

# ANAS S.p.A.

DIREZIONE CENTRALE PROGRAMMAZIONE PROGETTAZIONE

## PA 12/09

### CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO - NORD EUROPA

### ITINERARIO AGRIGENTO - CALTANISSETTA - A19

### S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"

### AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001

### Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19

## PROGETTO ESECUTIVO

Contraente Generale:



## OPERE D'ARTE MAGGIORI PONTI

### Cavalcaferrovia Grotticelle Relazione di calcolo impalcato

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12\_09 - E 1 6 3 V I 2 1 7 P O 0 2 F C L 0 2 2 A -

Scala:

F																			
E																			
D																			
C																			
B																			
A	Dicembre 2010	EMISSIONE					T. FASOLO	F. NIGRELLI	M. LITI	P. PAGLINI									
REV.	DATA	DESCRIZIONE					REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	AUTORIZZATO									

Responsabile del procedimento: Ing. MAURIZIO ARAMINI

Il Progettista:



Il Consulente Specialista:

**3TI ITALIA S.p.A.**  
DIRETTORE TECNICO  
Ing. Stefano Luca Possati  
Ordine degli Ingegneri  
Provincia di Roma n. 20809

Il Geologo:



Il Coordinatore per la sicurezza  
in fase di progetto:



Il Direttore dei lavori:



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 1 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>SCOPO DEL DOCUMENTO .....</b>	<b>4</b>
2.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA .....	4
2.2	MODALITÀ REALIZZATIVE .....	7
<b>3</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI .....	7
3.1.1	<i>Documenti di progetto .....</i>	<i>7</i>
3.1.2	<i>Normativa e istruzioni .....</i>	<i>7</i>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....</b>	<b>7</b>
4.1	CALCESTRUZZO .....	7
4.1.1	<i>Soletta.....</i>	<i>7</i>
4.1.2	<i>Predalles.....</i>	<i>8</i>
4.2	ACCIAIO .....	8
4.2.1	<i>Acciaio per cemento armato.....</i>	<i>8</i>
4.2.2	<i>Acciaio per la carpenteria metallica di impalcato .....</i>	<i>8</i>
4.2.3	<i>Connettori trave soletta.....</i>	<i>8</i>
4.2.4	<i>Giunzioni bullonate .....</i>	<i>9</i>
4.2.5	<i>Giunzioni saldate.....</i>	<i>9</i>
4.3	CONDIZIONI AMBIENTALI E CLASSI DI ESPOSIZIONE .....	9
4.4	CALCOLO COEFFICIENTI DI OMOGENEIZZAZIONE .....	10
<b>5</b>	<b>IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE .....</b>	<b>11</b>
5.1	ANALISI DELLA STRUTTURA COMPOSTA .....	11
5.1.1	<i>Fasi.....</i>	<i>11</i>
5.2	DATI GENERALI DELLE SEZIONI DI IMPALCATO .....	11
5.2.1	<i>Larghezze collaboranti di soletta .....</i>	<i>11</i>
5.2.2	<i>Caratteristiche delle sezioni di impalcato .....</i>	<i>12</i>
5.3	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	14
<b>6</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO.....</b>	<b>15</b>
6.1	PESO PROPRIO DEI MATERIALI STRUTTURALI .....	15
6.2	CARICHI PERMANENTI.....	15

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 2 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

6.3	RITIRO (E2) .....	16
6.4	CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO .....	17
6.4.1	<i>Categoria Stradale</i> .....	17
6.4.2	<i>Schemi di carico</i> .....	17
6.4.3	<i>Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione</i> .....	24
6.4.4	<i>Forze centrifughe</i> .....	24
6.4.5	<i>Resistenze parassite dei vincoli</i> .....	24
6.4.6	<i>Azioni sui parapetti. Urto di veicolo in svio</i> .....	24
6.4.7	<i>Altre azioni variabili</i> .....	24
6.5	VARIAZIONI TERMICHE (E3).....	24
6.5.1	<i>variazione termica uniforme</i> .....	24
6.5.2	<i>Variazione termica non uniforme</i> .....	25
6.6	CARICO NEVE.....	26
6.7	AZIONE DEL VENTO .....	26
6.8	AZIONE SISMICA.....	28
6.8.1	<i>Vita nominale</i> .....	28
6.8.2	<i>Classe d'uso</i> .....	29
6.8.3	<i>Periodo di riferimento</i> .....	29
6.8.4	<i>Valutazione dei parametri di pericolosità sismica</i> .....	29
6.8.5	<i>Caratterizzazione sismica del terreno</i> .....	30
6.8.6	<i>Classe di duttilità</i> .....	32
6.8.7	<i>Fattore di struttura</i> .....	32
6.8.8	<i>Valutazione dell'azione Sismica</i> .....	32
6.9	COMBINAZIONI DI CARICO .....	34
6.9.1	<i>Combinazioni relative agli stati limite ultimi</i> .....	36
6.9.2	<i>Combinazioni contenenti l'azione sismica</i> .....	37
6.9.3	<i>Combinazione dell'azione sismica con le altre azioni</i> .....	38
<b>7</b>	<b>ANALISI NUMERICA</b> .....	<b>39</b>
7.1	CODICE DI CALCOLO .....	39
7.2	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA .....	39
7.3	MODELLAZIONE DELLE AZIONI .....	40
<b>8</b>	<b>CALCOLO DELLA RISPOSTA STRUTTURALE</b> .....	<b>41</b>
8.1	DATI-INPUT DELL'ANALISI .....	41
8.2	RISULTATI DELL'ANALISI .....	41
8.2.1	<i>Numerazione delle aste nelle travi d'impalcato</i> .....	42
8.2.2	<i>Diagrammi delle sollecitazioni</i> .....	42
8.2.3	<i>Sollecitazioni nei conci nelle condizioni elementari di carico</i> .....	44
8.2.4	<i>Combinazioni di carico utilizzate</i> .....	45

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 3 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

8.2.5	<i>Combinazioni di carico con sollecitazioni massime</i> .....	46
<b>9</b>	<b>VERIFICHE STRUTTURALI</b> .....	<b>47</b>
9.1	VERIFICHE DELLE MEMBRATURE IN ACCIAIO .....	47
9.1.1	<i>Verifiche di resistenza delle membrature di classe 1 e 2</i> .....	47
9.1.2	<i>Verifiche di resistenza delle membrature di classe 3 e 4</i> .....	48
9.1.3	<i>Verifica per sollecitazioni taglienti</i> .....	50
9.1.4	<i>Verifica per sollecitazioni composte di taglio e presso-flessione</i> .....	51
9.1.5	<i>Verifica degli irrigidimenti</i> .....	52
9.1.6	<i>Verifica connessione trave soletta</i> .....	54
9.2	VERIFICHE LOCALI DELLA SOLETTA DI IMPALCATO .....	55
9.2.1	<i>Sollecitazioni flettenti trasversali</i> .....	56
9.2.2	<i>Armatatura superiore trasversale minima per verifica a flessione SLU</i> .....	59
9.2.3	<i>Armatatura inferiore trasversale minima per verifica a flessione SLU</i> .....	60
9.2.4	<i>Trazioni massime nel cls per verifica tensionale SLE</i> .....	61
9.2.5	<i>Ampiezza massima fessure nel cls per verifica a fessurazione SLE</i> .....	62
9.3	VERIFICHE A FATICA .....	63
9.3.1	<i>Modello di carico a fatica</i> .....	63
9.3.2	<i>Coefficienti parziali per la resistenza a fatica</i> .....	63
9.3.3	<i>Dettagli di fatica adottati per le verifiche</i> .....	64
9.3.4	<i>Verifiche a fatica dei conci metallici</i> .....	65
<b>10</b>	<b>S.L.E. – DEFORMABILITÀ</b> .....	<b>66</b>
<b>11</b>	<b>VERIFICA DEI TRASVERSI E DEI CONTROVENTI</b> .....	<b>67</b>
11.1	S.L.U. – RESISTENZA DELLE SEZIONI.....	67
11.1.1	<i>Traverso di appoggio</i> .....	68
11.1.2	<i>Traverso di campata</i> .....	70
11.1.3	<i>Controventi</i> .....	73
<b>12</b>	<b>UNIONI A TAGLIO PER ATTRITO AD ALTA RESISTENZA</b> .....	<b>76</b>
12.1	GENERALITÀ.....	76
12.1.1	<i>Giunti trave-trave</i> .....	76
12.1.2	<i>Giunti nei trasversi</i> .....	128
<b>13</b>	<b>DISPOSITIVI ANTISISMICI E GIUNTI DI DILATAZIONE</b> .....	<b>137</b>
13.1	DISPOSITIVI ANTISISMICI .....	137
13.2	GIUNTI DI DILATAZIONE .....	138
<b>14</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>138</b>
<b>15</b>	<b>ALLEGATO</b> .....	<b>138</b>

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 4 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano l'analisi strutturale e le verifiche di sicurezza dell'impalcato del cavalcavia ferroviario di viabilità principale.

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nella relazione seguente sono illustrate le assunzioni strutturali di progetto prese a base di calcolo, la normativa di riferimento, i materiali utilizzati, la caratterizzazione geotecnica prevista, i carichi di progetto e le relative condizioni e combinazioni, lo schema strutturale adottato e le verifiche effettuate.

Le azioni applicate alla struttura seguono i criteri riportati nel D.M. 14/01/2008, "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" ovvero:

- azioni derivanti dai carichi gravitazionali;
- azioni derivanti dai carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera;
- azioni sismiche calcolate in base ai dati ottenuti dal reticolo di pericolosità sismica redatto dall' Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia;
- azione del vento;
- azione della neve.

### 2.1 Descrizione dell'opera

L'impalcato dell'opera in oggetto è realizzato a struttura mista acciaio/calcestruzzo. Lo schema statico è quello di una trave in semplice appoggio avente luce di calcolo pari a 45.00 m, oltre ai retro-trave lunghi 0.60 m. La sezione d'impalcato presenta una larghezza complessiva di 16.25 m ed è così organizzata:

- 14.0 m carreggiata stradale;
- 0.75 m cordolo in sx;
- 1.50 m cordolo in dx.

Dal punto di vista strutturale la sezione è composta da tre travi metalliche in acciaio e da una soletta collaborante in c.a. gettato in opera su predalles tralicciate aventi la funzione di cassero a perdere. Le tre travi metalliche, poste ad interasse di 5.0 m, presentano sezione a doppia "T" di altezza costante. La soletta in c.a. ha un'altezza comprensiva delle dalles prefabbricate pari a 30 cm. I giunti tra i conci delle travi principali sono del tipo bullonato con piastre coprigiunto.

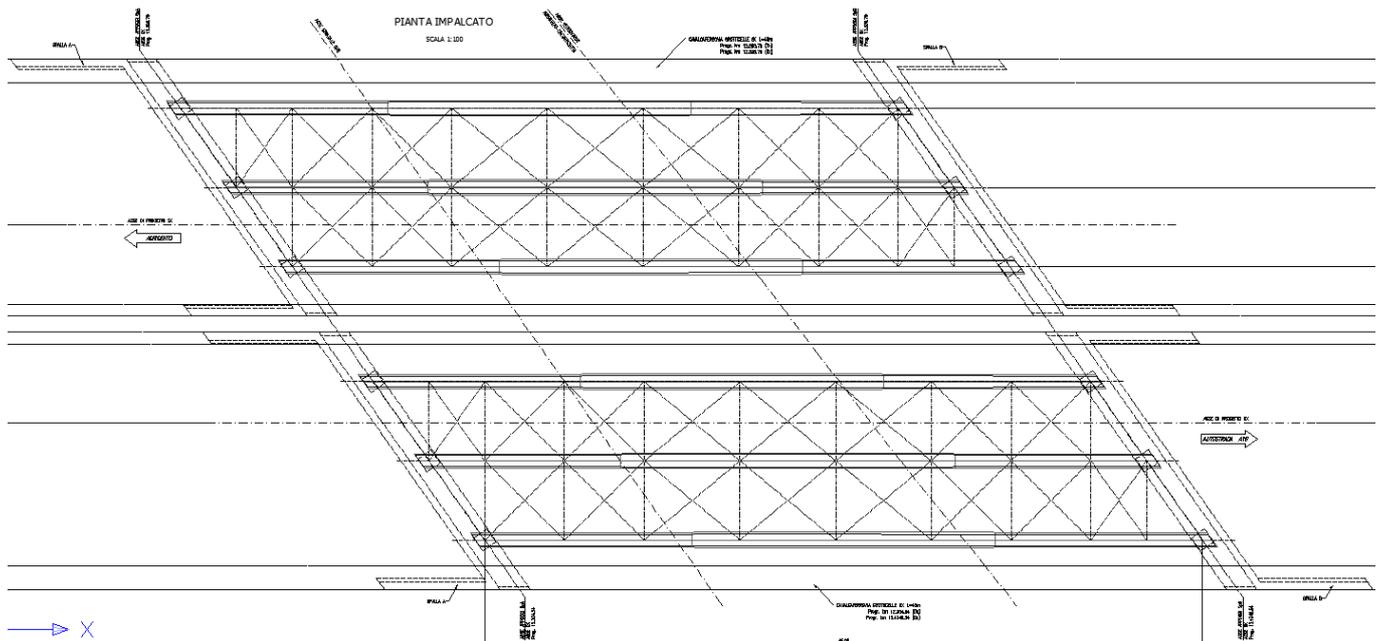
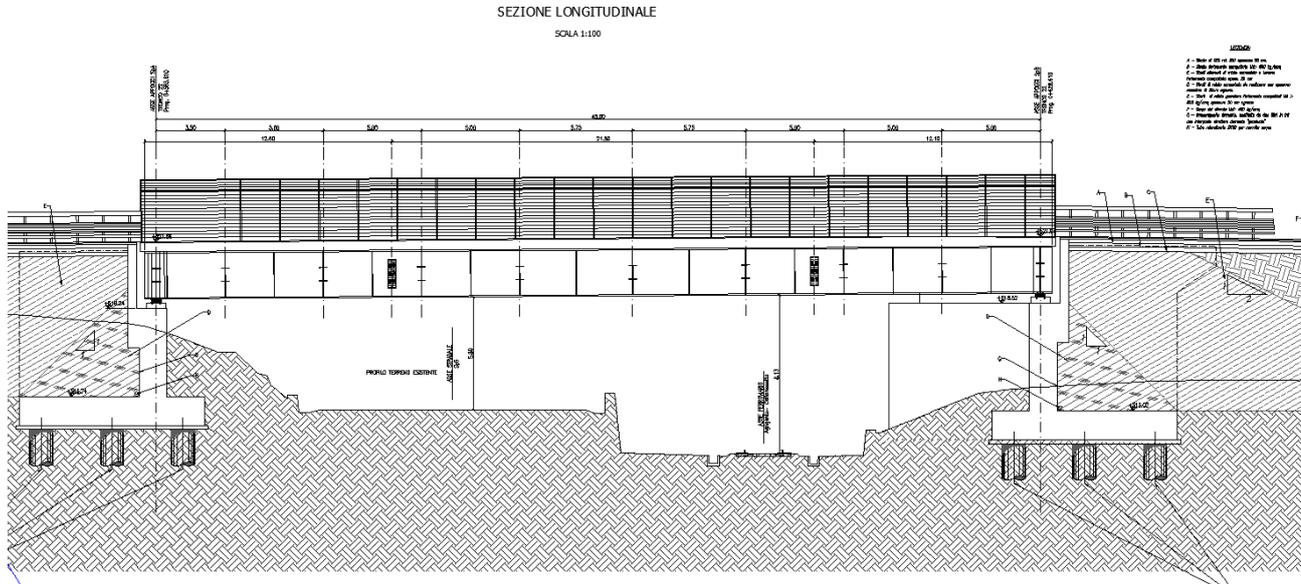
Le due travi longitudinali sono collegate mediante unioni bullonate da trasversi ad anima piena.

Le travi principali sono irrigidite mediante stiffeners verticali, che ospitano anche la giunzione con i trasversi; nei campi interessati dai trasversi sono posizionati controventi di piano e a metà del campo di trave sono presenti ulteriori irrigidimenti.

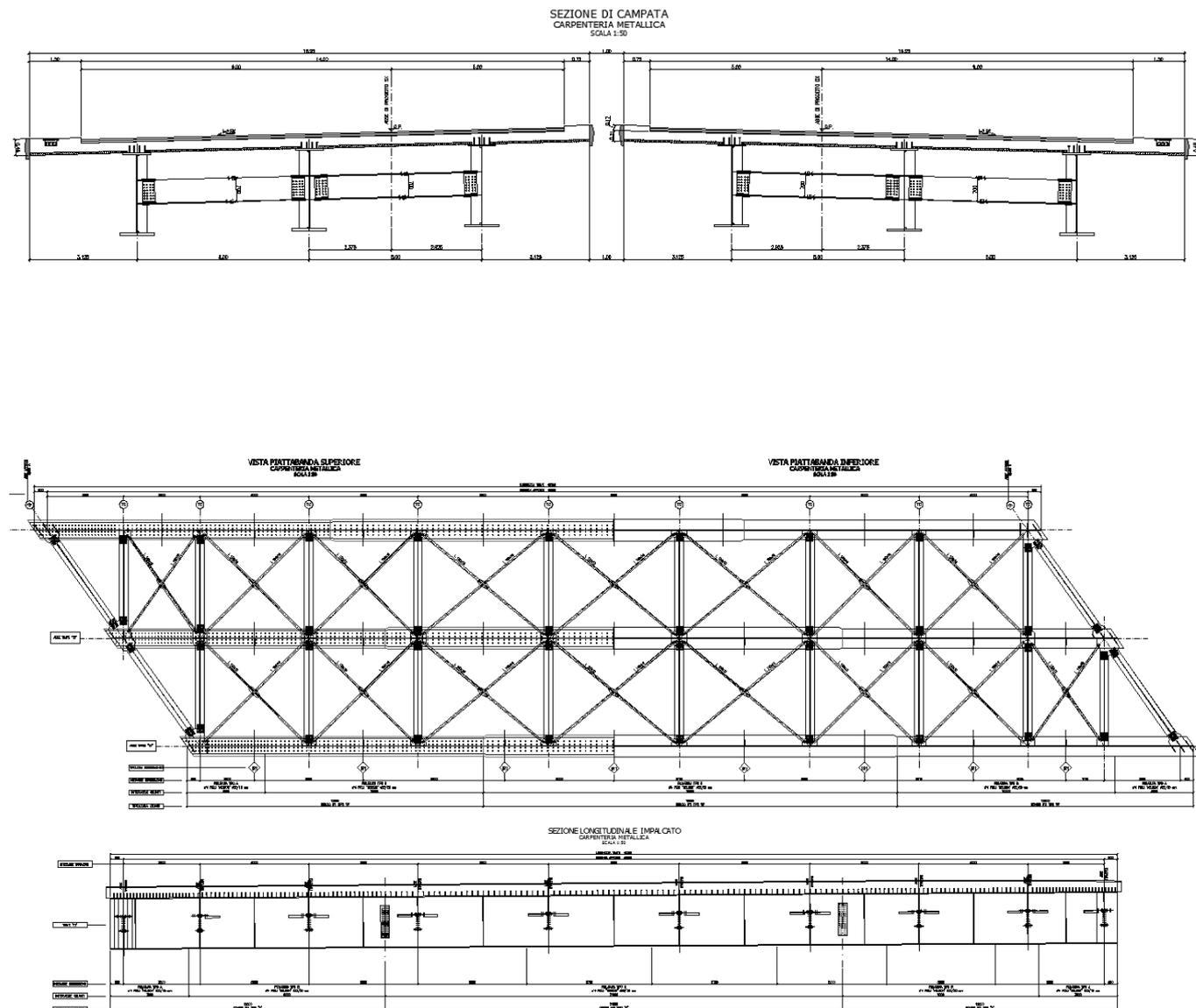
La connessione della soletta con le travi è realizzata mediante pioli elettrosaldati tipo Nelson Ø22 mm.

L'impalcato è vincolato alle due spalle mediante isolatori elastomerici di opportuna rigidità.

Nelle figure seguenti si riportano il profilo e la pianta del cavalcavia.



Nelle figure seguenti si riportano la sezione trasversale tipo dell'impalcato ed la carpenteria delle travi metalliche.



Per ulteriori indicazioni si rimanda agli elaborati progettuali.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 7 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 2.2 Modalità realizzative

Una volta assiemata a piè d'opera, l'intera carpenteria metallica dell'impalcato, costituita dalle travi longitudinali, dai trasversi e dai controventi, viene varata nella posizione finale operando dal basso mediante l'ausilio di autogrù di adeguata portata. Successivamente al varo si realizzeranno, nell'ordine, le connessioni a piolo, la posa delle dalles prefabbricate, la posa dell'armatura della soletta ed il getto della stessa.

## 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 3.1 Documenti Referenziati

I documenti usati come input per il presente documento sono i seguenti:

#### 3.1.1 Documenti di progetto

- Relazioni ed indagini geologiche;
- Profili e sezioni longitudinali e trasversali del sito in oggetto.

#### 3.1.2 Normativa e istruzioni

La progettazione è conforme alle normative vigenti.

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 14-01-08 (NTC-2008)
- Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 - Istruzioni per l'Applicazione Nuove Norme Tecniche Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008
- UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.
- Norme UNI ENV 1991 ; UNI ENV 1992; UNI EN 1993; UNI EN 1994; UNI EN 1997; UNI EN 1998.

## 4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito.

### 4.1 CALCESTRUZZO

#### 4.1.1 Soletta

classe di resistenza  
Copriferro

C30/37  
C = 45 mm

Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	37	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	30,71	[MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo	$g_c$	1,5	[-]
Coefficiente che tiene conto degli effetti di lungo termine	$a_{cc}$	0,85	[-]
Valore medio della resistenza a compressione cilindrica	$f_{cm}$	38,71	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo	$f_{ctm}$	2,9	[MPa]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 8 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 5%)	$f_{ctk;0,05}$	2,1	[MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 95%)	$f_{ctk;0,95}$	3,8	[MPa]
Modulo di elasticità secante del calcestruzzo	$E_{cm}$	33019	[MPa]
Deformazione di contrazione nel calcestruzzo alla tensione $f_c$	$e_{c1}$	0,0020	[-]
Deformazione ultima di contrazione nel calcestruzzo	$e_{cu}$	0,0035	[-]
Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo	$f_{cd}$	17,40	[MPa]
Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo	$f_{ctd}$	1,37	[MPa]
Tensione ammissibile nel cls nella combinazione caratteristica	$S_{c,caratt.}$	18,426	[MPa]
Tensione ammissibile nel cls nella combinazione quasi permanente	$S_{c,q.p.}$	13,82	[MPa]

#### 4.1.2 Predalles

classe di resistenza	C28/35
Copriferro	C = 25 mm
modulo elastico	$E_c = 32,588 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 29,05 \text{ N/mm}^2$
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = 37,05 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = 16,46 \text{ N/mm}^2$
resistenza a trazione ( valore medio )	$f_{ctm} = 2,83 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 1,98 \text{ N/mm}^2$
resistenza di progetto a trazione	$f_{ctd} = 1,32 \text{ N/mm}^2$

## 4.2 ACCIAIO

#### 4.2.1 Acciaio per cemento armato

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	B450C
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$
modulo elastico	$E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$

#### 4.2.2 Acciaio per la carpenteria metallica di impalcato

spessori fino a 40 mm	S355J2+N (Fe 510)
spessori maggiori di 40 mm	S355K2+N (Fe 510)
tensione caratteristica di snervamento < 40 mm	$f_{yk} = 355 \text{ N/mm}^2$
tensione caratteristica di rottura < 40 mm	$f_{tk} = 510 \text{ N/mm}^2$
tensione caratteristica di snervamento > 40 mm	$f_{yk} = 335 \text{ N/mm}^2$
tensione caratteristica di rottura > 40 mm	$f_{tk} = 470 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a trazione < 40 mm	$f_{yd} = 338 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a trazione > 40 mm	$f_{yd} = 319 \text{ N/mm}^2$
modulo elastico	$E_s = 210.000 \text{ N/mm}^2$

#### 4.2.3 Connettori trave soletta

Si impiegano pioli "Nelson" aventi le seguenti caratteristiche (EN 10025):

Acciaio	S235J2+450C (ex ST37-3K – DIN 17100)
tensione caratteristica di rottura < 40 mm	$f_{tk} = 450 \text{ N/mm}^2$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 9 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

#### 4.2.4 Giunzioni bullonate

Bulloni conformi a UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968, appartenenti alle seguenti classi:

- Viti: Classe 10.9
- Dadi: Classe 10
- Rosette: Acciaio C50

Pertanto, ai fini delle verifiche:  $f_{yb} = 900.0 \text{ MPa}$  ;  $f_{ub} = 1000.0 \text{ MPa}$

I coefficienti di sicurezza parziali adottati per la verifica delle bullonature sono presi con riferimento alla tab. 2.1 della EN 1993-1-8 ed al relativo N.A.D. nazionale.

Conformemente alla tipologia di bullonatura prevista con bulloni "precaricati", verrà effettuata la verifica nei confronti della rottura a taglio del bullone, quella a rifollamento della lamiera e quella di resistenza dei coprigiunti d'anima, tutte allo S.L.U. con riferimento ai seguenti coefficienti  $\gamma_m$ :

- $\gamma_{M2} = 1.25$  S.L.U., resistenza a taglio dei bulloni e rifollamento della lamiera
- $\gamma_{M0} = 1.05$  S.L.U., resistenza dei coprigiunti d'anima

Le verifiche a scorrimento allo S.L.E. verranno eseguite utilizzando un coefficiente di attrito  $\mu$  tra le piastre a contatto nelle unioni "pre-caricate" assunto pari a 0,45, ipotizzando le giunzioni sabbiato al metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni;

- $\gamma_{M3} = 1.10$  S.L.E., resistenza a scorrimento dei bulloni
- $\gamma_{M7} = 1.10$  S.L.E., resistenza di precarico dei bulloni

Si fa presente che tale verifica risulta più conservativa per la verifica dei bulloni di quella allo S.L.U.

#### 4.2.5 Giunzioni saldate

Per la realizzazione dell'opera in esame si prevede l'impiego di unioni saldate a cordoni d'angolo, impiegate per le saldature di composizione dei piatti che formano le travi principali ed i trasversi, e per la saldatura degli irrigidenti verticali.

Per le norme specifiche relative ai processi ed ai componenti si rimanda ai contenuti del D.M 14-2-2008 (NTC) e alla EN 1090-2; Il coefficiente di sicurezza  $\gamma_m$  applicato alla verifica delle giunzioni saldate risulta (tab. 2.1.EN 1993-1-8 + N.A.D.):

- $\gamma_{m2} = 1.25$  S.L.U. resistenza

Ai fini delle verifiche delle saldature a cordoni d'angolo, la resistenza del materiale verrà corretta mediante il *correlation factor* riportato in tab. 4.1:

- $\beta_w = 0.9$

### 4.3 Condizioni ambientali e classi di esposizione

Per l'umidità ambientale si assume  $RH = 70 \%$ .

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 10 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Per quanto riguarda le classi di esposizione, si prevede l'alternarsi di cicli di gelo/disgelo, in presenza di agenti disgelanti, per cui, si applicheranno le seguenti classi di esposizione:

- soletta: XF4.

Le caratteristiche del calcestruzzo dovranno pertanto rispettare, oltre i requisiti di resistenza indicati ai punti seguenti, anche i criteri previsti dalla vigente normativa (EN 11104 e EN 206) per quanto riguarda l'esposizione alle classi indicate.

#### 4.4 Calcolo coefficienti di omogeneizzazione

Nel seguito si calcolano i coefficienti di omogeneizzazione del calcestruzzo che contraddistinguono il rapporto tra i moduli elastici dei materiali che lo compongono nelle diverse fasi di vita della struttura.

CALCOLO COEFFICIENTI DI OMOGENEIZZAZIONE			
Larghezza trasversale impalcato	$B_{\text{impalcato}}$	16.25	[m]
Spessore impalcato	$S_{\text{impalcato}}$	0.31	[m]
Superficie trasversale della soletta	$A_c$	50375	[cm <sup>2</sup> ]
Perimetro esposto	$u$	3312	[cm]
Dimensione fittizia	$h_0$	304.2	[mm]
Età del cls applicazione ritiro	$t_0$	2	giorni
Età del cls applicazione pesi permanenti	$t_0$	30	giorni
Umidità relativa	HR	70	%
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	37	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	30.71	[MPa]
Resistenza caratt. cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	38.71	[MPa]
Modulo elastico istantaneo del cls	$E_{cm}$	33019	[MPa]

##### Calcolo del valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento

Interpolazione per il calcolo di $\epsilon_{co}$ ( Tab.11.2.Va)	$\epsilon_{co}$	0.00035	[-]
Interpolazione per il calcolo di $K_h$ ( Tab.11.2.Vb)	$K_h$	0.749	[-]
deformazione per ritiro da essiccamento	$\epsilon_{cd} = \epsilon_{co} K_h$	0.000262	[-]

##### Calcolo del valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno

Deformazione per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca} = -2,5(f_{ck} - 10)10^5$	0.000052	[-]
----------------------------------	---	----------	-----

Deformazione totale da ritiro (11.2.10.6 NTC)	$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$	<b>0.0003135</b>	[-]
---	---	------------------	-----

##### Calcolo del coefficiente di omogeneizzazione RITIRO [n1], PERMANENTI [n2]

	$n_1$	$n_2$			
$t_0$	2	30	$\alpha_1$	0.932	[-]
$\beta_c(t_0)$	0.801	0.482	$\alpha_2$	0.980	[-]
$\phi_0$	3.043	1.832	$\alpha_3$	0.951	[-]
$\phi(t, t_0)$	3.019	1.817	$\phi_{RH}$	1.407	[-]
$\psi$	0.550	1.100	$\beta_c(f_{cm})$	2.700	[-]
$E_{cm}(t, t_0)$	12411	11010	$\beta_H$	694.01	[-]
$n$	16.92	19.07	$\beta_c(t, t_0)$	0.992	[-]
			$t$	25550	giorni

coefficiente di omogeneizzazione istantaneo	$n_0 = E_s/E_{cm}$	<b>6.36</b>	[-]
coefficiente di omogeneizzazione RITIRO	$n_1 = E_s/E_{cm}(t, t_0=2)$	<b>16.92</b>	[-]
coefficiente di omogeneizzazione PERMANENTI	$n_2 = E_s/E_{cm}(t, t_0=30)$	<b>19.07</b>	[-]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 11 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 5 IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE

### 5.1 Analisi della struttura composta

La struttura composta acciaio-calcestruzzo verrà analizzata secondo il metodo classico adottato per questi tipi di strutture, che prevede il calcolo delle caratteristiche geometrico-statiche delle varie sezioni sulla base di una sezione equivalente, in cui la porzione in calcestruzzo viene "omogeneizzata" ad acciaio in funzione del rapporto  $E_s/E_{c(t)}$ , essendo  $E_{c(t)}$  il modulo elastico del calcestruzzo valutato in funzione del tipo di carico applicato, tenendo conto, ove opportuno, dei fenomeni a lungo termine.

Viene pertanto effettuata l'analisi separata e conseguente sovrapposizione dei quadri tensionali afferenti alle varie "fasi" attraversate dalla struttura, ciascuna delle quali si differenzia dalle altre per lo schema statico di analisi e/o per la proprietà delle sezioni.

#### 5.1.1 Fasi

Le caratteristiche geometrico-statiche delle sezioni di impalcato si differenziano in funzione delle caratteristiche della soletta in c.a., per la quale verranno considerati gli effetti dovuti alla viscosità, sulla base di coefficienti di omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo opportunamente modificati. Nel caso più generale, si studieranno pertanto le seguenti fasi:

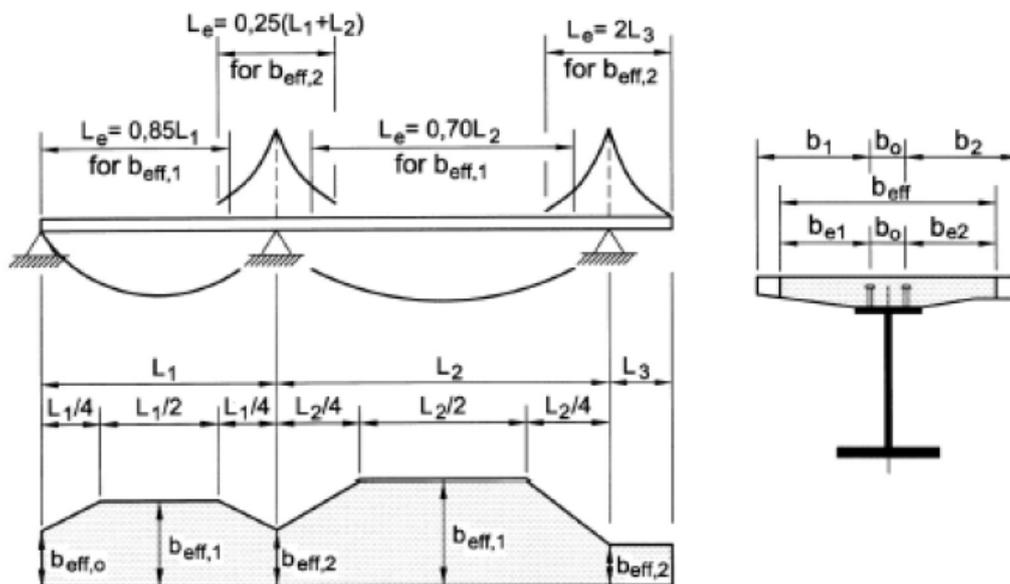
- fase 1: assenza soletta (fase iniziale);
- fase 2a: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante successivo al getto, e di intensità costante nel tempo (es. permanenti di finitura);
- fase 2b: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante  $t_1$  immediatamente dopo il getto, ed aventi sviluppo nel tempo parallelo a quello dei fenomeni differiti (ritiro);
- fase 2c: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per coazioni e/o cedimenti vincolari imposti all'istante  $t_1$  dal il getto, ed aventi sviluppo nel tempo costante.
- fase 3: presenza della soletta, con modulo elastico valutato a breve termine
- fase "cracked" soletta fessurata schematizzata mediante il conteggio delle sole armature longitudinali presenti in soletta

Per il caso in esame non è prevista l'applicazione di coazioni imposte, pertanto la fase "2c" non verrà considerata.

### 5.2 Dati generali delle sezioni di impalcato

#### 5.2.1 Larghezze collaboranti di soletta

Le larghezze collaboranti della soletta vengono valutate sulla base dei criteri contenuti in EN 1994-2, punto 5.4.1.2 (NTC 2008, punto 4.3.2.3.), e richiamati nelle figure seguenti.



### GEOMETRIA LONGITUDINALE IMPALCATO

Numero di campate presenti	1	[-]
$b_1$ (sx)	2.5	[m]
$b_2$ (dx)	3.125	[m]
Distanza connettori estremi	0.5	[m]
Lunghezza totale impalcato	45	[m]

Zona 0	Momento nullo
Zona 1	Momento positivo
Zona 2	Momento negativo

Ni	Li	ascissa	zona	Le	bef1	$\beta_1$	$\beta_1 b e f 1$	bef2	$\beta_2$	$\beta_2 b e f 2$	b0	B	Bn <sub>0</sub>	Bn <sub>1</sub>
	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1.00	45.00	0.00	0.00	45.00	2.25	0.94	2.12	2.88	0.94	2.71	0.50	5.32	0.84	0.28
semplice appoggio		11.25	1.00	45.00	2.25	1.00	2.25	2.88	1.00	2.88	0.50	5.63	0.88	0.29
		33.75	1.00	45.00	2.25	1.00	2.25	2.88	1.00	2.88	0.50	5.63	0.88	0.29
		45.00	0.00	45.00	2.25	0.94	2.12	2.88	0.94	2.71	0.50	5.32	0.84	0.28

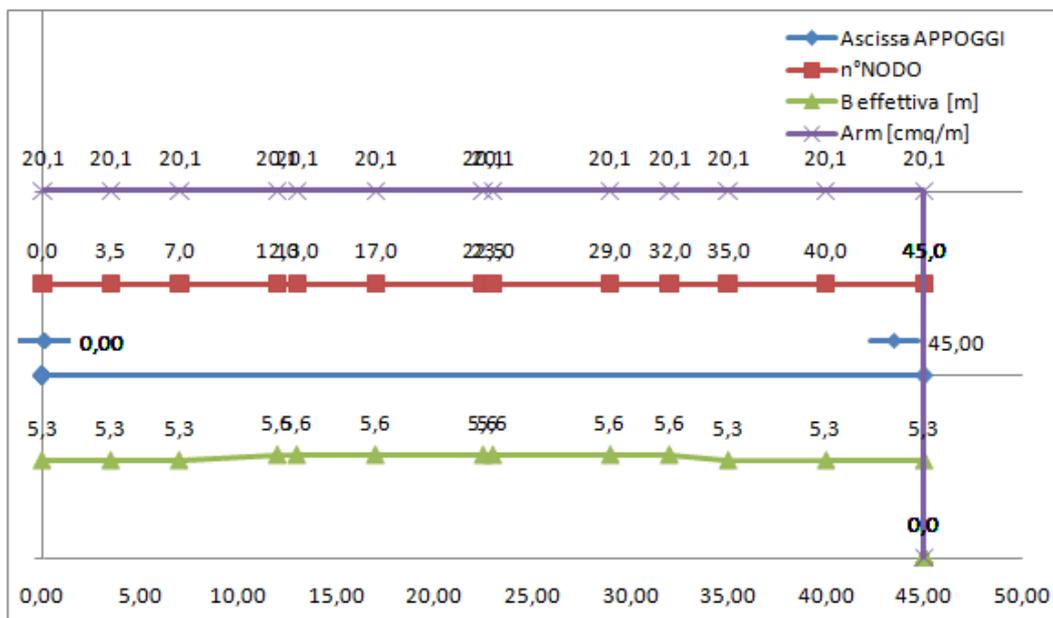
### 5.2.2 Caratteristiche delle sezioni di impalcato

Le travate metalliche hanno una altezza costante di 2000 mm, e sono suddivise in 3 conci aventi 2 sezioni tipo (A;B), caratterizzati dai differenti spessori impiegati per le lamiere.

Le sezioni verificate, sono univocamente determinate dal tipo di concio, da una sigla formata da una numerazione progressiva dei nodi corrispondenti a sezioni di verifica, dall'ascissa iniziale e finale relativa all'elemento indagato.

Per tutti gli elementi in tabella costituiti dalla somma di più elementi finiti che formano le travate sono state analizzate le sezioni di inizio e fine concio. Nella tabella seguente si riporta in forma tabellare la posizione di ogni sezione.

SCHEMA SINTETICO DELLE CARATTERISTICHE DEL PROFILO



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 14 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 5.3 Descrizione del modello di calcolo

Sono stati elaborati modelli agli elementi finiti per tener conto delle reali fasi costruttive.

- **FASE 1a - Realizzazione delle sottostrutture in acciaio e getto soletta in c.a.**

Il modello di calcolo è un graticcio formato dalle travi principali e dai traversi reticolari. Le azioni applicate sono il peso proprio di tutte le membrature metalliche, ed il peso proprio della soletta, non reagente.

- **FASE 2a - Maturazione della soletta, applicazione dei sovraccarichi permanenti**

Si considera la struttura completa formata dall'acciaio e dal calcestruzzo.

Il modello di calcolo è un graticcio formato dalle travi longitudinali aventi sezione di acciaio e cls omogeneizzato ad acciaio con rigidità valutata a tempo "infinito", e traversi schematizzati con la loro geometria reale.

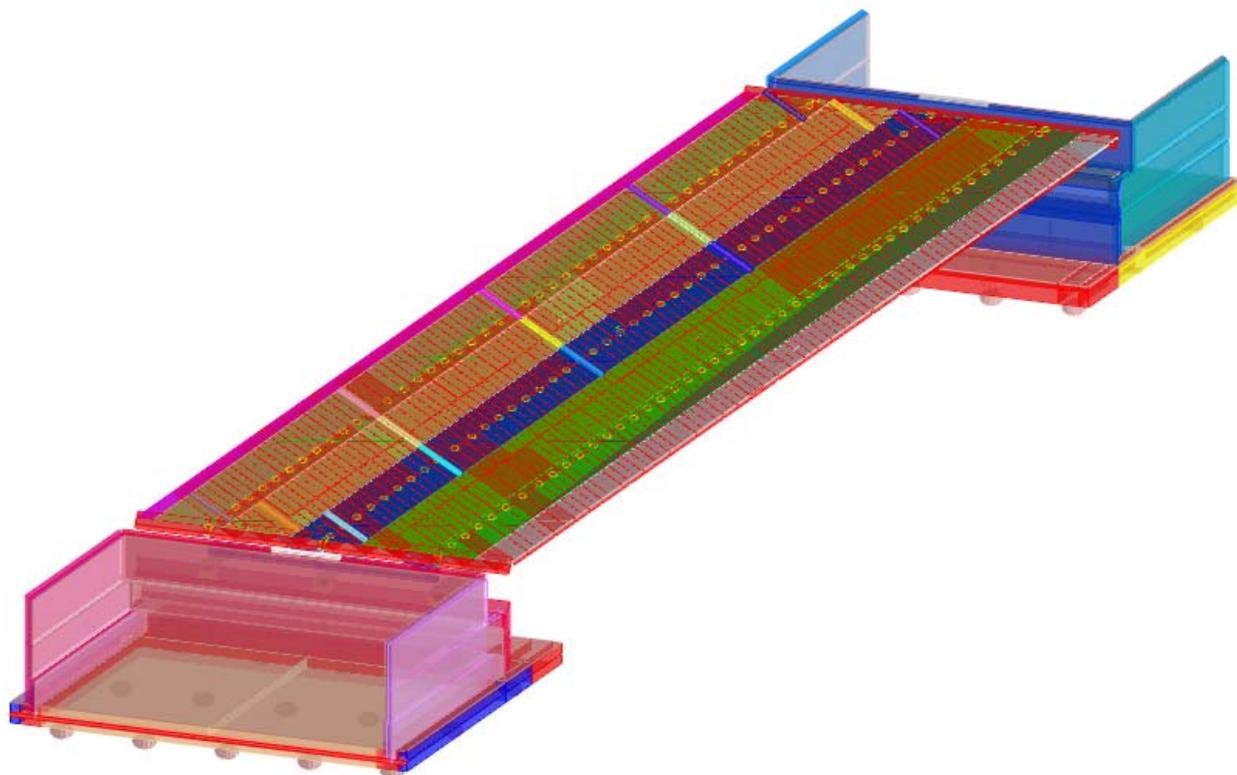
- **FASE 2b – Valutazione degli effetti del ritiro**

Si considera la struttura completa formata dall'acciaio e dal calcestruzzo.

Il modello di calcolo è un graticcio formato dalle travi longitudinali aventi sezione di acciaio e cls omogeneizzato con rigidità valutata a tempo "infinito", e traversi schematizzati con la loro geometria reale.

- **FASE 3 - Applicazione dei carichi istantanei (mobili ed accidentali in genere)**

I modelli di calcolo per la valutazione degli effetti indotti dal traffico, dalle variazioni termiche, dal vento e dal sisma, sono gli stessi descritti per la fase 2a, ma con rigidità del calcestruzzo valutata "a tempo zero".



Modello 3d della struttura

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 15 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

In particolare, visto lo schema isostatico dell'impalcato, visto che le coazioni dovute al ritiro (fase 2b) ed alla temperatura (fase 2b) possono essere valutate in modo conservativo come azioni applicate direttamente alla sezione omogeneizzata nelle corrispondenti fasi, visto che le sollecitazioni flettenti e taglianti nella fase 1a e fase 2a sono pressochè indipendenti dalle caratteristiche inerziali della sezione, è stato riportato in allegato un modello di calcolo agli elementi finiti avente le travi principali con caratteristiche omogeneizzate alla fase 3.

Il modello "base" descritto fornisce le sollecitazioni agli appoggi e le sollecitazioni ai diversi stati limite di ogni elemento appartenente alle spalle come meglio indicato nella relazione specifica sulle sottostrutture.

Le deformazioni dell'impalcato nelle fasi 1a e 2a possono essere ricavate dalle deformazioni del modello base amplificandole del rapporto tra le sezioni omogeneizzate relative.

La descrizione del modello base agli elementi finiti è descritta nel seguito nel capitolo relativo all'analisi numerica.

## 6 ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO

I carichi e i sovraccarichi sono stati valutati tenendo conto di quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, (DM 14 Gennaio 2008).

### 6.1 Peso Proprio dei Materiali Strutturali

Per la determinazione dei pesi propri strutturali dei più comuni materiali possono essere assunti i valori dei pesi dell'unità di volume riportati nella Tab. 3.1.I. delle NTC-2008.

Il peso proprio delle strutture è determinato automaticamente dal programma di calcolo, in base alla densità del materiale associato all'elemento strutturale (possono essere presenti materiali a densità nulla nel caso in cui si voglia attribuire un peso proprio esplicito all'elemento), mentre i carichi permanenti agenti sono stati applicati esplicitamente, dopo apposito calcolo, come carichi lineari e distribuiti.

Il carico dei pesi propri dell'impalcato è costituito dagli elementi principali portanti, ovvero dal peso delle travi e dei traversi in acciaio e dal peso della soletta di completamento in c.a.

### 6.2 Carichi Permanenti

Nella progettazione delle strutture, sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, quali quelli relativi a massetti, pavimentazione e rivestimenti del piano di calpestio, elementi di protezione vari ed altro, ancorché in qualche caso sia necessario considerare situazioni transitorie in cui essi non siano presenti.

I carichi permanenti che gravano su spalle e pile oggetto della presente relazione sono costituiti dai carichi permanenti portati, ovvero pavimentazione, cordoli laterali, barriere e protezioni varie .

Si ipotizza di utilizzare una altezza media dello spessore di soletta pari al rapporto tra area trasversale effettiva e larghezza totale dell'impalcato; per i cordoli presenti si considera l'altezza media escludendo lo spessore dell'impalcato e si applica il carico permanente come carico uniformemente distribuito.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 16 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### CARICHI PERMANENTI

Peso trave (da media pesata area dei conci)	$P_{trave}$	7.85	[kN/m]
Incremento % peso travi per peso giunzioni	%	10%	[-]
<b>CONCIO</b>	<b>Area [cmq]</b>	<b>Peso [daN/m]</b>	<b>INCR.</b>
<b>A</b>	1155.80	907.303	10%
<b>B</b>	1383.10	1085.7335	10%
Peso Soletta al mq	$G_{1\ soletta}$	<b>7.75</b>	[kN/m <sup>2</sup> ]
	<b>Peso Trave + INCR.</b>		
	$G_{1,A}$	<b>10.00</b>	[kN/m]
	$G_{1,B}$	<b>11.90</b>	[kN/m]

### CARICHI PERMANENTI PORTATI

Peso Cordoli al mq	$P_{cordoli}$	4.25	[kN/m <sup>2</sup> ]
Peso Cordoli al ml su lunghezza di impalcato	$P_{cordoli,ml}$	<b>9.56</b>	[kN/m]
Peso Pacchetto stradale al mq	$P_{pavimentazione}$	2.64	[kN/m <sup>2</sup> ]
Peso Pacchetto stradale al ml su lunghezza di impalcato	$P_{pavimentazione,ml}$	<b>36.96</b>	[kN/m]
Barriera	$P_{barriera}$	2.00	[kN/m]
numero barriere	$n_{barriere}$	2	[-]
Guard rail	$P_{barriera}$	0.80	[kN/m]
numero Guard rail	$n_{barriere}$	2	[-]
Veletta	$P_{barriera}$	0.80	[kN/m]
numero Velette	$n_{barriere}$	2	[-]
Peso totale Barriera+Guard rail+Velette	$P_{2\ lineare}$	<b>7.20</b>	[kN/m]
Peso Totale Permanenti portati	$G_2$	<b>53.72</b>	[kN/m]

### 6.3 Ritiro (ε2)

La coazione tra calcestruzzo impedito di ritirarsi e la sezione mista si traduce in uno sforzo di trazione agente sulla sola soletta di calcestruzzo che si aggiunge ad una pressoflessione agente, invece, sull'intera sezione composta acciaio-calcestruzzo.

Quest'ultima è stata considerata nelle verifiche della sezione mista attraverso delle forze longitudinali e delle coppie concentrate alle estremità delle due travi pari al prodotto dalle precedenti forza longitudinali per la distanza effettiva tra baricentro della sezione mista nella fase considerata e il baricentro della soletta.



Figura 2-1- Azioni statiche equivalenti al ritiro

### CALCOLO SOLLECITAZIONI NELLA SOLETTA PER RITIRO

Modulo elastico acciaio	$E_s$	210000	[MPa]
Deformazione totale da ritiro (11.2.10.6 NTC)	$\epsilon_{cs}$	<b>0.0003135</b>	[-]
coefficiente di omogeneizzazione RITIRO	$n_1$	<b>6.36</b>	[-]
Superficie trasversale della soletta	$A_c$	50375	[cm <sup>2</sup> ]
Trazione sulla soletta a ritiro impedito	$N_{r,RITIRO} = \epsilon_{cs} E_s / n_1 A_c$	<b>-19602</b>	[kN]
Tensione su soletta a sforzo assiale impedito	$\sigma_{c,RITIRO} = \epsilon_{cs} E_s / n_1$	<b>3.89</b>	[MPa]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 17 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 6.4 Carichi Variabili da traffico

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera stradale

### 6.4.1 Categoria Stradale

Sulla base dei carichi mobili ammessi al transito, i ponti stradali si suddividono nelle tre seguenti categorie:

1° Categoria: ponti per il transito dei carichi mobili con il loro intero valore;

2° Categoria: come sopra, ma con valori ridotti dei carichi;

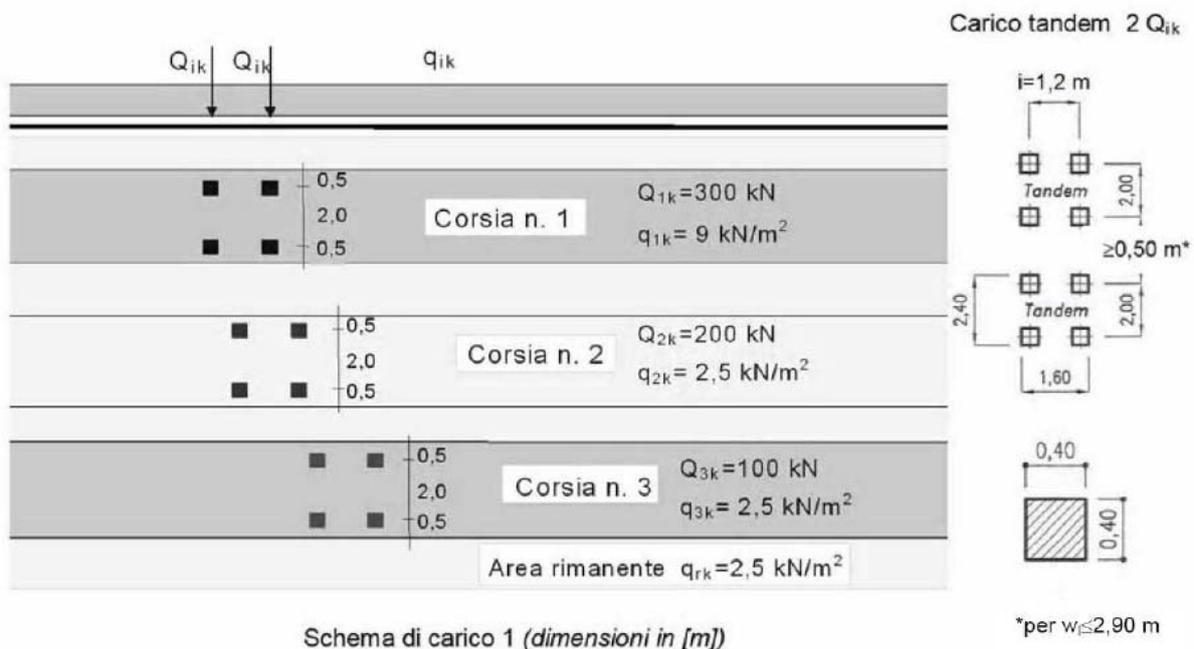
3° Categoria: ponti per il transito dei soli carichi associati allo Schema 5 (passerelle pedonali).

Le strutture progettate rientrano nella 1° categoria.

### 6.4.2 Schemi di carico

I valori dei carichi variabili saranno conformi alla categoria 1° e descritti in seguito in relazione agli schemi di carico ad essa associati (DM 14 Gennaio 2008 - §5.1.3.3.3).

Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti di 1a è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3,00 m.



Gli schemi di Carico utilizzati nelle verifiche globali sono il n°1 ed il n°5.

SCHEMA DI CARICO n°1; costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m, e da carichi uniformemente. Questo schema è da assumere a

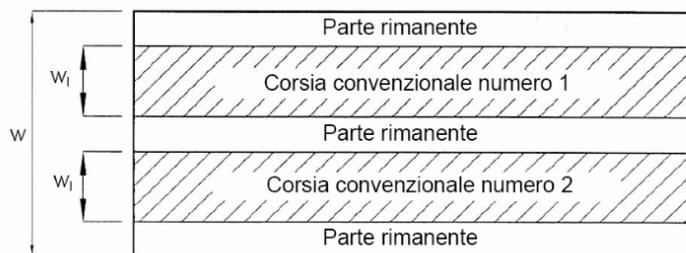
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 18 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

SCHEMA DI CARICO n°5; che è costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,0 kN/mq. Il valore di combinazione è invece di 2,5 kN/mq.

Si precisa che secondo il DM 14.01.08, i carichi mobili includono gli effetti dinamici.

Le larghezze  $w_l$  delle corsie convenzionali su una carreggiata ed il massimo numero (intero) possibile di tali corsie su di essa sono indicati nel prospetto seguente (Fig. 5.1.1 e Tab. 5.1.I).



**Figura 5.1.1** – Esempio di numerazione delle corsie

**Tabella 5.1.I** - Numero e Larghezza delle corsie

Larghezza di carreggiata "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40$ m	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0$ m	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

Lo schema di carico 1 è costituito da una serie di colonne di mezzi convenzionali ciascuna delle quali ha un ingombro trasversale di 3.0 m. La carreggiata di larghezza minima pari a 9,35 m potrà permettere il transito contemporaneo massimo di 3 colonne di carico. Tale schema si assume a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali.

Queste colonne di carico sono costituite da:

- una colonna convenzionale di carichi costituita da un automezzo convenzionale di 600 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.2 m in senso longitudinale e 2.0 m in senso trasversale; un carico uniformemente distribuito lungo tutta la corsia pari a 9.0 kN/m<sup>2</sup>
- una colonna convenzionale di carichi costituita da un automezzo convenzionale di 400 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.2 m in senso longitudinale e 2.0 m in senso trasversale; un carico uniformemente distribuito lungo tutta la corsia pari a 2.5 kN/m<sup>2</sup>
- una colonna convenzionale di carichi costituita da un automezzo convenzionale di 200 kN dotato di 2 assi di 2 ruote ciascuno, distanti 1.2 m in senso longitudinale e 2.0 m in senso trasversale; un carico uniformemente distribuito lungo tutta la corsia pari a 2.5 kN/m<sup>2</sup>
- nell'area rimanente della carreggiata, non occupata dalle colonne si considera, quando sfavorevole, un carico uniformemente distribuito di 2.5 kN/m<sup>2</sup>.

Le colonne e il loro numero andranno distribuite sull'impalcato, tenendo conto del loro ingombro in modo da massimizzare le sollecitazioni.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 19 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

#### 6.4.2.1 Carico distribuito equivalente agli automezzi convenzionali

Nel caso in cui ci si trova in ponti aventi un'unica campata con schema statico per carichi verticali del tipo in semplice appoggio, è possibile assimilare i tandem viaggianti in senso longitudinale mediante l'utilizzo di un carico distribuito nella corsia convenzionale uniforme; tale carico genera in ogni sezione appartenente alle travi principali il valore del momento flettente pari al valore ottenibile mediante l'involuppo delle sollecitazioni flettenti provocate dal passaggio degli assi tandem di progetto.

Il valore del carico distribuito equivalente è pari a doppio del valore del carico tandem diviso il prodotto tra luce di calcolo e larghezza della corsia convenzionale. I valori nel seguito indicati verranno utilizzati nel modello agli elementi finiti come carichi distribuiti e posizionati in corrispondenza delle corsie di carico scelte in base alla ripartizione dei carichi.

#### 6.4.2.2 Carico lineare equivalente agli asse Tandem

Ulteriore semplificazione possibile, sempre a favore di sicurezza, è quella di assimilare i due assi tandem ad un unico asse posto nel baricentro geometrico degli stessi che è in grado di assicurare valori conservativi del momento flettente in mezzeria e del taglio agli appoggi; tale carico viene posizionato in corrispondenza delle sezioni significative dell'impalcato ovvero in prossimità degli appoggi (carico W1 e carico W5), in prossimità dei giunti tra i conci (carico W2 e carico W4), e nella mezzeria (carichi W3).

#### 6.4.2.3 Ripartizione trasversale dei carichi

Per definire la ripartizione dei carichi sulle travi possono essere utilizzati metodi generali, come ad esempio il metodo degli elementi finiti oppure lo schema a graticcio, oppure metodi più semplici specificatamente dedicati ad impalcato con geometria regolare.

##### 6.4.2.3.1 *Metodo di Massonnet*

I parametri utilizzati in questo metodo, tra i quali  $\Theta$  (qui di seguito specificato), sono estremamente significativi nel comportamento bidimensionale e mettono in risalto le caratteristiche geometriche e statiche che determinano questo comportamento.

$$\text{Parametro di irrigidimento} \quad \theta = \frac{b}{L} \sqrt[4]{\frac{\rho_P}{\rho_E}}$$

Il parametro di irrigidimento  $\Theta$  misura la collaborazione delle travi a sopportare i carichi eccentrici.

Per bassi valori di  $\Theta$  il carico si distribuisce favorevolmente su tutte le travi e la deformata trasversale tende a diventare rettilinea; per valori di  $\Theta$  minori di 0,3 si può assumere una deformata praticamente rettilinea. In questo caso è possibile utilizzare direttamente il metodo di calcolo di Courbon, più semplice e rapido del metodo di Massonnet.

Per alti valori di  $\Theta$  predomina la rigidità longitudinale delle travi per cui diminuisce la loro collaborazione e la deformata trasversale assume un andamento curvilineo.

Tale metodo di calcolo non verrà qui utilizzato in quanto è un'approssimazione del metodo agli elementi finiti con il quale si progetterà quest'opera, ed inoltre comporta un aggravio nel calcolo dei suoi valori principali, nonché della loro elaborazione.

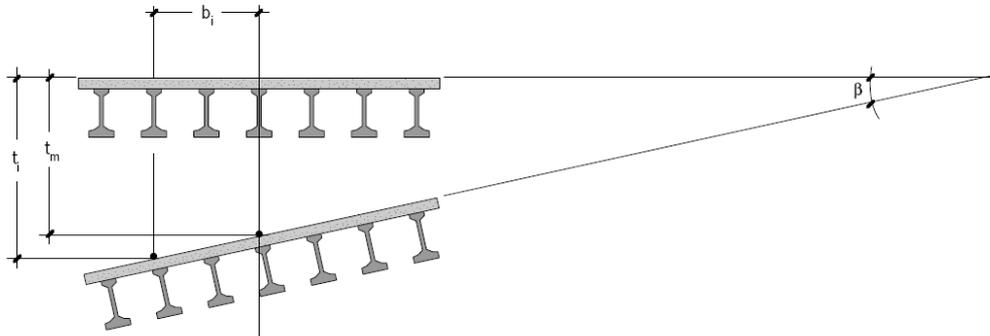
##### 6.4.2.3.2 *Metodo di Courbon*

Col metodo di Courbon, utilizzabile per impalcato con valori di  $\Theta$  minori di 0.30, si assume come ipotesi di base una deformata trasversale rigida.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 20 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Ne consegue che, in ogni sezione, l'abbassamento della trave iesima può essere espresso dalla seguente equazione di congruenza:

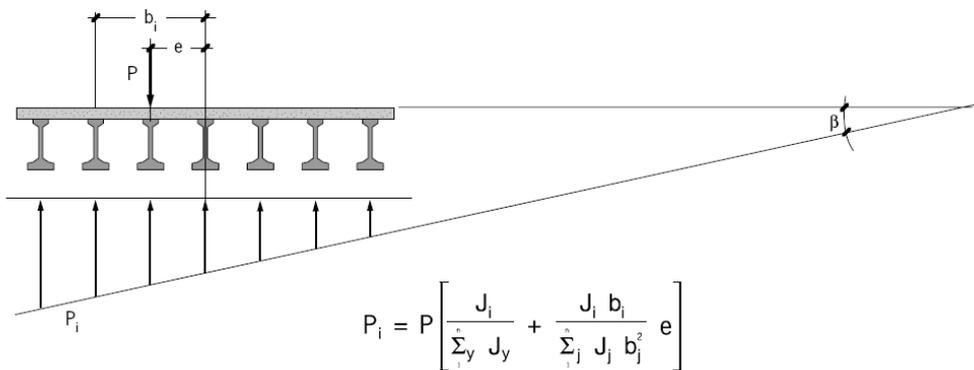
- $t_i$  = abbassamento della trave iesima
- $t_m$  = abbassamento del baricentro della sezione
- $\beta$  = rotazione della sezione
- $b_i$  = distanza della trave iesima dal baricentro



$$t_i = t_m + \beta \cdot b_i$$

Considerando agente sull'impalcato un carico P, uniformemente distribuito sulla lunghezza e distante dal baricentro della sezione, l'equazione di congruenza e le equazioni di equilibrio alla traslazione ed alla rotazione permettono di ricavare la seguente espressione:

- P = carico applicato sull'impalcato
- $P_i$  = carico gravante sulla trave iesima
- $J_i$  = momento d'inerzia della trave iesima
- e = eccentricità del carico rispetto al baricentro della sezione
- n = numero travi



$$P_i = P \left[ \frac{J_i}{\sum_y J_y} + \frac{J_i b_i}{\sum_j J_j b_j^2} e \right]$$

Nel caso frequente di travi con lo stesso momento d'inerzia l'espressione si semplifica ulteriormente nella seguente formula:

$$P_i = \frac{P}{n} \left[ 1 + \frac{nb_i}{\sum_y b_y^2} e \right]$$

Definito il carico agente sull'impalcato e la sua eccentricità è quindi possibile calcolare come la sua azione si ripartisce fra le travi e ricavare, per ciascuna di esse, l'azione flettente e l'azione tagliante (mediante la valutazione del termine tra parentesi quadre denominato in seguito con la lettera 'k').

Tale metodo di calcolo verrà utilizzato nella scelta degli schemi di carico trasversali come meglio specificato nel seguito.

#### 6.4.2.3.3 Metodo agli elementi finiti

La struttura è modellata mediante elementi finiti "beam" longitudinali e trasversali a formare una struttura tridimensionale; le travi principali e i traversi sono posizionati alla loro rispettiva quota baricentrica, la soletta è

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 21 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

suddivisa in elementi trasversali di larghezza unitaria posti alla quota del baricentro effettivo della soletta e connesse mediante braccetti rigidi alle travi principali.

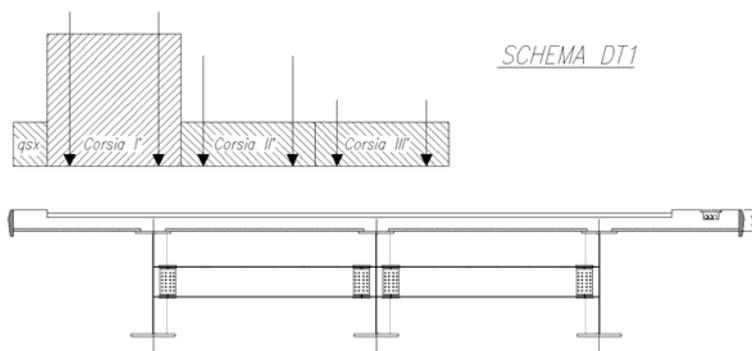
Tale metodo di calcolo verrà utilizzato nel valutare l'effettiva ripartizione dei carichi una volta definiti gli schemi di carico trasversali.

#### 6.4.2.4 Schemi di carico trasversali

Come anticipato in precedenza, lo schema di calcolo adottato è quello di trave continua su appoggi in corrispondenza delle travi principali presenti nell'impalcato (Courbon), caricata di volta in volta da carichi distribuiti della larghezza di 3,00 mt, disposti in modo da determinare le condizioni di carico più gravose; il valore del carico distribuito è stato determinato come indicato dalla normativa con riferimento ai rapporti di intensità fra le varie stese di carico.

Si assumono carichi uniformemente distribuiti sulla 1ª corsia e sulla 2ª corsia; le reazioni possono quindi essere valutate in funzione della formula di Courbon che definisce le aliquote di trasmissione dei carichi agenti sull'impalcato alle travi principali. Nel quadro di un accettabile comportamento trasversale della soletta, tali aliquote valgono sia per i carichi distribuiti che concentrati.

Nelle figure seguenti, tenendo conto della simmetria trasversale, si riportano schematicamente le posizioni considerate nel calcolo.



SCHEMA TRASVERSALE DEI CARICHI DA TRAFFICO (DT1)		
ASSE TANDEM I° COLONNA	300	[kN]
ASSE TANDEM II° COLONNA	200	[kN]
ASSE TANDEM III° COLONNA	100	[kN]
DISTRIBUITO I° COLONNA	9	[kN/m <sup>2</sup> ]
DISTRIBUITO II°-III°- rimanente	2.5	[kN/m <sup>2</sup> ]
Lx (striscia trasversale)	3	[m]
Ly (striscia longitudinale)	1	[m]
Area ripartizione (TANDEM)	3	[m <sup>2</sup> ]
Larghezza strutturale	16.25	[m]
Larghezza carreggiata	14	[m]
numero massimo di corsie di carico	4	[-]
numero corsie di carico	3	[-]
Larghezza corsia convenzionale	3	[m]
dist. bordo carr. tandem	0	[m]
zona rimanente carreggiata	5	[m]
zona rimanente dx	1.5	[m]
NUMERO TRAVI	3	[-]
INTERASSE TRAVI	5	[m]
Asse Baricentro travi da Bordo SX	8.125	[m]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 22 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

SEMILUNGHEZZA TRAVI 23.1 [m]

COEFFICIENTI DI RIPARTIZIONE NELLO SCHEMA DI CARICO CONSIDERATO									
Carichi ripartiti		Fj	qj	Xi	dj	Δ	DT1		
		[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]	[m]			
Qsx	zona sx	0.00	2.50	0.38	-7.75	0.75	1		
Q1	ASSE TANDEM I° COLONNA	200.00	9.00	2.25	-5.88	3.00	1		
Q2	ASSE TANDEM II° COLONNA	133.33	2.50	5.25	-2.88	3.00	1		
Q3	ASSE TANDEM III° COLONNA	66.67	2.50	8.25	0.13	3.00	1		
Qres	restante carreggiata	0.00	2.50	12.25	4.13	0.00	0		
Qdx	zona dx	0.00	2.50	13.00	4.88	0.00	0		
Reazioni sugli appoggi									
Appoggi	Xi [m <sup>2</sup> ]	xi [m]	xi [m <sup>2</sup> ]	k (qj)	k (Fj)	k (Fj)	k (Fj)	k (qj)	k (qj)
1	3.13	-5.00	25.00	1.11	0.92	0.62	0.32	0.00	0.00
2	8.13	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.00	0.00

CARICO DA TRAFFICO EQUIVALENTE				con L= 45 m e w= 3 m	
QEQ(600)	2*(600kN)/(L*w)	8.89	[kN/m <sup>2</sup> ]		
QEQ(400)	2*(400kN)/(L*w)	5.93	[kN/m <sup>2</sup> ]		
QEQ(200)	2*(200kN)/(L*w)	2.96	[kN/m <sup>2</sup> ]		

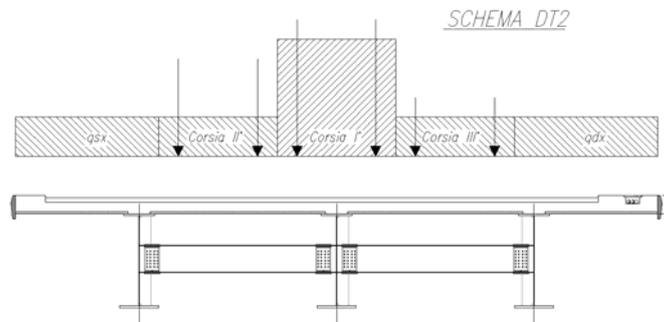
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
 ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
 AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
 5.11.2001  
 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Cavalcaferrovia Grotticelle**

Relazione di Calcolo Impalcato

Pagina 23 di 139

Nome file:  
 PO02-F-CL022\_A\_relazione di calcolo impalcato



### SCHEMA TRASVERSALE DEI CARICHI DA TRAFFICO (DT2)

ASSE TANDEM I° COLONNA	200	[kN]
-	300	[kN]
-	100	[kN]
DISTRIBUITO I° COLONNA	9	[kN/m <sup>2</sup> ]
DISTRIBUITO II°-III°- rimanente	2.5	[kN/m <sup>2</sup> ]
Lx (striscia trasversale)	3	[m]
Ly (striscia longitudinale)	1	[m]
Area ripartizione (TANDEM)	3	[m <sup>2</sup> ]
Larghezza strutturale	16.25	[m]
Larghezza carreggiata	14	[m]
numero massimo di corsie di carico	4	[-]
numero corsie di carico	3	[-]
Larghezza corsia convenzionale	3	[m]
dist. bordo carr. tandem	2.875	[m]
zona rimanente carreggiata	2.125	[m]
zona rimanente dx	1.5	[m]
NUMERO TRAVI	3	[-]
INTERASSE TRAVI	5	[m]
Asse Baricentro travi da Bordo SX	8.125	[m]
SEMILUNGHEZZA TRAVI	23.1	[m]

### COEFFICIENTI DI RIPARTIZIONE NELLO SCHEMA DI CARICO CONSIDERATO

Carichi ripartiti		Fj	qj	Xi	dj	Δ	DT2
		[kN/m]	[kN/m]	[m]	[m]	[m]	
Qsx	zona sx	0.00	2.50	1.81	-6.31	3.63	1
Q1	ASSE TANDEM II° COLONNA	133.33	2.50	5.13	-3.00	3.00	1
Q2	ASSE TANDEM I° COLONNA	200.00	9.00	8.13	0.00	3.00	1
Q3	ASSE TANDEM III° COLONNA	66.67	2.50	11.13	3.00	3.00	1
Qres	restante carreggiata	0.00	2.50	13.69	5.56	2.13	1
Qdx	zona dx	0.00	2.50	14.44	6.31	1.50	1

### Reazioni sugli appoggi

Appoggi	X <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	x <sub>i</sub> [m]	x <sub>i</sub> [m <sup>2</sup> ]	k (qj)	k (Fj)	k (Fj)	k (Fj)	k (qj)	k (qj)
1	3.13	-5.00	25.00	0.96	0.63	0.33	0.03	-0.22	-0.30
2	8.13	0.00	0.00	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33

### CARICO DA TRAFFICO EQUIVALENTE

con L= 45 m e w= 3 m

Q <sub>EQ(600)</sub>	2*(600kN)/(L*w)	8.89	[kN/m <sup>2</sup> ]
Q <sub>EQ(400)</sub>	2*(400kN)/(L*w)	5.93	[kN/m <sup>2</sup> ]
Q <sub>EQ(200)</sub>	2*(200kN)/(L*w)	2.96	[kN/m <sup>2</sup> ]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 24 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

#### 6.4.3 Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione

L'azione di frenamento o di accelerazione  $q_3$ , definita al paragrafo 5.1.3.5. del D.M.14.01.08, è funzione del carico agente sulla corsia convenzionale n.1 e, per i ponti di 1ª categoria, è uguale a:

$$180 \text{ kN} < [ q_3 = 0,6 \times ( 2Q_{1k} ) + 0,10q_{1k} \times w_1 \times L ] < 900 \text{ kN}$$

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

La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, è assunta uniformemente distribuita sulla lunghezza caricata, pari alla luce di calcolo, e include gli effetti di interazione.

Il valore dell'azione di frenamento o di accelerazione verrà nel seguito valutato tra i carichi di progetto agenti sulle sottostrutture.

#### 6.4.4 Forze centrifughe

Il ponte è in rettilineo e pertanto tale forza risulta assente.

#### 6.4.5 Resistenze parassite dei vincoli

Vengono trascurate nell'analisi longitudinale dell'impalcato.

#### 6.4.6 Azioni sui parapetti. Urto di veicolo in svio

Vengono trascurate nell'analisi longitudinale dell'impalcato.

#### 6.4.7 Altre azioni variabili

Vengono trascurate nell'analisi longitudinale dell'impalcato.

### 6.5 Variazioni termiche ( $\epsilon_3$ )

I criteri per la determinazione degli effetti della temperatura sono contenuti nelle NTC cap. 3.5 (rif. Eurocodici EN 1991-1-5).

#### 6.5.1 variazione termica uniforme

Per il calcolo delle escursioni dei giunti e degli apparecchi d'appoggio la variazione termica uniforme volumetrica considerata è pari a  $\pm 25^\circ$ .

CALCOLO SOLLECITAZIONI NELLA SOLETTA PER VARIAZIONI TERMICA UNIFORME			
variazione termica lineare positiva su sezione	$\Delta T$	<b><math>\pm 25</math></b>	[C°]
deformazione da temperatura uniforme	$\epsilon_{\Delta T} = \alpha_t \Delta T$	<b>0,00030</b>	[-]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 25 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 6.5.2 Variazione termica non uniforme.

L'impalcato si considera soggetto ad un gradiente termico tra soletta in calcestruzzo e travi metalliche pari a  $\pm 10$  °C, utilizzando l'approccio n.2 riportato negli Eurocodici (EN 1991-1-5 cap. 6.1.4.2).

La coazione prodotta dal gradiente termico si traduce, nel caso di gradiente termico positivo (soletta a temperatura maggiore di quella della trave metallica), in uno sforzo di compressione agente sulla sola soletta di calcestruzzo che si aggiunge ad una tenso-flessione agente, invece, sull'intera sezione composta acciaio-calcestruzzo.

Quest'ultima è stata considerata nelle verifiche della sezione mista attraverso delle forze longitudinali e delle coppie concentrate alle estremità delle due travi pari al prodotto dalle precedenti forza longitudinali per la distanza effettiva tra baricentro della sezione mista nella fase considerata e il baricentro della soletta.

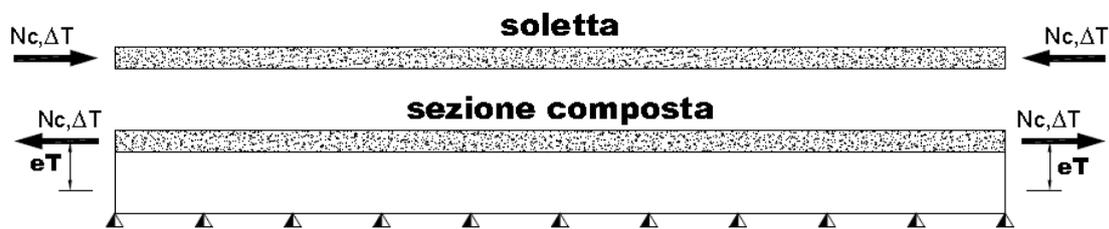


Figura 2-2 - Azioni statiche equivalenti alla variazione termica positiva

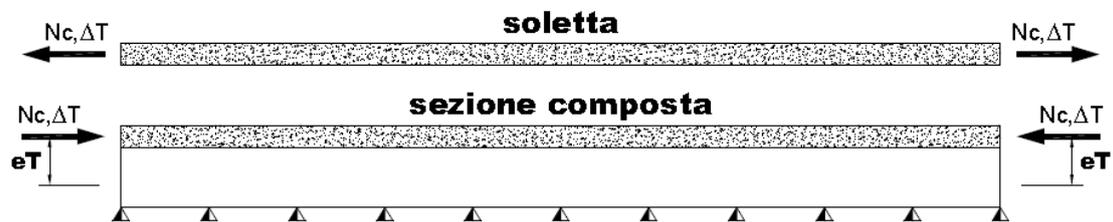


Figura 2-3 - Azioni statiche equivalenti alla variazione termica negativa

#### CALCOLO SOLLECITAZIONI NELLA SOLETTA PER VARIAZIONI TERMICHE NON UNIFORME

coefficiente di dilatazione termica	$\alpha_t$	<b>0.0000120</b>	[1/C°]
variazione termica positiva su soletta	$\Delta T$	<b>±10</b>	[C°]
deformazione da temperatura	$\epsilon_{\Delta T} = \alpha_t \Delta T$	<b>0.00012</b>	[-]
Sforzo assiale a variazione termica impedita	$N_{r,\Delta T} = A_c \epsilon_{\Delta T} E_s / \eta_0$	<b>±19960</b>	[kN]
Tensione su soletta a sforzo assiale impedito	$\sigma_{c,\Delta T} = \epsilon_{\Delta T} E_s / \eta_0$	<b>-±3.96</b>	[MPa]

## 6.6 Carico Neve

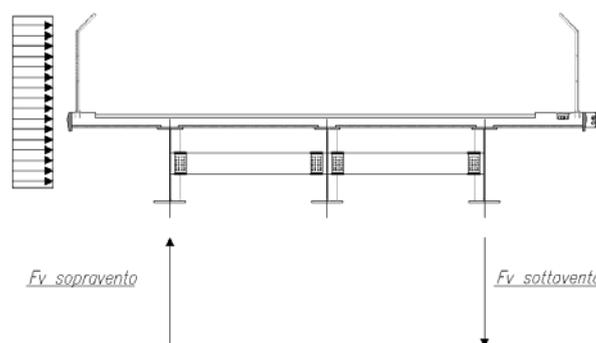
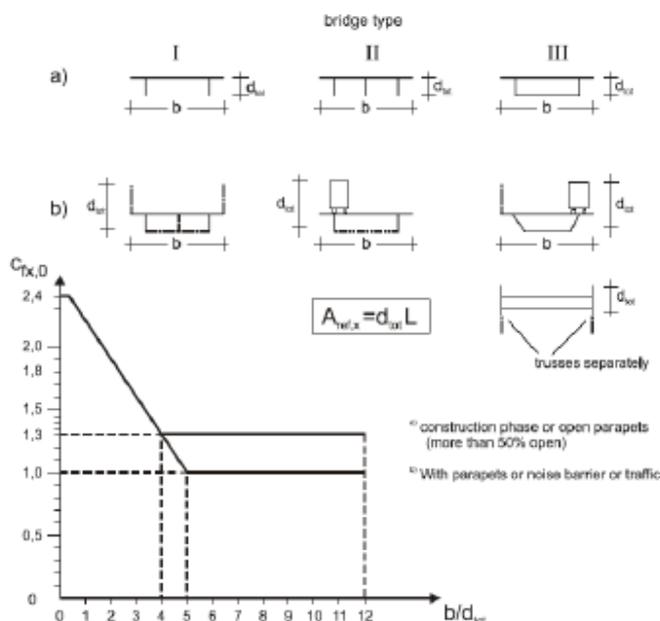
Il carico neve non viene considerato in quanto si presuppone la sua non contemporaneità con i carichi da traffico di gran lunga maggiormente penalizzanti.

## 6.7 Azione del vento

Il carico provocato dal vento sarà valutato tenendo conto di quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, (DM 14 Gennaio 2008) al § 3.3.

La pressione del vento è data dall'espressione:  $p = q_b c_e c_p c_d$  dove  $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento di cui al § 3.3.6;

- $c_e$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.3.7;
- $c_d$  è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali.
- $c_p$  è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento: nel caso delle strutture da ponte si fa riferimento alle indicazioni contenute negli Eurocodici dove viene indicato un valore del coefficiente di forma in funzione della larghezza dell'impalcato e della superficie esposta al vento come in seguito riportato.



La forza verticale lineare sulle travi dovuta al vento incrementa il carico in modo inversamente proporzionale alla distanza delle stesse.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 27 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## CALCOLO AZIONE DEL VENTO

<b>Zona</b>	4		
Larghezza complessiva impalcato :		$B_{IMPALCATO}$	16.25 [m]
Spessore medio impalcato :		$S_{IMPALCATO}$	0.31 [m]
Spessore medio pavimentazione :		$S_{PAVIMENTAZIONE}$	0.12 [m]
Altezza travi principali :		$H_{TRAVI}$	2.40 [m]
Altezza sagoma mezzo transitante :		$H_{CARICHI\ TRAFFICO}$	3.00 [m]
Altezza totale superficie esposta al vento :		$d_{TOT}$	5.83 [m]
Rapporto dimensioni impalcato :		$B_{IMPALCATO} / d_{TOT}$	2.79 [-]
Altitudine del sito s.l.m.(m) :	520	<b>Vb,o</b>	<b>ao</b>
Periodo di ritorno TR (anni) :	100	28	500 0.020
Classe di rugosità del terreno :		Aree prive di ostacolo	
Categoria di esposizione del sito :	III	<b>kr</b>	<b>zo</b>
		0.20	0.10 5
Altezza intradosso trave - $Z_1$		$Z_1$	9.00 [m]
Altezza carico transitante - $Z_{MAX}$		$Z_{MAX}$	14.83 [m]
Velocità di riferimento		$V_{b,0}$	28.40 [m/s]
Coefficiente amplificativo per TR		$a_R$	1.04 [-]
Velocità di riferimento corretta		$V_b (T_R)$	29.49 [m/s]
Coefficiente di topografia		$C_t$	1.00 [-]
Coefficiente di esposizione $z=Z_{MIN}$		$C_{ev} (Z_{min})$	1.71 [-]
		$C_{ev}$	
Coefficiente di esposizione $z=Z_1$		$(z_1)$	2.07 [-]
Coefficiente di esposizione $z=Z_{MAX}$		$C_{ev} (Z_{max})$	2.40 [-]
Coefficiente dinamico		$C_d$	1.00 [-]
Pressione cinetica di riferimento		$q (z)$	0.54 [kN/m <sup>2</sup> ]
Coefficiente di forma		$C_p$	1.69 [-]
Pressione di calcolo in $z=Z_{min}$		$P (Z_{min})$	1.57 [kN/m <sup>2</sup> ]
Pressione di calcolo in $z=Z_1$		$P (z_1)$	1.90 [kN/m <sup>2</sup> ]
Pressione di calcolo in $z=Z_{max}$		$P (Z_{max})$	2.20 [kN/m <sup>2</sup> ]
Pressione di calcolo MEDIA		$P (media)$	2.05 [kN/m <sup>2</sup> ]

L'azione del vento risulta la medesima sia a ponte scarico che carico essendo presenti barriere laterali di altezza pari alla sagoma del carico transitante.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 28 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 6.8 Azione Sismica

Con riferimento alla normativa vigente (NTC-2008), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 - NTC 2008), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , come definite nel § 3.2.1 (NTC 2008), nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4 (NTC 2008).

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le azioni indotte dal sisma sulla struttura sono state applicate come forze nodali applicate alle masse, considerate concentrate ai nodi. Tali forze sono state calcolate mediante un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell'azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta.

Negli allegati di calcolo sono indicati i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

### 6.8.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata nella Tab. 2.4.I di seguito riportata.

**Tabella 2.4.I** – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Le strutture di progetto avranno vita nominale  $V_N=50$ .

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 29 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 6.8.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

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

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

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

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

Le strutture di progetto sono definite in Classe IV.

### 6.8.3 Periodo di riferimento

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

$$V_R = V_N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Le strutture di progetto, definite in Classe IV e vita nominale  $V_N=50$ , hanno a  $V_R=100$ .

### 6.8.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{V_R}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 30 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

**Tabella 3.2.I** – Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato

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

Per il sito in esame, in base parametri precedentemente adottati, il periodo TR in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV è pari a TR = 949 anni.

Le seguenti tabelle indicano i valori dei parametri sismici di base e gli spettri di risposta elastici per i diversi stati limite e periodi di ritorno.

Tipo di costruzione: 2

Vn: Default (50)

Classe d'uso: IV

Località: Caltanissetta, San Cataldo, Bigini  
Latitudine (deg) 37.4723°; Longitudine (deg) 14.0118°  
(N 37° 28' 20"; E 14° 0' 43") ED50 Dettagli...

Zona sismica: Zona 2

Edificio esistente

Livello di conoscenza: LC1 (FC = 1,35)

Vr: 100.0

Stato limite	Pvr(%)	Tr(anni)	Ag/g	Fo	Tc*(sec)
SLO	Default (81)	60	0.0348	2.513	0.274
SLD	Default (63)	101	0.0417	2.524	0.314
SLV	Default (10)	949	0.0867	2.663	0.488
SLC	Default (5)	1950	0.1068	2.744	0.533

## 6.8.5 Caratterizzazione sismica del terreno

### 6.8.5.1 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle Norme Tecniche:

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 31 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

**Categoria A:** Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

**Categoria B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**Categoria C:** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**Categoria D:** Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 180 m/s (ovvero  $NSPT_{30} < 15$  nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

**Categoria E:** Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s > 800$  m/s).

**Categoria S1:** Depositati di terreni caratterizzati da valori di  $V_{s,30}$  inferiori a 100 m/s (ovvero  $10 < cu_{30} < 20$  kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

**Categoria S2:** Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

In base alla stratigrafia considerata e ai dati relativi alle NSPT e alle  $C_u$  indicati dalle indagini geologiche, i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di **Categoria C**.

#### 6.8.5.2 Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione

**T1** : Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati e inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ;

**T2** : Pendii con inclinazione media  $i > 15^\circ$ ;

**T3** : Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ ;

**T4** : Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $i > 30^\circ$ ;

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area interessata risulta classificabile come **T1**.

#### 6.8.5.3 Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC-2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente  $S=S_S \times S_T$  e di  $C_C$  in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle tabelle che seguono.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 32 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_S$  e di  $C_C$**

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

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

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

### 6.8.6 Classe di duttilità

L'impalcato oggetto della presente relazione, soggetta all'azione sismica, è dotato di appositi dispositivi dissipativi (isolatori elastomerici) agli appoggi, e quindi è stata progettata considerando il telaio metallico (sovrastuttura) avente un comportamento strutturale non dissipativo. La struttura del ponte deve essere concepita e dimensionata in modo tale che sotto l'azione sismica per lo SLV essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile, nel quale la dissipazione sia limitata agli appositi apparecchi dissipativi (isolatori elastomerici).

### 6.8.7 Fattore di struttura

Nel comportamento strutturale dissipativo, gli effetti combinati delle azioni sismiche e delle altre azioni sono calcolati tenendo conto delle non linearità di comportamento (di materiale sempre, geometriche quando rilevanti); in tal modo è possibile ridurre le azioni sismiche scalando gli spettri di risposta elastici.

LA STRUTTURA DELL'IMPALCATO E' CONSIDERATA IN OGNI SUA PARTE NON DISSIPATIVA (q=1) IN ENTRAMBE LE DIREZIONI DI AZIONE DEL SISMA;

### 6.8.8 Valutazione dell'azione Sismica

Si utilizzerà un'analisi dinamica lineare con spettro di progetto  $S_d(T)$  ottenuto sostituendo nello spettro elastico  $S_e(T)$  definito nel §3.2.3.2 il parametro  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura conforme alla tipologia della struttura, al suo grado di iperstaticità, alla regolarità e non linearità del materiale. Il fattore di struttura utilizzato nell'analisi dinamica verrà preso pari a  $q=1$  (struttura non dissipativa).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 33 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

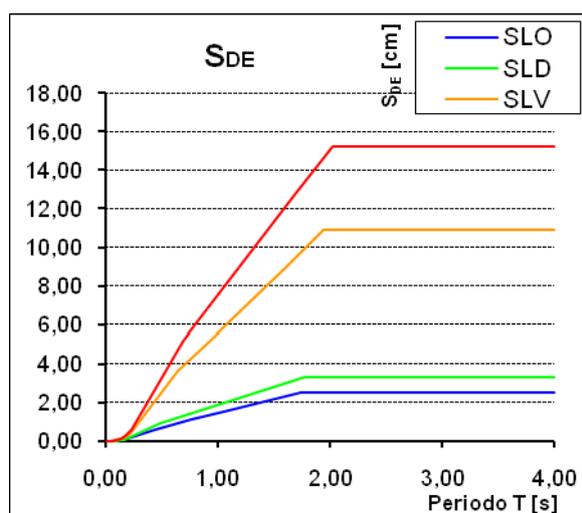
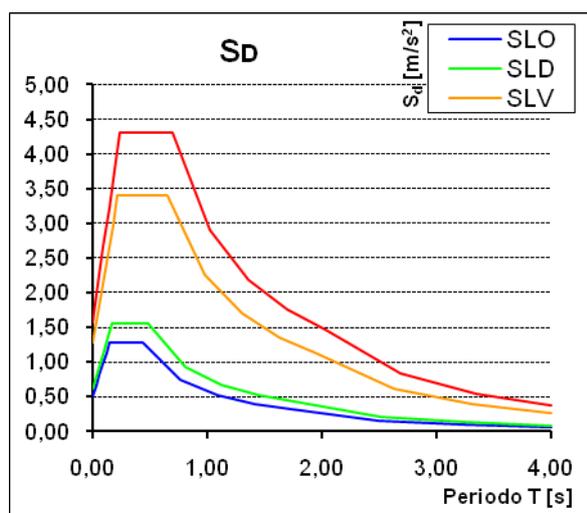
Come citato nelle NTC-2008 al §7.3.1 , "quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi non dissipativi, come avviene per gli stati limite di esercizio, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q unitario (§3.2.3.4)."; la resistenza delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole presentate nei capitoli relativi alle strutture non soggette ad azioni sismiche, non essendo necessario soddisfare i requisiti di duttilità fissati nei paragrafi successivi."

Nel seguito sono riportati i dati sismici riassuntivi e completi riguardanti l'opera in oggetto.

DATI SITO		
Latitudine [DEG sessadecimale]	N	37,4723
Longitudine [DEG sessadecimale]	E	14,0118
Cat. suolo di fondazione (A,...E)		C
Categoria topografica (T1,...T4)		T1
Coeff. di amplificazione topografica	$S_T$	1

DATI STRUTTURA		
Fattore di struttura	q	1
smorz. viscoso	$\xi$	5%
Fattore di smorz. visc.	$\eta$	1

DATI TIPOLOGIA DI UTILIZZO			
Vita nominale dell'opera (10, 50, 100)	$V_N$	50	Classe d'uso (I, II, III, IV)
Periodo di riferimento	$V_R$	100	Coefficiente d'uso $C_U$
			IV
			2



DATI SPETTRALI					
	SLO	SLD	SLV	SLC	
Probabilità di superamento	$P_{Vr}$	0,810	0,630	0,100	0,050
Periodo di ritorno	$T_R$ [anni]	60	101	949	1950
Accelerazione	$a_q$ [ $m/s^2$ ]	0,341	0,409	0,851	1,048
Fattore di amplificazione	$F_0$	2,513	2,524	2,663	2,744
Periodo in. velocità costante	$T_C^*$ [s]	0,274	0,314	0,488	0,533
Coefficiente di sottosuolo	$C_C$	1,610	1,539	1,330	1,292
Periodi	$T_C$ [s]	0,441	0,483	0,649	0,689
	$T_B$ [s]	0,147	0,161	0,216	0,230
	$T_D$ [s]	1,739	1,767	1,947	2,027
Coeff. di amplif. stratigrafica	$S_S$	1,500	1,500	1,500	1,500
Coefficiente	$S = S_T S_S$	1,500	1,500	1,500	1,500

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 34 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 6.9 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico sono stabilite, in modo da garantire la sicurezza, secondo quanto prescritto dal D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni). Si precisa che nella determinazione delle combinazioni di carico, si indica come carico  $q_1$  la disposizione dei carichi mobili  $q_{1,a}$ ;  $q_{1,b}$ ;  $q_{1,d}$ ;  $q_{1,e}$ ; che, caso per caso, risulta più gravosa ai fini delle verifiche. Per le fasi transitorie di costruzione del manufatto le combinazioni sono riferite ai carichi reali o a carichi convenzionali equivalenti. Per i valori da assegnare ai carichi convenzionali si sono considerati valori commisurati a periodi di ritorno, riferibili alla fase di costruzione del manufatto. In accordo al § 2.5.3 del D.M. 14/01/08 "Combinazioni delle azioni", ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (S.L.U.):

$$\gamma G1 \times G1 + \gamma G2 \times G2 + \gamma P \times P + \gamma Q1 \times Qk1 + \gamma Q2 \times \psi 02 \times Qk2 + \gamma Q3 \times \psi 03 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.1)$$

Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) irreversibili:

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \times Qk2 + \psi 03 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.2)$$

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (S.L.E.) reversibili:

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \psi 23 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.3)$$

Combinazione quasi permanente (S.L.E.), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \psi 23 \times Qk3 + \dots \quad (2.5.4)$$

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 D.M. 14/01/08):

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \dots \quad (2.5.5)$$

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6 D.M. 14/01/08):

$$G1 + G2 + P + Ad + \psi 21 \times Qk1 + \psi 22 \times Qk2 + \dots \quad (2.5.6)$$

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

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si dovranno considerare, generalmente, le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV D.M. 14/01/08. In particolare è stato definito il gruppo di azioni 1, avente il valore caratteristico del modello di carico principale ( $M_1$  e  $M_2$ ) e il gruppi di azioni 2, che combina il valore frequente del modello di carico principale ( $1,0125 M_1$  e  $1,0125 M_2$ ) con il valore caratteristico del frenamento. La Tab. 5.1.V D.M. 14/01/08 fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi. Nella Tab. 5.1.V D.M. 14/01/08 il significato dei simboli e il seguente:

$\gamma G_1$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

$\gamma G_2$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 35 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

I valori dei coefficienti  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$  e  $\psi_{2j}$  per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI D.M. 14/01/08.

		Coefficiente	EQU (1)	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali (2)	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{e1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 (3)	1,00 (4)	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

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

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

(3) 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

(4) 1,20 per effetti locali

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
Vento $q_5$	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_5$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	Esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si dovranno considerare, generalmente, le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV (NTC 2008). A causa della natura dell'opera, i gruppi di azioni da prendere in esame risultano esclusivamente i gruppi 1, 2a e 4.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 36 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

**Tabella 5.1.IV – Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico**

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura $q_3$	Forza centrifuga $q_4$	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione $2,5 \text{ kN/m}^2$
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(\*) Ponti di 3ª categoria  
(\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
(\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

### 6.9.1 Combinazioni relative agli stati limite ultimi

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni definite. In particolare, nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

La Tabella 2.6.I, e le successive Tabelle 5.1.V e 5.2.V di cui al D.M. 14/01/08, forniscono i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi. Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 37 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

coefficienti parziali  $\gamma_F$  relativi alle azioni riportati nella colonna EQU delle Tabelle sopra citate. Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali. Nell'Approccio 1 si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R). Nella Combinazione 1 dell'Approccio 1, per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1 delle Tabelle sopra citate. Nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A2. Nell'Approccio 2 si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente, per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti  $\gamma_F$  riportati nella colonna A1.

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli	$\gamma_{G1}$	1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (1)	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli	$\gamma_{Qi}$	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.

Nella Tab. 2.6.I D.M. 14/01/08 il significato dei simboli e il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Cap. 6 D.M. 14/01/08. Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a  $\gamma_P = 1,0$ .

### 6.9.2 Combinazioni contenenti l'azione sismica

Il metodo d'analisi lineare di riferimento per determinare gli effetti dell'azione sismica, sia su sistemi dissipativi sia su sistemi non dissipativi, e l'analisi modale con spettro di risposta o "analisi lineare dinamica". L'analisi dinamica lineare consiste nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale), nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati, nella combinazione di questi effetti. Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. E opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%. Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi deve essere utilizzata una combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, quale quella indicata nell'espressione (7.3.3) di cui al D.M. 14/01/08

$$E = \left( \sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j \right)^{0,5}$$

con:

$E_j$  valore dell'effetto relativo al modo j;

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 38 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

$\rho_{ij}$  coefficiente di correlazione tra il modo  $i$  e il modo  $j$ , calcolato con formule di comprovata validità quale:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \beta_{ij}^{3/2}}{(1 + \beta_{ij})[(1 - \beta_{ij})^2 + 4\xi^2 \beta_{ij}]}$$

$\xi$  smorzamento viscoso dei modi  $i$  e  $j$ ;

$\beta_{ij}$  e il rapporto tra l'inverso dei periodi di ciascuna coppia  $i$ - $j$  di modi ( $\beta_{ij} = T_j/T_i$ ).

Se la risposta viene valutata mediante analisi statica o dinamica in campo lineare, essa può essere calcolata separatamente per ciascuna delle tre componenti; la risposta a ciascuna componente, ove necessario (v. § 3.2.5.1 D.M. 14/01/08), è combinata con gli effetti pseudo statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale della componente stessa, utilizzando la radice quadrata della somma dei quadrati. Gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati successivamente, applicando l'espressione (7.3.15) di cui al D.M. 14/01/08, con rotazione dei coefficienti moltiplicativi e conseguente individuazione degli effetti più gravosi.

$$1,00 E_x + 0,30 E_y + 0,30 E_z$$

### 6.9.3 Combinazione dell'azione sismica con le altre azioni

Le verifiche agli stati limite ultimi o di esercizio devono essere effettuate per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni (3.2.16) del D.M. 14/01/08:

$$E + G1 + G2 + P + \Sigma \psi_{2j} \times Q_{kj}$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali (3.2.17 D.M. 14/01/08):

$$G1 + G2 + \psi_{2j} \times Q_{kj}$$

Nel caso dei ponti, nelle espressioni 3.2.16 e 3.2.17 si assumerà per i carichi dovuti al transito dei mezzi  $\psi_{2j} = 0,2$ , quando rilevante.

Per la determinazione degli effetti delle azioni sismiche si farà di regola riferimento alle sole masse corrispondenti ai pesi propri ed ai sovraccarichi permanenti, considerando nullo il valore quasi permanente delle masse corrispondenti ai carichi da traffico (§ 5.1.3.8 D.M. 14/01/08).

Di seguito si riportano le combinazioni generate dalle azioni elementari agenti sul ponte al fine di condurre in seconda fase le verifiche di resistenza e deformative della struttura.

#### COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE PER LE VERIFICHE ALLO SLU (STR) DELL'IMPALCATO

	$\gamma$	$\psi$	$\gamma \cdot \psi$
Peso proprio	1,35	1,00	1,35
Permanenti definiti	1,35	1,00	1,35
Effetti primari del ritiro	1,20	1,00	1,20
Accidentali mezzi	1,35	1,00	1,35 (Azione base accidentali)
Vento	1,5	0,60	0,90
Deformazioni termiche	1,20	0,60	0,72

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 39 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 7 ANALISI NUMERICA

Il Metodo semiprobabilistico agli stati limite è stato utilizzato per il progetto e la verifica degli elementi strutturali; le sollecitazioni agenti sulla struttura sono state valutate mediante la scelta di analisi agli elementi finiti utilizzando il programma di calcolo Sismicad della Concrete s.r.l.

La modellazione vede le tre travi principali ciascuna appoggiata al pulvino mediante vincoli rotazionali a "cerniera"; gli appoggi sono modellati mediante l'utilizzo di elementi unidirezionali con caratteristiche conformi alla tipologia di isolatore elastomerico scelto.

Le spalle sono costituite da un sistema strutturale in cui i pali sono modellato come elementi "beam" con molle longitudinali e trasversali a simulare l'interazione palo-terreno, la platea su pali è modellata attraverso elementi "shell" orizzontali, mentre muri e paraghiaia nella modellazione sono creati attraverso elementi "shell" verticali connessi tra di loro rispettando eventuali dissassamenti rispetto al piano medio;

L'impalcato è modellato mediante elementi "beam" longitudinali e trasversali; le travi principali sono inserite alla quota del baricentro geometrico, i traversi sono posti alla quota relativa al loro baricentro e collegati attraverso braccetti rigidi alle travi principali, la soletta è discretizzata attraverso elementi beam trasversali posti alla quota della soletta e collegati anch'essi attraverso braccetti rigidi alle travi principali.

E' trascurata la rigidezza nel piano della soletta d'impalcato in modo da massimizzare le azioni nelle travi, nei traversi e nei controventi di piano;

### 7.1 Codice di calcolo

Si tratta di un programma di calcolo strutturale che nella versione più estesa è dedicato al progetto e verifica degli elementi in cemento armato, acciaio, muratura e legno di opere civili. Il programma utilizza come analizzatore e solutore del modello strutturale un proprio solutore agli elementi finiti tridimensionale fornito col pacchetto.

Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli: un pre processore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore; il solutore agli elementi finiti; un post processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

### 7.2 Modellazione della Struttura

Il programma schematizza la struttura attraverso l'introduzione nell'ordine di fondazioni, poste anche a quote diverse, platee, platee nervate, plinti e travi di fondazione poggianti tutte su suolo elastico alla Winkler, di elementi verticali, pilastri e pareti in c.a. anche con fori, di orizzontamenti costituiti da solai orizzontali e inclinati (falde), e relative travi di piano e di falda; è ammessa anche l'introduzione di elementi prismatici in c.a. di interpiano con possibilità di collegamento in inclinato a solai posti a quote diverse.

I nodi strutturali possono essere connessi solo a travi, pilastri e pareti, simulando così impalcato infinitamente deformabili nel piano, oppure a elementi lastra di spessore dichiarato dall'utente simulando in tal modo impalcato a rigidezza finita.

I nodi appartenenti agli impalcato orizzontali possono essere connessi rigidamente ad uno o più nodi principali giacenti nel piano dell'impalcato; generalmente un nodo principale coincide con il baricentro delle masse. Tale opzione, oltre a ridurre significativamente i tempi di elaborazione, elimina le approssimazioni numeriche connesse all'utilizzo di elementi lastra quando si richiede l'analisi a impalcato infinitamente rigidi.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 40 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 7.3 Modellazione delle Azioni

Per quanto concerne i carichi, in fase di immissione dati, vengono definite, in numero a scelta dell'utente, condizioni di carico elementari le quali, in aggiunta alle azioni sismiche e variazioni termiche, vengono combinate attraverso coefficienti moltiplicativi per fornire le combinazioni richieste per le verifiche successive. L'effetto di disassamento delle forze orizzontali, indotto ad esempio dai torcenti di piano per costruzioni in zona sismica, viene simulato attraverso l'introduzione di eccentricità planari aggiuntive le quali costituiscono ulteriori condizioni elementari di carico da cumulare e combinare secondo i criteri del paragrafo precedente.

Tipologicamente sono ammessi sulle travi e sulle pareti carichi uniformemente distribuiti e carichi trapezoidali; lungo le aste e nei nodi di incrocio delle membrature sono anche definibili componenti di forze e coppie concentrate comunque dirette nello spazio. Sono previste distribuzioni di temperatura, di intensità a scelta dell'utente, agenti anche su singole porzioni di struttura.

Il calcolo delle sollecitazioni si basa sulle seguenti ipotesi e modalità:

- travi e pilastri deformabili a sforzo normale, flessione deviata, taglio deviato e momento torcente. Sono previsti coefficienti riduttivi dei momenti di inerzia a scelta dell'utente per considerare la riduzione della rigidezza flessionale e torsionale per effetto della fessurazione del conglomerato cementizio. E' previsto un moltiplicatore della rigidezza assiale dei pilastri per considerare, se pure in modo approssimato, l'accorciamento dei pilastri per sforzo normale durante la costruzione.
- le travi di fondazione su suolo alla Winkler sono risolte in forma chiusa tramite uno specifico elemento finito;
- Le pareti in c.a. sono analizzate schematizzandole come elementi lastra-piastra discretizzati con passo massimo assegnato in fase di immissione dati;
- i pali sono modellati suddividendo l'asta in più aste immerse in terreni di stratigrafia definita dall'utente. Nei nodi di divisione tra le aste vengono inserite molle assialsimmetriche elastoplastiche precaricate dalla spinta a riposo che hanno come pressione limite minima la spinta attiva e come pressione limite massima la spinta passiva modificabile attraverso opportuni coefficienti.
- le piastre sono discretizzate in un numero finito di elementi lastra-piastra con passo massimo assegnato in fase di immissione dati; nel caso di platee di fondazione i nodi sono collegati al suolo da molle aventi rigidezze alla traslazione verticale ed richiesta anche orizzontale.
- I disassamenti tra elementi asta sono gestiti automaticamente dal programma attraverso la introduzione di collegamenti rigidi locali.- Alle estremità di elementi asta è possibile inserire svincolamenti tradizionali così come cerniere parziali (che trasmettono una quota di ciò che trasmetterebbero in condizioni di collegamento rigido) o cerniere plastiche.
- Alle estremità di elementi bidimensionali è possibile inserire svincolamenti con cerniere parziali del momento flettente avente come asse il bordo dell'elemento.
- Il calcolo degli effetti del sisma è condotto, a scelta dell'utente, con analisi statica lineare, con analisi dinamica modale o con analisi statica non lineare, in accordo alle varie normative adottate.
- Le masse, nel caso di impalcato dichiarati rigidi sono concentrate nei nodi principali di piano altrimenti vengono considerate diffuse nei nodi giacenti sull'impalcato stesso. Nel caso di analisi sismica vengono anche controllati gli spostamenti di interpiano.

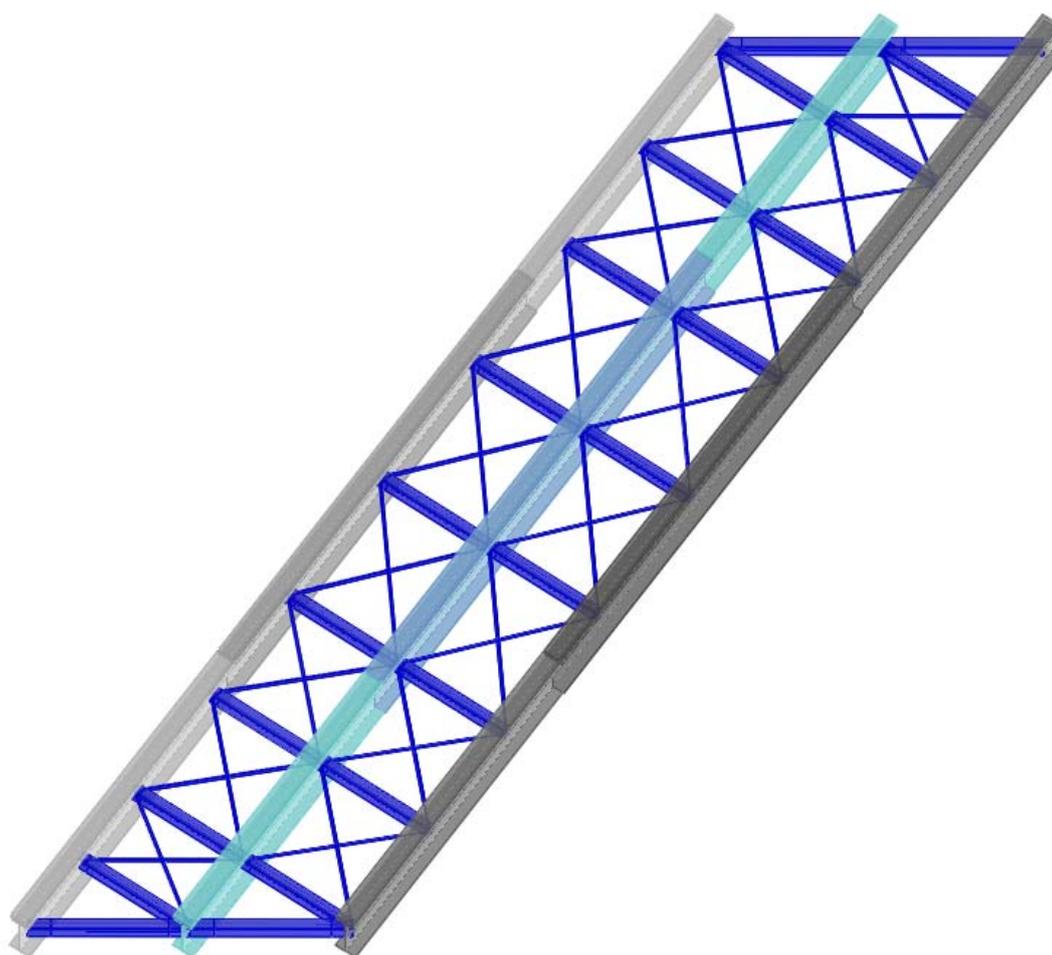
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 41 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 8 CALCOLO DELLA RISPOSTA STRUTTURALE

Per il calcolo delle sollecitazioni strutturali è stato impiegato, come precedentemente descritto, il programma di calcolo agli elementi finiti SISMICAD della Concrete s.r.l.

### 8.1 Dati-Input dell'analisi

Le informazioni relative ai dati di input, definizione dei materiali ed elementi, condizioni e combinazioni di carico, ecc. sono contenute nell'allegato FASCICOLO DEI CALCOLI.



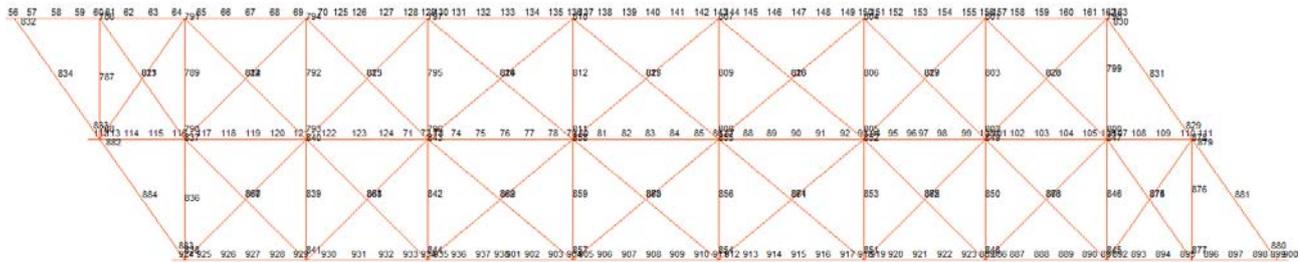
Dettaglio 3d dell'impalcato metallico

### 8.2 Risultati dell'analisi

Si riportano di seguito i grafici del MODELLO e delle SOLLECITAZIONI nelle condizioni di carico significative presenti negli elementi dell'impalcato metallico.

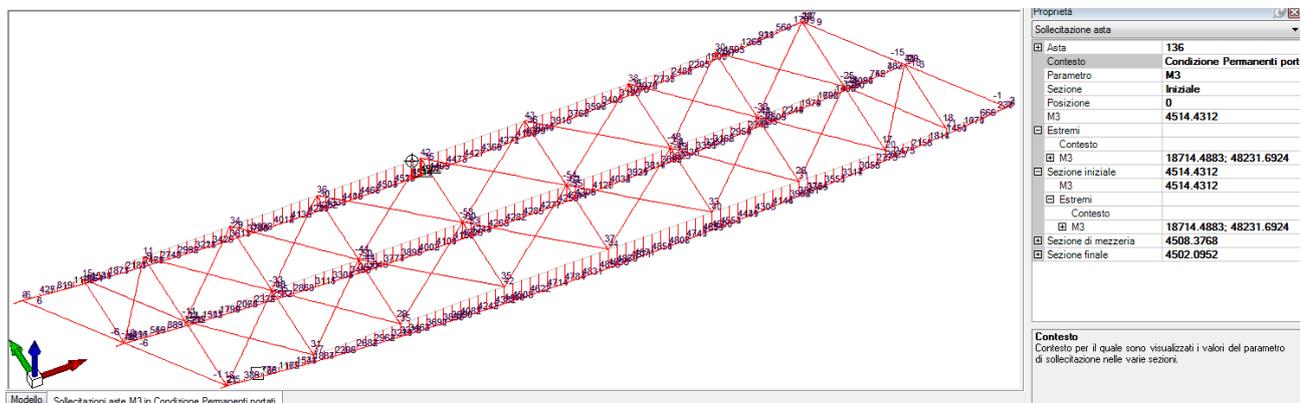
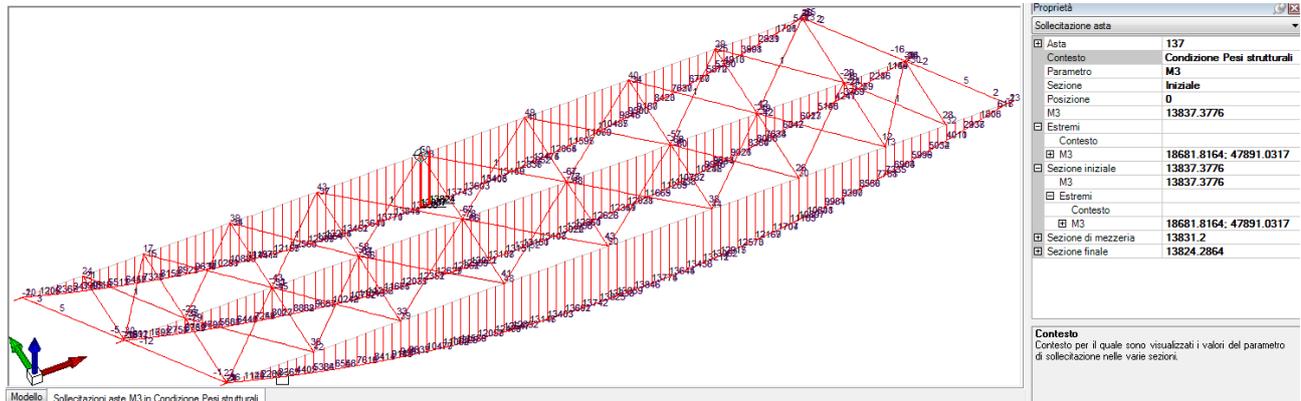
### 8.2.1 Numerazione delle aste nelle travi d'impalcato

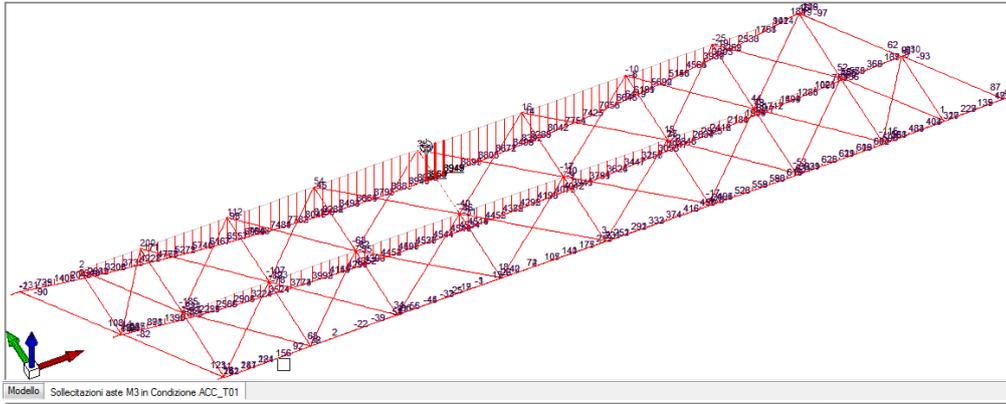
Gli elementi finiti in cui è suddivisa la trave metallica oggetto delle verifiche sono indicati nella parte superiore del grafico seguente; in particolare gli elementi di testata hanno numerazione pari rispettivamente a n°652 e n°737, e gli elementi di campata numerazione pari a n°716 e n°717.



### 8.2.2 Diagrammi delle sollecitazioni

Nel seguito sono riportati i valori delle sollecitazioni presenti nella trave maggiormente caricata mediante diagrammi di sintesi; in tali diagrammi vengono infatti evidenziate le sollecitazioni di progetto presenti in ciascuna sezione nelle condizioni di carico elementari significative.



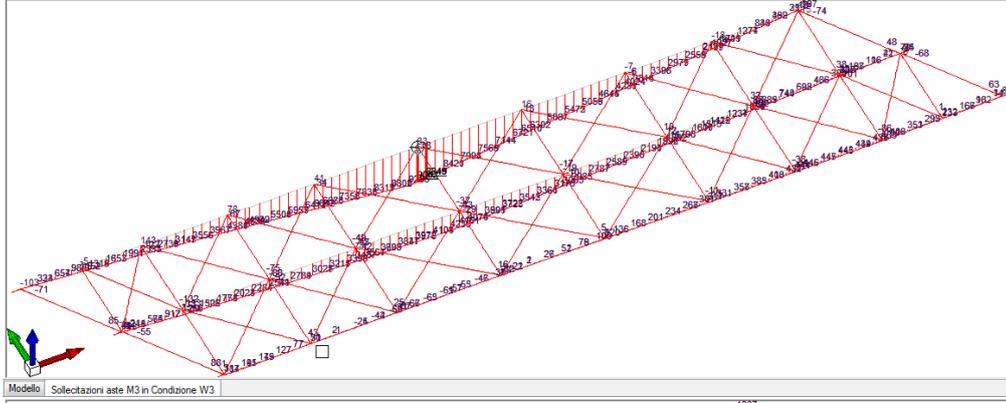


Proprietà

Sollecitazione asta

Asta	138
Contesto	Condizione ACC_T01
Parametro	M3
Sezione	Iniziale
Posizione	0
M3	8959.3528
Estremi	
Contesto	
M3	18664.4033; 47747.1872
Sezione iniziale	8959.3528
M3	8959.3528
Estremi	
Contesto	
M3	18664.4033; 47747.1872
Sezione di mezzeria	8954.1584
Sezione finale	8948.964

**Asta**  
 Asta della quale sono visualizzati i parametri di sollecitazione.

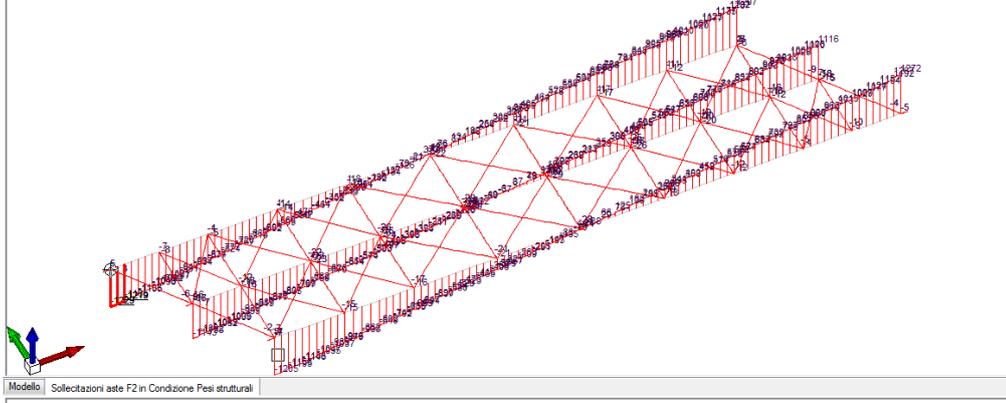


Proprietà

Sollecitazione asta

Asta	137
Contesto	Condizione W3
Parametro	M3
Sezione	Iniziale
Posizione	0
M3	9061.9616
Estremi	
Contesto	
M3	18681.8164; 47891.0317
Sezione iniziale	9061.9616
M3	9061.9616
Estremi	
Contesto	
M3	18681.8164; 47891.0317
Sezione di mezzeria	8955.3672
Sezione finale	8848.7736

**Asta**  
 Asta della quale sono visualizzati i parametri di sollecitazione.

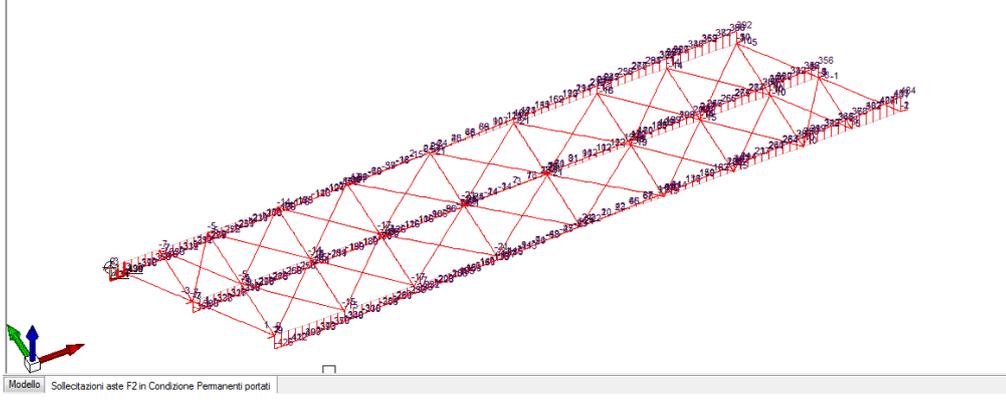


Proprietà

Sollecitazione asta

Asta	57
Contesto	Condizione Pesì strutturali
Parametro	F2
Sezione	Iniziale
Posizione	0
F2	-1229.33
Estremi	
Contesto	
F2	-4647.49; -1698.34
Sezione iniziale	-1229.33
F2	-1229.33
Estremi	
Contesto	
F2	-4647.49; -1698.34
Sezione di mezzeria	-1224.33
Sezione finale	-1219.33

**Asta**  
 Asta della quale sono visualizzati i parametri di sollecitazione.



Proprietà

Sollecitazione asta

Asta	57
Contesto	Condizione Permanenti portati
Parametro	F2
Sezione	Iniziale
Posizione	0
F2	-433.53
Estremi	
Contesto	
F2	-4647.49; -1698.34
Sezione iniziale	-433.53
F2	-433.53
Estremi	
Contesto	
F2	-4647.49; -1698.34
Sezione di mezzeria	-431.73
Sezione finale	-429.93

**Asta**  
 Asta della quale sono visualizzati i parametri di sollecitazione.

Le sollecitazioni risultano conformi alla tipologia utilizzata.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 44 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 8.2.3 Sollecitazioni nei conci nelle condizioni elementari di carico

Nel seguito sono elencate le sollecitazioni flettenti e taglianti presenti nelle condizioni elementari di carico alle estremità degli elementi scelti per le verifiche.

#### SOLLECITAZIONI NEI CONCI NELLE CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO

MOMENTI FLETTENTI																		
CONCIO	n°NODO	Sigla ELEMENTO	Li	xl	Pesi strutturali	M Permanenti	M FOLLA	M ACC_T02	M ACC_T01	M ACC_D02	M ACC_D01	M VENTO	M TANDEM					
					M Peso Proprio													
			[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]
A	1	1_xi=0_xj=3,5	3.50	0.00	-20	-6	-10	-2	-2	-5	-4	49	-5	-2	0	0	0	
A	2	2_xi=3.5_xj=7	3.50	3.50	3995	1364	2055	1187	2340	1383	2103	126	1289	1921	1152	547	33	
A	3	3_xi=7_xj=12	5.00	7.00	7327	2469	3746	2269	4227	2572	3765	147	1076	3877	2333	1110	69	
A	4	4_xi=12_xj=13	1.00	12.00	10886	3611	5538	3539	6557	3877	5817	187	873	7037	4380	2136	145	
B	5	5_xi=13_xj=17	4.00	13.00	11441	3788	5815	3722	6950	4070	6169	196	841	6782	4830	2363	162	
B	6	6_xi=17_xj=22.5	5.50	17.00	13054	4282	6618	4369	8159	4684	7229	220	721	5790	6642	3278	233	
B	7	7_xi=22.5_xj=23	0.50	22.50	13858	4514	7017	4732	8940	4999	7920	233	577	4571	9285	4605	333	
B	8	8_xi=23_xj=29	6.00	23.00	13837	4502	7004	4744	8946	4999	7923	233	563	4461	9062	4729	342	
B	9	9_xi=29_xj=32	3.00	29.00	12652	4099	6403	4401	8392	4589	7434	211	413	3221	6510	6250	453	
A	10	10_xi=32_xj=35	3.00	32.00	11597	3767	5879	4012	7754	4196	6880	189	349	2712	5473	6908	499	
A	11	11_xi=35_xj=40	5.00	35.00	9500	3078	4817	3330	6419	3456	5690	147	259	2000	4024	6443	564	
A	12	12_xi=40_xj=45	5.00	40.00	5390	1747	2731	1893	3603	1963	3187	56	121	950	1927	3130	659	
A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	45.00	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
TAGLIO																		
CONCIO	n°NODO	Sigla ELEMENTO	Li	xl	Pesi strutturali	M Permanenti	FOLLA	ACC_T02	ACC_T01	ACC_D02	ACC_D01	M VENTO	W1	W2	W3	W4	W5	
			[m]	[m]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	
A	1	1_xi=0_xj=3,5	3.50	0.00	-1229	-434	-647	-343	-741	-424	-681	-24	-1083	-637	-486	-266	-20	
A	2	2_xi=3.5_xj=7	3.50	3.50	-1052	-355	-536	-317	-683	-364	-537	-8	-1083	-637	-486	-266	-20	
A	3	3_xi=7_xj=12	5.00	7.00	-834	-276	-422	-290	-626	-293	-482	-11	-1083	-637	-486	-266	-20	
A	4	4_xi=12_xj=13	1.00	12.00	-560	-179	-276	-252	-543	-193	-352	-10	-1083	-637	-486	-266	-20	
B	5	5_xi=13_xj=17	4.00	13.00	-550	-176	-276	-244	-527	-193	-352	-8	-1083	-637	-486	-266	-20	
B	6	6_xi=17_xj=22.5	5.50	17.00	-307	-101	-157	-214	-461	-105	-228	-6	-1083	-637	-486	-266	-20	
B	7	7_xi=22.5_xj=23	0.50	22.50	37	24	27	172	371	1	-6	0	75	255	443	678	729	
B	8	8_xi=23_xj=29	6.00	23.00	23	5	9	175	379	15	-33	0	75	255	443	678	729	
B	9	9_xi=29_xj=32	3.00	29.00	353	109	174	221	478	136	176	7	75	255	443	678	729	
A	10	10_xi=32_xj=35	3.00	32.00	522	169	265	244	527	189	291	10	75	255	443	678	729	
A	11	11_xi=35_xj=40	5.00	35.00	683	216	342	267	576	254	403	15	75	255	443	678	729	
A	12	12_xi=40_xj=45	5.00	40.00	957	307	485	305	659	351	611	22	75	255	443	678	729	
A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	45.00	-5	-2	-647	-343	-741	-424	-681	-1	-1083	-637	-486	-266	-20	



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 46 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

9	SLE_GA 2a (Ec)_-	1,00	1,00	0,00	0,40	0,00	1,00	0,60	0,75	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	SLE_GA 4	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	SLE_P1	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
12	SLE_P2	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
13	SLE_P3	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
14	SLE_P4	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
15	SLE_P5	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,60	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

### 8.2.5 Combinazioni di carico con sollecitazioni massime

Si riportano le combinazioni di carico che massimizzano e minimizzano il momento flettente ed il taglio nelle sezioni di verifica presenti nella trave maggiormente sollecitata.

COMBINAZIONI DI CARICO CHE CONDUCONO A VALORI ESTREMI DI MOMENTO E TAGLIO NELLA SEZIONE

CONCIO	n°NODO	Sigla ELEMENTO	Li		COMBINAZIONI DI CARICO	xi	CONCIO	n°NODO	Sigla ELEMENTO	Li		COMBINAZIONI DI CARICO	xi
A	1	1_xi=0_xj=3,5	3.50	Mmax	21	0.00	B	7	7_xi=22.5_xj=23	0.50	Mmax	25	22.50
A	1	1_xi=0_xj=3,5	3.50	Mmin	11	0.00	B	7	7_xi=22.5_xj=23	0.50	Mmin	11	22.50
A	1	1_xi=0_xj=3,5	3.50	Tmax	21	0.00	B	7	7_xi=22.5_xj=23	0.50	Tmax	25	22.50
A	1	1_xi=0_xj=3,5	3.50	Tmin	11	0.00	B	7	7_xi=22.5_xj=23	0.50	Tmin	11	22.50
A	2	2_xi=3.5_xj=7	3.50	Mmax	4	3.50	B	8	8_xi=23_xj=29	6.00	Mmax	4	23.00
A	2	2_xi=3.5_xj=7	3.50	Mmin	11	3.50	B	8	8_xi=23_xj=29	6.00	Mmin	11	23.00
A	2	2_xi=3.5_xj=7	3.50	Tmax	4	3.50	B	8	8_xi=23_xj=29	6.00	Tmax	4	23.00
A	2	2_xi=3.5_xj=7	3.50	Tmin	11	3.50	B	8	8_xi=23_xj=29	6.00	Tmin	11	23.00
A	3	3_xi=7_xj=12	5.00	Mmax	4	7.00	B	9	9_xi=29_xj=32	3.00	Mmax	4	29.00
A	3	3_xi=7_xj=12	5.00	Mmin	11	7.00	B	9	9_xi=29_xj=32	3.00	Mmin	11	29.00
A	3	3_xi=7_xj=12	5.00	Tmax	4	7.00	B	9	9_xi=29_xj=32	3.00	Tmax	4	29.00
A	3	3_xi=7_xj=12	5.00	Tmin	11	7.00	B	9	9_xi=29_xj=32	3.00	Tmin	11	29.00
A	4	4_xi=12_xj=13	1.00	Mmax	4	12.00	A	10	10_xi=32_xj=35	3.00	Mmax	27	32.00
A	4	4_xi=12_xj=13	1.00	Mmin	11	12.00	A	10	10_xi=32_xj=35	3.00	Mmin	11	32.00
A	4	4_xi=12_xj=13	1.00	Tmax	4	12.00	A	10	10_xi=32_xj=35	3.00	Tmax	27	32.00
A	4	4_xi=12_xj=13	1.00	Tmin	11	12.00	A	10	10_xi=32_xj=35	3.00	Tmin	11	32.00
B	5	5_xi=13_xj=17	4.00	Mmax	23	13.00	A	11	11_xi=35_xj=40	5.00	Mmax	4	35.00
B	5	5_xi=13_xj=17	4.00	Mmin	11	13.00	A	11	11_xi=35_xj=40	5.00	Mmin	11	35.00
B	5	5_xi=13_xj=17	4.00	Tmax	23	13.00	A	11	11_xi=35_xj=40	5.00	Tmax	4	35.00
B	5	5_xi=13_xj=17	4.00	Tmin	11	13.00	A	11	11_xi=35_xj=40	5.00	Tmin	11	35.00
B	6	6_xi=17_xj=22.5	5.50	Mmax	4	17.00	A	12	12_xi=40_xj=45	5.00	Mmax	4	40.00
B	6	6_xi=17_xj=22.5	5.50	Mmin	11	17.00	A	12	12_xi=40_xj=45	5.00	Mmin	11	40.00
B	6	6_xi=17_xj=22.5	5.50	Tmax	4	17.00	A	12	12_xi=40_xj=45	5.00	Tmax	4	40.00
B	6	6_xi=17_xj=22.5	5.50	Tmin	11	17.00	A	12	12_xi=40_xj=45	5.00	Tmin	11	40.00
A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	Mmax	29	45.00	A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	Mmax	29	45.00
A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	Mmin	11	45.00	A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	Mmin	11	45.00
A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	Tmax	29	45.00	A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	Tmax	29	45.00
A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	Tmin	11	45.00	A	13	13_xi=45_xj=45	0.00	Tmin	11	45.00

Le combinazioni che massimizzano il momento flettente corrispondono a quelle che massimizzano anche il taglio.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 47 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 9 VERIFICHE STRUTTURALI

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 14.01.2008 come in dettaglio specificato negli allegati tabulati di calcolo.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l'analisi sismica si è effettuata una analisi dinamica modale.

I tabulati di calcolo completi relativi alle verifiche degli elementi strutturali e dei collegamenti nelle diverse combinazioni di carico sono riportati integralmente in allegato.

### 9.1 Verifiche delle membrature in Acciaio

Le verifiche delle membrature in acciaio sono condotte agli stati limite in accordo al D.M. 14-01-08 e secondo Eurocodice 3.

#### 9.1.1 Verifiche di resistenza delle membrature di classe 1 e 2

Per la verifica allo stato limite ultimo la resistenza di calcolo delle membrature si pone nella forma (§4.1.4.1.1 NTC 08):  $R_D = R_k / \gamma_M$

dove  $R_k$  è il valore caratteristico della resistenza – trazione, compressione, flessione, taglio e torsione – della membratura, determinata dai valori caratteristici delle resistenze dei materiali  $f_{yk}$  e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione;  $\gamma_M$  è il fattore parziale globale relativo al modello di resistenza adottato (**Tabella 4.2.V** NTC 08).

Le verifiche relative alla trazione semplice, compressione semplice, taglio e torsione vengono condotte secondo quanto riportato nel capitolo 4 del D.M. 14-01-08 con eventuali riferimenti all'Eurocodice 3 dove non esaustive le indicazioni della norma in ottemperanza a quanto riportato al capitolo 12 del DM 14-01-08.

Nella verifica a **presso o tenso flessione retta**, per le sezioni ad I o ad H di classe 1 e 2 doppiamente simmetriche, soggette a presso o tensoflessione nel piano dell'anima, la corrispondente resistenza convenzionale di calcolo a flessione retta può essere valutata come:

$$M_{N,y,Rd} = M_{pl,y,Rd} (1-n) / (1-0,5 a) \leq M_{pl,y,Rd} \quad (4.2.34 \text{ NTC08})$$

$M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd}$  per  $n \leq a$ , (4.2.35 NTC08) o mediante la (4.2.36 NTC08) per  $n > a$ , essendo  $M_{pl,y,Rd}$  il momento resistente plastico a flessione semplice nel piano dell'anima,  $M_{pl,z,Rd}$  il momento resistente plastico a flessione semplice nel piano delle ali, e posto  $n = N_{Ed} / N_{pl,Rd}$  (4.2.37 NTC08);  $a = (A - 2 b t_f) / A \leq 0,5$  (4.2.38 NTC08) dove  $A$  è l'area lorda della sezione,  $b$  è la larghezza delle ali,  $t_f$  è lo spessore delle ali.

La verifica a **presso o tenso flessione deviata** è effettuata mediante l'espressione:

$$[(M_y/M_{Ry}) + (M_x/M_{Rx})] \leq 1 \quad (4.2.40 \text{ NTC08}).$$

Nella verifica a **Flessione, taglio e sforzo assiale** nel calcolo del momento flettente resistente devono essere considerati gli effetti di sforzo assiale e taglio, se presenti.

Nel caso in cui il taglio di calcolo,  $V_{Ed}$ , sia inferiore al 50% della resistenza di calcolo a taglio,  $V_{c,Rd}$ , la resistenza a flessione della sezione può essere calcolata con le formule per la tenso/pressoflessione. Se la sollecitazione di taglio

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 48 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

supera il 50% della resistenza a taglio, si assume una tensione di snervamento ridotta per l'interazione tra flessione e taglio:  $f_{y,red} = (1 - \rho) f_{yk}$  dove  $\rho = (2V_{Ed} / V_{c,Rd} - 1)^2$  (4.2.41 NTC08)

Per le sezioni di classe 3 e classe 4 le verifiche devono essere condotte con riferimento alla resistenza elastica (verifica tensionale); per le sezioni di classe 4 si possono utilizzare le proprietà geometriche efficaci della sezione trasversale.

Ogni sezione (per pilastri e travi) è verificata per la presenza contemporanea delle sei sollecitazioni ( $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $V_x$ ,  $V_y$ ,  $M_t$ ).

### 9.1.2 Verifiche di resistenza delle membrature di classe 3 e 4

La resistenza di calcolo della sezione in acciaio nei confronti delle tensioni normali e funzione della classificazione della sezione trasversale. Nel caso in esame tale resistenza è valutata in campo elastico, tenendo conto degli effetti dell'instabilità locale, per le sezioni di classe 4.

La verifica è soddisfatta se risulta:

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff}} + \frac{M_{Ed} + N_{Ed} e_N}{f_y W_{eff}} \leq 1,0$$

$\gamma_{M0} \qquad \qquad \qquad \gamma_{M0}$

con  $N_{Ed}$  e  $M_{Ed}$  sollecitazioni assiali e flessionali di progetto  $A_{eff}$  e  $W_{eff}$  proprietà efficaci della sezione trasversale;  $e_N$  spostamento della posizione del baricentro;  $\gamma_{M0}$  coefficiente parziale di sicurezza, pari ad 1.05.

Per le valutazioni delle caratteristiche effettive delle sezioni si è fatto riferimento al punto 4.4 dell'EC3 1-5. L'area di anima o flangia compressa è data dall'espressione:  $A_{c,eff} = \rho A_c$ , in cui il fattore di riduzione  $\rho$  è dato dalle seguenti espressioni (nel caso di piattabande connesse alla soletta mediante pioli è possibile considerare le ali compresse come irrigidite e non soggette quindi al fenomeno locale di instabilità).

- Per le anime delle travi

$$\rho = 1,0 \qquad \text{for } \bar{\lambda}_p \leq 0,673$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \qquad \text{for } \bar{\lambda}_p > 0,673 \text{ , where } (3 + \psi) \geq 0$$

- Per le ali delle travi

$$\rho = 1,0 \qquad \text{for } \lambda_p \leq 0,748$$

$$\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0 \qquad \text{for } \bar{\lambda}_p > 0,748$$

Dove:

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}}$$

$\psi$  rapporto tra le distribuzioni delle tensioni nella sezione;  $\bar{b}$  assunto  $h_w$  per le anime delle travi e assunto  $c$  per le flange delle piattabande;  $k_\sigma$  fattore di buckling funzione della distribuzione delle tensioni  $\psi$ ;  $t$  spessore;  $\sigma_c$  tensione critica della lastra valutata con buckling elastico.

I fattori di buckling possono essere ricavati dai seguenti prospetti:

Stress distribution (compression positive)		Effective <sup>p</sup> width $b_{eff}$				
		$\psi = 1:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff} \quad b_{e2} = 0,5 b_{eff}$				
		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5-\psi} b_{eff} \quad b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$				
		$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1-\psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff} \quad b_{e2} = 0,6 b_{eff}$				
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -3$
Buckling factor $k_\sigma$	4,0	$8,2 / (1,05 + \psi)$	7,81	$7,81 - 6,29\psi + 9,78\psi^2$	23,9	$5,98 (1 - \psi)^2$

**Prospetto per anime delle travi**

Stress distribution (compression positive)		Effective <sup>p</sup> width $b_{eff}$				
		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
		$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1-\psi)$				
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	-1	$1 \geq \psi \geq -3$	
Buckling factor $k_\sigma$	0,43		0,57	0,85	$0,57 - 0,21\psi + 0,07\psi^2$	
		$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$				
		$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1-\psi)$				
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	
Buckling factor $k_\sigma$	0,43	$0,578 / (\psi + 0,34)$	1,70	$1,7 - 5\psi + 17,1\psi^2$	23,8	

**Prospetto per flange piattabande delle travi**

**I risultati delle verifiche relative sono riportati nell'allegato (Verifica Impalcato).**

### 9.1.3 Verifica per sollecitazioni taglianti

La sollecitazione tagliante e supposta agente solo sull'anima della trave metallica.

La resistenza di progetto a taglio per anime irrigidite e non e definita come somma di due contributi (anima  $V_{bw,Rd}$ , e piattabande  $V_{bf,Rd}$ ):

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

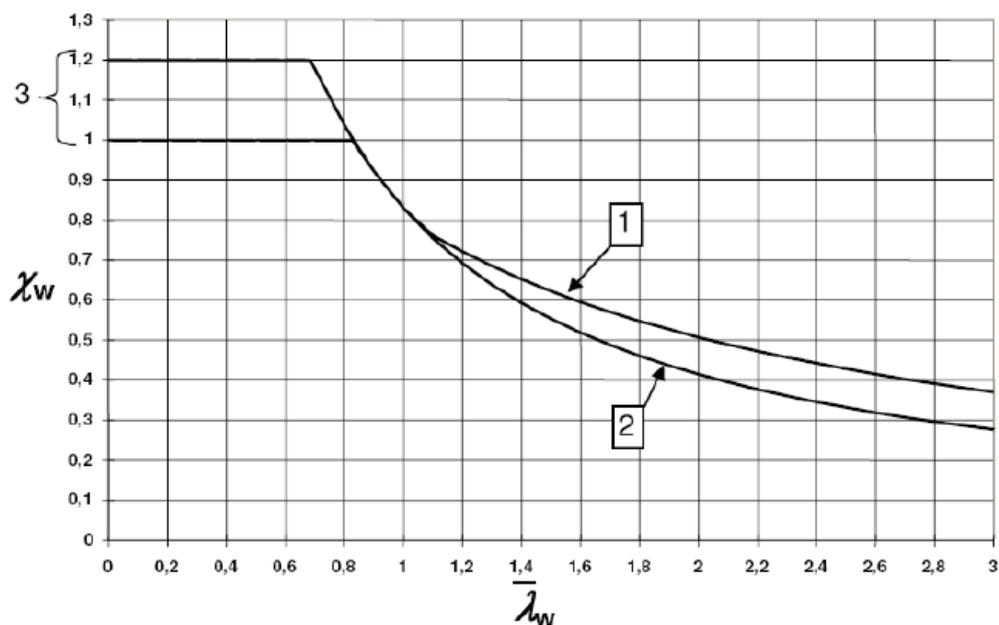
dove:

$\eta=1.20$  per gradi di acciaio inferiori a S460;  $h_w$  e  $t$  sono rispettivamente l'altezza e lo spessore dell'anima;  $\gamma_{M1}$  e il fattore parziale di sicurezza assunto pari a 1,1.

Il contributo dell'anima e pari a:

$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

Il fattore  $\chi_w$  che tiene conto del contributo dell'anima a taglio e ricavabile dal seguente grafico:



**Andamento del fattore  $\chi_w$**

La snellezza d'anima puo essere assunta pari a:

$$\bar{\lambda}_w = \frac{h_w}{37,4 t \varepsilon \sqrt{k_\tau}}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 51 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

$k_\tau$  fattore d'instabilità a taglio del pannello ricavabile con le seguenti espressioni e funzione della geometria della sezione e degli irrigidimenti:

$$k_\tau = 5,34 + 4,00 (h_w / a)^2 + k_{\text{st}} \quad \text{when } a / h_w \geq 1$$

$$k_\tau = 4,00 + 5,34 (h_w / a)^2 + k_{\text{st}} \quad \text{when } a / h_w < 1$$

Il contributo resistente dalle flange può essere impiegato quando la piattabanda non è completamente impiegata per resistere a flessione. In questo caso il contributo aggiuntivo per la resistenza a taglio offerto dalle flange può essere così determinato.

$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left( 1 - \left( \frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right)$$

$M_{f,Rd}$  momento resistente della sezione costituita dalle sole flange

$$c = a \left( 0,25 + \frac{1,6 b_f t_f^2 f_{yf}}{t h_w^2 f_{yw}} \right)$$

La verifica di resistenza è posta in forma adimensionale come rapporto tra le azioni sollecitanti e la capacità resistente, dove  $V_{Ed}$  sollecitazione tagliante di progetto:

Il rapporto di sfruttamento plastico a taglio  $\eta_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$  deve risultare inferiore all'unità.

**I risultati delle verifiche relative sono riportati nell'allegato (Verifica Impalcato).**

#### 9.1.4 Verifica per sollecitazioni composte di taglio e presso-flessione

Per valori di  $\eta_3$  inferiori a 0.5 non è necessario controllare l'interazione tra le sollecitazioni normali e tangenziali; per valori superiori si adotta la seguente espressione del dominio di resistenza:

$$\bar{\eta}_1 + \left( 1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}} \right) (2\bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1,0 \quad \text{for } \bar{\eta}_1 \geq \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}$$

in cui  $M_{f,Rd}$  è il momento resistente di progetto delle sole flange efficaci;  $M_{pl,Rd}$  è la resistenza plastica della sezione trasversale composta dall'area effettiva delle flange e dall'intera anima senza tener conto della classe di quest'ultima.

$$\bar{\eta}_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}}$$

$$\bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}}$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 52 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Sulle travi principali sono state condotte anche le verifiche delle tensioni ideali in campo elastico allo SLU e SLE, in riferimento al seguente criterio

$$\sigma_{x,Ed}^2 + \sigma_{z,Ed}^2 - \sigma_{z,Ed}\sigma_{x,Ed} + 3\tau_{Ed}^2 \leq (f_{yk} / \gamma_{M0})^2$$

dove:

$\sigma_{x,Ed}$  e il valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione parallela all'asse della membratura;  $\sigma_{z,Ed}$  e il valore di calcolo della tensione normale nel punto in esame, agente in direzione ortogonale all'asse della membratura;  $\tau_{Ed}$  e il valore di calcolo della tensione tangenziale nel punto in esame, agente nel piano della sezione della membratura.

Il rapporto di sfruttamento elastico per tensioni normali  $\eta_1 = \frac{\sigma_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}}$  deve risultare inferiore all'unità.

**I risultati delle verifiche relative sono riportati nell'allegato (Verifica Impalcato).**

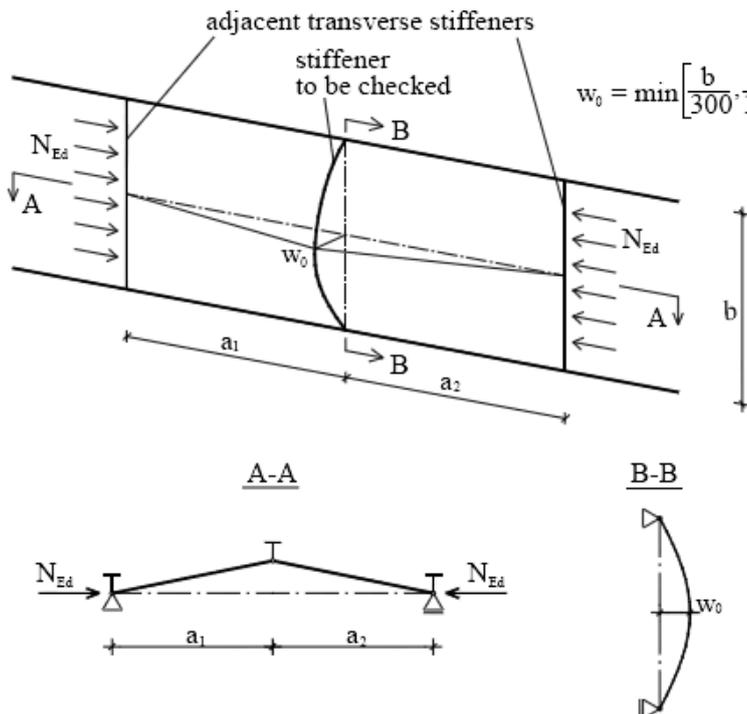
### 9.1.5 Verifica degli irrigidimenti

La verifica consta nell'individuazione del minimo tra due criteri atti a garantire il primo stabilita e minimi di deformabilita, il secondo resistenza all'azione assiale sollecitante l'irrigidimento.

Il primo criterio porta a dover garantire un inerzia minima dell'irrigidimento, data dalla seguente espressione:

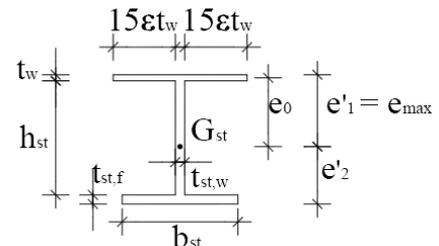
$$I_{st} = \frac{\sigma_m}{E} \left( \frac{b}{\pi} \right)^4 \left( 1 + w_0 \frac{300}{b} u \right)$$

dove:



$$\sigma_m = \frac{\sigma_{cr,c}}{\sigma_{cr,p}} \frac{N_{Ed}}{b} \left( \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)$$

$$u = \frac{\pi^2 E e_{max} \gamma_{M1}}{b 300 f_y} \geq 1.$$



CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 53 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Inoltre in presenza di azioni taglianti sulla trave, si deve considerare il traverso soggetto ad un'azione assiale aggiuntiva pari a:

$$N_{st,Ed} = V_{Ed} - \frac{h_w t_w f_{yw}}{\bar{\lambda}_w^2 \gamma_{M1} \sqrt{3}}$$

i due criteri indicati si considerano soddisfatti verificando che:

$$\sigma_{max} = \frac{N_{st,Ed}}{A_{st}} + \frac{\sum N_{st,Ed} e_{max} w_0}{I_{st}} \cdot \frac{1}{1 - \frac{\sum N_{st,Ed}}{N_{cr,st}}} (1 + 1,11q_m) \leq \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

$$w = w_0 \frac{1}{\frac{N_{cr,st}}{\sum N_{st,Ed}} - 1} (1 + 1,25q_m) \leq \frac{b}{300}$$

dove:

$$\sum N_{st,Ed} = N_{st,Ed} + \Delta N_{st,Ed} \quad \Delta N_{st,Ed} = \frac{\sigma_m h_w^2}{\pi^2} \quad q_m = \frac{N_{st,Ed} \cdot e_0}{\sum N_{st,Ed} \cdot w_0}$$

Come ultima verifica si deve garantire adeguata rigidezza degli irrigidimenti mediante il rispetto delle seguenti disequazioni:

$$I_{st} \geq 1.5 \cdot \frac{h_w^3 \cdot t^3}{a^2} \quad \text{per } \frac{a}{h_w} < \sqrt{2}$$

$$I_{st} \geq 0.75 \cdot h_w \cdot t^3 \quad \text{per } \frac{a}{h_w} \geq \sqrt{2}$$

Relativamente alle problematiche connesse con la stabilità nei confronti del buckling torsionale, si considera la formulazione più generale proposta da EN 1993-1-5 cap. 9.2.1(9):

$$\sigma_{cr} = \frac{1}{I_p} \left( GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{h_w^2} \right) \geq 6 \cdot f_y$$

dove:

$$I_y = \frac{h_{st}^3 t_{st,w}^3}{12} + \frac{b_{st} t_{st,f}^3}{12} + h_{st} t_{st,w} \left( e_1 - \frac{h_{st}}{2} \right)^2 + b_{st} t_{st,f} \left( e_2 - \frac{t_{st,f}}{2} \right)^2 + A_{st} e_1^2$$

$$I_z = \frac{h_{st}^3 t_{st,w}^3}{12} + \frac{b_{st}^3 h_{st,f}}{12} \quad I_p = I_y + I_z \quad I_t = \frac{1}{3} (h_{st} t_{st,w}^3 + b_{st} t_{st,f}^3) \quad I_w = \frac{b_{st}^3 t_{st,f}}{12} \left( h_{st} + \frac{t_{st,f}}{2} \right)^2$$

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 54 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

la verifica precedente è tuttavia molto conservativa considerando le tensioni effettive presenti negli irrigidimenti; per tal motivo la verifica può essere effettuata sostituendo ad  $f_y$  il valore massimo della tensione effettiva amplificato del coefficiente di sicurezza per instabilità, ovvero:

$$\sigma_{cr} \geq 6 \sigma_{max} \gamma_{M1}$$

Le caratteristiche dello stiffener vengono valutate con riferimento allo schema di figura, conteggiando una porzione di anima collaborante pari a  $15 \varepsilon t_w$  [EN 1993-1-5 9.1(2)].

**I risultati delle verifiche relative sono riportati nell'allegato (Verifica Impalcato).**

**9.1.6 Verifica connessione trave soletta**

Le specifiche relative al detailing della connessione trave-soletta sono contenute in NTC-08, 4.3.4.1.2 e C.4.3.4. delle relative istruzioni; per quanto riguarda i riferimenti Eurocodice, i cui contenuti sono perfettamente identici, si fa riferimento a EN 1994-1 e EN 1994-2. Le piolature adottate sono tutte a completo ripristino di resistenza.

Il ciclo di verifica delle piolature comprende i seguenti passi:

**- Verifica tensioni S.L.U. (valido per sezioni con  $\eta_1 \leq 1$ )**

Deduzione del massimo scorrimento "elastico" a taglio allo S.L.U. sul singolo piolo, nell'ambito delle condizioni  $M_{max}/M_{min}$ ,  $V_{max}/V_{min}$ , e confronto con la portanza del piolo allo S.L.U.:

$$v_{L,Ed}(x) = V_{Ed}(x) S/J$$

In cui S e J sono univocamente definite sulla base delle caratteristiche "uncracked".

Tale approccio risulta ovviamente valido solamente per le sezioni che non attingono alle proprie risorse extra elastiche ( $\eta_1 \leq 1$ ).

Le verifiche verranno effettuate con riferimento alle prescrizioni contenute al § 4.3.4.3.3 delle NTC08 facendo riferimento alle tensioni di scorrimento attive da quando la soletta diventa collaborante, ovvero nella condizione di carico di lunga durata relativo ai pesi portati permanenti e quello di breve durata relativo ai carichi accidentali.

Le verifiche di resistenza dei pioli sono condotte seguendo un criterio di valutazione delle sollecitazioni di tipo elastico come previsto nelle NTC08.

Le resistenze del singolo piolo sono determinate con le espressioni contenute nell' EC4-1 al punto 6.6.3 per cui la resistenza di progetto del piolo può essere determinata come il minimo tra le seguenti espressioni:

$$P_{Rd} = \frac{0,8 f_u \pi d^2 / 4}{\gamma_V} \qquad P_{Rd} = \frac{0,29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}}}{\gamma_V} \qquad \alpha = 0,2 \left( \frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) \text{ per } 3 \leq h_{sc}/d \leq 4$$

$$\alpha = 1 \text{ per } h_{sc}/d > 4$$

Il dimensionamento dell'armatura di assorbimento degli sforzi di scorrimento è condotta con le indicazioni contenute al punto 6.6.6.2 dell' EC4-1. Determinati gli sforzi di taglio lungo i piani di scorrimento è necessario inserire un'armatura minima  $A_s/sf$  di cucitura che nel caso in esame è abbondantemente garantita dalla presenza dei ferri di armatura trasversali presenti nella soletta d'impalcato.

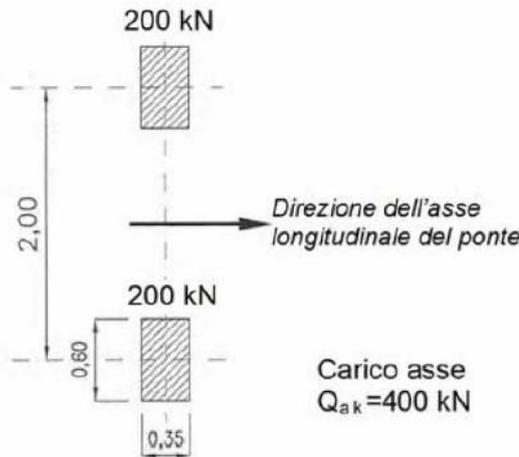
**I risultati delle verifiche relative sono riportati nell'allegato (Verifica Impalcato).**

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 55 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 9.2 Verifiche locali della soletta di impalcato

Le verifiche della soletta in c.a. sono condotte agli stati limite in accordo al D.M. 14-01-08 considerando agente lo schema di carico n°1 usato anche nelle verifiche globali e lo schema di carico n°2 in seguito riportato.

**Schema di Carico 2:** è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m, come mostrato in Fig. 5.1.2. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.



Schema di carico 2  
(dimensioni in [m])

I carichi concentrati da considerarsi ai fini delle verifiche locali ed associati agli Schemi di Carico 1, 2, 3 e 4 si assumono uniformemente distribuiti sulla superficie della rispettiva impronta.

La diffusione attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta si considera avvenire secondo un angolo di 45°, fino al piano medio della struttura della soletta sottostante (Fig. 5.1.3.a). Nel caso di piastra ortotropa la diffusione va considerata fino al piano medio della lamiera superiore d'impalcato (Fig. 5.1.3.b).

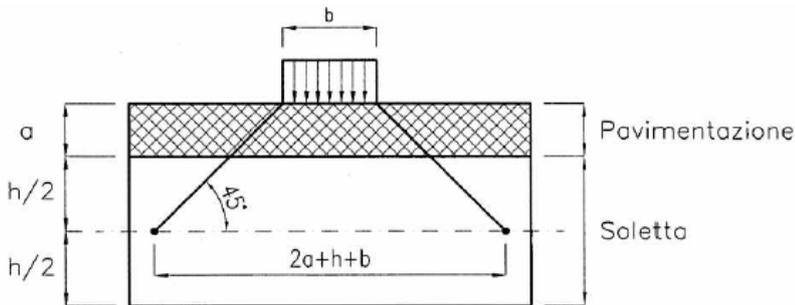


Figura 5.1.3a – Diffusione dei carichi concentrati nelle solette

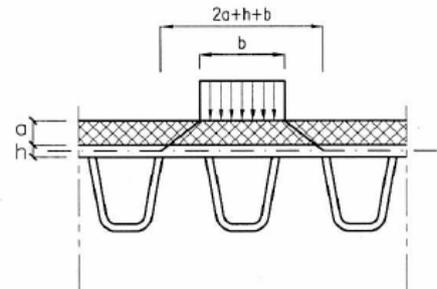


Figura 5.1.3b – Diffusione dei carichi concentrati negli impalcati a piastra ortotropa

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 56 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

L'armatura trasversale della soletta dell'impalcato che ha un'altezza media pari a 31 cm, è costituita da ferri  $\Phi 20$  passo 20 cm superiormente e da ferri  $\Phi 16$  passo 20 cm inferiormente con rinforzi superiori di ferri  $\Phi 22$  passo 20 cm agli appoggi e rinforzo di ferri  $\Phi 16$  passo 20 cm in campata.

Nelle zone di giunto il diametro dei ferri inferiore si pone pari a  $\Phi 20$  per una larghezza di circa tre metri mentre i ferri superiori sono ferri  $\Phi 22$  passo 20 con rinforzi costituiti da ferri  $\Phi 24$  passo 20.

Il calcolo delle sollecitazioni è stato eseguito con il software di calcolo strutturale SISMICAD attraverso la schematizzazione in un modello agli elementi finiti della soletta, con lo scopo di ottenere le sollecitazioni flessionali trasversali e longitudinali massime in campata e sugli appoggi sia nella zona tipica che nella zona di giunto (la lunghezza della soletta modellata simula un tratto d'impalcato standard in quanto si vuole cogliere di volta in volta il comportamento ai bordi e nelle zone intermedie, e infatti dai grafici si evince come il carico locale si esaurisca velocemente lungo l'asse dell'impalcato).

Il codice di calcolo effettua l'analisi elastica lineare di strutture tridimensionali con nodi a sei gradi di libertà. Gli elementi considerati sono di tipo Plate aventi comportamento membrana e piastra. I carichi sono applicati sia ai nodi come carichi lineari e d'area.

I vincoli esterni posizionati ad interasse medio di circa un metro schematizzati con elementi Beam, simulano il comportamento di maggiore rigidità relativa tra soletta e travi.

Il modello agli elementi finiti è stato sottoposto ai seguenti carichi:

- *carichi permanenti*, costituiti dal peso proprio del getto aggiuntivo della soletta e dal peso della pavimentazione, del guard-rail e della barriera.

- *carichi mobili*, costituiti dai carichi tipici degli schemi di traffico considerati, applicati secondo tre configurazioni di carico:

A) con carichi tandem e distribuiti (schema n°1) applicati in modo da ottenere le massime sollecitazioni flettenti negative in corrispondenza delle travi metalliche sia in posizioni intermedie rispetto alla lunghezza dell'impalcato, sia in prossimità dei giunti.

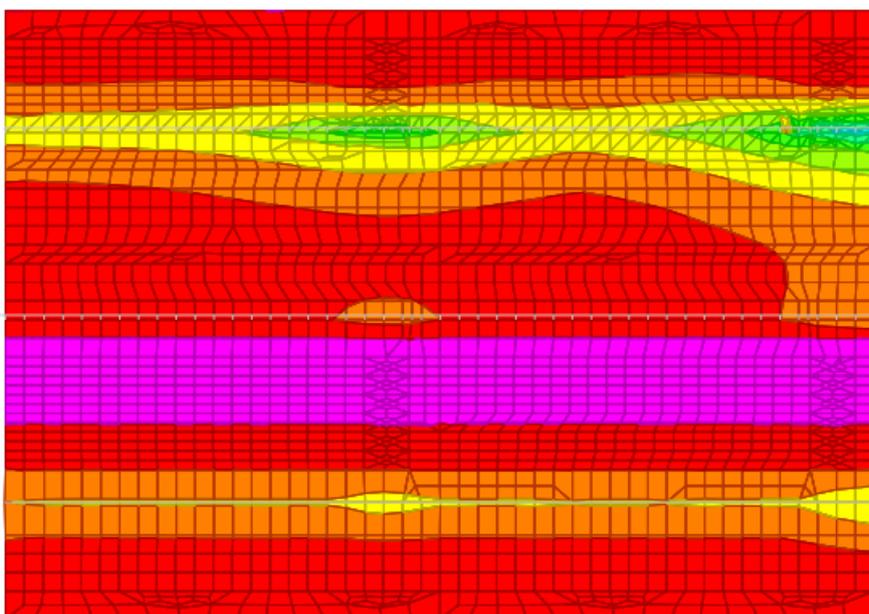
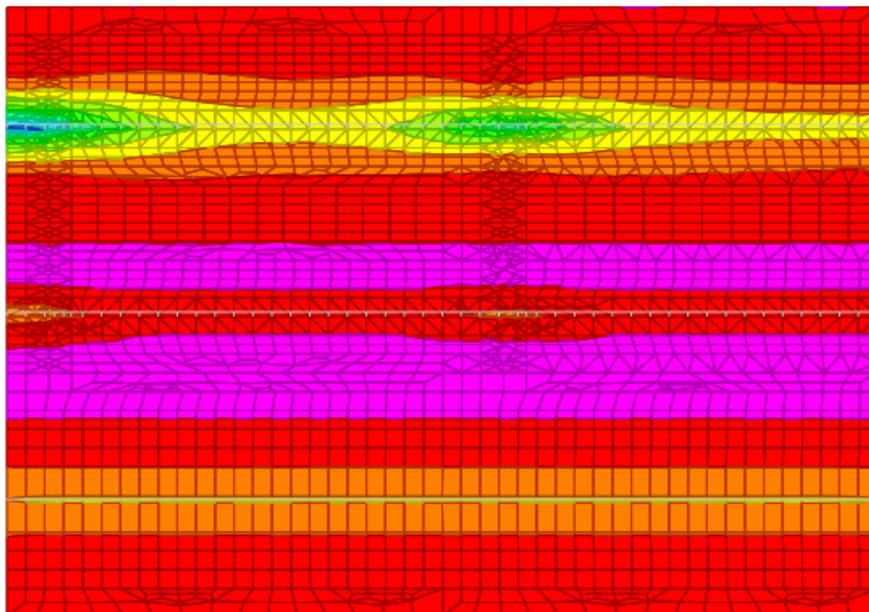
B) con carichi tandem e distribuiti (schema n°1) applicati in modo da ottenere le massime sollecitazioni flettenti positive in corrispondenza delle travi metalliche sia in posizioni intermedie rispetto alla lunghezza dell'impalcato, sia in prossimità dei giunti.

C) con carichi asse singolo (schema n°2) posizionato per massimizzare le sollecitazioni flettenti positive e negative sia in posizioni intermedie rispetto alla lunghezza dell'impalcato, sia in prossimità dei giunti.

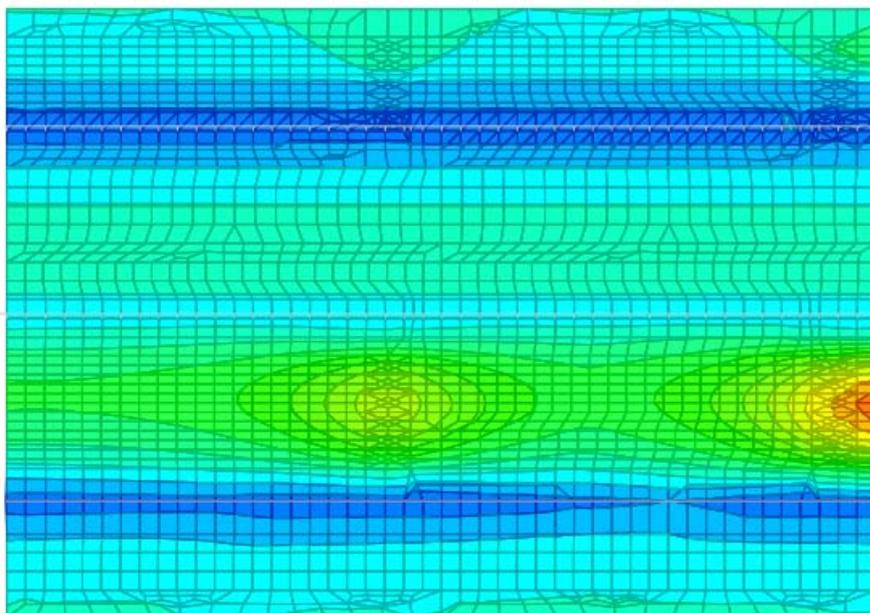
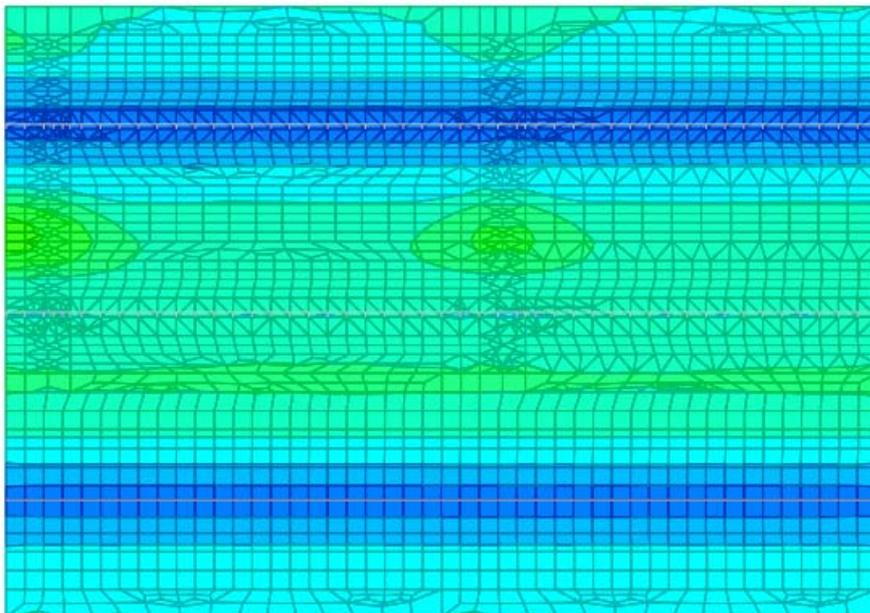
### 9.2.1 Sollecitazioni flettenti trasversali

Nel seguito si riportano i diagrammi dei momenti flettenti trasversali nella soletta nelle condizioni di carico elementari da traffico e l'involuppo dei momenti flettenti minimi e massimi nelle combinazioni di carico SLU.

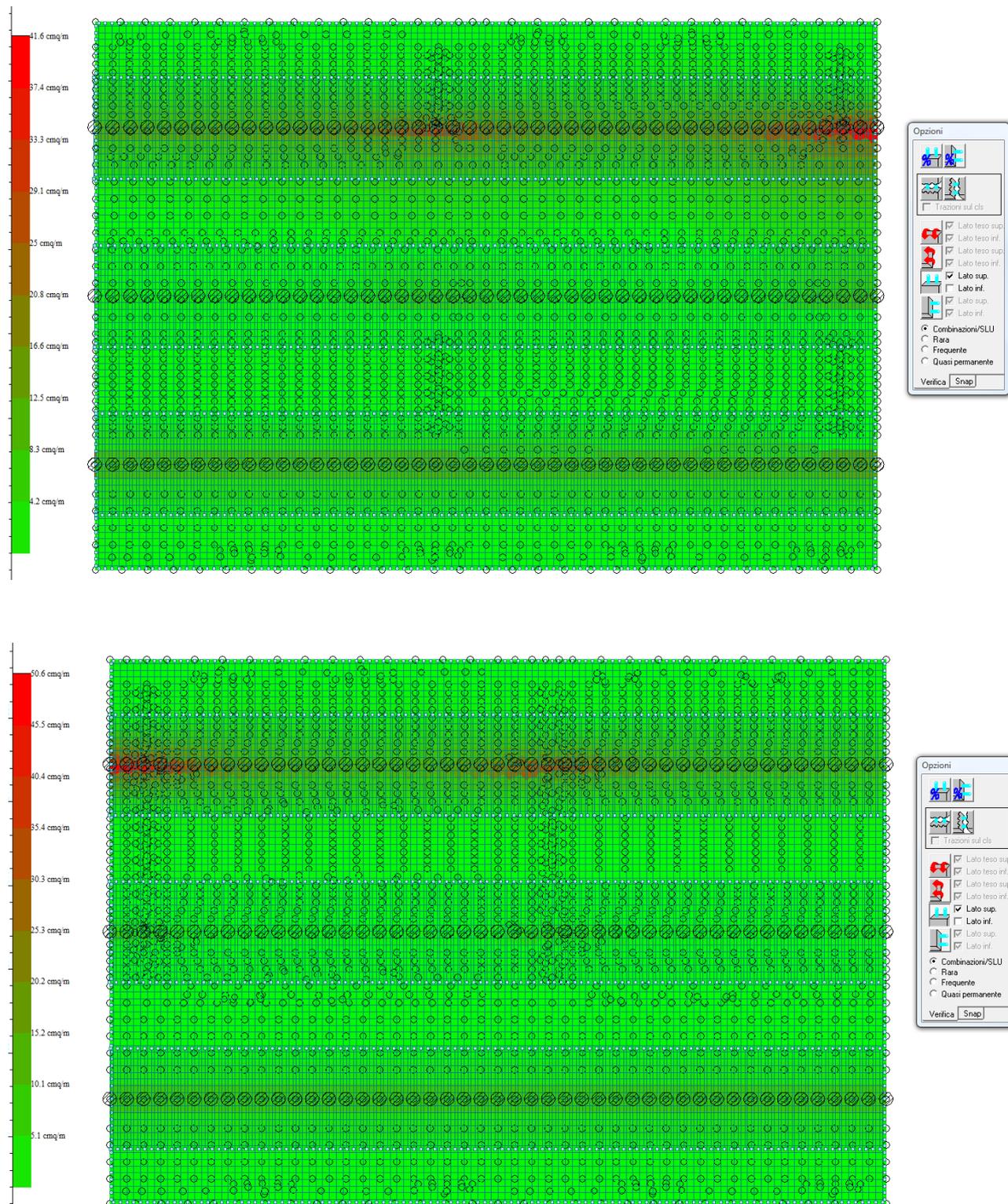
### 9.2.1.1 Momenti trasversali Negativi assoluti



### 9.2.1.2 Momenti trasversali Positivi assoluti

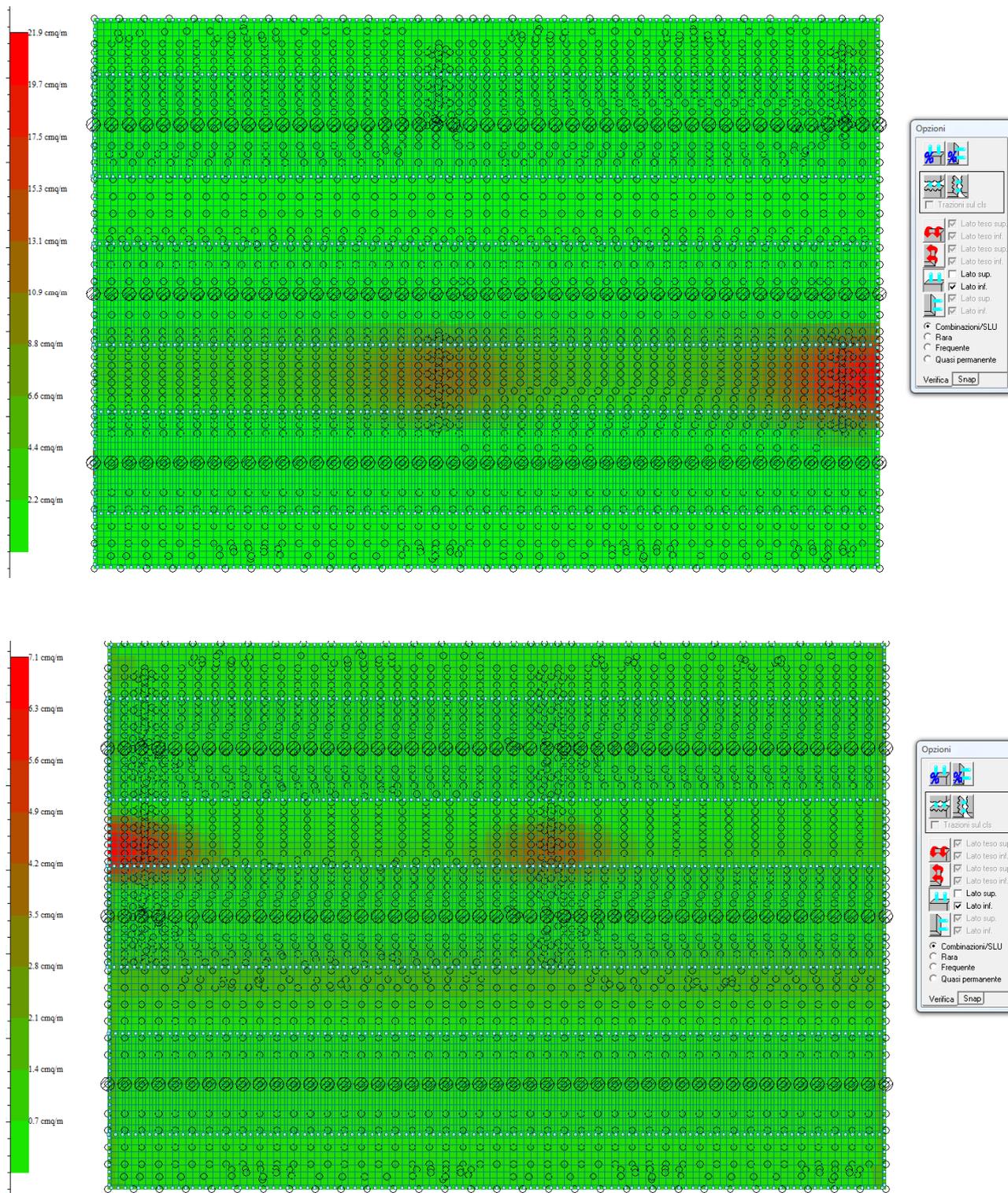


### 9.2.2 Armatura superiore trasversale minima per verifica a flessione SLU



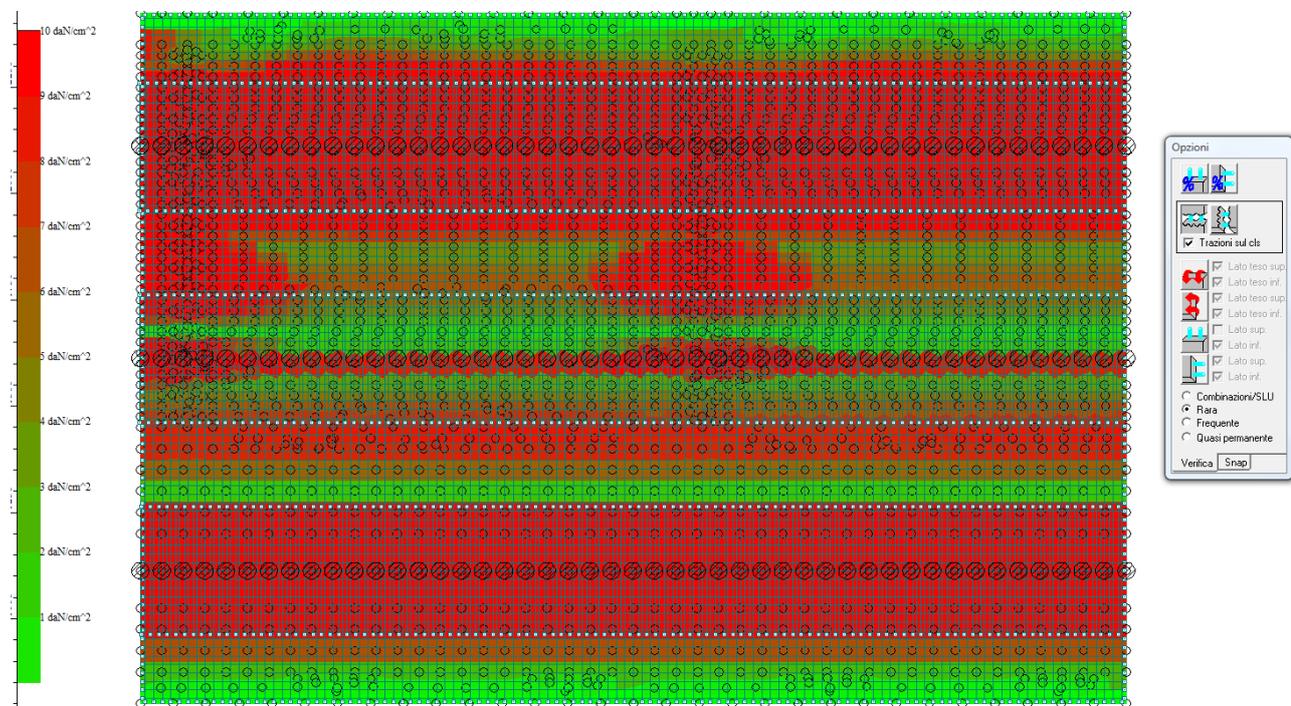
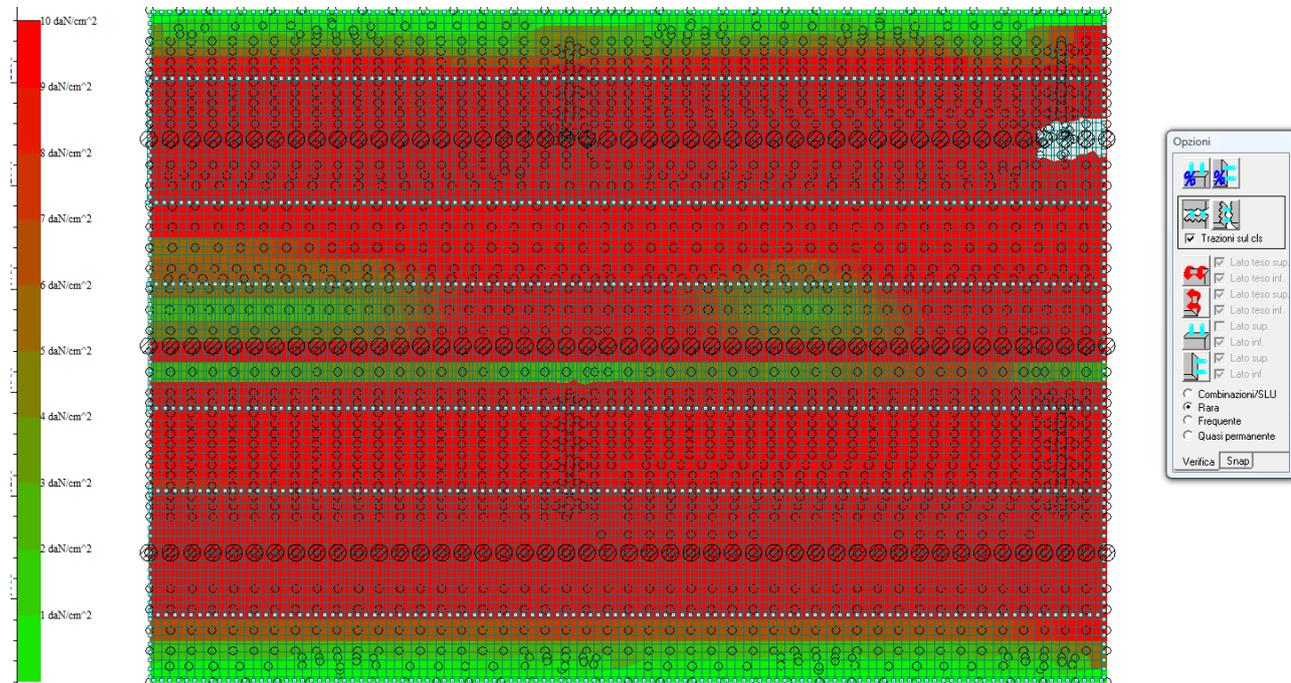
Le armature posizionate soddisfano i minimi richiesti dalle verifiche.

### 9.2.3 Armatura inferiore trasversale minima per verifica a flessione SLU



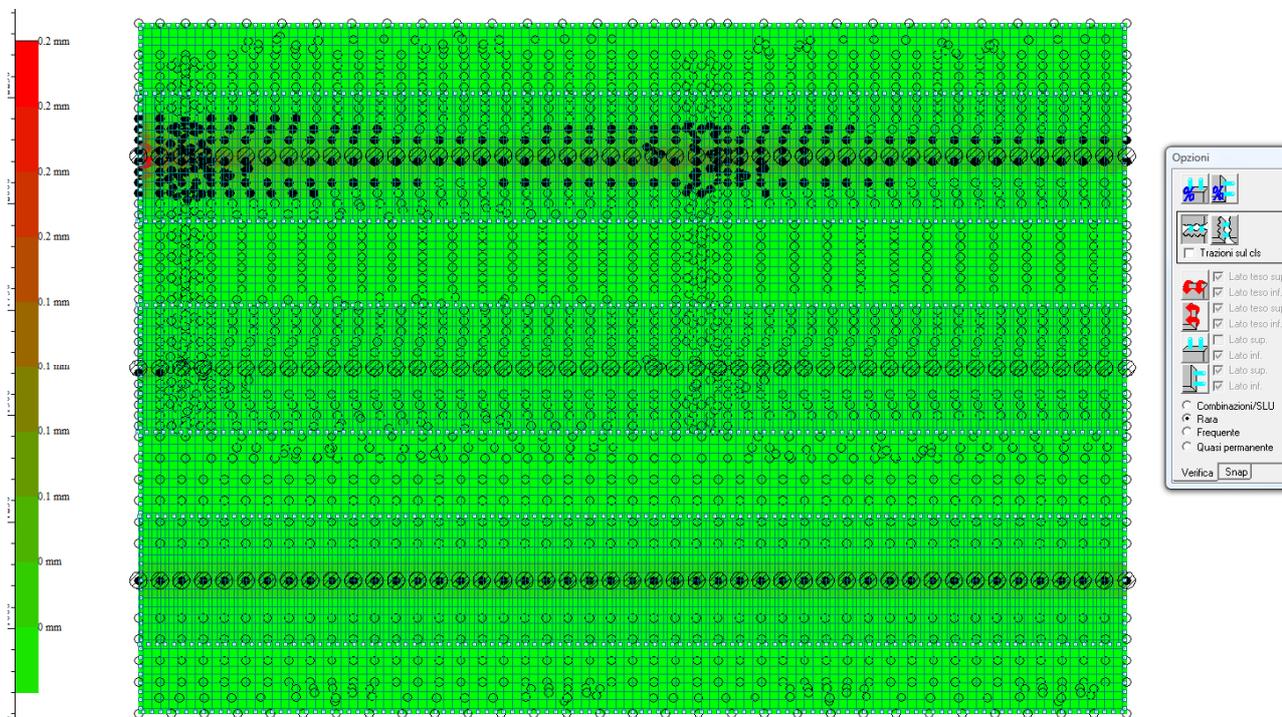
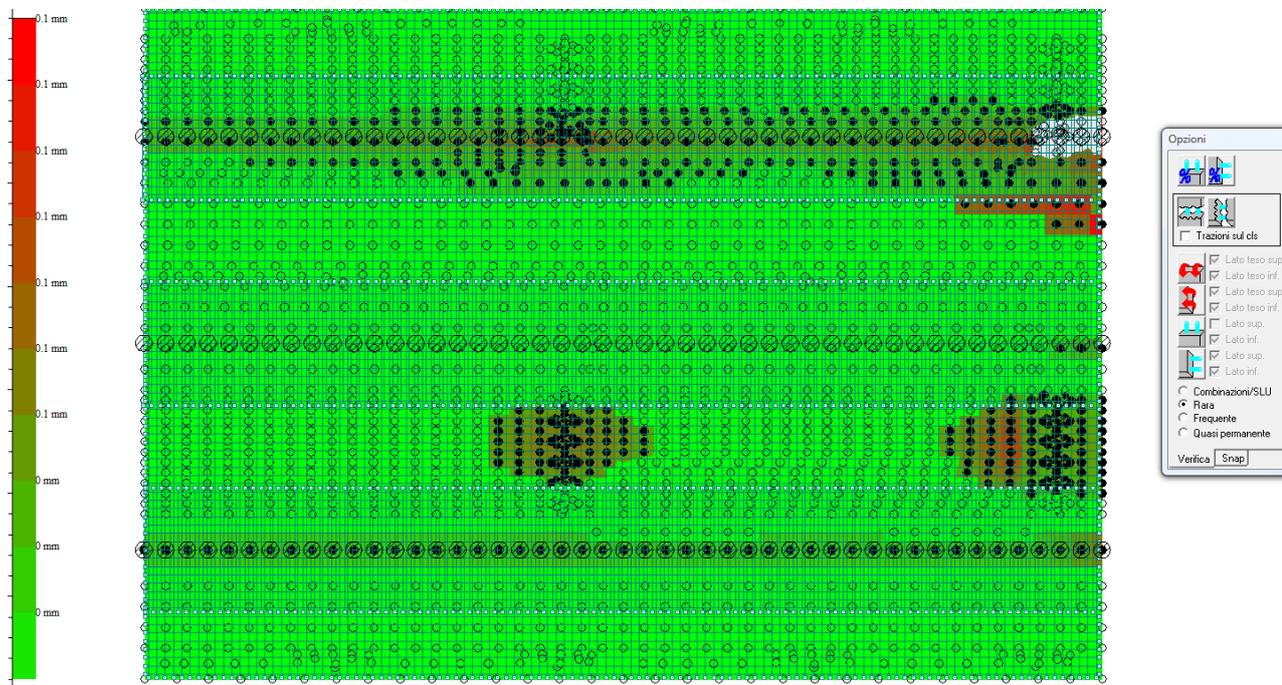
Le armature posizionate soddisfano i minimi richiesti dalle verifiche.

### 9.2.4 Trazioni massime nel cls per verifica tensionale SLE



Le trazioni trasversali nella soletta risultano compatibili con i valori di progetto.

**9.2.5 Ampiezza massima fessure nel cls per verifica a fessurazione SLE**



L'ampiezza massima delle fessure nella soletta risulta inferiore ai valori limite di progetto ( $w_{max} = 0,20$  mm).

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 63 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

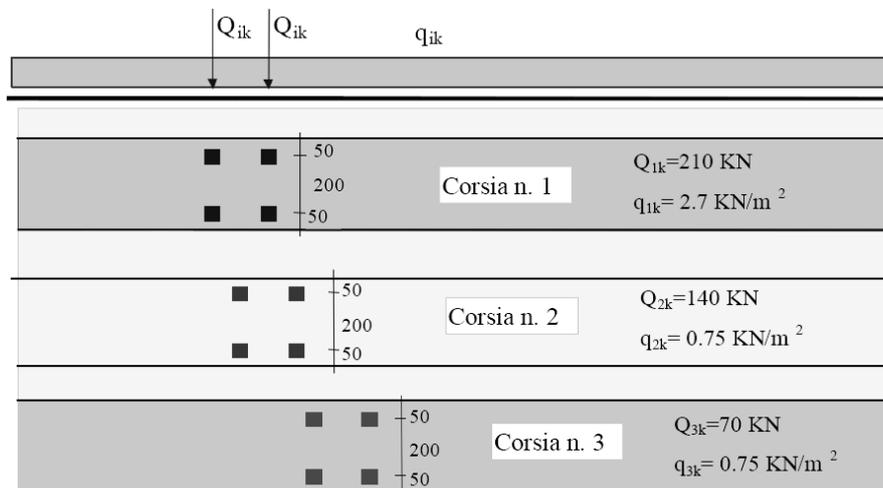
### 9.3 Verifiche a Fatica

Con riferimento alle prescrizioni contenute al § 5.1.4.3 delle NTC08 e al §1 e 3 dell' EC3-1-9 per la struttura in oggetto si è ritenuto di applicare verifiche per vita illimitata e per danneggiamento.

#### 9.3.1 Modello di carico a fatica

I modelli di carico applicabili sono quelli previsti dalle NTC08 al § 5.1.4.3; si è scelto di applicare il modello di carico a fatica 1 in seguito descritto.

- Modello di carico di fatica 1: distribuzione dei carichi geometricamente uguale ai treni di carico previsti per le verifiche di resistenza ma con valori ridotti dei carichi; i carichi concentrati degli assi tandem (TS) vengono ridotti del 30%, mentre i carichi distribuiti (UDL) sono ridotti del 70%.



Modello di carico di fatica 1

#### 9.3.2 Coefficienti parziali per la resistenza a fatica

Per i coefficienti parziali di resistenza dei materiali a fatica si è fatto riferimento a quanto prescritto nell' EC3 1-9 al § 3. Il prospetto seguente mostra i coefficienti parziali per la resistenza da applicare nelle verifiche a fatica dei singoli elementi strutturali.

Tabella C4.2.XII – Coefficienti parziali  $\gamma_M$  per verifiche a fatica

	Conseguenza della rottura per fatica	
	Moderate	Significative
Danneggiamento accettabile (strutture poco sensibili alla rottura per fatica)	$\gamma_{Mf} = 1,00$	$\gamma_{Mf} = 1,15$
Vita utile (strutture sensibili alla rottura per fatica)	$\gamma_{Mf} = 1,15$	$\gamma_{Mf} = 1,35$

Per comodità di calcolo il coefficiente di resistenza adottato  $\gamma_m = 1,35$  è stato tenuto in conto nelle verifiche nel seguito riportante andando a ridurre il  $\Delta\sigma_c$  previsto per i singoli dettagli costruttivi.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 64 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 9.3.3 Dettagli di fatica adottati per le verifiche

Si riportano i dettagli di fatica adottati per le verifiche a fatica delle singole componenti strutturali.

Piattanande - tensioni normali	categoria/dettaglio:	125
Anima - tensioni tangenziali	categoria/dettaglio:	100
Saldatura composizione anima-piattittabande	categoria/dettaglio:	80
Connettori a piolo	categoria/dettaglio:	90

La verifica a vita illimitata si esegue controllando che sia:

$$\Delta\sigma_{\max,d} = \gamma_{Mf} \Delta\sigma_{\max} \leq \Delta\sigma_D \qquad \Delta\tau_{\max,d} = \gamma_{Mf} \Delta\tau_{\max} \leq \Delta\tau_D = \Delta\tau_L$$

dove  $\Delta\sigma_{\max,d}$  e  $\Delta\tau_{\max,d}$  sono, rispettivamente, i valori di progetto delle massime escursioni di tensioni normali e di tensioni tangenziali indotte nel dettaglio considerato dallo spettro di carico per le verifiche a vita illimitata, talvolta denominato spettro frequente, e  $\Delta\sigma_D$  e  $\Delta\tau_D$  i limiti di fatica ad ampiezza costante.

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma_c \cdot \left( \frac{2 \cdot 10^6}{N} \right)^{\frac{1}{m}} \qquad \text{per } N \leq 5 \times 10^6$$

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma_D \cdot \left( \frac{5 \cdot 10^6}{N} \right)^{\frac{1}{m+2}} \qquad \text{per } 5 \times 10^6 \leq N \leq 10^8$$

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma_L \qquad \text{per } N > 10^8$$

dove  $m = 3$ , cosicché risulta:

$$\Delta\sigma_D = 0,737 \cdot \Delta\sigma_c; \qquad \Delta\sigma_L = 0,549 \cdot \Delta\sigma_c$$

Le curve S-N per tensioni tangenziali sono caratterizzate, oltre che dalla classe  $\Delta\tau_c$ , dal limite per i calcoli di fatica  $\Delta\tau_L$  corrispondente a  $N=10^8$  cicli.

L'equazione della curva S-N è la seguente:

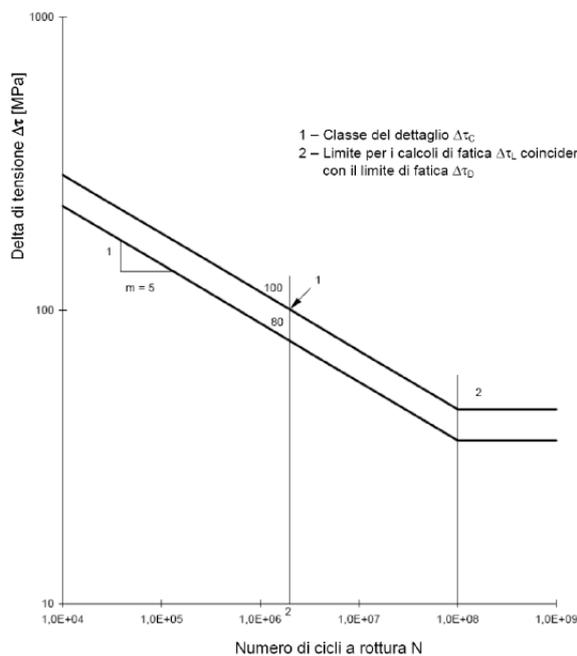
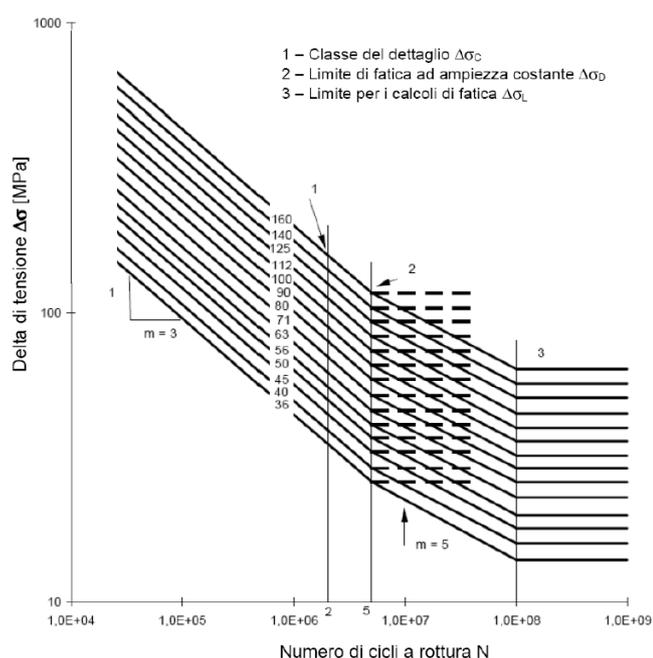
$$\Delta\tau = \Delta\tau_c \left( \frac{2 \cdot 10^6}{N} \right)^{\frac{1}{m}} \qquad \text{per } N \leq 10^8, \qquad (C4.2.97)$$

$$\Delta\tau = \Delta\tau_L \qquad \text{per } N > 10^8$$

dove  $m=5$ , cosicché risulta

$$\Delta\tau_L = 0,457 \Delta\tau_c. \qquad (C4.2.98)$$

Si riportano di seguito le Curve S-N per dettagli/elementi soggetti a tensioni normali e le Curve S-N per dettagli/elementi soggetti a tensioni tangenziali.



La verifica a danneggiamento si conduce mediante la formula di Palmgren-Miner, controllando che risulti verificata la seguente relazione:

$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i} \leq 1,0$$

dove  $n_i$  è il numero di cicli di ampiezza  $\Delta\sigma_{i,d}$  indotti dallo spettro di carico per le verifiche a danneggiamento nel corso della vita prevista per il dettaglio e  $N_i$  è il numero di cicli di ampiezza  $\Delta\sigma_{i,d}$  a rottura, ricavato dalla curva S-N caratteristica del dettaglio.

### 9.3.4 Verifiche a fatica dei conchi metallici

Le verifiche riguardano vengono svolte come detto mediante la distribuzione dei carichi geometricamente uguale ai treni di carico previsti per le verifiche di resistenza, ma con valori ridotti dei carichi (TS x 70%, UDL x 30%).

Nel caso di variazioni simultanee di tensioni normali e tangenziali, la valutazione della resistenza a fatica dovrà considerare i loro effetti congiunti adottando idonei criteri di combinazione del danno.

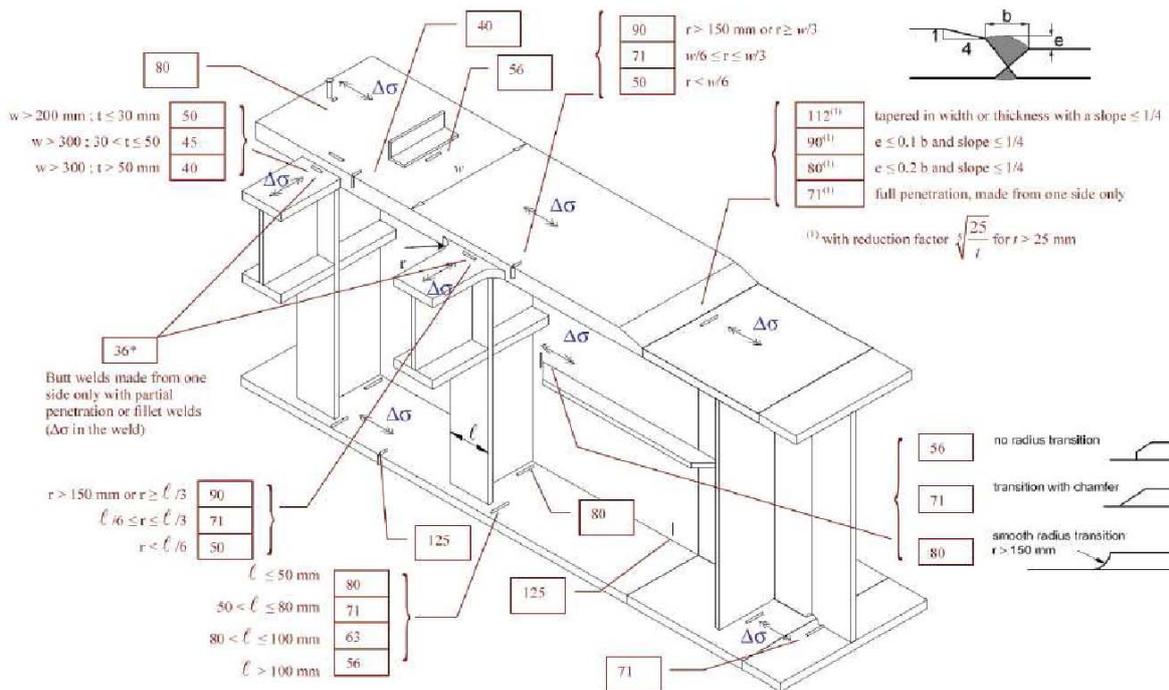
Nel caso di variazioni non simultanee del campo di tensioni normali e tangenziali si potranno sommare i danneggiamenti  $D_\sigma$  e  $D_\tau$  prodotti dai cicli di tensione normale e dai cicli di tensione tangenziale, valutati separatamente controllando che (NTC2008-C4.2.104):

$$D = D_\sigma + D_\tau \leq 1,0$$

Nella valutazione della resistenza a fatica dovrà tenersi conto dello spessore del metallo base nel quale può innescarsi una potenziale lesione. Nel caso che l'influenza dello spessore sulla resistenza a fatica non sia trascurabile, la classe del dettaglio deve essere ridotta secondo la formula (NTC2008- C4.2.105):

$$\Delta\sigma_{C,red} = k_s \cdot \Delta\sigma_C$$

dove il coefficiente riduttivo  $k_s$  dipende dal dettaglio strutturale considerato ed i cui valori indicativi sono indicati, per alcuni dettagli costruttivi, nel documento EN1993-1-9.



**I risultati delle verifiche relative sono riportati nell'allegato (Verifica Impalcato).**

## 10 S.L.E. – DEFORMABILITÀ

La normativa vigente non fornisce limitazioni per le verifiche di deformabilità delle travi da ponte. È comunque considerata buona norma verifica che, relativamente alla combinazione rara, la massima freccia di calcolo  $\delta_{2d}$  dovuta ai carichi variabili sia inferiore a  $L/500$ . In relazione allora ai valori caratteristici delle frecce in mezzeria valutate per i caso di carico  $\delta_{2k}$ , si calcolano per sovrapposizione degli effetti, le frecce in mezzeria dovute ai carichi variabili nella combinazione di carico più gravosa.

$$\delta_{2d,D} = 2,55 \text{ cm (carichi da traffico distribuiti)}$$

$$\delta_{2d,T} = 2,25 \text{ cm (carichi da traffico tandem in mezzeria)}$$

$$\delta_{2d} = \delta_{2d,D} + \delta_{2d,T} = 4,80 \text{ cm}$$

La verifica risulta quindi soddisfatta in quanto:

$$\delta_{2d} < \delta_{max} = L/500 = 9,00 \text{ cm}$$

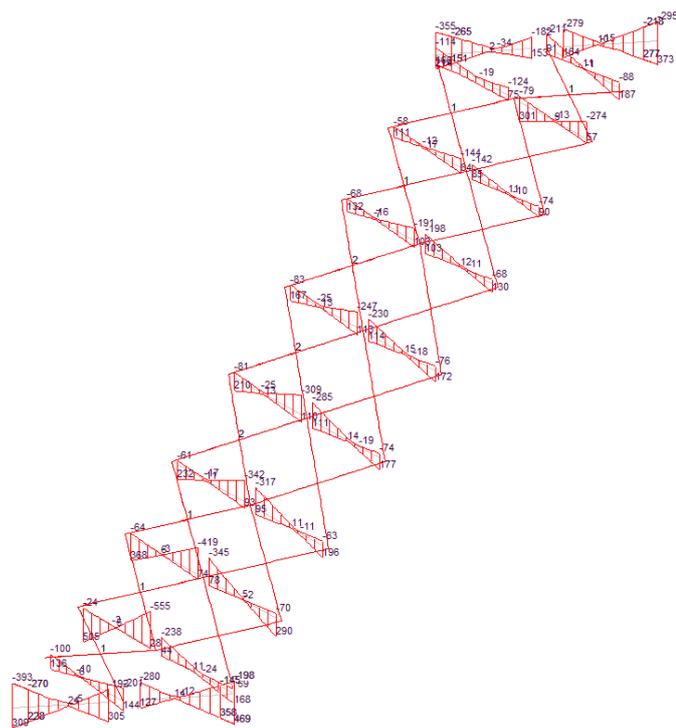
## 11 VERIFICA DEI TRASVERSI E DEI CONTROVENTI

### 11.1 S.L.U. – Resistenza delle sezioni

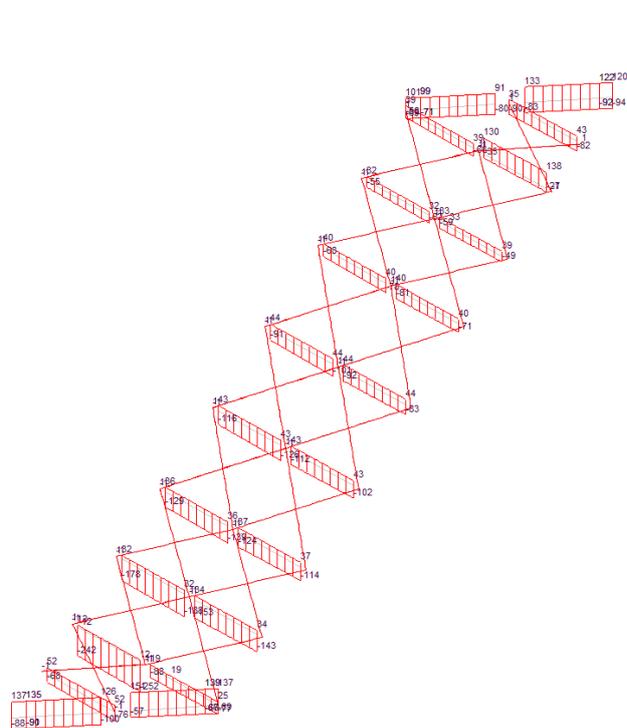
Analogamente a quanto svolto per le sezioni delle travi principali di impalcato, le verifiche di resistenza delle sezioni dei trasversi sono state svolte con il calcolo elastico: le tensioni normali sono state calcolate con la formula di Navier, mentre la tensione tangenziale è valutata come somma del contributo dovuto al taglio e di quello dovuto al momento torcente.

Sempre in riferimento allo S.L.U., nelle combinazioni di carico più gravose (variabili momento massimo/minimo, variabili taglio massimo/minimo + variazione termica positiva/negativa) si valuta la tensione ideale sulla sezione e si verifica che sia minore della tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio opportunamente ridotta dal coefficiente di sicurezza del materiale.

Nel seguito di riportano i diagrammi di involuppo delle sollecitazioni flettenti e taglianti relative per i trasversi in asse appoggio e per i trasversi di campata:



*Involuppo Momento*



*Involuppo Taglio*

Dai diagrammi di involuppo si evince che gli elementi trasversali sono soggetti alle seguenti sollecitazioni estreme:

$M_{\max}$  trasversi di appoggio: 480 kNm

$T_{\max}$  trasversi di appoggio: 170 kN

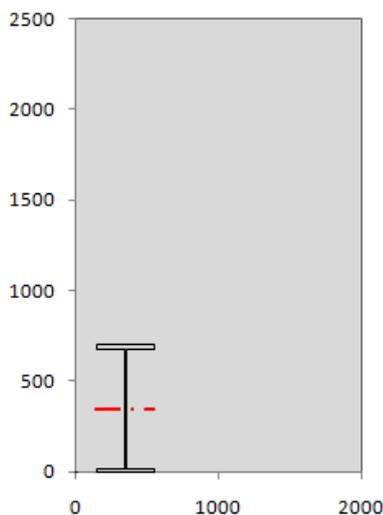
$M_{\max}$  trasversi di campata: 560 kNm

$T_{\max}$  trasversi di campata: 250 kN

I risultati per i trasversi in asse appoggio e per i trasversi di campata sono dettagliatamente riportati in seguito.

### 11.1.1 Traverso di appoggio

*Sollecitazioni riferite al baricentro della sezione lorda della trave metallica (SLU) dedotte dalle tensioni agenti*



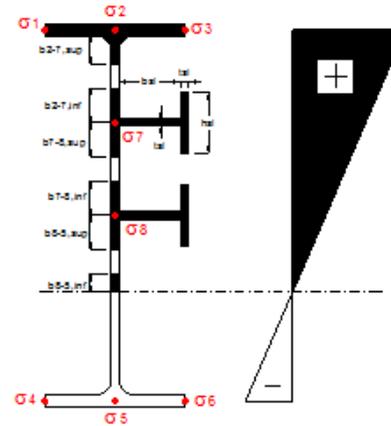
$Nsd_{conciolo} = (\sigma_{II} + \Delta\sigma_{SI}) Ya / H_{TOT} / Aa$		
$Msd_{conciolo} = -\Delta\sigma_{SI} J_x / H_{TOT}$		
$(\sigma_s + \sigma_i) / 2 = \sigma_N$	0	[daN/cm <sup>2</sup> ]
$(\sigma_s - \sigma_i) / 2 = \sigma_{II}$	717	[daN/cm <sup>2</sup> ]
$\sigma_{SS} - \sigma_{II} = \Delta\sigma_{SI}$	-1521	[daN/cm <sup>2</sup> ]

<i>Caratteristiche lorde profilo in flessione semplice</i>	
Area lorda profilo :	259.00 [cm <sup>2</sup> ]
Inerzia profilo :	220950 [cm <sup>4</sup> ]
Baricentro x flessione :	350.00 [mm]
Altezza totale profilo :	700 [mm]

	SLU	SLE	
NORMALE SU CONCIO : $Nsd_{conciolo}$	0	0	[kN]
MOMENTO SU CONCIO : $Msd_{conciolo}$	480	480	[kNm]
NORMALE SU SOLETTA : $Nsd_{soletta}$	0	0	[kN]
NORMALE ALA SUP. : $Nsd_{SS}$	-591	-591	[kN]
NORMALE ALA INF. : $Nsd_{II}$	591	591	[kN]
NORMALE ANIMA : $Nsd_{anima}$	0	0	[kN]
MOMENTO ANIMA : $Msd_{anima}$	78	78	[kNm]

**Calcolo tensioni nella sezione per instabilità dei sottopannelli**

	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$
	76.04	76.04	76.04
	71.69	71.69	71.69
$\sigma_7$	min 0.00	max 0.00	
$\sigma_8$	0.00	0.00	
	-71.69	-71.69	-71.69
	-76.04	-76.04	-76.04
	$\sigma_4$	$\sigma_5$	$\sigma_6$



IRRIGID. LONGITUDINALI	-	-	-	-	-
no ribs					
IRRIGID. TRASVERSALI		$b_{st}$	$t_{st}$	$h_{st}$	$a$
no rigid end post		300	20	0	3000

Plattabanda non irrigidita

Wing Subpanels

Top sx flange		Top dx flange		Bottom sx flange		Bottom dx flange	
$b_{1-2}$	200 mm	$b_{2-3}$	200 mm	$b_{4-5}$	200 mm	$b_{5-6}$	200 mm
$\psi_{1-2}$	1.000	$\psi_{2-3}$	1.000				
$k\sigma_{1-2}$	0.430	$k\sigma_{2-3}$	0.430	Plattabanda tesa		Plattabanda tesa	
$\dot{\lambda}_p$	0.660 mm	$\dot{\lambda}_p$	0.660	interamente reagente		interamente reagente	
$\rho_{1-2}$	1.000	$\rho_{2-3}$	1.000				
$b_{1-2,c,eff}$	200 mm	$b_{2-3,c,eff}$	200 mm	$b_{4-5,c,eff}$	200 mm	$b_{5-6,c,eff}$	200 mm
$x_{1-2,c,eff}$	0 mm	$x_{2-3,c,eff}$	0 mm	$x_{4-5,c,eff}$	0 mm	$x_{5-6,c,eff}$	0 mm

Web Subpanels

A		B		C	
$b_{2-7/5}$	330 mm	$b_{7-8/5}$	0 mm	$b_{8-9/5}$	0 mm
$\psi_{2-7/5}$	-1.000	$\psi_{7-8/5}$	0.000	$\psi_{8-9/5}$	0.000
$k\sigma_{2-5/5}$	23.900	$k\sigma_{7-8/5}$	7.810	$k\sigma_{8-9/5}$	7.810
$b_{2-7/5,sup}$	132 mm	$b_{7-8/5,sup}$	0 mm	$b_{8-9/5,sup}$	0 mm
$b_{2-7/5,inf}$	198 mm	$b_{7-8/5,inf}$	0 mm	$b_{8-9/5,inf}$	0 mm
$\dot{\lambda}_p$	0.390	$\dot{\lambda}_p$	0.000	$\dot{\lambda}_p$	0.000
$\rho_{2-7/5}$	1.000	$\rho_{7-8/5}$	1.000	$\rho_{8-9/5}$	1.000
$b_{2-7/5,c,eff}$	330 mm	$b_{7-8/5,c,eff}$	0 mm	$b_{8-9/5,c,eff}$	0 mm
$b_{2-7/5,c,eff,sup}$	132 mm	$b_{7-8/5,c,eff}$	0 mm	$b_{8-9/5,c,eff,s}$	0 mm
$x_{2-7/5,c,eff}$	0 mm	$x_{7-8/5,c,eff}$	0 mm	$x_{8-9/5,c,eff}$	0 mm
$b_{2-7/5,c,eff,inf}$	198 mm	$b_{7-8/5,c,eff}$	0 mm	$b_{8-9/5,c,eff,inf}$	0 mm

A. n. sez. lorda presso/tenso flessione

$Z_n$  350 [mm]

Baricentro sezione lorda

$Z_{q*}$  350 [mm]

A. n. sez. eff. presso/tenso flessione

$Z_n$  350 [mm]

Baricentro sezione efficace

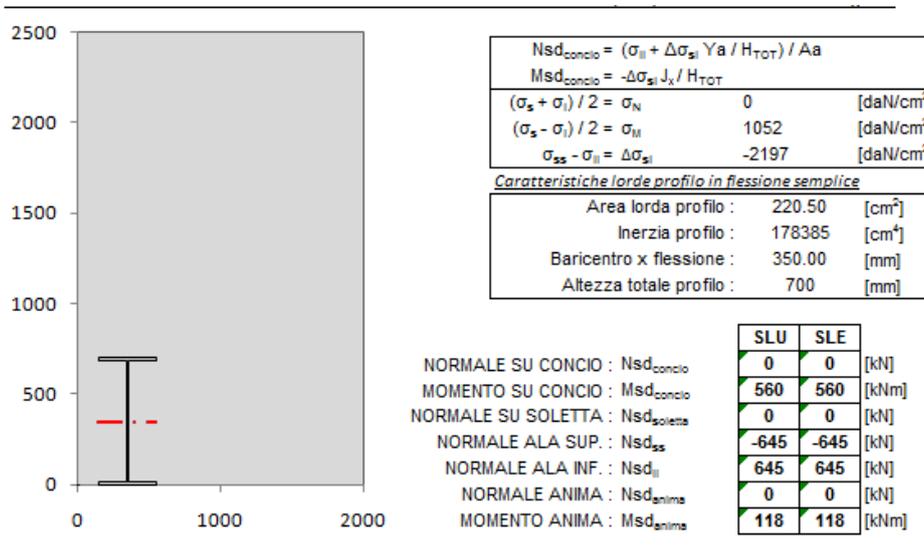
$Z_{q,eff}$  350 [mm]

Eccentricità tra baricentri

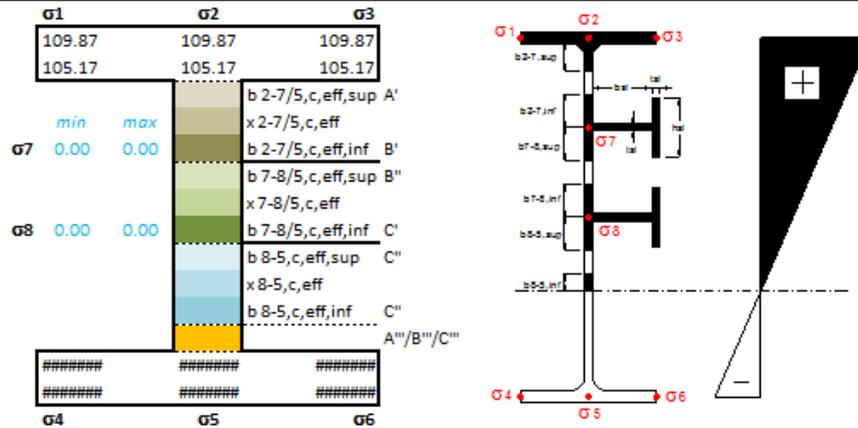
$\Delta e_N$  0 [mm]

Verifica ad instabilità anima per tensioni di taglio SLU			
<b>Instabilità pannello dell'anima</b>	Pannello non irrigidito		
$h_w/t_w < 72 \varepsilon/\eta$	<b>No shear buckling verification needed</b>		
$\sigma_z$ 98.04 Mpa			
$x_{sl}$ 0.00	baricentro eventuale ribs		
$I_{sl}$ 0.00 cm <sup>4</sup>	momento inerzia ribs		
$k_{t,sl}$ 0.00			
$k_t$ 5.53			
$\tau_w$ 542 MPa			
$\lambda_{sw}$ 0.61			
$\chi_w$ 1.20			
$c$ 868 mm			
$M_{t,Ed}$ 1839 KNm	<b>(My viene trasferito dalle sole flange)</b>		
$\chi_t$ 0.030			
$V_{sw,Ed}$ 2214 KN	contributo resistenza a taglio dell'anima		
$V_{bt,Ed}$ 55 KN	contributo resistenza a taglio delle ali		
$V_{b,Ed}$ 2269 KN			
$\eta_s$ 0.07	<b>OK</b> $V_{ED} < V_{o,Rd}/2$		
Interazione tra M-V-N			
$M_{t,Ed}$ 1839 KNm	$c_T$ 546.2 mm	$M_{pl,Ed}$ 2392 KNm	$\eta_s$ 0.07
$z_{sl}$ 350 mm	$W_{pl,y}$ 7074 cm <sup>3</sup>	$\eta_1$ 0.20	$\eta_{M-V-N}$ 0.37

### 11.1.2 Traverso di campata



**Calcolo tensioni nella sezione per instabilità dei sottopannelli**



<b>IRRIGID. LONGITUDINALI</b>	-	-	-	-	-
no ribs					
<b>IRRIGID. TRASVERSALI</b>	$b_{st}$	$t_{st}$	$h_{st}$	$a$	-
no rigid end post	300	20	0	3000	

Piattabanda non irrigidita

Wing Subpanels

Top sx flange	Top dx flange	Bottom sx flange	Bottom dx flange
$\bar{b}_{2-2}$ 200 mm	$\bar{b}_{2-2}$ 200 mm	$\bar{b}_{4-2}$ 200 mm	$\bar{b}_{2-4}$ 200 mm
$\Psi_{2-2}$ 1.000	$\Psi_{2-2}$ 1.000	Piattabanda tesa	Piattabanda tesa
$k_{\sigma_{2-2}}$ 0.430	$k_{\sigma_{2-2}}$ 0.430	interamente reagente	interamente reagente
$\bar{I}_D$ 0.880 mm	$\bar{I}_D$ 0.880		
$\rho_{2-2}$ 0.894	$\rho_{2-2}$ 0.894		
$b_{2-2,c,eff}$ 179 mm	$b_{2-2,c,eff}$ 179 mm	$b_{4-2,c,eff}$ 200 mm	$b_{2-4,c,eff}$ 200 mm
$X_{2-2,c,eff}$ 21 mm	$X_{2-2,c,eff}$ 21 mm	$X_{4-2,c,eff}$ 0 mm	$X_{2-4,c,eff}$ 0 mm

Web Subpanels

A	B	C
$\bar{b}_{2-7/5}$ 335 mm	$\bar{b}_{7-5/5}$ 0 mm	$\bar{b}_{2-5}$ 0 mm
$\Psi_{2-7/5}$ -1.000	$\Psi_{7-5/5}$ 0.000	$\Psi_{2-5}$ 0.000
$k_{\sigma_{2-5/5}}$ 23.900	$k_{\sigma_{7-5/5}}$ 7.810	$k_{\sigma_{2-5}}$ 7.810
$\bar{b}_{2-7/5,sup}$ 134 mm	$\bar{b}_{7-5/5,sup}$ 0 mm	$\bar{b}_{2-5,sup}$ 0 mm
$\bar{b}_{2-7/5,inf}$ 201 mm	$\bar{b}_{7-5/5,inf}$ 0 mm	$\bar{b}_{2-5,inf}$ 0 mm
$\bar{I}_D_{2-7/5}$ 0.395	$\bar{I}_D_{7-5/5}$ 0.000	$\bar{I}_D_{2-5}$ 0.000
$\rho_{2-7/5}$ 1.000	$\rho_{7-5/5}$ 1.000	$\rho_{2-5}$ 1.000
$b_{2-7/5,c,eff}$ 335 mm	$b_{7-5/5,c,eff}$ 0 mm	$b_{2-5,c,eff}$ 0 mm
$b_{2-7/5,c,eff,sup}$ 134 mm	$b_{7-5/5,c,eff}$ 0 mm	$b_{2-5,c,eff,s}$ 0 mm
$X_{2-7/5,c,eff}$ 0 mm	$X_{7-5/5,c,eff}$ 0 mm	$X_{2-5,c,eff}$ 0 mm
$b_{2-7/5,c,eff,inf}$ 201 mm	$b_{7-5/5,c,eff}$ 0 mm	$b_{2-5,c,eff,inf}$ 0 mm

A. n. sez. lorda presso/tenso flessione

$Z_n$  350 [mm]

Baricentro sezione lorda

$Z_{G^*}$  350 [mm]

A. n. sez. eff. presso/tenso flessione

$Z_n$  374 [mm]

Baricentro sezione efficace

$Z_{G^{eff}}$  340 [mm]

Eccentricità tra baricentri

$\Delta e_N$  10 [mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA  
 ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19  
 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE"  
 AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M.  
 5.11.2001  
 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19  
**Progetto Esecutivo**

Opera: **Cavalcaferrovia Grotticelle**

Relazione di Calcolo Impalcato

Pagina 72 di 139

Nome file:  
 PO02-F-CL022\_A\_relazione di calcolo impalcato

Verifica ad instabilità anima per tensioni di taglio SLU										
Instabilità pannello dell'anima		Pannello		non irrigidito						
$h_w/t_w$	<	72 $\varepsilon/\eta$	<b>No shear buckling verification needed</b>							
$\sigma_z$	▼	95.13 Mpa								
$x_{sl}$	▼	0.00	baricentro eventuale ribs							
$I_{sl}$	▼	0.00 cm <sup>4</sup>	momento inerzia ribs							
$k_{t,sl}$	▼	0.00								
$k_z$	▼	5.54								
$\tau_{cr}$	▼	527 MPa								
$\lambda_{sw}$	▼	0.62								
$\chi_w$	▼	1.20								
$c$	▼	807 mm								
$M_{t,rd}$	▼	1242 KNm	<b>(My viene trasferito dalle sole flange)</b>							
$\chi_r$	▼	0.014								
$V_{b,w,rd}$	▼	2247 KN	contributo resistenza a taglio dell'anima							
$V_{b,t,rd}$	▼	26 KN	contributo resistenza a taglio delle ali							
$V_{b,rd}$	▼	2273 KN								
$\eta_s$	▼	0.11	<b>OK</b>		$V_{ED} < V_{D,rd}/2$					
Interazione tra M-V-N										
$M_{t,rd}$	▼	1242 KNm	$c_T$	▼	525.5 mm	$M_{pl,rd}$	1959 KNm	$\eta_s$	▼	0.11
$z_{sl}$	▼	350 mm	$W_{pl,y}$	▼	5793 cm <sup>3</sup>	$\eta_1$	▼	0.29	$\eta_{V-M-N} : 0.51$	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 73 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 11.1.3 Controventi

Nel seguito si effettuano le verifiche dei controventi metallici e delle giunzioni di connessione con i piatti di estremità; lo sforzo normale di calcolo è pari al massimo valore di compressione presente nell'involuppo e relativo alle tipologie di controvento utilizzate; si ricorda che le verifiche sono conservative in quanto nel modello agli elementi finiti non è stato considerato il contributo della soletta d'impalcato.

PROPRIETA' MECCANICHE DEL MATERIALE			
Normativa di riferimento del tipo di acciaio	:	UNI EN 10025-2	NTC 11.3.4.1
Designazione alfanumerica del tipo acciaio	:	S 355	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.IX
Tipo di profilato	:	Sezione aperta	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.IX
Spessore nominale dell'elemento	:	$t \leq 40$ mm	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.IX
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	355 N/mm <sup>2</sup>	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.IX
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	510 N/mm <sup>2</sup>	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.IX
Modulo di elasticità normale (di Young)	$E =$	210000 N/mm <sup>2</sup>	NTC 11.3.4.1
Coefficiente di Poisson	$n =$	0.3 -	NTC 11.3.4.1
Modulo di elasticità trasversale	$G =$	80769 N/mm <sup>2</sup>	NTC 11.3.4.1
Densità	$r =$	7850 kg/m <sup>3</sup>	NTC 11.3.4.1
DATI GEOMETRICI E STATICI DELLA SEZIONE			
Tipologia e designazione del profilato			
Tipologia della sezione	:	ad L	
Designazione del profilato	:	L 100 x 100 x 10	
Opere sicuramente protette contro la corrosione o non esposte agli agenti atmosferici	:	NO	NTC 4.2.9.1
Spessore minimo del profilato	:	4.0 mm	<b>VERIFICA</b>
LUNGHEZZA E CONDIZIONI DI VINCOLO			
Geometria e condizioni di vincolo dell'asta			
Tipologia di membratura	:	principale -	NTC 4.2.4.1.3.1
Condizioni di vincolo nel piano xz (rif. asse y-y)	:	inc-inc -	NTC 4.2.4.1.3.1
Condizioni di vincolo nel piano xy (rif. asse z-z)	:	inc-inc -	NTC 4.2.4.1.3.1
Lunghezza dell'asta	$L =$	8000 mm	
CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE DELL'ASTA			
Parametri di calcolo			
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	355 N/mm <sup>2</sup>	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.IX
Coefficiente $e = (235/f_{yk})0.5$	$e =$	0.81 -	NTC 4.2.3.1 - Tab. 4.2.I e 4.2.II
CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE			
Altezza della sezione	$h =$	100.0 mm	NTC 4.2.3.1 - Tab. 4.2.III
Base della sezione	$b =$	100.0 mm	NTC 4.2.3.1 - Tab. 4.2.III
Spessore della sezione	$t =$	10.0 mm	NTC 4.2.3.1 - Tab. 4.2.III
Classificazione della sezione per compressione	Classe :	2 -	NTC 4.2.3.1 - Tab. 4.2.II e 4.2.III

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 74 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### VERIFICA DI RESISTENZA

Azione di compressione di calcolo	$N_{Ed} = 13000$	daN	
Classificazione della sezione per compressione	: Classe 2	-	NTC 4.2.3.1
Resistenza di calcolo a compressione	$N_{c,Rd} = 64760$	daN	NTC 4.2.4.1.2 - Eq. (4.2.11)
Indice di verifica $N_{Ed}/N_{c,Rd}$	= 0.20	$\leq 1$	NTC 4.2.4.1.2 - Eq. (4.2.10)
<b>Verifica di resistenza a compressione</b>	<b>SODDISFATTA</b>		

### VERIFICA DI STABILITA'

#### Instabilità intorno all'asse y-y

Inflessione intorno all'asse	: y-y	-	
Coefficiente di vincolo nel piano xz	$b_y = 0.50$	-	
Lunghezza d'inflessione dell'asta nel piano xz	$L_{0,y} = 400$	cm	NTC 4.2.4.1.3.1
Carico critico euleriano dell'asta	$N_{cr,y} = 22886$	daN	NTC 4.2.4.1.3.1
Rapporto $N_{Ed}/N_{cr,y}$	= 0.568	> 0.04	NTC 4.2.4.1.3.1
Snellezza limite dell'asta	$l_{lim} = 200$	-	NTC 4.2.4.1.3.1
Snellezza dell'asta intorno y-y	$l_y = 132$	$\leq 200$	<b>VERIFICA</b>
Snellezza adimensionale dell'asta	$\Gamma_y = 1.724$	> 0.2	NTC 4.2.4.1.3.1 - Eq. (4.2.46)
Necessità della verifica di stabilità	: SI	-	NTC 4.2.4.1.3.1
Curva di instabilità	: b	-	NTC 4.2.4.1.3.1 - Tab. 4.2.VI
Fattore di imperfezione	$a_y = 0.34$	-	NTC 4.2.4.1.3.1 - Tab. 4.2.VI
Coefficiente	$F_y = 2.245$	-	NTC 4.2.4.1.3.1
Fattore di riduzione per l'instabilità intorno y-y	$c_y = 0.272$	-	NTC 4.2.4.1.3.1 - Eq. (4.2.45)

#### Instabilità intorno all'asse z-z

Inflessione intorno all'asse	: z-z	-	
Coefficiente di vincolo nel piano xy	$b_z = 0.50$	-	
Lunghezza d'inflessione dell'asta nel piano xy	$L_{0,z} = 400$	cm	NTC 4.2.4.1.3.1
Carico critico euleriano dell'asta	$N_{cr,z} = 22886$	daN	NTC 4.2.4.1.3.1
Rapporto $N_{Ed}/N_{cr,z}$	= 0.568	> 0.04	NTC 4.2.4.1.3.1
Snellezza limite dell'asta	$l_{lim} = 200$	-	NTC 4.2.4.1.3.1
Snellezza dell'asta intorno z-z	$l_z = 132$	$\leq 200$	<b>VERIFICA</b>
Snellezza adimensionale dell'asta	$\Gamma_z = 1.724$	> 0.2	NTC 4.2.4.1.3.1 - Eq. (4.2.46)
Necessità della verifica di stabilità	: SI	-	NTC 4.2.4.1.3.1
Curva di instabilità	: b	-	NTC 4.2.4.1.3.1 - Tab. 4.2.VI
Fattore di imperfezione	$a_z = 0.34$	-	NTC 4.2.4.1.3.1 - Tab. 4.2.VI
Coefficiente	$F_z = 2.245$	-	NTC 4.2.4.1.3.1
Fattore di riduzione per l'instabilità intorno z-z	$c_z = 0.272$	-	NTC 4.2.4.1.3.1 - Eq. (4.2.45)

#### Verifica di stabilità

Azione di compressione di calcolo	$N_{Ed} = 13000$	daN	
Fattore di riduzione per l'instabilità dell'asta	$c_{min} = 0.272$	-	NTC 4.2.4.1.3.1 - Eq. (4.2.45)
Classificazione della sezione per compressione	: Classe 2	-	NTC 4.2.3.1
Resistenza all'instabilità dell'asta compressa	$N_{b,Rd} = 17587$	daN	NTC 4.2.4.1.3.1 - Eq. (4.2.43)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>	
	Relazione di Calcolo Impalcato	
	Pagina 75 di 139	
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato	

Indice di verifica  $N_{Ed}/N_{b,Rd} = 0.74 \leq 1$  NTC 4.2.4.1.3.1 - Eq. (4.2.42)

**Verifica di stabilità a compressione** **SODDISFATTA**

#### Proprietà meccaniche dei bulloni

Tipo di bulloni	: <b>alta resistenza</b>	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.XIIa
Classe dei bulloni	: <b>10.9</b>	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.XIIa
Tensione di snervamento delle viti	$f_{yb} = 900$ N/mm <sup>2</sup>	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.XIIb
Tensione di rottura delle viti	$f_{tb} = 1000$ N/mm <sup>2</sup>	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.XIIb

#### FORATURA DELLA SEZIONE PER COLLEGAMENTI BULLONATI

##### Dati generali del collegamento bullonato

Presenza del collegamento bullonato	: <b>SI</b>
Piani di foratura	: <b>ala orizzontale</b>

##### Foratura della sezione lungo l'ala orizzontale

Tipologia dei fori	: <b>allineati</b>	<b>EC 3-1-1 6.2.2.2</b>
Tipologia di accoppiamento foro-bullone	: <b>ordinario</b>	NTC 4.2.8.1.1
Diametro dei bulloni	: <b>M16</b>	<b>UNI 5592:1968</b>
Gioco foro-bullone	$d-d_0 = 1.0$ mm	NTC 4.2.8.1.1
Diametro del foro	$d_0 = 17.0$ mm	NTC 4.2.8.1.1
Spessore	$t_f = 10.0$ mm	NTC 4.2.8.1.1
Numero dei fori lungo l'ala orizzontale	$n = 2$	<b>EC 3-1-1 6.2.2.2</b>
-	$\Sigma s^2/4p = 0.0$ mm	<b>EC 3-1-1 6.2.2.2</b>
Riduzione dell'area lorda della sezione	$= 340$ mm <sup>2</sup>	<b>EC 3-1-1 6.2.2.2</b>

##### Calcolo dell'area netta della sezione trasversale

Area lorda della sezione trasversale	$A = 1915$ mm <sup>2</sup>
Area netta della sezione trasversale	$A_{net} = 1575$ mm <sup>2</sup> <b>EC 3-1-1 6.2.2.2</b>

#### VERIFICA DI RESISTENZA

Azione di trazione di calcolo	$N_{Ed} = 13000$ daN
Resistenza plastica della sezione lorda	$N_{pl,Rd} = 64760$ daN NTC 4.2.4.1.2 - Eq. (4.2.7)
Resistenza a rottura della sezione netta	$N_{u,Rd} = 57851$ daN NTC 4.2.4.1.2 - Eq. (4.2.8)
Resistenza di calcolo a trazione	$N_{t,Rd} = 57851$ daN NTC 4.2.4.1.2
Indice di verifica di resistenza $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	$= 0.22 \leq 1$ NTC 4.2.4.1.2 - Eq. (4.2.6)

**Verifica di resistenza a trazione** **SODDISFATTA** NTC 4.2.4.1.2 - Eq. (4.2.6)

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 76 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

## 12 UNIONI A TAGLIO PER ATTRITO AD ALTA RESISTENZA

### 12.1 Generalità

Le giunzioni tra i conci della trave e quelle tra i trasversi e la trave stessa sono realizzate mediante unioni bullonate che necessitano di essere verificate, per le combinazioni allo S.L.U., nei confronti di:

- resistenza a taglio dei bulloni;
- rifollamento della lamiera;
- resistenza dei coprigiunti d'anima.

#### 12.1.1 Giunti trave-trave

I giunti trave-trave sono realizzati mediante piastre bullonate sull'anima e sulle ali.

Le verifiche vengono effettuate, per le due giunzioni tra i conci, per le diverse combinazioni di carico analizzate.

S.L.U. – Resistenza a taglio dei bulloni della giunzione dell'anima

La sollecitazione agente sul bullone più sollecitato è scomponibile in due componenti ortogonali  $N_{1h}$  e  $N_{1v}$ , funzioni della geometria della giunzione e dell'azione che sollecita la bullonatura ( $M_c = M_a + T \cdot e$ ) in base alla ripartizione della rigidità sull'anima ( $M_a = M \cdot J_a / J_{tot}$ ):

$$N_{max} = \sqrt{N_{1h}^2 + N_{1v}^2}$$

Le resistenze di calcolo sono valutate in base alla NTC cap. 4.2.8.1.1, ovvero:

La resistenza di calcolo a taglio del bullone allo SLU (NTC 4.2.60):

$$F_{v,Rd} = 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2}$$

La resistenza di calcolo a rifollamento del bullone allo SLU (NTC 4.2.61):

$$F_{b,Rd} = k \alpha f_{tk} d t / \gamma_{M2},$$

La resistenza di calcolo a scorrimento del bullone allo SLE (NTC 4.2.56 e 4.2.67):

$$F_{p,Cd} = 0,7 \cdot \frac{f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M7}} \quad F_{s,Rd} = n \mu F_{p,C} / \gamma_{M3}.$$

utilizzando un coefficiente di attrito  $\mu$  tra le piastre a contatto nelle unioni "pre-caricate" assunto pari a 0,45 ipotizzando le giunzioni sabbiato al metallo bianco e protette sino al serraggio dei bulloni.

Le verifiche dei giunti maggiormente sollecitati tra le travi principali sono di seguito riportate.

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 77 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>6659.61</b>	<b>4754.93</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>27377.97</b>	<b>20548.24</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>				
Momento d'inerzia del profilo	ly	1.13715E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	ly,ali	9.25E+10		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	115580		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	24500		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	49500		[mm <sup>2</sup> ]

<b>Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto</b>				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>22260.61</b>	<b>16707.46</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-7025.67</b>	<b>-5324.63</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>13871.21</b>	<b>10306.66</b>	[kN]

<b>Ripartizione delle azioni sull'anima</b>				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2322.99</b>	<b>1720.17</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>-185.93</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>4451.54</b>	<b>3341.06</b>	[kNm]

### **VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE**

#### **CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

#### **CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

#### **Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 78 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup		
	SLU	11293.4	[kN]
	F1j,Rd sup		
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	SCO	7350.1	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>			
Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	20580.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	7556.98	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	573.75	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	18360.00	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F4j,Rd	80784.00	[kN]
<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>			
Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	10886.67	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>			
Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	8944.99	[kN]

#### VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE

##### CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

##### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 79 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>	-	-		
--	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	$\mu$	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup		
	SLU	18763.9	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup		
	SCO	12212.1	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>	-	-		
---	---	---	--	--

Area della sezione netta della ala inferiore	Af,net	40260.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	Ft,net,Rd i	14783.47	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>	-	-		
--	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_g$	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	Fb,Rd i	901.61	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F3j,Rd	48686.79	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>	-	-		
--	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_c$	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F4j,Rd	155797.71	[kN]

<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>	-	-		
---	---	---	--	--

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori	Ft,c,Rd	20015.24	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>	-	-		
---	---	---	--	--

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	16803.07	[kN]

<b>VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA</b>				
-------------------------------------	--	--	--	--

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	63	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	13.50	[cm]
Ordinata massima	zb,max	80.00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	-185.93	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2322.99	1720.17	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	4451.54	3341.06	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	31360	23222	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	476515	357328	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	18.44	13.65	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	-1.48	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	12.66	9.50	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	126.62	94.95	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	129	98	[kN]

<b>Verifica dei bulloni</b>	-	-		
-----------------------------	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 80 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	128.96	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	98	[kN]

<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>	-
---	---

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	62.20	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	250.30	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56	[kN]

<b>Verifica a rifollamento dei coprigiunti</b>	-
--	---

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	62.20	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	250.30	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]

<b>Verifica della sezione lorda dei coprigiunti</b>	-
---	---

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000	[mm3]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	4451.54	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2322.99	[kN]

<b>Verifica della sezione netta dei coprigiunti</b>	-
---	---

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm3]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	4451.54	[kNm]

<b>SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO</b>
---

<b>Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore</b>
--

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	62.21%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	73.92%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	92.97%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	93.83%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	64.53%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	69.30%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	78.54%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	82.55%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	72.44%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	84.40%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	56.14%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	21.17%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	12.76%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.62%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>93.83%</b>	[-]	<b>OK</b>

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>	-
---	---

Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	70.24%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	81.79%	[-]	OK

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 81 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>	$\eta$	17.86%	[-]	OK
	$\eta$	94.25%	[-]	OK
<b>Verifica a rifollamento dei coprigiunti</b>	$\eta$	12.65%	[-]	OK
	$\eta$	50.90%	[-]	OK
<b>Verifica della sezione lorda dei coprigiunti</b>	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	63.64%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	24.45%	[-]	OK
<b>Verifica della sezione netta dei coprigiunti</b>	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	65.85%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	29.56%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>94.25%</b>		<b>OK</b>

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>9358.81</b>	<b>7004.27</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>23101.00</b>	<b>16984.11</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>				
Momento d'inerzia del profilo	$I_y$	1.13715E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	9.25E+10		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	115580		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	24500		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	49500		[mm <sup>2</sup> ]

<b>Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto</b>				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>18783.08</b>	<b>13809.52</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-5135.43</b>	<b>-3749.43</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>13305.82</b>	<b>9835.50</b>	[kN]

<b>Ripartizione delle azioni sull'anima</b>				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2322.99</b>	<b>1720.17</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>1188.43</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>3756.13</b>	<b>2761.54</b>	[kNm]

### **VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE**

#### **CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasm</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concetti	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concetti	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

#### **CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1340	[mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 82 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Larghezza del coprighiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprighiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup</sub> SLU	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup</sub> SCO	7350.1	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>	-	-	
---	---	---	--

Area della sezione netta della ala superiore	A <sub>f,net</sub>	20580.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	F <sub>t,net,Rd s</sub>	7556.98	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	F <sub>b,Rd s</sub>	573.75	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F <sub>3j,Rd</sub>	18360.00	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento dei coprighiunti</b>	-	-	
---	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F <sub>b,c,Rd</sub>	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala superiore	F <sub>4j,Rd</sub>	80784.00	[kN]

<b>Resistenza della sezione lorda dei coprighiunti</b>	-	-	
--	---	---	--

Area della sezione lorda dei coprighiunti	A <sub>c</sub>	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprighiunti superiori	F <sub>t,c,Rd</sub>	10886.67	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta dei coprighiunti</b>	-	-	
--	---	---	--

Area della sezione netta dei coprighiunti	A <sub>c,net</sub>	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprighiunti	F <sub>t,c,net,Rd</sub>	8944.99	[kN]

<b>VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE</b>
---

<b>CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA</b>
--

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	A <sub>s</sub>	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e <sub>1</sub>	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e <sub>2</sub>	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p <sub>1</sub>	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p <sub>2</sub>	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p <sub>3</sub>	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e' <sub>1</sub>	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprighiunto interno	e' <sub>2</sub>	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e <sub>3</sub>	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

<b>CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO</b>
--

Lunghezza del coprighiunto esterno	L <sub>c</sub>	1500	[mm]
------------------------------------	----------------	------	------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 83 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Larghezza del coprighiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprighiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprighiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprighiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprighiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup</sub> SLU	18763.9	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup</sub> SCO	12212.1	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>	-	-	
---	---	---	--

Area della sezione netta della ala inferiore	A <sub>f,net</sub>	40260.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	F <sub>t,net,Rd i</sub>	14783.47	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	F <sub>b,Rd i</sub>	901.61	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F <sub>3j,Rd</sub>	48686.79	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento dei coprighiunti</b>	-	-	
---	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F <sub>b,c,Rd</sub>	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala inferiore	F <sub>4j,Rd</sub>	155797.71	[kN]

<b>Resistenza della sezione lorda dei coprighiunti</b>	-	-	
--	---	---	--

Area della sezione lorda dei coprighiunti	A <sub>c</sub>	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprighiunti inferiori	F <sub>t,c,Rd</sub>	20015.24	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta dei coprighiunti</b>	-	-	
--	---	---	--

Area della sezione netta dei coprighiunti	A <sub>c,net</sub>	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprighiunti	F <sub>t,c,net,Rd</sub>	16803.07	[kN]

<b>VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA</b>			
-------------------------------------	--	--	--

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	63	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	13.50	[cm]
Ordinata massima	zb,max	80.00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	J <sub>b,tot</sub>	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
Forza Normale di Calcolo	NSd	1188.43	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2322.99	1720.17	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3756.13	2761.54	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	31360	23222	[kNcm]
Momento totale di calcolo	M <sub>tot,Sd</sub>	406973	299377	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vs	Vbz,V	18.44	13.65	[kN]
Taglio in x dovuto a Ns	Vbx,N	9.43	0.00	[kN]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 84 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	10.81	7.96	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	108.15	79.55	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	121	82	[kN]

**Verifica dei bulloni** -

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	121.16	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	82	[kN]

**Verifica a rifollamento dell'anima della trave** -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	58.50	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	235.15	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56	[kN]

**Verifica a rifollamento dei coprigiunti** -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	58.50	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	235.15	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]

**Verifica della sezione lorda dei coprigiunti** -

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3756.13	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2322.99	[kN]

**Verifica della sezione netta dei coprigiunti** -

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3756.13	[kNm]

**SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO**

**Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore**

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	45.47%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	70.91%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	67.96%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	90.00%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	47.17%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	66.48%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	57.41%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	79.19%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	51.01%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	80.54%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	53.57%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	20.20%	[-]	OK

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 85 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	12.18%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.31%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>90.00%</b>	[-]	<b>OK</b>

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>				
Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	65.99%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	68.99%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	16.80%	[-]	OK
	$\eta$	88.55%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	$\eta$	11.90%	[-]	OK
	$\eta$	47.82%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	53.70%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	24.45%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	55.57%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	29.56%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>88.55%</b>		<b>OK</b>

		SLU	SLE	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>8869.89</b>	<b>6596.84</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>23869.83</b>	<b>17624.80</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>				
Momento d'inerzia del profilo	ly	1.13715E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	ly,ali	9.25E+10		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	115580		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	24500		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	49500		[mm <sup>2</sup> ]

<b>Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto</b>				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>19408.20</b>	<b>14330.46</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-5476.01</b>	<b>-4033.24</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>13405.86</b>	<b>9918.88</b>	[kN]

<b>Ripartizione delle azioni sull'anima</b>				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2322.99</b>	<b>1720.17</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>940.04</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>3881.13</b>	<b>2865.72</b>	[kNm]

### **VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE**

#### **CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concii	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concii	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 86 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprighiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprighiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprighiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprighiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprighiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprighiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

**Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	7350.1	[kN]

**Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	20580.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	7556.98	[kN]

**Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	573.75	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	18360.00	[kN]

**Resistenza a rifollamento dei coprighiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala superiore	F4j,Rd	80784.00	[kN]

**Resistenza della sezione lorda dei coprighiunti**

Area della sezione lorda dei coprighiunti	Ac	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprighiunti superiori	Ft,c,Rd	10886.67	[kN]

**Resistenza della sezione netta dei coprighiunti**

Area della sezione netta dei coprighiunti	Ac,net	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprighiunti	Ft,c,net,Rd	8944.99	[kN]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb,trasv	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 87 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concii	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concii	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

**Resistenza del giunto offerta dai bulloni** - -

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup	18763.9	[kN]
	SLU		
	F1j,Rd sup		
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	SCO	12212.1	[kN]

**Resistenza della sezione netta delle ali** - -

Area della sezione netta della ala inferiore	A <sub>f,net</sub>	40260.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	F <sub>t,net,Rd i</sub>	14783.47	[kN]

**Resistenza a rifollamento delle ali** - -

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	F <sub>b,Rd i</sub>	901.61	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F <sub>3j,Rd</sub>	48686.79	[kN]

**Resistenza a rifollamento dei coprigiunti** - -

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F <sub>b,c,Rd</sub>	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F <sub>4j,Rd</sub>	155797.71	[kN]

**Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti** - -

Area della sezione lorda dei coprigiunti	A <sub>c</sub>	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori	F <sub>t,c,Rd</sub>	20015.24	[kN]

**Resistenza della sezione netta dei coprigiunti** - -

Area della sezione netta dei coprigiunti	A <sub>c,net</sub>	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	F <sub>t,c,net,Rd</sub>	16803.07	[kN]

**VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA**

Numero di sezioni resistenti	n <sub>v</sub>	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	n <sub>b</sub>	63	[-]
Baricentro bullonatura	Z <sub>G,b</sub>	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura	X <sub>G,b</sub>	13.50	[cm]
Ordinata massima	z <sub>b,max</sub>	80.00	[cm]
Ascissa massima	x <sub>b,max</sub>	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	J <sub>b,tot</sub>	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 88 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	940.04	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2322.99	1720.17	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3881.13	2865.72	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	31360	23222	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	419474	309794	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	18.44	13.65	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	7.46	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	11.15	8.23	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	111.47	82.32	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	123	85	[kN]
<b>Verifica dei bulloni</b>				
-				
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$		0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU		183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$		0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd		119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU		122.55	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE		85	[kN]
<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>				
-				
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed		59.17	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed		237.86	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az		0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax		0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd		348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd		265.56	[kN]
<b>Verifica a rifollamento dei coprigiunti</b>				
-				
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed		59.17	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed		237.86	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az		0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax		0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd		491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd		491.79	[kN]
<b>Verifica della sezione lorda dei coprigiunti</b>				
-				
Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl		21675000	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v		51000	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd		6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd		9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd		3881.13	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd		2322.99	[kN]
<b>Verifica della sezione netta dei coprigiunti</b>				
-				
Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl		16567800	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v		33360	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd		6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd		7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd		3881.13	[kNm]
<b>SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO</b>				
<b>Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore</b>				
Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	48.49%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	71.44%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	72.46%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	90.68%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	50.30%	[-]	OK

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 89 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

Massima trazione coprighiunti inferiori	$\eta$	66.98%	[-]	OK
Trazione area netta coprighiunti superiori	$\eta$	61.22%	[-]	OK
Trazione area netta coprighiunti inferiori	$\eta$	79.78%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	54.87%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	81.22%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	54.02%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	20.37%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala superiore	$\eta$	12.28%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.37%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>90.68%</b>	[-]	<b>OK</b>

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>				
Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	66.75%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	71.29%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	16.99%	[-]	OK
	$\eta$	89.57%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprighiunti	$\eta$	12.03%	[-]	OK
	$\eta$	48.37%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprighiunti	$\eta_{MOMENTO}$	55.48%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	24.45%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprighiunti	$\eta_{MOMENTO}$	57.42%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	29.56%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>89.57%</b>		<b>OK</b>

		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>5958.01</b>	<b>4206.22</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>28382.19</b>	<b>21343.89</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>				
Momento d'inerzia del profilo	$I_y$	1.41093E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	1.20E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	138310		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	32000		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	65000		[mm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>24062.53</b>	<b>18095.44</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-7967.77</b>	<b>-6055.36</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>14509.87</b>	<b>10782.76</b>	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2322.99</b>	<b>1720.17</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>-584.09</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>3647.37</b>	<b>2742.88</b>	[kNm]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	A <sub>s</sub>	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 90 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concii	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concii	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

### **CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

### **Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup</sub>	11293.4	[kN]
	SLU		
	F <sub>1j,Rd sup</sub>		
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup</sub>	7350.1	[kN]
	SCO		

### **Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala superiore	A <sub>f,net</sub>	27520.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	F <sub>t,net,Rd s</sub>	10105.34	[kN]

### **Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	F <sub>b,Rd s</sub>	655.71	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F <sub>3j,Rd</sub>	20982.86	[kN]

### **Resistenza a rifollamento dei coprigiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F <sub>b,c,Rd</sub>	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F <sub>4j,Rd</sub>	80784.00	[kN]

### **Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti**

Area della sezione lorda dei coprigiunti	A <sub>c</sub>	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	F <sub>t,c,Rd</sub>	10886.67	[kN]

### **Resistenza della sezione netta dei coprigiunti**

Area della sezione netta dei coprigiunti	A <sub>c,net</sub>	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	F <sub>t,c,net,Rd</sub>	8944.99	[kN]

### **VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE**

#### **CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
----------------------	---	----	------

Diametro del foro	$d_0$	28	[mm]
Area del gambo filettato	$A_s$	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	$n_b$	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	$n_{b,transv}$	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	$n$	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	$e_1$	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	$e_2$	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	$p_1$	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	$p_2$	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	$p_3$	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	$e'1$	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	$e'2$	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	$e_3$	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	$f_{tb}$	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	$L_c$	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	$b_c$	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	$t_c$	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	$L_c$	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	$b'c$	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	$t_c$	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	$f_{tk}$	510	[MPa]

**Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	$\mu$	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	$F_{v,Rd}$	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	$bL_f$	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato $\min(0,75;bL_f)$	$bL_f,ad$	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	$0,7 \mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	$F_{v,Rd}$ $F_{1j,Rd sup}$	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	SLU	18763.9	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	$F_{1j,Rd sup}$ SCO	12212.1	[kN]

**Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala inferiore	$A_{f,net}$	54080.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	$F_{t,net,Rd i}$	19858.18	[kN]

**Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_g$	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	$F_{b,Rd i}$	1065.54	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$F_{3j,Rd}$	57538.93	[kN]

**Resistenza a rifollamento dei coprigiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_c$	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	$F_{b,c,Rd}$	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$F_{4j,Rd}$	155797.71	[kN]

**Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti**

Area della sezione lorda dei coprigiunti	$A_c$	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori	$F_{t,c,Rd}$	20015.24	[kN]

**Resistenza della sezione netta dei coprigiunti**

Area della sezione netta dei coprigiunti	$A_{c,net}$	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	$F_{t,c,net,Rd}$	16803.07	[kN]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 92 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

**VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA**

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	63	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	13.50	[cm]
Ordinata massima	zb,max	80.00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]
Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>
Forza Normale di Calcolo	NSd	-584.09	0.00 [kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2322.99	1720.17 [kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3647.37	2742.88 [kNm]
Momento torcente parassita	TSd	31360	23222 [kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	396097	297511 [kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	18.44	13.65 [kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	-4.64	0.00 [kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	10.53	7.91 [kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	105.26	79.06 [kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	105	82 [kN]
<b>Verifica dei bulloni</b>			
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	104.70	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	82	[kN]
<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>			
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	57.92	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	201.24	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56	[kN]
<b>Verifica a rifollamento dei coprighiunti</b>			
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	57.92	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	201.24	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]
<b>Verifica della sezione lorda dei coprighiunti</b>			
Modulo di resistenza plastico dei coprighiunti	Wc,pl	21675000	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio dei coprighiunti	Ac,v	51000	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprighiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprighiunti	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3647.37	[kNm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 93 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

Taglio sollecitante di progetto	VEd	2322.99	[kN]
<b>Verifica della sezione netta dei coprigiunti</b>			
Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3647.37	[kNm]

<b>SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO</b>				
<b>Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore</b>				
Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	70.55%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	77.33%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	78.85%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	73.07%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	73.19%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	72.49%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	89.08%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	86.35%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	82.39%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	88.30%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	51.39%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	18.74%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	13.35%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.92%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>89.08%</b>	[-]	<b>OK</b>

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>				
Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	57.03%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	68.58%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	16.64%	[-]	OK
	$\eta$	75.78%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	$\eta$	11.78%	[-]	OK
	$\eta$	40.92%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	52.14%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	24.45%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	53.96%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	29.56%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>75.78%</b>		<b>OK</b>

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>9087.09</b>	<b>6813.79</b>	[kN]
	Msdconcio	<b>23338.75</b>	<b>17141.03</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>				
Momento d'inerzia del profilo	Iy	1.41093E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	Iy,ali	1.20E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	138310		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	32000		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala inf	65000		[mm <sup>2</sup> ]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 94 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>19786.69</b>	<b>14532.24</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-5583.01</b>	<b>-4068.07</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>13899.60</b>	<b>10274.20</b>	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima		SLU	SLE	
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2322.99</b>	<b>1720.17</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>770.50</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>2999.24</b>	<b>2202.78</b>	[kNm]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>o</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	A <sub>s</sub>	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	L <sub>c</sub>	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	L <sub>c</sub>	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

**Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v</sub> ,R <sub>d</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v</sub> ,R <sub>d</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j</sub> ,R <sub>d</sub> sup SLU	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F <sub>1j</sub> ,R <sub>d</sub> sup SCO	7350.1	[kN]

**Resistenza della sezione netta delle ali**

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 95 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	27520.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	10105.34	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_g$	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	655.71	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	20982.86	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_c$	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F4j,Rd	80784.00	[kN]

<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>	-	-	
---	---	---	--

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	10886.67	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>	-	-	
---	---	---	--

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	8944.99	[kN]

<b>VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE</b>
---

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasv</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	$\mu$	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 96 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	18763.9	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	12212.1	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>			
Area della sezione netta della ala inferiore	Af,net	54080.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	Ft,net,Rd i	19858.18	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	Fb,Rd i	1065.54	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F3j,Rd	57538.93	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F4j,Rd	155797.71	[kN]
<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>			
Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori	Ft,c,Rd	20015.24	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>			
Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	16803.07	[kN]

<b>VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA</b>			
-------------------------------------	--	--	--

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	63	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	13.50	[cm]
Ordinata massima	zb,max	80.00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]

Solicitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	770.50	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2322.99	1720.17	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	2999.24	2202.78	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	31360	23222	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	331284	243500	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	18.44	13.65	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	6.12	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	8.80	6.47	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	88.03	64.71	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	98	68	[kN]
<b>Verifica dei bulloni</b>				

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.50	[-]
--	---	------	-----

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 97 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	98.01	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	68	[kN]

<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>	-
---	---

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	54.48	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	188.30	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56	[kN]

<b>Verifica a rifollamento dei coprigiunti</b>	-
--	---

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	54.48	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	188.30	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]

<b>Verifica della sezione lorda dei coprigiunti</b>	-
---	---

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000	[mm3]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	2999.24	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2322.99	[kN]

<b>Verifica della sezione netta dei coprigiunti</b>	-
---	---

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm3]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	2999.24	[kNm]

<b>SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO</b>
---

<b>Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore</b>
--

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	49.44%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	74.08%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	55.25%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	69.99%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	51.28%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	69.45%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	62.41%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	82.72%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	55.35%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	84.13%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	48.96%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	17.86%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	12.72%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.59%	[-]	OK

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 98 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>84.13%</b>	[-]	<b>OK</b>
--------------------------------	--------	---------------	-----	-----------

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>				
<b>Verifica a taglio dei bulloni</b>	$\eta$	53.38%	[-]	OK
<b>Verifica a scorrimento</b>	$\eta$	56.71%	[-]	OK
<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>	$\eta$	15.65%	[-]	OK
	$\eta$	70.90%	[-]	OK
<b>Verifica a rifollamento dei coprighiunti</b>	$\eta$	11.08%	[-]	OK
	$\eta$	38.29%	[-]	OK
<b>Verifica della sezione lorda dei coprighiunti</b>	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	42.88%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	24.45%	[-]	OK
<b>Verifica della sezione netta dei coprighiunti</b>	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	44.37%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	29.56%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>70.90%</b>		<b>OK</b>

		SLU	SLE	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>8512.55</b>	<b>6335.00</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>24259.17</b>	<b>17908.05</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>			
Momento d'inerzia del profilo	$I_y$	1.41093E+11	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	1.20E+11	[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	138310	[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	32000	[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	65000	[mm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>20567.02</b>	<b>15182.52</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-6019.03</b>	<b>-4431.42</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>14009.34</b>	<b>10365.65</b>	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima		SLU	SLE	
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2322.99</b>	<b>1720.17</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>522.25</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>3117.52</b>	<b>2301.35</b>	[kNm]

### VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

#### CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	$d_0$	28	[mm]
Area del gambo filettato	$A_s$	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	$nb_{,trasv}$	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 99 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concii	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concii	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

#### **CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

#### **Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup SLU</sub>	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup SCO</sub>	7350.1	[kN]

#### **Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala superiore	A <sub>f,net</sub>	27520.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	F <sub>t,net,Rd s</sub>	10105.34	[kN]

#### **Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	F <sub>b,Rd s</sub>	655.71	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F <sub>3j,Rd</sub>	20982.86	[kN]

#### **Resistenza a rifollamento dei coprigiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F <sub>b,c,Rd</sub>	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F <sub>4j,Rd</sub>	80784.00	[kN]

#### **Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti**

Area della sezione lorda dei coprigiunti	A <sub>c</sub>	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	F <sub>t,c,Rd</sub>	10886.67	[kN]

#### **Resistenza della sezione netta dei coprigiunti**

Area della sezione netta dei coprigiunti	A <sub>c,net</sub>	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	F <sub>t,c,net,Rd</sub>	8944.99	[kN]

#### **VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE**

##### **CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	A <sub>s</sub>	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]

Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

**Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup SLU</sub>	18763.9	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup SCO</sub>	12212.1	[kN]

**Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala inferiore	A <sub>f,net</sub>	54080.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	F <sub>t,net,Rd i</sub>	19858.18	[kN]

**Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	F <sub>b,Rd i</sub>	1065.54	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F <sub>3j,Rd</sub>	57538.93	[kN]

**Resistenza a rifollamento dei coprigiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F <sub>b,c,Rd</sub>	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F <sub>4j,Rd</sub>	155797.71	[kN]

**Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti**

Area della sezione lorda dei coprigiunti	A <sub>c</sub>	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori	F <sub>t,c,Rd</sub>	20015.24	[kN]

**Resistenza della sezione netta dei coprigiunti**

Area della sezione netta dei coprigiunti	A <sub>c,net</sub>	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	F <sub>t,c,net,Rd</sub>	16803.07	[kN]

**VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA**

Numero di sezioni resistenti	n <sub>v</sub>	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 101 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Numero totale di bulloni	nb	63	[-]
Baricentro bullonatura Baricentro bullonatura	ZG,b	84.00	[cm]
Ordinata massima	XG,b	13.50	[cm]
Ascissa massima	zb,max	80.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	xb,max	8.00	[cm]
	Jb,tot	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	522.25	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2322.99	1720.17	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3117.52	2301.35	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	31360	23222	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	343113	253357	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	18.44	13.65	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	4.14	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	9.12	6.73	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	91.18	67.32	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	99	70	[kN]
<b>Verifica dei bulloni</b> -				

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	99.22	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	70	[kN]

<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b> -				
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	55.11	[kN]	
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	190.64	[kN]	
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702	[-]	
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536	[-]	
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18	[kN]	
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56	[kN]	

<b>Verifica a rifollamento dei coprigiunti</b> -				
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	55.11	[kN]	
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	190.64	[kN]	
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]	
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]	
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]	
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]	

<b>Verifica della sezione lorda dei coprigiunti</b> -				
Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000	[mm <sup>3</sup> ]	
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000	[mm <sup>2</sup> ]	
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]	
Taglio resistente	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]	

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 102 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

coprigiunti

Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3117.52	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2322.99	[kN]

**Verifica della sezione netta dei coprigiunti**

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3117.52	[kNm]

**SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO**

**Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore**

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	53.30%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	74.66%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	59.56%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	70.55%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	55.29%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	69.99%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	67.29%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	83.37%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	60.29%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	84.88%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	49.40%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	18.02%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	12.83%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.65%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	$\eta$	<b>84.88%</b>	[-]	<b>OK</b>

**Verifica della giunzione d'anima**

Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	54.04%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	58.87%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	15.83%	[-]	OK
	$\eta$	71.79%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	$\eta$	11.21%	[-]	OK
	$\eta$	38.77%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	44.57%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	24.45%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	46.12%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	29.56%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	$\eta$	<b>71.79%</b>		<b>OK</b>

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	SLU	5082.78	[kN]
		SLE	5082.78	
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	SLU	20983.37	[kNm]
		SLE	20983.37	

**Ripartizione delle azioni sulle ali**

Momento d'inerzia del profilo	Iy	1.13715E+11	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	Iy,ali	9.25E+10	[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	115580	[mm <sup>2</sup> ]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 103 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Area della ala superiore	Aala sup	24500	[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala inf	49500	[mm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>22737.72</b>	<b>17061.26</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-7112.70</b>	<b>-5389.23</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>14296.92</b>	<b>10622.20</b>	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima		SLU	SLE	
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2250.47</b>	<b>1666.38</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>-82.05</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>4546.95</b>	<b>3411.81</b>	[kNm]

### VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

#### CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trav</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

#### Resistenza del giunto offerta dai bulloni

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	7350.1	[kN]

#### Resistenza della sezione netta delle ali

Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	20580.00	[mm <sup>2</sup> ]
--	--------	----------	--------------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 104 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	7556.98	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_g$	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	573.75	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	18360.00	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_c$	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F4j,Rd	80784.00	[kN]
<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>			
Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	10886.67	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>			
Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	8944.99	[kN]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasv</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

**Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	$\mu$	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]
	F1j,Rd sup		
Resistenza a taglio globale dei bulloni	SLU	18763.9	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup	12212.1	[kN]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 105 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

SCO

<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>				
Area della sezione netta della ala inferiore		Af,net	40260.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore		Ft,net,Rd i	14783.47	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>				
Coefficiente di riduzione per geometria		ag	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf		Fb,Rd i	901.61	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore		F3j,Rd	48686.79	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>				
Coefficiente di riduzione per geometria		ac	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone		Fb,c,Rd	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore		F4j,Rd	155797.71	[kN]
<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>				
Area della sezione lorda dei coprigiunti		Ac	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori		Ft,c,Rd	20015.24	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>				
Area della sezione netta dei coprigiunti		Ac,net	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti		Ft,c,net,Rd	16803.07	[kN]
<b>VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA</b>				
Numero di sezioni resistenti		nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd		e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni		nb	63	[-]
Baricentro bullonatura		ZG,b	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura		XG,b	13.50	[cm]
Ordinata massima		zb,max	80.00	[cm]
Ascissa massima		xb,max	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria		Jb,tot	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]
Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
Forza Normale di Calcolo	NSd	-82.05	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2250.47	1666.38	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	4546.95	3411.81	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	30381	22496	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	485077	363677	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	17.86	13.23	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	-0.65	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	12.89	9.66	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	128.90	96.64	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	132	99	[kN]
<b>Verifica dei bulloni</b>				
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio		α	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio		Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento		0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio		Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio		Fv,Ed SLU	131.88	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento		Fv,Ed SLE	99	[kN]
<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>				
Azione di rifollamento in direzione verticale		Fbz,Ed	61.50	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale		Fby,Ed	256.50	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale		az	0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale		ax	0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale		Fbz,Rd	348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale		Fby,Rd	265.56	[kN]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 106 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

**Verifica a rifollamento dei coprigiunti** -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	61.50	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	256.50	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]

**Verifica della sezione lorda dei coprigiunti** -

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000	[mm3]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	4546.95	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2250.4725	[kN]

**Verifica della sezione netta dei coprigiunti** -

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm3]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	4546.95	[kNm]

**SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO**

**Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore**

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	62.98%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	76.19%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	94.12%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	96.71%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	65.33%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	71.43%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	79.52%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	85.09%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	73.32%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	86.98%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	57.86%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	21.82%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	13.15%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.82%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>96.71%</b>	[-]	<b>OK</b>

**Verifica della giunzione d'anima** -

Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	71.83%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	83.11%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	17.66%	[-]	OK
	$\eta$	96.59%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	$\eta$	12.51%	[-]	OK
	$\eta$	52.16%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	65.00%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	23.68%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	67.27%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	28.64%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>96.59%</b>		<b>OK</b>

SLU	SLE
-----	-----

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Cavalcaferrovia Grotticelle</b>	
	Relazione di Calcolo Impalcato	
	Pagina 107 di 139	
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato	

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>9801.37</b>	<b>7332.11</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>23687.80</b>	<b>17419.23</b>	[kNm]

#### Ripartizione delle azioni sulle ali

Momento d'inerzia del profilo	ly	1.13715E+11	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	ly,ali	9.25E+10	[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	115580	[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	24500	[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	49500	[mm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>19260.19</b>	<b>14163.31</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-5222.46</b>	<b>-3814.04</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>13731.53</b>	<b>10151.04</b>	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima		SLU	SLE	
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2250.47</b>	<b>1666.38</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>1292.30</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>3851.54</b>	<b>2832.29</b>	[kNm]

#### VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

##### CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trav</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

##### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

#### Resistenza del giunto offerta dai bulloni

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 108 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup		
	SLU	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup		
	SCO	7350.1	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>			
Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	20580.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	7556.98	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	573.75	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	18360.00	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F4j,Rd	80784.00	[kN]
<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>			
Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	10886.67	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>			
Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	8944.99	[kN]

#### VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE

##### CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

##### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>			
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 109 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	$\mu$	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup		
	SLU	18763.9	[kN]
	F1j,Rd sup		
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	SCO	12212.1	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>			
---	--	--	--

Area della sezione netta della ala inferiore	Af,net	40260.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	Ft,net,Rd i	14783.47	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>			
--	--	--	--

Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_g$	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	Fb,Rd i	901.61	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F3j,Rd	48686.79	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>			
--	--	--	--

Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_c$	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F4j,Rd	155797.71	[kN]

<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>			
---	--	--	--

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori	Ft,c,Rd	20015.24	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>			
---	--	--	--

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	16803.07	[kN]

<b>VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA</b>			
-------------------------------------	--	--	--

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	63	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	13.50	[cm]
Ordinata massima	zb,max	80.00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	1292.30	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2250.47	1666.38	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3851.54	2832.29	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	30381	22496	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	415535	305725	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	17.86	13.23	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	10.26	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	11.04	8.12	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	110.42	81.24	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	124	84	[kN]

<b>Verifica dei bulloni</b>			
-----------------------------	--	--	--

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	124.09	[kN]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 110 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	84	[kN]
<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>			
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	57.81	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	241.35	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56	[kN]
<b>Verifica a rifollamento dei coprigiunti</b>			
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	57.81	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	241.35	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]
<b>Verifica della sezione lorda dei coprigiunti</b>			
Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000	[mm3]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3851.54	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2250.4725	[kN]
<b>Verifica della sezione netta dei coprigiunti</b>			
Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm3]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3851.54	[kNm]

<b>SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO</b>				
<b>Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore</b>				
Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	46.24%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	73.18%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	69.11%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	92.88%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	47.97%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	68.61%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	58.38%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	81.72%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	51.89%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	83.12%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	55.29%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	20.85%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	12.57%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.52%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	$\eta$	<b>92.88%</b>	[-]	<b>OK</b>

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>				
Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	67.59%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	70.30%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	16.60%	[-]	OK
	$\eta$	90.88%	[-]	OK

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 111 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

<b>Verifica a rifollamento dei coprighiunti</b>	$\eta$	11.75%	[-]	OK
	$\eta$	49.08%	[-]	OK
<b>Verifica della sezione lorda dei coprighiunti</b>	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	55.06%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	23.68%	[-]	OK
<b>Verifica della sezione netta dei coprighiunti</b>	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	56.98%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	28.64%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>90.88%</b>		<b>OK</b>

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	[kN]
	Msdconcio	<b>9312.45</b>	<b>6924.68</b>	
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :		<b>24456.63</b>	<b>18059.92</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>				
Momento d'inerzia del profilo	$I_y$	1.13715E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	9.25E+10		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	115580		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	24500		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	49500		[mm <sup>2</sup> ]

<b>Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto</b>				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>19885.31</b>	<b>14684.25</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-5563.04</b>	<b>-4097.85</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>13831.57</b>	<b>10234.41</b>	[kN]

<b>Ripartizione delle azioni sull'anima</b>				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2250.47</b>	<b>1666.38</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>1043.92</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>3976.54</b>	<b>2936.47</b>	[kNm]

### VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

#### CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	$d_0$	28	[mm]
Area del gambo filettato	$A_s$	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	$nb_{\text{trasv}}$	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concetti	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concetti	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprighiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	$f_{tb}$	1000	[MPa]

#### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprighiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprighiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprighiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprighiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprighiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprighiunto interno	tc	35	[mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 112 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Resistenza a snervamento dell'acciaio	$f_{yk}$	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	$f_{tk}$	510	[MPa]
<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>			
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	$\mu$	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato $\min(0,75;bLf)$	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	7350.1	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>			
Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	20580.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	7556.98	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_g$	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	573.75	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	18360.00	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_c$	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F4j,Rd	80784.00	[kN]
<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>			
Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	10886.67	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>			
Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	8944.99	[kN]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	A <sub>s</sub>	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasv</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 113 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1500	[mm]	
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]	
Spessore del coprigiunto interno	tc	40	[mm]	
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]	
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]	
<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>				
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]	
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]	
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]	
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]	
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]	
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]	
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]	
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	18763.9	[kN]	
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	12212.1	[kN]	
<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>				
Area della sezione netta della ala inferiore	Af,net	40260.00	[mm <sup>2</sup> ]	
Resistenza sezione netta ala inferiore	Ft,net,Rd i	14783.47	[kN]	
<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>				
Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.60	[-]	
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	Fb,Rd i	901.61	[kN]	
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F3j,Rd	48686.79	[kN]	
<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>				
Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.65	[-]	
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1442.57	[kN]	
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F4j,Rd	155797.71	[kN]	
<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>				
Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]	
Massima trazione coprigiunti inferiori	Ft,c,Rd	20015.24	[kN]	
<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>				
Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]	
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	16803.07	[kN]	
<b>VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA</b>				
Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]	
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]	
Numero totale di bulloni	nb	63	[-]	
Baricentro bullonatura	ZG,b	84.00	[cm]	
Baricentro bullonatura	XG,b	13.50	[cm]	
Ordinata massima	zb,max	80.00	[cm]	
Ascissa massima	xb,max	8.00	[cm]	
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]	
Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
Forza Normale di Calcolo	NSd	1043.92	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2250.47	1666.38	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3976.54	2936.47	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	30381	22496	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	428036	316143	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	17.86	13.23	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	8.29	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	11.37	8.40	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	113.74	84.01	[kN]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 114 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	125	87	[kN]
<b>Verifica dei bulloni</b>				
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.50		[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60		[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32		[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49		[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	125.48		[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	87		[kN]
<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>				
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	58.47		[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	244.06		[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702		[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536		[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18		[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56		[kN]
<b>Verifica a rifollamento dei coprigiunti</b>				
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	58.47		[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	244.06		[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595		[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595		[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79		[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79		[kN]
<b>Verifica della sezione lorda dei coprigiunti</b>				
Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000		[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000		[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636		[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9502.66		[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3976.54		[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2250.4725		[kN]
<b>Verifica della sezione netta dei coprigiunti</b>				
Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800		[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360		[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66		[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25		[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3976.54		[kNm]
<b>SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO</b>				
<b>Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore</b>				
Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	49.26%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	73.71%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	73.61%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	93.56%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	51.10%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	69.11%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	62.19%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	82.32%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	55.75%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	83.81%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	55.74%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	21.02%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	12.67%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.57%	[-]	OK

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 115 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>93.56%</b>	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
--------------------------------	--------	---------------	------------	-----------

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>				
<b>Verifica a taglio dei bulloni</b>	$\eta$	68.34%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
<b>Verifica a scorrimento</b>	$\eta$	72.60%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>	$\eta$	16.79%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
	$\eta$	91.90%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
<b>Verifica a rifollamento dei coprighiunti</b>	$\eta$	11.89%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
	$\eta$	49.63%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
<b>Verifica della sezione lorda dei coprighiunti</b>	$\eta_{MOMENTO}$	56.85%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
	$\eta_{TAGLIO}$	23.68%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
<b>Verifica della sezione netta dei coprighiunti</b>	$\eta_{MOMENTO}$	58.83%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
	$\eta_{TAGLIO}$	28.64%	<b>[-]</b>	<b>OK</b>
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>91.90%</b>		<b>OK</b>

		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>6385.28</b>	<b>4522.71</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>28984.42</b>	<b>21790.49</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>				
Momento d'inerzia del profilo	$I_y$	1.41093E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	1.20E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	138310		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	32000		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	65000		[mm <sup>2</sup> ]

<b>Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto</b>				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>24573.10</b>	<b>18474.06</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-8067.23</b>	<b>-6129.20</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>14959.13</b>	<b>11115.75</b>	[kN]

<b>Ripartizione delle azioni sull'anima</b>				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2250.47</b>	<b>1666.38</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>-506.63</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>3724.76</b>	<b>2800.27</b>	[kNm]

### **VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE**

#### **CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	A <sub>s</sub>	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concetti	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concetti	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 116 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprighiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprighiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprighiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprighiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprighiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprighiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

### Resistenza del giunto offerta dai bulloni

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU F1j,Rd sup SCO	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	SCO	7350.1	[kN]

### Resistenza della sezione netta delle ali

Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	27520.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	10105.34	[kN]

### Resistenza a rifollamento delle ali

Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	655.71	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	20982.86	[kN]

### Resistenza a rifollamento dei coprighiunti

Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala superiore	F4j,Rd	80784.00	[kN]

### Resistenza della sezione lorda dei coprighiunti

Area della sezione lorda dei coprighiunti	Ac	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprighiunti superiori	Ft,c,Rd	10886.67	[kN]

### Resistenza della sezione netta dei coprighiunti

Area della sezione netta dei coprighiunti	Ac,net	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprighiunti	Ft,c,net,Rd	8944.99	[kN]

### VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE

#### CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concetti	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concetti	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprighiunto interno	e'2	50	[mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 117 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

#### **CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprighiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprighiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprighiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprighiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprighiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprighiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

#### **Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup SLU</sub> F <sub>1j,Rd sup</sub> SCO	18763.9	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni		12212.1	[kN]

#### **Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala inferiore	A <sub>f,net</sub>	54080.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	F <sub>t,net,Rd i</sub>	19858.18	[kN]

#### **Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	F <sub>b,Rd i</sub>	1065.54	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F <sub>3j,Rd</sub>	57538.93	[kN]

#### **Resistenza a rifollamento dei coprighiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F <sub>b,c,Rd</sub>	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala inferiore	F <sub>4j,Rd</sub>	155797.71	[kN]

#### **Resistenza della sezione lorda dei coprighiunti**

Area della sezione lorda dei coprighiunti	A <sub>c</sub>	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprighiunti inferiori	F <sub>t,c,Rd</sub>	20015.24	[kN]

#### **Resistenza della sezione netta dei coprighiunti**

Area della sezione netta dei coprighiunti	A <sub>c,net</sub>	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprighiunti	F <sub>t,c,net,Rd</sub>	16803.07	[kN]

#### **VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA**

Numero di sezioni resistenti	n <sub>v</sub>	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	n <sub>b</sub>	63	[-]
Baricentro bullonatura	Z <sub>G,b</sub>	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura	X <sub>G,b</sub>	13.50	[cm]
Ordinata massima	z <sub>b,max</sub>	80.00	[cm]
Ascissa massima	x <sub>b,max</sub>	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	J <sub>b,tot</sub>	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto	<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
Forza Normale di Calcolo	NSd	-506.63	0.00 [kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2250.47	1666.38 [kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3724.76	2800.27 [kNm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 118 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Momento torcente parassita	TSd	30381	22496	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	402857	302524	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	17.86	13.23	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	-4.02	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	10.71	8.04	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	107.05	80.39	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	107	83	[kN]

**Verifica dei bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	106.92	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	83	[kN]

**Verifica a rifollamento dell'anima della trave**

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	57.13	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	206.06	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56	[kN]

**Verifica a rifollamento dei coprigiunti**

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	57.13	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	206.06	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]

**Verifica della sezione lorda dei coprigiunti**

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3724.76	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2250.4725	[kN]

**Verifica della sezione netta dei coprigiunti**

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3724.76	[kNm]

**SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO**

**Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore**

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	71.43%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	79.72%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	79.83%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	75.33%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	74.10%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	74.74%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	90.19%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	89.03%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	83.39%	[-]	OK

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 119 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	91.02%	[-]	OK
<b>Resistenza a rifollamento ala superiore</b>	$\eta$	52.98%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	19.32%	[-]	OK
<b>Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore</b>	$\eta$	13.76%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	7.13%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>91.02%</b>	[-]	<b>OK</b>

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>				
Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	58.23%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	69.59%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	16.41%	[-]	OK
	$\eta$	77.59%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	$\eta$	11.62%	[-]	OK
	$\eta$	41.90%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	53.25%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	23.68%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	55.10%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	28.64%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>77.59%</b>		<b>OK</b>

		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>9514.36</b>	<b>7130.28</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>23940.98</b>	<b>17587.63</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>				
Momento d'inerzia del profilo	$I_y$	1.41093E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	1.20E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	138310		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	32000		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	65000		[mm <sup>2</sup> ]

<b>Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto</b>				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>20297.26</b>	<b>14910.86</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-5682.47</b>	<b>-4141.90</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>14348.87</b>	<b>10607.20</b>	[kN]

<b>Ripartizione delle azioni sull'anima</b>				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2250.47</b>	<b>1666.38</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>847.96</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>3076.63</b>	<b>2260.17</b>	[kNm]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	A <sub>s</sub>	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 120 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concii	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concii	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

#### **CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

#### **Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	7350.1	[kN]

#### **Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	27520.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	10105.34	[kN]

#### **Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	655.71	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	20982.86	[kN]

#### **Resistenza a rifollamento dei coprigiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F4j,Rd	80784.00	[kN]

#### **Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti**

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	10886.67	[kN]

#### **Resistenza della sezione netta dei coprigiunti**

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	8944.99	[kN]

#### **VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE**

##### **CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasv</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 121 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concii	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concii	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

#### **CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

#### **Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	18763.9	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	12212.1	[kN]

#### **Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala inferiore	Af,net	54080.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	Ft,net,Rd i	19858.18	[kN]

#### **Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	Fb,Rd i	1065.54	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F3j,Rd	57538.93	[kN]

#### **Resistenza a rifollamento dei coprigiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F4j,Rd	155797.71	[kN]

#### **Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti**

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori	Ft,c,Rd	20015.24	[kN]

#### **Resistenza della sezione netta dei coprigiunti**

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	16803.07	[kN]

#### **VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA**

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	63	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	13.50	[cm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 122 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Ordinata massima	zb,max	80.00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	847.96	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2250.47	1666.38	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3076.63	2260.17	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	30381	22496	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	338045	248513	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	17.86	13.23	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	6.73	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	8.98	6.60	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	89.83	66.04	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	100	69	[kN]

#### Verifica dei bulloni

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	$0,7 \mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	100.22	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	69	[kN]

#### Verifica a rifollamento dell'anima della trave

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	53.69	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	193.12	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56	[kN]

#### Verifica a rifollamento dei coprigiunti

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	53.69	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	193.12	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]

#### Verifica della sezione lorda dei coprigiunti

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3076.63	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2250.4725	[kN]

#### Verifica della sezione netta dei coprigiunti

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3076.63	[kNm]

#### SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 123 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

<u>Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore</u>				
Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	50.32%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	76.47%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	56.23%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	72.26%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	52.20%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	71.69%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	63.53%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	85.39%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	56.35%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	86.86%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	50.55%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	18.43%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	13.13%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.81%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>86.86%</b>	<b>[-]</b>	<b>OK</b>

<u>Verifica della giunzione d'anima</u>				
Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	54.59%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	57.70%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	15.42%	[-]	OK
	$\eta$	72.72%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	$\eta$	10.92%	[-]	OK
	$\eta$	39.27%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	43.98%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	23.68%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	45.51%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	28.64%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>72.72%</b>		<b>OK</b>

		SLU	SLE	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>8939.82</b>	<b>6651.50</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>24861.40</b>	<b>18354.65</b>	[kNm]

<u>Ripartizione delle azioni sulle ali</u>				
Momento d'inerzia del profilo	$I_y$	1.41093E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	1.20E+11		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	138310		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	32000		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	65000		[mm <sup>2</sup> ]

<u>Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto</u>				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>21077.59</b>	<b>15561.14</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-6118.49</b>	<b>-4505.26</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>14458.60</b>	<b>10698.64</b>	[kN]

<u>Ripartizione delle azioni sull'anima</u>				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>2250.47</b>	<b>1666.38</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>599.71</b>	<b>FALSO</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>3194.91</b>	<b>2358.74</b>	[kNm]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	32	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	100	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	510	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	35	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1340	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	205	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	35	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

**Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v</sub> ,R <sub>d</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bL <sub>f</sub>	0.96	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bL <sub>f</sub> )	bL <sub>f</sub> ,ad	0.96	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v</sub> ,R <sub>d</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j</sub> ,R <sub>d</sub> sup SLU	11293.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F <sub>1j</sub> ,R <sub>d</sub> sup SCO	7350.1	[kN]

**Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala superiore	A <sub>f,net</sub>	27520.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	F <sub>t,net</sub> ,R <sub>d</sub> s	10105.34	[kN]

**Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	F <sub>b</sub> ,R <sub>d</sub> s	655.71	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F <sub>3j</sub> ,R <sub>d</sub>	20982.86	[kN]

**Resistenza a rifollamento dei coprigiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F <sub>b,c</sub> ,R <sub>d</sub>	1262.25	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F <sub>4j</sub> ,R <sub>d</sub>	80784.00	[kN]

**Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti**

Area della sezione lorda dei coprigiunti	A <sub>c</sub>	32200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	F <sub>t,c</sub> ,R <sub>d</sub>	10886.67	[kN]

**Resistenza della sezione netta dei coprigiunti**

Area della sezione netta dei coprigiunti	A <sub>c,net</sub>	24360.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	F <sub>t,c,net</sub> ,R <sub>d</sub>	8944.99	[kN]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	27	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	28	[mm]
Area del gambo filettato	As	459	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	54	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasm</sub>	6	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	55	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	55	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	80	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	120	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	110	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	50	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	50	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	200	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1500	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	40	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

**Resistenza del giunto offerta dai bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	183.60	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.95	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.95	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup SLU</sub>	18763.9	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup SCO</sub>	12212.1	[kN]

**Resistenza della sezione netta delle ali**

Area della sezione netta della ala inferiore	Af,net	54080.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	Ft,net,Rd i	19858.18	[kN]

**Resistenza a rifollamento delle ali**

Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.60	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	Fb,Rd i	1065.54	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F3j,Rd	57538.93	[kN]

**Resistenza a rifollamento dei coprigiunti**

Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.65	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1442.57	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F4j,Rd	155797.71	[kN]

**Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti**

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	59200.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori	Ft,c,Rd	20015.24	[kN]

**Resistenza della sezione netta dei coprigiunti**

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 126 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	45760.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	16803.07	[kN]

**VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA**

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	63	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	84.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	13.50	[cm]
Ordinata massima	zb,max	80.00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	150528.00	[cm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	599.71	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	2250.47	1666.38	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3194.91	2358.74	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	30381	22496	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	349873	258370	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	17.86	13.23	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	4.76	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	9.30	6.87	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	92.97	68.66	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	101	72	[kN]

**Verifica dei bulloni**

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	183.60	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	119.49	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	101.44	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	72	[kN]

**Verifica a rifollamento dell'anima della trave**

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	54.32	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	195.46	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.702	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.536	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	348.18	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	265.56	[kN]

**Verifica a rifollamento dei coprigiunti**

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	54.32	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	195.46	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.595	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.595	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	491.79	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	491.79	[kN]

**Verifica della sezione lorda dei coprigiunti**

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	21675000	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	51000	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6995.113636	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9502.66	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3194.91	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	2250.4725	[kN]

**Verifica della sezione netta dei coprigiunti**

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	16567800	[mm <sup>3</sup> ]
--	-----------	----------	--------------------

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 127 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33360	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6759.66	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7858.25	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3194.91	[kNm]

<b>SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO</b>				
<b>Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore</b>				
Resistenza bulloni a taglio ala superiore	$\eta$	54.18%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	$\eta$	77.06%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	$\eta$	60.55%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	$\eta$	72.81%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	$\eta$	56.20%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	$\eta$	72.24%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	$\eta$	68.40%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	$\eta$	86.05%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	$\eta$	61.30%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	$\eta$	87.61%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	$\eta$	50.99%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	$\eta$	18.59%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	13.24%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	6.87%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>87.61%</b>	<b>[-]</b>	<b>OK</b>

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>				
Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	55.25%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	59.87%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	15.60%	[-]	OK
	$\eta$	73.60%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	$\eta$	11.04%	[-]	OK
	$\eta$	39.75%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	45.67%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	23.68%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	47.26%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	28.64%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	<b><math>\eta</math></b>	<b>73.60%</b>		<b>OK</b>

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 128 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 12.1.2 Giunti nei trasversi

I giunti nei trasversi sono realizzati mediante piastre bullonate sull'anima e sulle ali. Le verifiche vengono effettuate, per le due giunzioni tra i conci, per le diverse combinazioni di carico analizzate.

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>480.00</b>	<b>480.00</b>	[kNm]

#### Ripartizione delle azioni sulle ali

Momento d'inerzia del profilo	Iy	2209503333	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	Iy,ali	1.85E+09	[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	25900	[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	8000	[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala inf	8000	[mm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>401.93</b>	<b>401.93</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-590.90</b>	<b>-590.90</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>590.90</b>	<b>590.90</b>	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>170.00</b>	<b>170.00</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>78.07</b>	<b>78.07</b>	[kNm]

#### VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

##### CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	20	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	21	[mm]
Area del gambo filettato	As	245	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	12	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	35	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	35	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	60	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	50	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	80	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	35	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	35	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	130	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

##### CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	390	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	300	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	20	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	390	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	120	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	20	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 129 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Resistenza a rottura dell'acciaio	$f_{tk}$	510	[MPa]
<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>			
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	$\mu$	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	$F_v, Rd$	98.00	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	$bL_f$	1.04	[-]
Coefficiente di riduzione adottato $\min(0,75; bL_f)$	$bL_{f,ad}$	1.00	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	$0,7 \mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	$F_v, Rd$	63.78	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	$F_{1j, Rd \text{ sup SLU}}$	2352.0	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	$F_{1j, Rd \text{ sup SCO}}$	1530.7	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>			
Area della sezione netta della ala superiore	$A_{f,net}$	6320.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	$F_{t,net, Rd \text{ s}}$	2320.70	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_g$	0.56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	$F_{b, Rd \text{ s}}$	226.67	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	$F_{3j, Rd}$	2720.00	[kN]
<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>			
Coefficiente di riduzione per geometria	$\alpha_c$	0.56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	$F_{b, c, Rd}$	453.33	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$F_{4j, Rd}$	10880.00	[kN]
<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>			
Area della sezione lorda dei coprigiunti	$A_c$	10800.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti superiori	$F_{t, c, Rd}$	3651.43	[kN]
<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>			
Area della sezione netta dei coprigiunti	$A_{c,net}$	7440.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	$F_{t, c, net, Rd}$	2731.97	[kN]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	20	[mm]
Diametro del foro	$d_0$	21	[mm]
Area del gambo filettato	$A_s$	245	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	12	[-]
Numero di bulloni trasversali	$nb_{,trasv}$	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	35	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	35	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	60	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	50	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei conci	p3	80	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei conci	e'1	35	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprigiunto interno	e'2	35	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	130	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	$f_{tb}$	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	390	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	300	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	20	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	390	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	120	[mm]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 130 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

Spessore del coprighiunto interno	tc	20	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>	-	-		
--	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	98.00	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	1.04	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	1.00	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F <sub>v,Rd</sub>	63.78	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup SLU</sub>	2352.0	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F <sub>1j,Rd sup SCO</sub>	1530.7	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>	-	-		
---	---	---	--	--

Area della sezione netta della ala inferiore	A <sub>f,net</sub>	6320.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	F <sub>t,net,Rd i</sub>	2320.70	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>	-	-		
--	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>g</sub>	0.56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	F <sub>b,Rd i</sub>	226.67	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F <sub>3j,Rd</sub>	2720.00	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento dei coprighiunti</b>	-	-		
---	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α <sub>c</sub>	0.56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F <sub>b,c,Rd</sub>	453.33	[kN]
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala inferiore	F <sub>4j,Rd</sub>	10880.00	[kN]

<b>Resistenza della sezione lorda dei coprighiunti</b>	-	-		
--	---	---	--	--

Area della sezione lorda dei coprighiunti	A <sub>c</sub>	10800.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprighiunti inferiori	F <sub>t,c,Rd</sub>	3651.43	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta dei coprighiunti</b>	-	-		
--	---	---	--	--

Area della sezione netta dei coprighiunti	A <sub>c,net</sub>	7440.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprighiunti	F <sub>t,c,net,Rd</sub>	2731.97	[kN]

<b>VERIFICA COPRIGHIUNTI D'ANIMA</b>				
--------------------------------------	--	--	--	--

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	9.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	12	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	24.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	9.50	[cm]
Ordinata massima	z <sub>b,max</sub>	20.00	[cm]
Ascissa massima	x <sub>b,max</sub>	4.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	J <sub>b,tot</sub>	2432.00	[cm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto	<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
---	------------	------------	--

Forza Normale di Calcolo	NSd	0.00	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	170.00	170.00	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	78.07	78.07	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	1615	1615	[kNcm]
Momento totale di calcolo	M <sub>tot,Sd</sub>	9422	9422	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	V <sub>bz,V</sub>	7.08	7.08	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	V <sub>bx,N</sub>	0.00	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	V <sub>bz,M</sub>	7.75	7.75	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	V <sub>bx,M</sub>	38.74	38.74	[kN]
Reazione per sezione di taglio	R <sub>b,tot</sub>	41	41	[kN]

<b>Verifica dei bulloni</b>	-	-		
-----------------------------	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.50	[-]
--	---	------	-----

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 131 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	98.00	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	63.78	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	41.48	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	41	[kN]

**Verifica a rifollamento dell'anima della trave** -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	29.66	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	77.48	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	1.000	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.714	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	306.00	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	218.57	[kN]

**Verifica a rifollamento dei coprigiunti** -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	29.66	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	77.48	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.794	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.794	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	647.62	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	647.62	[kN]

**Verifica della sezione lorda dei coprigiunti** -

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	2500000	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	20000	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	806.8181818	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	3726.53	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	78.07	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	170	[kN]

**Verifica della sezione netta dei coprigiunti** -

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	2197600	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	14960	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	896.62	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	3523.96	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	78.07	[kNm]

**SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO**

**Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore**

<b>Resistenza bulloni a taglio ala superiore</b>	$\eta$	25.12%	[-]	OK
<b>Resistenza bulloni a taglio ala inferiore</b>	$\eta$	25.12%	[-]	OK
<b>Resistenza sezione netta ala superiore</b>	$\eta$	25.46%	[-]	OK
<b>Resistenza sezione netta ala inferiore</b>	$\eta$	25.46%	[-]	OK
<b>Massima trazione coprigiunti superiori</b>	$\eta$	16.18%	[-]	OK
<b>Massima trazione coprigiunti inferiori</b>	$\eta$	16.18%	[-]	OK
<b>Trazione area netta coprigiunti superiori</b>	$\eta$	21.63%	[-]	OK
<b>Trazione area netta coprigiunti inferiori</b>	$\eta$	21.63%	[-]	OK
<b>Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore</b>	$\eta$	38.60%	[-]	OK
<b>Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore</b>	$\eta$	38.60%	[-]	OK
<b>Resistenza a rifollamento ala superiore</b>	$\eta$	21.72%	[-]	OK
<b>Resistenza a rifollamento ala inferiore</b>	$\eta$	21.72%	[-]	OK
<b>Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore</b>	$\eta$	5.43%	[-]	OK
<b>Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore</b>	$\eta$	5.43%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>38.60%</b>	[-]	<b>OK</b>

**Verifica della giunzione d'anima** -

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 132 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

<b>Verifica a taglio dei bulloni</b>	$\eta$	42.33%	[-]	OK
<b>Verifica a scorrimento</b>	$\eta$	65.04%	[-]	OK
<b>Verifica a rifollamento dell'anima della trave</b>	$\eta$	9.69%	[-]	OK
	$\eta$	35.45%	[-]	OK
<b>Verifica a rifollamento dei coprighiunti</b>	$\eta$	4.58%	[-]	OK
	$\eta$	11.96%	[-]	OK
<b>Verifica della sezione lorda dei coprighiunti</b>	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	9.68%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	4.56%	[-]	OK
<b>Verifica della sezione netta dei coprighiunti</b>	$\eta_{\text{MOMENTO}}$	8.71%	[-]	OK
	$\eta_{\text{TAGLIO}}$	4.82%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>65.04%</b>		<b>OK</b>

		<b>SLU</b>	<b>SLE</b>	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	<b>560.00</b>	<b>560.00</b>	[kNm]

<b>Ripartizione delle azioni sulle ali</b>				
Momento d'inerzia del profilo	$I_y$	1783853750		[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	1.41E+09		[mm <sup>4</sup> ]
Area del profilo	A	22050		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala superiore	Aala sup	6000		[mm <sup>2</sup> ]
Area della ala inferiore	Aala inf	6000		[mm <sup>2</sup> ]

<b>Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto</b>				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	<b>441.98</b>	<b>441.98</b>	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	<b>-645.12</b>	<b>-645.12</b>	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	<b>645.12</b>	<b>645.12</b>	[kN]

<b>Ripartizione delle azioni sull'anima</b>				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	<b>250.00</b>	<b>250.00</b>	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	<b>118.02</b>	<b>118.02</b>	[kNm]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	20	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	21	[mm]
Area del gambo filettato	A <sub>s</sub>	245	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	12	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	35	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	35	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	60	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	50	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concii	p3	80	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concii	e'1	35	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprighiunto interno	e'2	35	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	130	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

Lunghezza del coprighiunto esterno	Lc	390	[mm]
Larghezza del coprighiunto esterno	bc	300	[mm]

Spessore del coprighiunto esterno	tc	20	[mm]
Lunghezza del coprighiunto interno	Lc	390	[mm]
Larghezza del coprighiunto interno	b'c	120	[mm]
Spessore del coprighiunto interno	tc	20	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

**Resistenza del giunto offerta dai bulloni** - -

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	98.00	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	1.04	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	1.00	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	63.78	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	2352.0	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	1530.7	[kN]

**Resistenza della sezione netta delle ali** - -

Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	4740.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	1740.53	[kN]

**Resistenza a rifollamento delle ali** - -

Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	170.00	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	2040.00	[kN]

**Resistenza a rifollamento dei coprighiunti** - -

Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	453.33	[kN]
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala superiore	F4j,Rd	10880.00	[kN]

**Resistenza della sezione lorda dei coprighiunti** - -

Area della sezione lorda dei coprighiunti	Ac	10800.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprighiunti superiori	Ft,c,Rd	3651.43	[kN]

**Resistenza della sezione netta dei coprighiunti** - -

Area della sezione netta dei coprighiunti	Ac,net	7440.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprighiunti	Ft,c,net,Rd	2731.97	[kN]

**VERIFICA COPRIGIUNTO ALA INFERIORE**

**CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA**

Diametro del bullone	d	20	[mm]
Diametro del foro	d <sub>0</sub>	21	[mm]
Area del gambo filettato	As	245	[mm <sup>2</sup> ]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	12	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb <sub>,trasv</sub>	4	[-]
Numero piani di taglio per bullone	n	2	[-]
Distanza bullone dal bordo lungo asse trave	e1	35	[mm]
Distanza bullone dal bordo trasversale asse trave	e2	35	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave	p1	60	[mm]
Passo bulloni in direzione trasversale asse trave	p2	50	[mm]
Passo bulloni in direzione asse trave prossimi alla linea dei concii	p3	80	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concii	e'1	35	[mm]
Distanza dal bordo interno bulloni coprighiunto interno	e'2	35	[mm]
Distanza trasversale bulloni prossimi ad asse trave	e3	130	[mm]
Resistenza a rottura del bullone	f <sub>tb</sub>	1000	[MPa]

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO**

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 134 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	390	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	300	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	20	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	390	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	120	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	20	[mm]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f <sub>yk</sub>	355	[MPa]
Resistenza a rottura dell'acciaio	f <sub>tk</sub>	510	[MPa]

<b>Resistenza del giunto offerta dai bulloni</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	98.00	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	1.04	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	1.00	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	63.78	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	2352.0	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	1530.7	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta delle ali</b>	-	-	
---	---	---	--

Area della sezione netta della ala inferiore	Af,net	4740.00	[mm <sup>2</sup> ]
Resistenza sezione netta ala inferiore	Ft,net,Rd i	1740.53	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento delle ali</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	Fb,Rd i	170.00	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F3j,Rd	2040.00	[kN]

<b>Resistenza a rifollamento dei coprigiunti</b>	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	453.33	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F4j,Rd	10880.00	[kN]

<b>Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti</b>	-	-	
---	---	---	--

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	10800.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione coprigiunti inferiori	Ft,c,Rd	3651.43	[kN]

<b>Resistenza della sezione netta dei coprigiunti</b>	-	-	
---	---	---	--

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	7440.00	[mm <sup>2</sup> ]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	2731.97	[kN]

<b>VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA</b>			
-------------------------------------	--	--	--

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	9.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	12	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	24.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	9.50	[cm]
Ordinata massima	zb,max	20.00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	4.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	2432.00	[cm <sup>2</sup> ]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	0.00	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	250.00	250.00	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	118.02	118.02	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	2375	2375	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	14177	14177	[kNcm]
Taglio in z dovuto a VsD	Vbz,V	10.42	10.42	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	0.00	0.00	[kN]

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 135 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	11.66	11.66	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	58.29	58.29	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	62	62	[kN]

**Verifica dei bulloni** -

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	$\alpha$	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	98.00	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 $\mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	63.78	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	62.33	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	62	[kN]

**Verifica a rifollamento dell'anima della trave** -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	44.15	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	116.59	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	1.000	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.714	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	306.00	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	218.57	[kN]

**Verifica a rifollamento dei coprigiunti** -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	44.15	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	116.59	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.794	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.794	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	647.62	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	647.62	[kN]

**Verifica della sezione lorda dei coprigiunti** -

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	2500000	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	20000	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	806.8181818	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	3726.53	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	118.02	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	250	[kN]

**Verifica della sezione netta dei coprigiunti** -

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	2197600	[mm <sup>3</sup> ]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	14960	[mm <sup>2</sup> ]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	896.62	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	3523.96	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	118.02	[kNm]

**SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO**

**Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore**

<b>Resistenza bulloni a taglio ala superiore</b>	$\eta$	27.43%	[-]	OK
<b>Resistenza bulloni a taglio ala inferiore</b>	$\eta$	27.43%	[-]	OK
<b>Resistenza sezione netta ala superiore</b>	$\eta$	37.06%	[-]	OK
<b>Resistenza sezione netta ala inferiore</b>	$\eta$	37.06%	[-]	OK
<b>Massima trazione coprigiunti superiori</b>	$\eta$	17.67%	[-]	OK
<b>Massima trazione coprigiunti inferiori</b>	$\eta$	17.67%	[-]	OK
<b>Trazione area netta coprigiunti superiori</b>	$\eta$	23.61%	[-]	OK
<b>Trazione area netta coprigiunti inferiori</b>	$\eta$	23.61%	[-]	OK
<b>Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore</b>	$\eta$	42.14%	[-]	OK
<b>Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore</b>	$\eta$	42.14%	[-]	OK
<b>Resistenza a rifollamento ala superiore</b>	$\eta$	31.62%	[-]	OK
<b>Resistenza a rifollamento ala inferiore</b>	$\eta$	31.62%	[-]	OK

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 136 di 139		
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato		

Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	$\eta$	5.93%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	$\eta$	5.93%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>42.14%</b>	[-]	<b>OK</b>

<b>Verifica della giunzione d'anima</b>				
Verifica a taglio dei bulloni	$\eta$	63.61%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	$\eta$	97.73%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	$\eta$	14.43%	[-]	OK
	$\eta$	53.34%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	$\eta$	6.82%	[-]	OK
	$\eta$	18.00%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	14.63%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	6.71%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	13.16%	[-]	OK
	$\eta_{TAGLIO}$	7.09%	[-]	OK
<b>Tasso di lavoro massimo</b>	$\eta$	<b>97.73%</b>		<b>OK</b>

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	<b>Opera: Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	<b>Relazione di Calcolo Impalcato</b>
	<b>Pagina 137 di 139</b>
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 13 DISPOSITIVI ANTISISMICI E GIUNTI DI DILATAZIONE

#### 13.1 Dispositivi antisismici

Come sistema di isolamento sono stati utilizzati apparecchi di appoggio del tipo elastomerici definiti dalle seguenti grandezza caratteristiche:

V	<b>3610</b>	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F <sub>zd</sub>	<b>9380</b>	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K <sub>e</sub>	<b>2,01</b>	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K <sub>v</sub>	<b>1954</b>	kN/mm	rigidezza verticale
d	<b>0,150</b>	m	massimo spostamento dell'isolatore

Smorzamento viscoso equivalente: 10%; Fattore di smorzamento  $\eta_{iso}$ : 0.816

Tali isolatori consentono sostanzialmente di aumentare il periodo proprio della struttura, di sostenere i carichi verticali senza apprezzabili cedimenti, e di contenere lo spostamento orizzontale della struttura isolata.

Le NTC 08 permettono di applicare una riduzione dello spettro elastico definito in precedenza per il campo di periodi  $T \geq 0,8 T_{is}$ , assumendo per il coefficiente riduttivo  $\eta_{iso}$  il valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente  $\xi_{esi}$  del sistema di isolamento.

The figure consists of two screenshots from a structural analysis software. Each screenshot shows a truss structure with force diagrams and a corresponding property table.

**Top Screenshot:** Shows a truss structure with force values: 4553, 23403, 53325, 33328, 4702, 3374, 63328. The property table for 'Isolatore 1' is as follows:

Isolatore	1
Nodo I	5291
Nodo J	5433
Nodo K	6935
Materiale	1 (D55)
Contesto	Condizione Pesi strutturali
Parametro	F1 (N)
Sezione	Iniziale
F1 (N)	-1288.79
Estremi	
Contesto	
F1 (N)	-4552.65; -1796.21
Minimo	-4552.65; SLU SLU_GA 1 (Tr)_P1
Massimo	-1796.21; SLU SLU_A_VENTO_SC

**Bottom Screenshot:** Shows a truss structure with force values: 1887, 21601, 51910, 1854, 1604, 1951. The property table for 'Isolatore 5' is as follows:

Isolatore	5
Nodo I	5287
Nodo J	5429
Nodo K	6935
Materiale	1 (D55)
Contesto	Condizione Pesi strutturali
Parametro	F1 (N)
Sezione	Iniziale
F1 (N)	-1279.55
Estremi	
Contesto	Famiglia "SLV sottostruttura"
F1 (N)	-1909.56; -1585.5
Minimo	-1909.56; SLV sottostruttura 7
Massimo	-1585.5; SLV sottostruttura 5

Come si può vedere dalle tabelle precedenti i massimi carichi verticali agenti nelle due combinazioni risultano compatibili con il massimo carico che può sopportare il dispositivo in fase di sisma ed allo S.L.U.

**Le verifiche sugli isolatori sono descritte nella relazione sulle sottostrutture e riportate nel relativo allegato.**

CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 <b>Progetto Esecutivo</b>	Opera: <b>Cavalcaferrovia Grotticelle</b>
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 138 di 139
	Nome file: PO02-F-CL022_A_relazione di calcolo impalcato

### 13.2 Giunti di dilatazione

La dilatazione longitudinale dell'impalcato è la somma dello spostamento dovuto al sisma e della dilatazione dovuta alla variazione termica lineare uniforme:

$$d_{TOT} = d_E + d_{\Delta T}$$

$\mu_d = q \quad \text{se } T_1 \geq T_C$	$\mu_d = 1 + (q - 1) \cdot T_C / T_1 \quad \text{se } T_1 < T_C$
---	--

dove:

$$d_E = d_{Ee} * \mu_d = 0,085 \text{ m} * 1 = 0,085 \text{ m} = 85,0 \text{ mm} \quad (\text{NTC cap. 7.3.3.3});$$

$$d_{\Delta T} = \varepsilon_{(\Delta T=25)} * L_{imp} = 0,0003 * 46,20 \text{ m} = 0,01386 \text{ m} = 13,86 \text{ mm};$$

indicando con  $d_{Ee}$  spostamento orizzontale ottenuto dall'analisi lineare;  $\varepsilon_{(\Delta T=25)}$  deformazioni da effetto termico lineare paria a  $\pm 25^\circ$ ;  $L_{imp}$  lunghezza dell'impalcato.

Si ha quindi  $d_{TOT} = 98,86 \text{ mm}$

Pertanto l'escursione del giunto vale  $2 * d_{TOT} = 197,72 \text{ mm}$ .

## 14 CONCLUSIONI

Dalle verifiche effettuate si può concludere che la struttura risulta rispondere a tutti i requisiti di resistenza e funzionalità previsti allo SLU e SLE, con opportuno margine di sicurezza.

L'analisi critica dei risultati e dei parametri di controllo associata al confronto con verifiche di massima eseguite manualmente porta a confermare la validità dei risultati.

Dovrà essere posta attenzione alle effettive misure dello stato di fatto in modo da posizionare la struttura in oggetto in maniera conforme alle indicazioni di progetto.

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 14.01.2008.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle azioni pari a quelle di esercizio.

## 15 ALLEGATO

L'allegato contiene tutte le verifiche relative alle sezioni miste in acciaio calcestruzzo presenti nell'impalcato nelle combinazioni di calcolo descritte in relazione agli stati limite SLU, SLV, SLE, SLF in conformità alla normativa vigente.