

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

EUROLINK S.C.p.A.

IMPREGILO S.p.A. (MANDATARIA)
 SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
 COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
 SACYR S.A.U. (MANDANTE)
 ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
 A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA Ing E.M.Veje  Dott. Ing. E. Pagani Ordine Ingegneri Milano n° 15408 </p>	<p>IL CONTRAENTE GENERALE Project Manager (Ing. P.P. Marcheselli)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Direttore Generale e RUP Validazione (Ing. G. Fiammenghi)</p>	<p>STRETTO DI MESSINA Amministratore Delegato (Dott. P. Ciucci)</p>
--	---	--	---

<p><i>Unità Funzionale</i> <i>Tipo di sistema</i> <i>Raggruppamento di opere/attività</i> <i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> <i>Titolo del documento</i></p>	<p>OPERA DI ATTRAVERSAMENTO METODI E SISTEMI TEMPORANEI PER LA COSTRUZIONE E IL MONTAGGIO SOVRASTRUTTURE Impalcato Verifica strutturale delle fasi di montaggio</p>	<p>PS0279 F0</p>
---	---	-------------------------

CODICE	C G 1 0 0 0 P C L D P M T S 5 I M 0 0 0 0 0 0 0 1 F0
--------	--

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20-06-2011	EMISSIONE FINALE	LTS/OVS/SOLA	LTS/LSJ	LSJ

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio	<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

INDICE

INDICE.....		3
1	Introduzione	5
1.1	Oggetto e finalità del riesame generale	5
2	Riesame generale.....	8
2.1	Lavorazione generale degli elementi.....	8
2.2	Trasporto in mare	9
3	Commenti generali sul metodo di costruzione proposto.....	9
4	Stabilità aerodinamica durante il montaggio.....	10
4.1	Sintesi della stabilità aerodinamica durante il montaggio.....	10
4.2	Approccio.....	11
4.3	Velocità critiche del vento.....	12
5	Parte a sbalzo di una sezione di montaggio tipica.....	16
6	Elemento di connessione - impalcato e bozzello sul fondo	19
7	Effetti locali del carico - travatura di prolunga.....	25
8	Effetti locali del carico - impalcato montato vicino alla torre	31
9	Effetti locali durante lo stoccaggio e il trasporto degli elementi dell'impalcato	36
10	Riferimenti	38

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

1 Introduzione

È stato chiesto a COWI di riesaminare i metodi di costruzione per l'impalcato secondo quanto proposto da Eurolink/Cimolai al fine di verificare le strutture permanenti.

I metodi di costruzione proposti vengono riesaminati per verificare la fattibilità e per valutare l'impatto globale e locale sulle strutture progettate al fine di stabilire se occorra rinforzare ulteriormente le strutture.

1.1 Oggetto e finalità del riesame generale

Il riesame dei metodi di costruzione dell'impalcato (torre) si basa sulle informazioni fornite da Cimolai. Le relazioni e i disegni di Cimolai riesaminati nell'ambito di questa attività sono elencati nella Tabella 1-1 e nella Tabella 1-2.

Tabella 1-1 Relazioni di Cimolai riesaminate

Titolo della relazione	Documento N°
Segmenti stradali durante le fasi di assemblaggio	2002159RCD0037 0
Metodo di montaggio impalcato	2002159-CIM-EMS-0500 0

Tabella 1-2 Disegni di Cimolai riesaminati

Titolo del disegno	Documento N°
Impalcato - Fasi di montaggio - Montaggio di un elemento modulare tipico - Vista in alzato	2002159D000250A
Impalcato - Fasi di montaggio - Montaggio di un elemento modulare tipico - Pianta e sezione trasversale	2002159D000251B
Carpenteria impalcato - Attrezzature di montaggio - Dispositivo di sollevamento - Tavola 1 di 2	2002159D000252B
Carpenteria impalcato - Attrezzature di montaggio - Dispositivo di sollevamento - Tavola 2 di 2	2002159D000253B
Traliccio per trasporto bozzelli di sollevamento conci di impalcato	2002159D0002540
Assieme generale - Pianta e prospetto	2002159D0002100
Suddivisione conci impalcato (Lato Calabria) - Pianta e prospetto	2002159D0002110

Verifica strutturale delle fasi di montaggio

Codice documento
 PS0279_F0_ITA.doc

Rev
 F0

Data
 20-06-2011

Suddivisione conci impalcato (Lato Sicilia) - Pianta e prospetto	2002159D0002120
Montaggio impalcato - Montaggio conci 1 a 2S, 2C, 3S, 3C	2002159D0002130
Montaggio impalcato - Montaggio conci 4S, 4C, 5S, 5C	2002159D0002140
Montaggio impalcato - Montaggio conci 6S, 6C, 7S, 7C	2002159D0002150
Montaggio impalcato - Montaggio conci 8S, 8C, 9S, 9C	2002159D0002160
Montaggio impalcato - Montaggio conci 10S, 10C, 11S, 11C	2002159D0002170
Montaggio impalcato - Montaggio conci 12S, 12C, 13S, 13C	2002159D0002180
Montaggio impalcato - Montaggio conci 14S, 14C, 15S, 15C	2002159D0002190
Montaggio impalcato - Montaggio conci 16S, 16C, 17S, 17C	2002159D0002200
Montaggio impalcato - Montaggio conci 18S, 18C, 19S, 19C	2002159D0002210
Montaggio impalcato - Montaggio conci 20S, 20C, 21S, 21C	2002159D0002220
Montaggio impalcato - Montaggio conci 22S, 22C, 23S, 23C	2002159D0002230
Montaggio impalcato - Montaggio conci 24S, 24C, 25S, 25C	2002159D0002240
Montaggio impalcato - Montaggio conci 26S, 26C	2002159D0002250
Montaggio impalcato - Montaggio concio 35C - Sottofasi a, b, c	2002159D0002260
Montaggio impalcato - Montaggio concio 35C - Sottofasi d, e, f	2002159D0002270
Montaggio impalcato - Montaggio concio 35C - Sottofasi g, h, i	2002159D0002280
Montaggio impalcato - Montaggio concio 34C - Sottofasi a, b, c	2002159D0002290
Montaggio impalcato - Montaggio concio 34C - Sottofasi d, e, f	2002159D0002300
Montaggio impalcato - Montaggio concio 34C - Sottofasi g, h, i	2002159D0002310
Montaggio impalcato - Montaggio conci 32C a 33C	2002159D0002320
Montaggio impalcato - Montaggio concio 31C - Sottofasi a, b, c	2002159D0002330

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Montaggio impalcato - Montaggio concio 31C - Sottofasi d,e,f	2002159D0002340
Montaggio impalcato - Montaggio concio 31C - Sottofasi g, h, i	2002159D0002350
Montaggio impalcato - Montaggio conci 29C a 30C	2002159D0002360
Montaggio impalcato - Montaggio concio 28C - Sottofasi a, b, c	2002159D0002370
Montaggio impalcato - Montaggio concio 28C - Sottofasi d, e - Montaggio concio 27C	2002159D0002380
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio conci 1 a 25 - Sottofase 1	2002159D0002600
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio conci 1 a 25 - Sottofase 2	2002159D0002610
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio conci 1 a 25 - Sottofase 3	2002159D0002620
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio conci 1 a 25 - Sottofase 4	2002159D0002630
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio conci 1 a 25 - Sottofase 5	2002159D0002640
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio conci 1 a 25 - Sottofase 6	2002159D0002650
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio conci 1 a 25 - Sottofase 7	2002159D0002660
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio concio 2C - Sottofasi 8, 9, 19	2002159D0002670
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio conci 3S e 3C - Sottofasi 11, 12, 13	2002159D0002680
Fasi di montaggio impalcato - Montaggio conci 3S e 3C - Sottofasi 14 e 15	2002159D0002690
Montaggio impalcato - Sistemazione aree di stoccaggio conci di impalcato	2002159D0006500
Movimentazione dei conci di impalcato	2002159D0006510
Impalcato - Montaggio - Dettaglio attacco pendino	2002159D0002550

Nei casi in cui non si disponeva di informazioni sono stati adottati presupposti ragionevoli come descritto nelle rispettive sezioni. Il riesame del metodo di costruzione si incentra principalmente sulla verifica della struttura permanente dell'impalcato per i carichi di costruzione e ha per oggetto quanto indicato di seguito:

- Osservazioni e commenti generali sul metodo di costruzione proposto;

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

- Valutazione della stabilità aerodinamica, durante la costruzione, dell'impalcato montato. Sono state studiate le fasi di montaggio comprendenti approssimativamente il 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 50% e 100% dell'impalcato;
- Valutazione delle deflessioni e delle sollecitazioni nella parte a sbalzo di una sezione tipica dell'impalcato durante il montaggio al fine di verificare la geometria sulla connessione con le sezioni di impalcato adiacenti;
- Riesame dell'elemento proposto per la connessione tra la sezione di impalcato e i sistemi di sollevamento al fine di verificare l'attuale progettazione e di valutare se sia necessario rinforzare e/o riprogettare la struttura dell'impalcato;
- Valutazione degli effetti locali del carico sulla struttura dell'impalcato in conseguenza della travatura di prolunga proposta per il sollevamento delle sezioni di impalcato e valutazione della necessità di rinforzare e/o riprogettare la struttura dell'impalcato;
- Valutazione degli effetti locali del carico sull'impalcato a seguito del montaggio delle sezioni di impalcato vicino alla torre e nella campata laterale e valutazione della necessità di rinforzare e/o riprogettare la struttura dell'impalcato;
- Valutazione degli effetti del carico durante lo stoccaggio e il trasporto in mare delle sezioni dell'impalcato.

L'analisi e i calcoli di progetto si prefiggono di fornire indicazioni generali sulla fattibilità dei metodi di costruzione e sulle modifiche previste per la struttura permanente dell'impalcato. I risultati presentati si basano sui carichi attesi nelle sezioni trasversali critiche. Un'analisi più esauriente e dettagliata di tutte le fasi di costruzione e di tutti i carichi può tradursi in alcune misure di ottimizzazione.

2 Riesame generale

I vari metodi proposti da Cimolai sono stati sottoposti ad un riesame generale sulla base dell'esperienza in processi analoghi. Non è stata effettuata nessuna verifica dei calcoli di Cimolai.

2.1 Lavorazione generale degli elementi

La fabbricazione e il montaggio di grandi ponti consistono nella produzione in serie e nella lavorazione ripetitiva di elementi analoghi. La lavorazione inizia con lamiere e profilati per poi passare ai pannelli e ai sottogruppi e infine agli elementi di montaggio.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

La lavorazione, compreso il rizzaggio (sea fastening), dovrebbe preferibilmente essere effettuata senza attacchi saldati. In base alla nostra esperienza l'uso ripetitivo di sistemi senza saldatura è economicamente conveniente e comporta un minor numero di riparazioni sulle strutture permanenti. Allo stesso tempo consente anche di fissare e rimuovere più rapidamente gli elementi nel corso di operazioni che spesso fanno parte del percorso critico.

2.2 Trasporto in mare

Durante il trasporto in mare si dovrebbero evitare gli urti delle onde sugli elementi del ponte. Eventuali urti farebbero aumentare considerevolmente i carichi sugli elementi e potrebbero verosimilmente danneggiare i pannelli con pareti relativamente sottili.

Si dovrebbe inoltre evitare che l'acqua di mare penetri nelle parti interne degli elementi del ponte in quanto i depositi di sale non sono ammessi ed è difficile rimuoverli.

3 Commenti generali sul metodo di costruzione proposto

Il montaggio della travata è generalmente effettuato tramite verricelli sull'impalcato del ponte. I paranchi sono attaccati ai pendini permanenti per la sezione della travata.

Una volta raggiunto il livello corretto, vengono installate le coppiglie permanenti per i capicorda dei pendini e il carico viene trasferito alla connessione pendino/impalcato.

Sono previste travature provvisorie in acciaio che permettano di accedere ai pendini per attaccare i paranchi, inoltre sulla travatura in acciaio sono installati dispositivi idraulici per regolare la posizione dei pendini rispetto all'impalcato del ponte.

Di seguito sono riportati i nostri commenti sulla concezione del montaggio.

- 1 Il primo sollevamento delle sezioni centrali (sezione N° 2s e N° 1) con la trave di sollevamento sulla parte superiore è il sollevamento più pesante. Il dispositivo di sollevamento è collocato sulla trave che deve essere sollevata ed è azionato a distanza.
- 2 Svatiati pendini intorno al centro della campata principale sono dotati di appoggi sferici che possono essere sottoposti a rotazioni in due direzioni. Questi appoggi hanno una tolleranza molto ridotta rispetto al perno. (g6 ISO 286). Il montaggio del perno sul posto, con i pendini

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> <i>PS0279_F0_ITA.doc</i>	<i>Rev</i> <i>F0</i>	<i>Data</i> <i>20-06-2011</i>

sotto pieno carico, è considerato molto difficoltoso in quanto l'allineamento deve essere molto accurato.

- 3 I pendini lunghi sono attaccati con una normale connessione per pendini dove la tolleranza tra il perno e il capocorda è di circa 0.2 mm. Nonostante questa tolleranza il montaggio della connessione, con i pendini sotto pieno carico, è considerato molto difficoltoso.
- 4 Prima del montaggio si presuppone che venga effettuato il montaggio di prova fra tutti gli elementi della trave di montaggio. Durante il montaggio di prova gli accessori di montaggio vengono saldati sugli elementi di accoppiamento in modo che durante il montaggio questi possano essere facilmente collocati in posizione corretta l'uno rispetto all'altro collegando gli accessori di montaggio. Il collegamento degli accessori di montaggio fra le sezioni di accoppiamento non sembra essere preso in esame. Sul montaggio influirà anche la presenza della trave di montaggio che si trova sulla punta della trave montata in precedenza. Questa situazione non si verifica durante il montaggio di prova e bisognerebbe tenerne conto nel determinare la posizione degli accessori di montaggio. Per il collegamento delle mensole può essere necessario sollevare la trave portandola provvisoriamente ad un livello più alto.
- 5 Dato che i paranchi della sezione di impalcato sono attaccati ai pendini permanenti, si dovrebbe tener conto del rischio di danneggiare i pendini durante l'installazione e la rimozione dei paranchi. I paranchi sono sistemati alle estremità dei capicorda del pendino e si dovrebbe fare attenzione a non danneggiare il rivestimento in HDPE o il manicotto termoretraibile all'estremità del capocorda.

4 Stabilità aerodinamica durante il montaggio

Questa sezione contiene un'analisi della stabilità aerodinamica della campata principale durante il montaggio.

4.1 Sintesi della stabilità aerodinamica durante il montaggio

La Tabella 4-1 contiene una panoramica delle velocità critiche del vento calcolate, U . I numeri di fase si riferiscono ai calcoli IBDAS, mentre L è la lunghezza totale delle travate della campata principale. La fase 1100 corrisponde al ponte intero, ma ancora privo di schermi e parapetti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Tabella 4-1 Velocità critiche del vento, U, per le fasi di costruzione selezionate

Fase	L [m]	U [m/s]
210	150	67.7
230	390	61.5
240	510	52.6
250	630	50.7
270	870	47.2
340	1710	41.9
400	2430	40.0
1100	3300	46.0

(...) Indica la velocità critica del vento con frangivento secondo quanto stabilito nella CRA Relazione sull'analisi di rischio di costruzione CG1000-P-SR-D-P-GE-R5-00-00-00-00-10_C

I frangivento saranno eretti ad una certa fase della costruzione dell'impalcato per mantenere stabilità sotto la velocità del vento assunta allo stato limite ultimo (i.e. 54m/s).

4.2 Approccio

L'approccio è descritto di seguito.

- È stata effettuata un'analisi dell'autovalore delle fasi di costruzione utilizzando il modello IBIDAS versione 3.3d. Il modello IBIDAS è stato utilizzato per identificare le forme modali verticali e torsionali, le autofrequenze e i contributi della massa generalizzata.
- Le derivate aerodinamiche per la sezione trasversale della travata per la costruzione sono ottenute con le prove in galleria del vento sul modello della sezione della fase di costruzione presso FORCE, /2/. Le prove parallele svolte al BLWTL forniscono gli stessi risultati, ma non prendono in esame una gamma così ampia di velocità del vento, pertanto sono stati utilizzati i dati di FORCE.
- I suddetti valori strutturali e aerodinamici sono stati combinati in un'analisi del flutter AMC per determinare la stabilità aerodinamica per una fase di costruzione con una determinata combinazione di forme modali verticali e torsionali. Per tenere conto delle differenze delle

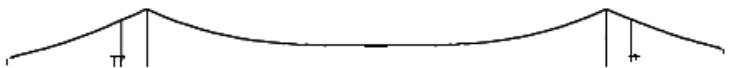
		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio	<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

forme modali sono stati adottati dei coefficienti di correzione modale utilizzando il metodo indicato in /1/.

4.3 Velocità critiche del vento

Nella Tabella 4-2 sono riportate le forme modali e le autofrequenze utilizzate nei calcoli del flutter. Inoltre nella tabella sono indicate le velocità critiche del vento, U , che sono state individuate per le combinazioni di forme modali verticali e torsionali sottoposte ad indagine.

Tabella 4-2 *Forme modali e velocità critiche del vento, U*

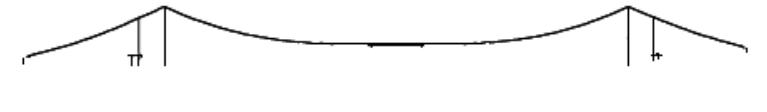
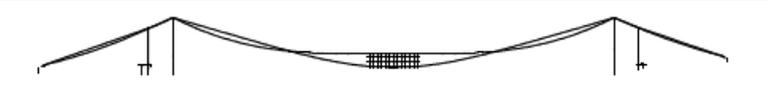
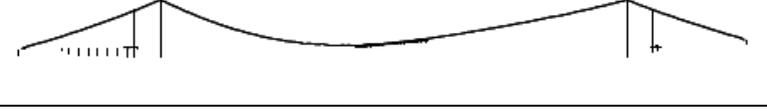
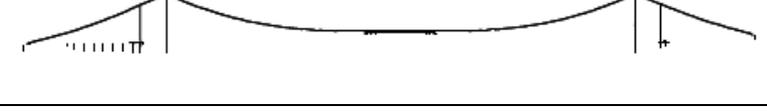
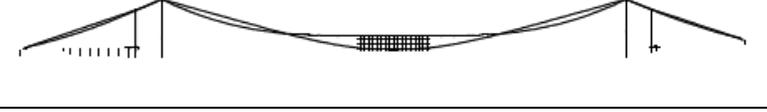
Modo	Forme modali	Freq. [Hz]	Modi	U [m/s]
Fase 210, $L = 150$ m				
3 Verticale asimmetrico		0.063	3 + 10	> 100
			9 + 10	67.7
9 Verticale simmetrico		0.081	3 + 18	> 100
			9 + 18	> 100
10 Torsionale simmetrico		0.087		
18 Torsionale simmetrico			0.113	

Verifica strutturale delle fasi di montaggio

Codice documento
PS0279_F0_ITA.doc

Rev
F0

Data
20-06-2011

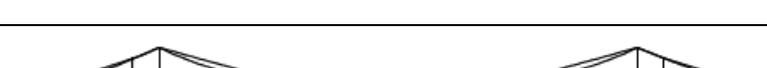
Modo	Forme modali	Freq. [Hz]	Modi	U [m/s]
Fase 230, L = 390 m				
3 Verticale asimmetrico		0.064	3 + 10	> 100
			9 + 10	63.5
9 Verticale simmetrico		0.080	3 + 11	> 100
			9 + 11	61.5
10 Torsionale simmetrico		0.088		
11 Torsionale simmetrico		0.088		
Fase 240, L = 510 m				
3 Verticale asimmetrico		0.064	3 + 7	52.6
			9 + 11	60.0
7 Torsionale asimmetrico		0.068		
9 Verticale simmetrico		0.079		
11 Torsionale simmetrico		0.089		

Verifica strutturale delle fasi di montaggio

Codice documento
PS0279_F0_ITA.doc

Rev
F0

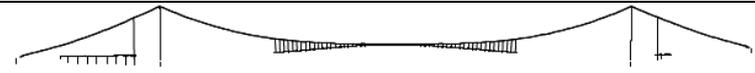
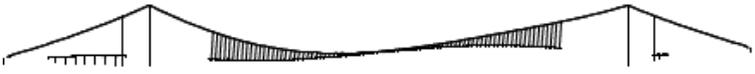
Data
20-06-2011

Modo	Forme modali	Freq. [Hz]	Modi	U [m/s]
Fase 250, L = 630 m				
3 Verticale asimmetrico		0.065	3 + 7	50.7
7 Torsionale asimmetrico		0.069	3 + 11	> 100
9 Verticale simmetrico		0.079	9 + 11	60.7
11 Torsionale simmetrico		0.090		
Fase 270, L = 870 m				
3 Verticale asimmetrico		0.064	3 + 7	47.2
7 Torsionale asimmetrico		0.070	9 + 12	59.2
9 Verticale simmetrico		0.079		
12 Torsionale simmetrico		0.092		

Verifica strutturale delle fasi di montaggio

Codice documento
PS0279_F0_ITA.doc

Rev Data
F0 20-06-2011

Modo	Forme modali	Freq. [Hz]	Modi	U [m/s]
Fase 340, L = 1.710 m				
3 Verticale asimmetrico		0.059	3 + 7	41.9
			9 + 14	58.1
7 Torsionale asimmetrico		0.072		
9 Verticale simmetrico		0.080		
14 Torsionale simmetrico		0.098		
Fase 400, L = 2.430 m				
4 Verticale asimmetrico		0.057	4 + 5	40.0
			10 + 15	57.2
5 Torsionale asimmetrico		0.072		
10 Verticale simmetrico		0.079		
15 Torsionale simmetrico		0.098		
Fase 1100, L = 3.300 m				
3 Verticale asimmetrico		0.065	3 + 8	46.0
8 Torsionale asimmetrico		0.081		

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		Codice documento PS0279_F0_ITA.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20-06-2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20-06-2011
Rev	Data						
F0	20-06-2011						

Nella Figura 4-1 sono illustrate le velocità critiche del vento, U , in funzione della lunghezza totale delle travate della campata principale, L .

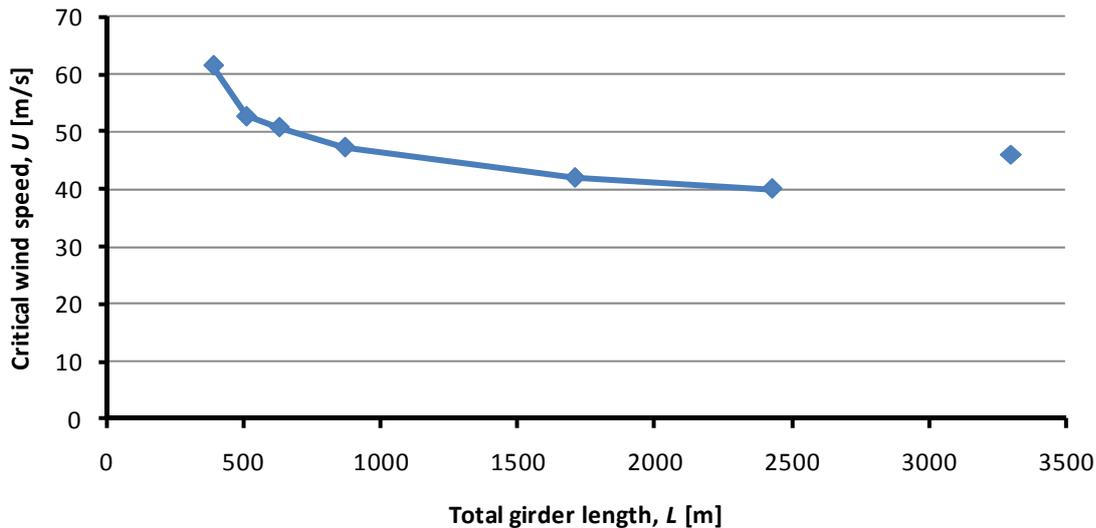


Figura 4-1 Velocità critiche del vento per le fasi di costruzione selezionate

5 Parte a sbalzo di una sezione di montaggio tipica

Per effettuare una stima della deflessione verticale della sezione tipica di montaggio viene sviluppato il modello locale "beam" illustrato nella Figura 5-1. Come illustrato nella Figura 5-1, il modello è supportato in direzione verticale nei quattro ancoraggi dei pendini.

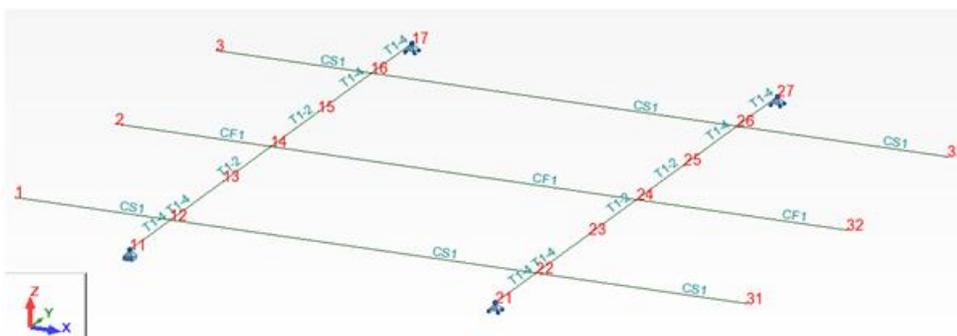


Figura 5-1 Modello locale "beam" della sezione di montaggio di 60m

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio	<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

Le proprietà della sezione per gli elementi “beam” illustrati nella Figura 5-1 sono determinate in ADVERS. Le proprietà della sezione per la travata stradale sono assunte come tipo CS1 e per quella ferroviaria come tipo CF1. Il trasverso ha una sezione trasversale variabile in questo segmento di montaggio, mentre le proprietà della sezione sono assunte per approssimazione in riferimento alla geometria della travata. La Figura 5-2 mostra la posizione delle proprietà di sezione nella sezione 2 che rappresenta il trasverso nel modello “beam” dal centro-ponte alla piegatura della lamiera inferiore e la sezione 4 rappresenta il trasverso dalla piegatura all’ancoraggio pendino.

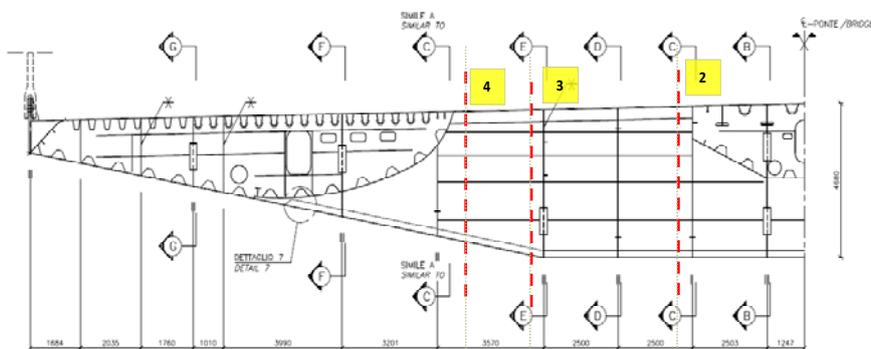


Figura 5-2 Posizioni per le proprietà della sezione nel trasverso

Le proprietà della sezione trasversale per i vari elementi “beam” calcolate in ADVERS sono illustrate nella Figura 5-1.

Tabella 5-1 Proprietà della sezione per gli elementi “beam” nel modello locale

Elemento “beam”	As [m ²]	Iy [m ⁴]	Iz [m ⁴]	J [m ⁴]
T1 sezione 2	0.335	1.265	0.686	1.121
T1 sezione 4	0.343	0.926	0.732	1.086
CS1	0.568	0.405	9.319	0.967
CF1	0.389	0.316	2.163	0.642

Il segmento viene caricato con un carico fisso con una densità caratteristica dell’acciaio pari a 77kN/m³ e un carico fisso aggiuntivo stimato sovrapposto pari al 10% per la corsia di servizio, il fissaggio rotaie, le piastre di base, ecc. La deflessione caratteristica del segmento di montaggio generale è illustrata nella Figura 5-3.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

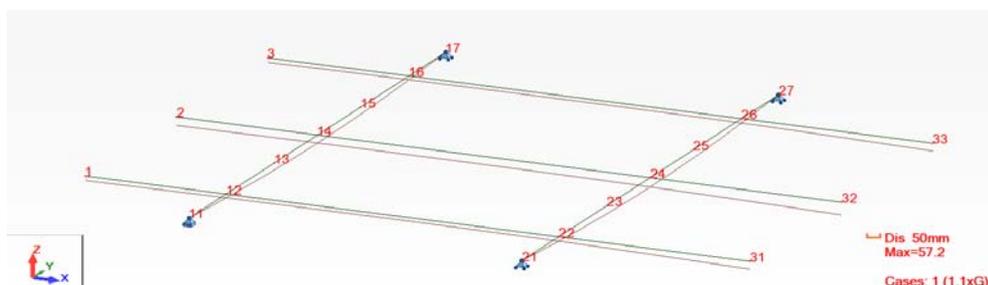


Figura 5-3 Schema di deflessione, supporti e nodi per il modello “beam” locale

Come illustrato nella Figura 5-3, la deflessione massima è di 57mm per la parte a sbalzo di maggiore lunghezza della travata ferroviaria. Le deformazioni per i restanti punti sono indicate nella Tabella 5-2.

Tabella 5-2 Spostamento nodale per il modello “beam” locale

Nodo	1	2	3	11	12	13	14	15	16	17	21	22	23	24	25	26	27	31	32	33
-Uz [mm]	21	39	21	0	17	32	36	32	17	0	0	20	37	42	37	20	0	35	57	35

Occorre tener conto della deformazione del segmento di travata durante il montaggio per adattare il segmento alla geometria finale dopo il montaggio. Cimolai ha l’idea di controbilanciare la parte a sbalzo delle deflessioni introducendo una trave di supporto provvisoria. Questo metodo deve essere spiegato più dettagliatamente e riesaminato.

A causa delle parti a sbalzo le sollecitazioni dovute alle deflessioni del carico fisso possono “rimanere chiuse” nella struttura durante l’installazione. Per la travata stradale si stima che queste sollecitazioni possano localmente raggiungere un massimo di 55MPa, si veda la figura seguente. Per la travata ferroviaria si presuppone che le sollecitazioni siano inferiori, dato il minor carico fisso e la sezione trasversale simmetrica.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

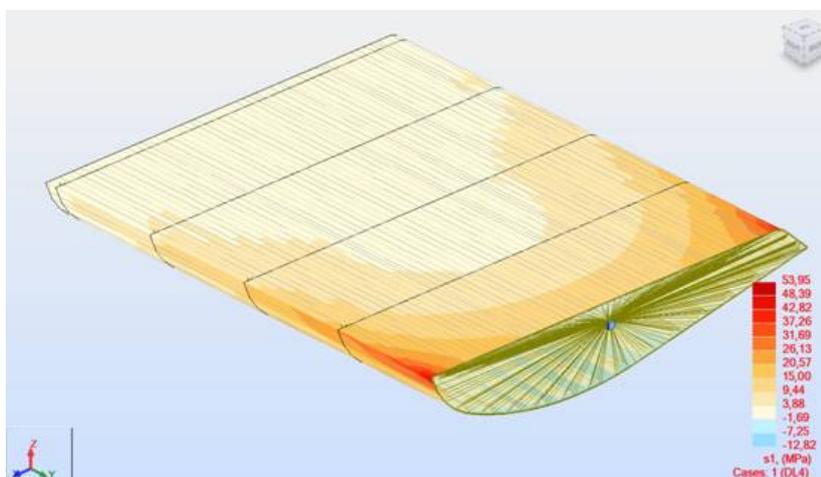


Figura 5-4 Travata stradale, sollecitazioni dovute alle deflessioni del carico fisso

Si noti che nel calcolo non si è tenuto conto del peso della pavimentazione, di installazioni, ecc., in quanto non presenti durante il montaggio. Tuttavia di ciò si dovrà tener conto nel considerare i calcoli per la pre-bombatura.

6 Elemento di connessione - impalcato e bozzello sul fondo

Nella Figura 6-1 sono riportate una vista in elevazione e una sezione della soluzione proposta.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		Codice documento PS0279_F0_ITA.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20-06-2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20-06-2011
Rev	Data						
F0	20-06-2011						

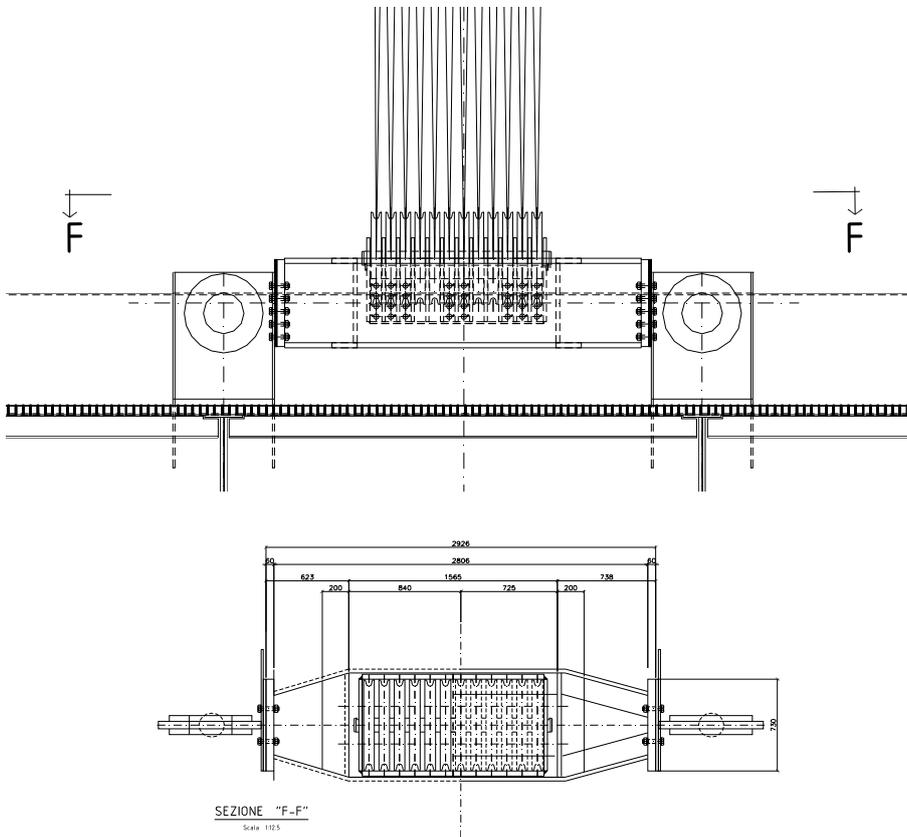


Figura 6-1 Soluzione proposta per l'elemento di connessione del bozzello e dell'ancoraggio pendino

L'unico acciaio disponibile per la giunzione bullonata nel progetto esistente è indicato in rosso nella Figura 6-2.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		Codice documento PS0279_F0_ITA.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Rev</th> <th style="text-align: left;">Data</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20-06-2011</td> </tr> </tbody> </table>	Rev	Data	F0	20-06-2011
Rev	Data						
F0	20-06-2011						

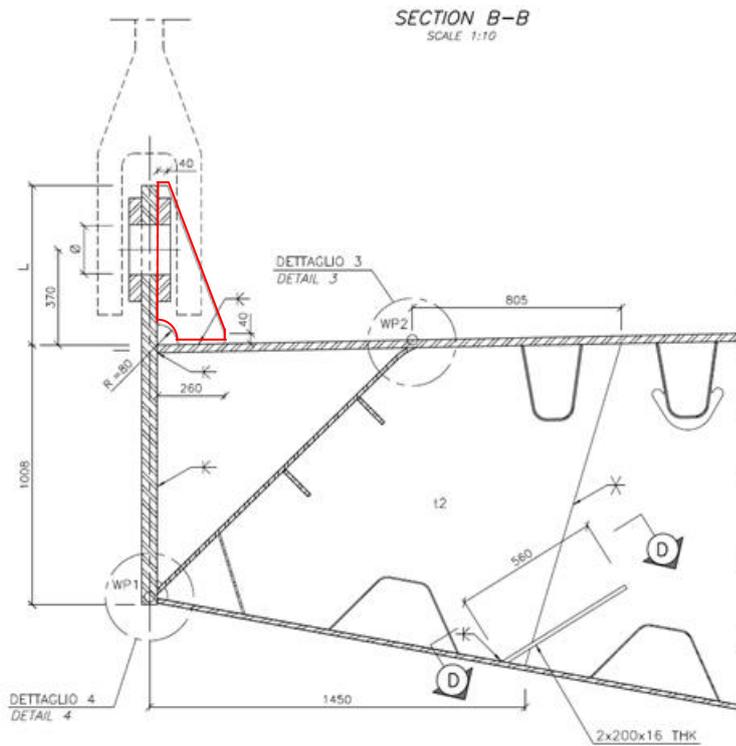


Figura 6-2 Sezione all'ancoraggio pendino che mostra l'acciaio disponibile per la giunzione bullonata

Alternativa 1: Usare i fori per la sostituzione dei pendini per attaccare il bozzello come illustrato nella Figura 6-3.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20-06-2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20-06-2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20-06-2011						

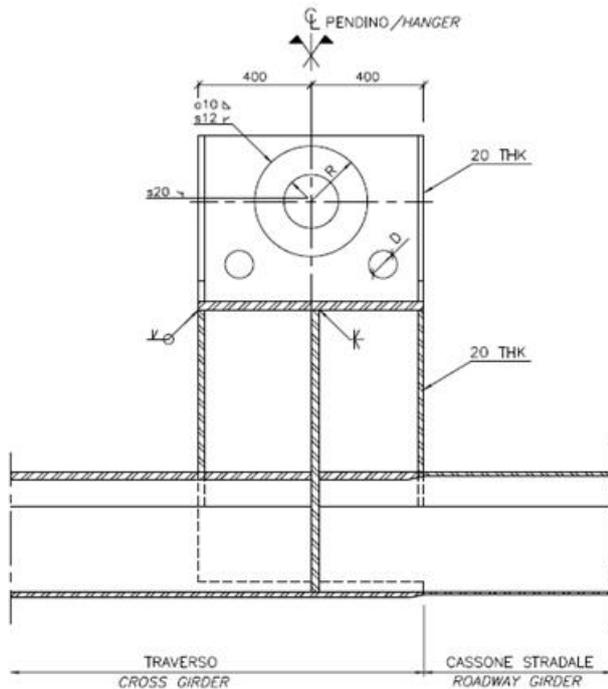


Figura 6-3 Fori nell'ancoraggio pendino per la sostituzione dei pendini, indicati con "D"

Alternativa 2: Aumentare lo spessore e prolungare la lamiera laterale nell'ancoraggio pendino. Aggiungere anche una lamiera provvisoria per il montaggio, come illustrato nella Figura 6-4.

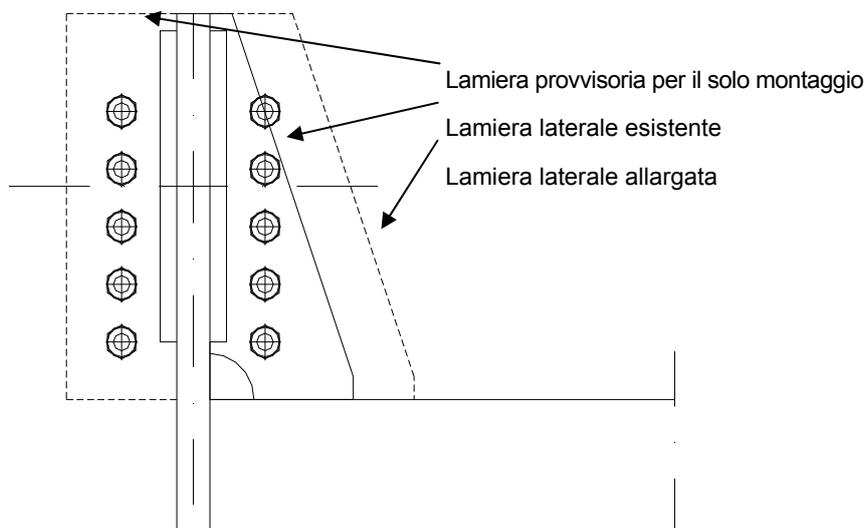


Figura 6-4 Lamiera laterale allargata e lamiera provvisoria per il montaggio

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Il carico utile generale è assunto per un segmento di montaggio generale di 60 m nella campata principale. Il peso del segmento di 60m con una combinazione di travata stradale 1 (CS1), travata ferroviaria 1 (CF1), trasverso 1 (T1) e ancoraggio pendino 1 (AP1) è illustrato nella Tabella 6-1.

Tabella 6-1 Peso di un segmento di montaggio generale di 60m

Elemento	Carico fisso [kN/m]	N° / Lunghezza [m]	Totale [kN]
Trasverso	1580	2	3160
Travata stradale	41.8	105	4389
Travata ferroviaria	27.7	52.5	1454
Ancoraggio pendino	24.1	8	193
Corsia di servizio, piastre di base e peso aggiuntivo per il trasporto			945
Totale complessivo			10141

Come illustrato nella Tabella 6-1, il peso totale di un segmento della campata principale è di 10141kN. Con otto ancoraggi pendini per ogni sezione di montaggio e un fattore dinamico stimato di 1.10, 1.25 per l'effetto di deformazione per un sollevamento con quattro punti di sollevamento, un fattore di sicurezza di 1.35, la reazione di progetto per il bozzello è:

$$R_{\text{sheave block.d}} = \frac{10141 \cdot 1.1 \cdot 1.25 \cdot 1.35}{8} = 2353 \text{ kN}$$

Il momento flettente nella giunzione bullonata è assunto pari a zero, mentre la reazione per il bozzello agisce in modo eccentrico rispetto alla forza regolare del pendino. La reazione viene pertanto applicata al modello FE locale dell'ancoraggio pendino nell'asse della connessione, come illustrato nella Figura 6-5.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Verifica strutturale delle fasi di montaggio	Codice documento PS0279_F0_ITA.doc	Rev F0	Data 20-06-2011

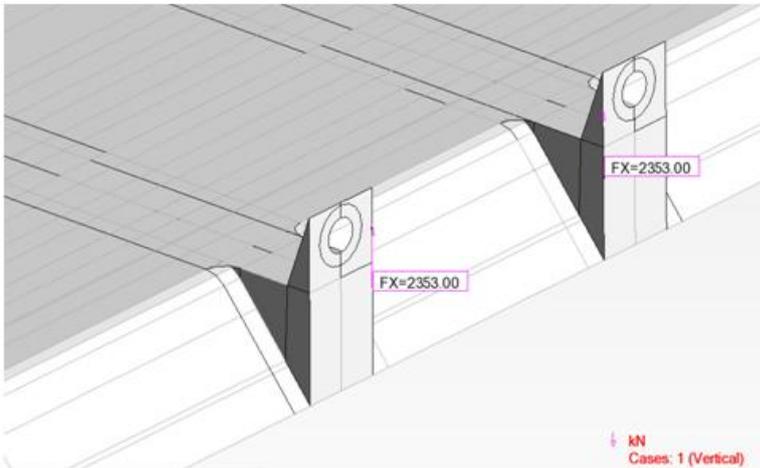


Figura 6-5 Reazione applicata per il bozzello

Le sollecitazioni di von Mises per questa situazione di carico sono illustrate nella Figura 6-6.

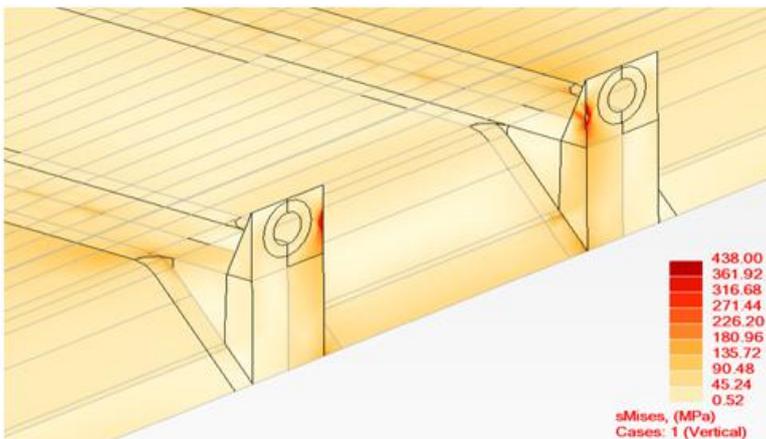


Figura 6-6 Sollecitazione di Von Mises per la reazione applicata per il bozzello

La qualità dell'acciaio per tutti gli ancoraggi pendini e i trasversi è S460 e, come illustrato nella Figura 6-6, le sollecitazioni massime sono inferiori a $f_{yd} = 460/\gamma_{M0} = 438\text{MPa}$, mentre viene verificato il livello di sollecitazione durante il sollevamento dell'elemento generale dell'impalcato nell'ancoraggio pendino.

È stato prospettato un metodo di montaggio alternativo illustrato nel disegno Cimolai 2002159D0002550 con data 04-12-2010. In riferimento alla Figura 6-7, con l'attuale progettazione dell'ancoraggio pendino la reazione verticale per il pendino viene trasferita direttamente dalla piastra di ancoraggio all'anima del trasverso. Con questo metodo di montaggio alternativo la reazione verticale per il pendino sarà trasferita, durante il montaggio, all'acciaio longitudinale adiacente attraverso una giunzione bullonata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		Codice documento PS0279_F0_ITA.doc	Rev Data F0 20-06-2011

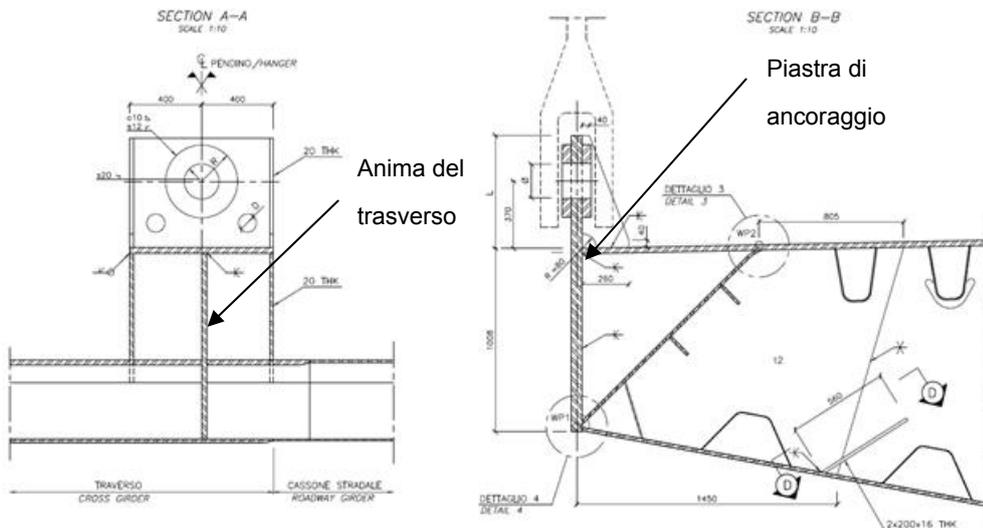


Figura 6-7 Progettazione attuale dell'ancoraggio pendino

Per trasferire la reazione verticale per il pendino dalla piastra di ancoraggio all'acciaio longitudinale adiacente e quindi all'anima del trasverso occorrerà un grado relativamente elevato di rinforzo della progettazione esistente.

7 Effetti locali del carico - travatura di prolunga

La massima reazione verticale per la travatura di prolunga che agisce sulla travata stradale si ha nel punto indicato nella Figura 7-1. La reazione verticale per il multi-ruote più vicino al bordo libero della travata in questo punto della travatura è, secondo quanto indicato nel disegno Cimolai N°2002159D0002540, pari a due volte 95t per ogni trave a sbalzo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

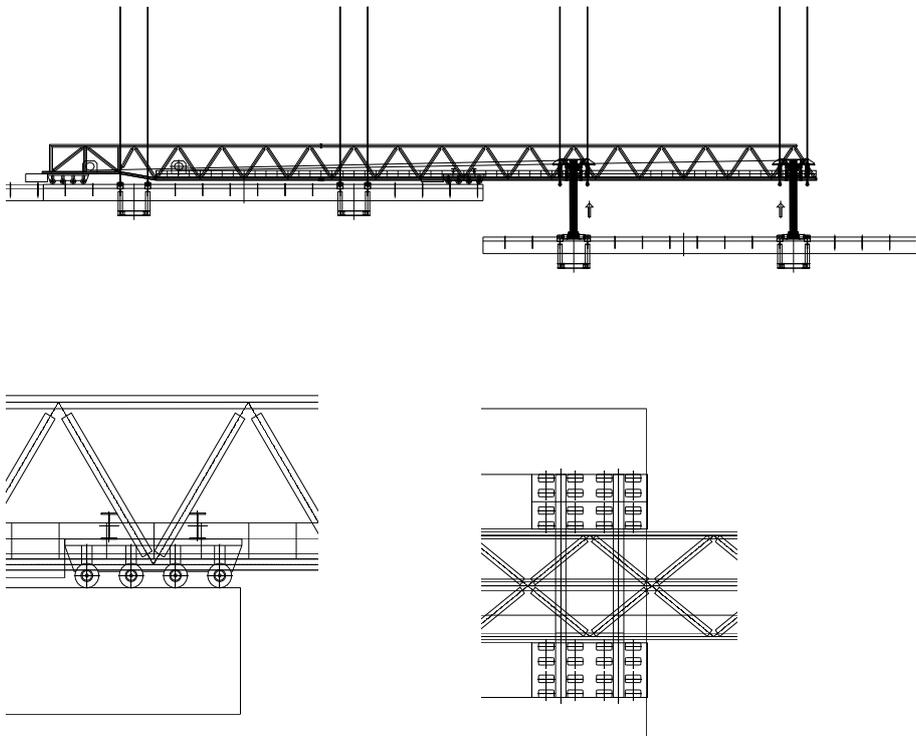


Figura 7-1 Elevazione che illustra la sequenza di sollevamento e primo piano di un multi-ruote che agisce sulla travata stradale

Con sedici ruote per ciascun multi-ruote e un fattore di sicurezza di 1.35, la reazione di progetto alle sollecitazioni con un carico localizzato di 400x400mm che agisce sulla travata stradale è:

$$\sigma_{patch\ load,d} = \frac{95000 \cdot 9.81 \cdot 1.35}{16 \cdot 400 \cdot 400} = 0.492 \text{ MPa}$$

Questo carico è applicato nel modello FE locale della travata stradale CS1 come illustrato nella Figura 7-2 e nella Figura 7-3. È stata modellata la lunghezza della parte a sbalzo della travata fra l'anima del trasverso e il bordo libero. La parte a sbalzo ha una lunghezza $x=17.275\text{m}$. Il modello FE è stato modellato con un supporto fisso in corrispondenza della connessione con il trasverso.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Verifica strutturale delle fasi di montaggio	Codice documento PS0279_F0_ITA.doc	Rev F0	Data 20-06-2011

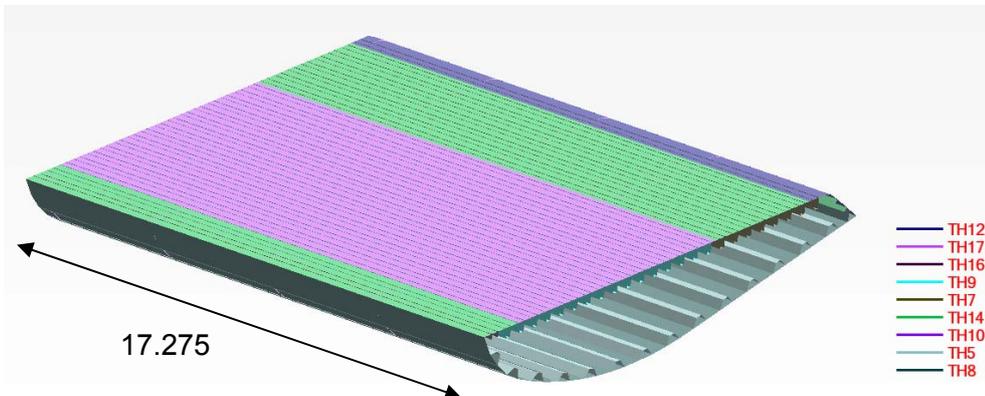


Figura 7-2 Grafico del modello locale a elementi "shell" che illustra gli spessori delle lamiere

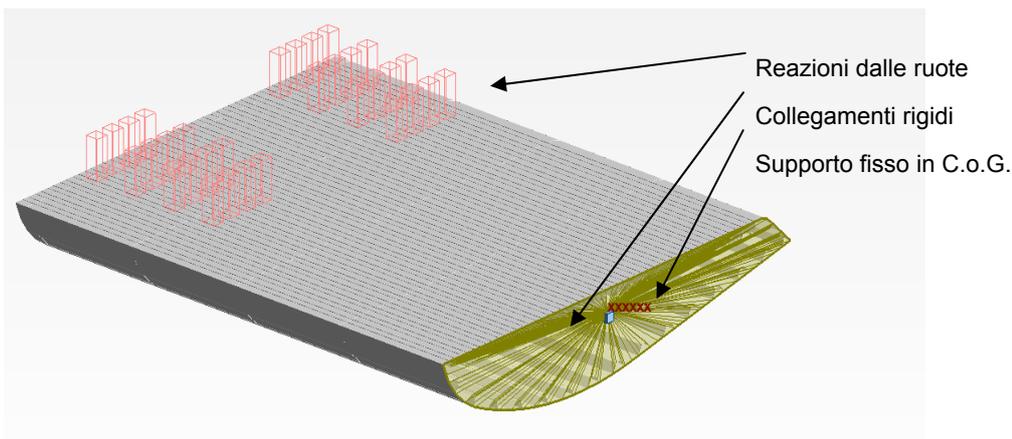


Figura 7-3 Grafico del modello locale che illustra i supporti e i carichi localizzati delle ruote che vengono applicati

La combinazione ULS per questa verifica è $1.35 \times PP$ e $1.35 \times$ carico ruota. Il carico fisso è il carico volumetrico direttamente generato proveniente dagli elementi "shell" nel modello FEM ed è incluso il carico fisso sovrapposto pari al 10% del carico volumetrico. Le sollecitazioni di von Mises per il carico localizzato di progetto delle ruote è illustrato nella Figura 7-4.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Verifica strutturale delle fasi di montaggio	Codice documento <i>PS0279_F0_ITA.doc</i>	Rev <i>F0</i>	Data <i>20-06-2011</i>

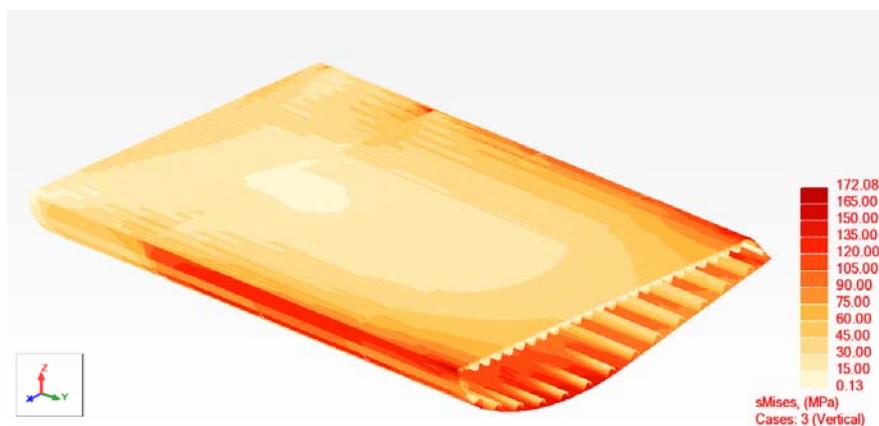


Figura 7-4 Sollecitazioni di Von Mises per il carico di progetto delle ruote applicato come carico localizzato

Come illustrato nella Figura 7-4, le massime sollecitazioni di Von Mises di progetto prodotte dal carico delle ruote applicato sono pari a 172MPa, un valore relativamente vicino ai 189MPa indicati da Cimolai nella nota di calcolo "Segmenti stradali nelle fasi di assemblaggio". Le sollecitazioni di von Mises per la combinazione ULS con il carico fisso sono illustrate nella Figura 7-5.

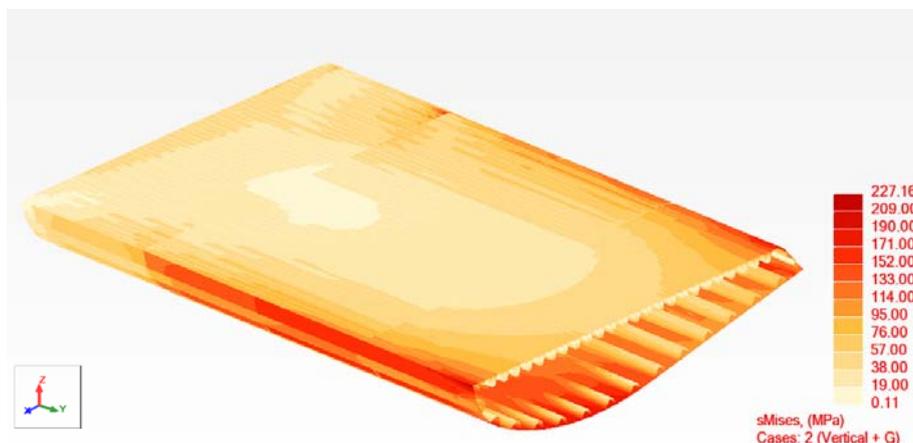


Figura 7-5 Sollecitazioni di Von Mises per la combinazione di carico con carico fisso e carico delle ruote combinati

Le massime sollecitazioni di Von Mises nella combinazione di carico sono pari a 227MPa. La qualità dell'acciaio per la sezione stradale CS1 è S355 e le sollecitazioni massime sono $f_{yd} = 355/\gamma_{M0} = 338\text{MPa}$, vale a dire un valore superiore alle sollecitazioni massime di von Mises.

Questa verifica delle sollecitazioni è una verifica lineare, ma in base alla verifica globale effettuata per l'impalcato stradale la sezione considerata viene dichiarata di classe 4. Quindi per la verifica si

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

devono utilizzare le proprietà effettive della sezione trasversale, cosa che sembra non essere avvenuta per i calcoli effettuati da Cimolai. Per la verifica della sezione in corrispondenza del supporto fisso, posizionato come indicato nella Figura 7-3, viene utilizzato il foglio di calcolo ADVERS appositamente realizzato. La reazione per la combinazione di carico di progetto nel supporto fisso è illustrata nella Tabella 7-1.

Tabella 7-1 Reazioni nel supporto fisso per la combinazione ULS

Node/Case	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
957/ 2 (C)	-0.00	0.00	3456.47	-39545.32	1919.72	1.85

Le corrispondenti sollecitazioni di von Mises sono individuate per la sezione effettiva nei punti di sollecitazione indicati nella Figura 7-6.

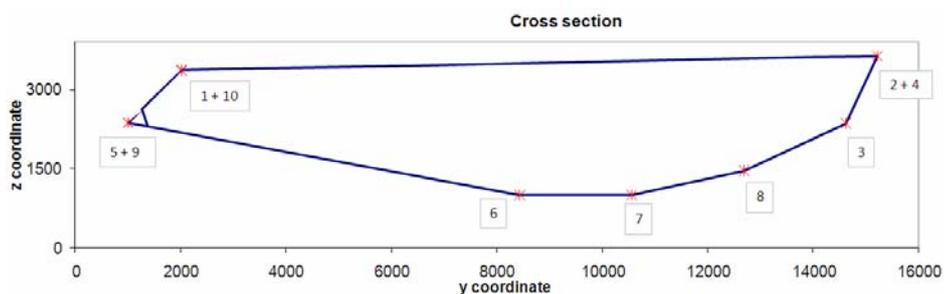


Figura 7-6 Punti di sollecitazione per la sezione stradale in ADVERS

Le relative sollecitazioni di von Mises e i rapporti di utilizzo in questi punti di sollecitazione sono riportati nella Tabella 7-2.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
		Verifica strutturale delle fasi di montaggio	Codice documento PS0279_F0_ITA.doc	Rev F0

Tabella 7-2 Reazioni nel supporto fisso per la combinazione ULS

Plates - summary of governing check							
ID	Yielding of plates						
	Criteria	σ_1	σ_2	τ	σ_{VM}	σ_{yt}/f_m	UR
	(gov.)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
SP1	min NS	75.67		73.5	148.1	338.1	0.44
SP2	min NS	63.15		73.1	141.4	338.1	0.42
SP3	min NS	-119.17		75.0	176.3	338.1	0.52
SP4	min NS	64.43		75.0	145.0	338.1	0.43
SP5	min NS	-64.81		75.0	145.1	338.1	0.43
SP6	min NS	-294.13		75.0	321.5	338.1	0.95
SP7	min NS	-302.32		75.0	329.0	338.1	0.97
SP8	min NS	-242.89		75.0	275.4	338.1	0.81
SP9	min NS	-66.02		73.5	143.4	338.1	0.42
SP10	min NS	75.91		73.5	148.2	338.1	0.44
Max							0.97

Come indicato nella Tabella 7-2, l'utilizzo massimo delle sollecitazioni nella sezione effettiva è di 0.97. Dato che questo utilizzo relativamente alto delle sollecitazioni (0.97), localizzato nella lamiera inferiore, è dovuto alle forze di compressione, occorre verificare anche l'imbozzamento degli irrigidimenti e delle lamiere.

La Figura 7-7 illustra la posizione dei punti di sollecitazione nei supporti passanti critici indicati come "SP-U_Stiff." in congiunzione con la lamiera inferiore dalla sezione stradale in ADVERS.

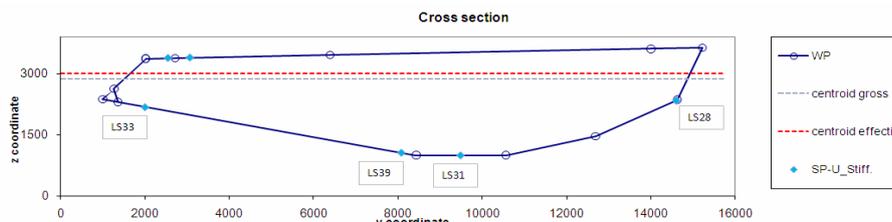


Figura 7-7 Numerazione dei punti di sollecitazione per supporti passanti dalla sezione stradale in ADVERS

I rapporti di utilizzo per l'imbozzamento degli irrigidimenti e della lamiera sono indicati nella Tabella 7-3.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20-06-2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20-06-2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20-06-2011						

Montaggio concio 28C
Sottofase "b"

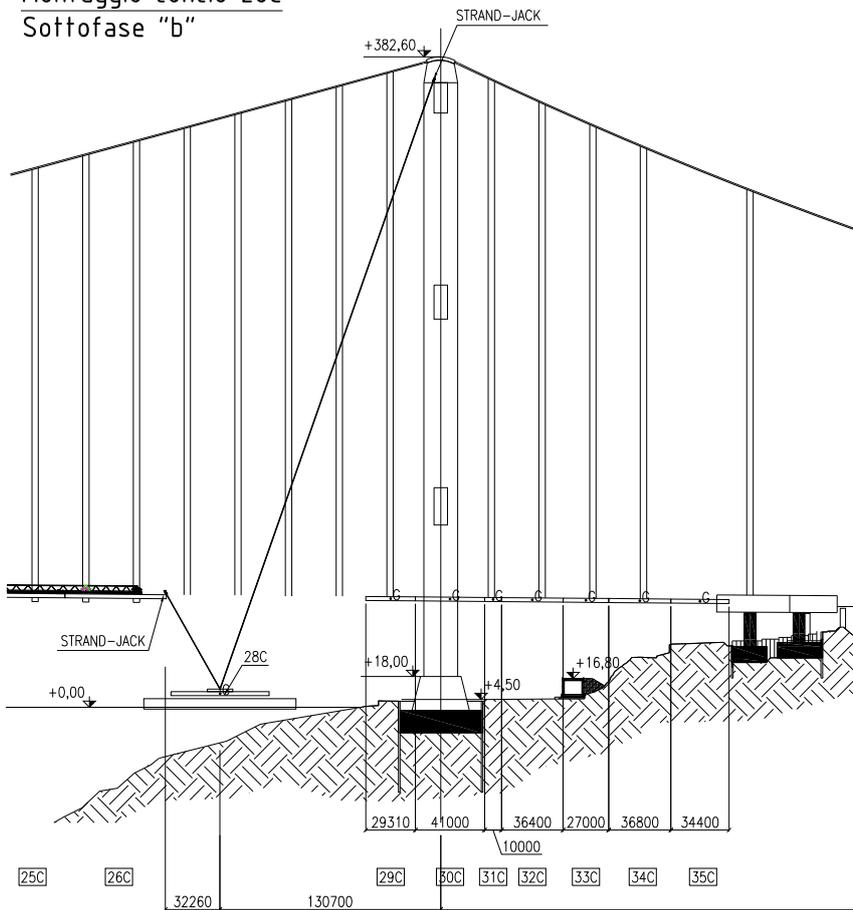


Figura 8-1 Fase di montaggio del segmento 28C

Per il segmento 26C dell'impalcato stradale a sbalzo il sollevamento critico è costituito dal sollevamento del segmento 28C che è il più pesante degli otto segmenti installati con questa procedura.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Verifica strutturale delle fasi di montaggio	<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

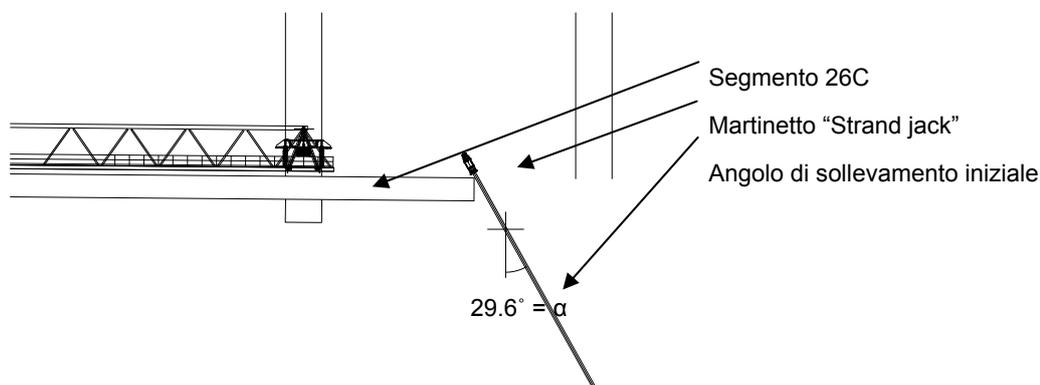


Figura 8-2 Primo piano del sollevamento iniziale di 28C in corrispondenza del segmento 26C

Come illustrato nella Figura 8-2 l'angolo di sollevamento iniziale su ciascuna delle due travate stradali a sbalzo è di 29.6°. Il peso del segmento 28C è indicato nella Tabella 8-1.

Tabella 8-1 Peso del segmento di montaggio 28C

Elemento	Carico fisso [kN/m]	N° / Lunghezza [m]	Totale [kN]
Trasverso T1	1580	1	1580
Trasverso T3	2000	1	2000
Travata stradale CS5	50.4	27.6	1391
Travata stradale CS3	43.0	73.5	3161
Travata ferroviaria CF3	38.5	13.8	531
Travata ferroviaria CF5	30.8	36.8	1133
Ancoraggio pendino AP4	35.2	8	282
Corsia di servizio, senza frangivento, piastre di base e peso aggiuntivo per il trasporto.			1008
Totale complessivo			11086

Come illustrato nella Figura 8-1, la distanza fra la torre e il segmento è di 130.7m e la distanza fra la torre e il martinetto "strand jack" sul segmento 26C è di 163.0m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio	<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

La componente di sollevamento verticale su ciascuna delle due travate stradali, con un fattore dinamico stimato di 1.10, 1.25 per l'effetto di deformazione per un sollevamento con quattro punti di sollevamento e un fattore di sicurezza di 1.35, viene individuata come:

$$R_{26C,v,d} = \frac{130.7 \cdot 1.1 \cdot 1.25 \cdot 1.35 \cdot 11086}{163 \cdot 2} = 8250 \text{ kN}$$

La componente di sollevamento orizzontale su ciascuna delle due travate stradali viene individuata come:

$$R_{26C,H,d} = \tan(29.6) \cdot 8250 = 4687 \text{ kN}$$

Le sezione trasversale a sbalzo nel segmento 26C è la sezione stradale CS3. Nella Figura 8-3 è illustrato un modello FE locale della sezione trasversale CS3.

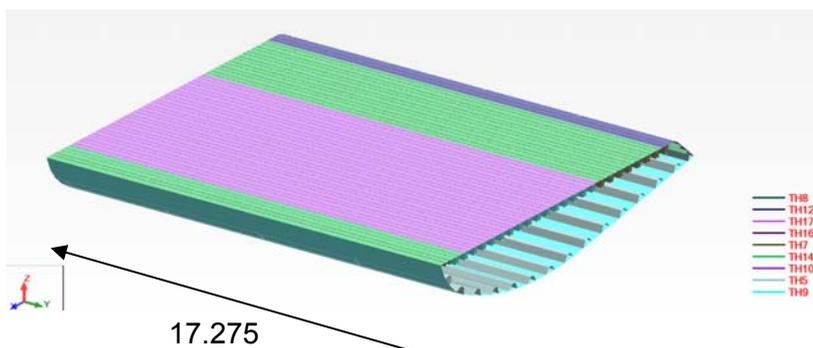


Figura 8-3 Grafico del modello locale a elementi "shell" che illustra gli spessori delle lamiere

La reazione di progetto iniziale verticale e orizzontale sul segmento 26C è applicata al modello FE locale come illustrato nella Figura 8-4. Conformemente alla geometria illustrata nella Figura 8-2 il carico viene applicato in un punto fittizio 1070mm sopra alla flangia superiore sul diaframma e in linea con il baricentro della travata stradale. Il carico in questo punto fittizio è collegato, tramite un collegamento rigido, a due linee trasversali da 2600mm sui due diaframmi con una distanza di 3750mm. Questo collegamento rigido rappresenta una struttura in grado di distribuire la reazione dal martinetto "strand jack" a queste due linee di supporto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		Codice documento PS0279_F0_ITA.doc	Rev F0	Data 20-06-2011

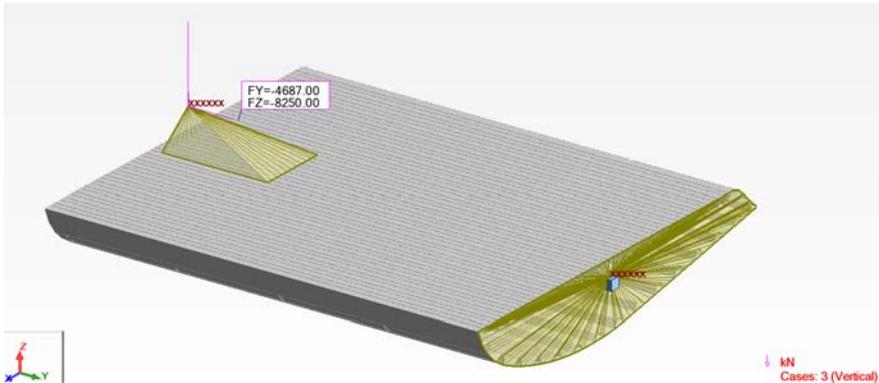


Figura 8-4 Grafico del modello locale che illustra i supporti e i carichi localizzati delle ruote che vengono applicati

Le sollecitazioni di von Mises sono illustrate nella Figura 8-5 per una combinazione di carico di 1.35 x PP compreso il 10% di carico fisso sovrapposto e 1.35 x le componenti di sollevamento caratteristiche.

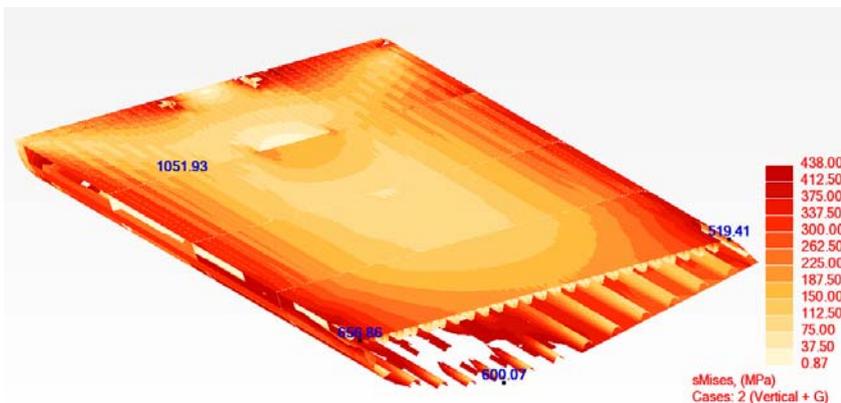


Figura 8-5 Sollecitazioni di Von Mises per la combinazione di carico con carico fisso combinato

La qualità dell'acciaio per la sezione stradale CS3 è S460 e le sollecitazioni massime sono $f_{yd} = 460/\gamma_{M0} = 438\text{MPa}$. La scala delle sollecitazioni della Figura 8-5 è limitata a f_{yd} , mentre le aree di snervamento sono rappresentate come aree trasparenti.

Come illustrato nella Figura 8-5, il livello di sollecitazioni per questo modello lineare è troppo alto e occorre trovare una posizione alternativa del supporto per il martinetto “strand jack” oppure occorre rinforzare la parte a sbalzo dell’impalcato stradale. Date le sollecitazioni indicate nella Figura 8-5, non c’è motivo di effettuare alcuna verifica dell’imbozzamento per questa sezione. Il metodo proposto deve essere rivisto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		<i>Codice documento</i> PS0279_F0_ITA.doc	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;"><i>Rev</i></th> <th style="text-align: left;"><i>Data</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>F0</td> <td>20-06-2011</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	F0	20-06-2011
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
F0	20-06-2011						

9 Effetti locali durante lo stoccaggio e il trasporto degli elementi dell'impalcato

La situazione del trasporto degli elementi dell'impalcato secondo il disegno Cimolai 2002159D0006500 è illustrata nella Figura 9-1 e nella Figura 9-2.

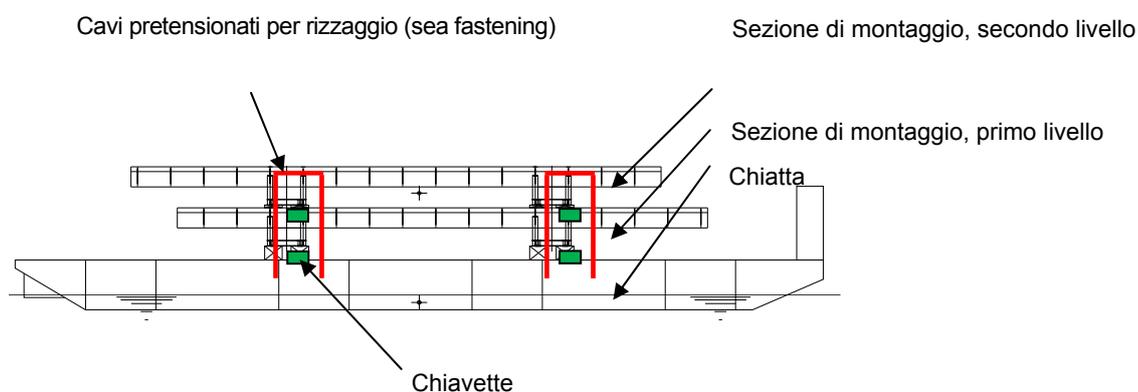


Figura 9-1 Elevazione della chiatta con il rizzaggio (sea fastening) dei segmenti di montaggio

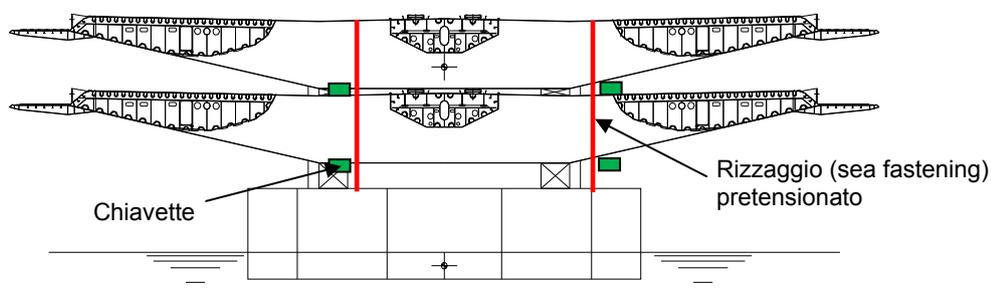


Figura 9-2 Sezione della chiatta con il rizzaggio (sea fastening) dei segmenti di montaggio

I carichi di progetto ULS sono determinati secondo le stime delle accelerazioni durante il trasporto, come indicato nella tabella 9-1.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio		Codice documento PS0279_F0_ITA.doc	Rev F0	Data 20-06-2011

Tabella 9-1 Accelerazioni del moto stimate

Movimento	Descrizione	
Rollio	Ampiezza: $\alpha = 20^\circ$ (gradi)	Periodo $T_\alpha = 10s$
Beccheggio	Ampiezza: $\beta = 12.5^\circ$ (gradi)	Periodo $T_\beta = 10s$
Sollevamento	Ampiezza di accelerazione: $\gamma = 0.2g$	

Le accelerazioni del moto stimate, che sono riportate nella Tabella 9-1, producono una reazione ULS massima verticale dal primo livello a 7.5MN per supporto 400x400mm su ciascun lato del trasverso. La reazione di progetto alle sollecitazioni che agisce sul fondo del trasverso diventa:

$$\sigma_{\text{patch load, first level, d}} = \frac{7.5 \cdot 10^6}{400 \cdot 400} = 46.9 \text{ MPa}$$

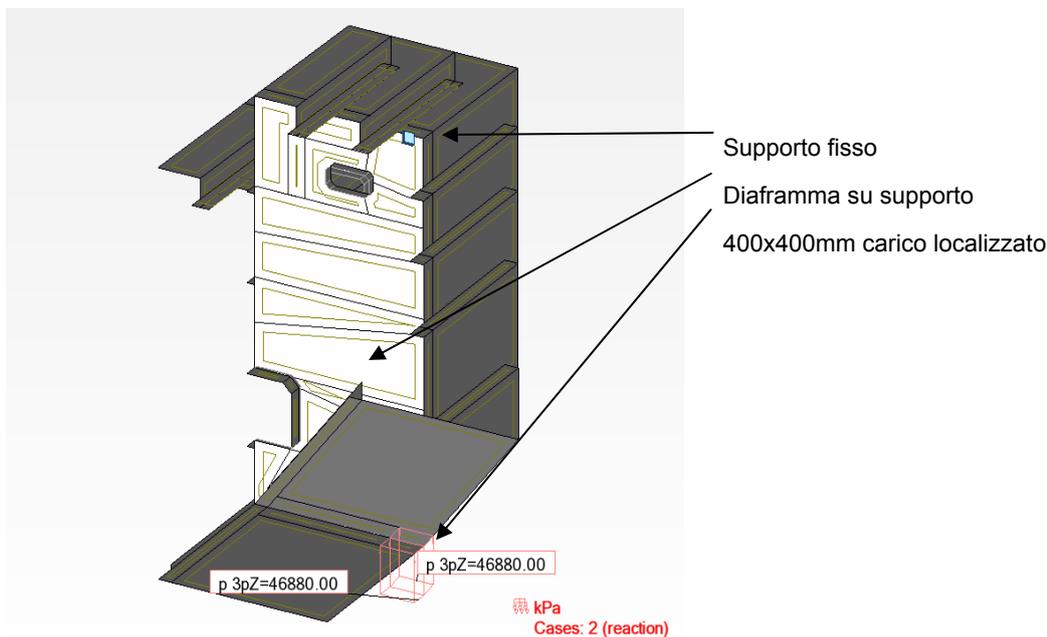


Figura 9-3 Trasverso generale visto dal basso con reazione del supporto al primo livello

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Verifica strutturale delle fasi di montaggio	Codice documento <i>PS0279_F0_ITA.doc</i>	Rev <i>F0</i>	Data <i>20-06-2011</i>	

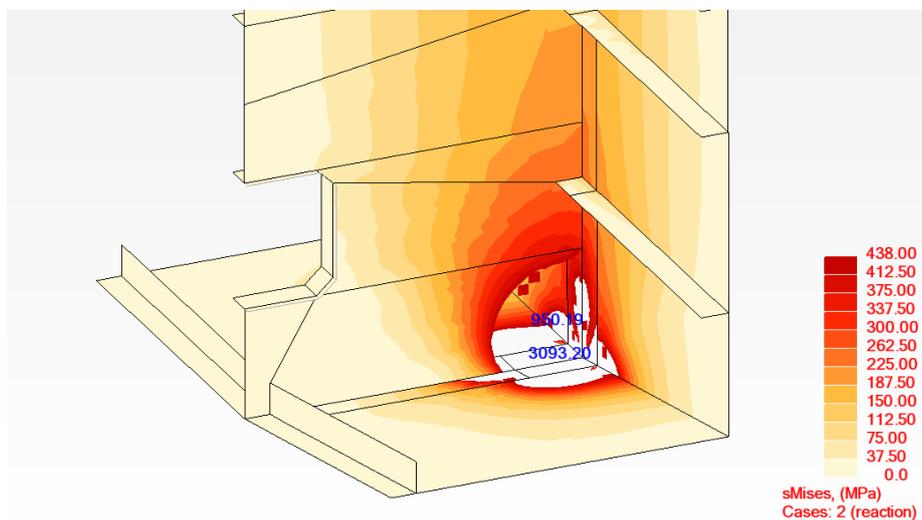


Figura 9-4 Sollecitazioni di von Mises nel diaframma del trasverso generale con reazione del supporto al primo livello

Come illustrato nella Figura 9-4, le sollecitazioni massime di von Mises superano localmente $f_{yd} = 460/\gamma_{M0} = 438\text{MPa}$ e il metodo proposto deve essere ottimizzato nella successiva fase del progetto.

10 Riferimenti

- /1/ FHWA, Metodi d'avanguardia per calcolare la risposta delle strutture del ponte a scuotimento, flutter, indotta da vortici, relazione N° FHWA/RD-80/050, Aprile 1981.
- /2/ FORCE Technology. Sub-test 4 Prove del modello di sezione per il Ponte sullo Stretto di Messina. Relazione N° 110-26444, Rev. A, Dicembre 2010.