

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:



SVINCOLI

SVINCOLO CALTANISSETTA NORD

Cavalcavia 4.1

Relazione di calcolo impalcato

Codice Unico Progetto (CUP) : F91B09000070001

Codice Elaborato:

PA12_09 - E 1 2 7 C V 2 0 2 C V 0 7 F C L 0 2 1 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 1 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
2.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	4
2.2	MODALITÀ REALIZZATIVE	7
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	7
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	7
3.1.1	<i>Documenti di progetto.....</i>	7
3.1.2	<i>Normativa e istruzioni.....</i>	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI.....	7
4.1	CALCESTRUZZO	7
4.1.1	<i>Soletta.....</i>	7
4.1.2	<i>Predalles.....</i>	8
4.2	ACCIAIO.....	8
4.2.1	<i>Acciaio per cemento armato.....</i>	8
4.2.2	<i>Acciaio per la carpenteria metallica di impalcato</i>	8
4.2.3	<i>Connettori trave soletta.....</i>	8
4.2.4	<i>Giunzioni bullonate</i>	9
4.2.5	<i>Giunzioni saldate.....</i>	9
4.3	CONDIZIONI AMBIENTALI E CLASSI DI ESPOSIZIONE	9
4.4	CALCOLO COEFFICIENTI DI OMOGENEIZZAZIONE	10
5	IMPOSTAZIONI DELLE ANALISI E DELLE VERIFICHE	11
5.1	ANALISI DELLA STRUTTURA COMPOSTA	11
5.1.1	<i>Fasi.....</i>	11
5.2	DATI GENERALI DELLE SEZIONI DI IMPALCATO	11
5.2.1	<i>Larghezze collaboranti di soletta</i>	11
5.2.2	<i>Caratteristiche delle sezioni di impalcato</i>	12
5.3	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO.....	14
6	ANALISI DEI CARICHI DI PROGETTO	15
6.1	PESO PROPRIO DEI MATERIALI STRUTTURALI	15
6.2	CARICHI PERMANENTI.....	15
6.3	RITIRO (ε ₂).....	16
6.4	CARICHI VARIABILI DA TRAFFICO	17
6.4.1	<i>Categoria Stradale</i>	17

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 2 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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
7	ANALISI NUMERICA	39
7.1	CODICE DI CALCOLO	39
7.2	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	39
7.3	MODELLAZIONE DELLE AZIONI	40
8	CALCOLO DELLA RISPOSTA STRUTTURALE	41
8.1	DATI-INPUT DELL'ANALISI	41
8.2	CONDIZIONI DI CARICO ELEMENTARI.....	42
8.3	RISULTATI DELL'ANALISI	46
8.3.1	<i>Numerazione delle aste nelle travi d'impalcato</i>	47
8.3.2	<i>Diagrammi delle sollecitazioni</i>	47
8.3.3	<i>Sollecitazioni nei conci nelle condizioni elementari di carico</i>	49
8.3.4	<i>Combinazioni di carico utilizzate</i>	50
8.3.5	<i>Combinazioni di carico con sollecitazioni massime</i>	51
9	VERIFICHE STRUTTURALI	52

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 3 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

9.1	VERIFICHE DELLE MEMBRATURE IN ACCIAIO	52
9.1.1	Verifiche di resistenza delle membrature di classe 1 e 2.....	52
9.1.2	Verifiche di resistenza delle membrature di classe 3 e 4.....	53
9.1.3	Verifica per sollecitazioni taglienti.....	55
9.1.4	Verifica per sollecitazioni composte di taglio e presso-flessione.....	56
9.1.5	Verifica degli irrigidimenti.....	57
9.1.6	Verifica connessione trave soletta.....	59
9.2	VERIFICHE LOCALI DELLA SOLETTA DI IMPALCATO	60
9.2.1	Sollecitazioni flettenti trasversali.....	62
9.2.2	Armatura superiore trasversale minima per verifica a flessione SLU.....	63
9.2.3	Ampiezza massima fessure nel cls per verifica a fessurazione SLE - tesa superiore.....	63
9.2.4	Armatura inferiore trasversale minima per verifica a flessione SLU.....	64
9.2.5	Ampiezza massima fessure nel cls per verifica a fessurazione SLE - tesa inferiore.....	64
9.3	VERIFICHE A FATICA	65
9.3.1	Modello di carico a fatica.....	65
9.3.2	Coefficienti parziali per la resistenza a fatica.....	65
9.3.3	Dettagli di fatica adottati per le verifiche.....	66
9.3.4	Verifiche a fatica dei conci metallici.....	67
10	S.L.E. – DEFORMABILITÀ.....	68
11	VERIFICA DEI TRASVERSI E DEI CONTROVENTI.....	69
11.1	S.L.U. – RESISTENZA DELLE SEZIONI.....	69
11.1.1	Traverso di appoggio.....	70
11.1.2	Traverso di campata.....	73
11.1.3	Controventi.....	76
12	UNIONI A TAGLIO PER ATTRITO AD ALTA RESISTENZA.....	80
12.1	GENERALITÀ.....	80
12.1.1	Giunti trave-trave.....	80
12.1.2	Giunti nei trasversi.....	102
13	DISPOSITIVI ANTISISMICI E GIUNTI DI DILATAZIONE.....	116
13.1	DISPOSITIVI ANTISISMICI.....	116
13.2	GIUNTI DI DILATAZIONE.....	117
14	CONCLUSIONI.....	117
15	ALLEGATO.....	117

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 4 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

1 PREMESSA

Nella presente relazione si riportano l'analisi strutturale e le verifiche di sicurezza dell'impalcato del cavalcavia 4.1 svincolo Caltanissetta Nord sull'asse principale in corrispondenza delle progressive di progetto pk 19+296,53 AG-A19 (Dx) / pk 19+299,66 A19-AG (Sx).

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 38.00 m, oltre ai retro-trave lunghi 0.60 m. La sezione d'impalcato presenta una larghezza complessiva di 12.5 m ed è così organizzata:

- 9.5 m carreggiata stradale;
- 1.50 m cordolo in sx;
- 1.50 m cordolo in dx.

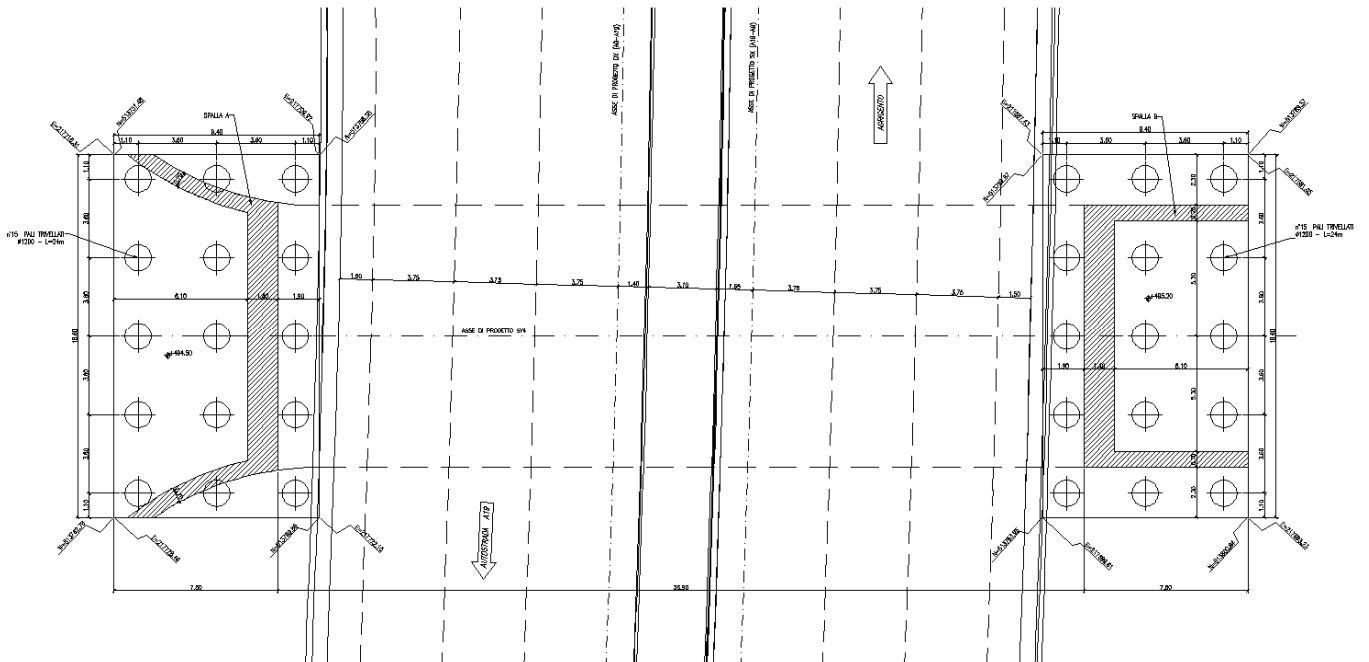
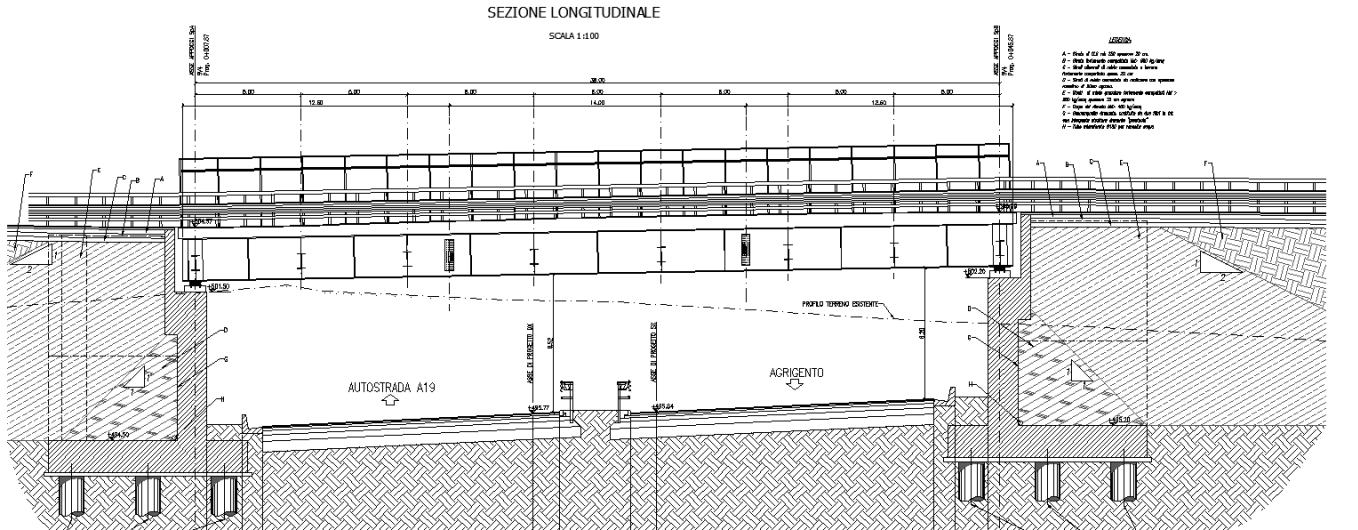
Dal punto di vista strutturale la sezione è composta da due travi metalliche in acciaio e da una soletta collaborante in c.a. gettato in opera su predalles tralicciate aventi la funzione di cassero a perdere. Le due travi metalliche, poste ad interasse di 5.0 m, presentano sezione a doppia "T" di altezza costante. La soletta in c.a. ha un'altezza comprensiva delle dalles prefabbricate variabile tra un minimo di 30 cm ed un massimo di circa 38 cm in corrispondenza dell'asse impalcato. 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 posti ogni 5.00 m.

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 per un passo medio lungo l'intera trave principale di 2,5 metri.

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.

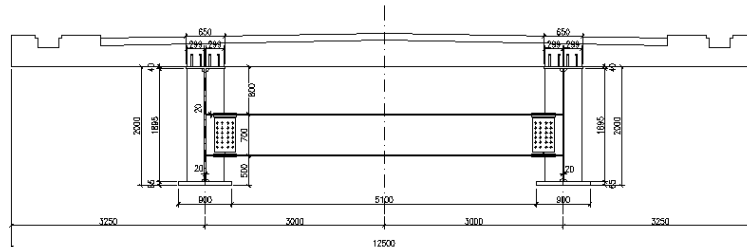
Nelle figure seguenti si riportano il profilo e la pianta del cavalcavia.



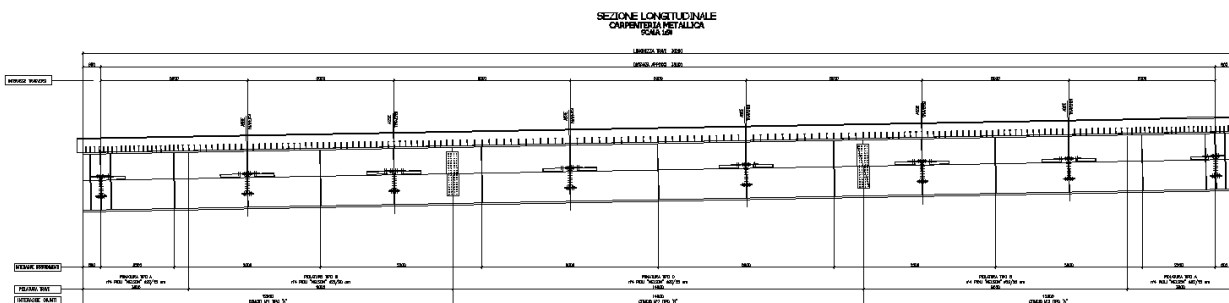
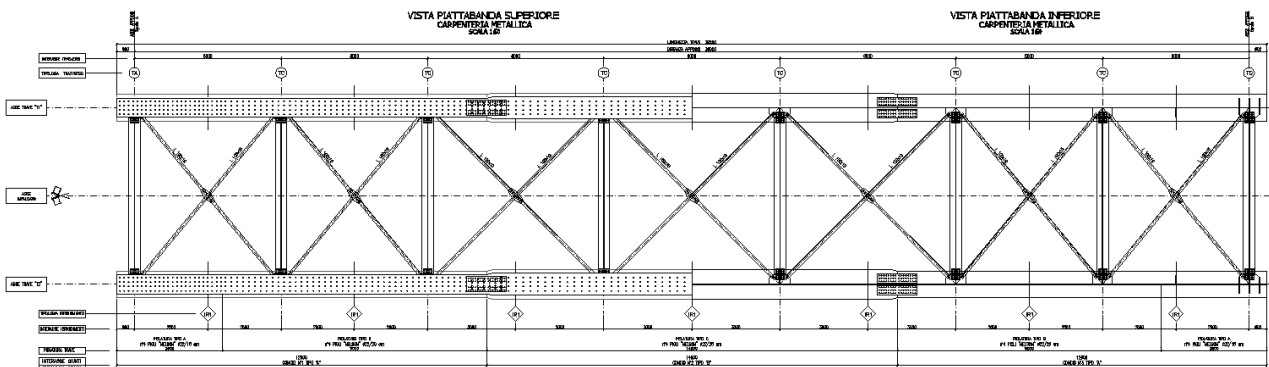
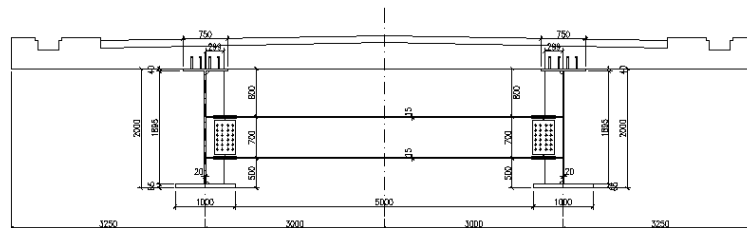
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 6 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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

SEZIONE IN ASSE APPOGGIO
CARPENTERIA METALLICA
SCALA 1:50



SEZIONE DI CAMPATA
CARPENTERIA METALLICA
SCALA 1:50



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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 7 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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

C32/40
C = 45 mm

Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	40	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	33,20	[MPa]
Coefficiente di sicurezza parziale per il calcestruzzo	γ_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}	41,20	[MPa]
Valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo	f_{ctm}	3,10	[MPa]
Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 5%)	$f_{ctk;0,05}$	2,2	[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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 8 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

Valore caratteristico della resistenza a trazione assiale (frattile 95%)	$f_{ctk;0,95}$	4,0	[MPa]
Modulo di elasticità secante del calcestruzzo	E_{cm}	33643	[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}	18,81	[MPa]
Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo	f_{ctd}	1,45	[MPa]
Tensione ammissibile nel cls nella combinazione caratteristica	$S_{c,caratt.}$	19,92	[MPa]
Tensione ammissibile nel cls nella combinazione quasi permanente	$S_{c,q.p.}$	14,94	[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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 9 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 coprighiunti d'anima, tutte allo S.L.U. con riferimento ai seguenti coefficienti γ_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 coprighiunti d'anima

Le verifiche a scorrimento allo S.L.E. verranno eseguite utilizzando un coefficiente di attrito μ tra le piastre a contatto nelle unioni "pre-caricate" assunto pari a 0,45, ipotizzando le giunzioni sabbiate 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 γ_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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 10 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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	$B_{\text{impalcato}}$	12.50	[m]
Spessore impalcato	$S_{\text{impalcato}}$	0.38	[m]
Superficie trasversale della soletta	A_c	47500	[cm ²]
Perimetro esposto	u	2576	[cm]
Dimensione fittizia	h_0	368.8	[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}	40	[MPa]
Resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	33.2	[MPa]
Resistenza caratt. cilindrica media	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41.2	[MPa]
Modulo elastico istantaneo del cls	E_{cm}	33643	[MPa]

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

Interpolazione per il calcolo di ϵ_{co} (Tab.11.2.Va)	ϵ_{co}	0.00034	[-]
Interpolazione per il calcolo di K_h (Tab.11.2.Vb)	K_h	0.733	[-]
deformazione per ritiro da essiccamento	$\epsilon_{cd} = \epsilon_{co} K_h$	0.000248	[-]

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

Deformazione per ritiro autogeno	$\epsilon_{ca} = -2,5(f_{ck} - 10)10^6$	0.000058	[-]
Deformazione totale da ritiro (11.2.10.6 NTC)	$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$	0.0003063	[-]

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

	n_1	n_2			
t_0	2	30	α_1	0.892	[-]
$\beta_c(t_0)$	0.801	0.482	α_2	0.968	[-]
φ_0	2.853	1.718	α_3	0.922	[-]
$\varphi(t, t_0)$	2.827	1.702	φ_{RH}	1.361	[-]
ψ	0.550	1.100	$\beta_c(f_{cm})$	2.617	[-]
$E_{cm}(t, t_0)$	13167	11713	β_H	783.61	[-]
n	15.95	17.93	$\beta_c(t, t_0)$	0.991	[-]
			t	25550	giorni

coefficiente di omogeneizzazione istantaneo	$n_0 = E_s/E_{cm}$	6.24	[-]
coefficiente di omogeneizzazione RITIRO	$n_1 = E_s/E_{cm}(t, t_0=2)$	15.95	[-]
coefficiente di omogeneizzazione PERMANENTI	$n_2 = E_s/E_{cm}(t, t_0=30)$	17.93	[-]

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 11 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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:

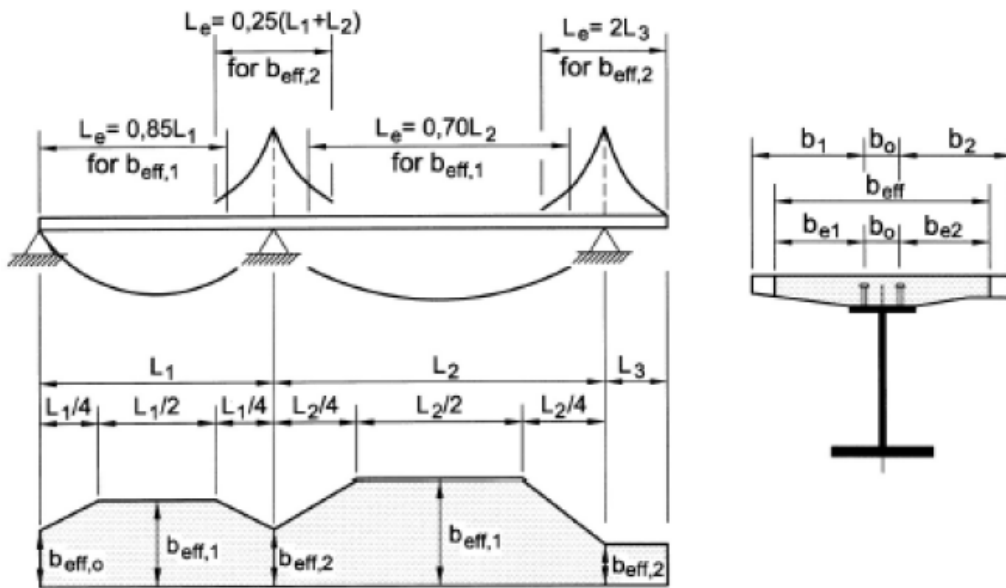
- fase 1: assenza soletta (fase iniziale);
- fase 2a: presenza della soletta, con modulo elastico a lungo termine, valutato per carichi permanenti applicati ad istante successivo al getto, e di intensità costante nel tempo (es. permanenti di finitura);
- fase 2b: presenza della soletta, con modulo elastico 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)	3	[m]
b_2 (dx)	3.25	[m]
Distanza connettori estremi	0.5	[m]
Lunghezza totale impalcato	38	[m]

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

Ni	Li	ascissa	zona	Le	bef1	β_1	$\beta_1 b e f 1$	bef2	β_2	$\beta_2 b e f 2$	b0	B	Bn ₀	Bn ₁
	[m]	[m]		[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1.00	38.00	0.00	0.00	38.00	2.75	0.87	2.38	3.00	0.87	2.60	0.50	5.48	0.88	0.31
semplice appoggio		9.50	1.00	38.00	2.75	1.00	2.75	3.00	1.00	3.00	0.50	6.25	1.00	0.35
		28.50	1.00	38.00	2.75	1.00	2.75	3.00	1.00	3.00	0.50	6.25	1.00	0.35
		38.00	0.00	38.00	2.75	0.87	2.38	3.00	0.87	2.60	0.50	5.48	0.88	0.31

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.

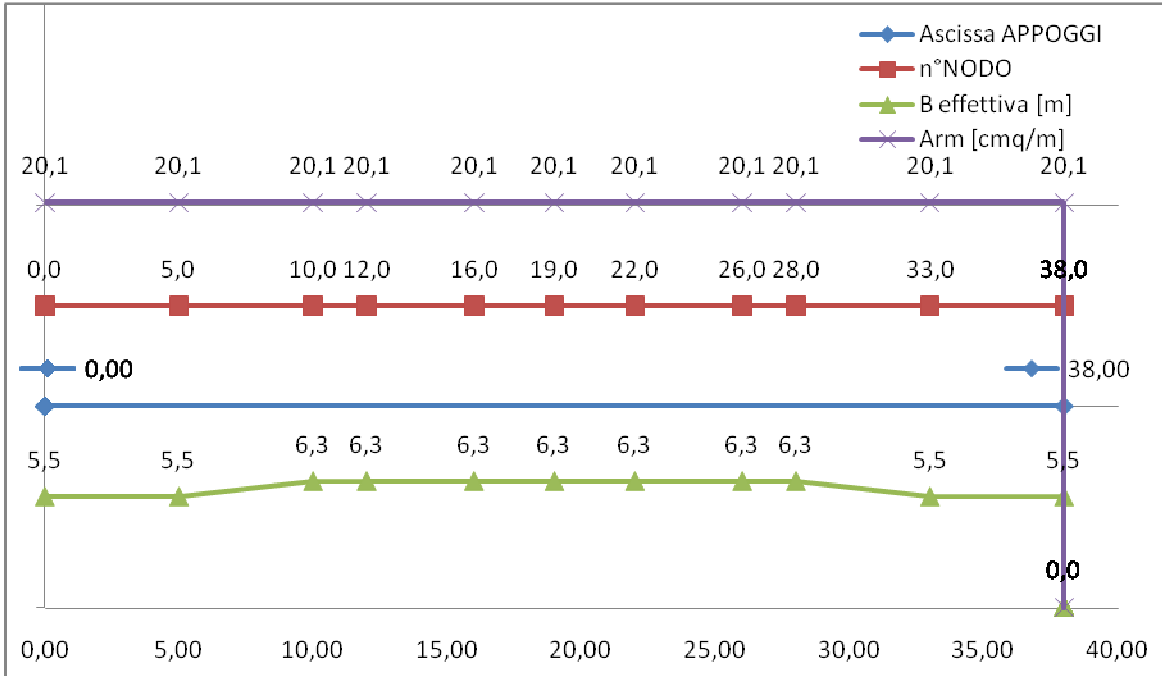
Le sezioni verificate, sono univocamente determinate dal tipo di concio, da una sigla formata da una numerazione progressiva dei nodi corrispondenti a sezioni di verifica, dall'ascissa iniziale e finale relativa all'elemento indagato.

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.

Le caratteristiche geometriche dell'impalcato, dei conci, dei traversi, e l'indicazione degli elementi strutturali principali sono riassunte nelle tabelle seguenti.

SEZIONI DEI CONCI E DEI TRAVERSI

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 14 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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.

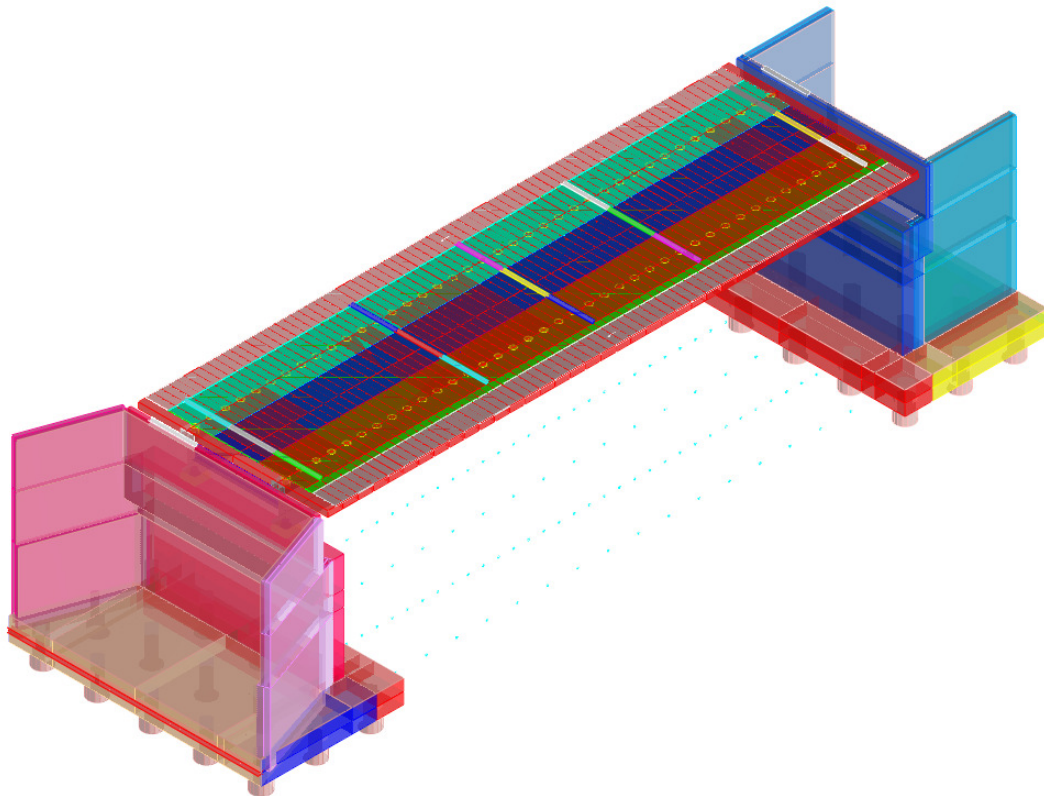
- **FASE 2b – Valutazione degli effetti del ritiro**

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 15 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 16 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

CARICHI PERMANENTI

Peso trave (da media pesata area dei conci)	P_{trave}	9.42	[kN/m]
Incremento % peso travi per peso giunzioni	%	15%	[-]

CONCIO	Area [cmq]	Peso [daN/m]	INCR.	Peso Trave + INCR.		
A	1224.00	960.84	15%	$G_{1,A}$	11.00	[kN/m]
B	1329.00	1043.265	15%	$G_{1,B}$	12.00	[kN/m]
Peso Soletta al mq				$G_{1\ soletta}$	9.50	[kN/m ²]

CARICHI PERMANENTI PORTATI

Peso Cordoli al mq	$P_{cordoli}$	4.25	[kN/m ²]
Peso Cordoli al ml su lunghezza di impalcato	$P_{cordoli,ml}$	12.75	[kN/m]
Peso Pacchetto stradale al mq	$P_{pavimentazione}$	2.64	[kN/m ²]
Peso Pacchetto stradale al ml su lunghezza di impalcato	$P_{pavimentazione,ml}$	25.08	[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 Barriere+Guard rail+Velette	$P_{2\ lineare}$	7.20	[kN/m]
Peso Totale Permanenti portati	G_2	45.03	[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.

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 17 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

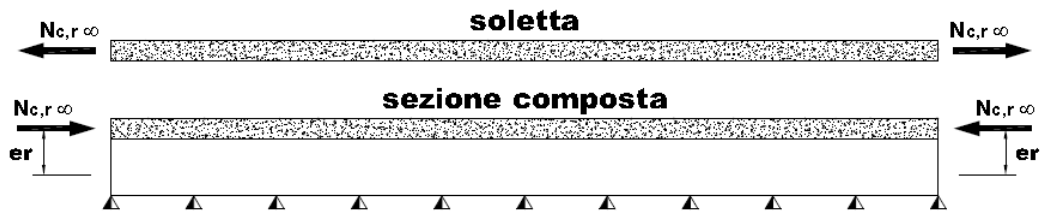


Figura 2-1- Azioni statiche equivalenti al ritiro

CALCOLO SOLLECITAZIONI NELLA SOLETTA PER RITIRO

Modulo elastico acciaio	E_s	210000	[MPa]
Deformazione totale da ritiro (11.2.10.6 NTC)	ϵ_{cs}	0.0003063	[-]
coefficiente di omogeneizzazione RITIRO	n_1	6.24	[-]
Superficie trasversale della soletta	A_c	47500	[cm ²]
Trazione sulla soletta a ritiro impedito	$N_{r,RITIRO} = \epsilon_{cs} E_s / n_1 A_c$	-19160	[kN]
Tensione su soletta a sforzo assiale impedito	$\sigma_{c,RITIRO} = \epsilon_{cs} E_s / n_1$	4.03	[MPa]

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).

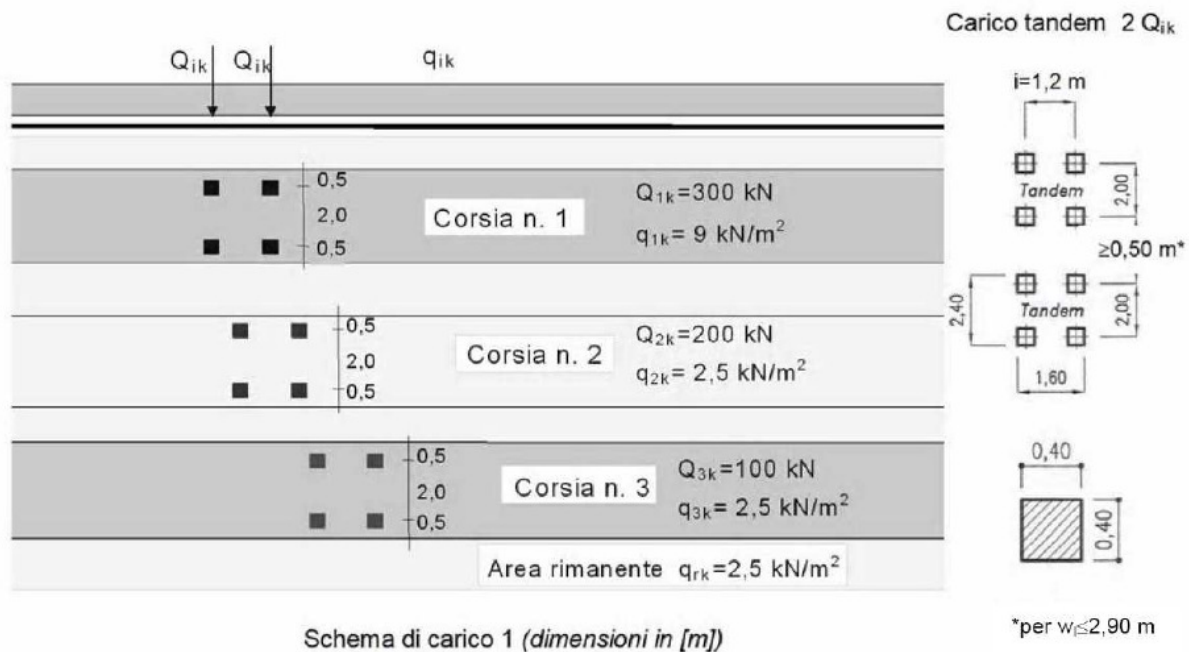
Le strutture progettate rientrano nella 1° categoria.

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.

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 18 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK



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 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).

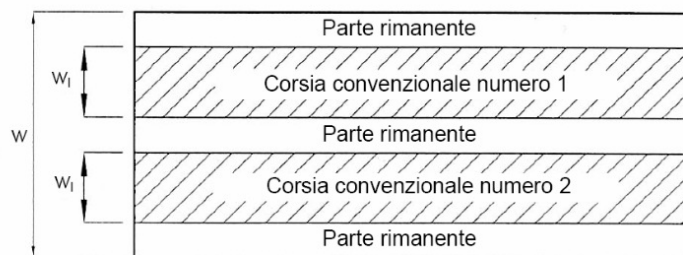


Figura 5.1.1 – Esempio di numerazione delle corsie

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]
$w < 5,40 \text{ m}$	$n_l = 1$	3,00	$(w-3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0 \text{ m}$	$n_l = 2$	$w/2$	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_l = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_l)$

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 19 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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/m²
- 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/m²
- 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/m²
- nell'area rimanente della carreggiata, non occupata dalle colonne si considera, quando sfavorevole, un carico uniformemente distribuito di 2.5 kN/m².

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

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.

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 20 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

6.4.2.3.1 Metodo di Massonnet

I parametri utilizzati in questo metodo, tra i quali Θ (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 Θ misura la collaborazione delle travi a sopportare i carichi eccentrici.

Per bassi valori di Θ il carico si distribuisce favorevolmente su tutte le travi e la deformata trasversale tende a diventare rettilinea; per valori di Θ 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.

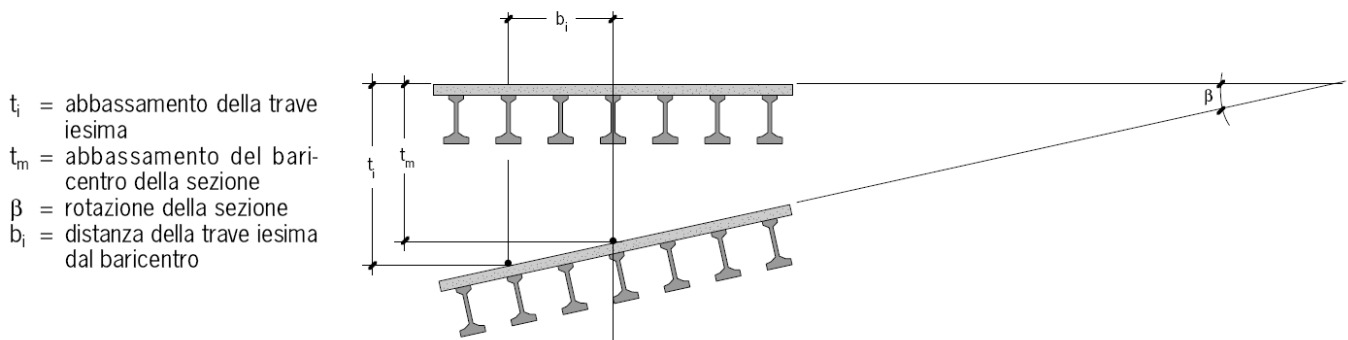
Per alti valori di Θ predomina la rigidità longitudinale delle travi per cui diminuisce la loro collaborazione e la deformata trasversale assume un andamento curvilineo.

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 Θ minori di 0.30, si assume come ipotesi di base una deformata trasversale rigida.

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

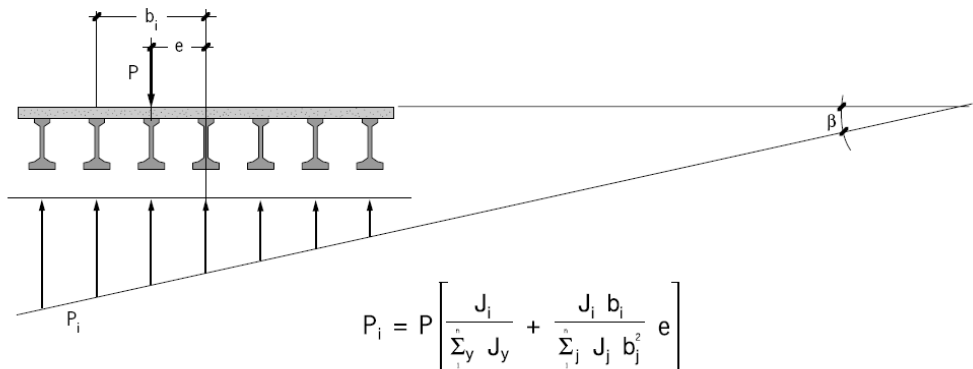


$$t_i = t_m + \beta \cdot b_i$$

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:

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 21 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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



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 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.

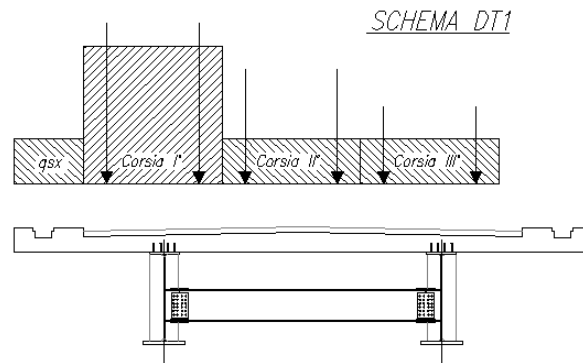
6.4.2.4 Schemi di carico trasversali

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.

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 22 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK



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 ²]
DISTRIBUITO II°-III°- rimanente	2.5	[kN/m ²]
Lx (striscia trasversale)	3	[m]
Ly (striscia longitudinale)	1	[m]
Area ripartizione (TANDEM)	3	[m ²]
Larghezza strutturale	12.5	[m]
Larghezza carreggiata	9.5	[m]
numero massimo di corsie di carico	3	[-]
numero corsie di carico	3	[-]
Larghezza corsia convenzionale	3	[m]
dist. bordo carr. tandem	0	[m]
zona rimanente carreggiata	0.5	[m]
zona rimanente dx	1.5	[m]
NUMERO TRAVI	2	[-]
INTERASSE TRAVI	6	[m]
Asse Baricentro travi da Bordo SX	6.25	[m]
SEMILUNGHEZZA TRAVI	19.6	[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	0.75	-5.50	1.50	1
Q1	ASSE TANDEM I° COLONNA	200.00	9.00	3.00	-3.25	3.00	1
Q2	ASSE TANDEM II° COLONNA	133.33	2.50	6.00	-0.25	3.00	1
Q3	ASSE TANDEM III° COLONNA	66.67	2.50	9.00	2.75	3.00	1
Qres	restante carreggiata	0.00	2.50	10.75	4.50	0.00	0
Qdx	zona dx	0.00	2.50	11.50	5.25	0.00	0

Reazioni sugli appoggi

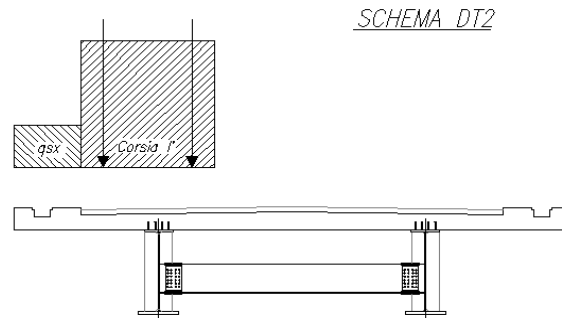
Appoggi	X _i [m ²]	x _i [m]	x _i [m ²]	k (qj)	k (Fj)	k (Fj)	k (Fj)	k (qj)	k (qj)
1	3.25	-3.00	9.00	1.42	1.04	0.54	0.04	0.00	0.00
2	9.25	3.00	9.00	-0.42	-0.04	0.46	0.96	0.00	0.00

CARICO DA TRAFFICO EQUIVALENTE

con L= 38 m e w= 3 m

Q _{EQ(600)}	2*(600kN)/(L*w)	10.53	[kN/m ²]
Q _{EQ(400)}	2*(400kN)/(L*w)	7.02	[kN/m ²]
Q _{EQ(200)}	2*(200kN)/(L*w)	3.51	[kN/m 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 23 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK



SCHEMA TRASVERSALE DEI CARICHI DA TRAFFICO (DT2)

ASSE TANDEM I° COLONNA	300	[kN]
-	0	[kN]
-	0	[kN]
DISTRIBUITO I° COLONNA	9	[kN/m2]
DISTRIBUITO II°-III° rimanente	2.5	[kN/m2]
Lx (striscia trasversale)	3	[m]
Ly (striscia longitudinale)	1	[m]
Area ripartizione (TANDEM)	3	[m2]
Larghezza strutturale	12.5	[m]
Larghezza carreggiata	9.5	[m]
numero massimo di corsie di carico	3	[-]
numero corsie di carico	1	[-]
Larghezza corsia convenzionale	3	[m]
dist. bordo carr. tandem	0	[m]
zona rimanente carreggiata	6.5	[m]
zona rimanente dx	1.5	[m]
NUMERO TRAVI	2	[-]
INTERASSE TRAVI	6	[m]
Asse Baricentro travi da Bordo SX	6.25	[m]
SEMILUNGHEZZA TRAVI	19.6	[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	0.75	-5.50	1.50	1
Q1	ASSE TANDEM I° COLONNA	200.00	9.00	3.00	-3.25	3.00	1
Q2	-	0.00	0.00	6.00	-0.25	0.00	0
Q3	-	0.00	0.00	9.00	2.75	0.00	0
Qres	restante carreggiata	0.00	2.50	13.75	7.50	0.00	0
Qdx	zona dx	0.00	2.50	14.50	8.25	0.00	0

Reazioni sugli appoggi

Appoggi	Xi [m ²]	xi [m]	xi [m ²]	k (qj)	k (Fj)	k (Fj)	k (Fj)	k (qj)	k (qj)
1	3.25	-3.00	9.00	1.42	1.04	0.00	0.00	0.00	0.00
2	9.25	3.00	9.00	-0.42	-0.04	0.00	0.00	0.00	0.00

CARICO DA TRAFFICO EQUIVALENTE

con L= 38 m e w= 3 m

Q _{EQ(600)}	2*(600kN)/(L*w)	10.53	[kN/m ²]
Q _{EQ(400)}	2*(400kN)/(L*w)	-	[kN/m ²]
Q _{EQ(200)}	2*(200kN)/(L*w)	-	[kN/m 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 24 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 (ϵ_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	ΔT	± 25	[C°]
deformazione da temperatura uniforme	$\epsilon_{\Delta T} = \alpha_t \Delta T$	0,00030	[-]

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 25 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 ± 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.

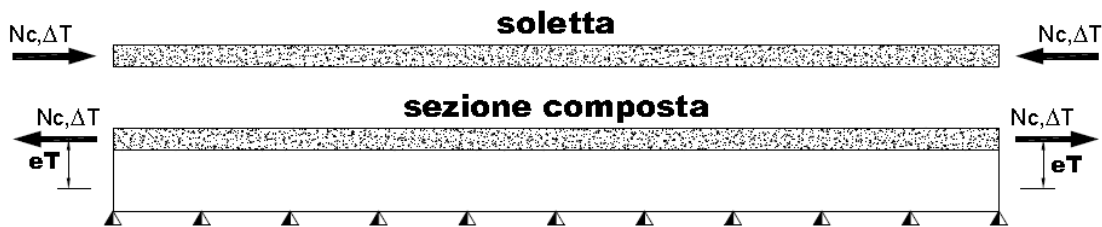


Figura 2-2 - Azioni statiche equivalenti alla variazione termica positiva

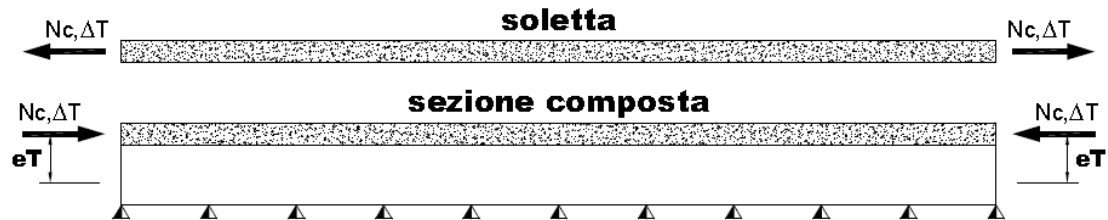


Figura 2-3 - Azioni statiche equivalenti alla variazione termica negativa

CALCOLO SOLLECITAZIONI NELLA SOLETTA PER VARIAZIONI TERMICHE NON UNIFORME

coefficiente di dilatazione termica	α_t	0.0000120	[1/C°]
variazione termica positiva su soletta	ΔT	± 10	[C°]
deformazione da temperatura	$\epsilon_{\Delta T} = \alpha_t \Delta T$	0.00012	[-]
Sforzo assiale a variazione termica impedita	$N_{r,\Delta T} = A_c \epsilon_{\Delta T} E_s / \eta_0$	± 19183	[kN]
Tensione su soletta a sforzo assiale impedito	$\sigma_{c,\Delta T} = \epsilon_{\Delta T} E_s / \eta_0$	± 4.04	[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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 26 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

6.6 Carico Neve

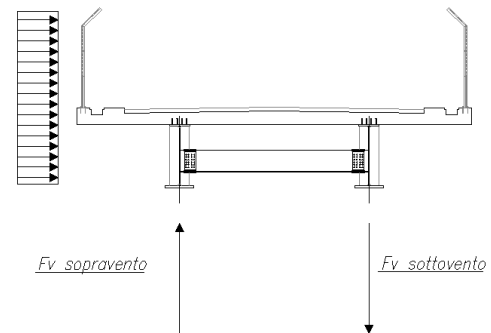
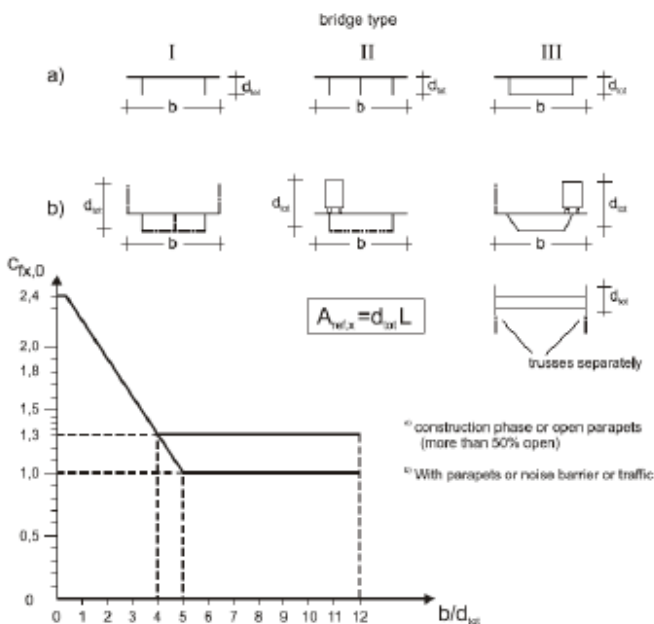
Il carico neve non viene considerato in quanto si presuppone la sua non contemporaneità con i carichi da traffico di gran lunga maggiormente penalizzanti.

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 27 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

CALCOLO AZIONE DEL VENTO

Zona	4		
Larghezza complessiva impalcato :		$B_{IMPALCATO}$	12.50 [m]
Spessore medio impalcato :		$S_{IMPALCATO}$	0.38 [m]
Spessore medio pavimentazione :		$S_{PAVIMENTAZIONE}$	0.12 [m]
Altezza travi principali :		H_{TRAVI}	2.00 [m]
Altezza sagoma mezzo transitante :		$H_{CARICHI\ TRAFFICO}$	3.00 [m]
Altezza totale superficie esposta al vento :		d_{TOT}	5.50 [m]
Rapporto dimensioni impalcato :		$B_{IMPALCATO} / d_{TOT}$	2.27 [-]
Altitudine del sito s.l.m.(m) :	510	Vb,o	ao
Periodo di ritorno TR (anni) :	100	28	500
Classe di rugosità del terreno :		ka	
Categoria di esposizione del sito :	III	0.020	
		Aree prive di ostacolo	
		kr	zo
		0.20	0.10
		zmin	5
Altezza intradosso trave - Z_1		Z_1	9.00 [m]
Altezza carico transitante - Z_{MAX}		Z_{MAX}	14.50 [m]
Velocità di riferimento		$V_{b,0}$	28.20 [m/s]
Coefficiente amplificativo per TR		a_R	1.04 [-]
Velocità di riferimento corretta		$V_b (T_R)$	29.29 [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 $z=Z_{MAX}$		$C_{ev} (z_{max})$	2.38 [-]
Coefficiente dinamico		C_d	1.00 [-]
Pressione cinetica di riferimento		$q (z)$	0.54 [kN/m ²]
Coefficiente di forma		C_p	1.85 [-]
Pressione di calcolo in $z=Z_{min}$		$P (z_{min})$	1.69 [kN/m ²]
Pressione di calcolo in $z=Z_1$		$P (z_1)$	2.05 [kN/m ²]
Pressione di calcolo in $z=Z_{max}$		$P (z_{max})$	2.36 [kN/m ²]
Pressione di calcolo MEDIA		$P (media)$	2.21 [kN/m ²]

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 28 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 29 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 30 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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, Borgo Petilia
 Latitudine (deg) 37,5225°; Longitudine (deg) 14,0571°
 (N 37° 31' 21"; E 14° 3' 26") 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	0.0371	2.522	0.275
SLD	Default (63)	101	0.0451	2.495	0.32
SLV	Default (10)	949	0.0927	2.643	0.477
SLC	Default (5)	1950	0.1133	2.723	0.528

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 31 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 32 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 η 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1	
	Relazione di Calcolo Impalcato	
	Pagina 33 di 117	
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK	

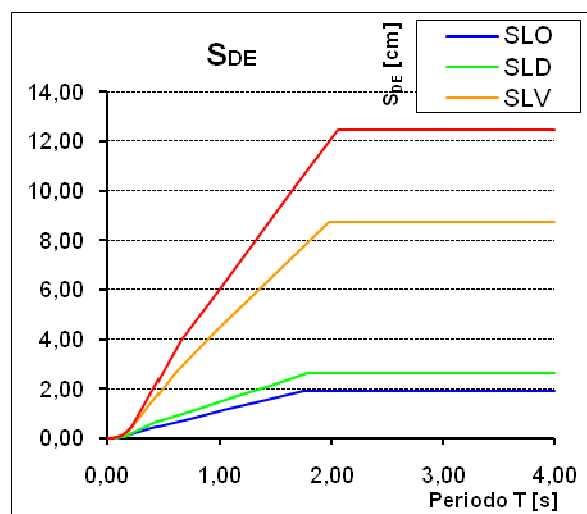
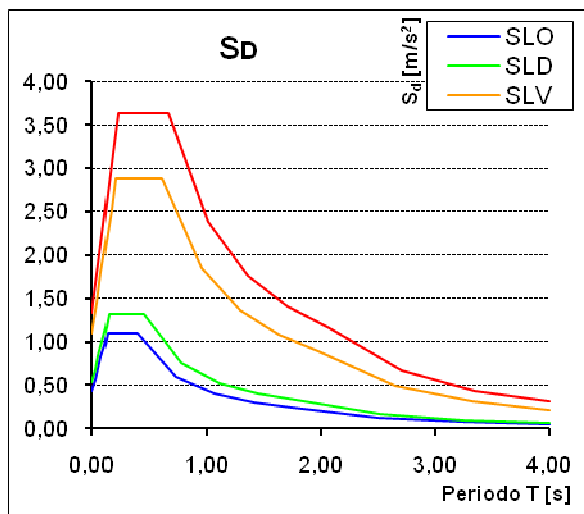
Come citato nelle NTC-2008 al §7.3.1 , "quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi non dissipativi, come avviene per gli stati limite di esercizio, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto 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	37.5225
Longitudine [DEG sessadecimale]	E	14.0571
Cat. suolo di fondazione (A,...E)		B
Categoria topografica (T1,...T4)		T1
Coeff. di amplificazione topografica	S_T	1

DATI STRUTTURA		
Fattore di struttura	q	1
smorz. viscoso	ξ	5%
Fattore di smorz. visc.	η	1

DATI TIPOLOGIA DI UTILIZZO				
Vita nominale dell'opera (10, 50, 100)	V_N	50	Classe d'uso (I, II, III, IV)	IV
Periodo di riferimento	V_R	100	Coefficiente d'uso	C_U 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_g [m/s ²]	0.364	0.442	0.909	1.111
Fattore di amplificazione	F_0	2.522	2.495	2.643	2.723
Periodo in. velocità costante	T_C^* [s]	0.275	0.320	0.477	0.528
Coefficiente di sottosuolo	C_C	1.424	1.382	1.276	1.250
Periodi	T_C [s]	0.392	0.442	0.608	0.660
	T_B [s]	0.131	0.147	0.203	0.220
	T_D [s]	1.748	1.780	1.971	2.053
	S_S	1.200	1.200	1.200	1.200
Coeff. di amplif. stratigrafica	S_S	1.200	1.200	1.200	1.200
Coefficiente	$S = S_T S_S$	1.200	1.200	1.200	1.200

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 34 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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.):

$$\gamma G_1 \times G_1 + \gamma G_2 \times G_2 + \gamma P \times P + \gamma Q_1 \times Q_{k1} + \gamma Q_2 \times \psi_{02} \times Q_{k2} + \gamma Q_3 \times \psi_{03} \times Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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 gruppo 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:

γG_1 coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

γG_2 coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γQ coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γQ_i coefficiente parziale delle azioni variabili.

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 35 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

I valori dei coefficienti ψ_0j , ψ_1j e ψ_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	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali (2)	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{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 ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_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
	5	0,0	0,0	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE Esecuzione	0,6	0,2	0,0
	Vento a ponte carico	0,8	----	0,0
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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 36 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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

<i>Carichi sulla carreggiata</i>						<i>Carichi su marciapiedi e piste ciclabili</i>
Carichi verticali				Carichi orizzontali		Carichi verticali
Gruppo di azioni	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 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 kN/m ²
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0 kN/m ²
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(*) Ponti di 3^a 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 37 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

coefficienti parziali γ_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 γ_F riportati nella colonna A1 delle Tabelle sopra citate. Nella Combinazione 2 dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti γ_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 γ_F riportati nella colonna A1.

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (1)	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.					

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

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

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_{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, è 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. È 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 38 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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

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

ξ smorzamento viscoso dei modi i e j ;

β_{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:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Sigma \psi_{2j} \times Q_{kj}$$

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

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

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

	γ	ψ	$\gamma \cdot \psi$
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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 39 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 due 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 rigidità 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 40 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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.

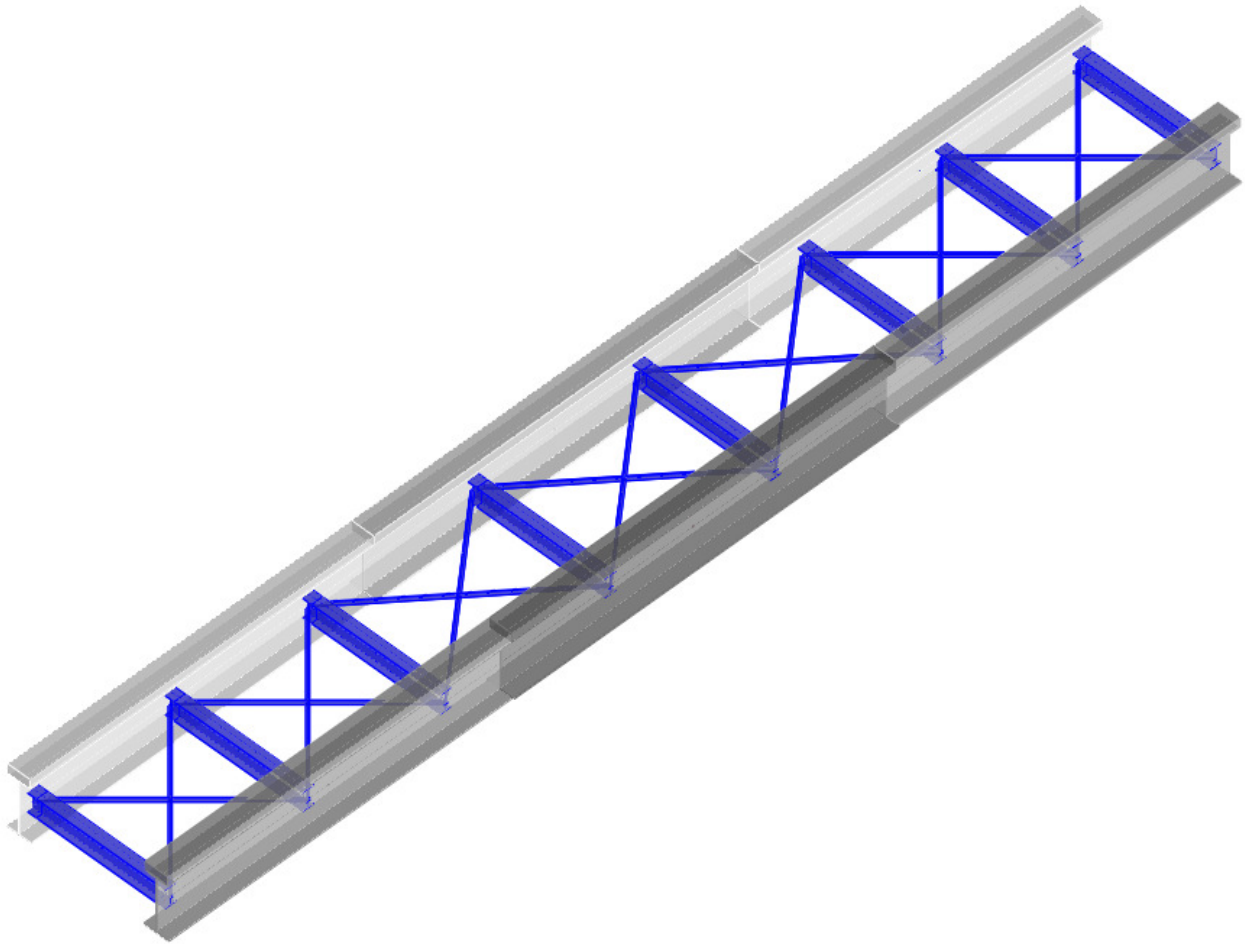
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 41 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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.

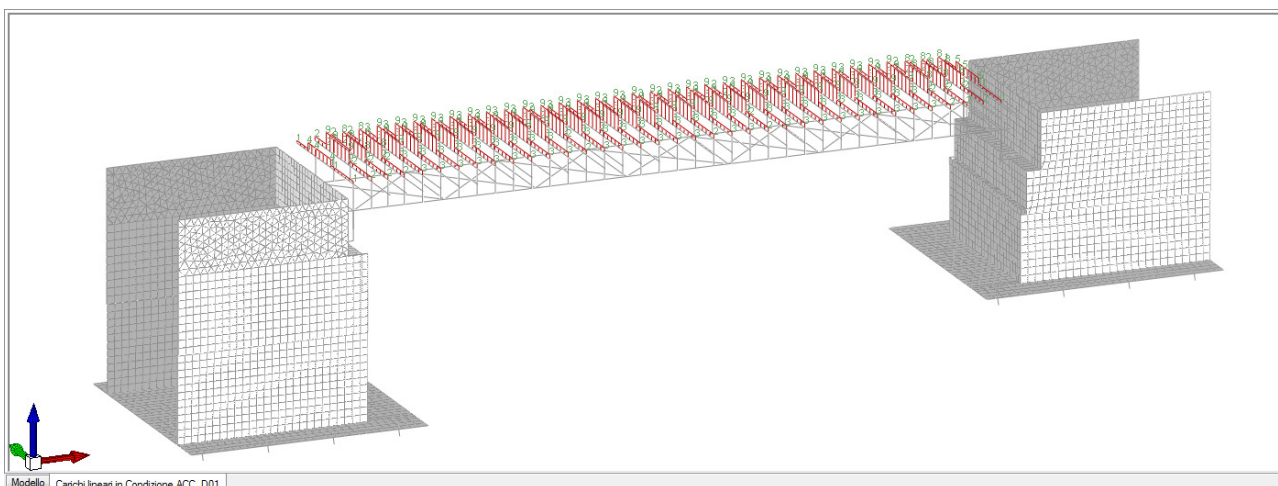
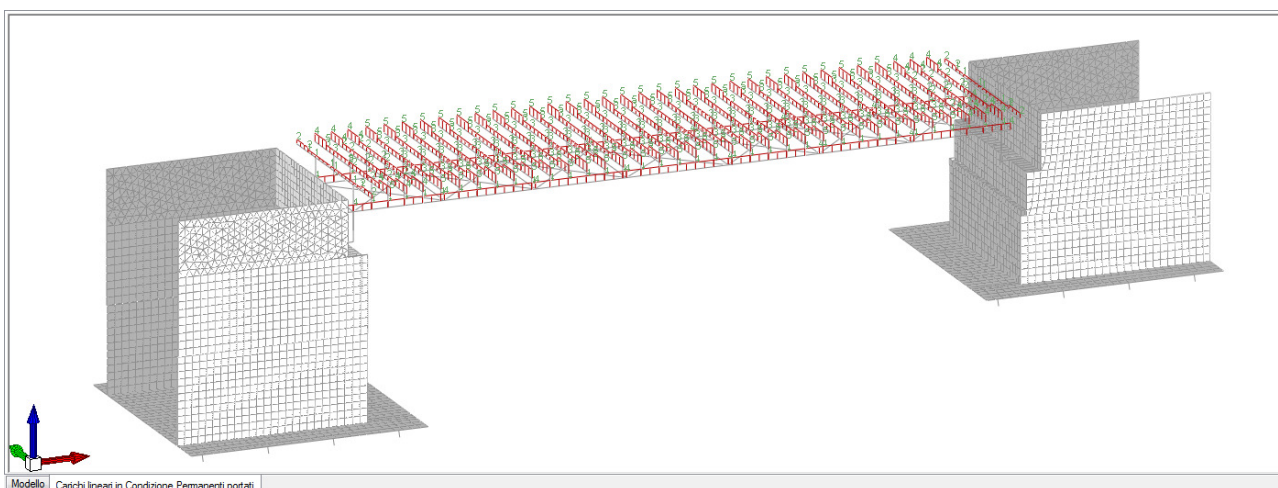
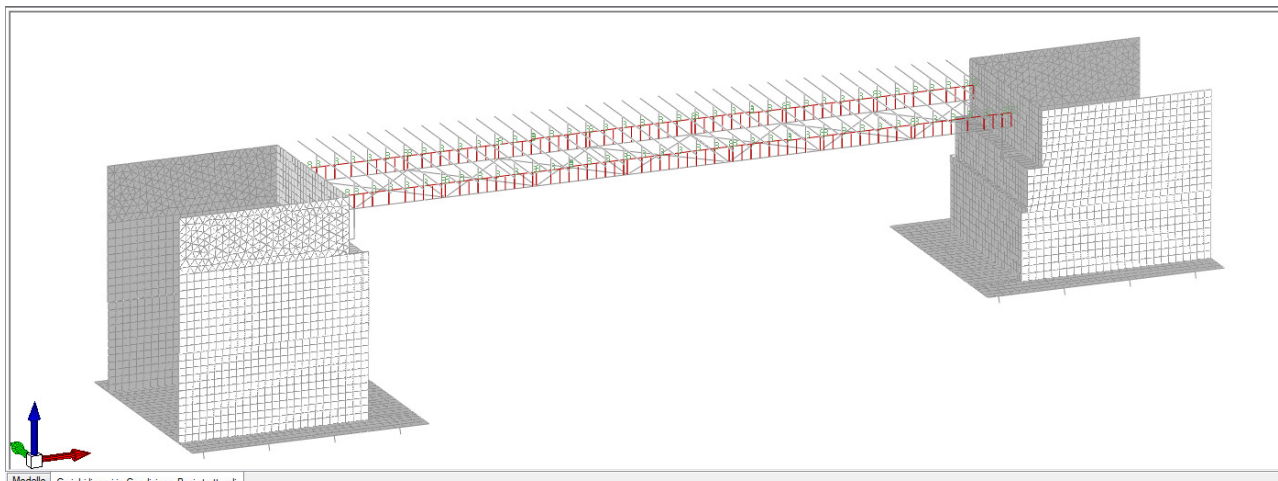


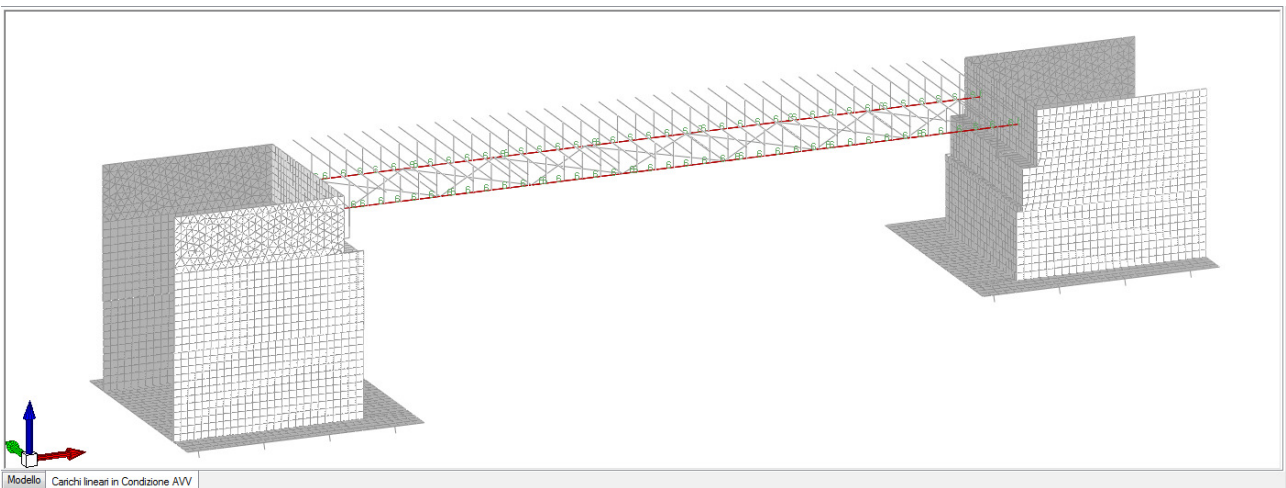
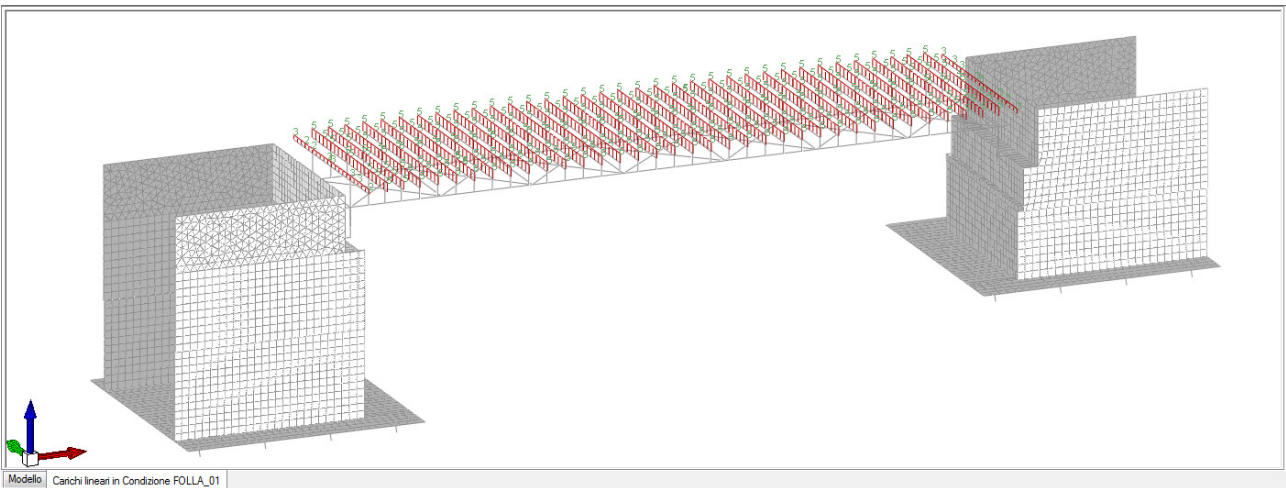
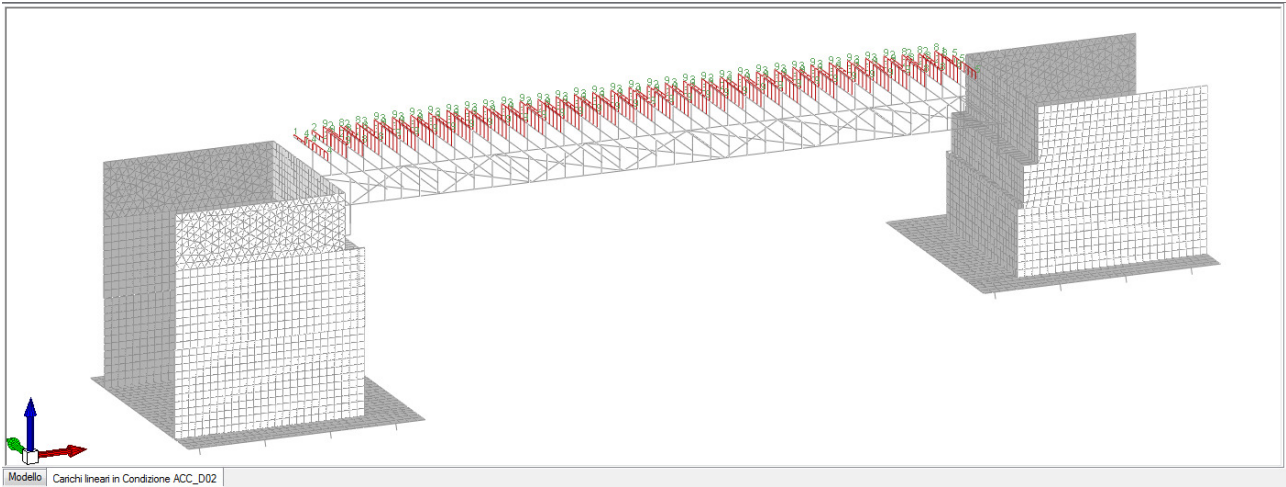
Dettaglio 3d dell'impalcato metallico

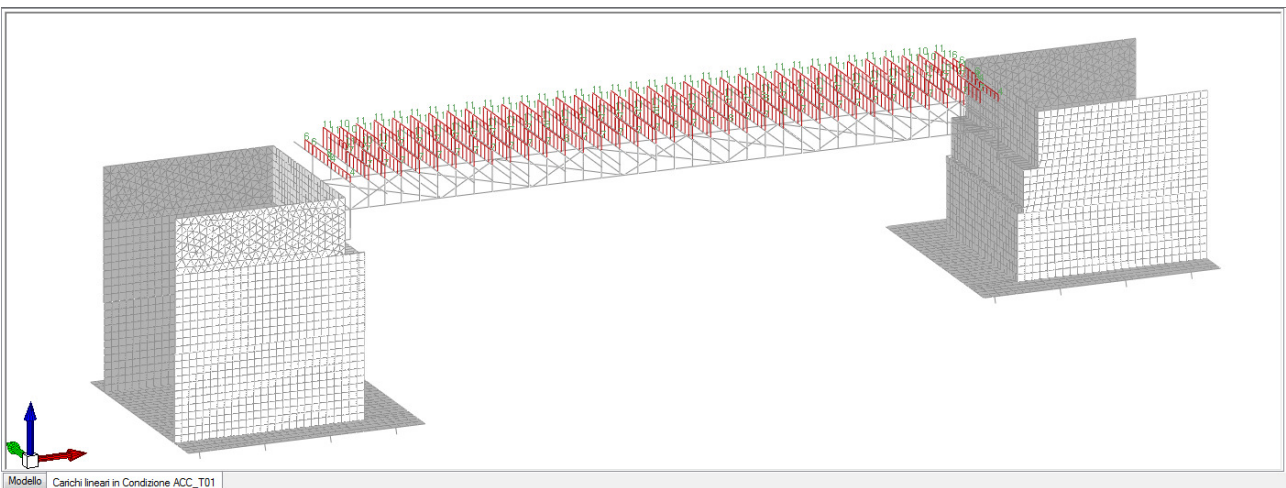
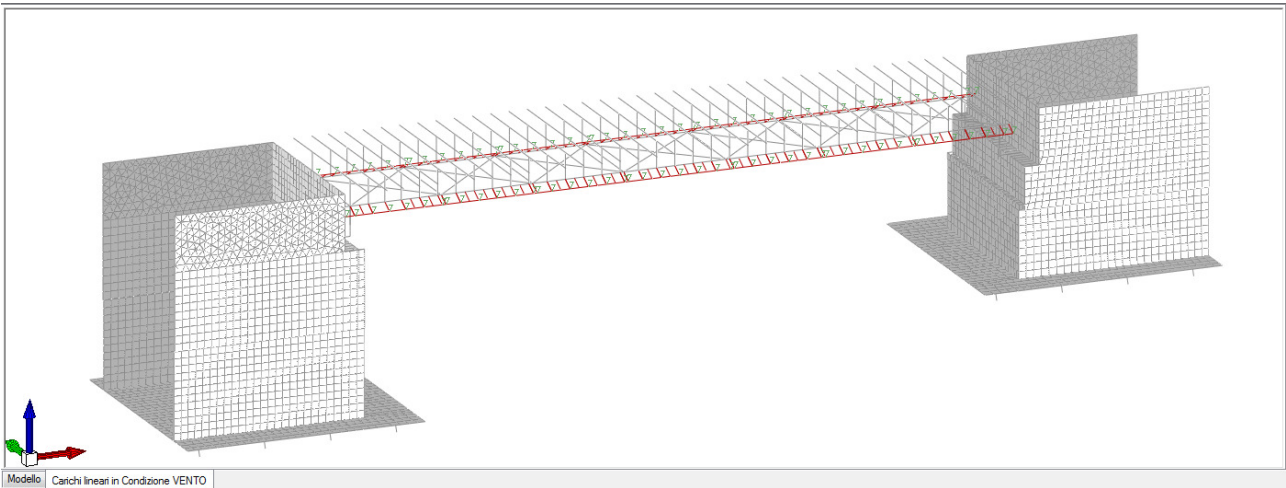
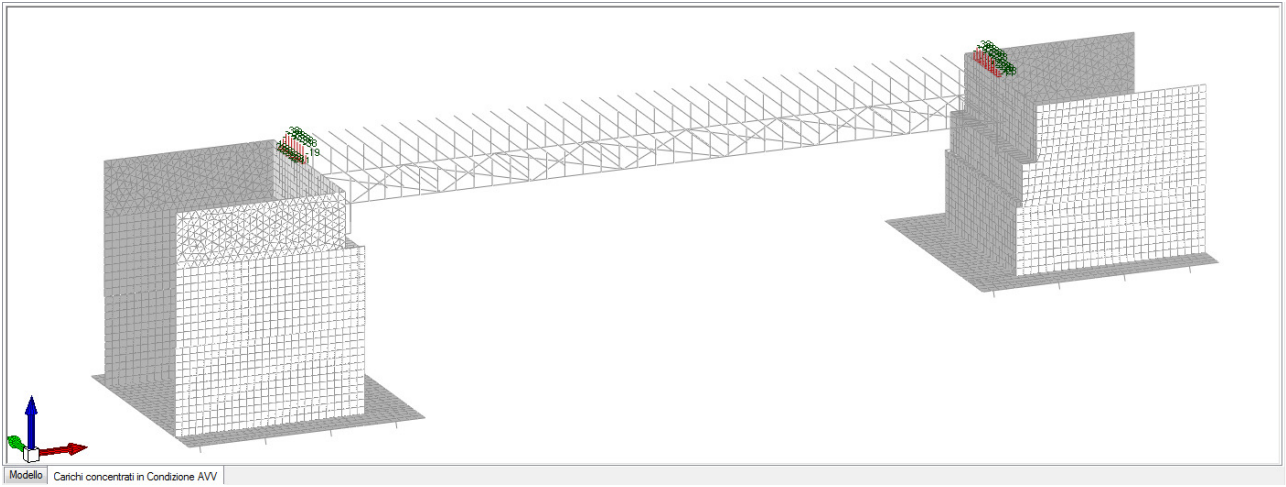
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 42 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

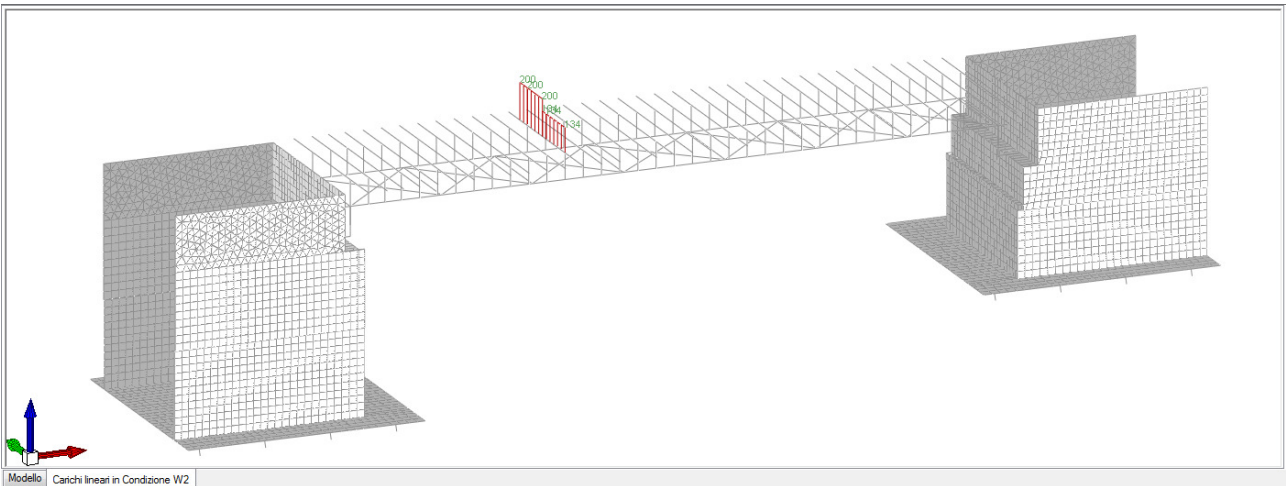
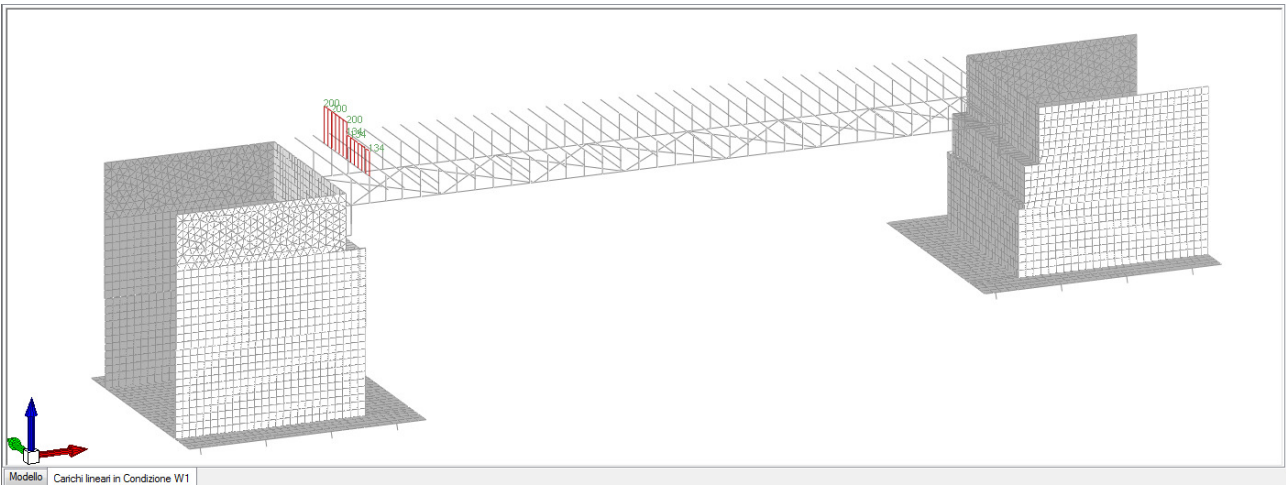
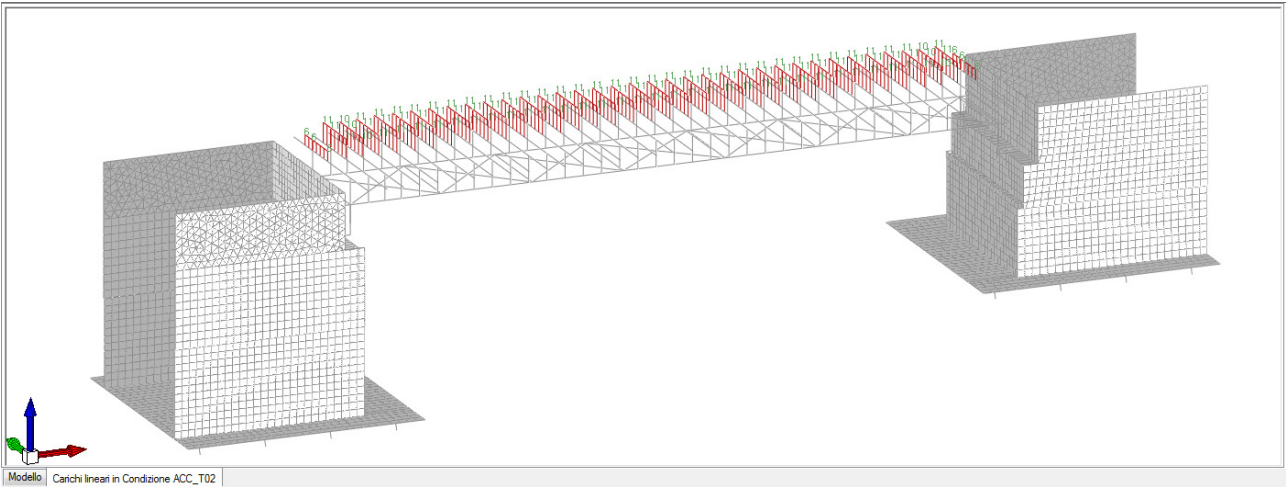
8.2 Condizioni di carico elementari

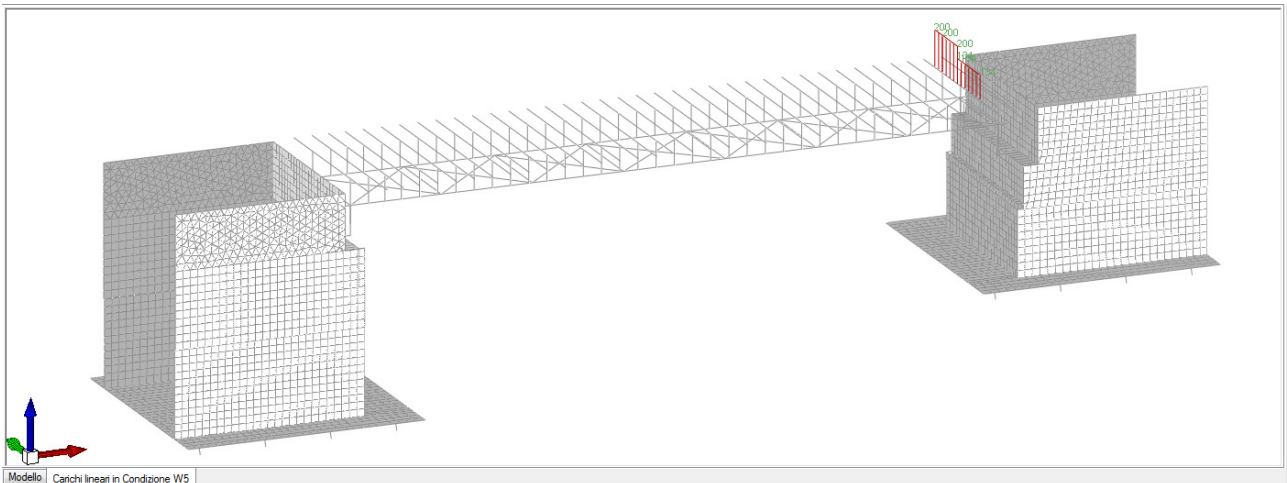
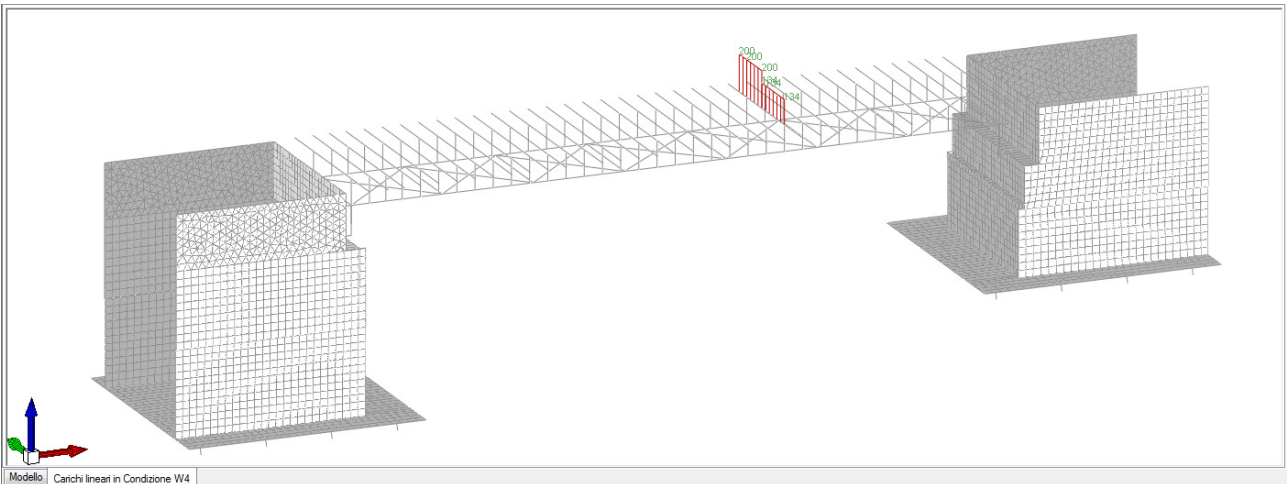
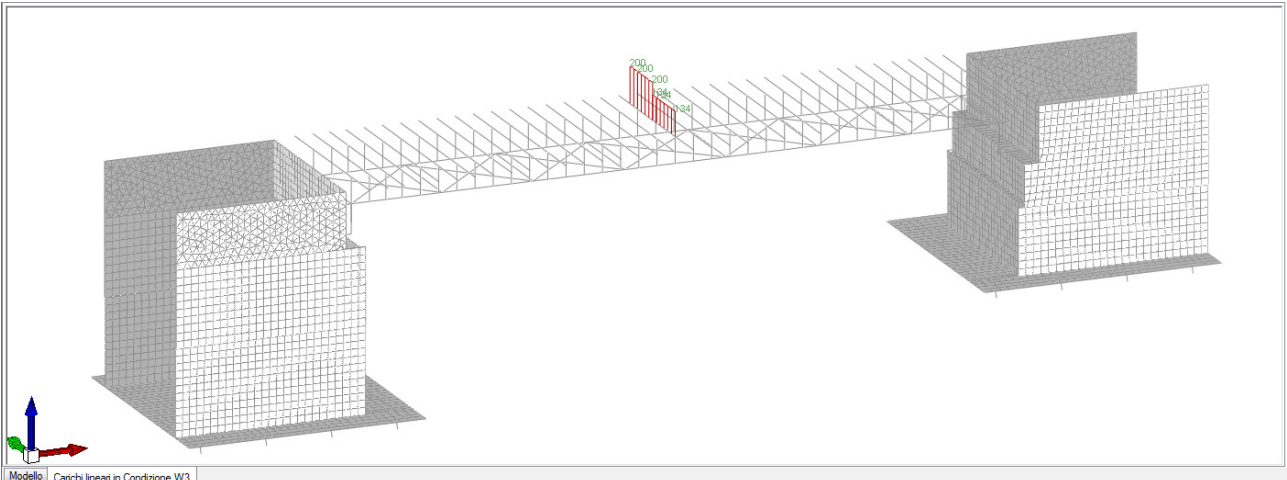
Nel seguito sono riportate figure in cui si evince il tipo e la posizione di ogni carico elementare utilizzato nel modello di calcolo agli elementi finiti.











8.3 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.

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 47 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

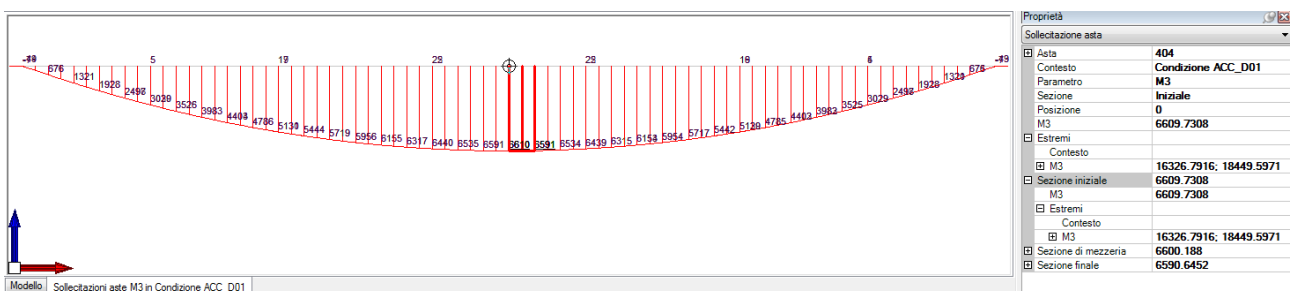
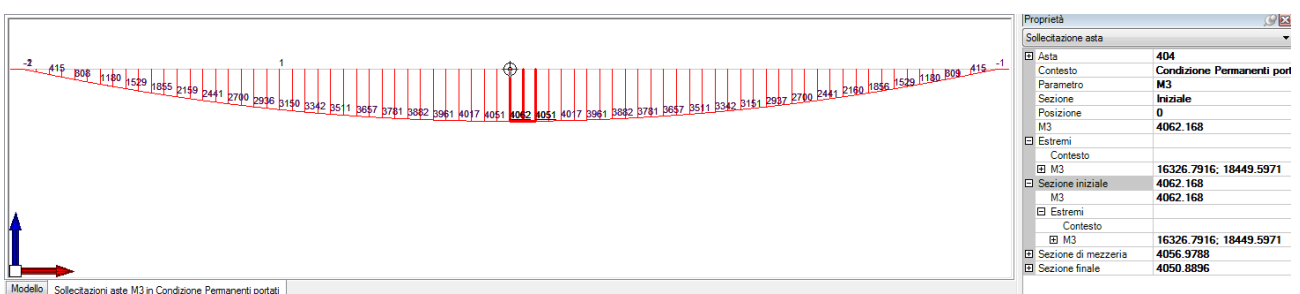
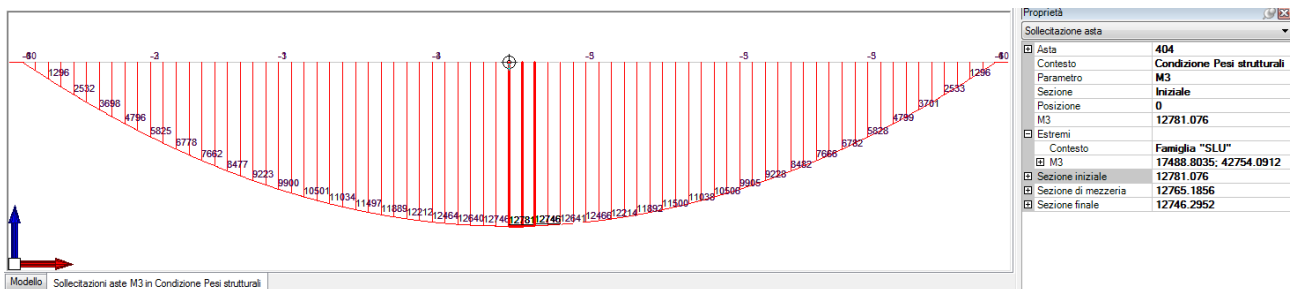
8.3.1 Numerazione delle aste nelle travi d'impalcato

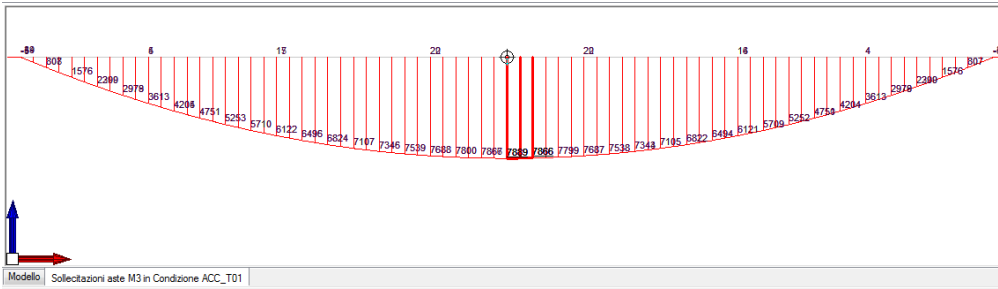
Gli elementi finiti in cui è suddivisa la trave metallica oggetto delle verifiche sono indicati nel grafico seguente.



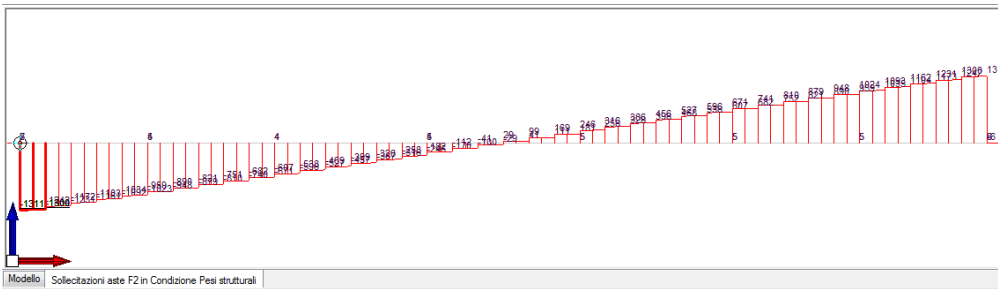
8.3.2 Diagrammi delle sollecitazioni

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.

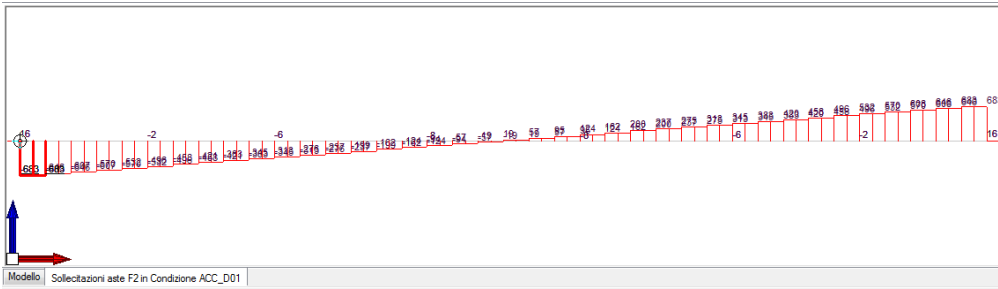




Proprietà	
Sollecitazione asta	
Asta	404
Contesto	Condizione ACC_T01
Parametro	M3
Sezione	Iniziale
Posizione	0
M3	7888.6896
Estremi	
Contesto	
M3	16326.7916; 18449.5971
Sezione iniziale	
M3	7888.6896
Estremi	
Contesto	
M3	16326.7916; 18449.5971
Sezione di mezzeria	
	7877.4072
Sezione finale	
	7866.1256



Proprietà	
Sollecitazione asta	
Asta	345
Contesto	Condizione Pesi strutturali
Parametro	F2
Sezione	Iniziale
Posizione	0
F2	-1310.74
Estremi	
Contesto	
F2	-1864.53; -1691.69
Sezione iniziale	
F2	-1310.74
Estremi	
Contesto	
F2	-1864.53; -1691.69
Sezione di mezzeria	
	-1305.24
Sezione finale	
	-1299.74



Proprietà	
Sollecitazione asta	
Asta	345
Contesto	Condizione ACC_D01
Parametro	F2
Sezione	Iniziale
Posizione	0
F2	-683.06
Estremi	
Contesto	
F2	-1864.53; -1691.69
Sezione iniziale	
F2	-683.06
Estremi	
Contesto	
F2	-1864.53; -1691.69
Sezione di mezzeria	
	-683.06
Sezione finale	
	-683.06

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 49 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

8.3.3 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	M Peso Proprio	M Permanenti	M FOLLA	M ACC_T02	M ACC_T01	M ACC_D02	M ACC_D01	M VENTO	M TANDEM	M TANDEM	M TANDEM	M TANDEM	
					Pesi strutturali	Permanenti	FOLLA	ACC_T02	ACC_T01	ACC_D02	ACC_D01	VENTO	W1	W2	W3	W4	W5
			(m)	(m)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	(kNm)	
A	1	1_xi=0_xj=5	5.00	0.00	-10	-2	-4	-4	-5	-4	-7	-1	-1	-4	-4	-3	-1
A	2	2_xi=5_xj=10	5.00	5.00	5825	1855	2576	2615	3613	2654	3029	212	732	2852	2067	1298	108
A	3	3_xi=10_xj=12	2.00	10.00	9900	3150	4375	4423	6122	4488	5130	345	615	5716	4142	2600	216
B	4	4_xi=12_xj=16	4.00	12.00	11034	3511	4875	4931	6824	5003	5719	382	570	6872	4980	3126	259
B	5	5_xi=16_xj=19	3.00	16.00	12464	3961	5500	5549	7688	5629	6440	426	479	5781	6656	4178	347
B	6	6_xi=19_xj=22	3.00	19.00	12781	4062	5640	5696	7889	5779	6610	437	413	4979	7933	4980	413
B	7	7_xi=22_xj=26	4.00	22.00	12466	3961	5498	5548	7687	5628	6439	426	347	4178	6656	5782	480
A	8	8_xi=26_xj=28	2.00	26.00	11038	3511	4873	4929	6822	5001	5717	382	259	3126	4981	6874	570
A	9	9_xi=28_xj=33	5.00	28.00	9905	3151	4373	4422	6121	4487	5130	345	216	2601	4143	5718	616
A	10	10_xi=33_xj=38	5.00	33.00	5828	1856	2575	2615	3613	2654	3029	212	108	1298	2068	2854	732
A	11	11_xi=38_xj=38	0.00	38.00	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TAGLIO																	
CONCIO	n°NODO	Sigla ELEMENTO	Li	xl	Pesi strutturali	Permanenti	FOLLA	ACC_T02	ACC_T01	ACC_D02	ACC_D01	VENTO	W1	W2	W3	W4	W5
			(m)	(m)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)
A	1	1_xi=0_xj=5	5.00	0.00	-1311	-418	-578	-590	-813	-599	-683	-49	-827	-578	-426	-273	-24
A	2	2_xi=5_xj=10	5.00	5.00	-959	-306	-422	-512	-706	-434	-496	-33	-827	-578	-426	-273	-24
A	3	3_xi=10_xj=12	2.00	10.00	-607	-193	-266	-435	-599	-274	-313	-21	-827	-578	-426	-273	-24
B	4	4_xi=12_xj=16	4.00	12.00	-469	-148	-203	-404	-556	-207	-237	-16	-827	-578	-426	-273	-24
B	5	5_xi=16_xj=19	3.00	16.00	-182	-58	-78	-342	-471	-83	-94	-7	-827	-578	-426	-273	-24
B	6	6_xi=19_xj=22	3.00	19.00	29	9	16	295	407	17	19	0	24	273	425	578	827
B	7	7_xi=22_xj=26	4.00	22.00	246	77	110	342	471	107	124	6	24	273	425	578	827
A	8	8_xi=26_xj=28	2.00	26.00	527	167	235	404	556	241	275	16	24	273	425	578	827
A	9	9_xi=28_xj=33	5.00	28.00	671	212	297	435	599	300	345	21	24	273	425	578	827
A	10	10_xi=33_xj=38	5.00	33.00	1024	325	453	512	706	465	532	37	24	273	425	578	827
A	11	11_xi=38_xj=38	0.00	38.00	-6	-2	-578	-590	-813	-599	-683	-1	-827	-578	-426	-273	-24

							1,00													
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	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	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	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	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	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	0,00	1,00

8.3.5 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

CONCO	n°NODO	Sigla ELEMENTO	Li	Mmax	Mmin	Tmax	Tmin	COMBINAZIONI DI CARICO	xi
A	1	1_xi=0_xj=5	5.00	Mmax	21	0.00			
A	1	1_xi=0_xj=5	5.00	Mmin	11	0.00			
A	1	1_xi=0_xj=5	5.00	Tmax	21	0.00			
A	1	1_xi=0_xj=5	5.00	Tmin	11	0.00			
A	2	2_xi=5_xj=10	5.00	Mmax	4	5.00			
A	2	2_xi=5_xj=10	5.00	Mmin	11	5.00			
A	2	2_xi=5_xj=10	5.00	Tmax	4	5.00			
A	2	2_xi=5_xj=10	5.00	Tmin	11	5.00			
A	3	3_xi=10_xj=12	2.00	Mmax	4	10.00			
A	3	3_xi=10_xj=12	2.00	Mmin	11	10.00			
A	3	3_xi=10_xj=12	2.00	Tmax	4	10.00			
A	3	3_xi=10_xj=12	2.00	Tmin	11	10.00			
B	4	4_xi=12_xj=16	4.00	Mmax	23	12.00			
B	4	4_xi=12_xj=16	4.00	Mmin	11	12.00			
B	4	4_xi=12_xj=16	4.00	Tmax	23	12.00			
B	4	4_xi=12_xj=16	4.00	Tmin	11	12.00			
B	5	5_xi=16_xj=19	3.00	Mmax	4	16.00			
B	5	5_xi=16_xj=19	3.00	Mmin	11	16.00			
B	5	5_xi=16_xj=19	3.00	Tmax	4	16.00			
B	5	5_xi=16_xj=19	3.00	Tmin	11	16.00			
B	6	6_xi=19_xj=22	3.00	Mmax	25	19.00			
B	6	6_xi=19_xj=22	3.00	Mmin	11	19.00			
B	6	6_xi=19_xj=22	3.00	Tmax	25	19.00			
B	6	6_xi=19_xj=22	3.00	Tmin	11	19.00			
B	7	7_xi=22_xj=26	4.00	Mmax	4	22.00			
B	7	7_xi=22_xj=26	4.00	Mmin	11	22.00			
B	7	7_xi=22_xj=26	4.00	Tmax	4	22.00			
B	7	7_xi=22_xj=26	4.00	Tmin	11	22.00			
A	8	8_xi=26_xj=28	2.00	Mmax	27	26.00			
A	8	8_xi=26_xj=28	2.00	Mmin	11	26.00			
A	8	8_xi=26_xj=28	2.00	Tmax	27	26.00			
A	8	8_xi=26_xj=28	2.00	Tmin	11	26.00			
A	9	9_xi=28_xj=33	5.00	Mmax	4	28.00			
A	9	9_xi=28_xj=33	5.00	Mmin	11	28.00			
A	9	9_xi=28_xj=33	5.00	Tmax	4	28.00			
A	9	9_xi=28_xj=33	5.00	Tmin	11	28.00			
A	10	10_xi=33_xj=38	5.00	Mmax	4	33.00			
A	10	10_xi=33_xj=38	5.00	Mmin	11	33.00			
A	10	10_xi=33_xj=38	5.00	Tmax	4	33.00			
A	10	10_xi=33_xj=38	5.00	Tmin	11	33.00			
A	11	11_xi=38_xj=38	0.00	Mmax	29	38.00			
A	11	11_xi=38_xj=38	0.00	Mmin	11	38.00			
A	11	11_xi=38_xj=38	0.00	Tmax	29	38.00			
A	11	11_xi=38_xj=38	0.00	Tmin	11	38.00			

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 52 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 resistenza dei materiali f_{yk} e dalle caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, dipendenti dalla classe della sezione; γ_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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 53 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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:

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

$$\gamma_{M0} \quad \gamma_{M0}$$

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; γ_{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 ρ 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

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

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

- Per le ali delle travi

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

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

Dove:

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

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 54 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

ψ rapporto tra le distribuzioni delle tensioni nella sezione; b^- assunto h_w per le anime delle travi e assunto c per le flange delle piattabande; k_σ fattore di buckling funzione della distribuzione delle tensioni ψ ; t spessore; σ_c tensione critica della lastra valutata con buckling elastico.

I fattori di buckling possono essere ricavati dai seguenti prospetti:

Stress distribution (compression positive)				Effective ^p width b_{eff}		
				$\psi = 1$: $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,5 b_{eff}$		
				$1 > \psi \geq 0$: $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5-\psi} b_{ef}$ $b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$		
				$\psi < 0$: $b_{eff} = \rho b_c = \rho \bar{b} / (1-\psi)$ $b_{e1} = 0,4 b_{eff}$ $b_{e2} = 0,6 b_{eff}$		
$\psi = \sigma_2/\sigma_1$	1	$1 > \psi > 0$	0	$0 > \psi > -1$	-1	$-1 > \psi > -3$
Buckling factor k_σ	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 ^p 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	0	-1	$1 \geq \psi \geq -3$		
Buckling factor k_σ	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_σ	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).

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 55 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 $V_{bf,Rd}$):

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

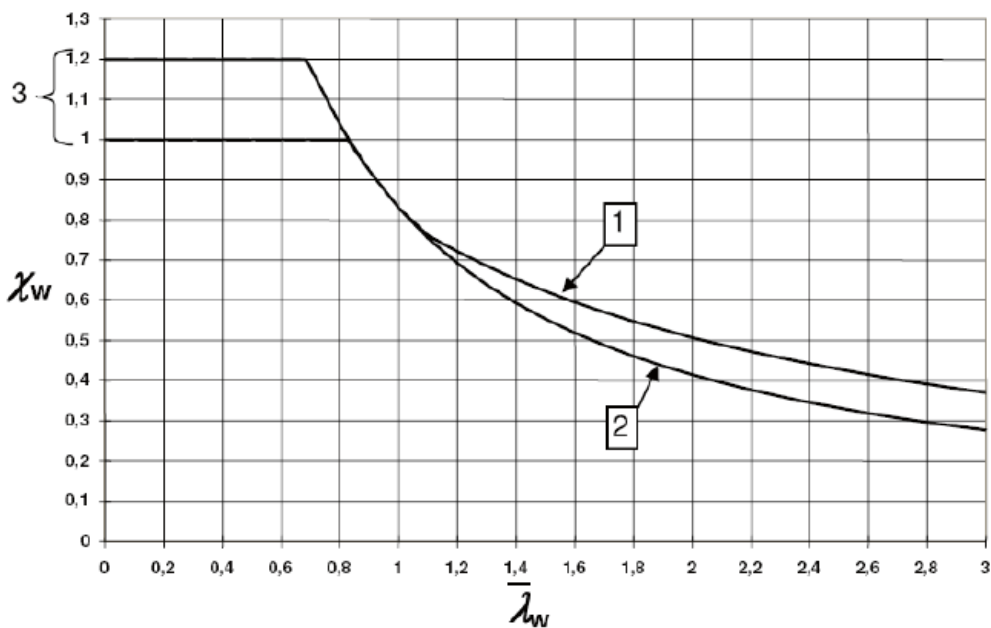
dove:

$\eta=1.20$ per gradi di acciaio inferiori a S460; h_w e t sono rispettivamente l'altezza e lo spessore dell'anima; γ_{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 χ_w che tiene conto del contributo dell'anima a taglio e ricavabile dal seguente grafico:



Andamento del fattore χ_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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 56 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

k_{τ} fattore d'instabilità a taglio del pannello ricavabile con le seguenti espressioni e funzione della geometria della sezione e degli irrigidimenti:

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

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

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 η_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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 57 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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

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

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; τ_{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).

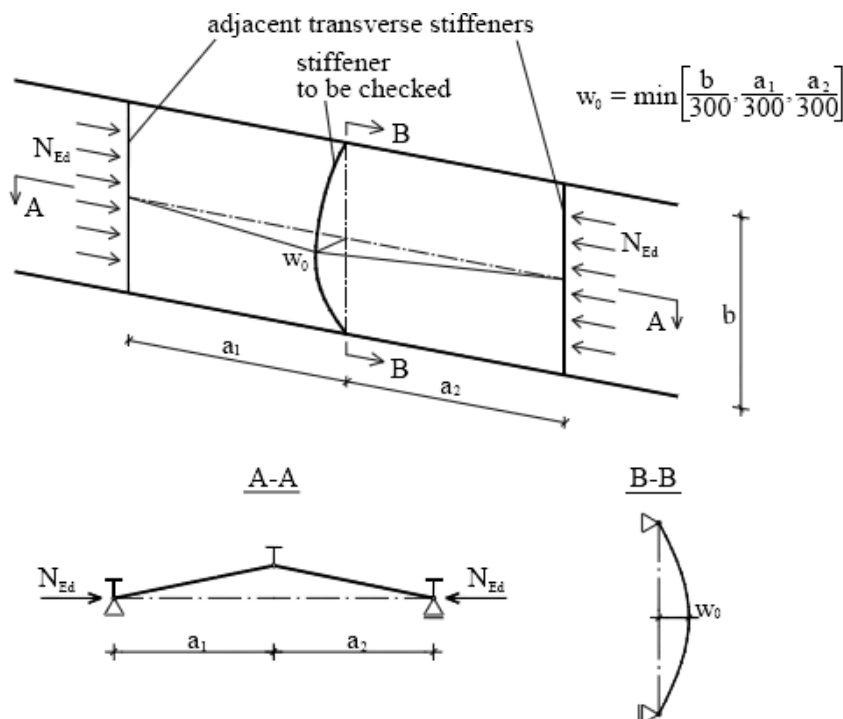
9.1.5 Verifica degli irrigidimenti

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:

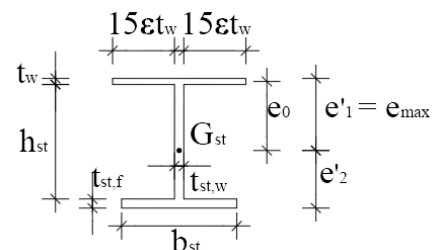
$$I_{st} = \frac{\sigma_m}{E} \left(\frac{b}{\pi} \right)^4 \left(1 + w_0 \frac{300}{b} u \right)$$

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 58 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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

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

i due criteri indicati si considerano soddisfatti verificando che:

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

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

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:

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

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

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 59 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 $15 \epsilon t_w$ [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:

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

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

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.

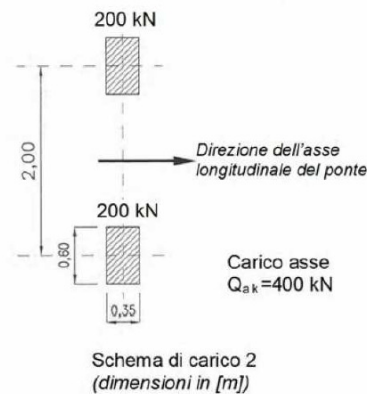
I risultati delle verifiche relative sono riportati nell'allegato (Verifica Impalcato).

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 60 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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.



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).

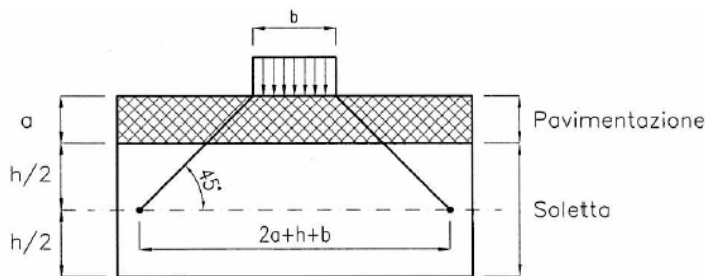


Figura 5.1.3a – Diffusione dei carichi concentrati nelle solette

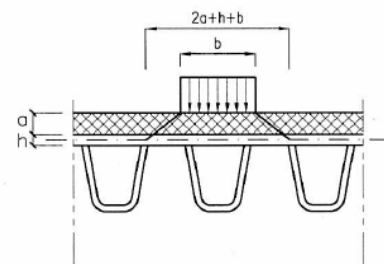


Figura 5.1.3b – Diffusione dei carichi concentrati negli impalcati a piastra ortotropa

Nella direzione longitudinale l'armatura trasversale della soletta dell'impalcato che ha un'altezza media pari a 38 cm, è costituita da ferri $\Phi 16$ passo 20 cm sia superiormente che inferiormente.

In direzione trasversale l'armatura base inferiore è costituita da ferri $\Phi 20$ passo 20 cm con sovrapposizioni trasversali agli appoggi e rinforzo di ferri $\Phi 20$ passo 20 cm in campata; l'armatura trasversale superiore è costituita da ferri $\Phi 20$ passo 20 cm con sovrapposizioni trasversali agli appoggi e rinforzo di ferri $\Phi 20$ passo 20 cm appoggio.

Nelle zone di giunto il diametro dei ferri di pone pari a $\Phi 24$ per una larghezza di circa tre metri.

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 61 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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:

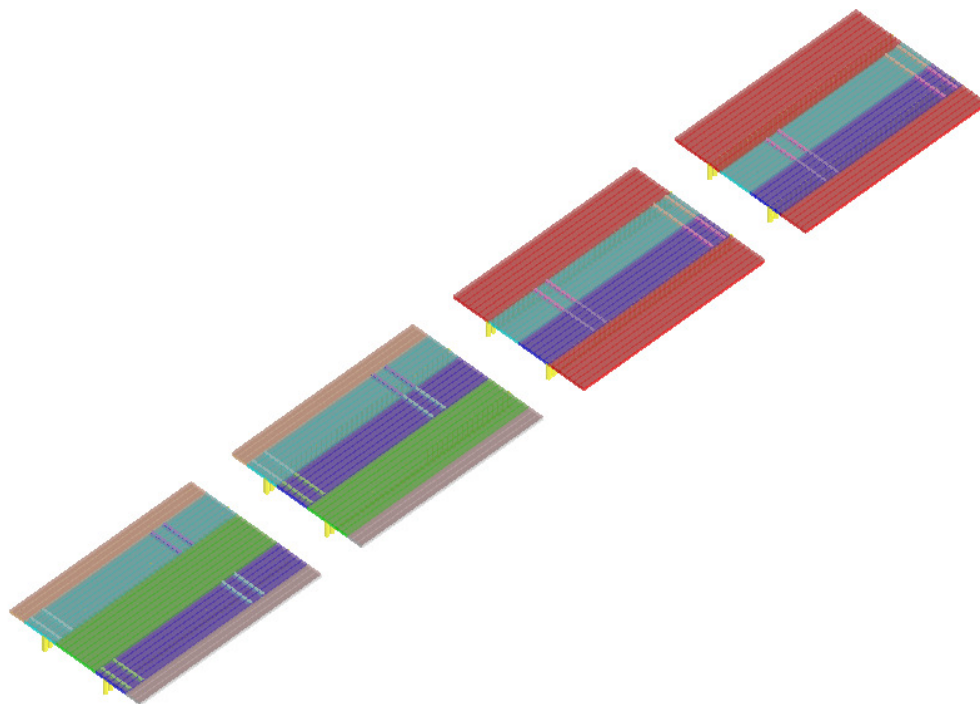
- *carichi permanenti*, costituiti dal peso proprio del getto aggiuntivo della soletta e dal peso della pavimentazione, del guard-rail e della barriera.

- *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.



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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 62 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

9.2.1 Sollecitazioni flettenti trasversali

Nel seguito si riportano i diagrammi dei momenti flettenti trasversali nella soletta nell'involuppo dei momenti flettenti minimi e massimi nelle combinazioni di carico SLU.

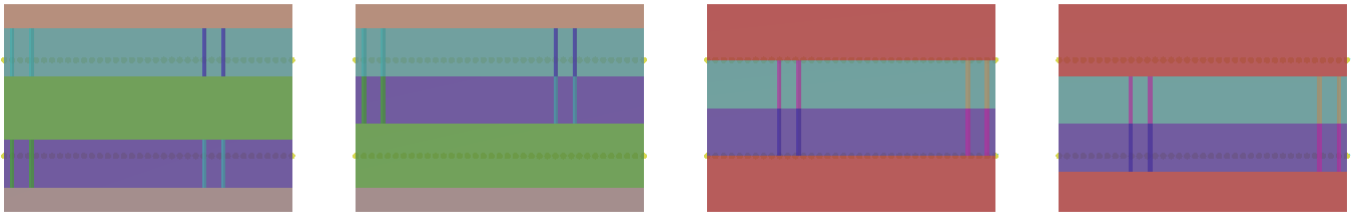
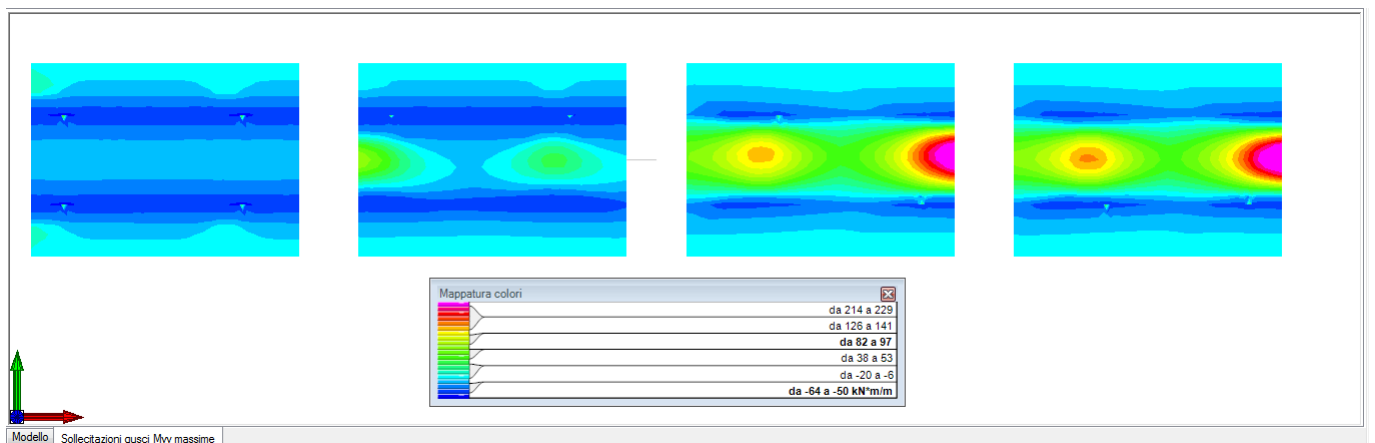
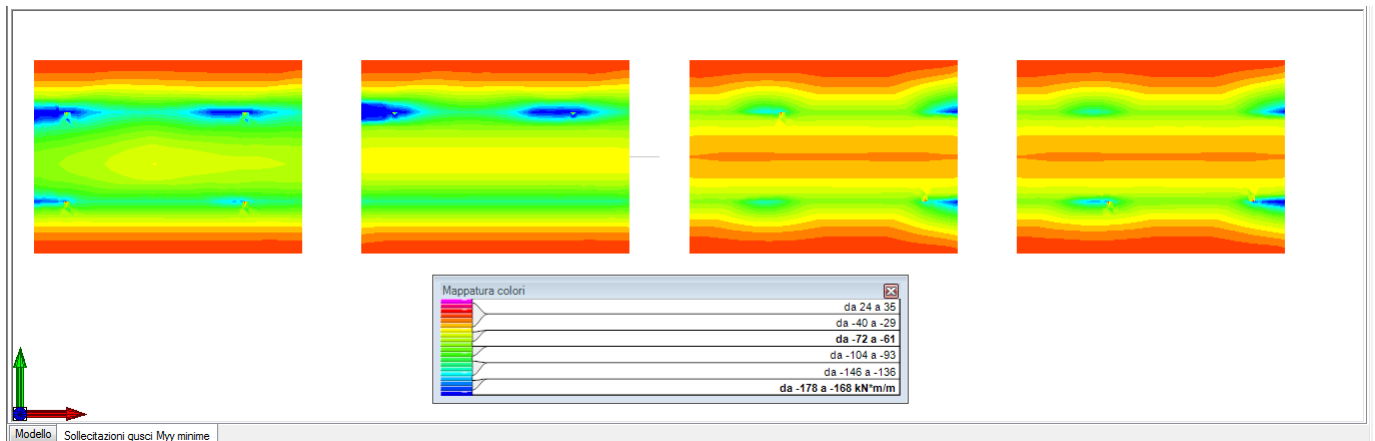
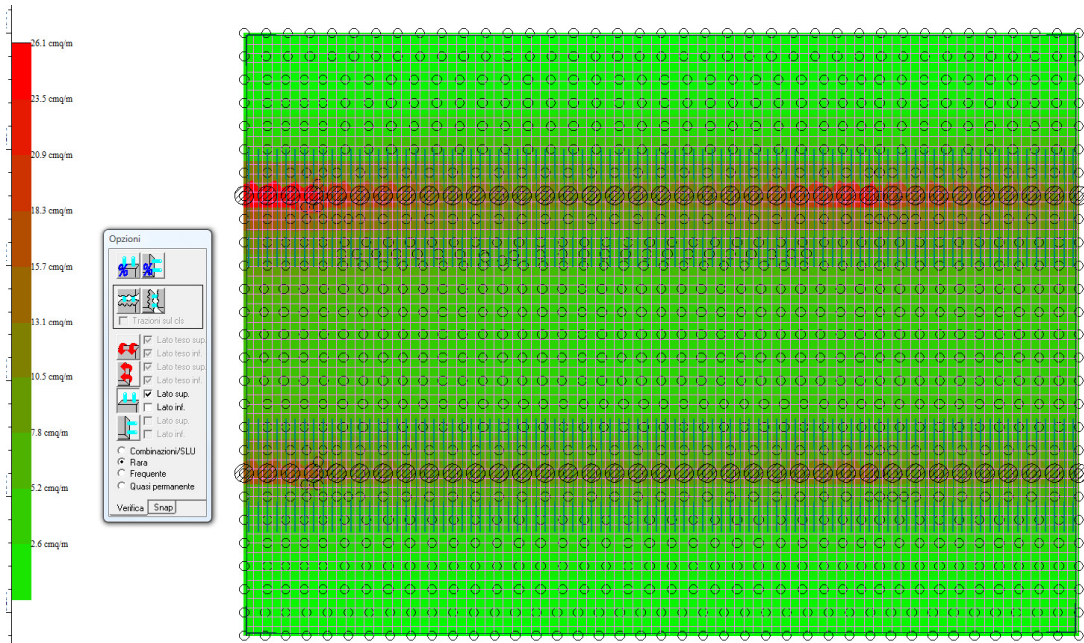


Figura 1: schema dei carichi

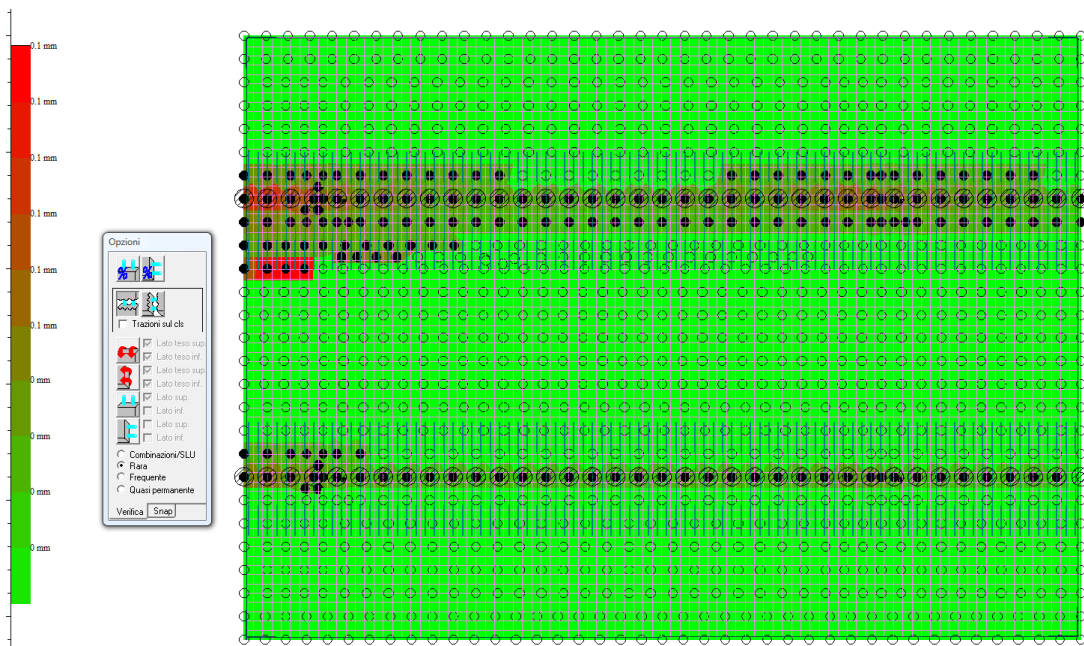


9.2.2 Armatura superiore trasversale minima per verifica a flessione SLU



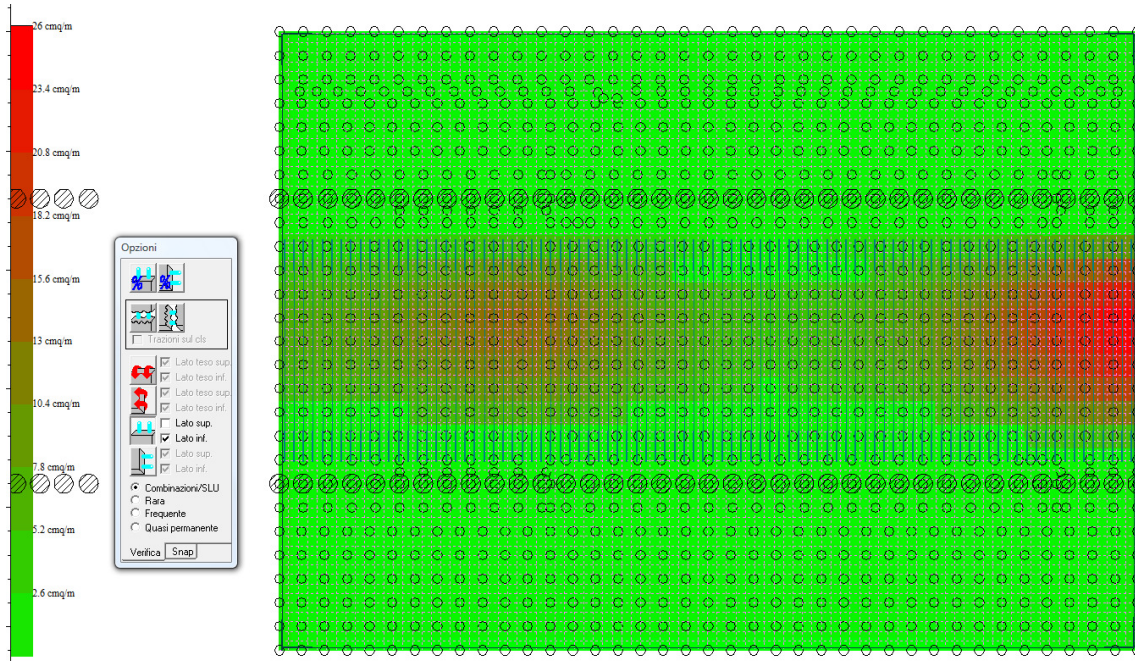
Le armature posizionate soddisfano i minimi richiesti dalle verifiche.

9.2.3 Ampiezza massima fessure nel cls per verifica a fessurazione SLE - tesa superiore



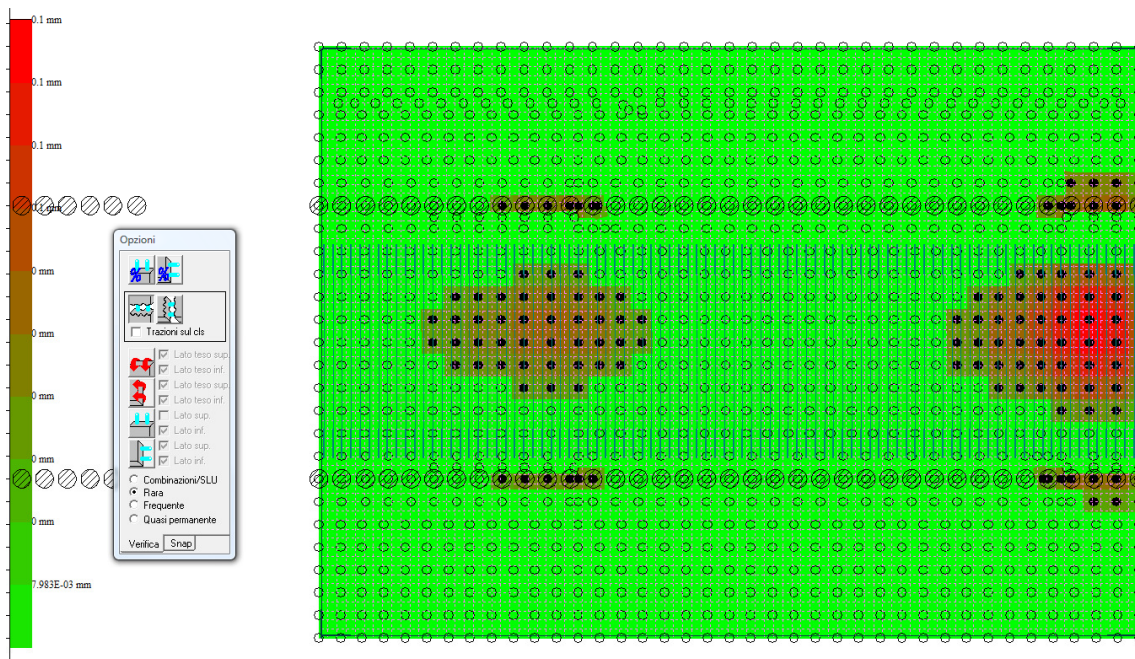
L'ampiezza massima delle fessure nella soletta risulta inferiore ai valori limite di progetto ($w_{max}=0,20$ mm).

9.2.4 Armatura inferiore trasversale minima per verifica a flessione SLU



Le armature posizionate soddisfano i minimi richiesti dalle verifiche.

9.2.5 Ampiezza massima fessure nel cls per verifica a fessurazione SLE - tesa inferiore



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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 65 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

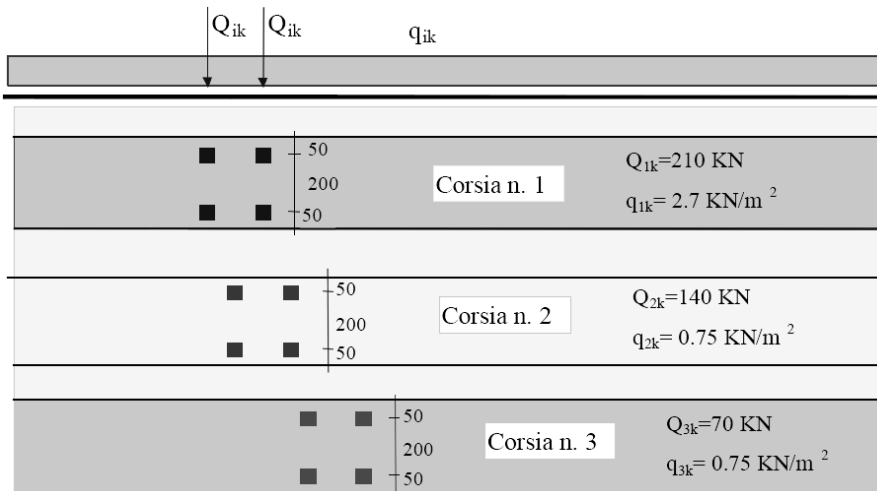
9.3 Verifiche a Fatica

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 γ_{Mf} 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 66 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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:

$$\Delta\sigma_D = 0,737 \cdot \Delta\sigma_C; \quad \Delta\sigma_L = 0,549 \cdot \Delta\sigma_C$$

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.

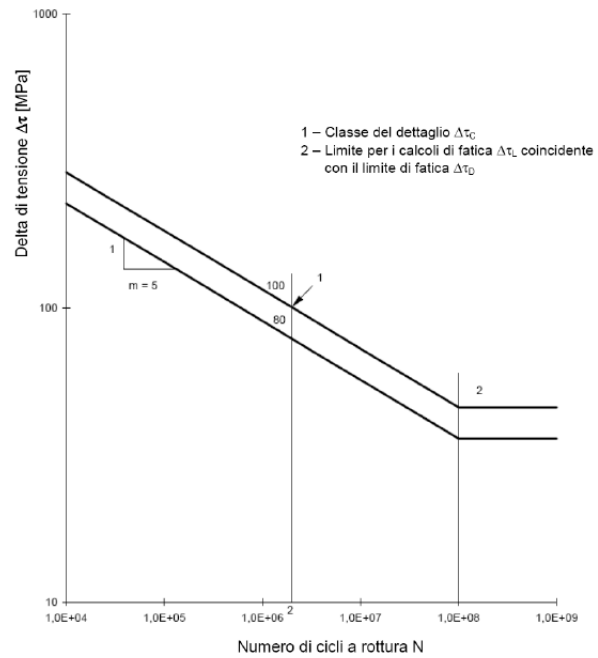
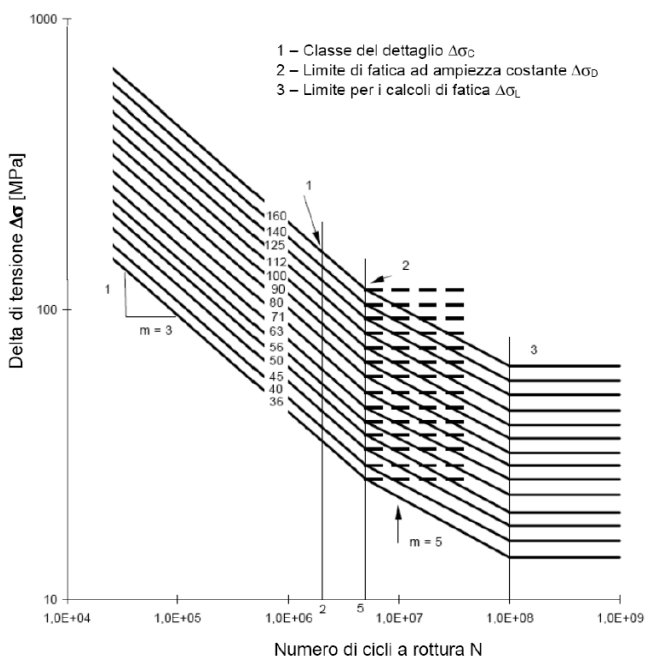
L'equazione della curva S-N è la seguente:

$$\begin{aligned} \Delta\tau &= \Delta\tau_C \left(\frac{2 \cdot 10^6}{N} \right)^{\frac{1}{m}} && \text{per } N \leq 10^8, \\ \Delta\tau &= \Delta\tau_L && \text{per } N > 10^8 \end{aligned} \qquad (C4.2.97)$$

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_σ e D_τ prodotti dai cicli di tensione normale e dai cicli di tensione tangenziale, valutati separatamente controllando che (NTC2008-C4.2.104):

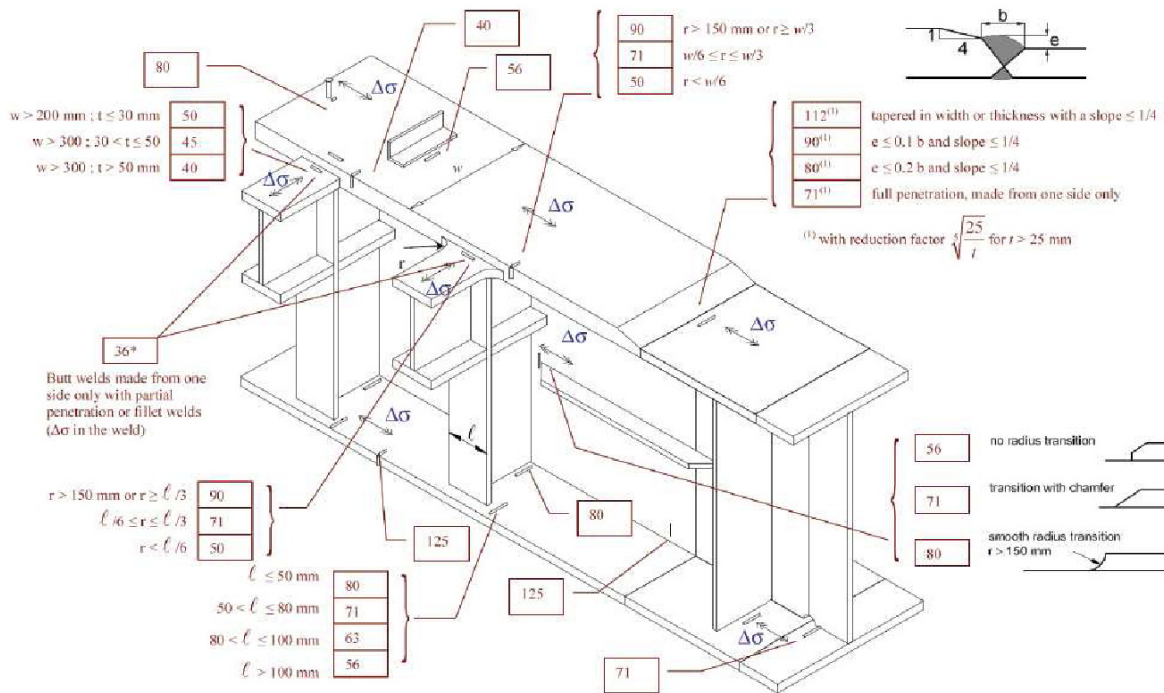
$$D = D_\sigma + D_\tau \leq 1,0$$

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):

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

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 68 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 δ_{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 δ_{2k} , si calcolano per sovrapposizione degli effetti, le frecce in mezzeria dovute ai carichi variabili nella combinazione di carico più gravosa.

$$\delta_{2d, D} = 2,23 \text{ cm (carichi da traffico distribuiti)}$$

$$\delta_{2d, T} = 1,93 \text{ cm (carichi da traffico tandem in mezzeria)}$$

$$\delta_{2d} = \delta_{2d, D} + \delta_{2d, T} = 4,16 \text{ cm}$$

La verifica risulta quindi soddisfatta in quanto:

$$\delta_{2d} < \delta_{\max} = L/500 = 7,60 \text{ cm}$$

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 69 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

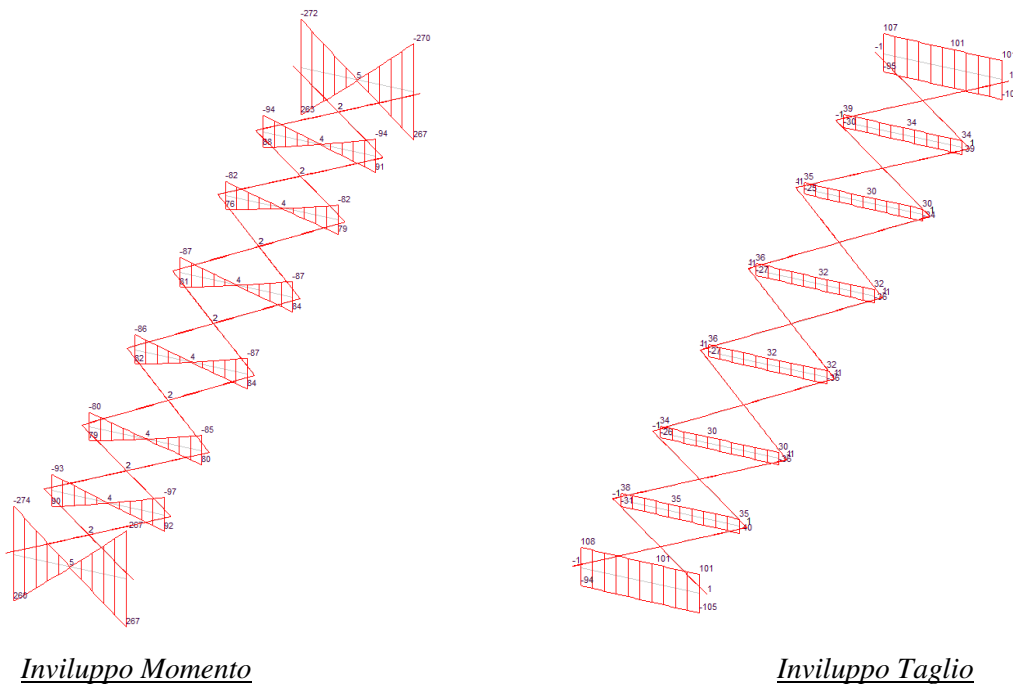
11 VERIFICA DEI TRASVERSI E DEI CONTROVENTI

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:



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

M_{max} trasversi di appoggio: 280 kNm

T_{max} trasversi di appoggio: 115 kN

M_{max} trasversi di campata: 85 kNm

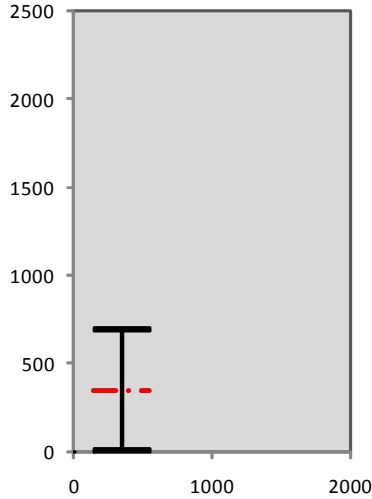
T_{max} trasversi di campata: 40 kN

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

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 70 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

11.1.1 Traverso di appoggio

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



$Nsd_{conci\grave{o}} = (\sigma_{ii} + \Delta\sigma_{si} \cdot Ya / H_{TOT}) / Aa$	
$Msd_{conci\grave{o}} = -\Delta\sigma_{si} \cdot I_x / H_{TOT}$	
$(\sigma_s + \sigma_i) / 2 = \sigma_N$	0 [daN/cm ²]
$(\sigma_s - \sigma_i) / 2 = \sigma_M$	160 [daN/cm ²]
$\sigma_{ss} - \sigma_{ii} = \Delta\sigma_{si}$	-334 [daN/cm ²]

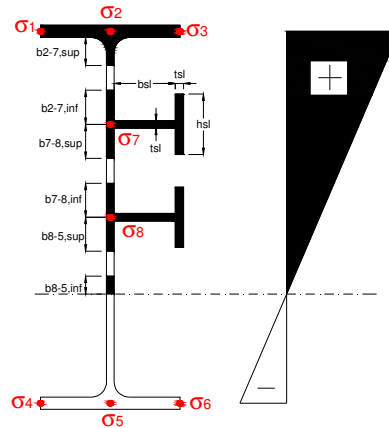
Caratteristiche lorde profilo in flessione semplice

Area lorda profilo :	220,50	[cm ²]
Inerzia profilo :	178385	[cm ⁴]
Baricentro x flessione :	350,00	[mm]
Altezza totale profilo :	700	[mm]

	SLU	SLE	
NORMALE SU CONCIO : $Nsd_{conci\grave{o}}$	0	0	[kN]
MOMENTO SU CONCIO : $Msd_{conci\grave{o}}$	85	85	[kNm]
NORMALE SU SOLETTA : $Nsd_{soletta}$	0	0	[kN]
NORMALE ALA SUP. : Nsd_{ss}	-98	-98	[kN]
NORMALE ALA INF. : Nsd_{ii}	98	98	[kN]
NORMALE ANIMA : Nsd_{anima}	0	0	[kN]
MOMENTO ANIMA : Msd_{anima}	18	18	[kNm]

Calcolo tensioni nella sezione per instabilità dei sottopannelli

	σ_1	σ_2	σ_3
	16,68	16,68	16,68
	15,96	15,96	15,96
σ_7	0,00	0,00	
σ_8	0,00	0,00	
	-15,96	-15,96	-15,96
	-16,68	-16,68	-16,68
	σ_4	σ_5	σ_6



IRRIGID. LONGITUDINALI	-	-	-	-
no ribs				
IRRIGID. TRASVERSALI	b_{st}	t_{st}	h_{st}	a
no end post	0	0	0	0

Wing Subpanles

Top sx flange		Top dx flange		Bottom sx flange		Bottom dx flange	
\underline{b}_{1-2}	200 mm	\underline{b}_{2-3}	200 mm	\underline{b}_{4-5}	200 mm	\underline{b}_{5-6}	200 mm
Ψ_{1-2}	1,000	Ψ_{2-3}	1,000	Ψ_{4-5}	1,000	Ψ_{5-6}	1,000
$k\sigma_{1-2}$	0,430	$k\sigma_{2-3}$	0,430	$k\sigma_{4-5}$	0,430	$k\sigma_{5-6}$	0,430
$\underline{\lambda}_p$	0,880 mm	$\underline{\lambda}_p$	0,880 mm	$\underline{\lambda}_p$	0,880 mm	$\underline{\lambda}_p$	0,880 mm
ρ_{1-2}	0,894	ρ_{2-3}	0,894	ρ_{4-5}	0,894	ρ_{5-6}	0,894
$b_{1-2,c,eff}$	179 mm	$b_{2-3,c,eff}$	179 mm	$b_{4-5,c,eff}$	179 mm	$b_{5-6,c,eff}$	179 mm
$x_{1-2,c,eff}$	21 mm	$x_{2-3,c,eff}$	21 mm	$x_{4-5,c,eff}$	21 mm	$x_{5-6,c,eff}$	21 mm

Web Subpanles

	A	B	C
$\underline{b}_{2-7/5}$	335 mm	$\underline{b}_{7-8/5}$ 0 mm	\underline{b}_{8-5} 0 mm
$\Psi_{2-7/5}$	-1,000	$\Psi_{7-8/5}$ 0,000	Ψ_{8-5} 0,000
$k\sigma_{2-5/5}$	23,900	$k\sigma_{7-8/5}$ 7,810	$k\sigma_{8-5}$ 7,810
$\underline{b}_{2-7/5,sup}$	134 mm	$\underline{b}_{7-8/5,sup}$ 0 mm	$\underline{b}_{8-5,sup}$ 0 mm
$\underline{b}_{2-7/5,inf}$	201 mm	$\underline{b}_{7-8/5,inf}$ 0 mm	$\underline{b}_{8-5,inf}$ 0 mm
$\underline{\lambda}_p_{2-7/5}$	0,395	$\underline{\lambda}_p_{7-8/5}$ 0,000	$\underline{\lambda}_p_{8-5}$ 0,000
$\rho_{2-7/5}$	1,000	$\rho_{7-8/5}$ 1,000	ρ_{8-5} 1,000
$b_{2-7/5,c,eff}$	335 mm	$b_{7-8/5,c,eff}$ 0 mm	$b_{8-5,c,eff}$ 0 mm
$b_{2-7/5,c,eff,sup}$	134 mm	$b_{7-8/5,c,eff}$ 0 mm	$b_{8-5,c,eff,s}$ 0 mm
$x_{2-7/5,c,eff}$	0 mm	$x_{7-8/5,c,eff}$ 0 mm	$x_{8-5,c,eff}$ 0 mm
$b_{2-7/5,c,eff,inf}$	201 mm	$b_{7-8/5,c,eff}$ 0 mm	$b_{8-5,c,eff,inf}$ 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 358 [mm]

Baricentro sezione efficace

$z_{g,eff}$ 350 [mm]

Eccentricità tra baricentri

Δe_N 0 [mm]

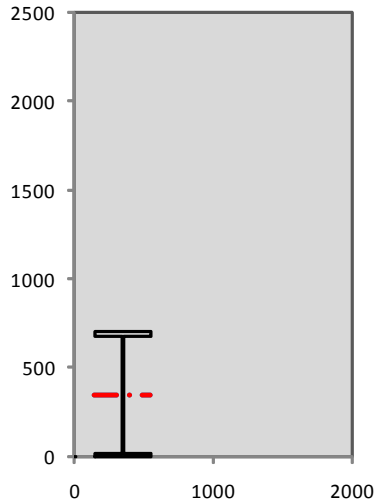
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENICO-NORD EUROPA ITINERARIO AGRIGENTO -CALTANISSETTA-A19 S.S. N° 640 "DI PORTO EMPEDOCLE" AMMODERNAMENTO E ADEGUAMENTO ALLA CAT. B DEL D.M. 5.11.2001 Dal km 44+000 allo svincolo con l'A19 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 72 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

Verifica ad instabilità anima per tensioni di taglio SLU			
Instabilità pannello dell'anima	Pannello non irrigidito		
$h_w/t_w < 72 \varepsilon/\eta$	No shear buckling verification needed		
σ_E 95,13 Mpa			
x_{sl} 0,00	baricentro eventuale ribs		
I_{sl} 0,00 cm ⁴	momento inerzia ribs		
$k_{\tau,st}$ 0,00			
k_τ 5,34			
τ_{cr} 508 MPa			
λ_w 0,64			
χ_w 1,20			
c 0 mm			
$M_{f,Rd}$ 1242 KNm	(My viene trasferito dalle sole flange)		
χ_f 0,000	il contributo delle ali al taglio non può essere considerato		
$V_{bw,Rd}$ 2247 KN	contributo resistenza a taglio dell'anima		
$V_{bf,Rd}$ 0 KN	contributo resistenza a taglio delle ali		
$V_{b,Rd}$ 2247 KN			
η_3 0,02	OK $V_{ED} < V_{b,Rd}/2$		
Interazione tra M-V-N			
$M_{f,Rd}$ 1242 KNm	c_T 525,5 mm	$M_{pl,Rd}$ 1959 KNm	η_3 0,02
$z_{g,pl}$ 350 mm	$W_{pl,yy}$ 5793 cm ³	η_1 0,04	η_{V-M-N} : <i>considerata</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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 73 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

11.1.2 Traverso di campata

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



$Nsd_{conci\grave{o}} = (\sigma_{ii} + \Delta\sigma_{si} \cdot Ya / H_{TOT}) / Aa$		
$Msd_{conci\grave{o}} = -\Delta\sigma_{si} \cdot J_x / H_{TOT}$		
$(\sigma_s + \sigma_i) / 2 = \sigma_N$	0	[daN/cm ²]
$(\sigma_s - \sigma_i) / 2 = \sigma_M$	418	[daN/cm ²]
$\sigma_{ss} - \sigma_{ii} = \Delta\sigma_{si}$	-887	[daN/cm ²]

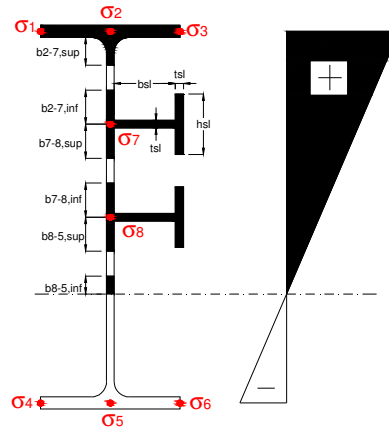
Caratteristiche lorde profilo in flessione semplice

Area lorda profilo :	259,00	[cm ²]
Inerzia profilo :	220950	[cm ⁴]
Baricentro x flessione :	350,00	[mm]
Altezza totale profilo :	700	[mm]

	SLU	SLE	
NORMALE SU CONCIO : $Nsd_{conci\grave{o}}$	0	0	[kN]
MOMENTO SU CONCIO : $Msd_{conci\grave{o}}$	280	280	[kNm]
NORMALE SU SOLETTA : $Nsd_{soletta}$	0	0	[kN]
NORMALE ALA SUP. : Nsd_{ss}	-345	-345	[kN]
NORMALE ALA INF. : Nsd_{ii}	345	345	[kN]
NORMALE ANIMA : Nsd_{anima}	0	0	[kN]
MOMENTO ANIMA : Msd_{anima}	46	46	[kNm]

Calcolo tensioni nella sezione per instabilità dei sottopannelli

	σ_1	σ_2	σ_3
	44,35	44,35	44,35
	41,82	41,82	41,82
σ_7	0,00	0,00	
σ_8	0,00	0,00	
	-41,82	-41,82	-41,82
	-44,35	-44,35	-44,35
	σ_4	σ_5	σ_6



IRRIGID. LONGITUDINALI	-	-	-	-
no ribs				
IRRIGID. TRASVERSALI	b_{st}	t_{st}	h_{st}	a
no end post	0	0	0	0

Wing Subpanles

Top sx flange		Top dx flange		Bottom sx flange		Bottom dx flange	
\underline{b}_{1-2}	200 mm	\underline{b}_{2-3}	200 mm	\underline{b}_{4-5}	200 mm	\underline{b}_{5-6}	200 mm
Ψ_{1-2}	1,000	Ψ_{2-3}	1,000	Ψ_{4-5}	1,000	Ψ_{5-6}	1,000
$k\sigma_{1-2}$	0,430	$k\sigma_{2-3}$	0,430	$k\sigma_{4-5}$	0,430	$k\sigma_{5-6}$	0,430
$\lambda_{\underline{p}}$	0,660 mm	$\lambda_{\underline{p}}$	0,660 mm	$\lambda_{\underline{p}}$	0,660 mm	$\lambda_{\underline{p}}$	0,660 mm
ρ_{1-2}	1,000	ρ_{2-3}	1,000	ρ_{4-5}	1,000	ρ_{5-6}	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 Subpanles

	A	B	C
$\underline{b}_{2-7/5}$	330 mm	$\underline{b}_{7-8/5}$ 0 mm	\underline{b}_{8-5} 0 mm
$\Psi_{2-7/5}$	-1,000	$\Psi_{7-8/5}$ 0,000	Ψ_{8-5} 0,000
$k\sigma_{2-5/5}$	23,900	$k\sigma_{7-8/5}$ 7,810	$k\sigma_{8-5}$ 7,810
$\underline{b}_{2-7/5,sup}$	132 mm	$\underline{b}_{7-8/5,sup}$ 0 mm	$\underline{b}_{8-5,sup}$ 0 mm
$\underline{b}_{2-7/5,inf}$	198 mm	$\underline{b}_{7-8/5,inf}$ 0 mm	$\underline{b}_{8-5,inf}$ 0 mm
$\lambda_{\underline{p}_{2-7/5}}$	0,390	$\lambda_{\underline{p}_{7-8/5}}$ 0,000	$\lambda_{\underline{p}_{8-5}}$ 0,000
$\rho_{2-7/5}$	1,000	$\rho_{7-8/5}$ 1,000	ρ_{8-5} 1,000
$b_{2-7/5,c,eff}$	330 mm	$b_{7-8/5,c,eff}$ 0 mm	$b_{8-5,c,eff}$ 0 mm
$b_{2-7/5,c,eff,sup}$	132 mm	$b_{7-8/5,c,eff}$ 0 mm	$b_{8-5,c,eff,s}$ 0 mm
$x_{2-7/5,c,eff}$	0 mm	$x_{7-8/5,c,eff}$ 0 mm	$x_{8-5,c,eff}$ 0 mm
$b_{2-7/5,c,eff,inf}$	198 mm	$b_{7-8/5,c,eff}$ 0 mm	$b_{8-5,c,eff,inf}$ 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 350 [mm]

Baricentro sezione efficace

$z_{g,eff}$ 350 [mm]

Eccentricità tra baricentri

Δe_N 0 [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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 75 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

Verifica ad instabilità anima per tensioni di taglio SLU			
Instabilità pannello dell'anima		Pannello	non irrigidito
h_w/t_w	< 72 ε/η	No shear buckling verification needed	
σ_E	98,04 MPa		
x_{sl}	0,00	baricentro eventuale ribs	
I_{sl}	0,00 cm ⁴	momento inerzia ribs	
$k_{\tau,st}$	0,00		
k_τ	5,34		
τ_{cr}	524 MPa		
λ_w	0,63		
χ_w	1,20		
c	0 mm		
$M_{f,Rd}$	1839 KNm	(My viene trasferito dalle sole flange)	
χ_f	0,000	il contributo delle ali al taglio non può essere considerato	
$V_{bw,Rd}$	2214 KN	contributo resistenza a taglio dell'anima	
$V_{bf,Rd}$	0 KN	contributo resistenza a taglio delle ali	
$V_{b,Rd}$	2214 KN		
η_3	0,05	OK	$V_{ED} < V_{b,Rd}/2$
Interazione tra M-V-N			
$M_{f,Rd}$	1839 KNm	c_T	546,2 mm
$M_{pl,Rd}$	2392 KNm	η_3	0,05
$z_{g,pl}$	350 mm	$W_{pl,yy}$	7074 cm ³
		η_1	0,12
η_{V-M-N} : <i>considerata</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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 77 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 = 6500	mm	

CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE DELL'ASTA

Parametri di calcolo

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 355$	N/mm ²	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

VERIFICA DI RESISTENZA

Azione di compressione di calcolo	$N_{Ed} = 21000$	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 $N_{Ed}/N_{c,Rd}$	$= 0.32$	≤ 1	NTC 4.2.4.1.2 - Eq. (4.2.10)

Verifica di resistenza a compressione	SODDISFATTA		
--	--------------------	--	--

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	$L_{0,y} = 325$	cm	NTC 4.2.4.1.3.1
Carico critico euleriano dell'asta	$N_{cr,y} = 34668$	daN	NTC 4.2.4.1.3.1
Rapporto $N_{Ed}/N_{cr,y}$	$= 0.606$	> 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	$l_y = 107$	≤ 200	VERIFICA
Snellezza adimensionale dell'asta	$\Gamma_y = 1.401$	> 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

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: Cavalcavia 4.1	
	Relazione di Calcolo Impalcato	
	Pagina 78 di 117	
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK	

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	$F_y = 1.685$	-	NTC 4.2.4.1.3.1
Fattore di riduzione per l'instabilità intorno y-y	$C_y = 0.381$	-	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	$L_{0,z} = 325$	cm	NTC 4.2.4.1.3.1
Carico critico euleriano dell'asta	$N_{cr,z} = 34668$	daN	NTC 4.2.4.1.3.1
Rapporto $N_{Ed}/N_{cr,z}$	$= 0.606$	> 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	$l_z = 107$	≤ 200	VERIFICA
Snellezza adimensionale dell'asta	$l'_z = 1.401$	> 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	$F_z = 1.685$	-	NTC 4.2.4.1.3.1
Fattore di riduzione per l'instabilità intorno z-z	$C_z = 0.381$	-	NTC 4.2.4.1.3.1 - Eq. (4.2.45)

Verifica di stabilità

Azione di compressione di calcolo	$N_{Ed} = 21000$	daN	
Fattore di riduzione per l'instabilità dell'asta	$C_{min} = 0.381$	-	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	$N_{b,Rd} = 24705$	daN	NTC 4.2.4.1.3.1 - Eq. (4.2.43)
Indice di verifica $N_{Ed}/N_{b,Rd}$	$= 0.85$	≤ 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	: alta resistenza		NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.XIIa
Classe dei bulloni	: 10.9		NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.XIIa
Tensione di snervamento delle viti	$f_{yb} = 900$	N/mm ²	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.XIIb
Tensione di rottura delle viti	$f_{tb} = 1000$	N/mm ²	NTC 11.3.4.1 - Tab. 11.3.XIIb

FORATURA DELLA SEZIONE PER COLLEGAMENTI BULLONATI

Dati generali del collegamento bullonato

Presenza del collegamento bullonato	: SI	
Piani di foratura	: ala orizzontale	

Foratura della sezione lungo l'ala orizzontale

Tipologia dei fori	: allineati		EC 3-1-1 6.2.2.2
Tipologia di accoppiamento foro-bullone	: ordinario		NTC 4.2.8.1.1
Diametro dei bulloni	: M16		UNI 5592:1968
Gioco foro-bullone	$d-d_0 = 1.0$	mm	NTC 4.2.8.1.1

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1	
	Relazione di Calcolo Impalcato	
	Pagina 79 di 117	
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK	

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	$n = 2$	-	EC 3-1-1 6.2.2.2
-	$\Sigma s^2/4p = 0.0$	mm	EC 3-1-1 6.2.2.2
Riduzione dell'area lorda della sezione	$= 340$	mm ²	EC 3-1-1 6.2.2.2

Calcolo dell'area netta della sezione trasversale

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

VERIFICA DI RESISTENZA

Azione di trazione di calcolo	$N_{Ed} = 21000$	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 $N_{Ed}/N_{t,Rd}$	$= 0.36$	≤ 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 80 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 rigidezza 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 μ tra le piastre a contatto nelle unioni "pre-caricate" assunto pari a 0,45 ipotizzando le giunzioni sabbiate 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 81 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :

	SLU	SLE	
Nsdconcio	7960.85	5693.02	[kN]
Msdconcio	25100.62	18850.74	[kNm]

Ripartizione delle azioni sulle ali

Momento d'inerzia del profilo	ly	83428813456	[mm ⁴]
Momento d'inerzia delle ali	ly,ali	6.95E+10	[mm ⁴]
Area del profilo	A	122400	[mm ²]
Area della ala superiore	Aala sup	26000	[mm ²]
Area della ala inferiore	Aala inf	58500	[mm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	20900.42	15696.36	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	-7933.43	-6018.74	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	16426.69	12200.04	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima		SLU	SLE	
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	1948.26	1442.08	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	-532.40	FALSO	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	3412.28	2562.65	[kNm]

VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	24	[mm]
Diametro del foro	d ₀	25	[mm]
Area del gambo filettato	As	353	[mm ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	40	[-]
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]
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 coprigiunto 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 coprigiunto esterno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	550	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	30	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	225	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	30	[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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 82 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

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	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F_v, R_d	141.20	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bL_f	0.91	[-]
Coefficiente di riduzione adottato $\min(0,75; bL_f)$	bL_f, ad	0.91	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	$0,7 \mu$	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F_v, R_d	91.90	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	$F_{1j}, R_d \text{ sup SLU}$	10319.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	$F_{1j}, R_d \text{ sup SCO}$	6716.1	[kN]
Resistenza della sezione netta delle ali			
Area della sezione netta della ala superiore	$A_{f, net}$	22000.00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala superiore	$F_{t, net}, R_d \text{ s}$	8078.40	[kN]
Resistenza a rifollamento delle ali			
Coefficiente di riduzione per geometria	α_g	0.67	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	$F_{b, Rd} \text{ s}$	652.80	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F_{3j}, R_d	26112.00	[kN]
Resistenza a rifollamento dei coprigiunti			
Coefficiente di riduzione per geometria	α_c	0.73	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	$F_{b, c}, R_d$	1077.12	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F_{4j}, R_d	86169.60	[kN]
Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti			
Area della sezione lorda dei coprigiunti	A_c	30000.00	[mm ²]
Massima trazione coprigiunti superiori	$F_{t, c}, R_d$	10142.86	[kN]
Resistenza della sezione netta dei coprigiunti			
Area della sezione netta dei coprigiunti	$A_{c, net}$	24000.00	[mm ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	$F_{t, c, net}, R_d$	8812.80	[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 ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	60	[-]
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]
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_{tb}	1000	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	L_c	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	L_c	1660	[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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 83 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]	
Spessore del coprigiunto interno	tc	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	α	0.5	[-]	
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	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	0.93	[-]	
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bL _f)	bL _{f,ad}	0.93	[-]	
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]	
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F _{v,Rd}	119.49	[-]	
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SLU}	20522.4	[kN]	
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SCO}	13356.5	[kN]	
Resistenza della sezione netta delle ali				
Area della sezione netta della ala inferiore	A _{f,net}	47580.00	[mm ²]	
Resistenza sezione netta ala inferiore	F _{t,net,Rd i}	17471.38	[kN]	
Resistenza a rifollamento delle ali				
Coefficiente di riduzione per geometria	α _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}	63932.14	[kN]	
Resistenza a rifollamento dei coprigiunti				
Coefficiente di riduzione per geometria	α _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}	173108.57	[kN]	
Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti				
Area della sezione lorda dei coprigiunti	A _c	59200.00	[mm ²]	
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 ²]	
Massima trazione assunta dai coprigiunti	F _{t,c,net,Rd}	16803.07	[kN]	
VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA				
Numero di sezioni resistenti	n _v	2.00	[-]	
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]	
Numero totale di bulloni	n _b	60	[-]	
Baricentro bullonatura	Z _{G,b}	80.00	[cm]	
Baricentro bullonatura	X _{G,b}	13.50	[cm]	
Ordinata massima	z _{b,max}	76.00	[cm]	
Ascissa massima	x _{b,max}	8.00	[cm]	
Momento d'inerzia bulloneria	J _{b,tot}	130240.00	[cm ²]	
Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	-532.40	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	1948.26	1442.08	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	3412.28	2562.65	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	26302	19468	[kNcm]
Momento totale di calcolo	M _{tot,Sd}	367530	275733	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	V _{bz,V}	16.24	12.02	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	V _{bx,N}	-4.44	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	V _{bz,M}	11.29	8.47	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	V _{bx,M}	107.23	80.45	[kN]
Reazione per sezione di taglio	R _{b,tot}	106	83	[kN]
Verifica dei bulloni				

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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 84 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	141.20	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	91.90	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	106.42	[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	55.05	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	205.59	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.817	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.600	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	399.84	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	293.76	[kN]

Verifica a rifollamento dei coprigiunti	-		
--	---	--	--

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	55.05	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	205.59	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.667	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.667	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	489.60	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	489.60	[kN]

Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	-		
---	---	--	--

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	19683000	[mm ³]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	48600	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6352.240909	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9055.48	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3412.28	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	1948.2615	[kN]

Verifica della sezione netta dei coprigiunti	-		
---	---	--	--

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	15633000	[mm ³]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33600	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6378.26	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7914.78	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3412.28	[kNm]

SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO				
---	--	--	--	--

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

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	η	76.88%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	η	80.04%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	η	98.21%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	η	94.02%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	η	78.22%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	η	82.07%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	η	90.02%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	η	97.76%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	η	89.62%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	η	91.34%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	η	46.72%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	η	19.08%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	η	14.16%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	η	7.05%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	98.21%	[-]	OK

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 85 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Verifica a taglio dei bulloni	η	75.37%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	η	90.34%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	η	13.77%	[-]	OK
	η	69.99%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprighiunti	η	11.24%	[-]	OK
	η	41.99%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprighiunti	η_{MOMENTO}	53.72%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	21.51%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprighiunti	η_{MOMENTO}	53.50%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	24.62%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	90.34%		OK

	SLU	SLE	
Nsdconcio	10824.63	8079.50	[kN]
Msdconcio	21108.23	15523.75	[kNm]

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :

Ripartizione delle azioni sulle ali			
Momento d'inerzia del profilo	I_y	83428813456	[mm ⁴]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	6.95E+10	[mm ⁴]
Area del profilo	A	122400	[mm ²]
Area della ala superiore	Aala sup	26000	[mm ²]
Area della ala inferiore	Aala inf	58500	[mm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto				
		SLU	SLE	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	17576.09	12926.09	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	-5794.29	-4236.12	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	15787.83	11667.65	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima				
		SLU	SLE	
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	1948.26	1442.08	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	831.10	FALSO	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	2869.54	2110.36	[kNm]

VERIFICA COPRIGIUNTO ALLA SUPERIORE

CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	24	[mm]
Diametro del foro	d ₀	25	[mm]
Area del gambo filettato	A _s	353	[mm ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	40	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb _{trav}	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	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 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 86 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

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	1660	[mm]
Larghezza del coprighiunto esterno	bc	550	[mm]
Spessore del coprighiunto esterno	tc	30	[mm]
Lunghezza del coprighiunto interno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprighiunto interno	b'c	225	[mm]
Spessore del coprighiunto interno	tc	30	[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	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F _{v,Rd}	141.20	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.91	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.91	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F _{v,Rd}	91.90	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SLU}	10319.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SCO}	6716.1	[kN]

Resistenza della sezione netta delle ali

Area della sezione netta della ala superiore	A _{f,net}	22000.00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala superiore	F _{t,net,Rd s}	8078.40	[kN]

Resistenza a rifollamento delle ali

Coefficiente di riduzione per geometria	α _g	0.67	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	F _{b,Rd s}	652.80	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F _{3j,Rd}	26112.00	[kN]

Resistenza a rifollamento dei coprighiunti

Coefficiente di riduzione per geometria	α _c	0.73	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F _{b,c,Rd}	1077.12	[kN]
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala superiore	F _{4j,Rd}	86169.60	[kN]

Resistenza della sezione lorda dei coprighiunti

Area della sezione lorda dei coprighiunti	A _c	30000.00	[mm ²]
Massima trazione coprighiunti superiori	F _{t,c,Rd}	10142.86	[kN]

Resistenza della sezione netta dei coprighiunti

Area della sezione netta dei coprighiunti	A _{c,net}	24000.00	[mm ²]
Massima trazione assunta dai coprighiunti	F _{t,c,net,Rd}	8812.80	[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 ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	60	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb _{,trav}	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 concii	p3	110	[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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 87 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

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 _{tb}	1000	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	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	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	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	0.93	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bL _f)	bL _{f,ad}	0.93	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	F _{v,Rd}	119.49	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SLU}	20522.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SCO}	13356.5	[kN]

Resistenza della sezione netta delle ali

Area della sezione netta della ala inferiore	A _{f,net}	47580.00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala inferiore	F _{t,net,Rd i}	17471.38	[kN]

Resistenza a rifollamento delle ali

Coefficiente di riduzione per geometria	α _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}	63932.14	[kN]

Resistenza a rifollamento dei coprigiunti

Coefficiente di riduzione per geometria	α _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}	173108.57	[kN]

Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti

Area della sezione lorda dei coprigiunti	A _c	59200.00	[mm ²]
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 ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	F _{t,c,net,Rd}	16803.07	[kN]

VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA

Numero di sezioni resistenti	n _v	2.00	[-]
Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	n _b	60	[-]
Baricentro bullonatura	Z _{G,b}	80.00	[cm]
Baricentro bullonatura	X _{G,b}	13.50	[cm]
Ordinata massima	z _{b,max}	76.00	[cm]
Ascissa massima	x _{b,max}	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	J _{b,tot}	130240.00	[cm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto

	SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	831.10	0.00 [kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	1948.26	1442.08 [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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1			
	Relazione di Calcolo Impalcato			
	Pagina 88 di 117			
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK			

Momento flettente di Calcolo	MSd	2869.54	2110.36	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	26302	19468	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	313255	230504	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	16.24	12.02	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	6.93	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	9.62	7.08	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	91.40	67.25	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	102	70	[kN]

Verifica dei bulloni -

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	141.20	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	91.90	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	101.67	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	70	[kN]

Verifica a rifollamento dell'anima della trave -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	51.71	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	196.65	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.817	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.600	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	399.84	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	293.76	[kN]

Verifica a rifollamento dei coprigiunti -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	51.71	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	196.65	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.667	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.667	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	489.60	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	489.60	[kN]

Verifica della sezione lorda dei coprigiunti -

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	19683000	[mm ³]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	48600	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6352.240909	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9055.48	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	2869.54	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	1948.2615	[kN]

Verifica della sezione netta dei coprigiunti -

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	15633000	[mm ³]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33600	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6378.26	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7914.78	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	2869.54	[kNm]

SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO

Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	η	56.15%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	η	76.93%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	η	71.73%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	η	90.36%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	η	57.13%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	η	78.88%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	η	65.75%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	η	93.96%	[-]	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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 89 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	η	63.07%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	η	87.36%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	η	44.68%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	η	18.25%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	η	13.54%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	η	6.74%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	93.96%	[-]	OK

Verifica della giunzione d'anima				
Verifica a taglio dei bulloni	η	72.00%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	η	76.08%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	η	12.93%	[-]	OK
	η	66.94%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	η	10.56%	[-]	OK
	η	40.17%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	η_{MOMENTO}	45.17%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	21.51%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	η_{MOMENTO}	44.99%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	24.62%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	76.08%		OK

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :

	SLU	SLE	
Nsdconcio	10312.36	7652.61	[kN]
Msdconcio	21807.69	16106.63	[kNm]

Ripartizione delle azioni sulle ali				
Momento d'inerzia del profilo	I_y	83428813456		[mm ⁴]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	6.95E+10		[mm ⁴]
Area del profilo	A	122400		[mm ²]
Area della ala superiore	Aala sup	26000		[mm ²]
Area della ala inferiore	Aala inf	58500		[mm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	18158.51	13411.44	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	-6171.31	-4550.30	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	15894.71	11756.73	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	1948.26	1442.08	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	588.95	FALSO	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	2964.63	2189.60	[kNm]

VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	24	[mm]
Diametro del foro	d_o	25	[mm]
Area del gambo filettato	A_s	353	[mm ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	40	[-]

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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 90 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

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]
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 _{tb}	1000	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	550	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	30	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	225	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	30	[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	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	141.20	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.91	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.91	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	91.90	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	10319.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	6716.1	[kN]

Resistenza della sezione netta delle ali

Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	22000.00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	8078.40	[kN]

Resistenza a rifollamento delle ali

Coefficiente di riduzione per geometria	α_g	0.67	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	652.80	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	26112.00	[kN]

Resistenza a rifollamento dei coprigiunti

Coefficiente di riduzione per geometria	α_c	0.73	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1077.12	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F4j,Rd	86169.60	[kN]

Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	30000.00	[mm ²]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	10142.86	[kN]

Resistenza della sezione netta dei coprigiunti

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	24000.00	[mm ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	8812.80	[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]

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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 91 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Area del gambo filettato	As	459	[mm ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	60	[-]
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]
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 _{tb}	1000	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	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	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	0.93	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.93	[-]
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	20522.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	13356.5	[kN]

Resistenza della sezione netta delle ali

Area della sezione netta della ala inferiore	Af,net	47580.00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala inferiore	Ft,net,Rd i	17471.38	[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	63932.14	[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	173108.57	[kN]

Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	59200.00	[mm ²]
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 ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	16803.07	[kN]

VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA

Numero di sezioni resistenti	nv	2.00	[-]
------------------------------	----	------	-----

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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 92 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Eccentricità di VSd	e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni	nb	60	[-]
Baricentro bullonatura	ZG,b	80.00	[cm]
Baricentro bullonatura	XG,b	13.50	[cm]
Ordinata massima	zb,max	76.00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	130240.00	[cm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	588.95	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	1948.26	1442.08	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	2964.63	2189.60	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	26302	19468	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	322764	238428	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	16.24	12.02	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	4.91	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	9.91	7.32	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	94.17	69.57	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	102	72	[kN]

Verifica dei bulloni

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd SLU	141.20	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	91.90	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	102.47	[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	52.30	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	198.16	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.817	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.600	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	399.84	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	293.76	[kN]

Verifica a rifollamento dei coprigiunti

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	52.30	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	198.16	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.667	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.667	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	489.60	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	489.60	[kN]

Verifica della sezione lorda dei coprigiunti

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	19683000	[mm ³]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	48600	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6352.240909	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9055.48	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	2964.63	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	1948.2615	[kN]

Verifica della sezione netta dei coprigiunti

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	15633000	[mm ³]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33600	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6378.26	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7914.78	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	2964.63	[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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 93 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO

Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	η	59.80%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	η	77.45%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	η	76.39%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	η	90.98%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	η	60.84%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	η	79.41%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	η	70.03%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	η	94.59%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	η	67.75%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	η	88.02%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	η	45.02%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	η	18.39%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	η	13.64%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	η	6.79%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	94.59%	[-]	OK

Verifica della giunzione d'anima

Verifica a taglio dei bulloni	η	72.57%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	η	78.57%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	η	13.08%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	η	67.46%	[-]	OK
	η	10.68%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	η_{MOMENTO}	40.47%	[-]	OK
	η_{MOMENTO}	46.67%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	η_{TAGLIO}	21.51%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	46.48%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η_{MOMENTO}	24.62%	[-]	OK
	η	78.57%		OK

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :

Nsdconcio **7604.95** **5411.89** [kN]

MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :

Msdconcio **25651.76** **19284.03** [kNm]

Ripartizione delle azioni sulle ali

Momento d'inerzia del profilo	I_y	92829156709	[mm ⁴]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	7.89E+10	[mm ⁴]
Area del profilo	A	132900	[mm ²]
Area della ala superiore	Aala sup	30000	[mm ²]
Area della ala inferiore	Aala inf	65000	[mm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	21804.74	16391.99	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	-8466.82	-6433.94	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	16635.53	12356.69	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima		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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 94 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	1948.26	1442.08	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	-563.77	FALSO	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	3134.07	2356.08	[kNm]

VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	24	[mm]
Diametro del foro	d _o	25	[mm]
Area del gambo filettato	As	353	[mm ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	40	[-]
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]
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 _{tb}	1000	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	550	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	30	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	225	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	30	[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	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	141.20	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.91	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.91	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	91.90	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	10319.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	6716.1	[kN]

Resistenza della sezione netta delle ali

Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	26000.00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	9547.20	[kN]

Resistenza a rifollamento delle ali

Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0.67	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	652.80	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	26112.00	[kN]

Resistenza a rifollamento dei coprigiunti

Coefficiente di riduzione per geometria	αc	0.73	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1077.12	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F4j,Rd	86169.60	[kN]

Resistenza della sezione lorda 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 95 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	30000.00	[mm ²]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	10142.86	[kN]
Resistenza della sezione netta dei coprigiunti - -			
Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	24000.00	[mm ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	8812.80	[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	As	459	[mm ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	60	[-]
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]
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 _{tb}	1000	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	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	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	0.93	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.93	[-]
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	20522.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	13356.5	[kN]

Resistenza della sezione netta delle ali

Area della sezione netta della ala inferiore	Af,net	54080.00	[mm ²]
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	63932.14	[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]

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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 96 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore F4j,Rd 173108.57 [kN]

Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti - -

Area della sezione lorda dei coprigiunti Ac 59200.00 [mm²]

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 [mm²]

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 60 [-]

Baricentro bullonatura ZG,b 80.00 [cm]

Baricentro bullonatura XG,b 13.50 [cm]

Ordinata massima zb,max 76.00 [cm]

Ascissa massima xb,max 8.00 [cm]

Momento d'inerzia bulloneria Jb,tot 130240.00 [cm²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto **SLU** **SLE**

Forza Normale di Calcolo NSd -563.77 0.00 [kN]

Forza di Taglio di Calcolo VSd 1948.26 1442.08 [kN]

Momento flettente di Calcolo MSd 3134.07 2356.08 [kNm]

Momento torcente parassita TSd 26302 19468 [kNcm]

Momento totale di calcolo Mtot,Sd 339709 255076 [kNcm]

Taglio in z dovuto a Vsd Vbz,V 16.24 12.02 [kN]

Taglio in x dovuto a Nsd Vbx,N -4.70 0.00 [kN]

Taglio in z dovuto a Msd,tot Vbz,M 10.43 7.83 [kN]

Taglio in x dovuto a Msd,tot Vbx,M 99.12 74.42 [kN]

Reazione per sezione di taglio Rb,tot 98 77 [kN]

Verifica dei bulloni -

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio α 0.50 [-]

Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio Fv,Rd SLU 141.20 [kN]

Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento 0,7 μ 0.32 [-]

Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio Fv,Rd 91.90 [kN]

Azione sollecitante per taglio Fv,Ed SLU 98.11 [kN]

Azione sollecitante per scorrimento Fv,Ed SLE 77 [kN]

Verifica a rifollamento dell'anima della trave -

Azione di rifollamento in direzione verticale Fbz,Ed 53.34 [kN]

Azione di rifollamento in direzione orizzontale Fby,Ed 188.84 [kN]

Coefficiente di riduzione per geometria verticale az 0.817 [-]

Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale ax 0.600 [-]

Resistenza a rifollamento verticale Fbz,Rd 399.84 [kN]

Resistenza a rifollamento orizzontale Fby,Rd 293.76 [kN]

Verifica a rifollamento dei coprigiunti -

Azione di rifollamento in direzione verticale Fbz,Ed 53.34 [kN]

Azione di rifollamento in direzione orizzontale Fby,Ed 188.84 [kN]

Coefficiente di riduzione per geometria verticale az 0.667 [-]

Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale ax 0.667 [-]

Resistenza a rifollamento verticale Fbz,Rd 489.60 [kN]

Resistenza a rifollamento orizzontale Fby,Rd 489.60 [kN]

Verifica della sezione lorda dei coprigiunti -

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti Wc,pl 19683000 [mm³]

Area di taglio dei coprigiunti Ac,v 48600 [mm²]

Momento resistente dei coprigiunti Mc,pl,Rd 6352.240909 [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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 97 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9055.48	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3134.07	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	1948.2615	[kN]

Verifica della sezione netta dei coprigiunti

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	15633000	[mm ³]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33600	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6378.26	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7914.78	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	3134.07	[kNm]

SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO
Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	η	82.05%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	η	81.06%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	η	88.68%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	η	83.77%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	η	83.48%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	η	83.11%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	η	96.07%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	η	99.00%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	η	95.80%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	η	92.51%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	η	47.32%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	η	19.33%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	η	14.34%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	η	7.14%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	99.00%	[-]	OK

Verifica della giunzione d'anima

Verifica a taglio dei bulloni	η	69.48%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	η	83.82%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	η	13.34%	[-]	OK
	η	64.28%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	η	10.89%	[-]	OK
	η	38.57%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	η_{MOMENTO}	49.34%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	21.51%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	η_{MOMENTO}	49.14%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	24.62%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	83.82%		OK

SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :

Nsdconcio

SLU	SLE	
10166.63	7546.63	[kN]
22059.44	16290.44	[kNm]

MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :

Msdconcio

Ripartizione delle azioni sulle ali

Momento d'inerzia del profilo	Iy	92829156709	[mm 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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 98 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Momento d'inerzia delle ali	ly,ali	7.89E+10	[mm ⁴]
Area del profilo	A	132900	[mm ²]
Area della ala superiore	Aala sup	30000	[mm ²]
Area della ala inferiore	Aala inf	65000	[mm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	18751.17	13847.35	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	-6462.44	-4763.63	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	16079.64	11893.45	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima		SLU	SLE	
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	1948.26	1442.08	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	549.43	FALSO	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	2695.17	1990.33	[kNm]

VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

CARATTERISTICHE DEL COPRIGIUNTO E DEI BULLONI D'ALA

Diametro del bullone	d	24	[mm]
Diametro del foro	d ₀	25	[mm]
Area del gambo filettato	A _s	353	[mm ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	40	[-]
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]
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 _{tb}	1000	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	550	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	30	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	225	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	30	[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	α	0.5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0.45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	141.20	[kN]
Coefficiente di riduzione per la lunghezza del giunto	bLf	0.91	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.91	[-]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento	0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	91.90	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F1j,Rd sup SLU	10319.4	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F1j,Rd sup SCO	6716.1	[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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 99 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Area della sezione netta della ala superiore	Af,net	26000.00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	9547.20	[kN]

Resistenza a rifollamento delle ali	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α_g	0.67	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	652.80	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	26112.00	[kN]

Resistenza a rifollamento dei coprigiunti	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α_c	0.73	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	Fb,c,Rd	1077.12	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	F4j,Rd	86169.60	[kN]

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

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	30000.00	[mm ²]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	10142.86	[kN]

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

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	24000.00	[mm ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	8812.80	[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 ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	60	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb _{,trasm}	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 _{tb}	1000	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO
--

Lunghezza del coprigiunto esterno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	790	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	40	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	Lc	1660	[mm]
Larghezza del coprigiunto interno	b'c	345	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	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	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	0.93	[-]
Coefficiente di riduzione adottato min(0,75;bLf)	bLf,ad	0.93	[-]
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	20522.4	[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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 100 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Resistenza a scorrimento globale dei bulloni		F _{j,Rd sup SCO}	13356.5	[kN]
Resistenza della sezione netta delle ali				
Area della sezione netta della ala inferiore		A _{f,net}	54080.00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala inferiore		F _{t,net,Rd i}	19858.18	[kN]
Resistenza a rifollamento delle ali				
Coefficiente di riduzione per geometria		α _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}	63932.14	[kN]
Resistenza a rifollamento dei coprigiunti				
Coefficiente di riduzione per geometria		α _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}	173108.57	[kN]
Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti				
Area della sezione lorda dei coprigiunti		A _c	59200.00	[mm ²]
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 ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti		F _{t,c,net,Rd}	16803.07	[kN]
VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA				
Numero di sezioni resistenti		n _v	2.00	[-]
Eccentricità di VSd		e	13.50	[cm]
Numero totale di bulloni		n _b	60	[-]
Baricentro bullonatura		Z _{G,b}	80.00	[cm]
Baricentro bullonatura		X _{G,b}	13.50	[cm]
Ordinata massima		z _{b,max}	76.00	[cm]
Ascissa massima		x _{b,max}	8.00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria		J _{b,tot}	130240.00	[cm ²]
Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Forza Normale di Calcolo	NSd	549.43	0.00	[kN]
Forza di Taglio di Calcolo	VSd	1948.26	1442.08	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	2695.17	1990.33	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	26302	19468	[kNcm]
Momento totale di calcolo	M _{tot,Sd}	295819	218501	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	V _{bz,V}	16.24	12.02	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	V _{bx,N}	4.58	0.00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	V _{bz,M}	9.09	6.71	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	V _{bx,M}	86.31	63.75	[kN]
Reazione per sezione di taglio	R _{b,tot}	94	66	[kN]
Verifica dei bulloni				
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio		α	0.50	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio		F _{v,Rd SLU}	141.20	[kN]
Coefficiente riduzione per la resistenza a scorrimento		0,7 μ	0.32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio		F _{v,Rd}	91.90	[kN]
Azione sollecitante per taglio		F _{v,Ed SLU}	94.35	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento		F _{v,Ed SLE}	66	[kN]
Verifica a rifollamento dell'anima della trave				
Azione di rifollamento in direzione verticale		F _{bz,Ed}	50.64	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale		F _{bx,Ed}	181.78	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale		α _z	0.817	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale		α _x	0.600	[-]
Resistenza a rifollamento verticale		F _{bz,Rd}	399.84	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale		F _{bx,Rd}	293.76	[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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 101 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

Verifica a rifollamento dei coprigiunti	-
--	---

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	50.64	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	181.78	[kN]
Coefficiente di riduzione per geometria verticale	az	0.667	[-]
Coefficiente di riduzione per geometria orizzontale	ax	0.667	[-]
Resistenza a rifollamento verticale	Fbz,Rd	489.60	[kN]
Resistenza a rifollamento orizzontale	Fby,Rd	489.60	[kN]

Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	-
---	---

Modulo di resistenza plastico dei coprigiunti	Wc,pl	19683000	[mm3]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	48600	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6352.240909	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	9055.48	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	2695.17	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	1948.2615	[kN]

Verifica della sezione netta dei coprigiunti	-
---	---

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	15633000	[mm3]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	33600	[mm2]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	6378.26	[kNm]
Taglio resistente coprigiunti	Vc,pl,Rd	7914.78	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	2695.17	[kNm]

SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO

Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore
--

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	η	62.62%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	η	78.35%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	η	67.69%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	η	80.97%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	η	63.71%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	η	80.34%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	η	73.33%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	η	95.69%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	η	70.93%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	η	89.05%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	η	45.55%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	η	18.60%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	η	13.80%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	η	6.87%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	95.69%	[-]	OK

Verifica della giunzione d'anima	-
---	---

Verifica a taglio dei bulloni	η	66.82%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	η	72.30%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	η	12.67%	[-]	OK
	η	61.88%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	η	10.34%	[-]	OK
	η	37.13%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	η_{MOMENTO}	42.43%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	21.51%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	η_{MOMENTO}	42.26%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	24.62%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	72.30%		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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 102 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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.

		SLU	SLE	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	0,00	0,00	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	280,00	280,00	[kNm]

Ripartizione delle azioni sulle ali				
Momento d'inerzia del profilo	ly	2209503333		[mm ⁴]
Momento d'inerzia delle ali	ly,ali	1,85E+09		[mm ⁴]
Area del profilo	A	25900		[mm ²]
Area della ala superiore	Aala sup	8000		[mm ²]
Area della ala inferiore	Aala inf	8000		[mm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	234,46	234,46	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	-344,69	-344,69	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	344,69	344,69	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	115,00	115,00	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	0,00	0,00	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	45,54	45,54	[kNm]

VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

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	As	245	[mm ²]
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]

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 103 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 _{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	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	6320,00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala superiore	Ft,net,Rd s	2320,70	[kN]

Resistenza a rifollamento delle ali

Coefficiente di riduzione per geometria	αg	0,56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	Fb,Rd s	226,67	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	F3j,Rd	2720,00	[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 ²]
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 ²]
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 ₀	21	[mm]
Area del gambo filettato	As	245	[mm ²]
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 concetti	p3	80	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concetti	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 _{tb}	1000	[MPa]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEL COPRIGIUNTO

Lunghezza del coprighiunto esterno	Lc	390	[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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 104 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

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_{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	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 inferiore	Af,net	6320,00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala inferiore	Ft,net,Rd i	2320,70	[kN]

Resistenza a rifollamento delle ali	-	-		
--	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α_g	0,56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	Fb,Rd i	226,67	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F3j,Rd	2720,00	[kN]

Resistenza a rifollamento dei coprigiunti	-	-		
--	---	---	--	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α_c	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]

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

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	10800,00	[mm ²]
Massima trazione coprigiunti inferiori	Ft,c,Rd	3651,43	[kN]

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

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	7440,00	[mm ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	Ft,c,net,Rd	2731,97	[kN]

VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA				
-------------------------------------	--	--	--	--

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 ²]

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	115,00	115,00	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	45,54	45,54	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	1093	1093	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	5647	5647	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	4,79	4,79	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	0,00	0,00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	4,64	4,64	[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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 105 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	23,22	23,22	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	25	25	[kN]
Verifica dei bulloni				
Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	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 μ	0,32		[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	63,78		[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	25,06		[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	25		[kN]
Verifica a rifollamento dell'anima della trave				
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	18,87		[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	46,44		[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 coprighiunti				
Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	18,87		[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	46,44		[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 coprighiunti				
Modulo di resistenza plastico dei coprighiunti	Wc,pl	2500000		[mm ³]
Area di taglio dei coprighiunti	Ac,v	20000		[mm ²]
Momento resistente dei coprighiunti	Mc,pl,Rd	806,8181818		[kNm]
Taglio resistente dei coprighiunti	Vc,pl,Rd	3726,53		[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	45,54		[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	115		[kN]
Verifica della sezione netta dei coprighiunti				
Modulo di resistenza netto dei coprighiunti	Wc,net,pl	2197600		[mm ³]
Area di taglio netta dei coprighiunti	Ac,v	14960		[mm ²]
Momento resistente dei coprighiunti	Mc,pl,Rd	896,62		[kNm]
Taglio resistente dei coprighiunti	Vc,pl,Rd	3523,96		[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	45,54		[kNm]

SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO				
Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore				
Resistenza bulloni a taglio ala superiore	η	14,66%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	η	14,66%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	η	14,85%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	η	14,85%	[-]	OK
Massima trazione coprighiunti superiori	η	9,44%	[-]	OK
Massima trazione coprighiunti inferiori	η	9,44%	[-]	OK
Trazione area netta coprighiunti superiori	η	12,62%	[-]	OK
Trazione area netta coprighiunti inferiori	η	12,62%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	η	22,52%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	η	22,52%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	η	12,67%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	η	12,67%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprighiunto d'ala superiore	η	3,17%	[-]	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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 106 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	η	3,17%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	22,52%	[-]	OK

Verifica della giunzione d'anima				
Verifica a taglio dei bulloni	η	25,57%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	η	39,29%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	η	6,17%	[-]	OK
	η	21,25%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	η	2,91%	[-]	OK
	η	7,17%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	5,64%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	3,09%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	5,08%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	3,26%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	39,29%		OK

		SLU	SLE	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	0,00	0,00	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	85,00	85,00	[kNm]

Ripartizione delle azioni sulle ali				
Momento d'inerzia del profilo	I_y	1783853750		[mm ⁴]
Momento d'inerzia delle ali	$I_{y,ali}$	1,41E+09		[mm ⁴]
Area del profilo	A	22050		[mm ²]
Area della ala superiore	Aala sup	6000		[mm ²]
Area della ala inferiore	Aala inf	6000		[mm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto				
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	67,09	67,09	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	-97,92	-97,92	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	97,92	97,92	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima				
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	40,00	40,00	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	0,00	0,00	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	17,91	17,91	[kNm]

VERIFICA COPRIGIUNTO ALLA SUPERIORE

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 ²]
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]

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: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 107 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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 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]
Spessore del coprigiunto interno	tc	20	[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	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 ²]
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 coprigiunti

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 superiore	F4j,Rd	10880,00	[kN]

Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti

Area della sezione lorda dei coprigiunti	Ac	10800,00	[mm ²]
Massima trazione coprigiunti superiori	Ft,c,Rd	3651,43	[kN]

Resistenza della sezione netta dei coprigiunti

Area della sezione netta dei coprigiunti	Ac,net	7440,00	[mm ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	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 ₀	21	[mm]
Area del gambo filettato	As	245	[mm ²]
Numero di bulloni su metà giunto	nb	12	[-]
Numero di bulloni trasversali	nb _{,trasv}	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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 108 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

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 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]
Spessore del coprigiunto interno	tc	20	[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	α	0,5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0,45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F _{v,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	F _{v,Rd}	63,78	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SLU}	2352,0	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SCO}	1530,7	[kN]

Resistenza della sezione netta delle ali

Area della sezione netta della ala inferiore	A _{f,net}	4740,00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala inferiore	F _{t,net,Rd i}	1740,53	[kN]

Resistenza a rifollamento delle ali

Coefficiente di riduzione per geometria	α_g	0,56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	F _{b,Rd i}	170,00	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F _{3j,Rd}	2040,00	[kN]

Resistenza a rifollamento dei coprigiunti

Coefficiente di riduzione per geometria	α_c	0,56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F _{b,c,Rd}	453,33	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F _{4j,Rd}	10880,00	[kN]

Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti

Area della sezione lorda dei coprigiunti	A _c	10800,00	[mm ²]
Massima trazione coprigiunti inferiori	F _{t,c,Rd}	3651,43	[kN]

Resistenza della sezione netta dei coprigiunti

Area della sezione netta dei coprigiunti	A _{c,net}	7440,00	[mm ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	F _{t,c,net,Rd}	2731,97	[kN]

VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA

Numero di sezioni resistenti	n _v	2,00	[-]
Eccentricità di VSd	e	9,50	[cm]
Numero totale di bulloni	n _b	12	[-]
Baricentro bullonatura	Z _{G,b}	24,00	[cm]
Baricentro bullonatura	X _{G,b}	9,50	[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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 109 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Ordinata massima	zb,max	20,00	[cm]
Ascissa massima	xb,max	4,00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	Jb,tot	2432,00	[cm ²]

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	40,00	40,00	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	17,91	17,91	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	380	380	[kNcm]
Momento totale di calcolo	Mtot,Sd	2171	2171	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	Vbz,V	1,67	1,67	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	Vbx,N	0,00	0,00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	Vbz,M	1,79	1,79	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	Vbx,M	8,93	8,93	[kN]
Reazione per sezione di taglio	Rb,tot	10	10	[kN]

Verifica dei bulloni -

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	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 μ	0,32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	63,78	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	9,57	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	10	[kN]

Verifica a rifollamento dell'anima della trave -

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	6,90	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	17,86	[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	6,90	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	17,86	[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 ³]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	20000	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	806,8181818	[kNm]
Taglio resistente dei coprigiunti	Vc,pl,Rd	3726,53	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	17,91	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	40	[kN]

Verifica della sezione netta dei coprigiunti -

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	2197600	[mm ³]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	14960	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	896,62	[kNm]
Taglio resistente dei coprigiunti	Vc,pl,Rd	3523,96	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	17,91	[kNm]

SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO

Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	η	4,16%	[-]	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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 110 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	η	4,16%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	η	5,63%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	η	5,63%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	η	2,68%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	η	2,68%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	η	3,58%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	η	3,58%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	η	6,40%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	η	6,40%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	η	4,80%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	η	4,80%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	η	0,90%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	η	0,90%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	6,40%	[-]	OK

Verifica della giunzione d'anima				
Verifica a taglio dei bulloni	η	9,77%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	η	15,01%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	η	2,26%	[-]	OK
	η	8,17%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	η	1,07%	[-]	OK
	η	2,76%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	2,22%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	1,07%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	$\eta_{MOMENTO}$	2,00%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	1,14%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	15,01%		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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 111 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

		SLU	SLE	
SFORZO NORMALE SU CONCIO METALLICO :	Nsdconcio	0,00	0,00	[kN]
MOMENTO FLETTENTE SU CONCIO METALLICO :	Msdconcio	85,00	85,00	[kNm]

Ripartizione delle azioni sulle ali

Momento d'inerzia del profilo	ly	1783853750	[mm ⁴]
Momento d'inerzia delle ali	ly,ali	1,41E+09	[mm ⁴]
Area del profilo	A	22050	[mm ²]
Area della ala superiore	Aala sup	6000	[mm ²]
Area della ala inferiore	Aala inf	6000	[mm ²]

Sollecitazioni di calcolo ripartite negli elementi del giunto		SLU	SLE	
Momento assorbito dalle ali	Mf,Ed	67,09	67,09	[kNm]
Forza normale assorbita dalla ala sup	Nf,Ed	-97,92	-97,92	[kN]
Forza normale assorbita dalla ala inf	Nf,Ed	97,92	97,92	[kN]

Ripartizione delle azioni sull'anima		SLU	SLE	
Forza di taglio assorbita dall'anima	Vw,Ed	40,00	40,00	[kN]
Forza normale assorbita dall'anima	Nw,Ed	0,00	0,00	[kN]
Momento assorbito dall'anima	Mw,Ed	17,91	17,91	[kNm]

VERIFICA COPRIGIUNTO ALA SUPERIORE

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	As	245	[mm ²]
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 concetti	p3	80	[mm]
Distanza dal bordo bulloni prossimi alla linea dei concetti	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]
Spessore del coprigiunto interno	tc	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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 112 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

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	α	0,5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	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	$F_{1j,Rd}$ sup SLU	2352,0	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	$F_{1j,Rd}$ sup SCO	1530,7	[kN]
Resistenza della sezione netta delle ali			
Area della sezione netta della ala superiore	$A_{f,net}$	4740,00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala superiore	$F_{t,net,Rd}$ s	1740,53	[kN]
Resistenza a rifollamento delle ali			
Coefficiente di riduzione per geometria	α_g	0,56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala sup	$F_{b,Rd}$ s	170,00	[kN]
Resistenza a rifollamento ala superiore	$F_{3j,Rd}$	2040,00	[kN]
Resistenza a rifollamento dei coprigiunti			
Coefficiente di riduzione per geometria	α_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]
Resistenza della sezione lorda dei coprigiunti			
Area della sezione lorda dei coprigiunti	A_c	10800,00	[mm ²]
Massima trazione coprigiunti superiori	$F_{t,c,Rd}$	3651,43	[kN]
Resistenza della sezione netta dei coprigiunti			
Area della sezione netta dei coprigiunti	$A_{c,net}$	7440,00	[mm ²]
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 ²]
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	L_c	390	[mm]
Larghezza del coprigiunto esterno	bc	300	[mm]
Spessore del coprigiunto esterno	tc	20	[mm]
Lunghezza del coprigiunto interno	L_c	390	[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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 113 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Larghezza del coprigiunto interno	b'c	120	[mm]
Spessore del coprigiunto interno	tc	20	[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	α	0,5	[-]
Coefficiente di attrito tra piastre per scorrimento	μ	0,45	[-]
Resistenza a taglio per ciascun piano di taglio	F _{v,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	F _{v,Rd}	63,78	[-]
Resistenza a taglio globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SLU}	2352,0	[kN]
Resistenza a scorrimento globale dei bulloni	F _{1j,Rd sup SCO}	1530,7	[kN]

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

Area della sezione netta della ala inferiore	A _{f,net}	4740,00	[mm ²]
Resistenza sezione netta ala inferiore	F _{t,net,Rd i}	1740,53	[kN]

Resistenza a rifollamento delle ali	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α _g	0,56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone ala inf	F _{b,Rd i}	170,00	[kN]
Resistenza a rifollamento ala inferiore	F _{3j,Rd}	2040,00	[kN]

Resistenza a rifollamento dei coprigiunti	-	-	
--	---	---	--

Coefficiente di riduzione per geometria	α _c	0,56	[-]
Resistenza di ogni singolo bullone	F _{b,c,Rd}	453,33	[kN]
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	F _{4j,Rd}	10880,00	[kN]

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

Area della sezione lorda dei coprigiunti	A _c	10800,00	[mm ²]
Massima trazione coprigiunti inferiori	F _{t,c,Rd}	3651,43	[kN]

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

Area della sezione netta dei coprigiunti	A _{c,net}	7440,00	[mm ²]
Massima trazione assunta dai coprigiunti	F _{t,c,net,Rd}	2731,97	[kN]

VERIFICA COPRIGIUNTI D'ANIMA			
-------------------------------------	--	--	--

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 _{b,max}	20,00	[cm]
Ascissa massima	x _{b,max}	4,00	[cm]
Momento d'inerzia bulloneria	J _{b,tot}	2432,00	[cm ²]

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	40,00	40,00	[kN]
Momento flettente di Calcolo	MSd	17,91	17,91	[kNm]
Momento torcente parassita	TSd	380	380	[kNcm]
Momento totale di calcolo	M _{tot,Sd}	2171	2171	[kNcm]
Taglio in z dovuto a Vsd	V _{bz,V}	1,67	1,67	[kN]
Taglio in x dovuto a Nsd	V _{bx,N}	0,00	0,00	[kN]
Taglio in z dovuto a Msd,tot	V _{bz,M}	1,79	1,79	[kN]
Taglio in x dovuto a Msd,tot	V _{bx,M}	8,93	8,93	[kN]
Reazione per sezione di taglio	R _{b,tot}	10	10	[kN]

Verifica dei bulloni	-		
-----------------------------	---	--	--

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: Cavalcavia 4.1		
	Relazione di Calcolo Impalcato		
	Pagina 114 di 117		
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK		

Coefficiente di riduzione per la resistenza a taglio	α	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 μ	0,32	[-]
Resistenza a scorrimento per ciascun piano di taglio	Fv,Rd	63,78	[kN]
Azione sollecitante per taglio	Fv,Ed SLU	9,57	[kN]
Azione sollecitante per scorrimento	Fv,Ed SLE	10	[kN]

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

Azione di rifollamento in direzione verticale	Fbz,Ed	6,90	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	17,86	[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	6,90	[kN]
Azione di rifollamento in direzione orizzontale	Fby,Ed	17,86	[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 ³]
Area di taglio dei coprigiunti	Ac,v	20000	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	806,8181818	[kNm]
Taglio resistente dei coprigiunti	Vc,pl,Rd	3726,53	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	17,91	[kNm]
Taglio sollecitante di progetto	VEd	40	[kN]

Verifica della sezione netta dei coprigiunti	-		
---	---	--	--

Modulo di resistenza netto dei coprigiunti	Wc,net,pl	2197600	[mm ³]
Area di taglio netta dei coprigiunti	Ac,v	14960	[mm ²]
Momento resistente dei coprigiunti	Mc,pl,Rd	896,62	[kNm]
Taglio resistente dei coprigiunti	Vc,pl,Rd	3523,96	[kN]
Momento plastico trasferito all'anima della trave	Mw,pl,Rd	17,91	[kNm]

SINTESI DELLE VERIFICHE NEL GIUNTO

Verifica delle giunzioni d'ala superiore ed inferiore
--

Resistenza bulloni a taglio ala superiore	η	4,16%	[-]	OK
Resistenza bulloni a taglio ala inferiore	η	4,16%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala superiore	η	5,63%	[-]	OK
Resistenza sezione netta ala inferiore	η	5,63%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti superiori	η	2,68%	[-]	OK
Massima trazione coprigiunti inferiori	η	2,68%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti superiori	η	3,58%	[-]	OK
Trazione area netta coprigiunti inferiori	η	3,58%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala superiore	η	6,40%	[-]	OK
Resistenza bulloni a scorrimento ala inferiore	η	6,40%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala superiore	η	4,80%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento ala inferiore	η	4,80%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala superiore	η	0,90%	[-]	OK
Resistenza a rifollamento coprigiunto d'ala inferiore	η	0,90%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	6,40%	[-]	OK

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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 115 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

Verifica a taglio dei bulloni	η	9,77%	[-]	OK
Verifica a scorrimento	η	15,01%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dell'anima della trave	η	2,26%	[-]	OK
	η	8,17%	[-]	OK
Verifica a rifollamento dei coprigiunti	η	1,07%	[-]	OK
	η	2,76%	[-]	OK
Verifica della sezione lorda dei coprigiunti	η_{MOMENTO}	2,22%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	1,07%	[-]	OK
Verifica della sezione netta dei coprigiunti	η_{MOMENTO}	2,00%	[-]	OK
	η_{TAGLIO}	1,14%	[-]	OK
Tasso di lavoro massimo	η	15,01%		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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 116 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

13 DISPOSITIVI ANTISISMICI E GIUNTI DI DILATAZIONE

13.1 Dispositivi antisismici

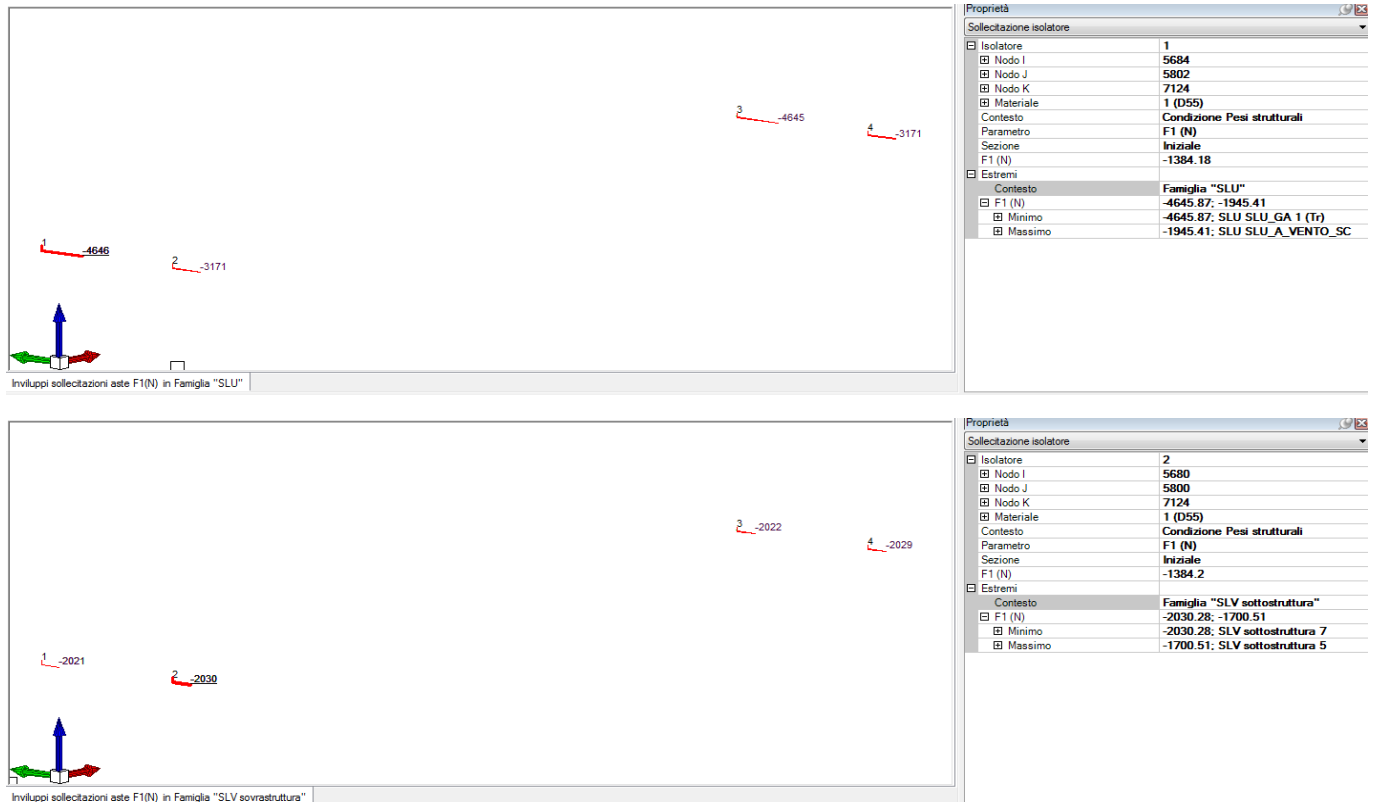
Come sistema di isolamento sono stati utilizzati apparecchi di appoggio del tipo elastomerici definiti dalle seguenti grandezza caratteristiche:

V	3610	kN	massimo carico verticale agente sull'isolatore in fase di sisma
F _{zd}	9380	kN	massimo carico verticale allo SLU in esercizio
K _e	2,01	kN/mm	rigidezza orizzontale equivalente
K _v	1954	kN/mm	rigidezza verticale
d	0,150	m	massimo spostamento dell'isolatore

Smorzamento viscoso equivalente: 10%; Fattore di smorzamento η_{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 η_{iso} il valore corrispondente al coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ_{esi} del sistema di isolamento.



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 Progetto Esecutivo	Opera: Cavalcavia 4.1
	Relazione di Calcolo Impalcato
	Pagina 117 di 117
	Nome file: CV07-F-CL021_A_relazione di calcolo impalcato - OK

13.2 Giunti di dilatazione

La dilatazione longitudinale dell'impalcato è la somma dello spostamento dovuto al sisma e della dilatazione dovuta allo variazione termica lineare uniforme:

$$d_{TOT} = d_E + d_{\Delta T}$$

$\mu_d = q$	se $T_1 \geq T_C$
$\mu_d = 1 + (q - 1) \cdot T_C / T_1$	se $T_1 < T_C$

dove:

$$d_E = d_{Ee} * \mu_d = 0,0880 \text{ m} * 1 = 0,0880 \text{ m} = 88,0 \text{ mm} \quad (\text{NTC cap. 7.3.3.3});$$

$$d_{\Delta T} = \varepsilon_{(\Delta T=25)} * L_{imp} = 0,0003 * 39,20 \text{ m} = 0,01176 \text{ m} = 11,76 \text{ mm};$$

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 $d_{TOT} = 99,76 \text{ mm}$

Pertanto l'escursione del giunto vale $2 * d_{TOT} = 199,52 \text{ mm}$.

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.