

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>
--	---	--	---

<i>Unità Funzionale</i>	OPERA DI ATTRAVERSAMENTO	PS0186_F0
<i>Tipo di sistema</i>	SISTEMI SECONDARI	
<i>Raggruppamento di opere/attività</i>	ARTICOLAZIONI	
<i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i>	Generale	
<i>Titolo del documento</i>	Relazione tecnica specialistica	

CODICE	C	G	1	0	0	0	P	R	X	D	P	S	S	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	F0
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
F0	20-06-2011	EMISSIONE	HPJE	SOLA	SOLA

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

INDICE

INDICE	3
1 Relazione di Sintesi	5
2 Introduzione	8
2.1 Sommario della relazione	8
3 Riferimenti progettuali	9
3.1 Specifiche di progetto	9
3.2 Codici di progettazione	9
3.3 Specifiche dei materiali	9
3.4 Riferimenti	10
3.4.1 Relazioni	10
3.4.2 Disegni	11
4 Materiali	11
4.1 Acciaio strutturale	12
4.2 Bulloni ad alta resistenza	13
4.3 Consumabili per saldatura	14
5 Principi di progettazione	14
5.1 Stati Limite di Servizio	15
5.2 Stati Limite Ultimi	16
5.3 Stati Limite di Fatica	17
5.4 Stati Limite di Integrità Strutturale	18
6 Articolazione	18
6.1 Vincolo longitudinale e laterale del ponte alla torre	19
6.2 Concezione alternativa dell'articolazione alle torri	21
6.3 Buffer idraulici	22
6.3.1 Caratteristiche	22
6.3.2 Disposizione dei buffer	28
6.4 Appoggi	29
6.4.1 Struttura terminale	29
6.4.2 Campate drop-in alle torri	32
6.5 Giunti di dilatazione	33
6.5.1 Giunto di dilatazione stradale	34

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

6.5.2 Giunti di dilatazione ferroviari 34

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

1 Relazione di Sintesi

Il Ponte sullo Stretto di Messina è un ponte di dimensioni molto ampie e molto flessibile, conseguentemente i carichi comporteranno spostamenti della struttura molto ampi. I carichi trasversali di vento sulla struttura comporteranno spostamenti orizzontali delle travate del ponte al punto centrale della campata principale fino a 9.9m. Nella stessa posizione I carichi da traffico comportano movimenti verticali fino a 2.7m. Ampi spostamenti nella direzione longitudinale della travata del ponte provocheranno un'usura pronunciata delle componenti meccaniche ed è perciò essenziale ridurre gli spostamenti dove possibile così da ottenere una progettazione efficiente in termini di costi e ridurre al minimo l'interferenza sul traffico dovuta a riparazioni e manutenzione.

È altresì importante che i requisiti di comfort siano soddisfatti per l'utenza del ponte nell'attraversamento su strada o su rotaia.

Le componenti meccaniche quali appoggi e giunti di dilatazione del ponte dovrebbero, per quanto possibile, restare nei campi di valori che si sono dimostrati realizzabile per altri ponti.

Il ponte dovrà essere in grado di sopravvivere a forti eventi sismici e a tale scopo è vantaggioso che il ponte sia flessibile al fine di limitare le azioni nella struttura. Anche un sostanziale smorzamento della struttura è un vantaggio durante un evento sismico.

L'obiettivo è quindi quello di introdurre un sistema di dispositivi che limitino gli spostamenti in normali condizioni operazionali ma che consentano spostamenti della travata durante condizioni di carico estreme come terremoti e siano in grado di dissipare energia.

I componenti del sistema ideato sono i seguenti:

- Vincoli dell'impalcato del ponte in corrispondenza delle torri;
- Vincoli longitudinali in corrispondenza delle strutture terminali;
- Buffer idraulici
 - Longitudinali alle torri
 - Trasversali alle torri
 - Longitudinali alle strutture terminali

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

- Appoggi
- Giunti di dilatazione

Vincoli dell'impalcato del ponte in corrispondenza delle torri

Gli spostamenti sono limitati tramite l'introduzione di un sistema longitudinale di vincoli laterali dell'impalcato del ponte in corrispondenza delle torri.

Il fissaggio completo dell'impalcato del ponte in corrispondenza delle torri comporterà azioni molto elevate nelle strutture il cui contenimento non sarebbe praticabile o economicamente perseguibile.

D'altro canto il rilascio totale dell'impalcato introdurrebbe movimenti eccessivi nella struttura che sarebbe molto difficile, se non impossibile, risolvere.

Le connessioni alle torri sono dotate di buffer idraulici, che in "normali" condizioni di esercizio rimarranno chiusi, agendo come connessioni rigide. Nell'eventualità di un terremoto i buffer consentiranno spostamenti dell'impalcato limitando idraulicamente le forze trasmesse fra le torri fra le torri e la travata del ponte riducendo allo stesso tempo gli spostamenti della travata.

Al fine di ridurre il carico sulle spalle del ponte gli impalcato stradali sono interrotti alle torri e solamente l'impalcato ferroviario è continuo. I trasversi adiacenti sono collegati attraverso due "triangoli" di aste connesse al centro, così formando una cerniera elastica. Le rotazioni nell'impalcato ferroviario dovute alla flessione relativa all'asse verticale sono quindi distribuite lungo l'impalcato ferroviario per soddisfare i criteri di comfort.

Strutture terminali

L'isolamento sismico è installato in direzione longitudinale per mezzo di buffer idraulici fra le pile e le strutture terminali. I buffer idraulici vincoleranno le strutture terminali durante operazioni "normali" e consentiranno spostamenti a carico costante durante eventi sismici.

Nel progetto di gara isolatori sismici erano inclusi anche in direzione trasversale. Tuttavia questo produrrebbe ampi spostamenti nella sovrastruttura terminale durante eventi sismici che sarebbero difficilmente risolvibili nei viadotti adiacenti. In fase di Progetto Definitivo i buffer trasversali sono stati sostituiti dal fissaggio trasversale delle sovrastrutture terminali sotto forma di guide orizzontali posizionate al centro del trasverso della sottostruttura.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Appoggi e giunti di dilatazione

A causa delle dimensioni del ponte gli appoggi e i giunti di dilatazione necessari supereranno le dimensioni "standard" disponibili dai fornitori. Tuttavia la progettazione di queste componenti sarà basata su tecnologie esistenti e comprovate. Si noti quanto segue:

- Le strutture terminali sono sostenute su appoggi posizionati sulle pile. Gli appoggi sono scorrevoli. Nel progetto di gara gli appoggi erano fissati contro il sollevamento; con l'introduzione di una guida orizzontale questo non si ritiene più necessario ed è stato rimosso.
- Nel progetto di gara i giunti di dilatazione dell'impalcato stradale alle estremità dell'impalcato sospeso (E3) erano adattati con una soluzione a "fuse box" per facilitare gli ampi spostamenti strutturali in corrispondenza di terremoti. Tuttavia nella fase corrente della progettazione si è scelto un giunto con due lati mobili. Contatti con i fornitori hanno chiarito che tale giunto può essere realizzato e che sarà in grado di supportare gli spostamenti allo SLU senza danneggiamenti. Altri giunti di dilatazione hanno un lato mobile;
- I due appoggi A5 e A9 sono sottoposti ad alte forze di sollevamento. Nel Progetto Definitivo questi appoggi sono progettati con una struttura superiore ed inferiore. La struttura inferiore alloggia l'appoggio normale mentre la parte superiore ha due appoggi a sollevamento connessi attraverso un sistema idraulico che facilita un sollevamento costante ed equamente condiviso su entrambi gli appoggi a sollevamento.

Tramite il concetto ideato per il vincolo laterale e longitudinale dell'impalcato del ponte in corrispondenza delle torri gli spostamenti dell'impalcato sono ridotti in maniera significativa fornendo un alto livello di comfort per l'utenza del ponte.

Gli appoggi e i giunti di dilatazione sono stati progettati sfruttando i più recenti materiali di scorrimento e più efficienti che consentono sollecitazioni di contatto più elevate, in tal modo limitando le dimensioni dei componenti e fornendo condizioni di servizio significativamente più prolungate e costi di manutenzione ridotti.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

2 Introduzione

La presente relazione descrive il sistema di articolazione del ponte. La concezione si basa su quanto riportato nel progetto della gara di appalto e nella presentazione di 80 giorni, sebbene per alcuni elementi si sia ritenuto vantaggioso introdurre le seguenti modifiche concettuali:

- Riprogettazione del collegamento trasversale e disposizione dei buffer sul supporto trasversale del ponte sospeso;
- Introduzione di due lati mobili sugli ampi giunti di dilatazione della strada E3;
- Rimozione dell'ammortizzatore trasversale D3 e longitudinale D4 alle strutture terminali;
- Introduzione di guide orizzontali situate al centro del traverso della sottostruttura sulle strutture terminali;
- Modifica di due dei quattro appoggi che reggono la sovrastruttura terminale da appoggi a scorrimento libero ad appoggi a scorrimento guidato;
- Introduzione di superfici scorrevoli separate in appoggi con ampi sollevamenti per forze rivolte verso l'alto e verso il basso.

2.1 Sommario della relazione

La presente relazione è strutturata nelle seguenti sezioni:

- Il capitolo 2 comprende la presente introduzione,
 Il capitolo 3 fornisce una lista dei materiali di riferimento, incluso le specifiche di progetto, i codici di progetto, le specifiche dei materiali e i disegni di riferimento;
- Il capitolo 4 fornisce le descrizioni dei materiali che vengono utilizzati per ciascuno dei componenti;
- Il capitolo 5 descrive i tre stati limite considerati nel progetto, percorribilità dinamica, limite, e integrità strutturale;
- Il capitolo 6 riporta i componenti del sistema di articolazione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

3 Riferimenti progettuali

3.1 Specifiche di progetto

- 1 CG.10.00-P-RG-D-P-GE-00-00-00-00-02 - "Design Basis, Structural, Annex," COWI 2010
- 2 GCG.F.05.03 "Design Development – Requirements and Guidelines," Stretto di Messina, 22 ottobre 2004.
- 3 GCG.G.03.02 "Structural Steel Works and Protective Coatings," Stretto di Messina, 30 luglio 2004.

3.2 Codici di progettazione

- 4 "Norme tecniche per le costruzioni," 2008 (NTC08).
- 5 EN 1993 Eurocodice 3: Progettazione di strutture in acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- 6 EN 1993 Eurocodice 3: Progettazione di strutture in acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali tipo piastra
- 7 EN 1993 Eurocodice 3: Progettazione di strutture in acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei giunti
- 8 EN 1993 Eurocodice 3: Progettazione di strutture in acciaio - Parte 1-9: Fatica
- 9 EN 1993 Eurocodice 3: Progettazione di strutture in acciaio - Parte 1-10: Selezione dell'acciaio per proprietà di spessore e resistenza alla rottura
- 10 EN 1993 Eurocodice 3: Progettazione di strutture in acciaio - Parte 2: Ponti in acciaio
- 11 EN 1998 Eurocodice 8: Progettazione di strutture per resistenza antisismica
- 12 RFI/DIN/IC/PO 002 A: Istruzione Tecnica 44/E

3.3 Specifiche dei materiali

- 13 EN 10025-1:2004 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali – Parte 1: Condizioni generali di fornitura.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica	<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011	

- 14 EN 10025-2:2004 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali – Parte 2: Condizioni tecniche di fornitura per acciai strutturali non legati.
- 15 EN 10025-3:2004 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali – Parte 3: Condizioni tecniche di fornitura per acciai strutturali normalizzati / normalizzati saldabili a grano fine.
- 16 EN 10025-4:2004 Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali – Parte 4: Condizioni tecniche di fornitura per acciai strutturali saldabili a grano fine ottenuti per laminazione termomeccanica.
- 17 EN 10164:1993 Prodotti in acciaio con migliori proprietà di deformazione perpendicolare alla superficie del prodotto – Condizioni di fornitura tecnica.
- 18 EN ISO 898-1:2001 Proprietà meccaniche degli elementi di fissaggio in acciaio al carbonio e in acciaio legato - Parte 1: Bulloni, viti e prigionieri (ISO 898-1:1999).
- 19 EN 20898-2:1994 Proprietà meccaniche degli elementi di fissaggio – Parte 2: Dadi con valori di carico di prova speciali - filettatura grossa (ISO 898-2:1992).
- 20 UNI EN 14399:2005-3 Bulloneria strutturale ad alta resistenza per pre-caricamento - Parte 3: Sistema HR - Bulloneria e dadi esagonali
- 21 EN ISO 14555:1998 Saldatura ad arco di prigionieri su materiali metallici. Maggio 1995.
- 22 EN 10293:2005 Getti d'acciaio per impieghi tecnici generali

3.4 Riferimenti

3.4.1 Relazioni

Design Report - Suspended deck at Towers and Terminal structures	CG1000-P-CL-D-P-SS-A0-00-00-00-00-01
Design Report - Bridge bearings	CG1000-P-CL-D-P-SS-A0-AP-00-00-00-01
Design Report - Expansion Joints	CG1000-P-CL-D-P-SS-A0-AM-00-00-00-01
Performance Specification - Bridge Bearings	CG1000-P-SP-D-P-SS-A0-AP-00-00-00-01
Performance Specification - Buffers	CG1000-P-SP-D-P-SS-A0-AM-00-00-00-01
Performance Specification - Expansion Joints, Railway	CG1000-P-SP-D-P-SS-A0-AM-00-00-00-02

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Performance Specification - Expansion Joints, Roadway	CG1000-P-SP-D-P-SS-A0-AM-00-00-00-03
---	--------------------------------------

Tabella 1: Relazioni

3.4.2 Disegni

Articulation system - General arrangement	CG1000-P-AX-D-P-SS-A0-00-00-00-00-01
Articulation system - Support of suspended deck at towers	CG1000-P-AX-D-P-SS-A0-00-00-00-00-02
Articulation system - Longitudinal supports	CG1000-P-BX-D-P-SS-A0-00-00-00-00-01
Articulation system - Transverse supports (1)	CG1000-P-BX-D-P-SS-A0-00-00-00-00-02
Articulation system - Transverse supports (2)	CG1000-P-BX-D-P-SS-A0-00-00-00-00-03
Articulation system - Hydraulic systems	CG1000-P-BX-D-P-SS-A0-00-00-00-00-05
Articulation system - Bridge bearings , Overview	CG1000-P-DX-D-P-SS-A0-AP-00-00-00-01
Articulation system - Bridge bearings , Details	CG1000-P-BX-D-P-SS-A0-AP-00-00-00-01
Articulation system - Expansion joints, Overview	CG1000-P-DX-D-P-SS-A0-GE-00-00-00-01
Articulation system - Expansion joints railway (1)	CG1000-P-DX-D-P-SS-A0-GE-00-00-00-02
Articulation system - Expansion joints railway (2)	CG1000-P-DX-D-P-SS-A0-GE-00-00-00-03
Articulation system - Expansion joints railway (3)	CG1000-P-DX-D-P-SS-A0-GE-00-00-00-06
Articulation system - Expansion joints roadway (1)	CG1000-P-DX-D-P-SS-A0-GE-00-00-00-04
Articulation system - Expansion joints roadway (2)	CG1000-P-DX-D-P-SS-A0-GE-00-00-00-05

Tabella 2: Disegni relativi all'articolazione

4 Materiali

In questo capitolo sono descritte le proprietà meccaniche dei materiali da costruzione dell'articolazione.

I costruttori hanno proposto la progettazione di alcuni componenti dell'articolazione sulla base delle specifiche tecniche fornite da COWI. Le proprietà meccaniche dei materiali da costruzione dei componenti saranno riportate nella documentazione dei costruttori.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

4.1 Acciaio strutturale

I componenti strutturali sono fabbricati prevalentemente con acciai strutturali ML di grado S 460, prodotto in conformità con [15], e si suppone possiedano le proprietà meccaniche riportate in Tabella 3, secondo il capitolo 11.3.4.1 [2]. Il fabbricante dell'acciaio ha confermato che le proprietà meccaniche non cambieranno nel caso di materiali con spessore inferiore a 100 mm, com'è tipico dei prodotti in acciaio laminato.

Classe	Limite di snervamento, f_{yk} (MPa)	Resistenza a trazione, f_{tk} (MPa)
S 355 ML	355	470
S 460 ML	460	540

Tabella 3: Proprietà meccaniche degli acciai strutturali per spessori inferiori a 100 mm.

Si presuppone che tutti gli acciai strutturali abbiano le seguenti proprietà, in conformità con il capitolo 11.3.4.1 [4]:

- Modulo di elasticità: $E = 210,000 \text{ MPa}$
- Rapporto di Poisson: $\nu = 0.3$
- Modulo di taglio: $G = 77,000 \text{ MPa}$
- Coefficiente di dilatazione termica: $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$
- Densità: $\rho = 7,850 \text{ kg/m}^3$

I fattori parziali del materiale (coefficienti di sicurezza) utilizzati per verificare gli elementi strutturali sono conformi ai capitoli 4.2.4.1.1, 4.2.4.1.4 [4] ed elencati nella Tabella 4.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Verifica	Fattore parziale
Resistenza delle sezioni di classe 1, 2, 3 e 4	$\gamma_{M0} = 1.05$
Resistenza all'instabilità degli elementi nei ponti stradali e ferroviari	$\gamma_{M1} = 1.10$
Resistenza alla frattura delle sezioni sotto tensione (indebolite da fori)	$\gamma_{M2} = 1.25$
Resistenza a fatica (criterio di durata della fatica utile con conseguenze di cedimento significative)	$\gamma_{mf} = 1.35$

Tabella 4: Fattori parziali del materiale per l'acciaio strutturale.

4.2 Bulloni ad alta resistenza

Per collegamenti e sezioni si utilizzano bulloni strutturali ad alta resistenza di grado 8.8 o grado 10.9, prodotti secondo [17]. I bulloni di grado 8.8 si utilizzano per unire componenti non strutturali alla torre e quelli di grado 10.9 per le sezioni di giunti da costruzione delle gambe delle torri (tranne le sezioni delle piastre di rivestimento, che sono saldate). Si suppone che i bulloni ad alta resistenza possiedano le proprietà meccaniche riportate in Tabella 5, secondo il capitolo 11.3.4.6.1 [4].

Classe	Limite di snervamento, f_{yb} (MPa)	Resistenza a trazione, f_{tb} (MPa)
8.8	649	800
10.9	900	1000

Tabella 5: Proprietà meccaniche dei bulloni strutturali.

I fattori parziali del materiale (coefficienti di sicurezza) utilizzati per verificare le giunzioni bullonate e i giunti assiali sono conformi al capitolo 4.2.8.1.1 [4] ed elencati nella Tabella 6.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Verifica	Fattore parziale
Resistenza al taglio del bullone	$\gamma_{M2} = 1.25$
Resistenza alla tensione del bullone	
Resistenza locale appoggi/lamiera	
Resistenza allo scivolamento ULS	$\gamma_{M3} = 1.25$
Resistenza allo scivolamento SLS	$\gamma_{M3} = 1.15$
Forza di pre-caricamento del bullone	$\gamma_{M7} = 1.10$

Tabella 6: Fattori parziali del materiale per giunzioni bullonate e giunti assiali.

4.3 Consumabili per saldatura

I consumabili per saldatura dovranno essere conformi ai requisiti del capitolo 4.2 [5].

Le procedure di saldatura saranno specificate in modo da non ridurre le proprietà delle piastre sottoposte a lavorazione termo-meccanica.

Si utilizzeranno materiali di riempimento corrispondenti in conformità alle proprietà meccaniche del materiale di base.

Il fattore parziale materiale, $\gamma_{M2} = 1.25$, utilizzato per verificare le sezioni e i collegamenti saldati è conforme al capitolo 4.2.8.1.1 [4].

5 Principi di progettazione

Il presente capitolo descrive gli stati limite e i relativi requisiti di progettazione che determinano la proporzione dei componenti dell'articolazione, in conformità con [11]. Le performance dei componenti dell'articolazione sono verificate agli stati limite di percorribilità dinamica (SLS 1 e 2), stati limite ultimi (USL), stati limite di fatica (FLS) e stati limite di integrità strutturale (SILS).

I costruttori hanno proposto la progettazione di alcuni componenti del sistema di articolazione sulla base delle specifiche tecniche fornite da COWI. La verifica di questi componenti in stati limite specifici sarà riportata nella documentazione del costruttore.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

5.1 Stati Limite di Servizio

Il capitolo 2.2.2 [4] definisce i seguenti stati limite di percorribilità dinamica (SLS) da valutare nel progetto strutturale:

- Danni in loco che possono ridurre la durata della struttura
- Spostamenti o deformazioni che potrebbero limitare l'utilizzo della struttura, la sua efficienza e il suo aspetto.
- Spostamenti o deformazioni che potrebbero compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti e macchinari
- Vibrazioni che potrebbero compromettere l'utilizzo della struttura
- Danni provocati dalla fatica che potrebbero compromettere la durata
- Corrosione e/o deterioramento eccessivo dei materiali per esposizione all'atmosfera.

Il capitolo 3.1 [1] specifica i requisiti prestazionali per la struttura con due livelli di servizio. I requisiti prestazionali SLS sono indicati alla Tabella 7.

Stato limite	Requisito prestazionale
SLS1	È garantita la percorribilità di strada e ferrovia. Nessun danno strutturale. La struttura rimane elastica e tutte le deformazioni sono reversibili.
SLS2	Come per SLS1, con la sola differenza che è garantita solamente la percorribilità della strada.

Tabella 7: Requisiti prestazionali SLS.

Quanto segue è verificato in SLS per i componenti dell'articolazione.

- Le sollecitazioni sulle sezioni trasversali effettive nel supporto trasversale alle torri saranno inferiori al limite di snervamento progettuale del materiale.
- Carico, movimento e rotazione sugli appoggi. Il movimento accumulato dovrà inoltre essere accettabile rispetto al sistema statico generale selezionato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

- Movimento e rotazione nei giunti di dilatazione. Il movimento accumulato dovrà inoltre essere accettabile rispetto al sistema statico generale selezionato.
- Carico, movimento e rotazione sui buffer.

5.2 Stati Limite Ultimi

Il capitolo 2.2.1 [4] definisce i seguenti Stati Limite Ultimi (ULS) che devono essere valutati in una progettazione strutturale:

- Perdita di equilibrio della struttura o parte di essa
- Eccesso di spostamento o deformazione
- Raggiungimento della massima capacità di resistenza di parti della struttura, giunti o fondazioni.
- Raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura in toto
- Raggiungimento dei meccanismi di cedimento del terreno
- Cedimento di strutture e giunti per fatica
- Cedimento di strutture e giunti per altri effetti correlati al tempo
- Instabilità di parti della struttura o della struttura in toto.

Il capitolo 3.1 [1] specifica i requisiti prestazionali per la struttura con carichi ultimi o rari. I requisiti prestazionali sono indicati alla Tabella 8.

Stato limite	Requisito prestazionale
ULS	È ammessa la perdita temporanea del livello di servizio. Il sistema strutturale principale mantiene la sua piena integrità. I danni strutturali ai componenti secondari possono essere riparati tramite lavori di manutenzione straordinaria

Tabella 8: Requisito prestazionale ULS.

Quanto segue è verificato in ULS per i componenti dell'articolazione:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

- Supporto laterale sulle torri.
 - Le sollecitazioni sulle sezioni trasversali effettive saranno inferiori al limite di snervamento progettuale del materiale.
 - I collegamenti imbullonati anti-scorrimento non scivolano.
 - La capacità portante della piastra e di taglio ai bulloni sarà superiore alle esigenze dei collegamenti imbullonati resistenti allo scorrimento negli SLS.
 - I collegamenti saldati forniscono capacità sufficiente.
 - Le sollecitazioni attraverso lo spessore sulle piastre con saldature su un lato dello spessore della piastra stessa saranno inferiori alle sollecitazioni consentite per il tipo di acciaio specificato.
- Carico, movimento e rotazione sugli appoggi.
- Movimento e rotazione nei giunti di dilatazione.
- Carico e movimento sui buffer.

5.3 Stati Limite di Fatica

I capitoli 2.2.1 e 2.2.2 [4] non distinguono gli stati limite di fatica (FLS) dagli stati limite di servizio e dagli stati limite ultimi con conseguenze e requisiti prestazionali analoghi. Tuttavia al capitolo 4.2.2.1 [4] e nella presente relazione vengono distinti gli stati limite di fatica (FLS) perché i carichi e le combinazioni di carico utilizzate per la verifica sono differenti, come pure i mezzi con cui vengono verificati gli elementi. I capitoli 2.2.1 e 2.2.2 [4] definiscono i seguenti ULS e SLS correlati alla fatica che devono essere valutati in una progettazione strutturale:

- Danni provocati dalla fatica che potrebbero compromettere la durata (SLS)
- Cedimento di strutture e giunti per fatica (ULS)

Quanto segue è verificato nello stato limite di fatica per i componenti dell'articolazione:

- Supporto laterale sulle torri;
 - I collegamenti imbullonati critici per lo scorrimento non scivolano con gli SLS

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

- Le sollecitazioni dell'acciaio con carico di fatica sono inferiori al limite di fatica per la categoria di dettaglio corrispondente.

5.4 Stati Limite di Integrità Strutturale

La considerazione degli stati limite di integrità strutturale (SILS) nel presente progetto è unica e deriva dall'eccezionalità di dimensioni e importanza della struttura. Tali stati limite non sono considerati in [4] e descritti unicamente nel progetto di base. In generale, gli stati limite considerati sono simili a quelli esaminati negli ULS, sebbene i periodi di ritorno dei carichi applicati siano maggiori (cioè velocità del vento maggiori e accelerazioni massime al suolo) e i criteri prestazionali siano meno rigorosi rispetto a quelli applicabili agli ULS. I requisiti prestazionali sono indicati alla Tabella 9.

Stato limite	Requisito prestazionale
SILS	<p>È consentita la perdita completa di percorribilità dinamica, anche protratta nel tempo</p> <p>Deve essere garantita la durata dei seguenti elementi del sistema strutturale principale: sistema di ritenuta e supporto, cavi principali, selle.</p>

Tabella 9: Requisiti prestazionali ULS.

Negli stati limite di integrità strutturale sono consentiti danni importanti su tutti i componenti dell'articolazione, quindi non si prevede la relativa verifica di tale stato. I danni possono essere risolti con interventi di manutenzione straordinaria, che possono implicare chiusure prolungate del ponte.

6 Articolazione

Il Ponte di Messina è un ponte molto grande e flessibile e pertanto i carichi provocheranno movimenti notevoli della struttura. Il carico di vento trasversale sulla struttura provocherà un movimento orizzontale della travata del ponte che potrà arrivare fino a 9.9 m al centro della campata principale. Nella stessa posizione, i carichi di traffico provocheranno movimenti verticali della travata fino a 2.7 m. I movimenti longitudinali della struttura del ponte senza vincolo longitudinale della travata sono riportati alla Tabella 10.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Movimenti longitudinali della struttura del ponte		Travata alla torre	Travata all'estremità	Torre a livello della travata
SLS1	+/- (m)	4.79	4.80	0.03
SLS2	+/- (m)	4.94	4.94	0.03
ULS	+/- (m)	5.68	5.70	0.05

Tabella 10: Movimenti longitudinali della struttura libera del ponte in diverse situazioni di carico.

I grandi movimenti longitudinali della travata del ponte si tradurranno in una forte usura dei componenti meccanici ed è quindi importante ridurre i movimenti il più possibile per ottenere una progettazione economicamente conveniente e per limitare il più possibile le interferenze sul traffico a seguito di riparazioni e manutenzioni.

È inoltre necessario un comfort elevato per gli utenti che attraversano il ponte per strada o per ferrovia.

I componenti meccanici, come gli appoggi e i giunti di dilatazione del ponte, dovrebbero rimanere il più possibile nei limiti che si sono dimostrati praticabili per altri ponti.

Il ponte dovrà essere in grado di resistere a gravi terremoti e, a tale proposito, il fatto che sia flessibile rappresenta un vantaggio perché consente di limitare le forze nella struttura. Un sostanziale smorzamento strutturale è anch'esso un vantaggio durante un evento sismico.

L'obiettivo è quello di introdurre un sistema di dispositivi che prevenga il movimento in condizioni di esercizio normali, ma che in condizioni severe di carico, come in caso di terremoto, permettano alla travata di compiere movimenti più ampi e siano in grado di dissipare l'energia.

6.1 Vincolo longitudinale e laterale del ponte alla torre

I movimenti si riducono introducendo un sistema di vincoli longitudinali e laterali del ponte alle torri.

Il fissaggio completo dell'impalcato del ponte alle torri creerà forze notevoli nelle strutture il cui adattamento non sarà sempre realizzabile o economico.

D'altra parte, il rilascio totale dell'impalcato introdurrà movimenti eccessivi il cui adattamento risulterà difficoltoso, se non impossibile.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	Codice documento <i>PS0186_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20-06-2011

Le connessioni alle torri sono dotate di buffer idraulici, che in "normali" condizioni di esercizio rimarranno chiusi, agendo come connessioni rigide. Nell'eventualità di un terremoto i buffer consentiranno spostamenti dell'impalcato limitando idraulicamente le forze trasmesse fra le torri e la travata del ponte, riducendo allo stesso tempo gli spostamenti della travata stessa.

La concezione del sistema è mostrata in Figura 6-1, in cui i buffer longitudinali sono indicati con D2. L'isolatore sistemico del collegamento alla torre è indicato con D1.

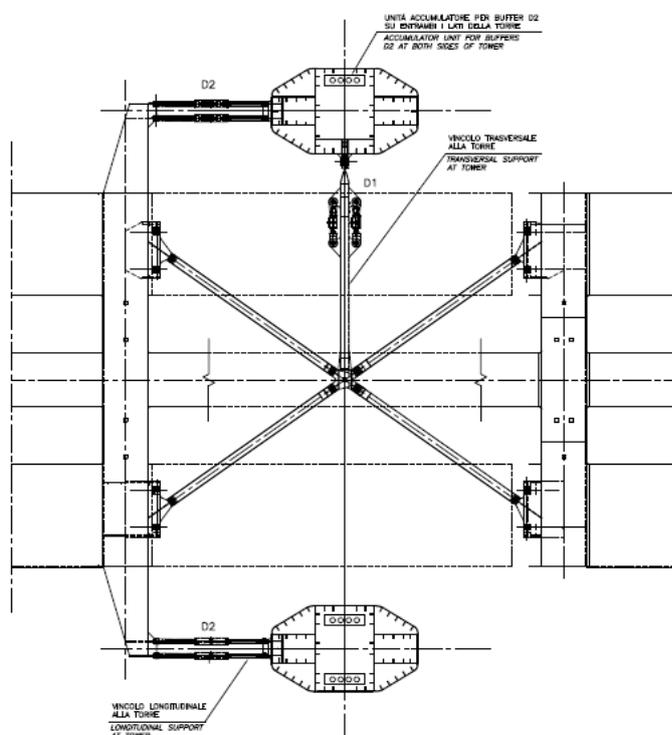


Figura 6-1: Vincolo dell'impalcato alle torri.

Al fine di ridurre il carico sulle spalle, l'impalcato stradale si interrompe alle torri ed è continuo solo l'impalcato ferroviario. I traversi adiacenti sono collegati tramite due "triangoli" di piloni collegati al centro, che formano una cerniera elastica. Le rotazioni sull'impalcato ferroviario dovute alla flessione relativa all'asse verticale sono quindi distribuite lungo l'impalcato ferroviario per soddisfare i criteri di comfort, vedere Figura 6-2.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

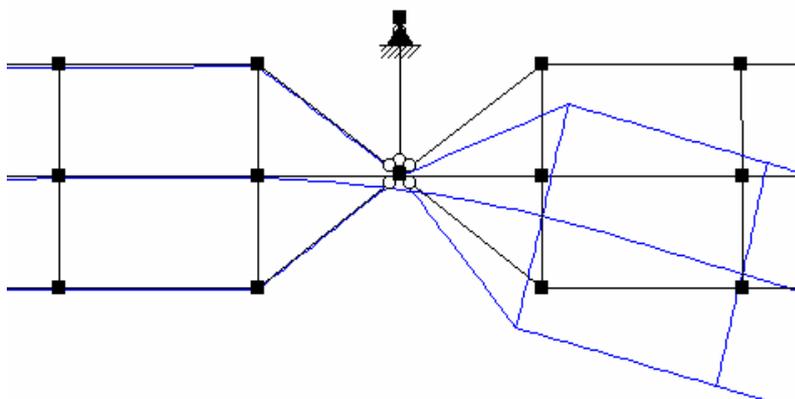


Figura 6-2: Deformazione della travata del ponte alle torri dovuta a carichi trasversali.

6.2 Concezione alternativa dell'articolazione alle torri

Data la complessità dell'idea di vincolare l'impalcato alle torri, sono state esaminate soluzioni alternative. In particolare, risulterebbe vantaggiosa qualora le travate stradali potessero essere continue alle torri. Riportiamo di seguito una breve descrizione delle due concezioni alternative:

- **Travate stradali continue e supporto rigido trasversale alle torri.** Questa concezione è stata valutata e si è ritenuto che, in caso di carichi elevati di vento trasversale sul ponte, si verificherebbe un effetto negativo "apribottiglie", a causa del quale le forze nel sistema di supporto trasversale alla struttura terminale e alla torre risulterebbero eccessive.
- **Travate stradali continue e supporto flessibile trasversale.** Questa concezione si basa su un collegamento trasversale rigido alla struttura terminale e uno flessibile alla torre. In caso di forti venti trasversali sulla travata del ponte, le forze trasversali sarebbero distribuite tra la struttura di supporto alla struttura terminale e il collegamento flessibile alla torre. Con un'adeguata flessibilità alla torre per la distribuzione dei carichi trasversali, tale concezione condurrebbe tuttavia, in presenza di venti forti, ad ampi movimenti trasversali della travata del ponte dell'ordine di 2 o 3 cm. Inoltre, movimenti di tale ampiezza provocherebbero problemi geometrici al giunto di dilatazione ferroviario alla struttura terminale.

Gli studi sulle varie concezioni alternative, comprese le due citate sopra, hanno evidenziato che gli svantaggi delle diverse soluzioni sono superiori ai vantaggi acquisiti; dopo attenta considerazione,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

è stato quindi deciso di mantenere la concezione indicata inizialmente per il progetto della gara di appalto.

6.3 Buffer idraulici

I costruttori hanno proposto la progettazione dei buffer idraulici sulla base delle specifiche tecniche prestazionali fornite nell'ambito del Progetto Definitivo.

Le specifiche tecniche sono conformi a [3.1] e [1].

I capitoli che seguono mostrano la caratteristica dei buffer D1 e D2.

6.3.1 Caratteristiche

6.3.1.1 Vincolo laterale - buffer D1

La caratteristica del buffer D1 è riportata nella Figura 6-3.

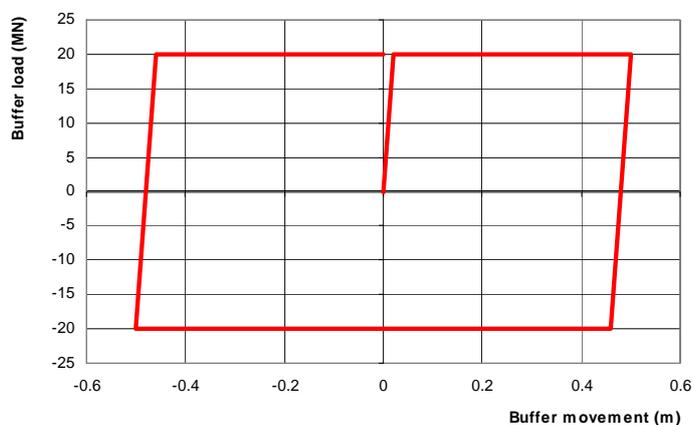


Figura 6-3: Caratteristica del buffer D1, carico totale per 2 buffer idraulici

Il valore di soglia indicato per i buffer idraulici è pari a 20 MN. Con forze di ampiezza inferiore, non si verificano movimenti del buffer a causa dei carichi di vento. L'installazione dell'isolatore sismico idraulico D1 produce una riduzione del carico in direzione trasversale da ~60MN a ~20MN in caso di evento sismico ULS.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

6.3.1.2 Vincolo longitudinale - buffer D2

La caratteristica del buffer D2 è riportata nella Figura 6-4.

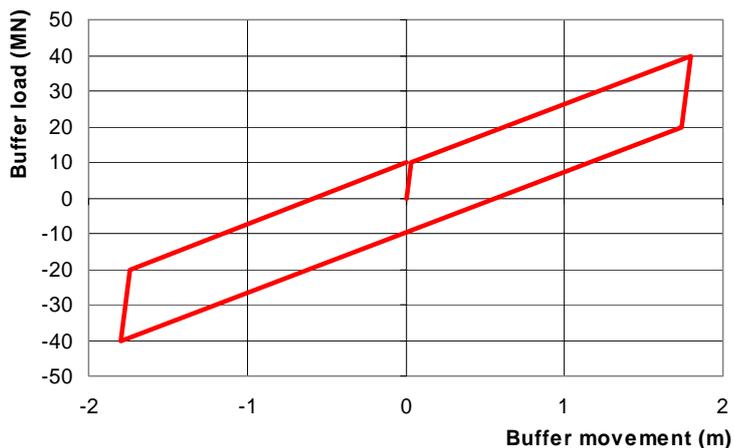


Figura 6-4: Caratteristica del buffer D2, carico totale per 4 cilindri idraulici

I buffer agiscono come uno smorzatore con una molla e nella combinazione di carico termico, carico di traffico sul ponte e terremoto simultaneamente, la funzione del buffer è ridurre il movimento massimo della travata sospesa.

Per evitare il vincolo torsionale dell'impalcato alla torre, gli ammortizzatori situati sulle due gambe di una torre sono collegati idraulicamente attraverso le tubazioni, in modo che l'olio idraulico possa fluire liberamente da un lato all'altro in caso di movimenti di rotazione dell'impalcato rispetto all'asse verticale. Dato l'accoppiamento idraulico, gli 8 cilindri agiranno come un unico gruppo situato sull'asse longitudinale del ponte e il carico massimo indotto sulla torre sarà 2 volte 40 MN, cioè 80 MN.

L'azione di smorzamento è fornita tramite valvole di rilascio pressione che limitano il flusso dell'olio fino a un determinato valore di soglia, oltre il quale l'olio può fluire a pressione costante. L'azione della molla si ottiene tramite serbatoi di accumulo situati all'interno delle gambe della torre. La figura seguente mostra gli effetti di ogni componente e la curva carico-spostamento risultante per l'intero sistema combinato.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	Codice documento PS0186_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20-06-2011

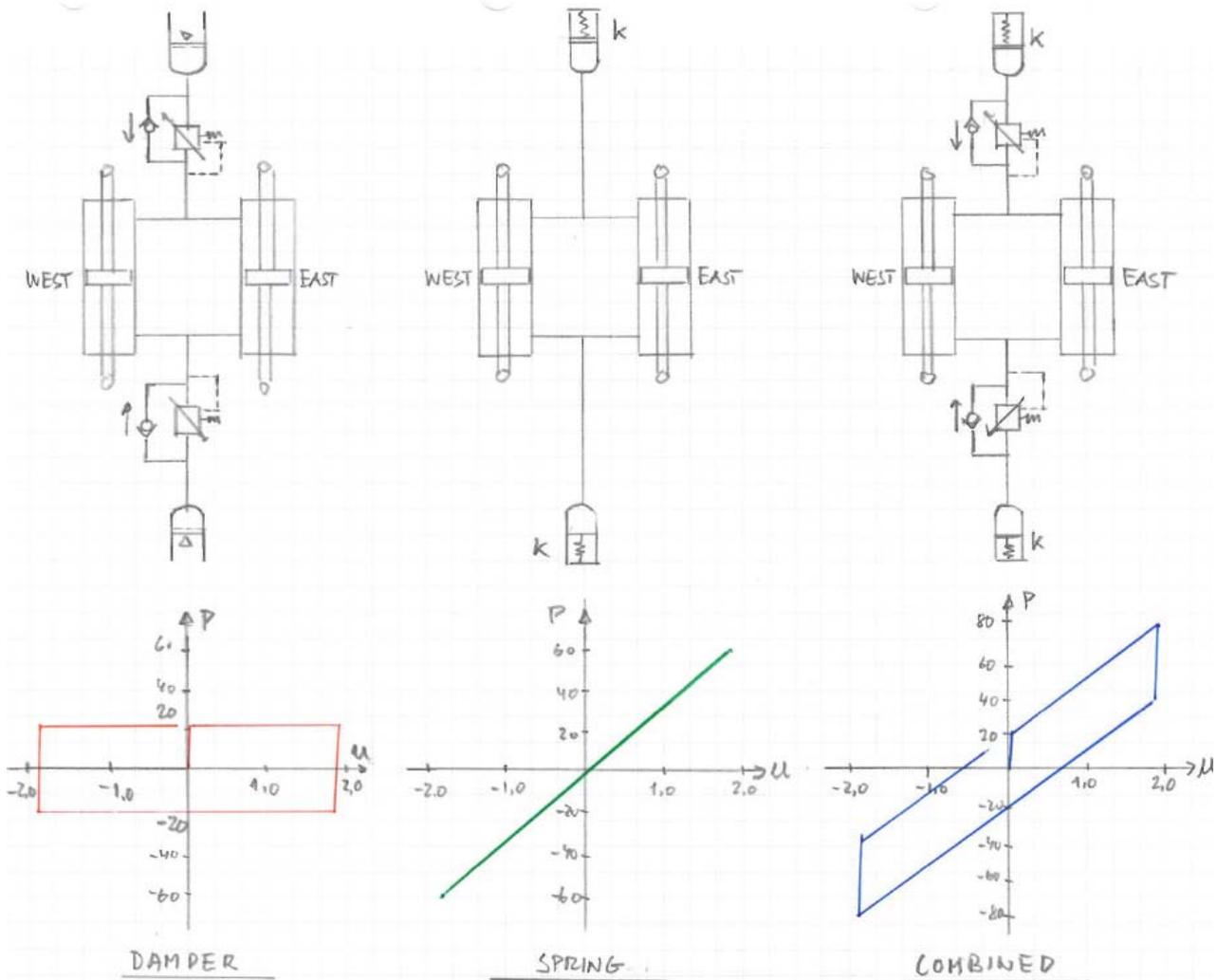


Figura 6-1: Descrizione schematica dell'azione del sistema

Il progetto dei circuiti idraulici richiesti per fornire la caratteristiche di smorzamento descritta è riportato al doc. CG1000-P-CL-D-P-SS-A0-00-00-00-00-01 " Design Report - Suspended deck at Towers and Terminal structures".

Per ottenere movimenti estremamente ridotti in condizioni di traffico frequenti, si installa il sistema idraulico con un valore di soglia, che non dovrà essere superato al passaggio di un treno e, di conseguenza, i movimenti sono limitati ai movimenti di flessione locale delle torri e dell'impalcato del ponte.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	Codice documento <i>PS0186_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20-06-2011

Nel presente progetto, i buffer D2 consistono di 4 cilindri idraulici ciascuno per restare entro dimensioni accettabili e praticabili e garantire un sistema ridondante.

Il valore di soglia è stato fissato a 10MN per ogni gruppo di cilindri collegati a ciascuna gamba della torre e, di conseguenza, il sistema di buffer blocca qualsiasi movimento longitudinale quando la forza nei buffer su ogni gamba della torre è inferiore a 20MN. In alcuni casi, il carico di 20MN nel buffer sarà superato, per es. in presenza di variazione termica di $\pm 6^{\circ}$ C sulla travata del ponte.

Le figure seguenti riportano un evento sismico al fine di mostrare la reazione dei buffer al ponte, durante un ULS. La Figura 6-6 indica i movimenti dell'estremità della travata con e senza buffer a parità di carico unitamente alla cronologia dell'evento sismico.

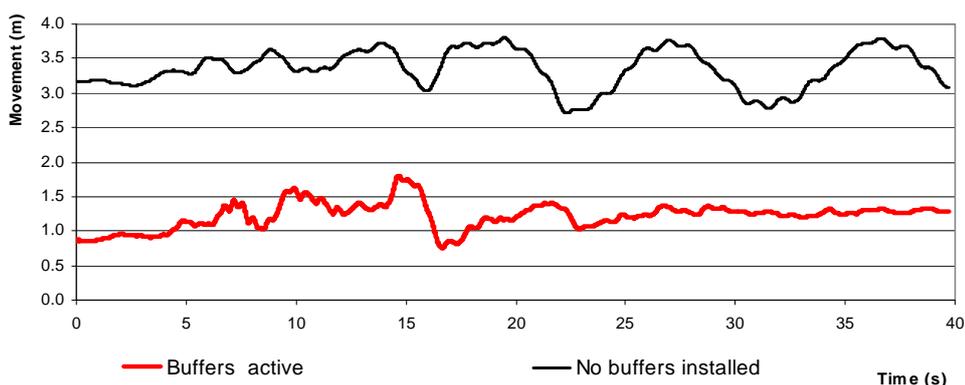


Figura 6-6: Calcolo della cronologia. Carico termico, carico di traffico e cronologia sismica. Movimenti all'estremità della travata con e senza buffer.

La Figura 6-7 mostra il movimento della travata del ponte su uno dei giunti di dilatazione alle strutture terminali senza buffer installati per un treno merci di tipo 6 che attraversa il ponte a 100 km/ora in funzione del tempo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	Codice documento <i>PS0186_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20-06-2011

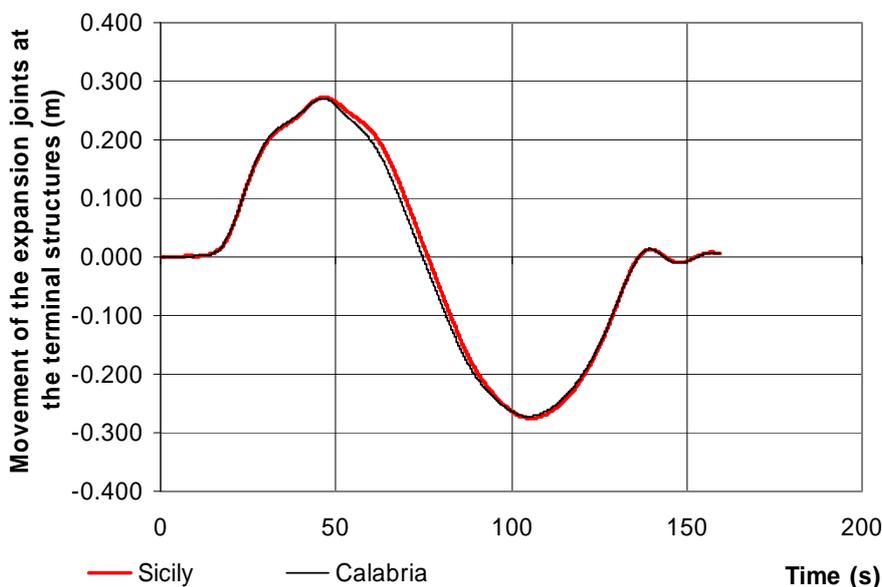


Figura 6-7: Analisi della cronologia. Movimento ai giunti di dilatazione al passaggi di un treno. Buffer non installati. Treno tipo 6 che attraversi il ponte a 100km/h.

I movimenti cumulativi dei giunti di dilatazione dovuti al traffico ferroviario sono riportati alla Tabella 11.

Movimento longitudinale cumulativo al passaggio del treno	Peso del treno	Un passaggio del treno	N° di passaggi del treno per binario all'anno	Movimenti all'anno
Tipo di treno	(t)	(m)		(m)
1. I.C.	687	0.605	7300	8830
2. E.C.	474	0.417	3650	3044
3. EXPR	930	0.819	5475	8968
4. DIR	545	0.480	10950	10512
5. ETR 500	624	0.549	3650	4008
6. TEC	1312	1.155	5475	12647
7. Merci	1424	1.254	3650	9154
8. Trasporto acciaio	1630	1.435	1825	5238

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica	Codice documento <i>PS0186_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20-06-2011	

9. Merci misto	976	0.859	1825	3135
TOTALE			43800	65536

Tabella 11: Movimenti dei giunti di dilatazione per i carichi dei treni.

I suddetti movimenti produrrebbero un'usura eccessiva dei componenti meccanici rendendo praticamente impossibile raggiungere una durata ragionevole, con conseguenti costi di manutenzione troppo elevati.

La Figura 6-8 mostra il movimento della travata del ponte su uno dei giunti di dilatazione alle strutture terminali per un treno merci di tipo 6 che attraversa il ponte a 100km/ora in funzione del tempo, con i buffer suggeriti installati.

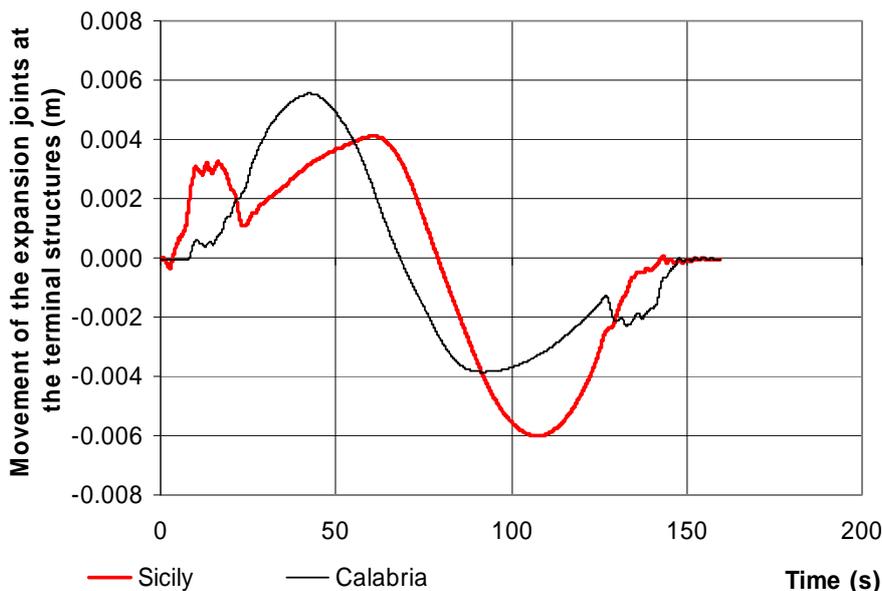


Figura 6-8: Analisi della cronologia. Movimento della travata del ponte ai giunti di dilatazione con buffer installati. Treno tipo 6 che attraversa il ponte a 100km/h.

I movimenti cumulativi calcolati al passaggio del treno per il sistema di articolazione modificato sono riportati alla Tabella 12.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		Codice documento PS0186_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20-06-2011

Movimento longitudinale cumulativo al passaggio del treno	Peso del treno	Un passaggio del treno	N° di passaggi del treno per binario all'anno	Movimenti all'anno
Tipo di treno	(t)	(m)		(m)
1. I.C.	687	0.015	7300	222
2. E.C.	474	0.011	3650	76
3. EXPR	930	0.021	5475	226
4. DIR	545	0.012	10950	164
5. ETR 500	624	0.014	3650	100
6. TEC	1312	0.029	5475	318
7. Merci	1424	0.022	3650	230
8. Trasporto acciaio	1630	0.036	1825	132
9. Merci misto	976	0.022	1825	78
TOTALE			43800	1646

Tabella 12: Movimenti dei giunti di dilatazione dovuti al carico del treno per sistema di articolazione modificato con buffer idraulici.

L'introduzione del sistema vincolante longitudinale ha quindi prodotto una riduzione del movimento cumulativo da 65536m a 1646m. Con questa concezione viene assicurata una durata di vita elevata per i componenti meccanici e si ottengono riduzioni generali dei costi di manutenzione.

6.3.2 Disposizione dei buffer

I buffer longitudinali sono lunghi 14.7 m. Di conseguenza, il buffer avrà un peso proprio elevato e i costi superiori saranno associati al consolidamento del buffer stesso in modo da prevenire le deformazioni dei suoi componenti.

Dato il notevole movimento relativo tra la travata alle torri e la torre stessa, sono quindi necessari buffer lunghi per ridurre al minimo la rotazione ai fissaggi.

Nel collegamento trasversale al supporto trasversale, i due buffer nel progetto della gara di appalto

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

presentano lo stesso problema di deformazione a causa del collegamento trasversale lungo. Nel Progetto Definitivo, è stato modificato il collegamento trasversale per prevenire il problema.

6.4 Appoggi

Il costruttore ha proposto la progettazione degli appoggi sulla base delle specifiche tecniche prestazionali fornite nell'ambito del Progetto Definitivo. Laddove applicabile, sono state utilizzate soluzioni standard.

Le specifiche tecniche prestazioni sono conformi a [3.1] e [1].

6.4.1 Struttura terminale

Le Figure 6-9 e 6-10 mostrano la disposizione degli appoggi alle strutture terminali.

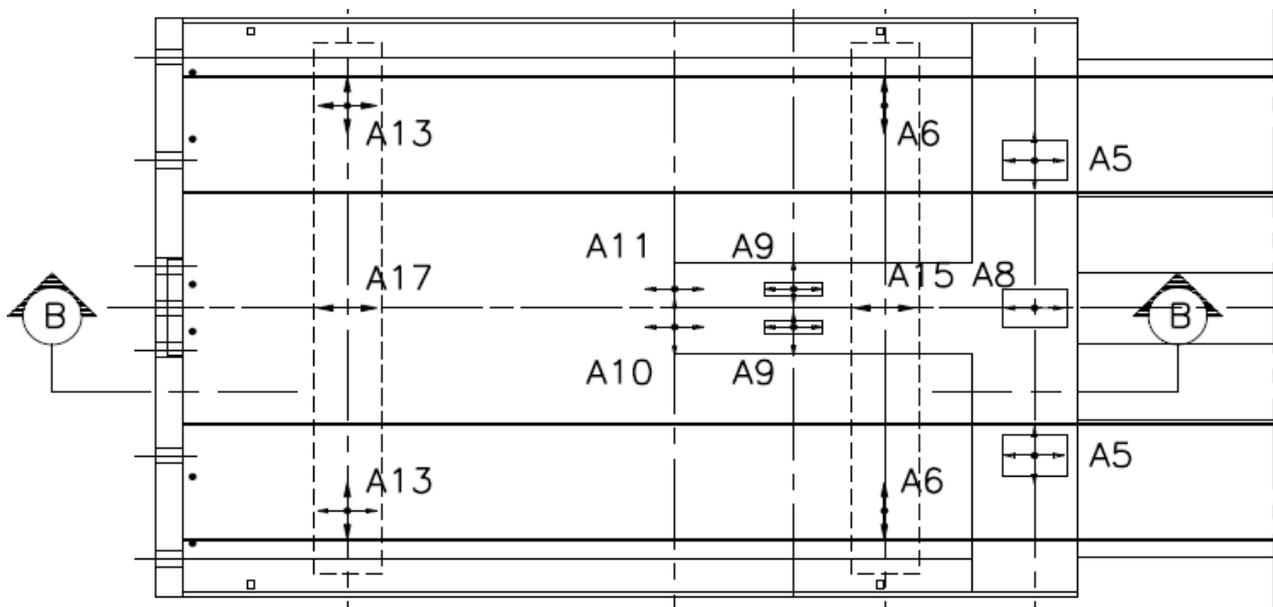


Figura 6-9: Disposizione degli appoggi alla struttura terminale lato Sicilia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	Codice documento <i>PS0186_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20-06-2011

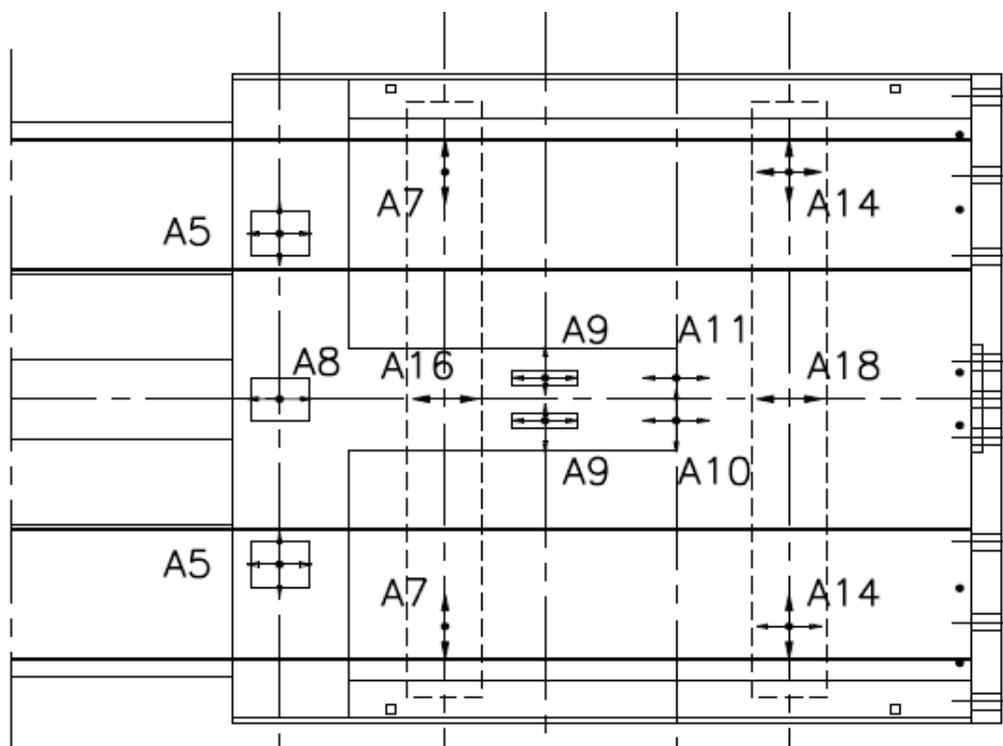


Figura 6-10: Disposizione degli appoggi alla struttura terminale lato Calabria

La sovrastruttura terminale è sostenuta da appoggi a scorrimento libero e appoggi a scorrimento guidato situati sui traversi delle sottostrutture terminali. Gli appoggi sono fissati per prevenire il sollevamento.

Nel progetto della gara di appalto, è stato introdotto un isolamento sismico tramite buffer idraulici tra le pile e la struttura terminale.

In direzione trasversale, ciò produce tuttavia ampi movimenti laterali della sovrastruttura terminale durante gli eventi sismici difficilmente adattabili nei viadotti adiacenti. Nel Progetto Definitivo, i buffer trasversali sono stati sostituiti da un fissaggio laterale della sovrastruttura terminale sotto forma di guida orizzontale, situata al centro del traverso della sovrastruttura.

In direzione longitudinale, i buffer sono stati sostituiti dagli appoggi a scorrimento guidato A6 e A7, su richieste delle autorità ferroviarie italiane. Gli appoggi nel progetto della gara di appalto erano configurati come appoggi a scorrimento libero.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

Su entrambe le estremità della struttura sospesa, la travata ferroviaria risulta sporgente nella sovrastruttura terminale. L'estensione della travata ferroviaria è supportata verticalmente all'inizio e alla fine del cassone scanalato tramite gli appoggi a scorrimento libero A9, A10 e A11.

Altri due appoggi a scorrimento libero A5 per i carichi verticali sono presenti nel traverso che collega la travata stradale e ferroviaria alla struttura terminale.

In direzione trasversale, la travata stradale e ferroviaria è guidata dagli appoggi A11 e A8.

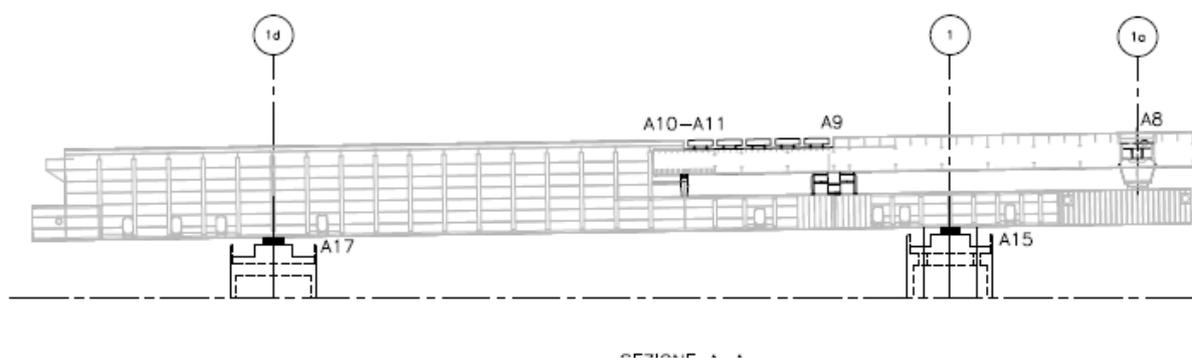


Figura 6-11: Disposizione degli appoggi alla struttura terminale lato Sicilia – vista laterale (sezione B-B in Figura 6-8).

Gli appoggi A5, A6, A7, A9, A13 e A14 subiscono forze di sollevamento elevate. Nel Progetto Definitivo, questi appoggi sono progettati con una struttura di appoggio superiore e inferiore. La struttura inferiore contiene il normale appoggio, quella superiore ha due appoggi di sollevamento collegati da un sistema idraulico, per facilitare un sollevamento continuo ed equamente condiviso su entrambi gli appoggi.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		Codice documento <i>PS0186_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20-06-2011

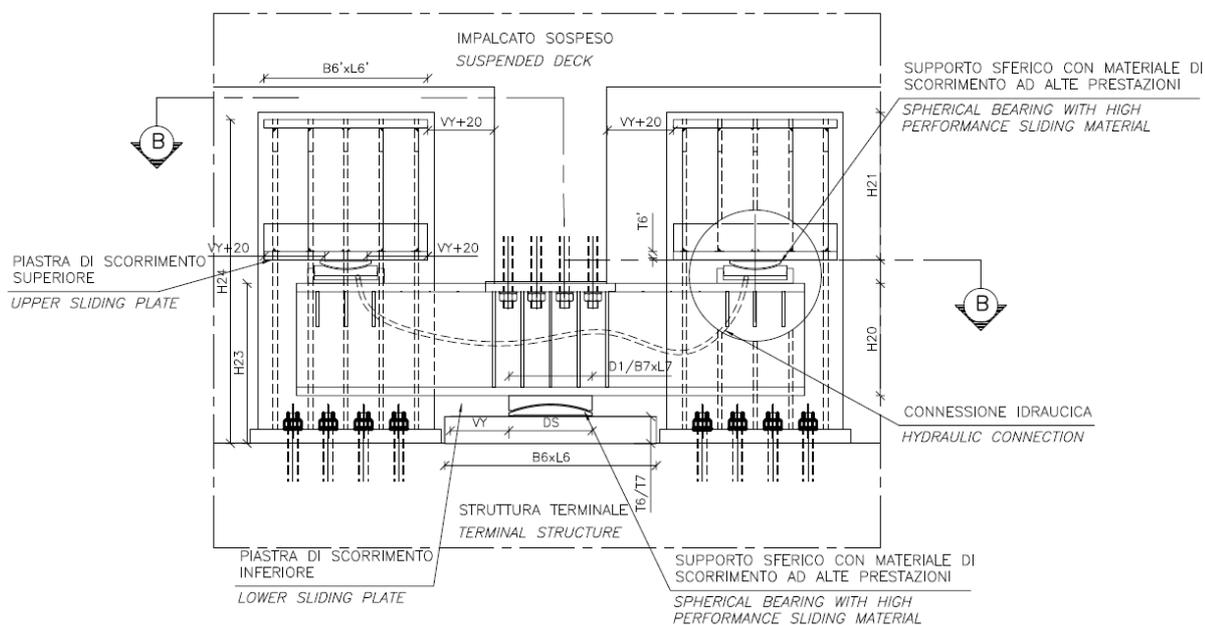


Figura 6-12: Appoggio di sollevamento

Gli appoggi di sollevamento saranno presolleccitati dal sistema idraulico dopo l'installazione degli appoggi e dei dispositivi di sollevamento. La messa a punto sarà eseguita tramite una semplice pompa idraulica, collegata al sistema idraulico.

Quest'ultimo garantisce una condizione di presolleccitazione costante tra la struttura dell'appoggio superiore e inferiore. Inoltre il sistema consente una successive regolazione dell'altezza/compensazione in caso di assestamento o terremoto.

6.4.2 Campate drop-in alle torri

Le campate drop-in alle torri sono situate nelle travate stradali, su 4 appoggi ciascuno. La disposizione è riportata nella Figura 6-13.

Gli appoggi A2 e A4 sono liberi. L'appoggio A3 è fisso, mentre le campate drop-in sono guidate in direzione trasversale dall'appoggio A1.

Secondo i calcoli, si può prevedere il sollevamento negli appoggi A1-A4, installati con relativa protezione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	Codice documento <i>PS0186_F0_ITA.docx</i>	Rev F0	Data 20-06-2011

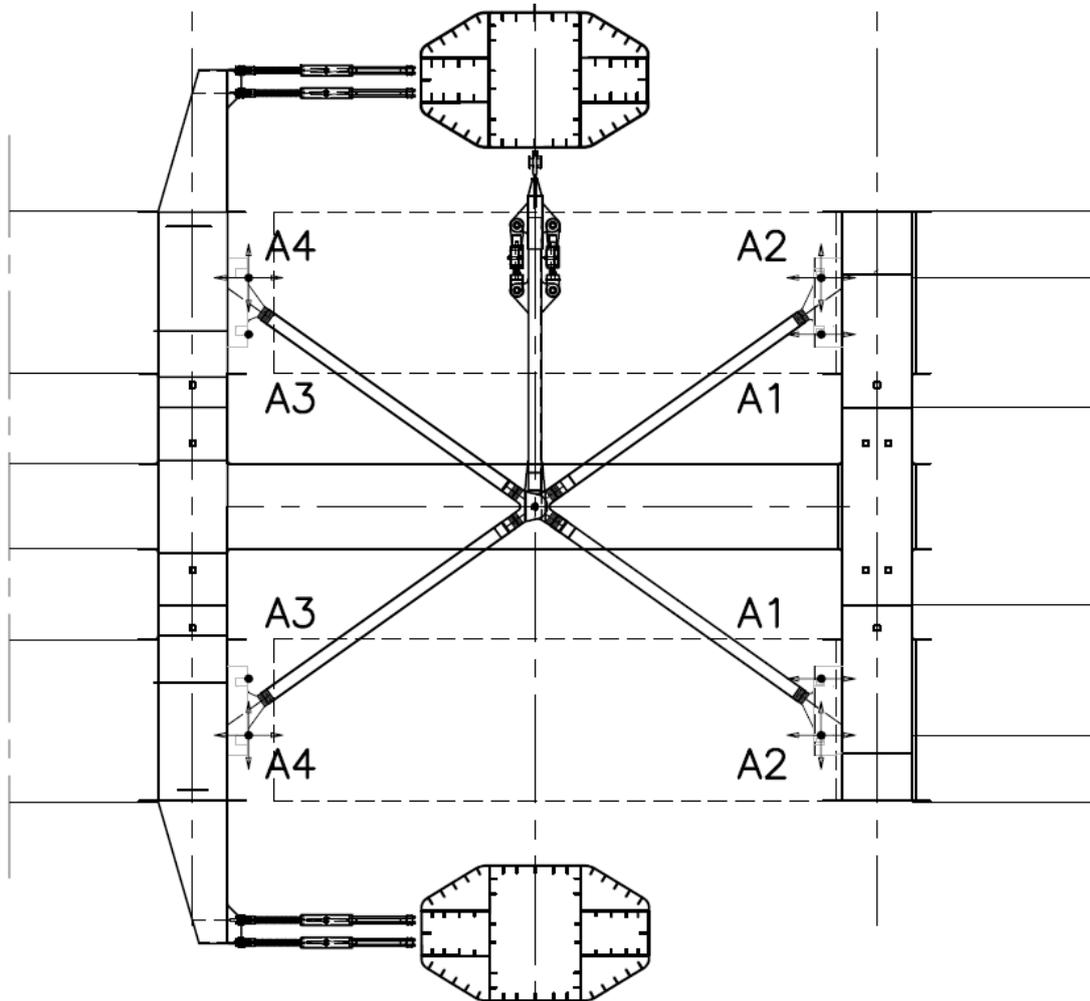


Figura 6-13: Disposizione degli appoggi alle campate drop-in lato Sicilia

6.5 Giunti di dilatazione

Il costruttore ha proposto la progettazione dei giunti di dilatazione sulla base delle specifiche tecniche prestazionali fornite nell'ambito del Progetto Definitivo.

Le specifiche tecniche sono conformi a [3.1] e [1].

I giunti di dilatazione stradali sono installati alle campate drop-in e alle strutture terminali. I giunti di dilatazione ferroviari sono installati alle strutture terminali.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		Codice documento PS0186_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20-06-2011

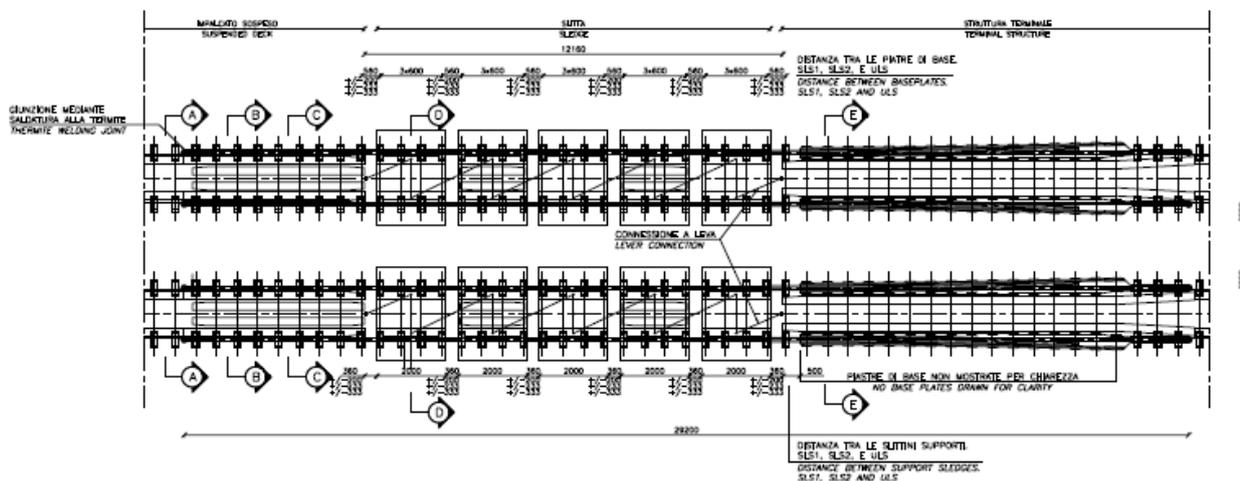


Figura 6-15: Giunto di dilatazione ferroviario E4

Il giunto di dilatazione ha le seguenti caratteristiche:

- Spostamento longitudinale dei contraghi in due passaggi a getto disposti simmetricamente con interruttori integrati;
- Transizione delle ruote come nel dispositivo a interruttore di uno scambio;
- Nessun ampliamento dell'indicatore;
- Controrotaie non richieste;
- Utilizzo di mazze tra spalla e ponte per espansione e contrazione.

La progettazione con la mazza è mostrata in Figura 6-16.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione tecnica specialistica		<i>Codice documento</i> PS0186_F0_ITA.docx	<i>Rev</i> F0	<i>Data</i> 20-06-2011

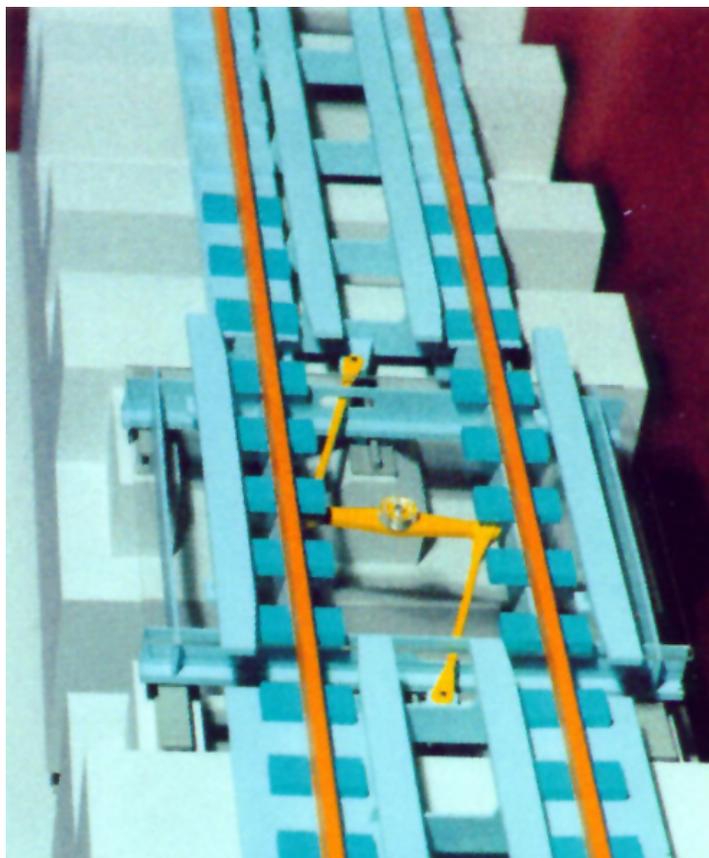


Figura 6-16: Progettazione con mazze

La spaziatura equivalente tra le mazze si ottiene tramite collegamento a leva (parti in giallo sulla foto del modello) sotto le mazze. La prima e l'ultima leva sono collegate alla stazione terminale o alla struttura del ponte, le leve intermedie sono collegate a ogni mazza. Un braccio girevole è fissato sotto ogni mazza per il collegamento delle leve.

Il giunto di movimento del binario è fissato alla struttura di supporto del ponte, tramite cassone scanalato flessibile. Le deviazioni angolari derivanti sono posizionate elasticamente in senso verticale e orizzontale, quindi l'area sensibile delle modifiche in lunghezza nei binari è mantenuta senza deformazioni.

Il collegamento tra cassone scanalato e mazze è mostrato in Figura 6-17.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione tecnica specialistica	Codice documento PS0186_F0_ITA.docx	Rev F0	Data 20-06-2011

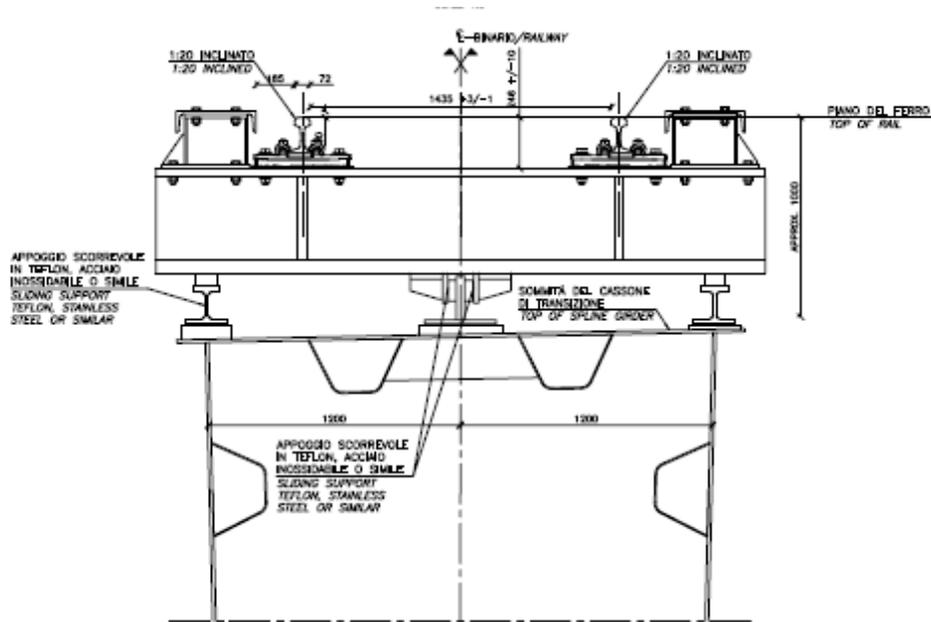


Figura 6-17: Sezione D-D in Figura 6-15.