra loro secondo l'effettiva realizzazione.

Tale metodo è stato ritenuto il più idoneo per la valutazione delle azioni sismiche.

La verifica degli elementi strutturali in c.a. è stata eseguita con il metodo agli Stati Limite attraverso il programma di calcolo delle sezioni in c.a. RC-SEC della Geostru.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

13.2 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 53 di 57

13.3 DESCRIZIONE DEL SOFTWARE

Il calcolo delle strutture è stato condotto utilizzando il software presentato di seguito:

Titolo Midas-Gen
Versione 2.1
Produttore Midas



La verifica degli elementi strutturali in c.a. è stata eseguita utilizzando il software presentato di seguito:

Titolo RC-SEC
Versione 2016.10.0.510
Produttore GeoStru Software

13.4 AFFIDABILITA' DEI CODICI DI CALCOLO

Midas-Gen è un software per il calcolo strutturale FEM orientato alle necessità dell'ingegneria civile.

Il software general purpose di Midas risolve integralmente tutte le problematiche di analisi e progettazione di qualsiasi tipologia strutturale, in zona sismica e non, con qualsiasi materiale.

Midas-Gen dispone di un solver Multi-Frontal ad elevate prestazioni e un algoritmo di analisi che offre la soluzione per le analisi di strutture a livello internazionale nel settore delle costruzioni.

La libreria di elementi finiti è molto vasta e comprende beam a sezione variabile, truss resistenti a sola trazione e/o sola compressione, elementi wall per pareti antisismiche, plate, solid, plane stress, plane strain, piastre irrigidite ortotrope, etc. Ha un database di profili e materiali che comprende tutte le principali normative mondiali e l'utente ha anche la possibilità di utilizzarne user defined.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 54 di 57

Midas-Gen dispone, inoltre, di un potente modellatore e meshatore solido tridimensionale, parametrico, che permette di modellare qualsiasi forma geometrica. Ampia casistica di carichi tipici di travi e piastre, statici, dinamici e mobili, infinite condizioni di carico, gestione automatica delle combinazioni di carico, conversione automatica di carichi in masse, generazione automatica di sistemi di spinta per analisi push-over. Molteplici condizioni al contorno, che lavorano a sola trazione e/o sola compressione, diversi tipologie di isolatori e smorzatori sismici, lineari e non lineari.

Per quanto riguarda il software RC-SEC, si tratta di un programma di calcolo di sezioni in cemento armato agli stati limite ultimi e di esercizio. Il software tiene conto, nel caso di calcolo sismico, della classe di duttilità richiesta e della posizione della sezione nell'asta (se ricade in zona critica o meno). Per le verifiche di resistenza (e semiprogetto delle armature) a presso-tenso flessione (retta e deviata) è previsto l'uso del diagramma tensioni-deformazione parabola rettangolo per il conglomerato e bilineare per l'acciaio. Nelle verifiche a taglio è stata implementata la nuova metodologia che prevede l'uso dell'inclinazione variabile delle bielle compresse.

13.5 MODALITA' DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI

Le relazioni di calcolo strutturale presentano i dati di calcolo secondo modalità tali da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità. Le relazioni di calcolo illustrano in modo esaustivo i dati in ingresso ed i risultati delle analisi in forma tabellare e/o grafica.

13.6 INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE

I software prevedono una serie di controlli automatici che consentono l'individuazione di errori di modellazione, di non rispetto di limitazioni geometriche e di armatura e di presenza di elementi non verificati. I codici di calcolo consentono di visualizzare e controllare, sia in forma grafica che tabellare, i dati del modello strutturale, in modo da avere una visione consapevole del comportamento corretto del modello strutturale.

13.7 GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli dal sottoscritto utente del software. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto esposto sopra, io sottoscritto asserisco che le elaborazioni sono corrette ed idonee al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 55 di 57

14 INCIDENZE

Incidenza fusto – 220kg/m3

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 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 56 di 57

15 OUTPUT DI CALCOLO

Come anticipato all'inizio della trattazione, si faccia riferimento all'analisi condotta nel documento IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.20.0.5.003, relativo al calcolo e alle verifiche strutturali delle pile P3-P4-VI20, caratterizzate dalla medesima geometria, condizione di carico, e armatura, delle pile in oggetto.

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 3° SUBLOTTO SAN LORENZO-VITULANO PROGETTO ESECUTIVO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.						
Pile P13 e P14: Relazione di calcolo IF2R.3.2.E.ZZ.CL.VI.21.0.5.004.B.DOCX	COMMESSA IF2R	LOTTO 3.2.E.ZZ	CODIFICA CL	DOCUMENTO VI.21.0.5.004	REV. B	FOGLIO 57 di 57

16 INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Vista in pianta P13-P14.....	7
Figura 2: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto P13.....	7
Figura 3: Sezione in direzione trasversale e longitudinale rispetto all'asse del viadotto P14.....	8
Figura 4: Spettri di risposta elastici_SLV (Componente orizzontale e verticale)	25
Figura 5: Spettri di risposta di progetto (q=1,5)_SLV (Componente orizzontale e verticale)	30
Figura 6: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza – Tabella 5.2.V del D.M. 14 gennaio 2008	36
Figura 7: Valori dei coefficienti di combinazione– Tabella 5.2.VI del D.M. 14 gennaio 2008.....	36
Figura 8: Ulteriori valori dei coefficienti di combinazione – Tabella 5.2.VII del D.M. 14 gennaio 2008	37
Figura 9: Valutazione dei carichi da traffico – Tabella 5.2.IV del D.M. 14 gennaio 2008	37
Figura 10: Modellazione tridimensionale	38
Figura 11: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – Vista 3D Wireframe – Sistema dei vincoli interni-esterni	47
Figura 12: Modellazione tridimensionale agli Elementi Finiti – a) Vista 3D dal basso b) Vista 3D dall'alto	48