

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA - CATANIA - PALERMO

U.O. OPERE CIVILI E GESTIONE DELLE VARIANTI

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI – FIUMEFREDDO

Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

OPERE PRINCIPALI - PONTI E VIADOTTI

Relazione di calcolo ponte ad arco L=120.0m - Parte 1 di 4

SCALA:

-

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

RS2S 01 D 09 CL VI0207 004 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Disegnato	Data
A	Emissione Esecutiva	Seteco	Gen.2018	F.Bonifazi	Gen.2018	F. Carlesimo	Gen.2018	U.O. Opere Civili e Gestione delle varianti	Vittozzi	Gen.2018
								ITALFERR S.p.A.		
								Dott. Ing. Angelo Vittozzi		
								Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma		
								N° A20783		

Ponte ad arco L=120m	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione di calcolo	RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	1 di 74

INDICE

1	PREMESSA	3
1.1	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
1.2	IMPOSTAZIONE DELLA RELAZIONE DI CALCOLO.....	3
2	DESCRIZIONE DEL PONTE	4
3	CONSIDERAZIONI DI PROGETTO.....	8
4	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	10
6	APPARECCHI DI APPOGGIO	11
7	ANALISI DEI CARICHI	12
7.1	FASE 1 - PESI PROPRI STRUTTURALI.....	12
7.2	FASE 2 - PESI PROPRI NON STRUTTURALI	13
7.3	FASE 3 - CARICHI ACCIDENTALI DA TRAFFICO FERROVIARIO.....	14
7.3.1	<i>Treno LM71</i>	14
7.3.2	<i>Treno SW/2</i>	14
7.3.3	<i>Disposizione sull'impalcato</i>	15
7.3.4	<i>Diffusione dei carichi concentrati dal P.F. al piano medio della soletta</i>	15
7.3.5	<i>Numero di treni presenti sull'impalcato contemporaneamente</i>	16
7.4	FASE3 - EFFETTI DINAMICI	17
7.5	FASE3 - FRENATURA E AVVIAMENTO DEI TRENI	18
7.6	FASE3 - SERPEGGIO	18
7.7	FASE3 - CARICHI SUI MARCIAPIEDI.....	18
7.8	FASE3 - VARIAZIONI TERMICHE.....	19
7.9	FASE3 - TERMICA UNIFORME (E3).....	19
7.10	FASE3 - VENTO.....	19
7.11	AZIONI SISMICHE	24

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	2 di 74

7.12	DERAGLIAMENTO AL DI SOPRA DEL PONTE.....	27
8	COMBINAZIONI	28
8.1	COMBINAZIONI SLU.....	30
8.2	COMBINAZIONE SLV	39
8.3	CARICO DI FATICA	40
8.4	COMBINAZIONI SLE	41
9	PROCEDURA DI VERIFICA	44
9.1.1	<i>Verifiche di resistenza delle travi principali</i>	45
9.1.2	<i>Verifiche di stabilità dell'anima</i>	46
10	ANALISI STRUTTURALE.....	47
10.1	MODELLO DI CALCOLO	47
10.1.1	<i>Nodi</i>	50
10.1.2	<i>Elementi</i>	52
10.1.3	<i>Elementi shell</i>	54
10.1.4	<i>Numerazione nodi</i>	55
10.2	MODELLI DI CALCOLO UTILIZZATI	58
10.3	CARATTERISTICHE STATICHE ARCO	60
10.4	CARATTERISTICHE STATICHE TRAVE CATENA	66
10.5	CARATTERISTICHE STATICHE PENDINI	70
10.1	CARATTERISTICHE STATICHE TRAVERSI	70
10.1	CARATTERISTICHE STATICHE LONGHERINE	70
10.2	CARATTERISTICHE STATICHE CONTROVENTI ARCO.....	70
10.3	CARATTERISTICHE STATICHE TRAVERSI ARCO.....	70

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO					
	Ponte ad arco L=120m Relazione di calcolo	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 07 004	REV. A

1 PREMESSA

1.1 Scopo del documento

Il presente documento è parte dei quattro elaborati componenti la relazione di calcolo del ponte ad arco di luce 120m, appartenente al viadotto ferroviario VI02 della direttrice Messina- Catania- Palermo tratta Giampilieri-Fiumefreddo. Scopo di questi documenti è la descrizione, il dimensionamento e le verifiche delle sovrastrutture dell'opera in oggetto.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le disposizioni vigenti in Italia e con riferimento alla classificazione sismica del territorio nazionale, secondo il DM 14 gennaio 2008.

1.2 Impostazione della relazione di calcolo

La relazione di calcolo del ponte ad arco si compone come già esposto di quattro elaborati distinti, di seguito si riportano per ogni documento gli argomenti affrontati:

- Relazione di calcolo parte 1 di 4: descrizione dell'opera; normativa di riferimento; caratteristiche dei materiali; disposizione e tipologia degli apparecchi di appoggio; analisi dei carichi; combinazioni dei carichi; modellazione 3D della struttura tramite SAP2000.
- Relazione di calcolo parte 2 di 4: sollecitazioni e verifiche dell'arco; verifiche di stabilità dell'arco; sollecitazioni e verifiche dei traversi dell'arco; sollecitazioni e verifiche dei controventi dell'arco; sollecitazioni e verifiche dei pendini.
- Relazione di calcolo parte 3 di 4: sollecitazioni e verifiche delle travi catena esterne; sollecitazioni e verifiche dei traversi; sollecitazioni e verifiche delle longherine; verifiche di deformabilità dell'impalcato.
- Relazione di calcolo parte 4 di 4: analisi modale e modi di vibrare della struttura; analisi sismica con spettri di risposta; reazioni agli appoggi.

Il seguente documento costituisce la prima parte della relazione di calcolo (1/4).



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	4 di 74

Relazione di calcolo

2 DESCRIZIONE DEL PONTE

La presente relazione di calcolo è relativa al progetto del ponte ferroviario ad arco di luce 120 metri sul fiume Alcàntara.

La tipologia strutturale adottata è quella di trave Langer (o arco a spinta eliminata) a via inferiore e pareti controventate superiormente.

Il ponte è costituito da una campata in semplice appoggio di luce fra gli assi appoggi di 116 m, mentre l'interasse fra le pareti è di 14,4 m in corrispondenza dei traversi dell'impalcato, l'interasse si riduce in altezza fino ad un minimo di 6,48m in sommità dell'arco.

Su ciascuna parete l'arco è collegato alla trave principale attraverso 21 pendini a passo 4 m.

La travata viene dimensionata con i sovraccarichi relativi a due binari caricati con modelli di carico teorici LM71 e SW/2, inoltre vengono considerate anche le azioni del vento e del sisma definite seguendo quanto stabilito dalle NTC2008.

L'arco è costituito da una sezione a cassone alle estremità che diventa una sezione a doppio T nella parte centrale; l'altezza dell'arco è variabile da un massimo di 3.43 m a un minimo di 2.00 m. Il cassone presenta una larghezza di 1.3 m e spessore delle pareti di 40 mm. La sezione a doppio T presenta le piattabande di larghezza 1.3m, spessori 60mm per la piattabanda superiore e 70 mm per la inferiore, l'anima presenta uno spessore costante di 40 mm. L'altezza in chiave dell'arco è di 26 metri circa

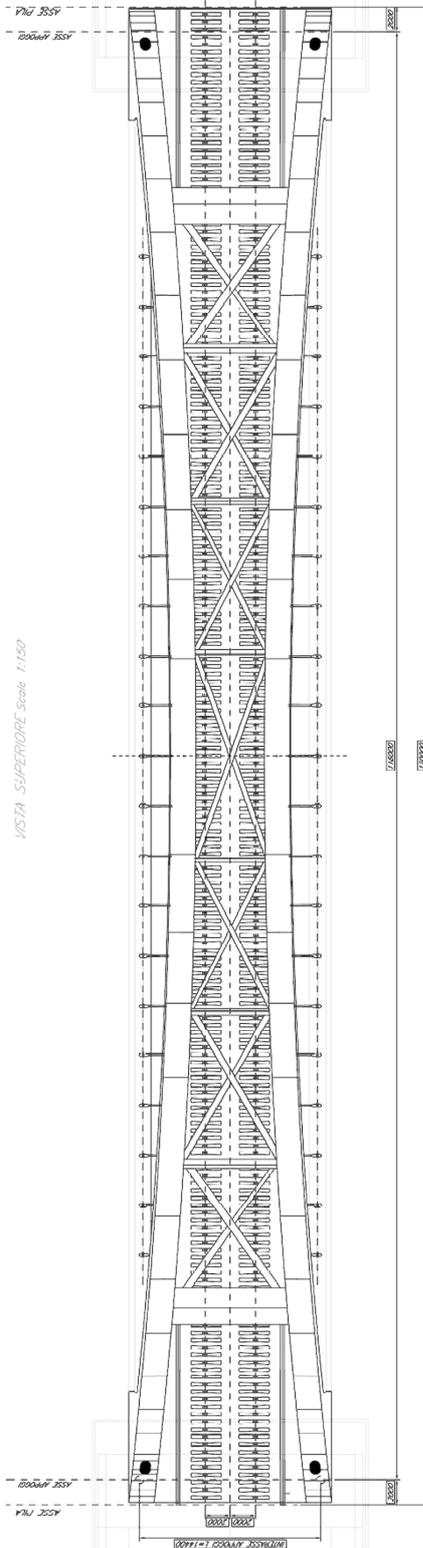
La controventatura dell'arco è realizzata con schema a croce di S. Andrea ad aste tese e compresse realizzate con profili a sezione tubolare circolare Ø457x12.5 mm. I traversi dell'arco presentano una sezione del tipo HEB1000, tranne che per il primo e l'ultimo traverso (parte superiore del primo portale dell'arco) i quali presentano una sezione a cassone di altezza 2.9 m, una larghezza di 1.3 m e spessore delle pareti di 20mm.

Le travi a catena sono composte da una sezione a cassone in estremità, di altezza massima di 3.9 m, larghezza variabile in altezza da 1.84 a 1.31 m. Dopo una rastremazione in altezza della sezione sopraccitata, la trave è realizzata con una sezione a doppio T di altezza costante pari a 2.5m, con piattabanda superiore ≠1300x50 mm, piattabanda inferiore ≠ 1300 x 70 mm ed anima ≠ 40 mm, ad eccezione del primo concio a doppio T dove la piattabanda superiore presenta uno spessore di 60mm.

Il piano di sostegno all'armamento ferroviario è realizzato con un impalcato a traversi in acciaio HE1000x438 e longherine IPE750x137, una lamiera da 30 mm ed una soletta portaballast in calcestruzzo di spessore pari a 10 cm.

Ponte ad arco L=120m
 Relazione di calcolo

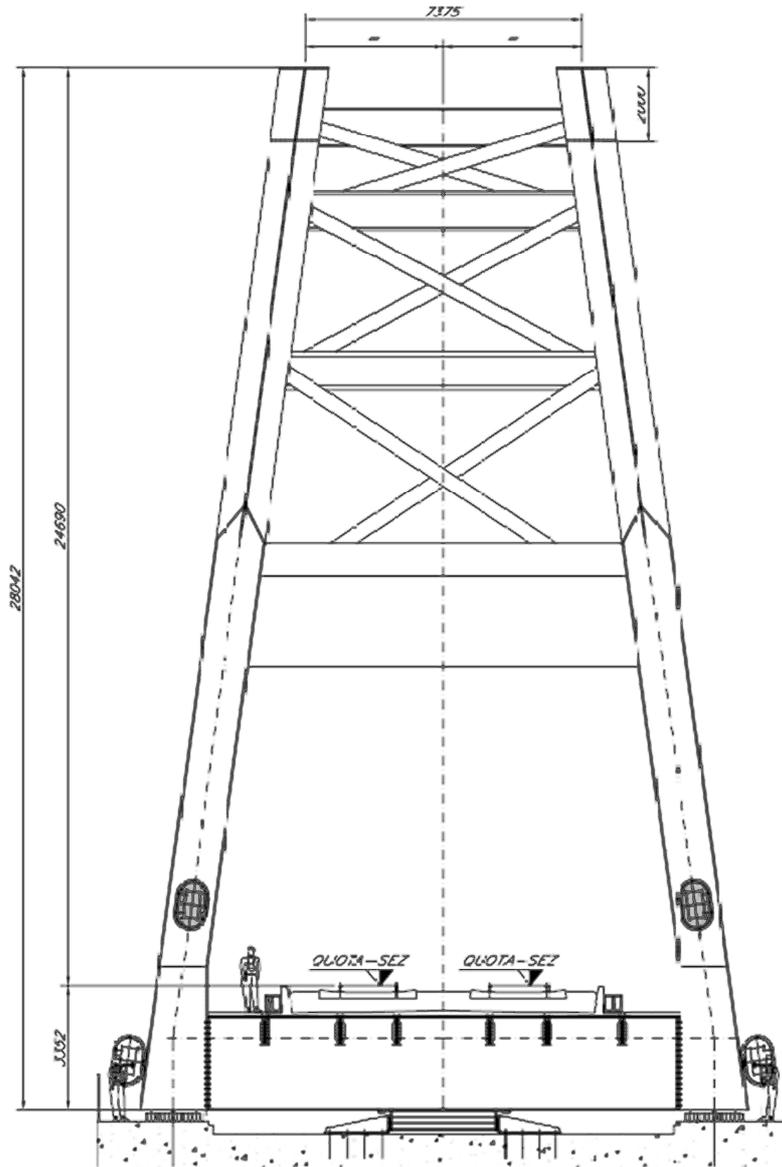
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	6 di 74



Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	7 di 74

SEZIONE TRASVERSALE Scala 1:100



Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	8 di 74

3 CONSIDERAZIONI DI PROGETTO

Lo schema statico globale è di ponte ad arco a spinta eliminata.

La struttura è stata analizzata con un modello tridimensionale dell'arco-trave con l'impalcato costituito da traversi e longherine e la lamiera da 30 mm, costituente il piano di controventamento in direzione orizzontale; è stata schematizzata anche la presenza dei controventi e dei traversi superiori. I carichi sono stati applicati al modello relativamente a ciascuna condizione di carico.

Per l'analisi statica globale si considerano tre fasi:

Fase 1: è agente il peso proprio della struttura metallica principale.

Fase 2: sono agenti i permanenti portati, ovvero impalcato a traversi, longherine e lamiera, soletta in cls, cordoli parballast, canalette e armamento ferroviario.

Fase 3: corrisponde al transito dei sovraccarichi accidentali associati al transito dei treni, considerando anche la possibile contemporaneità di altre azioni variabili come vento e azioni termiche.

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	9 di 74

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli sono svolti in ottemperanza alla Normativa vigente:

- NTC 2008 – D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008.
- Circolare del 02.02.2009 n. 617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14.01.2008.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A: Manuale di progettazione delle opere civili, Parte II – Sezione 2, Ponti e strutture. Emissione per applicazione del 30/12/2016

Nella redazione dei progetti e nelle verifiche strutturali si è inoltre fatto riferimento alla normativa Europea di seguito specificata:

- UNI EN 1993-1 EC3, parte 1-1: Progettazione delle strutture di acciaio; Parte 1-1 Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-2 EC3, parte 2, allegato D

Si è infine fatto riferimento a:

- C.N.R. 10011/92 : "Costruzioni in acciaio : Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo, la manutenzione."

Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	10 di 74

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Elementi in acciaio

- Elementi saldati in acciaio con spessori $t \leq 20$ mm S355J0 (ex 510C)
- Elementi saldati in acciaio con spessori $20 < t \leq 40$ mm S355J2 (ex 510D)
- Elementi saldati in acciaio con spessori $t > 40$ mm S355K2 (ex 510DD)
- Elementi non saldati angolari e piastre sciolte S355J0
- Imbottiture con spessore $t < 3$ mm S355J0W (ex 510C)

La tensione di snervamento nelle prove meccaniche nonché il CEV nell'analisi chimica dovrà essere nei limiti dell'UNI EN 10025 - 3.

Pendini dell'arco

Acciaio in barre $\Phi 160$ mm in acciaio S460 NL

Soletta in c.a.

- Note e prescrizioni secondo D.M. 14/01/2008 - CNR UNI 10011
- Calcestruzzo – C32/40 (Rck 40 N/mm²).
- Acciaio per armatura lenta: B450C controllato in stabilimento saldabile con proprietà meccaniche secondo UNI EN ISO 15630-1: 2004.

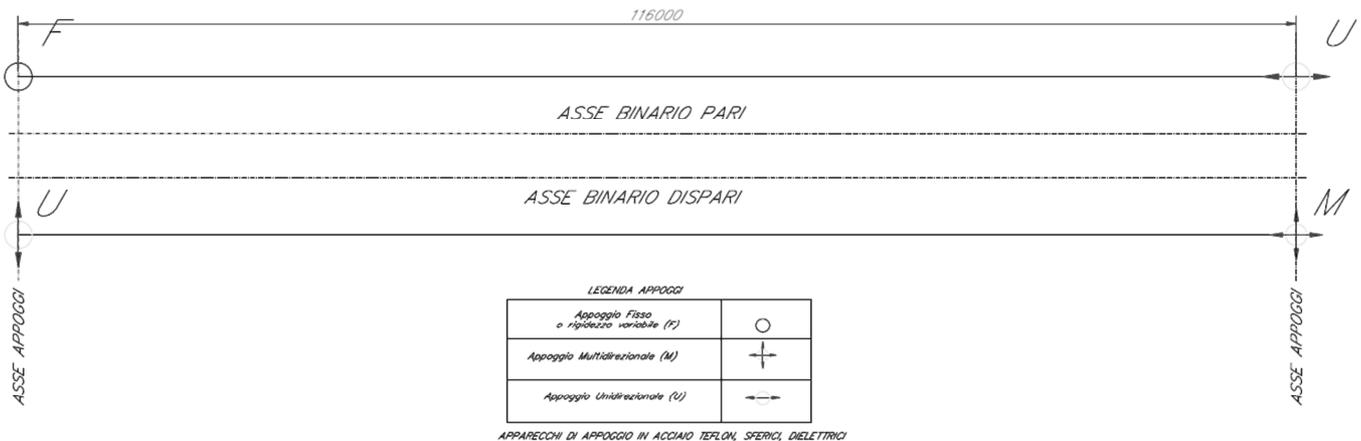
Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	11 di 74

6 APPARECCHI DI APPOGGIO

Lo schema dei vincoli per il ponte in esame è quello indicato nella seguente immagine e si compone di quattro appoggi, che si differenziano per il grado di vincolo imposto rispetto gli spostamenti, di seguito si riporta una breve descrizione dello schema di vincolo adottato per il ponte in esame:

- in corrispondenza della pila P8 si ha un appoggio fisso “cedevole” lato binario pari e un appoggio unidirezionale (scorrevole in senso trasversale) lato binario dispari;
- in corrispondenza della pila P9 si ha un appoggio unidirezionale longitudinale (scorrevole in senso longitudinale) lato binario pari e appoggio multidirezionale lato binario dispari.



Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	12 di 74

7 ANALISI DEI CARICHI

7.1 Fase 1 - Pesi propri strutturali

Nella determinazione dei valori dei pesi propri dei materiali si è tenuto conto dei seguenti parametri:

Caratteristiche dei materiali

peso specifico dell'acciaio	78,5 kN/mc
peso specifico del calcestruzzo armato	25,0 kN/mc
peso specifico ballast	18,0 kN/mc

Pesi permanenti strutturali:

Il peso della struttura in acciaio viene assegnato in automatico al modello di calcolo sulla base delle aree degli elementi principali che la costituiscono, incrementato con opportuni coefficienti che tengono debito conto degli elementi secondari.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	13 di 74

7.2 Fase 2 - Pesi propri non strutturali

-Ballast+armamento $s=80$ cm, $l=9.7 \rightarrow 13997$ Kg/m riferito alla lunghezza del ponte

-Massetto $s=7$ cm $\rightarrow 2218$ Kg/m riferito alla lunghezza del ponte

-Cordoli porta ballast $\rightarrow 3600$ Kg/m riferito alla lunghezza del ponte

-Barriere anti-rumore $\rightarrow 3200$ Kg/m riferito alla lunghezza del ponte

-Canaline impianti $\rightarrow 100$ Kg/m riferite alla lunghezza dl ponte

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	14 di 74

Relazione di calcolo

7.3 Fase 3 - Carichi accidentali da traffico ferroviario

Le azioni variabili verticali sono state definite in accordo con il par. 2.5.1.4.1.2 del *Manuale di progettazione RFI*.

In accordo con il documento *Manuale di progettazione RFI* (par. 2.5.1.4.1.2) i carichi mobili verticali sono definiti per ciascun mezzo di carico. In particolare, sono stati considerati 2 distinti modelli di carico:

- treno di carico LM71 rappresentativo del traffico normale;
- treno di carico SW/2 rappresentativo del traffico pesante;

Il modello di carico SW/0 è stato trascurato in quanto non trattando di un ponte a trave continua.

I valori caratteristici dei carichi attribuiti ai modelli sono stati moltiplicati per un coefficiente di adattamento “ α ” che per i due modelli di carico utilizzati risulta:

- 1.1 per i treni di carico LM71
- 1.0 per il treno di carico SW/2

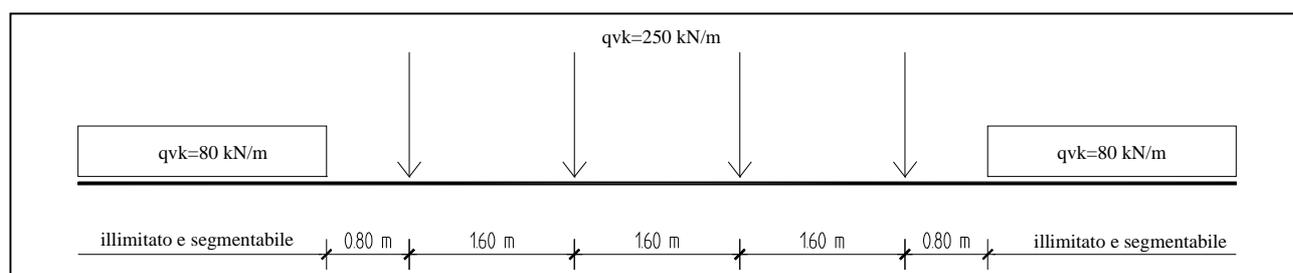
7.3.1 Treno LM71

- Modello di carico

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

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

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



7.3.2 Treno SW/2

- Distribuzione longitudinale dei carichi

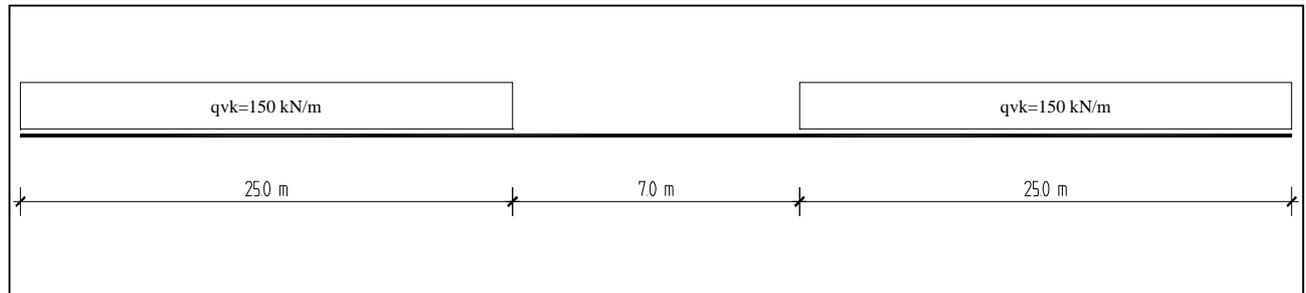
$$q_{vk} = 150 \text{ kN/m}$$

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

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	15 di 74



7.3.3 *Disposizione sull'impalcato*

La posizione sull'impalcato dei carichi dovuti ai treni è stata scelta di volta in volta in modo da massimizzare gli effetti flessionali e taglianti nelle travi principali, il massimo abbassamento in mezzeria, la massima rotazione agli appoggi.

7.3.4 *Diffusione dei carichi concentrati dal P.F. al piano medio della soletta*

La diffusione dei carichi è stata prevista in accordo con quanto specificato al punto 2.5.1.4.1.4 del *Manuale di progettazione RFI*

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	16 di 74

7.3.5 Numero di treni presenti sull'impalcato contemporaneamente

Oltre a considerare le condizioni di carico che prevedono il passaggio di un solo treno, si sono considerate le seguenti condizioni in cui si prevede il passaggio contemporaneo di 2 treni.

Condizione	Treno su binario 1	Treno su binario 2
Normale 1÷4	Treno LM71 (con eccentricità pos./negativa)	Treno LM71 (con eccentricità pos./negativa)
Pesante 1÷2	Treno SW/2	Treno LM71 (con eccentricità pos./negativa)
Pesante 3÷4	Treno LM71 (con eccentricità pos./negativa)	Treno SW/2

Questa impostazione segue quanto definito dal NTC2008 al paragrafo 5.2.3.1.2.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	17 di 74

7.4 Fase3 - Effetti dinamici

Secondo quanto riportato al paragrafo 2.5.1.4.2 del *Manuale di progettazione delle opere civili* di RFI, che riprende il par. 5.2.2.3.3 del DM 14.1.2008, il coefficiente dinamico adottato è stato riferito al caso di linee con normale standard manutentivo:

$$\Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi - 0.2}} + 0.73 \text{ (limitazione del coefficiente dinamico tra 1 e 2)}$$

Lo stesso è riportato di seguito per ogni elemento strutturale considerato:

Arco e trave catena:

$$L_{\text{netta}} = 116 \text{ m}, L_\phi = 116\text{m} / 2 = 58\text{m}, \phi_3 = [2,16/(58^{1/2} - 0,20)] + 0,73 = 1,02$$

Per la stima della lunghezza caratteristica si è seguito quanto indicato nella tabella 2.5.1.4.2.5.3-1 per il caso 5.5: travi ad asse curvilineo, archi a spinta eliminata, archi senza riempimento $L_\phi =$ metà della luce libera.

Per le travi trasversali intermedi fra le due pareti (luce 14,4 m):

$$L = 14.4 \text{ m}, L_\phi = 14.4\text{m} \times 2 = 28.8\text{m}, \phi_3 = [2,16/(28.8^{1/2} - 0,20)] + 0,73 = 1,148$$

Per la stima della lunghezza caratteristica si è seguito quanto indicato nella tabella 2.5.1.4.2.5.3-1 per il caso 1.3: travi trasversali intermedi.

Per le longherine, come elemento semplicemente appoggiato ($L = 2$ m)

$$L = 2 \text{ m}, L_\phi = 2\text{m} + 3\text{m} = 5\text{m}, \phi_3 = [2,16/(5^{1/2} - 0,20)] + 0,73 = 1,79$$

Per la stima della lunghezza caratteristica si è seguito quanto indicato nella tabella 2.5.1.4.2.5.3-1 per il caso 3.1: sostegni per rotaie (longherine).

Per i pendini si adotta il seguente (lunghezza minima 9.82 m):

$$L = 9.82 \text{ m}, L_\phi = 9.82\text{m} \times 4 = 39.28\text{m}, \phi_3 = [2,16/(39.28^{1/2} - 0,20)] + 0,73 = 1,086$$

Per la stima della lunghezza caratteristica si è seguito quanto indicato nella tabella 2.5.1.4.2.5.3-1 per il caso 5.7: strutture di sospensione.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO					
	Ponte ad arco L=120m Relazione di calcolo	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 07 004	REV. A

7.5 Fase3 - Frenatura e avviamento dei treni

L'azione di frenatura ed avviamento dei treni è definita secondo quanto riportato nel par. 2.5.1.4.3.3 del *Manuale di progettazione RFI*.

Si riportano le azioni di avviamento e frenatura massime caratteristiche, applicate a livello del piano del ferro, per entrambi i modelli di carico considerati:

- Treno SW/2:

$$Q_{avv_SW2_k} = 33 \text{ kN/m} \cdot 50 \text{ m} = 1650 \text{ kN} \leq 1000 \text{ kN} \rightarrow 1000 \text{ kN}$$

$$Q_{fren_SW2_k} = 35 \text{ kN/m} \cdot 50 \text{ m} = 1750 \text{ kN}$$

- Treno LM71 in avviamento:

$$Q_{avv_LM71_k} = 33 \text{ kN/m} \cdot 120 \text{ m} = 3960 \text{ kN} \leq 1000 \text{ kN} \rightarrow 1000 \text{ kN}$$

$$Q_{fren_LM71_k} = 20 \text{ kN/m} \cdot 120 \text{ m} = 2400 \text{ kN} \leq 6000 \text{ kN} \rightarrow 2400 \text{ kN}$$

I valori caratteristici devono essere successivamente moltiplicati per il coefficiente di adattamento α proprio del modello di carico.

7.6 Fase3 - Serpeggio

L'azione laterale associata al serpeggio è definita al par. 2.5.1.4.3.2 del *Manuale di progettazione RFI*, che riprende il par. 5.2.2.4.2 del DM 14.1.2008, ed equivale ad una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario, del valore di 100 kN.

Tale valore deve essere moltiplicato per il coefficiente di adattamento α ed è considerato distribuito su una lunghezza di 2 m in direzione longitudinale.

L'azione viene riportata dal P.F. al piano medio dell'impalcato metallico applicando l'opportuno momento di trasporto.

7.7 Fase3 - Carichi sui marciapiedi

Il carico sui marciapiedi è definito in accordo a quanto precisato al par. 2.5.1.4.1.6 del *Manuale di progettazione RFI*.

$$q_{vk} = 10.0 \text{ kN/m}^2$$

Per questo tipo di carico, che non deve considerarsi contemporaneo al transito dei convogli ferroviari, non deve applicarsi l'incremento dinamico, è quindi stato considerato nel calcolo dei soli effetti locali.

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	19 di 74

7.8 Fase3 - Variazioni termiche

In accordo con le normative sui ponti e sulle strutture d'acciaio, si applica un carico termico differenziale pari a $\pm 5^\circ$ fra estradosso ed intradosso di impalcato.

Il gradiente termico di $\pm 5^\circ$ tra estradosso e intradosso impalcato sarà applicato direttamente agli elementi del modello dell'impalcato.

7.9 Fase3 - Termica uniforme ($\epsilon 3$)

Viene considerata una variazione termica uniforme pari a $\pm 20^\circ \text{C}$ applicata agli elementi trave e trasversi dell'impalcato. Questo in accordo con quanto definito al paragrafo 5.2.2.5.2 del NTC2008 per impalcato con strutture in acciaio ed armamento su ballast.

7.10 Fase3 - Vento

Il calcolo dell'azione del vento è stato condotto secondo quanto riportato al par. 3.3 del DM 2008. Il vento si è calcolato per ottenere un'azione trasversale. Essendo la struttura in oggetto variabile in elevazione sono state calcolate le pressioni di picco riferite a più quote della struttura. Di seguito si riporta il calcolo della pressione del vento alle quote significative considerate:

CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO			
Zona di riferimento		4	
Altezza slm	a_s	50.0	m
Velocità base riferimento slm	$v_{b,0}$	28	m/s
	a_0	500	m
	k_a	0.02	
Velocità base riferimento	v_b	28.0	m/s
Densità dell'aria	ρ	1.25	kg/m ³
Tempo di ritorno	T_r	75	anni
Coefficiente di ritorno	α_r	1.02	
Velocità di riferimento progetto	$v_b(T_r)$	28.7	m/s
Pressione critica di riferimento	q_b	513.3	N/m ²

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	20 di 74

CALCOLO PRESSIONE CINETICA

Classe di rugosità		D	
Categoria di esposizione		2	
	k_r	0.19	
	z_0	0.05	m
	z_{min}	4.00	m
Coefficiente di topografia	$c_t(z)$	1	
	$c_t(z_{min})$	1	
Altezza da terra	z	15.00	< 200 m
Coefficiente dinamico	c_d	1.00	
Coefficiente di esposizione	c_e	2.62	
Rapporto superficie/parte piena	$\phi (>0)$	1	
Coefficiente areodinamico	c_p	1.4	
Pressione cinetica di picco sopravento	$q_p(z)$	1.94	kN/m²

CALCOLO PRESSIONE CINETICA

Classe di rugosità		D	
Categoria di esposizione		2	
	k_r	0.19	
	z_0	0.05	m
	z_{min}	4.00	m
Coefficiente di topografia	$c_t(z)$	1	
	$c_t(z_{min})$	1	
Altezza da terra	z	23.80	< 200 m
Coefficiente dinamico	c_d	1.00	
Coefficiente di esposizione	c_e	2.93	
Rapporto superficie/parte piena	$\phi (>0)$	1	
Coefficiente areodinamico	c_p	1.4	
Pressione cinetica di picco sopravento	$q_p(z)$	2.17	kN/m²

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	21 di 74

Relazione di calcolo

CALCOLO PRESSIONE CINETICA

Classe di rugosità		D	
Categoria di esposizione		2	
	k_r	0.19	
	z_0	0.05	m
	z_{min}	4.00	m
Coefficiente di topografia	$c_t(z)$	1	
	$c_t(z_{min})$	1	
Altezza da terra	z	34.98	< 200 m
Coefficiente dinamico	c_d	1.00	
Coefficiente di esposizione	c_e	3.20	
Rapporto superficie/parte piena	$\phi (>0)$	1	
Coefficiente areodinamico	c_p	1.4	
Pressione cinetica di picco sopravento	$q_p(z)$	2.37	kN/m²

CALCOLO PRESSIONE CINETICA

Classe di rugosità		D	
Categoria di esposizione		2	
	k_r	0.19	
	z_0	0.05	m
	z_{min}	4.00	m
Coefficiente di topografia	$c_t(z)$	1	
	$c_t(z_{min})$	1	
Altezza da terra	z	39.95	< 200 m
Coefficiente dinamico	c_d	1.00	
Coefficiente di esposizione	c_e	3.30	
Rapporto superficie/parte piena	$\phi (>0)$	1	
Coefficiente areodinamico	c_p	1.4	
Pressione cinetica di picco sopravento	$q_p(z)$	2.45	kN/m²

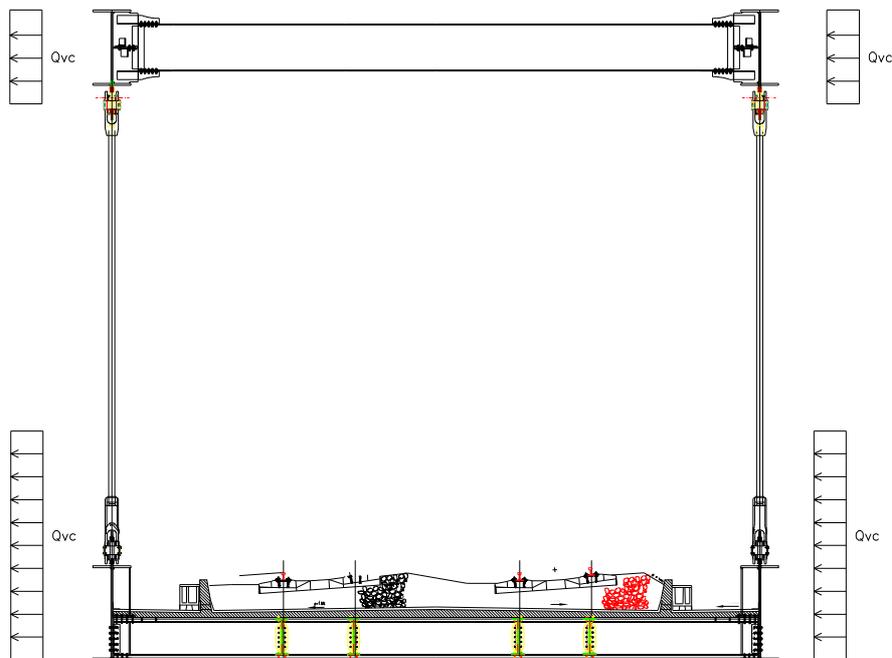
Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	22 di 74

Il carico vento applicato al modello viene distinto nei due casi di ponte scarico e ponte carico:

- Vento a ponte scarico

Come illustrato in figura si considera applicato su entrambe le pareti una azione orizzontale pari al prodotto della pressione cinetica per la superficie di competenza di ciascun elemento interessato (arco e trave-catena); essendo tale azione applicata nel modello su gli assi schema si considera un momento intorno all'asse longitudinale per effetto dell'eccentricità di applicazione del carico distribuito

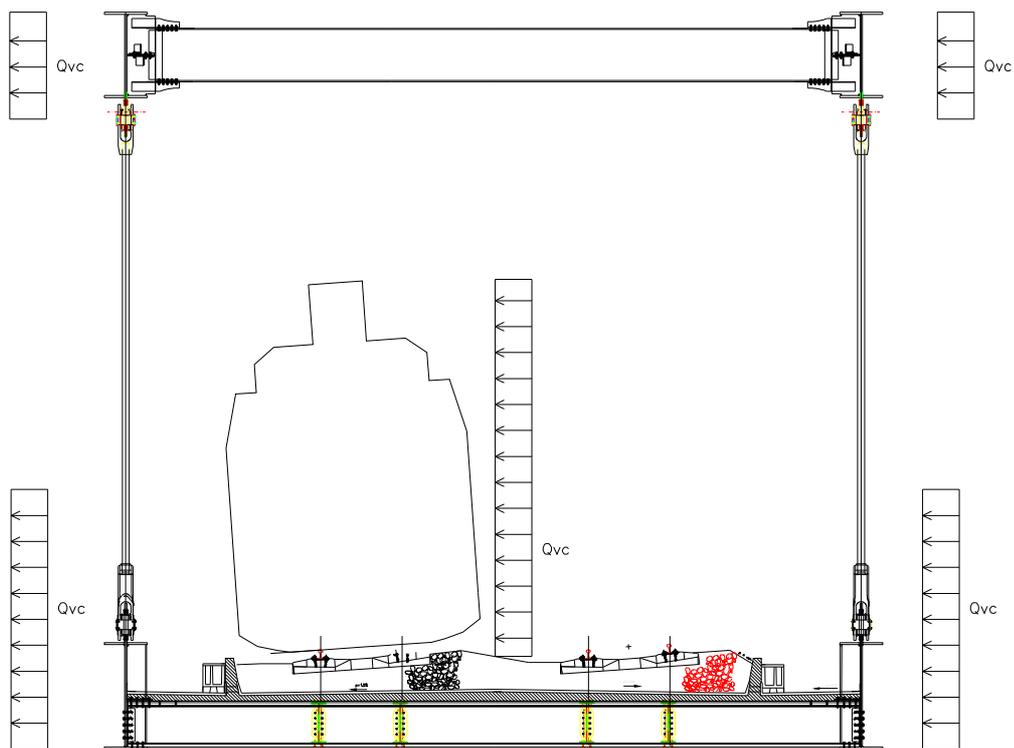


Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	23 di 74

- Vento a ponte carico

Come illustrato in figura si considera applicato sugli archi di entrambe le pareti un'azione orizzontale pari al prodotto della pressione cinetica per la superficie di competenza mentre sull'impalcato si considera, oltre all'effetto di pressione sulla medesima, la presenza del treno su un binario per una altezza pari a 4 m dal piano ferro, come previsto dalla normativa ferroviaria; essendo tale azione applicata nel modello nell'asse schema della trave esposta al vento si considera applicato anche un momento intorno all'asse longitudinale per effetto dell'eccentricità di applicazione del carico distribuito, mentre sul traverso si applica oltre all'azione orizzontale la coppia derivante dall'eccentricità del treno rispetto al baricentro dell'impalcato.



	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO					
	Ponte ad arco L=120m Relazione di calcolo	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 07 004	REV. A

7.11 Azioni sismiche

L'azione sismica è stata considerando seguendo quanto definito dalle NTC2008 andando a considerare la pericolosità sismica di base del sito poi andando a rapportare lo stesso alle condizioni stratigrafiche e topografiche del luogo. Si è analizzata l'azione sismica differenziando l'azione sismica tramite spettri di risposta nelle componenti orizzontali e verticali e considerando un fattore di struttura di 1.5.

Gli spettri di progetto definiti sono stati determinati a partire dal sito, dalla vita nominale, la classe d'uso, le categorie topografiche e di sottosuolo e in base allo stato limite da considerare. In particolare:

Longitudine: 15.245786; Latitudine: 37.81825

$V_n = 75$ anni

$C_u = 1.5$

Categoria di sottosuolo B

Categoria topografica T1

Stato limite considerato SLV

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE LATTITUDINE

15.24579 37.81825

Ricerca per comune

REGIONE PROVINCIA COMUNE

Sicilia Catania Fiumefreddo Sicilia

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

superficie rigata

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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	25 di 74

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_n info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

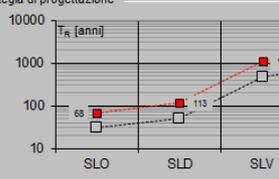
Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

- Strategie per costruzioni ordinarie
- Strategie scelte

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica.

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo **B** info $S_B = 1.117$ $C_C = 1.353$ info

Categoria topografica **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info

(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta = 1.000$ info

Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s Regol. in altezza **si** info

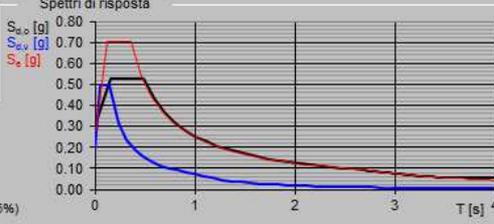
Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q_v $\eta = 1.000$ info

Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta
- Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta



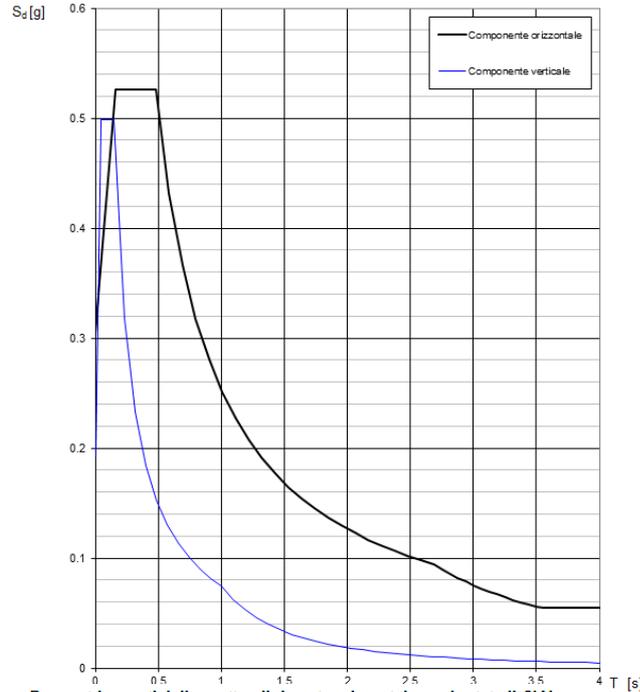
— Spettro di progetto - componente orizzontale

— Spettro di progetto - componente verticale

— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

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



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti	
$S_d = 10^{-2} \text{ m/s}^2$	SLV
ξ_H	0.273 g
T_H	2.589 s
T_{H1}	0.395 s
ξ_{H1}	1.117
ξ_{H2}	1.353
ξ_{H3}	1.000
ξ_{H4}	1.500

Parametri dipendenti	
η	1.117
η_1	0.667
T_{H1}	0.160 s
T_{H2}	0.481 s
T_{H3}	2.632 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_H \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10 \cdot (\xi + \xi)} \geq 0,55; \eta - 1 / \eta$ (NTC-08 Eq. 3.2.8; §. 3.2.3.5)
 $T_H = T_C / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)
 $T_C = C_C \cdot T_C$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_H = 4 \cdot 0,2 \cdot \alpha_c / \xi + 1,6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

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

$0 \leq T < T_H$ $S_d(T) = \xi_H \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \cdot \left[\frac{T}{T_H} + \frac{1}{\eta \cdot E_s} \left(1 - \frac{T}{T_H} \right) \right]$
 $T_H \leq T < T_C$ $S_d(T) = \alpha_H \cdot S \cdot \eta \cdot E_s$
 $T_C \leq T < T_H$ $S_d(T) = \alpha_H \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \cdot \left(\frac{T}{T_H} \right)$
 $T_H \leq T$ $S_d(T) = \alpha_H \cdot S \cdot \eta \cdot E_s \cdot \left(\frac{T_H}{T} \right)$

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 η_q , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

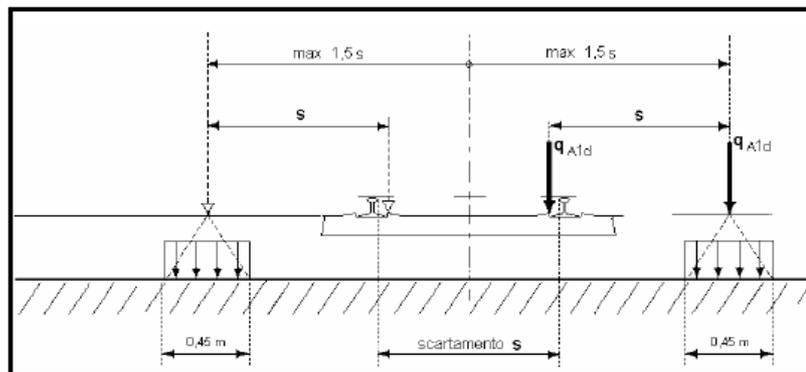
T_H	T_C
0.000	0.305
0.160	0.526
0.481	0.526
0.586	0.432
0.631	0.366
0.796	0.318
0.902	0.280
1.007	0.251
1.112	0.227
1.218	0.208
1.323	0.191
1.428	0.177
1.533	0.165
1.639	0.154
1.744	0.145
1.849	0.137
1.955	0.129
2.060	0.123
2.165	0.117
2.270	0.111
2.376	0.106
2.481	0.102
2.586	0.099
2.632	0.094
2.754	0.090
2.816	0.086
2.878	0.082
2.941	0.079
3.003	0.075
3.065	0.072
3.128	0.070
3.190	0.067
3.252	0.064
3.315	0.062
3.377	0.060
3.439	0.058
3.502	0.056
3.564	0.055
3.626	0.055
3.688	0.055
3.751	0.055
3.813	0.055
3.875	0.055
3.938	0.055
4.000	0.055

La massa considerata nel modello di calcolo è composta dai carichi permanenti provenienti dall'impalcato, dal peso proprio della pila. È stato considerato anche il 20% della massa del carico verticale da traffico ferroviario.

7.12 Deragliamento al di sopra del ponte

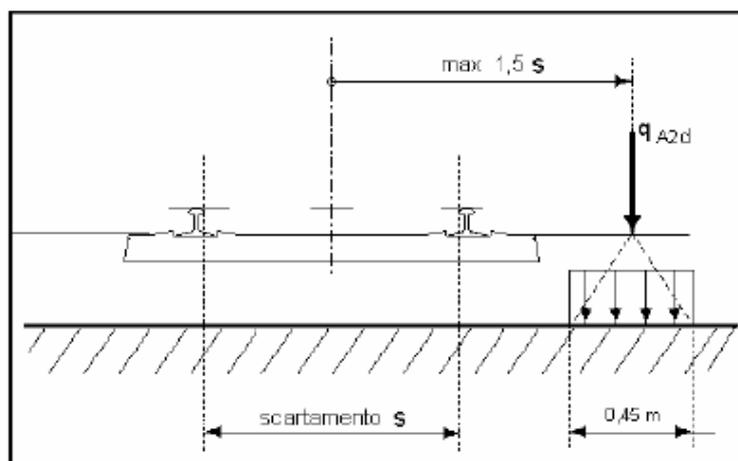
Oltre a considerare i modelli di carico da traffico ferroviario già esposti, per la verifica della struttura si dovrà tenere in conto della possibilità di deragliamento, considerando i seguenti casi (par. 5.2.2.9.2 del D.M. 14.1.2008):

Caso 1:



Dove $q_{A1d}=60\text{ kN/m}$ (comprensivo dell'effetto dinamico) e $s=1435\text{ mm}$. Esteso per 6.5 metri longitudinalmente.

Caso 2:



Dove $q_{A2d}=60\text{ kN/m}$ (comprensivo dell'effetto dinamico) e $s=1435\text{ mm}$. Esteso per 20.0 metri longitudinalmente.

8 COMBINAZIONI

Si riportano le tabelle delle varie combinazioni di carico indicate dalla normativa in merito ai sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari.

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 seguente tabella:

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.

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario vanno poi combinati con le altre azioni secondo quanto indicato di seguito:

- 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:

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

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	29 di 74

Relazione di calcolo

- 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 cui coefficienti di combinazione γ e ψ sono riportati nelle tabelle seguenti:

Tabella 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Figura 11 – Tabelle coeff. di sicurezza e di combinazione delle azioni (da “Manuale di progettazione RFI”)

Gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo in conto le masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj}$$

 assumendo $\psi_{2j} = 0,2$ per i carichi dovuti al transito dei mezzi.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
 RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
 Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	30 di 74

Ai fini del contenimento dei quantitativi di dati di output è stato utilizzato un post-processore del SAP 2000 il WININV.

Il suddetto programma memorizza per ogni asta gli effetti massimi richiesti e le caratteristiche di sollecitazione associate, operando automaticamente una scelta fra tutti i files e le condizioni di carico presentate come FASE III.

Grazie a questo programma sono ottenute, per massimizzare ciascuna sollecitazione necessaria alle verifiche, le combinazioni aderenti agli schemi logici ora riportati.

8.1 Combinazioni SLU

Si riportano le azioni applicate alla struttura per le diverse combinazioni di carico:

GRUPPO 1

Carichi permanenti				
	Operazioni	Coeff. parziali di sicurezza	Nome file	
Carichi permanenti strutturali	inviluppo	1.35	Fase1	
		1.00	Fase1	
Carichi permanenti portati	Somma	inviluppo	1.35	Fase2
			1.00	Fase2
	inviluppo	1.50	Fase2ballast	
		1.00	Fase2ballast	

Carichi da traffico						
	Coeff. parziali di sicurezza	Operazione	Posizione carico	Operazione	Operazione	Nome del gruppo di carico
Carichi mobili da transito dei treni	1.45	Inviluppo	Carico principale su binario pari	Somma	Inviluppo	LM71P_GR1
						SW2P_GR1
					Inviluppo	0
						LM71D_GR1
		Inviluppo	Carico principale su binario dispari	Somma	Inviluppo	LM71D_GR1
						SW2D_GR1
					Inviluppo	0
						LM71P_GR1
0						

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	31 di 74

Altri carichi accidentali					
	Coeff. parziali di sicurezza	Coeff. di combinazione	Operazione	Nome file	Descrizione carico
Ritiro	1.20	1	involuppo	RITIRO	Pressoflessione della sezione mista
				0	Nessun carico
Termica	1.20	1	involuppo	TERMICA	Termica differenziale (soletta / acciaio) positiva e negativa
				0	Nessun carico
Vento	1.50	0.6	involuppo	VENTO	Azioni del vento verso dx o verso sx
				0	Nessun carico

Si riporta ora il dettaglio dei gruppi di carico ferroviari presenti nella combinazione:

Dettaglio del gruppo di carico					
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
LM71P_GR1	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Involuppo	LM71Pdx	LM71 su binario pari, ecc. a destra
				LM71Psx	LM71 su binario pari, ecc. a sinistra
				LM71P	LM71 su binario pari
				0	Nessun carico
	1.00	-	Involuppo	LM71serpPsx	Serpeggio LM71, bin. P, verso sx
				LM71serpPdx	Serpeggio LM71, bin. P, verso dx
				0	Nessun carico
	0.50	-	Involuppo	LM71avvP	Avviamento LM71, bin. P, direzione + e -
				LM71frenP	Frenatura LM71, bin. P, direzione + e -
				0	Nessun carico

Dettaglio del gruppo di carico					
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
SW2P_GR1	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Involuppo	SW2P	SW2 su binario pari
				0	Nessun carico
	1.00	-	Involuppo	SW2serpPsx	Serpeggio SW2, bin. P, verso sx
				SW2serpPdx	Serpeggio SW2, bin. P, verso dx
				0	Nessun carico
	0.50	-	Involuppo	SW2avvP	Avviamento SW2, bin. P, direzione + e -
				SW2frenp	Frenatura SW2, bin. P, direzione + e -
				0	Nessun carico

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	32 di 74

Relazione di calcolo

Dettaglio del gruppo di carico

Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
LM71D_GR1	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	LM71Ddx	LM71 su binario dispari, ecc. a destra
				LM71Dsx	LM71 su binario dispari, ecc. a sinistra
				LM71D	LM71 su binario dispari
				0	Nessun carico
	1.00	-	Inviluppo	LM71serpDsx	Serpeggio LM71, bin. D, verso sx
				LM71serpDdx	Serpeggio LM71, bin. D, verso dx
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	LM71avvD	Avviamento LM71, bin. D, direzione + e -
				LM71frenD	Frenatura LM71, bin. D, direzione + e -
				0	Nessun carico

Dettaglio del gruppo di carico

Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
SW2D_GR1	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	SW2D	SW2 su binario dispari
				0	Nessun carico
	1.00	-	Inviluppo	SW2serpDsx	Serpeggio SW2, bin. D, verso sx
				SW2serpDdx	Serpeggio SW2, bin. D, verso dx
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	SW2avvD	Avviamento SW2, bin. D, direzione + e -
				SW2frenD	Frenatura SW2, bin. D, direzione + e -
				0	Nessun carico

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	33 di 74

GRUPPO 3

Carichi permanenti				
	Operazioni	Coeff. parziali di sicurezza	Nome file	
Carichi permanenti strutturali	inviluppo	1.35	Fase1	
		1.00	Fase1	
Carichi permanenti portati	Somma	inviluppo	1.35	Fase2
			1.00	Fase2
	inviluppo	1.50	Fase2ballast	
		1.00	Fase2ballast	

Carichi da traffico						
	Coeff. parziali di sicurezza	Operazione	Posizione carico	Operazione	Operazione	Nome del gruppo di carico
Carichi mobili da transito dei treni	1.45	Inviluppo	Carico principale su binario pari	Somma	Inviluppo	LM71P_GR3
						SW2P_GR3
					Inviluppo	0
						LM71D_GR3
		Inviluppo	Carico principale su binario dispari	Somma	Inviluppo	LM71D_GR3
						SW2D_GR3
					Inviluppo	0
						LM71P_GR3
Inviluppo	0					

Altri carichi accidentali					
	Coeff. parziali di sicurezza	Coeff. di combinazione	Operazione	Nome file	Descrizione carico
Ritiro	1.20	1	inviluppo	RITIRO	Pressoflessione della sezione mista
				0	Nessun carico
Termica	1.20	1	inviluppo	TERMICA	Termica differenziale (soletta / acciaio) positiva e negativa
				0	Nessun carico
Vento	1.50	0.6	inviluppo	VENTO	Azioni del vento verso dx o verso sx
				0	Nessun carico

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	34 di 74

Relazione di calcolo

Si riporta ora il dettaglio dei gruppi di carico ferroviari presenti nella combinazione:

Dettaglio del gruppo di carico						
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico	
LM71P_GR3	Somma	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	LM71Pdx	LM71 su binario pari, ecc. a destra
					LM71Psx	LM71 su binario pari, ecc. a sinistra
					LM71P	LM71 su binario pari
					0	Nessun carico
	Somma	0.50	-	Inviluppo	LM71serpPsx	Serpeggio LM71, bin. P, verso sx
					LM71serpPdx	Serpeggio LM71, bin. P, verso dx
					0	Nessun carico
					Somma	1.00
	LM71frenP	Frenatura LM71, bin. P, direzione + e -				
	0	Nessun carico				
	0	Nessun carico				

Dettaglio del gruppo di carico						
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico	
SW2P_GR3	Somma	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	SW2P	SW2 su binario pari
					0	Nessun carico
	Somma	0.50	-	Inviluppo	SW2serpPsx	Serpeggio SW2, bin. P, verso sx
					SW2serpPdx	Serpeggio SW2, bin. P, verso dx
					0	Nessun carico
	Somma	1.00	-	Inviluppo	SW2avvP	Avviamento SW2, bin. P, direzione + e -
					SW2frenp	Frenatura SW2, bin. P, direzione + e -
					0	Nessun carico

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	35 di 74

Dettaglio del gruppo di carico

Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
LM71D_GR3	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	LM71Ddx	LM71 su binario dispari, ecc. a destra
				LM71Dsx	LM71 su binario dispari, ecc. a sinistra
				LM71D	LM71 su binario dispari
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	LM71serpDsx	Serpeggio LM71, bin. D, verso sx
				LM71serpDdx	Serpeggio LM71, bin. D, verso dx
				0	Nessun carico
				1.00	-
	LM71frenD	Frenatura LM71, bin. D, direzione + e -			
	0	Nessun carico			

Dettaglio del gruppo di carico

Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
SW2D_GR3	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	SW2D	SW2 su binario dispari
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	SW2serpDsx	Serpeggio SW2, bin. D, verso sx
				SW2serpDdx	Serpeggio SW2, bin. D, verso dx
				0	Nessun carico
	1.00	-	Inviluppo	SW2avvD	Avviamento SW2, bin. D, direzione + e -
				SW2frenD	Frenatura SW2, bin. D, direzione + e -
				0	Nessun carico

Ponte ad arco L=120m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	36 di 74

VENTO

Carichi permanenti				
	Operazioni	Coeff. parziali di sicurezza	Nome file	
Carichi permanenti strutturali	inviluppo	1.35	Fase1	
		1.00	Fase1	
Carichi permanenti portati	Somma	inviluppo	1.35	Fase2
			1.00	Fase2
	inviluppo	1.50	Fase2ballast	
		1.00	Fase2ballast	

Carichi da traffico						
	Coeff. parziali di sicurezza	Operazione	Posizione carico	Operazione	Operazione	Nome del gruppo di carico
Carichi mobili da transito dei treni	1.45	Inviluppo	Carico principale su binario pari	Somma	Inviluppo	LM71P_GR1_W
						SW2P_GR1_W
					Inviluppo	0
						LM71D_GR1_W
		Inviluppo	Carico principale su binario dispari	Somma	Inviluppo	LM71D_GR1_W
						SW2D_GR1_W
					Inviluppo	0
						LM71P_GR1_W
0						

Altri carichi accidentali					
	Coeff. parziali di sicurezza	Coeff. di combinazione	Operazione	Nome file	Descrizione carico
Ritiro	1.20	1	inviluppo	RITIRO	Pressoflessione della sezione mista
				0	Nessun carico
Termica	1.20	1	inviluppo	TERMICA	Termica differenziale (soletta / acciaio) positiva e negativa
				0	Nessun carico
Vento	1.50	1	inviluppo	VENTO	Azioni del vento verso dx o verso sx
				0	Nessun carico

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	37 di 74

Relazione di calcolo

Si riporta ora il dettaglio dei gruppi di carico ferroviari presenti nella combinazione:

Dettaglio del gruppo di carico							
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico		
LM71P_GR1_W	Somma	0.80	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	LM71Pdx	LM71 su binario pari, ecc. a destra	
					LM71Psx	LM71 su binario pari, ecc. a sinistra	
					LM71P	LM71 su binario pari	
						0	Nessun carico
			0.80	-	Inviluppo	LM71serpPsx	Serpeggio LM71, bin. P, verso sx
		LM71serpPdx				Serpeggio LM71, bin. P, verso dx	
						0	Nessun carico
			0.40	-	Inviluppo	LM71avvP	Avviamento LM71, bin. P, direzione + e -
		LM71frenP				Frenatura LM71, bin. P, direzione + e -	
		0				Nessun carico	

Dettaglio del gruppo di carico						
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico	
SW2P_GR1_W	Somma	0.80	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	SW2P	SW2 su binario pari
						0
			0.80	-	Inviluppo	SW2serpPsx
		SW2serpPdx				Serpeggio SW2, bin. P, verso dx
					0	Nessun carico
		0.40	-	Inviluppo	SW2avvP	Avviamento SW2, bin. P, direzione + e -
					SW2frenp	Frenatura SW2, bin. P, direzione + e -
					0	Nessun carico

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	38 di 74

Dettaglio del gruppo di carico

Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
LM71D_GR1_W	0.80	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	LM71Ddx	LM71 su binario dispari, ecc. a destra
				LM71Dsx	LM71 su binario dispari, ecc. a sinistra
				LM71D	LM71 su binario dispari
				0	Nessun carico
	0.80	-	Inviluppo	LM71serpDsx	Serpeggio LM71, bin. D, verso sx
				LM71serpDdx	Serpeggio LM71, bin. D, verso dx
				0	Nessun carico
	0.40	-	Inviluppo	LM71avvD	Avviamento LM71, bin. D, direzione + e -
				LM71frenD	Frenatura LM71, bin. D, direzione + e -
				0	Nessun carico

Dettaglio del gruppo di carico

Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
SW2D_GR1_W	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	SW2D	SW2 su binario dispari
				0	Nessun carico
	1.00	-	Inviluppo	SW2serpDsx	Serpeggio SW2, bin. D, verso sx
				SW2serpDdx	Serpeggio SW2, bin. D, verso dx
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	SW2avvD	Avviamento SW2, bin. D, direzione + e -
				SW2frenD	Frenatura SW2, bin. D, direzione + e -
				0	Nessun carico



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
 RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
 Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	39 di 74

8.2 Combinazione SLV

Carichi permanenti			
	Coeff. parziali di sicurezza	operazione	Nome file
Carichi permanenti strutturali	1.00	-	Fase1
Carichi permanenti portati	1.00	Somma	Fase2
			Fase2ballast

Carichi da traffico								
	Coeff. parziali di sicurezza	Coeff. dinamico	Operazione	Posizione carico	Operazione	Operazione	Nome File	Descrizione carico
Carichi mobili da transito dei treni	0.20	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	Carico principale su binario pari	Somma	Inviluppo	LM71Pdx	LM71 su binario pari, ecc. a destra
							LM71Psx	LM71 su binario pari, ecc. a sinistra
							LM71P	LM71 su binario pari
							SW2P	SW2 su binario pari
						0	Nessun carico	
						Inviluppo	LM71Ddx	LM71 su binario dispari, ecc. a destra
							LM71Dsx	LM71 su binario dispari, ecc. a sinistra
							LM71D	LM71 su binario dispari
				0	Nessun carico			
				Carico principale su binario dispari	Somma	Inviluppo	LM71Ddx	LM71 su binario dispari, ecc. a destra
							LM71Dsx	LM71 su binario dispari, ecc. a sinistra
							LM71D	LM71 su binario dispari
							SW2D	SW2 su binario dispari
						0	Nessun carico	
						Inviluppo	LM71Pdx	LM71 su binario pari, ecc. a destra
							LM71Psx	LM71 su binario pari, ecc. a sinistra
LM71P	LM71 su binario pari							
0	Nessun carico							

Carichi sismici						
	Coeff. parziali di sicurezza	Operazione	Coeff. di combinazione	Nome file	Descrizione carico	
Sisma	1.00	inviluppo	Somma	1.00	Ex	Sisma longitudinale
				0.30	Ey	Sisma trasversale
				0.30	Ez	Sisma verticale
			Somma	0.30	Ex	Sisma longitudinale
				1.00	Ey	Sisma trasversale
				0.30	Ez	Sisma verticale
			Somma	0.30	Ex	Sisma longitudinale
				0.30	Ey	Sisma trasversale
				1.00	Ez	Sisma verticale

Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	40 di 74

8.3 Carico di fatica

GRUPPO 3

Carichi da traffico (le due condizioni si escludono a vicenda)							
	Coeff. parziali di sicurezza	Operazioni	Nome del gruppo di carico				
Traffico su un solo binario	1.00	Inviluppo	<table border="1"> <tr><td>LM71P_GR3</td></tr> <tr><td>LM71D_GR3</td></tr> <tr><td>0</td></tr> </table>	LM71P_GR3	LM71D_GR3	0	
LM71P_GR3							
LM71D_GR3							
0							
Traffico contemporaneo sui due binari	1.00	Inviluppo	<table border="1"> <tr> <td rowspan="3">Somma</td> <td>LM71P_GR3</td> </tr> <tr> <td>LM71D_GR3</td> </tr> <tr> <td>0</td> </tr> </table>	Somma	LM71P_GR3	LM71D_GR3	0
Somma	LM71P_GR3						
	LM71D_GR3						
	0						

Dettaglio del gruppo di carico					
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
LM71P_GR3	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	LM71Pdx	LM71 su binario pari, ecc. a destra
				LM71Psx	LM71 su binario pari, ecc. a sinistra
				LM71P	LM71 su binario pari
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	LM71serpPsx	Serpeggio LM71, bin. P, verso sx
				LM71serpPdx	Serpeggio LM71, bin. P, verso dx
				0	Nessun carico
				LM71avvP	Avviamento LM71, bin. P, direzione + e -
	1.00	-	Inviluppo	LM71frenP	Frenatura LM71, bin. P, direzione + e -
				0	Nessun carico

Dettaglio del gruppo di carico					
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
LM71D_GR3	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	LM71Ddx	LM71 su binario dispari, ecc. a destra
				LM71Dsx	LM71 su binario dispari, ecc. a sinistra
				LM71D	LM71 su binario dispari
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	LM71serpDsx	Serpeggio LM71, bin. D, verso sx
				LM71serpDdx	Serpeggio LM71, bin. D, verso dx
				0	Nessun carico
				LM71avvD	Avviamento LM71, bin. D, direzione + e -
	1.00	-	Inviluppo	LM71frenD	Frenatura LM71, bin. D, direzione + e -
				0	Nessun carico



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
 RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
 Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	41 di 74

8.4 Combinazioni SLE

Combinazione rara

Carichi permanenti			
	Coeff. parziali di	operazione	Nome file
Carichi permanenti strutturali	1.00	-	Fase1
Carichi permanenti portati	1.00	Somma	Fase2
			Fase2ballast

Carichi da traffico						
	Coeff. parziali di sicurezza	Operazione	Posizione carico	Operazione	Operazione	Nome del gruppo di carico
Carichi mobili da transito dei treni	1.00	Inviluppo	Carico principale su binario pari	Somma	Inviluppo	LM71P_SLErara
					Inviluppo	SW2P_SLErara
						0
				Inviluppo	LM71D_SLErara	
				0		
		Inviluppo	Carico principale su binario dispari	Somma	Inviluppo	LM71D_SLErara
					Inviluppo	SW2D_SLErara
						0
Inviluppo	LM71P_SLErara					
		0				

Altri carichi accidentali					
	Coeff. parziali di sicurezza	Coeff. di combinazione	Operazione	Nome file	Descrizione carico
Ritiro	1.00	1	inviluppo	RITIRO	Pressoflessione della sezione mista
				0	Nessun carico
Termica	1.00	1	inviluppo	TERMICA	Termica differenziale (soletta / acciaio) positiva e negativa
				0	Nessun carico
Vento	1.00	0.6	inviluppo	VENTO	Azioni del vento verso dx o verso sx
				0	Nessun carico

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	42 di 74

Si riporta ora il dettaglio dei gruppi di carico ferroviari presenti nella combinazione:

Dettaglio del gruppo di carico					
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
LM71P_SLErara	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	LM71Pdx	LM71 su binario pari, ecc. a destra
				LM71Psx	LM71 su binario pari, ecc. a sinistra
				LM71P	LM71 su binario pari
				0	Nessun carico
	1.00	-	Inviluppo	LM71serpPsx	Serpeggio LM71, bin. P, verso sx
				LM71serpPdx	Serpeggio LM71, bin. P, verso dx
				0	Nessun carico
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	LM71avvP	Avviamento LM71, bin. P, direzione + e -
				LM71frenP	Frenatura LM71, bin. P, direzione + e -
				0	Nessun carico
				0	Nessun carico

Dettaglio del gruppo di carico					
Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
SW2P_SLErara	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	SW2P	SW2 su binario pari
				0	Nessun carico
	1.00	-	Inviluppo	SW2serpPsx	Serpeggio SW2, bin. P, verso sx
				SW2serpPdx	Serpeggio SW2, bin. P, verso dx
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	SW2avvP	Avviamento SW2, bin. P, direzione + e -
				SW2frenp	Frenatura SW2, bin. P, direzione + e -
				0	Nessun carico

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	43 di 74

Dettaglio del gruppo di carico

Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
LM71D_SLErara	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	LM71Ddx	LM71 su binario dispari, ecc. a destra
				LM71Dsx	LM71 su binario dispari, ecc. a sinistra
				LM71D	LM71 su binario dispari
				0	Nessun carico
	1.00	-	Inviluppo	LM71serpDsx	Serpeggio LM71, bin. D, verso sx
				LM71serpDdx	Serpeggio LM71, bin. D, verso dx
				0	Nessun carico
				0.50	-
	LM71frenD	Frenatura LM71, bin. D, direzione + e -			
	0	Nessun carico			
	0	Nessun carico			

Dettaglio del gruppo di carico

Operazione	Coeff. di combinazione	Coeff. dinamico	Operazione	Nome File	Descrizione carico
SW2D_SLErara	1.00	$\beta \cdot \phi_3$	Inviluppo	SW2D	SW2 su binario dispari
				0	Nessun carico
	1.00	-	Inviluppo	SW2serpDsx	Serpeggio SW2, bin. D, verso sx
				SW2serpDdx	Serpeggio SW2, bin. D, verso dx
				0	Nessun carico
	0.50	-	Inviluppo	SW2avvD	Avviamento SW2, bin. D, direzione + e -
				SW2frenD	Frenatura SW2, bin. D, direzione + e -
				0	Nessun carico



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	44 di 74

Relazione di calcolo

9 PROCEDURA DI VERIFICA

L'analisi statica del viadotto è stata condotta utilizzando il metodo elastico.

Per le sezioni di classe 4 soggette a fenomeni di instabilità si è fatto riferimento al metodo delle tensioni ridotte (EN 1993-1-5:2007, §2.4):

(1) As an alternative to the use of the effective^p width models for direct stresses given in sections 4 to 7, the cross sections may be assumed to be class 3 sections provided that the stresses in each panel do not exceed the limits specified in section 10.

NOTE: The reduced stress method is analogous to the effective^p width method (see 2.3) for single plated elements. However, in verifying the stress limitations no load shedding has been assumed between the plated elements of the cross section.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO					
	Ponte ad arco L=120m Relazione di calcolo	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 07 004	REV. A

9.1.1 Verifiche di resistenza delle travi principali

Lo stato limite ultimo adottato corrisponde allo stato limite elastico della sezione, ovvero il raggiungimento in un qualunque suo punto della resistenza limite elastica di calcolo.

Le verifiche di resistenza sono state condotte per tutte le sezioni del viadotto mediante un ulteriore post-processore il WINVERIF.

Questo programma legge le caratteristiche di sollecitazione dei files riepilogativi *.SUM e, servendosi di un file d'appoggio contenente tutte le indicazioni geometriche della sezione resistente, esegue le verifiche per tutte le sezioni indicate.

Il file d'appoggio tipico è *.SEZ nel quale, come detto, sono contenute le composizioni e la distribuzione dei singoli conci, la distribuzione dei conci lungo lo schema strutturale, quella dei pannelli d'anima, il numero delle tra-vi costituenti la sezione trasversale ed il loro interasse. All'interno di questo file è inoltre possibile incrementare i carichi di fase III mediante appositi coefficienti, nonché introdurre la forza assiale dovuta al ritiro o alla variazione termica.

Versione sintetica: file *.SNT, utile per avere un quadro complessivo dello stato tensionale del viadotto. Nella versione sintetica sono indicati concio per concio:

- Geometria della sezione
- Max/Min tensione in ogni punto della sezione [kN/cm²]
- Max tensioni in valore assoluto nella soletta e nell'acciaio di armatura [N/cm²]

Versione estesa: file *.EST, indica le caratteristiche statiche e tensionali sezione per sezione. Nella stampa estesa sono riportati i seguenti dati:

- Elementi di verifica ed ascissa relativa
- Verso della caratteristica di sollecitazione massimizzata
- Composizione della sezione in acciaio
- Geometria della soletta collaborante e relativa armatura
- Caratteristiche statiche nelle varie fasi
- Effetti di ritiro
- Tensioni nelle varie fasi e globali
- Scorrimento unitario

E' presente anche una versione riassuntiva delle verifiche di resistenza (files *.MAX) nel quale per ogni tipo di sezione vengono riportate le massime e minime tensioni in ogni rettangolo costituente la sezione di acciaio, nella soletta e nelle armature.

	DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni PROGETTO DEFINITIVO					
	Ponte ad arco L=120m Relazione di calcolo	COMMESSA RS2S	LOTTO 01	CODIFICA D 09 CL	DOCUMENTO VI 02 07 004	REV. A

9.1.2 Verifiche di stabilità dell'anima

Ove necessario le verifiche di stabilità dell'anima sono state condotte ai sensi del DM 14.01.2008 e della CNR 10011 per tutti i pannelli previsti mediante il post-processore WINVERIF.

Quest' ultimo programma servendosi a sua volta del file d'appoggio *.SEZ esegue le verifiche per tutti i pannelli ed eventuali sottopannelli. Per default tutti i nodi dello schema risultano irrigiditi verticalmente ad eccezione dei nodi indicati in *.SEZ dopo la linea "NODI NON IRRIGIDITI". La suddivisione in pannelli è sempre individuata nel file d'appoggio.

Anche per queste verifiche si forniscono stampe sintetiche ed estese.

La chiave di lettura della stampa sintetica è la seguente:

- Colonna "Pannello" : indica il pannello a destra del nodo indicato da cui prende il nome;
- Colonna "Sub" : indica i pannelli generati dalla presenza di irrigidenti longitudinali;
- Colonna "M22" : indica la sollecitazione massimizzata;
- Colonne " β_{\min} " : indica il valore min del coefficiente di sicurezza ai sensi della CNR 10011;
- Colonne " β " : indica il valore effettivo del coeff. di sicurezza. Deve risultare $\beta \geq \beta_{\min}$;
- Colonne " $\sigma_{cr,rid}$, ecc": indicano i valori dei parametri in gioco nella verifica di stabilità.

I files ottenuti sono i seguenti:

File *.IS verifiche eseguite con le tensioni riportate nel file *.SNT

Nella stampa estesa sono riportati i seguenti dati:

- Geometria del pannello d'anima
- Tensioni ai due estremi del pannello

Per ciascun pannello:

- Geometria
- Tensione di verifica
- Parametri di verifica
- Coefficiente di sicurezza minimo β_{\min}
- Coefficiente di sicurezza effettivo β
- Confronto β , β_{\min}

File *.IE - Verifiche più significative (tasso di sfruttamento della sezione)

E' presente anche una versione riassuntiva delle verifiche di imbozzamento (files *.MXI) nel quale per ogni tipo di sezione viene riportato in quale asta si ha il valore minimo del rapporto β , β_{\min} ; nella parte finale di questo file si trovano le verifiche in versione estesa delle aste nelle quali sono stati riscontrati tali valori.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	47 di 74

Relazione di calcolo

10 ANALISI STRUTTURALE

10.1 Modello di calcolo

La struttura è stata studiata mediante un modello tridimensionale agli elementi finiti implementato su Sap2000. Si è modellato l'impalcato e le due pareti arco trave, inoltre si sono modellate le pile e gli impalcati adiacenti il ponte ad arco. In particolare questi ultimi hanno una luce di 40 metri. Per l'analisi dei carichi e la caratterizzazione geometrica degli elementi si rimanda alle relazioni di calcolo di questi impalcati. Di seguito si riportano le caratteristiche del modello solo per quanto concernente il ponte ad arco.

Gli elementi principali del modello sono i seguenti:

- due fili longitudinali di frames posizionati nei baricentri delle travi catena;
- due fili longitudinali di frames collocati nel baricentro reale degli archi;
- quattro bracci infinitamente rigidi, due per pila, collegano l'impalcato ai vincoli in corrispondenza delle zone di appoggio;
- la zona terminale di intersezione fra arco e trave è rappresentata tramite delle aste infinitamente rigide (sia per l'arco che per il tirante) collegate da bracci rigidi in corrispondenza degli irrigidenti della zona di appoggio; tali aste sono quindi in grado di garantire la continuità di comportamento flessionale fra arco e trave così come effettivamente accade per effetto della presenza di tali nervature;
- ogni pendino è stato modellato come frame vincolato superiormente ed inferiormente al baricentro dell'arco e della trave. Nei punti d'attacco i pendini sono liberi di ruotare (cerniera sferica)
- i trasversi sono collegati alla trave catena con l'effettivo schema di vincolo sull'impalcato
- le longherine sono vincolate con continuità ai trasversi nel punto baricentrico, simulando così la situazione reale;
- gli shells che rappresentano la lamiera di copertura sono connessi agli assi baricentrici dei trasversi e delle longherine (in realtà sono bullonati all'estradosso di tali elementi); gli elementi shells non vengono utilizzati nei modelli relativi al calcolo delle sollecitazioni sugli archi e sulle catene, svolgono la sola funzione di controventamento orizzontale.
- i trasversi superiori sono vincolati nel punto baricentrico dell'arco, simulando così la situazione reale;
- i controventi superiori sono connessi al punto baricentrico dell'arco, simulando così la situazione reale.

Gli apparecchi d'appoggio dell'impalcato sono stati modellati, in maniera tale da riprodurre lo schema di vincolo riportato negli elaborati grafici, sconnettendo i frame rigidi che collegano le travi principali al pulvino ed assegnando, tra i due nodi ottenuti con la sconnessione, un opportuno vincolo interno "constraint".

Le rigidità assegnate a questi elementi tengono conto di tutte le strutture resistenti non modellate, quali la soletta ed i controventi.

Gli effettivi vincoli esterni necessari al funzionamento del modello sono assegnati in fondazione.



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	48 di 74

Relazione di calcolo

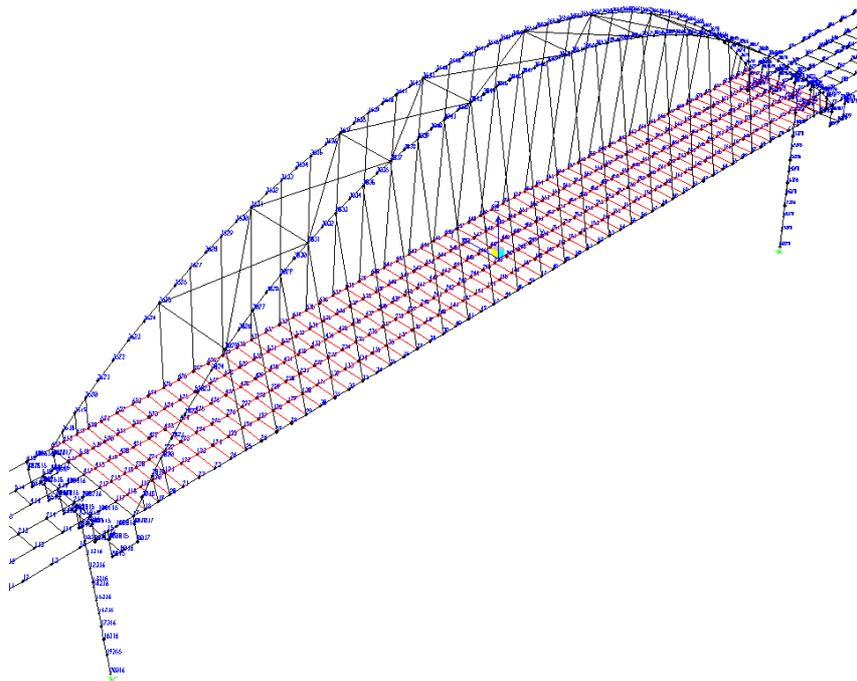
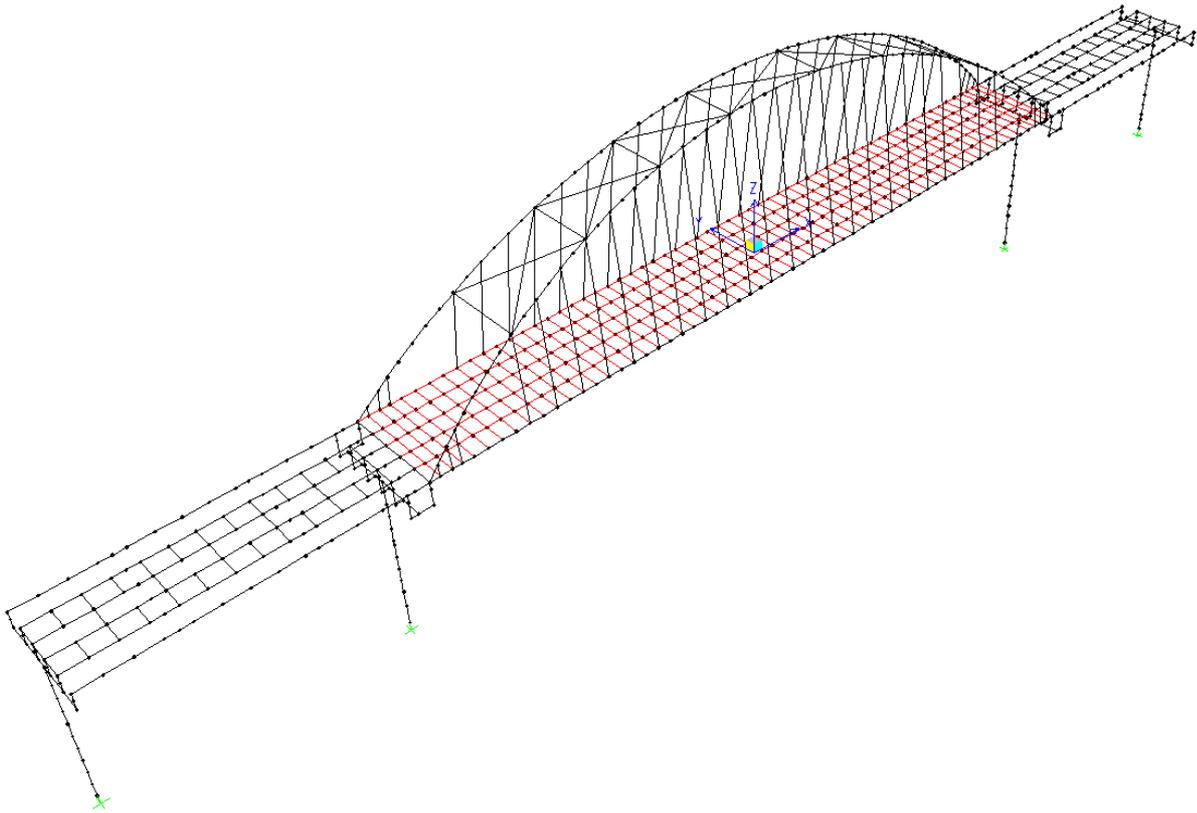
I pesi propri della struttura sono stati applicati come peso proprio di ciascuno degli elementi strutturali, mentre i pesi permanenti portati ed i sovraccarichi accidentali sono stati applicati rispettivamente ai traversi ed alle longherine.

Sono stati impostati più modelli in maniera da ottenere le sollecitazioni della struttura per diverse condizioni di carico e specialmente per gli impalcati adiacenti per diverse condizioni di rigidità degli elementi. Sono stati utilizzati i 3 modelli di seguito elencati, aventi differenti caratteristiche di rigidità:

- Modello di FASE I, utilizzato per il calcolo delle sollecitazioni dovute al peso proprio degli elementi strutturali; le caratteristiche geometriche delle sezioni resistenti delle travi sono valutate assumendo come resistenti le sole travi in acciaio.
- Modello di FASE II, utilizzato per il calcolo delle sollecitazioni dovute ai sovraccarichi permanenti ed al ritiro; le caratteristiche geometriche delle sezioni degli elementi trave sono valutate assumendo come resistente la sezione composta dalle travi in acciaio e dalla soletta in calcestruzzo, ottenuta considerando il modulo elastico del calcestruzzo a lungo termine.
- Modello di FASE III, utilizzato per il calcolo delle sollecitazioni dovute alle azioni variabili come il traffico ferroviario, le variazioni termiche ed il vento; le caratteristiche geometriche delle sezioni degli elementi trave sono valutate assumendo come resistente la sezione composta dalle travi in acciaio e dalla soletta in calcestruzzo, ottenuta considerando il modulo elastico del calcestruzzo a breve termine.

Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	49 di 74



Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	50 di 74

Relazione di calcolo

10.1.1 Nodi

I nodi degli elementi principali del ponte ad arco sono i seguenti:

Intervallo nodi (joints)	Elemento
17 -77 *	Trave principale filo 1
617 -677 *	Trave principale filo 2
3018 -3076 *	Arco filo 1
3618 - 3676 *	Arco filo 2
117 -177 *	Longherina 1 binario dispari
217 -277 *	Longherina 2 binario dispari
417 -477 *	Longherina 1 binario pari
517 -577 *	Longherina 2 binario pari
<i>*passo intervallo 1 unità</i>	

I nodi sede degli appoggi del ponte ad arco sono i seguenti:

Nodi (joints)	Tipologia di apparecchio di appoggio
7017 - 107017	Appoggio unidirezionale trasversale (tramite constraint tra i nodi vincola gli spostamenti verticali e longitudinali)
7617-107617	Appoggio fisso (tramite constraint tra i nodi vincola gli spostamenti verticali, longitudinali e trasversali)
7077-107077	Appoggio mobile (tramite constraint tra i nodi vincola gli spostamenti solo verticali)
7617-107617	Appoggio unidirezionale longitudinale (tramite constraint tra i nodi vincola gli spostamenti verticali e trasversali)

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	51 di 74

Relazione di calcolo

I nodi della pila sono i seguenti:

Intervallo nodi (joints)	Elemento
8016 –8616 **	Pulvino pila P8
8078 –8678 **	Pulvino pila P9
8316 –20316 ***	Fusto e fondazione pila P8
8378 –20378 ***	Fusto e fondazione pila P9
<p><i>**passo intervallo 100 unità</i></p> <p><i>**passo intervallo 1000 unità</i></p>	

I nodi di collegamento:

Intervallo nodi (joints)	Elemento
8017–8617 **	Nodi di collegamento pulvino – appoggi ponte ad arco (Pila 8)
8077–8677 **	Nodi di collegamento pulvino – appoggi ponte ad arco (Pila 9)
<p><i>**passo intervallo 100 unità</i></p>	

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	52 di 74

Relazione di calcolo

10.1.2 Elementi

Gli elementi principali del ponte ad arco sono i seguenti:

Intervallo elementi (frames)	Elemento modellato
17–76 *	Trave principale filo 1
616–676 *	Trave principale filo 2
3017–3076 *	Arco filo 1
3617–3676 *	Arco filo 2
117–176 *	Longherina 1 binario dispari
217–276 *	Longherina 2 binario dispari
417–476 *	Longherina 1 binario pari
517–576 *	Longherina 2 binario pari
1017 - 1617**	Traverso di pila P8
1077 - 1677**	Traverso di pila P9
1018 - 1618** 1019 - 1619** 1020 - 1620** 1076 - 1676**	Traversi intermendi impalcato
5025,5031,5037,5043,5051,5057,5063,5069	Traversi dell'arco
5025 e 5125, 5031 e 5131, 5037 e 5137, 5043 e 5143, 5051 e 5151, 5057 e 5157, 5063 e 5163, 5069 e 5169	Controventi a croce di S. Andrea dell'arco arco

**passo intervallo 1 unità*
***passo intervallo 100 unità*

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	53 di 74

Relazione di calcolo

Intervallo elementi (frames)	Elemento modellato
4025–4069 *	Pendini di collegamento trave principale 1 e arco 1
4625–4669 *	Pendini di collegamento trave principale 2 e arco 2
<i>*passo intervallo 1 unità</i>	

Gli elementi che simulano collegamenti rigidi sono:

Elementi del tipo bracci rigidi	Collegamento modellato
18016,18616, 18077,18677,8017,6017,8017, 6617,8617, 6077,8077, 6677,8677	Bracci rigidi di collegamento ponte-apparecchi di appoggio-pulvino
4018-4020* 4074-4076*	Bracci rigidi di collegamento arco 1-catena 1 in estremità
4618-4620* 4674-4676*	Bracci rigidi di collegamento arco 2-catena 2 in estremità
<i>*passo intervallo 1 unità</i>	

Gli elementi nodi della pila sono i seguenti:

Intervallo elementi (frames)	Elemento modellato
28016–28616 **	Pulvino pila P8
28078–28678 **	Pulvino pila P9
9316 –20316 ***	Fusto e fondazione pila P8
9378 –20378 ***	Fusto e fondazione pila P9
<i>**passo intervallo 100 unità</i>	
<i>**passo intervallo 1000 unità</i>	

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	54 di 74

10.1.3 Elementi shell

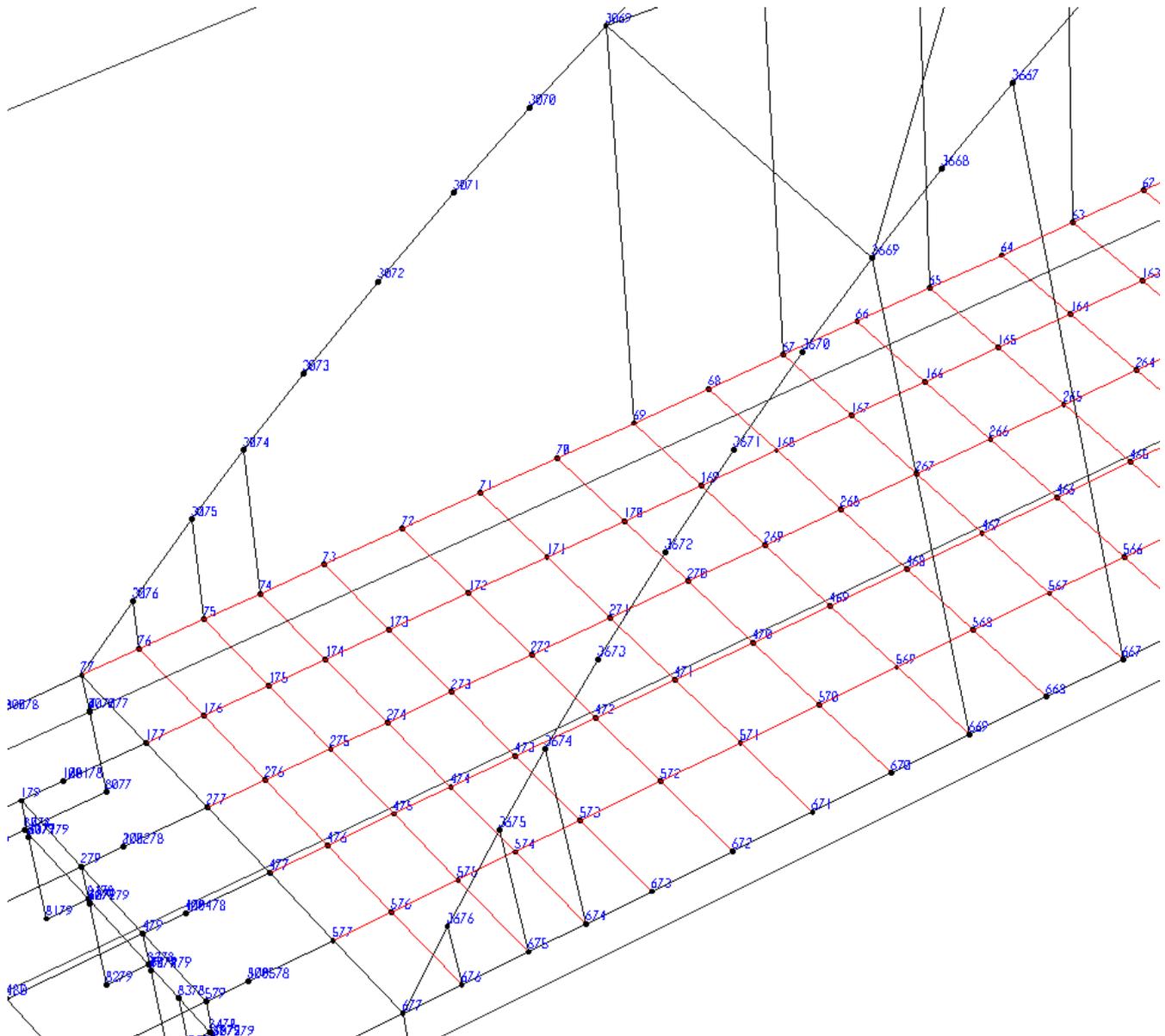
Intervallo elementi shell	Porzione modellata
17-76* 117-176* 217-276* 417-476* 517-576*	Lamiera in acciaio di 30 mm
28078–28678 **	Pulvino pila P9
9316 –20316 ***	Fusto e fondazione pila P8
9378 –20378 ***	Fusto e fondazione pila P9
<i>*passo intervallo 1 unità</i>	

Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	55 di 74

10.1.4 Numerazione nodi

Di seguito vengono riportate alcune immagini per comprendere meglio l'assegnazione e la numerazione dei nodi.

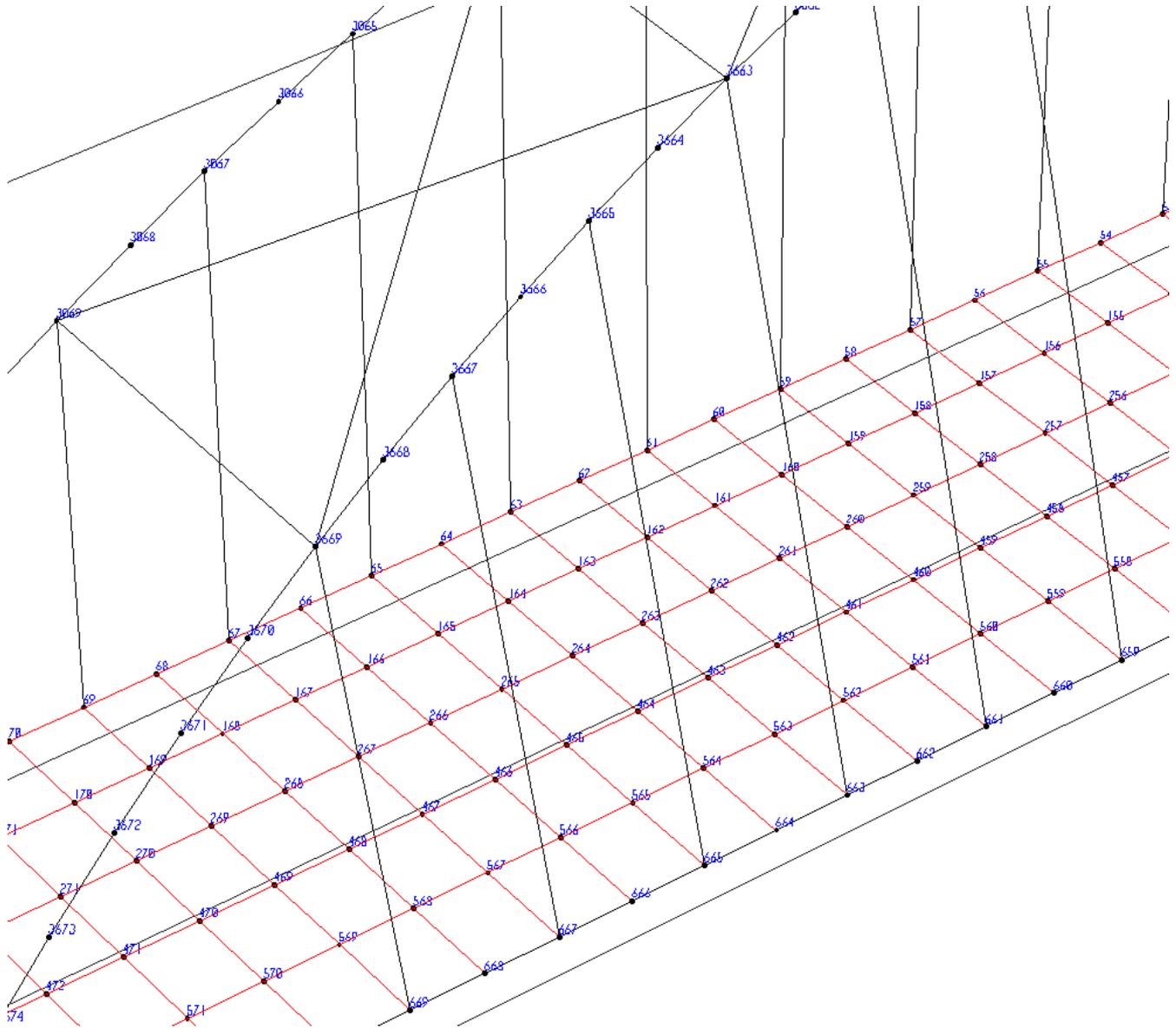




DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	56 di 74

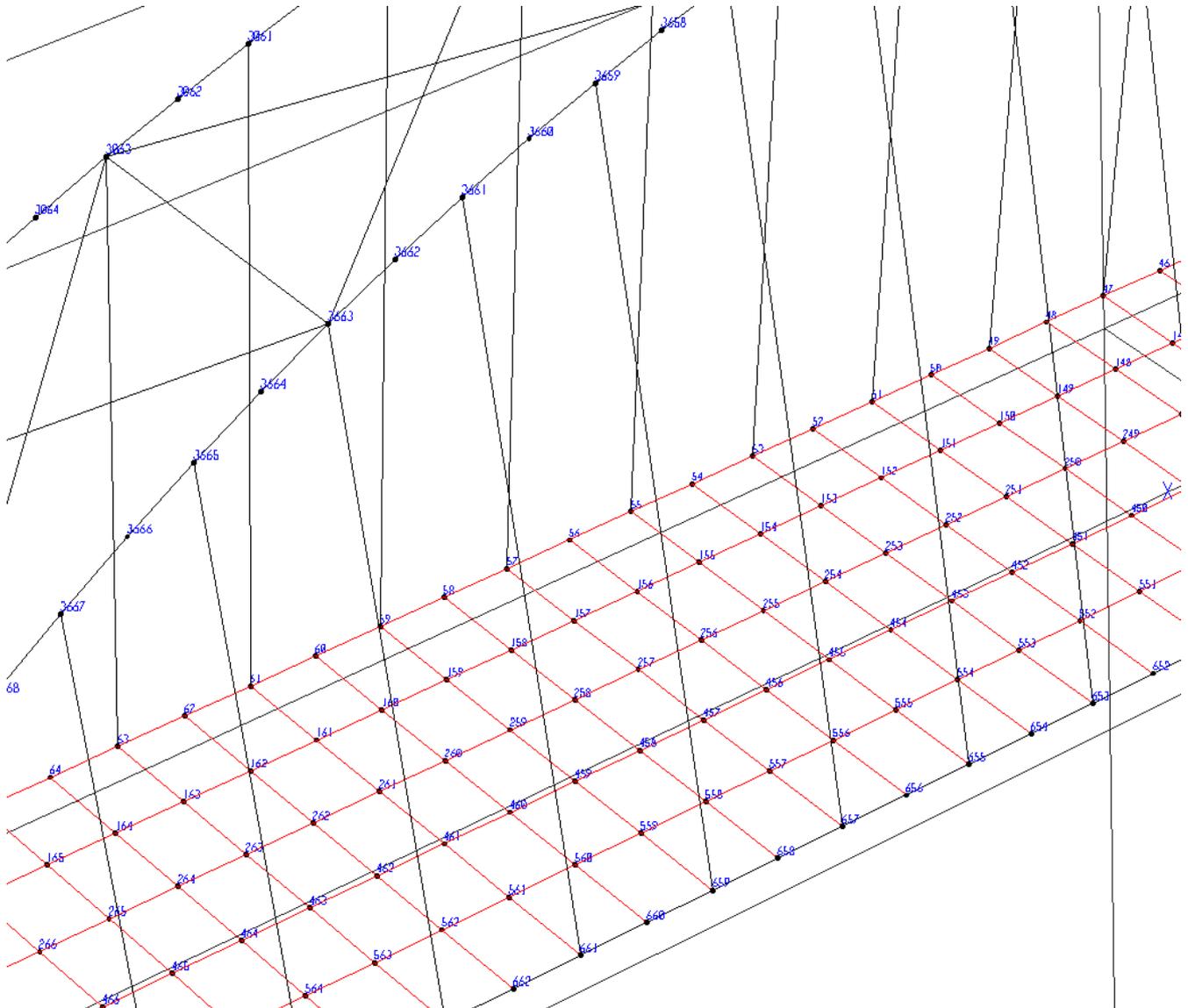




DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	57 di 74



Ponte ad arco L=120m

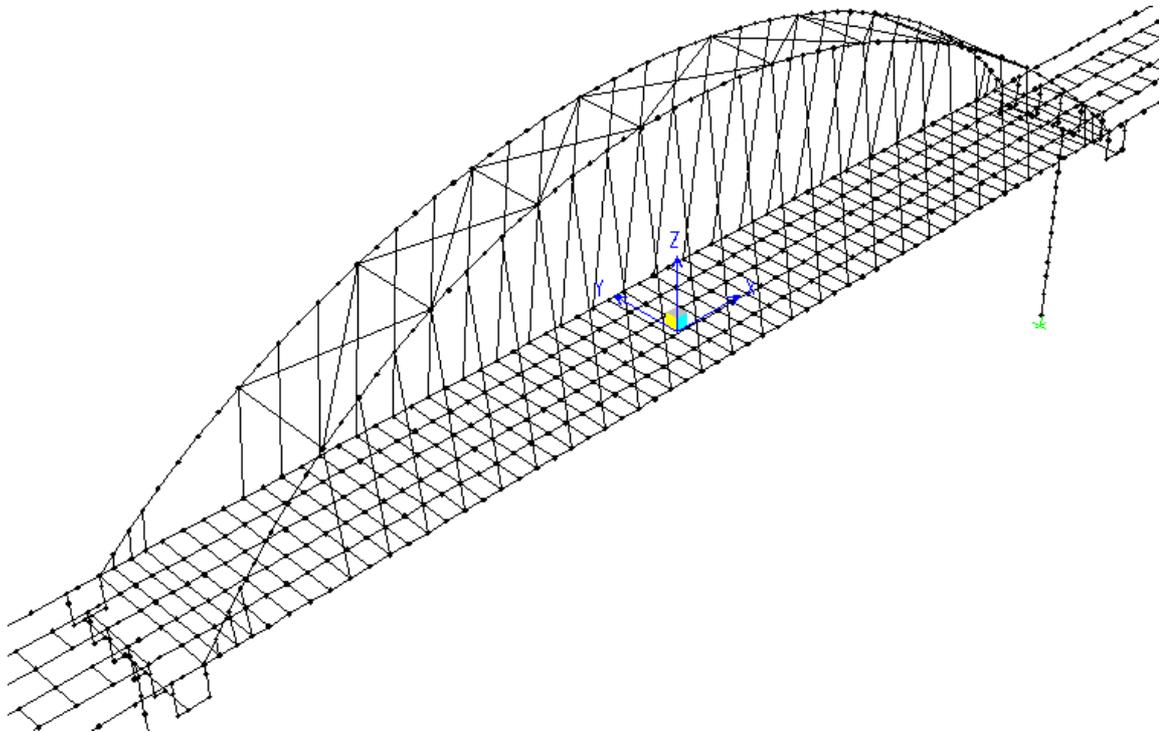
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	58 di 74

10.2 Modelli di calcolo utilizzati

Partendo dal modello base descritto nei precedenti paragrafi, si è modificato lo stesso per costruire differenti modelli per l'analisi di diversi aspetti del ponte, possiamo così suddividerli:

- Modello per il calcolo delle sollecitazioni degli elementi resistenti di travi e arco (verifiche a SLU): partendo dal modello base non si sono considerati gli elementi shells, così da sollecitare maggiormente gli elementi principali;

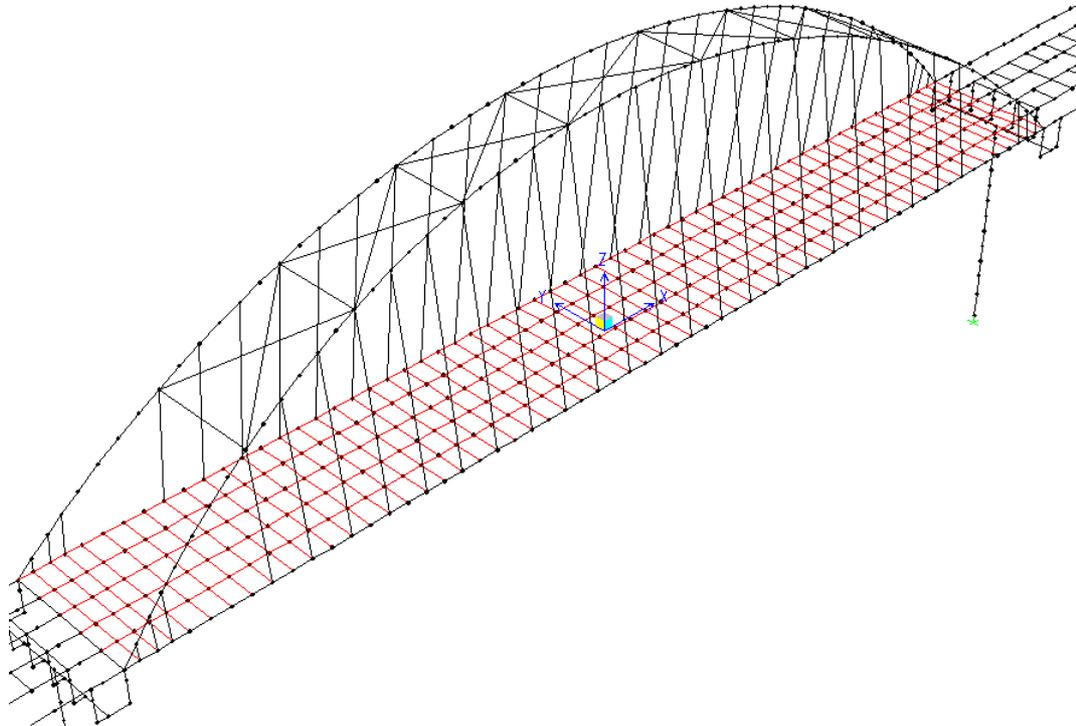


- Modello per il calcolo delle deformazioni (verifiche a SLE): il modello di base non è stato modificato, tutti gli elementi sono stati modellati e per il calcolo della deformazione sono stati considerati anche gli elementi shells;

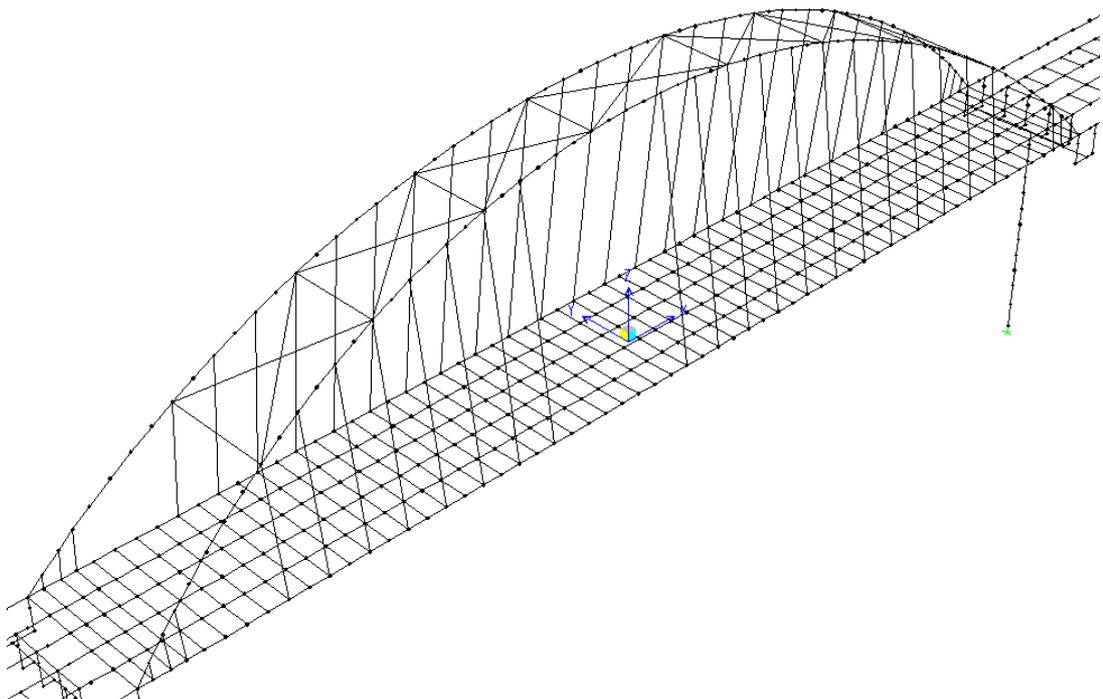
Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	59 di 74



- Modello per lo studio di condizione di rottura dei pendini (verifiche in condizioni eccezionali): si sono eliminati tre pendini consecutivi da un lato del ponte e non si sono considerati gli elementi shells. Questo ha permesso di sollecitare localmente gli elementi principali del ponte.



Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	60 di 74

10.3 Caratteristiche statiche arco

Trave arco concio tipo 1 – sezione A1

Sezione a cassone:

Altezza esterna: 3317 mm

Larghezza esterna: 1300 mm

Spessore pareti: 40 mm

Trave arco concio tipo 2 – sezione A2

Sezione a cassone:

Altezza esterna: 2860 mm

Larghezza esterna: 1300 mm

Spessore pareti: 40 mm

Trave arco concio tipo 3 – sezione A3

Sezione a doppio T:

piattabanda superiore: 1300 x 60 mm

anima: 2370 x 40 mm

piattabanda inferiore: 1300 x 70 mm

Trave arco concio tipo 4 – sezione A4

Sezione a doppio T:

piattabanda superiore: 1300 x 60 mm

anima: 2040 x 40 mm

piattabanda inferiore: 1300 x 70 mm

Trave arco concio tipo 5 – sezione A5



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	61 di 74

Relazione di calcolo

Sezione a doppio T:

piattabanda superiore: 1300 x 60 mm

anima: 1960 x 40 mm

piattabanda inferiore: 1300 x 70 mm

Trave arco concio tipo 6 – sezione A6

Sezione a doppio T:

piattabanda superiore: 1300 x 60 mm

anima: 1870 x 40 mm

piattabanda inferiore: 1300 x 70 mm

Da questi dati si sono ottenute le caratteristiche statiche delli vari elementi componenti l'arco.

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	62 di 74

GEOMETRIA DELLA SEZIONE Arco1

Elemento Generico 1	: base=	40 mm ,	altezza=	3320 mm ,	xG=	-630 mm ,	yG=	0 mm
Elemento Generico 2	: base=	1220 mm ,	altezza=	40 mm ,	xG=	0 mm ,	yG=	1640 mm
Elemento Generico 3	: base=	40 mm ,	altezza=	3320 mm ,	xG=	630 mm ,	yG=	0 mm
Elemento Generico 4	: base=	1220 mm ,	altezza=	40 mm ,	xG=	0 mm ,	yG=	-1640 mm

TABELLA RIASSUNTIVA

AREA (cm2)	3632
xBARIC. da sinistra(cm)	0
yBARIC. da lembo inf.(cm)	166
Asv area-taglio vert. (cm2)	2656
Aso area-taglio orizz.(cm2)	976
Area interna alla sezione (cm2)	41328.00

PROPRIET^L ELASTICHE

Jx inerzia vert. (cm4)	50648043
Jy inerzia orizz.(cm4)	11755771
Jt inerzia tors. (cm4)	30096979
Wxs modulo resistenza superiore vert. (cm3)	305109
Wxi modulo resistenza inferiore vert. (cm3)	305109
Wys modulo resistenza sinistro orizz. (cm3)	180858
Wyd modulo resistenza destro orizz. (cm3)	180858

PROPRIET^L PLASTICHE

Wx,pl modulo resistenza plastico vert.(cm3)	380512
Wy,pl modulo resistenza plastico orizz.(cm3)	197096

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA PLASTICHE

fy resitenza caratteristica (Mpa)	35.5
fd resitenza di calcolo (Mpa)	33.81
coeff.complessivo di sicurezza	1.05
N,pl Normale plastica (kN)	122796
Mxx,pl Momento plastico vert. (kNcm)	12864930
Myy,pl Momento plastico orizz.(kNcm)	6663722
Vx,pl Taglio plastico vert. (kN)	19051
Vy,pl Taglio plastico orizz.(kN)	51845

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	63 di 74

GEOMETRIA DELLA SEZIONE Arco2

Elemento Generico 1	: base=	40 mm	, altezza=	2860 mm	, xG=	-630 mm	, yG=	0 mm
Elemento Generico 2	: base=	1220 mm	, altezza=	40 mm	, xG=	0 mm	, yG=	1410 mm
Elemento Generico 3	: base=	40 mm	, altezza=	2860 mm	, xG=	630 mm	, yG=	0 mm
Elemento Generico 4	: base=	1220 mm	, altezza=	40 mm	, xG=	0 mm	, yG=	-1410 mm

TABELLA RIASSUNTIVA

AREA (cm2)	3264
xBARIC. da sinistra(cm)	0
yBARIC. da lembo inf.(cm)	143
Asv area-taglio vert. (cm2)	2288
Aso area-taglio orizz.(cm2)	976
Area interna alla sezione (cm2)	35532.00

PROPRIET^L ELASTICHE

Jx inerzia vert. (cm4)	35000928
Jy inerzia orizz.(cm4)	10294688
Jt inerzia tors. (cm4)	24755353
Wxs modulo resistenza superiore vert. (cm3)	244762
Wxi modulo resistenza inferiore vert. (cm3)	244762
Wys modulo resistenza sinistro orizz. (cm3)	158380
Wyd modulo resistenza destro orizz. (cm3)	158380

PROPRIET^L PLASTICHE

Wx,pl modulo resistenza plastico vert.(cm3)	301208
Wy,pl modulo resistenza plastico orizz.(cm3)	173912

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA PLASTICHE

fy resitenza caratteristica (Mpa)	35.5
fd resitenza di calcolo (Mpa)	33.81
coeff.complessivo di sicurezza	1.05
N,pl Normale plastica (kN)	110354
Mxx,pl Momento plastico vert. (kNcm)	10183699
Myy,pl Momento plastico orizz.(kNcm)	5879882
Vx,pl Taglio plastico vert. (kN)	19051
Vy,pl Taglio plastico orizz.(kN)	44662

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	64 di 74

GEOMETRIA DELLA SEZIONE Arco3

Piattabanda Superiore	: base=	1300 mm	, altezza=	60 mm
Anima	: base=	40 mm	, altezza=	2370 mm
Piattabanda Inferiore	: base=	1300 mm	, altezza=	70 mm
Delta (angolo inclinazione anima) = 0°				

TABELLA RIASSUNTIVA

	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	18.0	6.4
AREA OMOG. (cm2)	2638	2638	2638
Jx OMOG. (cm4)	29402302	29402302	29402302
BARIC. da lembo inf. (cm)	119	119	119
ASSE N da lembo inf. (cm)	250	250	250
Ss anima (cm3)	99575	99575	99575
Si anima (cm3)	105414	105414	105414
WS cls. (cm3)	0	0	0
WS acc. (cm3)	225029	225029	225029
Wi acc. (cm3)	246374	246374	246374
J Tors. (cm4)	29279	29279	29279
I Orizz. (cm4)	2380083	2380083	2380083
A taglio orizz. (cm2)	1690	1690	1690
A taglio vert. (cm2)	948	948	948

GEOMETRIA DELLA SEZIONE Arco4

Piattabanda Superiore	: base=	1300 mm	, altezza=	60 mm
Anima	: base=	40 mm	, altezza=	2040 mm
Piattabanda Inferiore	: base=	1300 mm	, altezza=	70 mm
Delta (angolo inclinazione anima) = 0°				

TABELLA RIASSUNTIVA

	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	18.0	6.4
AREA OMOG. (cm2)	2506	2506	2506
Jx OMOG. (cm4)	21484581	21484581	21484581
BARIC. da lembo inf. (cm)	103	103	103
ASSE N da lembo inf. (cm)	217	217	217
Ss anima (cm3)	86290	86290	86290
Si anima (cm3)	90883	90883	90883
WS cls. (cm3)	0	0	0
WS acc. (cm3)	189077	189077	189077
Wi acc. (cm3)	207839	207839	207839
J Tors. (cm4)	28575	28575	28575
I Orizz. (cm4)	2380083	2380083	2380083
A taglio orizz. (cm2)	1690	1690	1690
A taglio vert. (cm2)	816	816	816

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	65 di 74

GEOMETRIA DELLA SEZIONE Arco5

Piattabanda Superiore	: base=	1300 mm	, altezza=	60 mm
Anima	: base=	40 mm	, altezza=	1960 mm
Piattabanda Inferiore	: base=	1300 mm	, altezza=	70 mm
Delta (angolo inclinazione anima) = 0°				

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	18.0	6.4
AREA OMOG. (cm2)	2474	2474	2474
Jx OMOG. (cm4)	19773132	19773132	19773132
BARIC. da lembo inf. (cm)	100	100	100
ASSE N da lembo inf. (cm)	209	209	209
Ss anima (cm3)	83063	83063	83063
Si anima (cm3)	87368	87368	87368
WS cls. (cm3)	0	0	0
WS acc. (cm3)	180591	180591	180591
Wi acc. (cm3)	198707	198707	198707
J Tors. (cm4)	28405	28405	28405
I Orizz. (cm4)	2380083	2380083	2380083
A taglio orizz. (cm2)	1690	1690	1690
A taglio vert. (cm2)	784	784	784

GEOMETRIA DELLA SEZIONE Arco6

Piattabanda Superiore	: base=	1300 mm	, altezza=	60 mm
Anima	: base=	40 mm	, altezza=	1870 mm
Piattabanda Inferiore	: base=	1300 mm	, altezza=	70 mm
Delta (angolo inclinazione anima) = 0°				

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	18.0	6.4
AREA OMOG. (cm2)	2438	2438	2438
Jx OMOG. (cm4)	17942216	17942216	17942216
BARIC. da lembo inf. (cm)	95	95	95
ASSE N da lembo inf. (cm)	200	200	200
Ss anima (cm3)	79429	79429	79429
Si anima (cm3)	83418	83418	83418
WS cls. (cm3)	0	0	0
WS acc. (cm3)	171152	171152	171152
Wi acc. (cm3)	188533	188533	188533
J Tors. (cm4)	28213	28213	28213
I Orizz. (cm4)	2380083	2380083	2380083
A taglio orizz. (cm2)	1690	1690	1690
A taglio vert. (cm2)	748	748	748

Ponte ad arco L=120m

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	66 di 74

Relazione di calcolo

10.4 Caratteristiche statiche trave catena

Trave caretna concio tipo 1 – sezione C1e (o Cat01)

Sezione a cassone:

Altezza esterna: 3900 mm

Larghezza media: 1533 mm

Spessore pareti: 40 mm

Trave arco concio tipo 2 – sezione C2e (o Cat02)

Sezione a cassone:

Altezza esterna: 2500 mm

Larghezza media: 1440 mm

Spessore pareti: 40 mm

Trave arco concio tipo 3 – sezione C3e (o Cat03)

Sezione a doppio T:

piattabanda superiore: 1300 x 60 mm

anima: 2380 x 40 mm

piattabanda inferiore: 1300 x 60 mm

Trave arco concio tipo 4/5/6 – sezione C4e/C5e/C6e (o Cat04/Cat05/Cat06)

Sezione a doppio T:

piattabanda superiore: 1300 x 50 mm

anima: 2040 x 40 mm

piattabanda inferiore: 1300 x 60 mm

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	67 di 74

GEOMETRIA DELLA SEZIONE Cat01

Elemento Generico 1	: base=	40 mm	, altezza=	3780 mm	, xG=	-766.7 mm	, yG=	0 mm
Elemento Generico 2	: base=	1573.5 mm	, altezza=	40 mm	, xG=	0 mm	, yG=	1910 mm
Elemento Generico 3	: base=	40 mm	, altezza=	3780 mm	, xG=	766.7 mm	, yG=	0 mm
Elemento Generico 4	: base=	1573.5 mm	, altezza=	40 mm	, xG=	0 mm	, yG=	-1910 mm

TABELLA RIASSUNTIVA

AREA (cm2)	4283
xBARIC. da sinistra (cm)	0
yBARIC. da lembo inf. (cm)	193
Asv area-taglio vert. (cm2)	3024
Aso area-taglio orizz. (cm2)	1259
Area interna alla sezione (cm2)	58575.88

PROPRIET^L ELASTICHE

Jx inerzia vert. (cm4)	81930729
Jy inerzia orizz. (cm4)	20377199
Jt inerzia tors. (cm4)	51273129
Wxs modulo resistenza superiore vert. (cm3)	424512
Wxi modulo resistenza inferiore vert. (cm3)	424512
Wys modulo resistenza sinistro orizz. (cm3)	259005
Wyd modulo resistenza destro orizz. (cm3)	259005

PROPRIET^L PLASTICHE

Wx,pl modulo resistenza plastico vert. (cm3)	526199
Wy,pl modulo resistenza plastico orizz. (cm3)	281368

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA PLASTICHE

fy resitenza caratteristica (Mpa)	35.5
fd resitenza di calcolo (Mpa)	33.81
coeff.complessivo di sicurezza	1.05
N,pl Normale plastica (kN)	144799
Mxx,pl Momento plastico vert. (kNcm)	17790531
Myy,pl Momento plastico orizz. (kNcm)	9512922
Vx,pl Taglio plastico vert. (kN)	24572
Vy,pl Taglio plastico orizz. (kN)	59028

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	68 di 74

GEOMETRIA DELLA SEZIONE Cat02

Elemento Generico 1	: base=	40 mm ,	altezza=	2420 mm ,	xG=	-720 mm ,	yG=	0 mm
Elemento Generico 2	: base=	1480 mm ,	altezza=	40 mm ,	xG=	0 mm ,	yG=	1230 mm
Elemento Generico 3	: base=	40 mm ,	altezza=	2420 mm ,	xG=	720 mm ,	yG=	0 mm
Elemento Generico 4	: base=	1480 mm ,	altezza=	40 mm ,	xG=	0 mm ,	yG=	-1230 mm

TABELLA RIASSUNTIVA

AREA (cm2)	3120
xBARIC. da sinistra(cm)	0
yBARIC. da lembo inf.(cm)	125
Asv area-taglio vert. (cm2)	1936
Aso area-taglio orizz.(cm2)	1184
Area interna alla sezione (cm2)	35424.00

PROPRIET^L ELASTICHE

Jx inerzia vert. (cm4)	27362640
Jy inerzia orizz.(cm4)	12200000
Jt inerzia tors. (cm4)	25740713
Wxs modulo resistenza superiore vert. (cm3)	218901
Wxi modulo resistenza inferiore vert. (cm3)	218901
Wys modulo resistenza sinistro orizz. (cm3)	164865
Wyd modulo resistenza destro orizz. (cm3)	164865

PROPRIET^L PLASTICHE

Wx,pl modulo resistenza plastico vert.(cm3)	262760
Wy,pl modulo resistenza plastico orizz.(cm3)	183200

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA PLASTICHE

fy resitenza caratteristica (Mpa)	35.5
fd resitenza di calcolo (Mpa)	33.81
coeff.complessivo di sicurezza	1.05
N,pl Normale plastica (kN)	105486
Mxx,pl Momento plastico vert. (kNcm)	8883790
Myy,pl Momento plastico orizz.(kNcm)	6193905
Vx,pl Taglio plastico vert. (kN)	23112
Vy,pl Taglio plastico orizz.(kN)	37791

PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m

Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	69 di 74

GEOMETRIA DELLA SEZIONE TrvExt03

Piattabanda Superiore : base= 1300 mm , altezza= 50 mm
 Anima : base= 40 mm , altezza= 2390 mm
 Piattabanda Inferiore : base= 1300 mm , altezza= 60 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	18.0	6.4
AREA OMOG. (cm2)	2386	2386	2386
Jx OMOG. (cm4)	25823137	25823137	25823137
BARIC. da lembo inf. (cm)	119	119	119
ASSE N da lembo inf. (cm)	250	250	250
Ss anima (cm3)	83727	83727	83727
Si anima (cm3)	90238	90238	90238
WS cls. (cm3)	0	0	0
WS acc. (cm3)	196657	196657	196657
Wi acc. (cm3)	217569	217569	217569
J Tors. (cm4)	19875	19875	19875
I Orizz. (cm4)	2013917	2013917	2013917
A taglio orizz. (cm2)	1430	1430	1430
A taglio vert. (cm2)	956	956	956

GEOMETRIA DELLA SEZIONE TrvExt04

Piattabanda Superiore : base= 1300 mm , altezza= 50 mm
 Anima : base= 40 mm , altezza= 2390 mm
 Piattabanda Inferiore : base= 1300 mm , altezza= 60 mm
 Delta (angolo inclinazione anima) = 0°

TABELLA RIASSUNTIVA	FASE 1	FASE 2	FASE 3
COEFF.OMOG.	inf	18.0	6.4
AREA OMOG. (cm2)	2386	2386	2386
Jx OMOG. (cm4)	25823137	25823137	25823137
BARIC. da lembo inf. (cm)	119	119	119
ASSE N da lembo inf. (cm)	250	250	250
Ss anima (cm3)	83727	83727	83727
Si anima (cm3)	90238	90238	90238
WS cls. (cm3)	0	0	0
WS acc. (cm3)	196657	196657	196657
Wi acc. (cm3)	217569	217569	217569
J Tors. (cm4)	19875	19875	19875
I Orizz. (cm4)	2013917	2013917	2013917
A taglio orizz. (cm2)	1430	1430	1430
A taglio vert. (cm2)	956	956	956



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
 RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
 Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	70 di 74

10.5 Caratteristiche statiche pendini

I pendini utilizzati sono barrotti di diametro 160 mm in acciaio S460 NL e caratteristiche statiche:

Diametro: 160mm

Area lorda: 201cm²

Area netta: 172cm² (calcolata su un diametro ridotto Φ148 mm)

10.1 Caratteristiche statiche traversi

Profilo tipico traversi intermendi: HE1000x438

HE	dimensioni principali					peso G	area A	dettagli costruzior		caratteristiche statiche											
	h	b	t _w	t _r	r			h _y	d	asse forte y-y					asse debole						
										I _y	W _y	W _{pl,y}	i _y	A _{vz}	I _z	W _z	W _{pl,z} *	i _z	S _e	I _T	I _w ×10 ⁻³
Designazione	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ³
HE 1000 x 438	1026	305	26.9	49	30	436.662	556.3	928	868	909177.4	17722.8	20746	40.43	299.94	23355.31116	1531.5	2462.56	6.48	160.05	3190.23	55293.4

10.1 Caratteristiche statiche longherine

Profilo tipico longherine: IPE750x137

IPE	dimensioni principali						peso G	area A	dimensioni/dettagli costruzior		caratteristiche statiche												
	h	b	t _w	t _r	r	-			h _y	d	asse forte y-y					asse debole							
											I _y	W _y	W _{pl,y}	i _y	A _{vz}	I _z	W _z	W _{pl,z}	i _z	S _e	I _T	I _w ×10 ⁻³	
Designazione	mm	mm	mm	mm	mm	-	kg/m	cm ²	cm ²	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ³	
IPE 750 x 137	753	263	11.5	17	17	-	137.05	174.586	-	719	685	159877.47	4246.4	4865.2	30.26	92.901	5165.87	392.84	614.08	5.44	65.42	137.09	6980.1

10.2 Caratteristiche statiche controventi arco

Profilo tipico controventi arco: tubi Ø457s=12.5

TONDI CAVI	dimensioni principali					peso G	area A	tagli costruz	caratteristiche statiche			
	De	s	Di	Ω	asse qualsiasi							
					I				W	W _{pl}	i	
Designazione	mm	mm	mm	[Kg/m]	[cm ²]	(cm ²)	(cm ⁴)	(cm ³)	(cm ³)	[cm]		
Ø 457 s 12,5	457.0	12.5	432.0	137.0	174.6	1551.8	43144.8	1888.2	2470.4	15.7		

10.3 Caratteristiche statiche traversi arco

Profilo traversi di estremità arco (portale):

Ponte ad arco L=120m
Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	71 di 74

Sezione a cassone:

Altezza esterna: 2900 mm
Larghezza media: 1300 mm
Spessore pareti: 20 mm

GEOMETRIA DELLA SEZIONE Trv1

Elemento Generico	base=	altezza=	xG=	yG=
1	20 mm	2900 mm	-640 mm	0 mm
2	1260 mm	20 mm	0 mm	1440 mm
3	20 mm	2900 mm	640 mm	0 mm
4	1260 mm	20 mm	0 mm	-1440 mm

TABELLA RIASSUNTIVA

AREA (cm2)	1664
xBARIC. da sinistra(cm)	0
yBARIC. da lembo inf.(cm)	145
Asv area-taglio vert. (cm2)	1160
Aso area-taglio orizz.(cm2)	504
Area interna alla sezione (cm2)	36864.00

PROPRIET^L ELASTICHE

Jx inerzia vert. (cm4)	18580779
Jy inerzia orizz.(cm4)	5418539
Jt inerzia tors. (cm4)	13066870
Wxs modulo resistenza superiore vert. (cm3)	128143
Wxi modulo resistenza inferiore vert. (cm3)	128143
Wys modulo resistenza sinistro orizz. (cm3)	83362
Wyd modulo resistenza destro orizz. (cm3)	83362

PROPRIET^L PLASTICHE

Wx,pl modulo resistenza plastico vert.(cm3)	156676
Wy,pl modulo resistenza plastico orizz.(cm3)	90116

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA PLASTICHE

fy resitenza caratteristica (Mpa)	35.5
fd resitenza di calcolo (Mpa)	33.81
coeff.complessivo di sicurezza	1.05
N,pl Normale plastica (kN)	56259
Mxx,pl Momento plastico vert. (kNcm)	5297141
Myy,pl Momento plastico orizz.(kNcm)	3046779
Vx,pl Taglio plastico vert. (kN)	9838
Vy,pl Taglio plastico orizz. (kN)	22643

Profilo tipico trasversi intermedi arco: HEB1000



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA - PALERMO
 RADDOPPIO DELLA TRATTA GIAMPILIERI - FIUMEFREDDO
 Lotto 1: Fiumefreddo (i) – Taormina (i) / Letojanni
PROGETTO DEFINITIVO

Ponte ad arco L=120m
 Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS2S	01	D 09 CL	VI 02 07 004	A	72 di 74

HE	dimensioni principali					peso G	area A	dettagli costruzioni		caratteristiche statiche											
	h	b	t _w	t _r	r			h ₁	d	asse forte y-y					asse debole						
										I _y	W _y	W _{pl,y}	i _y	A _{vz}	I _z	W _z	W _{pl,z} *	i _z	S _s	I _T	I _w × 10 ⁻³
Designazione	mm	mm	mm	mm	mm	kg/m	cm ²	mm	mm	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm	mm	cm ⁴	cm ³
HE 1000 B	1000	300	19	36	30	314.036	400	928	868	644748.07	12895	14855.1	40.15	212.49	16275.753	1085.05	1716.27	6.38	126.15	1254.42	37636.5