

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO-CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

CAVALCAFERROVIA

IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NV19:

RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

SCALA:

-

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

RS3E 50 D 78 CL IV0300 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M.Piscitelli	Dicembre 2019	A. Iorio L. Fanelli	Dicembre 2019	F. Sparacino	Dicembre 2019	D. Tiberti Dicembre 2019

File: RS3E50D78CLIV0300003A.DOC

n. Elab.: 879

ITALFERR S.p.A.
Gruppo Ferrovie dello Stato
Direzione Centrale
UO Infrastrutture Sud
Dott. Ing. Danilo Tiberti
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10879

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>												
<p>M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N°12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3E</td> <td>50</td> <td>D 78 CL</td> <td>IV0300 003</td> <td>A</td> <td>2 di 87</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	2 di 87
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	2 di 87								

SOMMARIO

1	PREMESSA	6
1.1	SCOPO DELLA RELAZIONE	6
2	DESCRIZIONE DELL'OPERA	7
2.1	UNITÀ DI MISURA	9
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	10
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	10
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	12
4.1	CALCESTRUZZO SOLETTA E PEDALLE (C30/37).....	12
4.2	ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C.....	13
4.3	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA S355	13
4.3.1	<i>Bullonature</i>	13
4.3.2	<i>Saldature</i>	13
4.3.3	<i>Piolature</i>	14
5	ANALISI DEI CARICHI.....	15
5.1	G1 - PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	15
5.1.1	<i>G1_1 Peso proprio della carpenteria in acciaio</i>	15
5.1.2	<i>G1_2 Peso proprio della soletta e delle pedalles</i>	15
5.2	G2 - CARICHI PERMANENTI PORTATI PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	15
5.3	Q1 - AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO (Q1).....	16
5.4	Q3 - AZIONE DI FRENAMENTO ED AVVIAMENTO	17
5.5	Q4 - AZIONE CENTRIFUGA	18
5.6	Q5 - AZIONE DEL VENTO	18
5.7	Q6 - AZIONE SISMICA.....	24
5.7.1	<i>Vita nominale</i>	25
5.7.2	<i>Classe d'uso</i>	25



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	3 di 87

5.7.3	Periodo di riferimento	26
5.7.4	Valutazione dei parametri di pericolosità sismica	26
5.7.5	Caratterizzazione sismica del terreno	27
5.7.6	Parametri sismici di calcolo e spettro di progetto	29
5.8	Q7 - RESISTENZE PARASSITE DEI VINCOLI	31
5.9	Q8 - AZIONI ECCEZIONALI (URTO DEL VEICOLO IN SVIO SULLA BARRIERA SICURVIA).....	31
5.10	E2 - AZIONI INDIRETTE: VISCOSITÀ E RITIRO	31
5.10.1	E2_1 Ritiro del calcestruzzo.....	31
5.10.2	E2_2 Viscosità del calcestruzzo	32
5.11	E3 - VARIAZIONE TERMICA	32
5.11.1	E3.1 - Variazione termica uniforme	32
5.11.2	E3.2 - Variazione termica differenziale.....	32
6	COMBINAZIONI DI CARICO	33
6.1	GRUPPI DI CARICO	34
6.2	COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE.....	35
6.3	COMBINAZIONI AGLI SLU	36
6.4	COMBINAZIONI AGLI SLE.....	36
7	METODO DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA	37
7.1	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI TRASVERSALI	37
7.2	METODO DI ANALISI.....	37
7.3	LARGHEZZE EFFICACI DI SOLETTA.....	37
7.4	EFFETTI DELLA VISCOSITÀ E DEL RITIRO.....	39
7.5	MODELLAZIONE DELLA FESSURAZIONE DEL CALCESTRUZZO	40
7.6	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	40
7.6.1	Verifiche a pressoflessione	40
7.6.1.1	Classi 1 e 2 - momento resistente plastico $M_{pl,Rd}$	41



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	4 di 87

7.6.1.2	Classe 3 - momento resistente elastico $M_{el,Rd}$	43
7.6.1.3	Classe 4 - momento resistente elastico $M_{el,Rd}$ sulla sezione efficace	44
7.6.2	Verifiche per azioni taglianti	46
7.6.3	Verifiche per instabilità flesso-torsionale	47
7.6.4	Verifiche dei connettori	48
7.7	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	49
7.7.1	Tensioni di esercizio	49
7.7.2	Deformabilità	49
7.7.3	Fessurazione	49
8	MODELLO DI CALCOLO	50
8.1	ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO	50
8.2	MODELLO DI CALCOLO STATICO E SISMICO	50
8.3	LARGHEZZE DI SOLETTA COLLABORANTI	51
8.4	DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO	52
8.5	FASI DI CALCOLO	54
8.6	MODELLAZIONE DEI CARICHI DA TRAFFICO	54
9	RISULTATI	57
9.1	SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI COMPOSTE	57
9.1.1	Sollecitazioni da carichi permanenti	57
9.1.2	Sollecitazioni nelle combinazioni di carico agli SLU	58
9.1.3	Sollecitazioni nelle combinazioni di carico agli SLS	59
9.2	VERIFICA DELLE TRAVI COMPOSTE AGLI SLU	61
9.2.1	Verifiche a pressoflessione	61
9.2.2	Verifiche a taglio	64
9.2.3	Verifiche per instabilità flesso-torsionale	66
9.2.4	Verifiche dei connettori	68



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	5 di 87

9.2.5	<i>Verifiche allo Stato Limite Ultimo di Fatica</i>	70
9.3	VERIFICA DELLE TRAVI COMPOSTE AGLI SLE.....	72
9.3.1	<i>Verifiche alle tensioni in esercizio</i>	73
9.3.2	<i>Verifiche a fessurazione</i>	74
9.3.3	<i>Verifiche di deformabilità</i>	74
9.4	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI DI CARPENTERIA SECONDARIA	75
9.4.1	<i>Verifiche dei diaframmi trasversali</i>	75
10	VERIFICA DELLA SOLETTA.....	77
10.1	CARICHI APPLICATI	77
10.1.1	<i>Pesi propri e carichi permanenti</i>	77
10.1.2	<i>Carichi stradali</i>	78
10.1.3	<i>Urto di un veicolo in svio</i>	79
10.1.4	<i>Combinazioni di carico</i>	80
10.2	RISULTATI DELL'ANALISI	80
10.3	VERIFICHE STRUTTURALI	83
10.3.1	<i>Verifiche allo SLU</i>	83
10.3.2	<i>Verifiche allo SLE</i>	84
10.3.3	<i>Verifica locale del cordolo per azioni d'urto</i>	85
11	AZIONI SUGLI APPOGGI	87

1 PREMESSA

Il presente documento viene emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo relativo alla tratta a semplice binario Dittaino – Catenanuova del Nuovo Collegamento Palermo – Catania. L'intera tratta Dittaino – Catenanuova ha uno sviluppo complessivo di circa 22,8 km.

L'opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata "CAVALCAFERROVIA".

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all'opera.

1.1 SCOPO DELLA RELAZIONE

In particolare la presente relazione di calcolo fa riferimento al dimensionamento e verifica dell'impalcato a semplice appoggio di lunghezza var. 38.14 a 39.39 m previsto per il "Cavalcaferrovia Stazione di Catenanuova (IV03)".

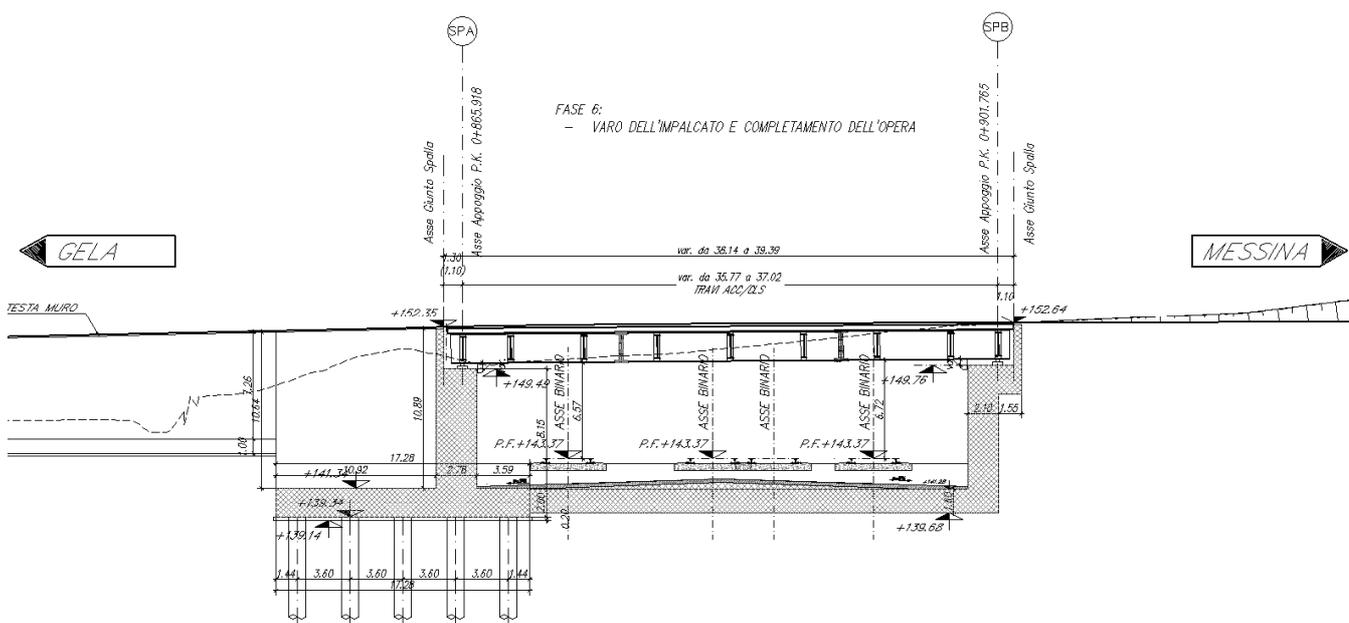


Figura 1 - Profilo longitudinale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

2 DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione ha per oggetto le analisi e le verifiche dell'impalcato del Cavalcaferrovia IV03.

L'asse presenta un andamento planimetrico curvilineo con raggio di curvatura minimo pari a circa 120 m.

L'impalcato è costituito da una travata semplicemente appoggiata di lunghezza complessiva var. da 38.14 a 39.39 m e lunghezza netta tra gli appoggi var. da 35.77 a 37.02. La piattaforma ha una larghezza totale var. da 14.58 a 19.31 m con carreggiata di larghezza var. da 11.16 a 15.26m.

L'impalcato prevede una struttura mista in acciaio-calcestruzzo costituita da cinque travi metalliche ad interasse (distanza fra i baricentri) var da 2.50 a 2.85 m alla soletta in c.a. gettata in opera. Le travi sono poi collegate mediante diaframmi verticali posti ad interasse di 5 m.

La soletta in c.a. di spessore variabile con valore medio pari a 300 mm è gettata su predalles di 50 mm di spessore poggiate sulle piattabande superiori delle travi e collegata ad essi mediante connettori tipo "Nelson".

La soletta in calcestruzzo armato collaborante con le travi, garantisce, insieme ai traversi, la ripartizione dei carichi tra le travi dell'impalcato in esame.

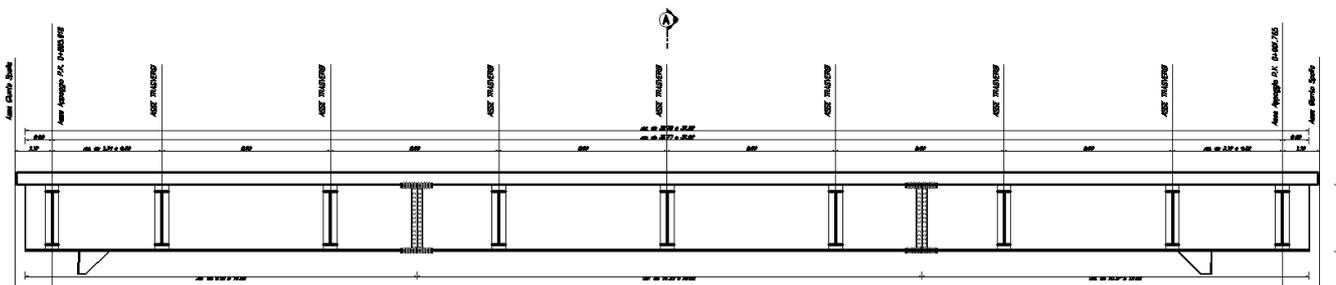


Figura 1 - Sezione longitudinale dell'opera

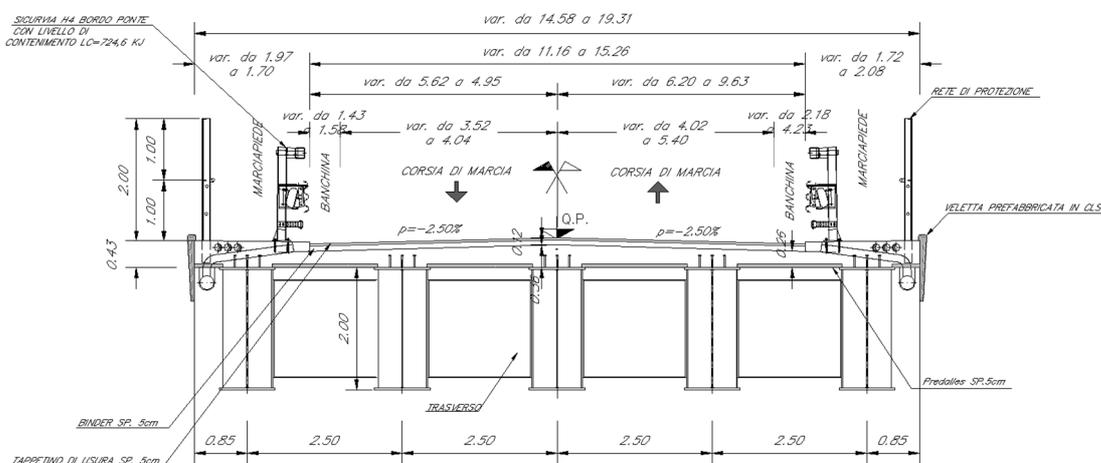


Figura 2: Sezione trasversale impalcato tipo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Per motivi di realizzabilità e di trasporto la travata viene prefabbricata in conci di lunghezza variabile da 9.18m a 15.56 m. I suddetti conci vengono quindi assemblati in opera mediante giunti bullonati. Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche dei singoli conci di impalcato.

		Concio 1	Concio 2	Concio 3
H_{tot}	mm	2000	2000	2000
H_a	mm	1950	1930	1950
S_a	mm	14	12	14
B_{sup}	mm	900	900	900
SS_{sup}	mm	20	30	20
B_{inf}	mm	900	900	900
S_{inf}	mm	30	40	30

La **carpenteria principale** prevede inoltre traversi costituiti da travi piene a doppio T di altezza totale 1600 mm con ali di larghezza pari a 400 mm e spessori delle ali pari a 20 mm e delle anime pari a 20 mm.

La **carpenteria secondaria di impalcato** è invece costituita, in corrispondenza degli appoggi, da *irrigidimenti trasversali*, di spessore pari a 20 mm e interasse 2500mm e da irrigidimenti longitudinali costituiti da profili a L50x200 di spessore 10mm disposti a 400 mm e 1000mm rispetto all'estradosso della piattabanda superiore della trave.

L'impalcato è vincolato alle spalle S1 e S2 mediante il seguente schema di vincoli:

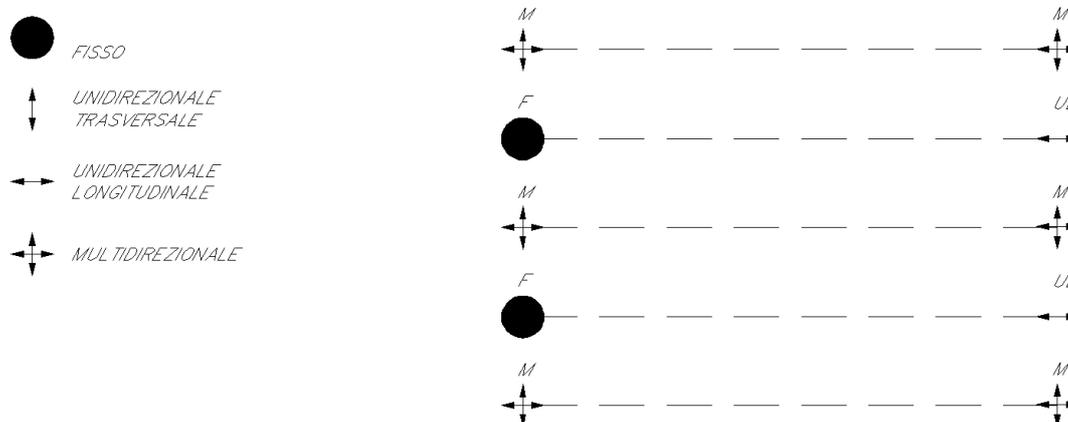


Figura 3: Schema appoggi



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	9 di 87

2.1 UNITÀ DI MISURA

Le unità di misura usate nella relazione:

lunghezze [m]; forze [kN]; momenti [kNm] tensioni [Mpa]

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 DOCUMENTI REFERENZIATI

Di seguito si riporta l'elenco generale delle Normative Nazionali ed internazionali vigenti alla data di redazione del presente documento, quale riferimento per la redazione degli elaborati tecnici e/o di calcolo dell'intero progetto nell'ambito della quale si inserisce l'opera oggetto della presente relazione:

Normative e Documenti tecnici generali

1. Ministero delle Infrastrutture dei Trasporti, DM 14 gennaio 2008 – «Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni»
2. Circolare Applicativa n 617 del 2 Febbraio 2009 - «Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008»
3. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 . Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
4. Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;
5. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 21/10/2003;
6. UNI ENV 1992-1-1 Eurocodice 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo Parte 1-1 :Regole generali e regole per gli edifici;
7. UNI EN 206-1/2001 - Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità;
8. UNI EN 1998-5 Eurocodice 8 Fondazioni ed opere di sostegno in zona sismica;
9. 2002/732/CE (Decisione del 30 maggio 2002 — pubblicata il 12 settembre 2002) STI sottosistema Infrastruttura del sistema ferroviario ad alta velocità
10. 2008/217/CE (Decisione del 20 dicembre 2007 — pubblicata il 19 marzo 2008 — entrata in vigore il 1° luglio 2008) STI relativa al sottosistema Infrastruttura del sistema ferroviario ad alta velocità;
11. 2011/275/UE (Decisione del 26 aprile 2011 - pubblicata il 14 maggio 2011) STI relativa al sottosistema Infrastruttura del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale;
12. CNR-DT207/2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO												
IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3E</td> <td>50</td> <td>D 78 CL</td> <td>IV0300 003</td> <td>A</td> <td>11 di 87</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	11 di 87
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	11 di 87								

Documenti Tecnici RFI e/o di ambito ferroviario

- Rif. [1] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE I / Aspetti Generali (RFI DTC SI MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [2] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 2 / Ponti e Strutture (RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [3] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 3 / Corpo Stradale (RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [4] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 4 / Gallerie (RFI DTC SI GA MA IFS 001 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [5] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 5 / Prescrizioni per i Marciapiedi e le Pensiline delle Stazioni Ferroviarie a servizio dei Viaggiatori (RFI DTC SI CS MA IFS 002 A – rev 30/12/2016)
- Rif. [6] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 6 / Sagome e Profilo minimo degli ostacoli (RFI DTC SI CS MA IFS 003 B – rev 22/12/2017)
- Rif. [7] Manuale di Progettazione delle Opere Civili: PARTE II – Sezione 7 / Geologia (RFI DTC SI CS GE IFS 001 A – rev 22/12/2017)
- Rif. [8] Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili (RFIDTCSICSSPIFS005 B - rev 22/12/2017)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche dei materiali sono ricavate con riferimento alle indicazioni contenute nei capitoli 4 e 11 del D.M. 14 gennaio 2008. Nelle tabelle che seguono sono indicate le principali caratteristiche.

4.1 CALCESTRUZZO SOLETTA E PREDALLE (C30/37)

Resistenza caratteristica a compressione cubica a 28 gg:		$R_{ck} =$	37	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica a 28 gg:	$(0,83 \cdot R_{ck})$	$f_{ck} =$	30.0	MPa
Resistenza a compressione cilindrica media:	$(f_{ck} + 8)$	$f_{cm} =$	38.0	MPa
Valore medio resistenza a trazione assiale:		$f_{ctm} =$	2.90	MPa
Valore caratteristico frattile 5% resistenza a trazione assiale:		$f_{ctk,0,05} =$	2.03	MPa
Valore medio resistenza a trazione per flessione:		$f_{ctm} =$	3.5	MPa
Valore caratteristico frattile 5% resistenza a trazione per flessione:		$f_{ctk,0,05} =$	2.4	MPa
**Coefficiente parziale per le verifiche agli SLU:		$\gamma_c =$	1.5	[-]
-				
Resistenza di calcolo a compressione allo SLU:	$(0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c)$	$f_{cd} =$	17.0	MPa
Resistenza di calcolo a trazione diretta allo SLU:	$(f_{ctk,0,05} / \gamma_s)$	$f_{ctd} =$	1.35	MPa
*Resistenza di calcolo a trazione per flessione SLU:	$(1,2 \cdot f_{ctd})$	$f_{ctd} =$	1.62	MPa
-				
Modulo di elasticità secante:		$E_{cm} =$	32837	MPa
Modulo di Poisson:		$\nu =$	0-0,2	[-]
Coefficiente di dilatazione lineare		$\alpha =$	0.00001	°C ⁻¹
*Tensione massima ammissibile nella comb. Quasi Permanente		$\sigma_{cm, QP} = (0,45 f_{ck}) =$	13.50	MPa
*Tensione massima ammissibile nella comb. Caratteristica -Rara		$\sigma_{cm, R} = (0,60 f_{ck}) =$	18.00	MPa

**Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1.0

*Per spessori minori di 50mm e calcestruzzi ordinari, tale valori vanno ridotti del 20%

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A	FOGLIO 13 di 87

4.2 ACCIAIO PER ARMATURE ORDINARIE B450C

B450 C (controllato in stabilimento)

$f_{yk} = 450$ MPa tensione caratteristica di snervamento

$f_{yd} = f_{yk} / 1.15 = 391$ MPa tensione caratteristica di calcolo

$E_s = 210000$ MPa modulo elastico

Stato limite di esercizio SLE RARA: $\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360$ MPa

4.3 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA S355

Acciaio con caratteristiche meccaniche rispondenti alla EN 10025 come indicato dal D. Min. Infrastrutture e Trasporti 14-01-2008.

- Elementi saldati 5355J2
- Elementi non saldati e piastre sciolte, 5355J0
- $f_{tk} = 510$ MPa tensione caratteristica di rottura
- $f_{yk} = 355$ MPa tensione caratteristica di snervamento
- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{M0} = 338$ MPa; $\gamma_{M0} = 1.05$ (per le verifiche di resistenza);

4.3.1 Bullonature

- Giunzioni ad attrito $i = 0.45$
- Viti (EN 14399-4);
- Dadi (EN 14399-4)
- Rosette in acciaio (EN 14399-6)

La classe del bullone sarà selezionata in funzione del tipo di giunto da realizzare, ed in particolare per giunti con bulloni a taglio:

Viti di classe 8.8 UNI EN ISO 898 – 1

Dadi di classe 8 UNI EN 20898 -2

Viti di classe 10.9 UNI EN ISO 898 – 1

Dadi di classe 10 UNI EN 20898 -2

4.3.2 Saldature

Secondo "CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI" di RFI, (PARTE II - SEZIONE 12 PONTI, VIADOTTI, SOTTOVIA E CAVALCAVIA. Saldature con i procedimenti codificati secondo ISO 4063 e prescrizioni della EN 1011 e EN 29692. Controlli secondo la EN 12062

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A	FOGLIO 14 di 87

4.3.3 *Piolature*

Secondo UNI EN ISO 13918

- Pioli tipo NELSON $\Phi 22$ - H=0,225m
- Acciaio ex ST 37-3K (5235J2G3+C450)
- $f_{yk} > 350 \text{ MPa}$
- $f_{tk} > 450 \text{ MPa}$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

5 ANALISI DEI CARICHI

Nei paragrafi seguenti si riporta l'analisi delle condizioni elementari di carico significative per l'impalcato e le combinazioni utilizzate per le verifiche strutturali.

5.1 G1 - PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

5.1.1 G1_1 Peso proprio della carpenteria in acciaio

Calcolato in automatico dal programma, considerando un peso specifico dell'acciaio pari 78.5 kN/mc. Il peso proprio degli elementi in acciaio è calcolato considerando il peso delle sezioni correnti, incrementato di 1.15 per tener conto del peso dei vari elementi costituenti il collegamento.

5.1.2 G1_2 Peso proprio della soletta e delle predalles

Il peso proprio della soletta è valutato considerando un peso specifico del cls pari a 25 kN/mc e considerando uno spessore medio del pacchetto soletta + predalles di 35 cm:

$$\gamma_{\text{cls}} = 25 \text{ kN/m}^3 \text{ Peso specifico Calcestruzzo}$$

$$s = 0.3 \text{ m spessore medio del pacchetto soletta + predalles}$$

$$G1_2 = 7.5 \text{ kN/m}^2$$

5.2 G2 - CARICHI PERMANENTI PORTATI PESO PROPRIO DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

G2_1 Cordoli

$$\gamma_{\text{cls}} = 25 \text{ kN/m}^3 \text{ Peso specifico Calcestruzzo}$$

$$s = 0.43 \text{ m spessore cordoli}$$

$$G2_1 = 10.75 \text{ kN/m}^2$$

G2_2 Binder e strato di usura

$$\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$s = 0.1 \text{ m}$$

$$G2_2 = 2.40 \text{ kN/m}^2$$

G2_3 Guard rail, parapetti ed elementi di bordo

$$H4 = 2.5 \text{ kN/m peso della singola barriera H4 integrata}$$

$$\text{Veletta} = 1.5 \text{ kN/m peso della veletta}$$

$$\text{Parapetto} = 1.0 \text{ kN/m peso del parapetto con rete antivandalismo}$$

$$G2_3 = 5.00 \text{ kN/m}$$

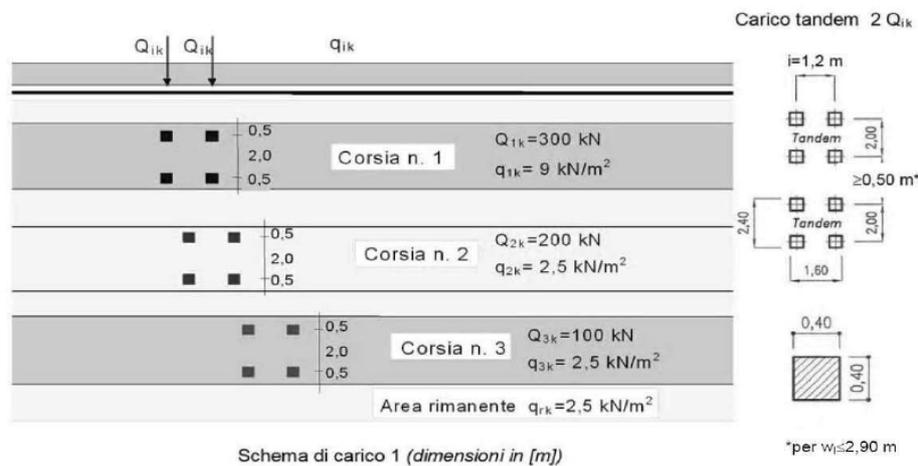
	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

5.3 Q1 - AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO (Q1)

Le azioni da traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dagli schemi di carico di seguito elencati (D. Min. 14/01/2008).

Schema 1

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Esso è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m) e da carichi uniformemente distribuiti secondo le seguenti colonne di carico:



Tab. 5.1.II - Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

Posizione	Carico asse Q_{ik} [kN]	q_{ik} [kN/m ²]
Corsia Numero 1	300	9,00
Corsia Numero 2	200	2,50
Corsia Numero 3	100	2,50
Altre corsie	0,00	2,50

In senso trasversale i carichi Q_{ik} e q_{ik} sono distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,00 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa. Pertanto saranno disposte 3 corsie di carico.

Per la disposizione dei carichi mobili e delle corsie sulla carreggiata si fa riferimento alle linee d'influenza, in modo da ottenere i valori massimi e minimi delle caratteristiche di sollecitazione in tutte le sezioni d'impalcato.

I carichi mobili includono gli effetti dinamici per pavimentazioni di media rugosità.

Schema 2

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Utilizzato per le sole verifiche locali. Esso è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare (di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m) e con asse longitudinale posto nella posizione più gravosa.

Schema 5

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali. Esso è costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici, di 5,00 kN/m². Il valore di combinazione è 2,50 kN/m². Il carico della folla è applicato su tutte le zone significative della superficie d'influenza, inclusa l'area occupata dai guardrail.

La disposizione delle corsie nella carreggiata è scelta in modo da ottenere la situazione più gravosa. I modelli di calcolo sono poi applicati longitudinalmente come suggerito dalle linee di influenza in modo da ottenere l'effetto più sfavorevole nelle sezioni di verifica considerate.

Schema Di Carico A Fatica

Le verifiche a fatica saranno condotte per vita illimitata, facendo riferimento a valori di tensione ad ampiezza costante definiti dal D. Min. 14/01/2008 per i diversi dettagli strutturali. La determinazione delle componenti di sollecitazione, per queste verifiche, è stata condotta applicando i carichi previsti dal modello 1 (§ 5.1.4.3. D. Min. 14/01/2008). Il modello di carico di fatica 1 è costituito dallo schema di carico 1 di cui sopra con valore dei carichi concentrati ridotti del 30% e valori dei carichi distribuiti ridotti del 70%.

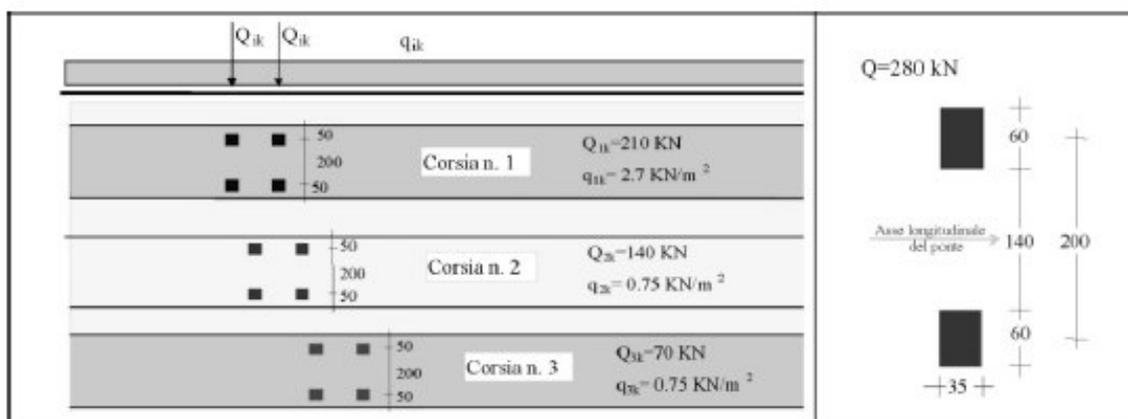


Fig. 5.1.4 - Modello di carico di fatica 1

5.4 Q3 - AZIONE DI FRENAMENTO ED AVVIAMENTO

La forza di frenamento o accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e, per i ponti di 1a categoria, è fornita dall'espressione:

$$180 \text{ kN} \leq Q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

Nel caso in esame:

$$L = 36,5 \text{ m} \quad \text{Lunghezza impalcato (asse appoggi)}$$

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN} \quad \text{Assi tandem corsia 1}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

$$q_{1k} = 9.0 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{Carico uniforme corsia 1}$$

$$w = 3.0 \quad \text{m} \quad \text{Larghezza corsia}$$

$$Q_3 = 370.95 \quad \text{kN}$$

Tale azione è applicata all'impalcato, a quota pavimentazione, e di traduce in una forza per metro lineare pari a:

$$q_3 = 10.16 \quad \text{kN/m}$$

5.5 Q4 - AZIONE CENTRIFUGA

Nei ponti con asse curvo di raggio R (in metri) l'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente come indicato in Tab. 5.1.III, essendo $Q_v = \sum_i 2Q_{ik}$ il carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte.

Tab. 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe

Raggio di curvatura [m]	q_4 [kN]
$R < 200$	$0,2 Q_v$
$200 \leq R \leq 1500$	$40 Q_v/R$
$1500 \leq R$	0

Il carico concentrato Q4, applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Nel caso in esame:

$$R = 120 \quad \text{m} \quad \text{Raggio di curvatura medio}$$

$$Q_v = 1200 \quad \text{kN} \quad \text{Somma dei carichi concentrati su due assi in tandem su ciascuna corsia}$$

$$Q_4 = 240 \quad \text{kN} \quad \text{Azione centrifuga}$$

Poiché gli assi tandem sono di fatto schematizzati come carichi viaggianti anche tale azione viene distribuita su tutta la lunghezza del ponte e risulta pertanto pari a:

$$q_4 = 6.58 \quad \text{kN/m}$$

5.6 Q5 - AZIONE DEL VENTO

L'azione del vento è valutata in accordo alla normativa vigente NTC08 e Circolare 02.02.2009.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte ad azioni statiche equivalenti dirette secondo due assi principali della struttura, tali azioni esercitano normalmente all'elemento di parete o di copertura, pressioni e depressioni p (indicate rispettivamente con segno positivo e negativo) di intensità calcolate con la seguente espressione:

$$p = q_b c_e c_p c_d$$

- q_b = pressione cinetica di riferimento;
- c_e = coefficiente di esposizione;
- c_p = coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico);
- c_d = coefficiente dinamico.

Pressione cinetica di riferimento:

Il sito di riferimento "Sicilia" ricade in zona 4 (figura 3.3.I_NTC 08) pertanto si ha:

ZONA	4		
$V_{b,o}$ =	28.00	m/s	Tabella 3.3.1 NTC 08
a_o =	500	m/s	Tabella 3.3.1 NTC 08
k_s =	0.36	1/s	Tabella 3.3.1 NTC 08
a_s (m) =	≤ 500	m	Altitudine slm sito di riferimento
v_b	28	m/s	Velocità di riferimento (par.3.3.2 NTC08)
ρ =	1.25	kg/m ³	
T_r =	75	anni	Periodo di ritorno
c_R	1.02	-	Circolare 617-2009 (par 3.3.2)
v_b (TR) =	28.657	m/s	Circolare 617-2009 (par 3.3.2)
$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 =$	513	N/m ²	Pressione cinetica di riferimento
$q_b =$	0.513	kN/m ²	Pressione cinetica di riferimento

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

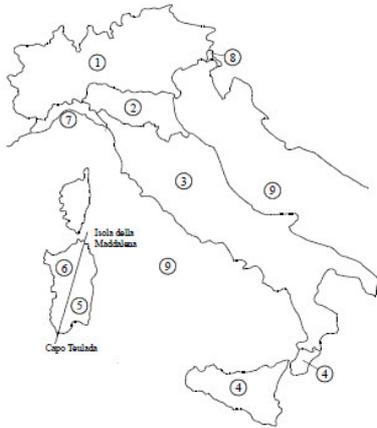


Figura 3.3.1 – Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, z_0 , k_s

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	z_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Coefficiente dinamico:

Il coefficiente dinamico è posto pari a $cd= 1$, in accordo alle indicazioni di cui al DM 14.01.08.

Coefficiente di esposizione:

Il coefficiente d'esposizione ce dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione (k_r , z_0 , z_{min}).

Il valore di ce può essere ricavato mediante la relazione:

$$C_{\theta}(Z) = K_r^2 \cdot C_r \cdot \ln\left(\frac{Z}{z_0}\right) \left[7 + C_r \cdot \ln\left(\frac{Z}{z_0}\right)\right] \quad \text{per } Z > Z_{\min}$$

$$C_{\theta}(Z) = C_{\theta}(Z_{mm}) \quad \text{per } Z < Z_{\min}$$

Dove k_r , z_0 e z_{min} sono definiti nella tabella seguente:

Tabella 1 Schema per la definizione della categoria di esposizione – cfr. NTC08

Categoria di esposizione del sito	k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Mentre Il coefficiente di topografia si assume pari a:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Ct = 1.0 (Circolare del D.M. 1996, paragrafo C.7.5. caso zona pianeggiante P.O.)

Per il sito in esame si considera la Classe di rugosità del terreno D (tab 3.3.III):

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi...)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinché una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Considerando come categoria di esposizione la categoria II (sito entro 10 km dalla costa):

Tabella 2 Definizione della categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	10 km	30 km	500m	750m	
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

Pertanto nei due casi di ponte carico e ponte scarico si ottiene:

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Calcolo Coefficiente di Esposizione per ponte scarico

Classe rugosità	D	tab. 3.3.III NTC 08
Cat. Esp.	II	tab. 3.3.II NTC 08
$k_r =$	0.19	- tab. 3.3.II NTC 08
$z_0 =$	0.05 m	tab. 3.3.II NTC 08
$z_{min} =$	4.00 m	tab. 3.3.II NTC 08
$h_1 =$	10.00 m	quota intradosso implacato (cautelativamente si assume 10m)
$s =$	2.48 m	spessore impalcato
$h_2 =$	0.00 m	altezza ingombro mezzi (da piano stradale)
$z =$	12.5 m	Altezza suolo del punto considerato
$c_e =$	2.49	- Coefficiente di esposizione

Calcolo Coefficiente di Esposizione per ponte carico

Classe rugosità	D	tab. 3.3.III NTC 08
Cat. Esp.	II	tab. 3.3.II NTC 08
$k_r =$	0.19	- tab. 3.3.II NTC 08
$z_0 =$	0.05 m	tab. 3.3.II NTC 08
$z_{min} =$	4.00 m	tab. 3.3.II NTC 08
$h_1 =$	10.00 m	quota intradosso implacato (cautelativamente si assume 10m)
$s =$	2.48 m	spessore impalcato
$h_2 =$	3.00 m	altezza ingombro mezzi (da piano stradale)
$z =$	15.5 m	Altezza suolo del punto considerato
$c_e =$	2.64	- Coefficiente di esposizione

Coefficiente di forma o coefficiente aerodinamico

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

In accordo ai punti C3.3.10.4 della Circolare 02.02.2009, assimilando l'intero ingombro verticale dell'impalcato ad una trave a parete piena, si ottiene:

$$\varphi = 1.00$$

$$c_p = \mathbf{1.40} \quad - \quad \text{Coefficiente di esposizione (C3.3.10.4.1)}$$

Forza equivalente dovuta al vento:

In definitiva nei due casi di ponte carico e ponte scarico si ottiene:

$$p_1 = q_b \times c_e \times c_p \times c_d = \mathbf{1.79} \quad \text{kN/m} \quad \text{Azione del vento ponte scarico}$$

$$\text{applicata a :} \quad \mathbf{1.24} \quad \text{m} \quad \text{da intradosso impalcato}$$

$$p_2 = q_b \times c_e \times c_p \times c_d = \mathbf{1.89} \quad \text{kN/m} \quad \text{Azione del vento ponte scarico}$$

$$\text{applicata a :} \quad \mathbf{2.74} \quad \text{m} \quad \text{da intradosso impalcato}$$

$$\text{Cautelativamente si assume:} \quad p_1=p_2 = \mathbf{2.0} \quad \text{kN/m}$$

Mentre per le travi successive si ha (C3.3.10.4.2):

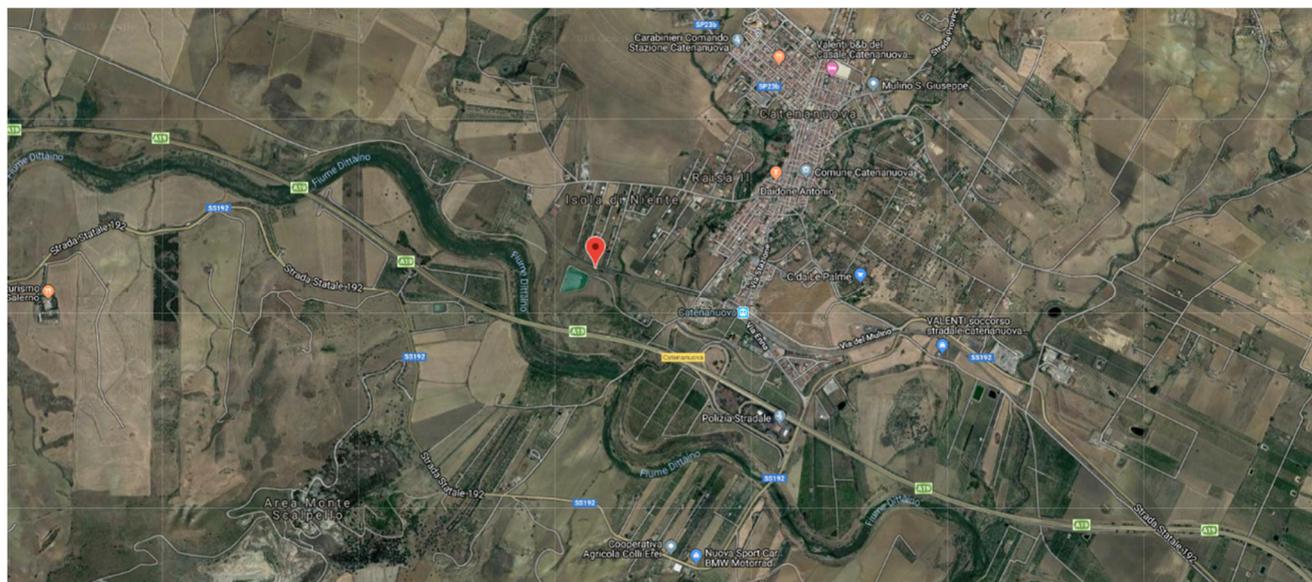
	d [m]	d/h	Caso	μ	p [kN/m]
Trave 1	0.0	0.0	Caso 1	1.00	2.000
Trave 2	2.5	1.3	Caso 1	0.20	0.400
Trave 3	5.0	2.5	Caso 3	0.10	0.200
Trave 4	7.5	3.8	Caso 3	0.05	0.100
Trave 5	10.0	5.0	Caso 2	0.00	0.000

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

5.7 Q6 - AZIONE SISMICA

Nel seguente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2008 nonché la valutazione delle sollecitazioni di verifica e di dimensionamento dei vari elementi strutturali secondo il criterio della Gerarchia delle Resistenze.

Il viadotto stradale oggetto della presente relazione è posto in prossimità della progressiva di tracciato 13+075 e presenta le seguenti coordinate geografiche:



LATITUDINE	37.564
LONGITUDINE	14.680
COMUNE	Catenanuova
PROVINCIA	ENNA

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica per la zona sismica di riferimento in cui ricade l'opera.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

5.7.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. Per la definizione della Vita Nominale da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria si rimanda al “MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

Tabella 3 Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale [V_N] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE ESISTENTI OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ ($V < 250$ km/h)	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ ($V \geq 250$ Km/h)	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾
(1) - La medesima V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere. (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di RFI.	

Tenendo conto delle indicazioni precedenti le strutture di progetto avranno vita nominale $V_N = 75$.

5.7.2 Classe d'uso

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

- **Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- **Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- **Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

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

Per la definizione della Classe di uso da assegnare ad ogni singolo manufatto facente parte di una infrastruttura ferroviaria esistente si rimanda al “*MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI*” - RFI DTC SI PS MA IFS 001 B.

Tabella 4 Classe d'uso Coeff. d'uso in funzione del tipo di costruzione per l'infrastruttura ferroviaria

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [CU]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,0
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITÀ FERROVIARIA	C III	1,5
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,0

Facendo riferimento all'Allegato 5 della specifica alla pagina 151 del “*MANUALE DI PROGETTAZIONE DI PONTI E STRUTTURE*” - RFI DTC SICS MA IFS 001 A si ricade in classe d'uso tipo **Classe III con coefficiente d'uso CU=1,5**.

5.7.3 Periodo di riferimento

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

$$V_R = V_N \cdot C_U = 75 \cdot 1.50 = 112.5 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

5.7.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

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

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

da cui si ottiene la seguente Tabella:

Tabella 5 Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato

	STATO LIMITE	probabilità di superamento	Valori in anni del periodo di
		PVR	ritorno T_R
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%	68
	SLD - Stato Limite di Danno	63%	113
SLU	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%	1068
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%	2193

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati si ha:

STATO LIMITE	SLV
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	B
CATEGORIA TOPOGRAFICA	T1
VITA NOMINALE V_N	75
CLASSE D'USO	C III
COEFFICIENTE D'USO C_U	1.5
VITA DI RIFERIMENTO V_R	112.5

5.7.5 Caratterizzazione sismica del terreno

Categorie di Sottosuolo

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

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente $S = S_S \cdot S_T$ e di C_C in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti alle Tab.18 e 19 che sono riportate di seguito:

Tabella 6 Tabella delle espressioni per S_S e C_C

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

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

Tabella 7 Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica S_T

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

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

Nel caso in esame:

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

B

CATEGORIA TOPOGRAFICA

T1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

5.7.6 Parametri sismici di calcolo e spettro di progetto

Si utilizza un fattore di struttura $q=1.0$ per il sisma orizzontale in accordo al punto 7.9.2 NTC08: “Gli elementi ai quali non viene richiesta capacità dissipativa e devono, quindi, mantenere un comportamento sostanzialmente elastico sono: l’impalcato, gli apparecchi di appoggio...”.

La componente di sisma verticale è considerata con $q=1$ secondo quanto previsto nel paragrafo 7.3.1 NTC08. Per il calcolo degli scarichi sugli apparecchi di appoggio si considera un fattore di struttura pari a $q=1$;

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limit&LV Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limit&LV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_x	0.173 q
F_a	2.505
T_c	0.528 r
S_T	1.200
C_c	1.250
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.220 r
T_C	0.660 r
T_D	2.292 r

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_2 \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 E4.3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (3 - \zeta)} \geq 0.5 \zeta \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 E4.3.2.6; §.3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 E4.3.2.3})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 E4.3.2.7})$$

$$T_D = 4 \cdot 0.3 \cdot a_x / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 E4.3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 E4.3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_c} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_c$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

La plettra di progetto $S_d(T)$ per lo verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuta dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ moltiplicando con M_d , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 §3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.208
0.220	0.520
0.660	0.520
0.737	0.465
0.815	0.421
0.893	0.384
0.971	0.354
1.048	0.327
1.126	0.305
1.204	0.285
1.282	0.268
1.359	0.252
1.437	0.239
1.515	0.227
1.593	0.215
1.670	0.205
1.748	0.196
1.826	0.188
1.904	0.180
1.981	0.173
2.059	0.167
2.137	0.161
2.215	0.155
2.292	0.150
2.374	0.140
2.455	0.131
2.536	0.122
2.618	0.115
2.699	0.108
2.780	0.102
2.862	0.096
2.943	0.091
3.024	0.086
3.105	0.082
3.187	0.077
3.268	0.074
3.349	0.070
3.431	0.067
3.512	0.064
3.593	0.061
3.675	0.058
3.756	0.056
3.837	0.053
3.919	0.051
4.000	0.049

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_x	0.097 q
S_T	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 r
T_C	0.150 r
T_D	1.000 r

Parametri dipendenti

F_a	1.407
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_2 \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 E4.3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §.3.2.3.5})$$

$$F_c = 1.35 \cdot F_c \cdot \left(\frac{a_x}{0.05} \right)^{0.5} \quad (\text{NTC-08 E4.3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 E4.3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_c} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_c$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_x \cdot S \cdot \eta \cdot F_c \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T} \right)$$

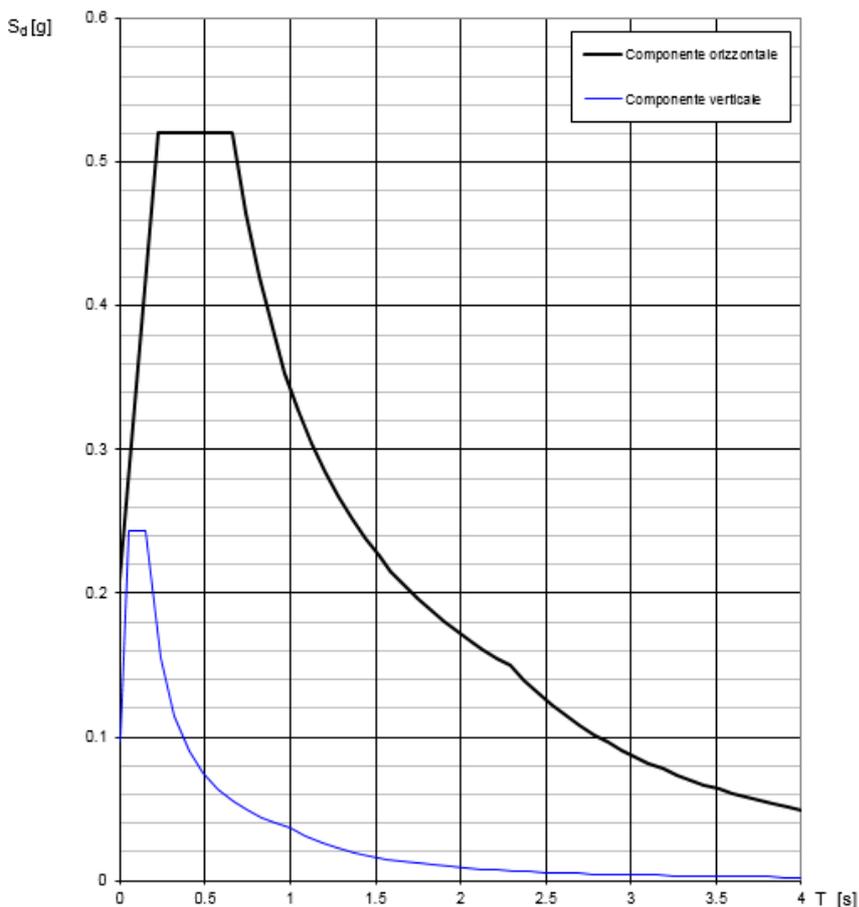
Punti dello spettro di risposta

T [s]	Se [g]
0.000	0.097
0.050	0.243
0.150	0.243
0.235	0.155
0.320	0.114
0.405	0.090
0.490	0.075
0.575	0.064
0.660	0.055
0.745	0.049
0.830	0.044
0.915	0.040
1.000	0.037
1.094	0.031
1.188	0.026
1.281	0.022
1.375	0.019
1.469	0.017
1.563	0.015
1.656	0.013
1.750	0.012
1.844	0.011
1.938	0.010
2.031	0.009
2.125	0.008
2.219	0.007
2.313	0.007
2.406	0.006
2.500	0.006
2.594	0.005
2.688	0.005
2.781	0.005
2.875	0.004
2.969	0.004
3.063	0.004
3.156	0.004
3.250	0.003
3.344	0.003
3.438	0.003
3.531	0.003
3.625	0.003
3.719	0.003
3.813	0.003
3.906	0.002
4.000	0.002

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Gli spettri di risposta di progetto allo SLV in direzione orizzontale (con $q = 1.0$) e verticale (con $q = 1.0$) sono rappresentati nella figura seguente.

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



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Combinazione degli effetti dell' azione sismica

In accordo con il paragrafo 7.3.5. del D.M. 14.01.2008, gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati secondo le seguenti espressioni:

- Sisma in direzione longitudinale "X" $1.0'E_X + 0.3'E_Y + 0.3'E_Z;$
- Sisma in direzione trasversale "Y" $0.3'E_X + 1.0'E_Y + 0.3'E_Z;$
- Sisma in direzione verticale "Z" $0.3'E_X + 0.3'E_Y + 1.0'E_Z.$

Per ciascuna delle precedenti relazioni, gli effetti del sisma sono stati combinati facendo variare opportunamente il segno delle singole sollecitazioni al fine di massimizzare gli sforzi nella struttura.

L' azione sismica risulta non essere dimensionante per le verifiche dell' impalcato; non essendo il ponte isolato sismicamente, l' azione che si trasmette alle sottostrutture tramite gli apparecchi di appoggio fissi longitudinali e trasversali è proporzionale alla massa dell' impalcato attraverso il prodotto $ag \cdot S$.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

5.8 Q7 - RESISTENZE PARASSITE DEI VINCOLI

Le azioni parassite dei vincoli sono stimate come forze orizzontali pari allo 3% delle reazioni dovute ai carichi verticali. Non essendo dimensionanti ai fini dell'impalcato le stesse sono calcolate nelle relazioni delle sottostrutture.

5.9 Q8 - AZIONI ECCEZIONALI (URTO DEL VEICOLO IN SVIO SULLA BARRIERA SICURVIA)

Sulla base delle prescrizioni normative (§ 5.1.3.10 e § 3.6.3.3.2 – NTC08), l'urto di un veicolo stradale sulle barriere sicurvia è stato modellato come un sistema di forze orizzontale ($F=100\text{kN}$) applicate in corrispondenza delle barriere ad un'altezza pari alla minore tra:

$$h_1 = 1.4 \text{ m} \quad \text{altezza della barriera (pari a 1.5 m) -0.10 m}$$

$$h_2 = 1 \text{ m}$$

quindi:

$$h = 1 \text{ m}$$

5.10 E2 - AZIONI INDIRETTE: VISCOSITÀ E RITIRO

5.10.1 E2_1 Ritiro del calcestruzzo

Il calcolo delle deformazioni da ritiro nella soletta è stato eseguito secondo quanto specificato nel Decreto Ministeriale 17 gennaio 2008. Si riporta la valutazione della deformazione da ritiro secondo le indicazioni previste dalle norme. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno.

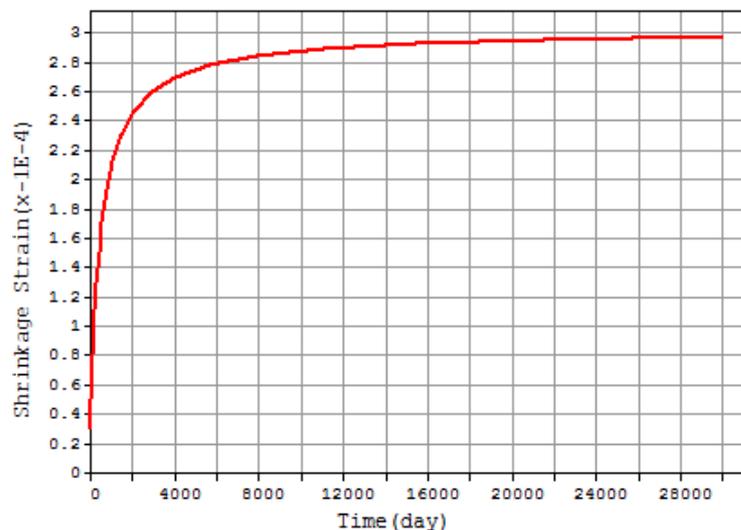


Figura 4 - Andamento della deformazione da ritiro nel tempo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

La valutazione riportata indica che a 27375 gg (ovvero alla fine della vita utile della struttura pari a 75 anni) la deformazione da ritiro raggiunge il valore di circa 0.30‰. Gli effetti del ritiro impedito, che si sviluppano nel tempo, si traducono in una forza di trazione nella soletta e in una forza assiale di compressione e di momento flettente agenti sulla sezione mista omogenizzata trave + soletta.

5.10.2 E2_2 Viscosità del calcestruzzo

Di seguito si riporta il calcolo del coefficiente di viscosità per il calcestruzzo della soletta secondo quanto specificato nel EN 1992-1. Il coefficiente di viscosità viene modellato come una funzione che si evolve nel tempo t e il cui valore dipende dall'età del cls, in giorni, t_0 , al momento dell'applicazione del carico. Nella tabella precedente sono stati valutati i coefficienti di viscosità per $t = 30000$ gg e per t_0 pari rispettivamente a 3 gg. (età del cls al momento dell'attivazione delle azioni da ritiro) e a 30 gg. (età presunta del cls al momento di applicazione dei carichi permanenti portati).

L'evolversi nel tempo del coefficiente di viscosità è diagrammato nelle figure seguenti.

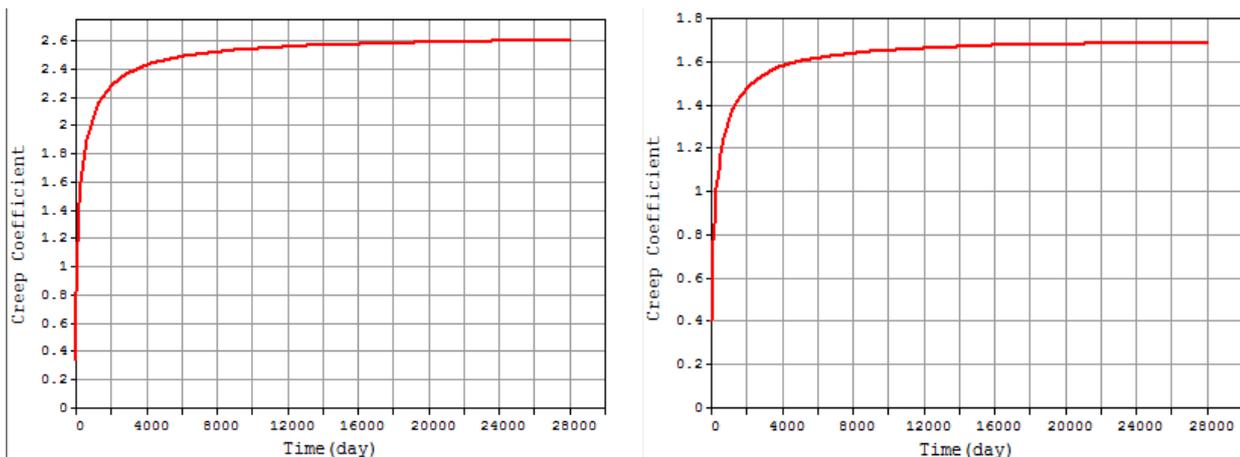


Figura 5 – Andamento del coefficiente di viscosità nel tempo per $t_0 = 3$ gg. e per $t_0 = 30$ gg.

La valutazione riportata indica che a 27375 gg (ovvero alla fine della vita utile della struttura pari a 75 anni) il coefficiente di viscosità è pari a circa 2.6 per $t_0=3$ gg e a circa 1.7 per $t_0=30$ gg.

5.11 E3 - VARIAZIONE TERMICA

5.11.1 E3.1 - Variazione termica uniforme

La variazione termica uniforme è valutata secondo il § 5.2.2.5.2 delle NTC08. Si prevede una variazione termica pari a ± 15 °C. Nella valutazione dell'escursione dei giunti e degli apparecchi di appoggio si tiene conto di un incremento del 50% del valore (± 22.5 °C).

5.11.2 E3.2 - Variazione termica differenziale

È stata considerata un gradiente di temperatura tra intradosso ed estradosso dell'impalcato pari a ± 5 °C.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

6 COMBINAZIONI DI CARICO

Si riportano di seguito le combinazioni di carico utilizzate nei calcoli. Ai fini delle verifiche agli stati limite, in accordo con le NTC08, si definiscono le seguenti combinazioni di:

- Combinazione FONDAMENTALE, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{G3} G_3 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot \gamma_{Q2} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot \gamma_{Q3} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione RARA, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione FREQUENTE, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione QUASI PERMANENTE, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione SISMICA, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica:

$$E + G_1 + G_3 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Nelle combinazioni per le verifiche allo stato limite di esercizio (SLE), ovvero quelle rare, frequenti e quasi permanenti, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 . Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguite facendo riferimento allo stato limite ultimo di tipo strutturale STR ovvero per il raggiungimento della resistenza ultima negli elementi strutturali.

Come anticipato precedentemente gli effetti dell'azione sismica sono valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_i \psi_{2i} \times Q_{ki}$$

Il valore assunto per il coefficiente ψ_{2i} per i carichi mobili è pari a $\psi_{2i} = 0.0$.

Le combinazioni allo stato limite ultimo SLU fanno riferimento in questa relazione al solo gruppo denominato STR poiché le verifiche riguardano solo l'impalcato.

I coefficienti di combinazione g_G , g_Q e Y sono riepilogati nei paragrafi seguenti.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N°12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

6.1 GRUPPI DI CARICO

Nella tabella seguente, in accordo a quanto specificato in tabella 5.1.3.12 del D.M.14/01/2008., sono esplicitati i gruppi di carico considerati per i carichi accidentali da traffico.

Tabella 8 – Valori caratteristici delle azioni da traffico

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

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

Coerentemente nel seguito si fa riferimento ai gruppi di azioni da traffico 1, 2a e 2b.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

6.2 COEFFICIENTI PARZIALI E DI COMBINAZIONE

Si utilizzano i coefficienti parziali di sicurezza e i coefficienti di combinazione di seguito riportati.

Tabella 9 – Coefficienti parziali di sicurezza agli SLU

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

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 10 – Coefficienti di combinazione

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N°12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

6.3 COMBINAZIONI AGLI SLU

Di seguito si esplicitano i coefficienti utilizzati per le singole combinazioni di carico rilevanti per le verifiche strutturali dell'impalcato agli SLU.

Combinazione		G1	G2	E1	E2	E3	Gr.1	Gr.2a	Gr.2b	Q5	Q6	Q7	Q8
A1 STR	Gr.1	1.35	1.35	0	1.2	0.72	1.35	0	0	0.9	0	0	0
	Gr.2a	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	1.35	0	0.9	0	0	0
	Gr.2b	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	0	1.35	0.9	0	0	0
	Q5	1.35	1.35	0	1.2	0.72	0	0	0	1.5	0	0	0
SISMA	SLV Z	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0	1	0	0
ECCEZIONALE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0	0	0	1

6.4 COMBINAZIONI AGLI SLE

Di seguito si esplicitano i coefficienti utilizzati per le singole combinazioni di carico rilevanti per le verifiche dell'impalcato agli SLE.

Combinazione		G1	G2	E1	E2	E3	Gr.1	Gr.2a	Gr.2b	Q5
RARA	Gr.1	1	1	0	1	0.6	1	0	0	0.6
	Gr.2a	1	1	0	1	0.6	0	1	0	0.6
	Gr.2b	1	1	0	1	0.6	0	0	1	0.6
FREQUENTE	Gr.2a	1	1	0	1	0.5	0	1	0	0
	Gr.2b	1	1	0	1	0.5	0	0	1	0
QUASI PERMANENTE	-	1	1	0	1	0.5	0	0	0	0

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N°12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A	FOGLIO 37 di 87

7 METODO DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche sono condotte conformemente a quanto previsto al cap 4.1 (calcestruzzo), al cap 4.2 (acciaio) ed inoltre al cap 4.3 (acciaio – cls) del D.M. 14.01.2008. Si fa inoltre riferimento a quanto previsto dall'EN 1994-2: 2005 **“PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE COMPOSTE IN ACCIAIO-CALCESTRUZZO Parte 2: Regole generali e regole per i ponti”**.

In particolare si evidenzia che oltre alle verifiche specifiche previste per il calcestruzzo e per l'acciaio si rendono necessarie:

- la verifica della connessione acciaio – cls;
- la verifica della struttura durante le fasi esecutive (queste ultime sono demandate alla fase di progettazione esecutiva).

7.1 CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI TRASVERSALI

La classificazione delle sezioni è svolta conformemente a quanto previsto al 4.2 del D.M. 14.01.2008.

Le flange in acciaio compresse e vincolate efficacemente alla soletta in calcestruzzo si possono considerare comunque ricadenti in Classe 1.

Per la determinazione dell'andamento tensionale all'interno della sezione ai fini della classificazione delle flange compresse libere e delle anime, le porzioni di soletta devono essere trascurate.

Per sezioni di classe 3 e 4 si devono esplicitamente considerare sia agli SLE che agli SLU gli effetti della sequenza costruttiva e dei fenomeni lenti come ritiro e viscosità del cls.

La determinazione della Classe di una sezione in acciaio dipende dalla posizione dell'asse neutro e quindi dalle sollecitazioni agenti sulla sezione stessa in fase di getto (solo sezione in acciaio reagente) e in fase di esercizio (sezione composta).

La classificazione di una sezione trasversale può pertanto variare in funzione della combinazione di carico considerata.

7.2 METODO DI ANALISI

Si usa il metodo di analisi globale elastica sia per gli SLE che per gli SLU tenendo in conto in maniera appropriata (vedi paragrafo specifico) degli effetti della fessurazione del cls (4.3.2.2 del D.M. 14.01.2008).

7.3 LARGHEZZE EFFICACI DI SOLETTA

La larghezza di soletta collaborante, necessaria per la determinazione delle caratteristiche geometriche delle sezioni composte è stata determinata in accordo con la normativa vigente (§4.3.2.3 del D. Min. 14/01/2008), ovvero, con riferimento alla figura seguente, come $b_{eff} = b_0 + b_{ei} + b_{e2}$.

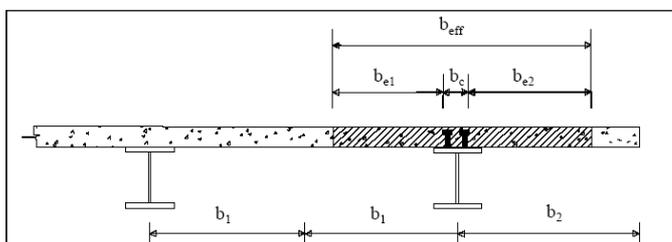


Figura 2 - larghezza di soletta collaborante

Dove $b_{ei} = \min(L_e/8, b_i)$ con L_e luce equivalente da valutarsi secondo lo schema riportato in figura.

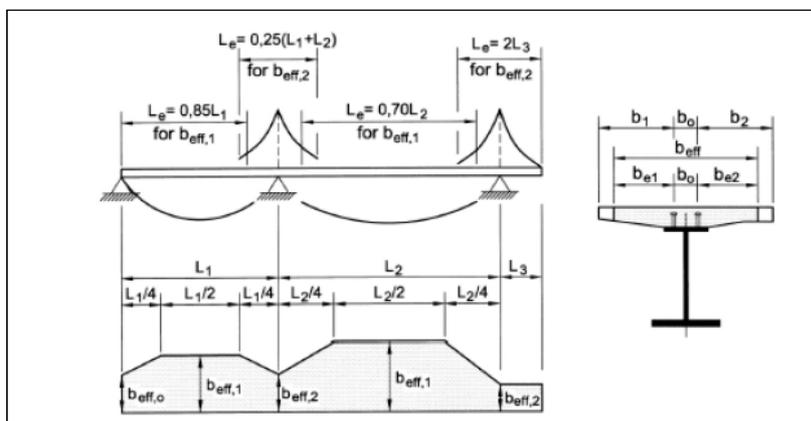


Figura 3 - luci equivalenti

Per gli appoggi di estremità l'espressione della larghezza efficace viene corretta come $b_{eff} = b_0 + \alpha_1 b_{ei} + \alpha_2 b_{e2}$ con $\alpha_i = (0.55 + 0.025 L_e/b_{ei}) \leq 1$.

Nel caso in esame:

Calcolo larghezza soletta collaborante				
Travi campate di riva				
		Interne	Esterne	
L_1	[m]	36.5	36.50	
L_2	[m]	-	-	
L_e	[m]	31.025	31.025	
b_0	[m]	0.4	0.40	
b_1	[m]	1.05	1.05	
b_2	[m]	1.05	0.85	
b_{e1}	[m]	1.05	1.05	
b_{e2}	[m]	1.05	0.85	
β_1	-	1.00	1.00	
β_2	-	1.00	1.00	
b_{eff}	[m]	2.50	2.30	

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

7.4 EFFETTI DELLA VISCOSITÀ E DEL RITIRO

Gli effetti della viscosità e del ritiro del calcestruzzo (così come di variazioni non uniformi della temperatura) risultano essere:

- sistemi di forze interne applicati alle sezioni trasversali;
- curvature e deformazioni longitudinali nelle nervature.

In base D.M. 14.01.2008 (par. 4.3.2.2.1) è possibile tenere conto degli effetti della viscosità del cls considerando un modulo di elasticità per azioni a lungo termine pari al 50% del modulo di elasticità istantaneo.

Come specificato al punto 5.4.2.2. dell'UNI EN 1994-2:2005, si può tenere conto degli effetti della viscosità del calcestruzzo utilizzando differenti coefficienti di omogeneizzazione n_L in funzione del tipo di carico, secondo l'espressione:

$$n_L = n_0 (1 + \psi_L \psi_{tL})$$

dove:

n_0 è il coefficiente di omogeneizzazione per carichi di breve durata pari ad E_a/E_c ;

ψ_{tL} è il coefficiente di viscosità del calcestruzzo a tempo infinito funzione dell'età del calcestruzzo all'atto dell'applicazione del carico considerato;

ψ_L è il moltiplicatore del coefficiente di viscosità dipendente dal tipo di carico, con valori che possono essere assunti pari ad 1.1 per carichi permanenti e a 0.55 per il ritiro e a 1.5 per precompressione tramite deformazioni imposte laddove presenti;

Per il ritiro, l'età del cls all'atto dell'attivazione del carico è da assumersi pari a 1 giorno. Nelle zone dove il calcestruzzo è fessurato, gli "effetti primari" del ritiro non devono essere considerati.

Gli effetti che tali azioni comportano nelle strutture isostatiche o nelle strutture iperstatiche, laddove non si consideri la compatibilità delle deformazioni, sono classificati (EN 1994-2:2005 par. 2.3.3) come "effetti primari".

Nelle strutture iperstatiche gli "effetti primari" del ritiro e della viscosità sono associati con effetti aggiuntivi, tali che il risultato totale sia compatibile: tali effetti aggiuntivi sono classificati come "effetti secondari" e vanno considerati come effetti di azioni indirette (deformazioni imposte).

Gli effetti del ritiro in tal caso si valutano come un'azione di trazione sulla sola soletta pari a:

$$N_{r,00} = A_c \times (n_{r,00}/n_0) \times E_c \times \varepsilon_{r,00}$$

e come delle azioni equivalenti sulla sezione composta pari a:

$$N_{r,00} = A_c \times (n_{r,00}/n_0) \times E_c \times \varepsilon_{r,00}$$

$$M_{r,00} = N_{r,00} \times e_y \text{ con } e_y \text{ eccentricità tra baricentro soletta e sezione composta omogeneizzato coefficiente } n_{r,00}$$

Gli effetti dei carichi di lunga durata (carichi permanenti portati) si valutano invece utilizzando un coefficiente di omogeneizzazione $n_{p,00}$.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A	FOGLIO 40 di 87

7.5 MODELLAZIONE DELLA FESSURAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Come previsto al punto 4.3.2.2.1 del D.M.14.01.2008, per tenere conto della fessurazione del calcestruzzo si rende necessario svolgere due analisi:

- una prima analisi “non fessurata” utilizza ovunque la rigidezza EI_1 della sezione composta interamente reagente e serve ad individuare quelle sezioni soggette a momento negativo nelle quali si hanno fenomeni di fessurazione ovvero dove la tensione nella fibra più sollecitata della soletta raggiunge il “valore limite di formazione delle fessure” = $f_{ctm}/1.2$ (4.1.2.2.4.1) con $f_{ctm} = 0.3 f_{ck}^{2/3}$ (11.2.10.2)*;
- una seconda analisi “fessurata” utilizza, per le sezioni precedentemente individuate, la rigidezza fessurata EI_2 ottenuta trascurando il contributo del calcestruzzo teso.

La distribuzione di rigidezze così ottenuta è da utilizzarsi per le verifiche agli SLU e agli SLE.

* per L’EN 1994-2:2005 (par. 5.4.2.3) il limite da adottare per individuare le regioni a rigidezza fessurata è pari a $2x f_{ctm}$ per le fibre di cls più sollecitate nella combinazione involuppo.

7.6 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

Le travi composte in strutture da ponte devono essere verificate nei confronti della resistenza delle sezioni trasversali.

7.6.1 Verifiche a pressoflessione

Per ogni combinazione di carico agli SLU viene determinata la classificazione della sezione in funzione della quale si valuta il momento resistente $M_{R,d}$ che deve risultare maggiore dell’azione di progetto $M_{E,d}$.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

7.6.1.1 Classi 1 e 2 - momento resistente plastico $M_{pl,Rd}$

Per sezioni di Classe 1 e 2 il momento resistente è quello plastico:

$$M_{R,d} = M_{pl,Rd}$$

Per **momenti positivi**: l'armatura dolce compressa viene trascurata.

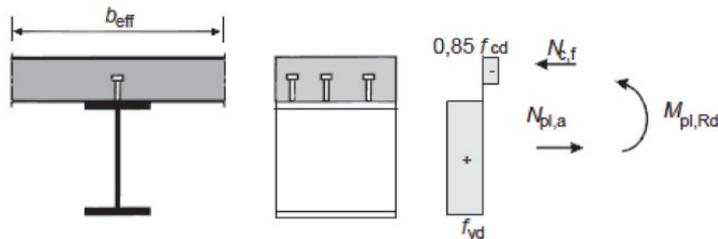


Figura 6 –

Per **momenti negativi** il momento resistente viene calcolato in funzione della posizione dell'asse neutro a seconda dei due casi seguenti.

- Caso 1: l'asse neutro ricade nello spessore della soletta.

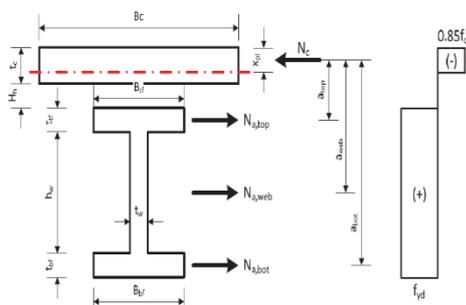


Figura 7

Tabella 11

Part	Force	Distance
Slab	$N_c = 0.85 f_{cd} B_c x_{pl}$	-
Top Flange	$N_{a,top} = f_{yd} b_{tf} t_{tf}$	$a_{top} = t_c + H_h + 0.5 t_{tf} - 0.5 x_{pl}$
Web	$N_{a,web} = f_{yd} t_w h_w$	$a_{web} = t_c + H_h + t_{tf} + 0.5 t_w - 0.5 x_{pl}$
Bottom Flange	$N_{a,bot} = f_{yd} b_{bf} t_{bf}$	$a_{bot} = t_c + H_h + t_{tf} + t_w + 0.5 t_{bf} - 0.5 x_{pl}$
$M_{pl,Rd}$	$M_{pl,Rd} = N_{a,top} a_{top} + N_{a,web} a_{web} + N_{a,bot} a_{bot}$	

- Caso 2: l'asse neutro ricade nella trave in acciaio.

Tabella 12

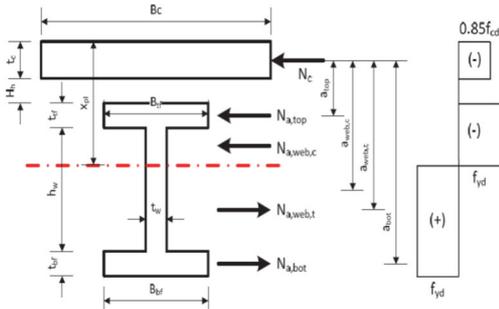


Figura 8

Part	Forze	Distance
Slab	$N_c = 0.85 f_{cd} B_c t_c$	-
Top Flange	$N_{a,top} = f_{yd} b_{tf} t_{tf}$	$a_{top} = 0.5 t_c + H_h + 0.5 t_{tf}$
Web (Comp)	$N_{a,web,c} = f_{yd} t_w (x_{pl} - t_c - H_h - t_{tf})$	$a_{web,c} = 0.5 (x_{pl} + H_h + t_{tf})$
Web (Tens)	$N_{a,web,t} = f_{yd} t_w (t_c + H_h + t_{tf} + h_w - x_{pl})$	$a_{web,t} = 0.5 (x_{pl} + H_h + t_{tf} + h_w)$
Bottom Flange	$N_{a,bot} = f_{yd} b_{bf} t_{bf}$	$a_{bot} = 0.5 t_c + H_h + t_{tf} + t_w + 0.5 t_{bf}$
$M_{pl,Rd}$	$M_{pl,Rd} = -N_{a,top} a_{top} - N_{a,web,c} a_{web,c} + N_{a,web,t} a_{web,t} + N_{a,bot} a_{bot}$	

Per **momenti negativi**: l'area di calcestruzzo teso fessurato viene trascurata e si tiene conto della sola armature dolce.

Per **momenti negativi** il momento resistente viene calcolato in funzione della posizione dell'asse neutro all'interno della trave in acciaio come segue.

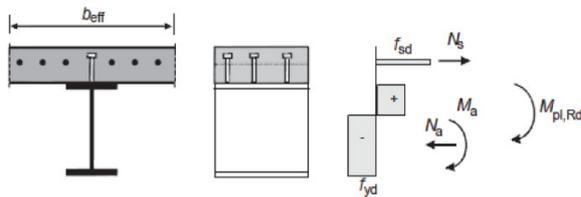


Figura 9

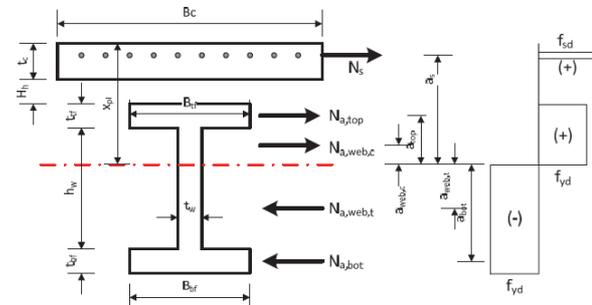


Figura 10

Tabella 13

Part	Forze	Distance
Slab Rebar	$N_{st} = f_{sd} A_{st}$	$a_{st} = x_{pl} - d_{st}$
Top Flange	$N_{a,top} = f_{yd} B_{tf} t_{tf}$	$a_{top} = x_{pl} - t_c - H_h - 0.5 t_{tf}$
Web (Tens)	$N_{a,web,t} = f_{yd} (x_{pl} - t_c - H_h - t_{tf}) t_w$	$a_{web,t} = 0.5 (x_{pl} + t_c + H_h + t_{tf})$
Web (Comp)	$N_{a,web,c} = f_{yd} (t_c + H_h + t_{tf} + h_w - x_{pl}) t_w$	$a_{web,c} = 0.5 (t_c + H_h + t_{tf} + h_w - x_{pl})$
Bottom Flange	$N_{a,bot} = f_{yd} B_{bf} t_{bf}$	$a_{bot} = t_c + H_h + t_{tf} + h_w + 0.5 t_{bf} - x_{pl}$
$M_{pl,Rd}$	$M_{pl,Rd} = \sum N_{st} a_{st} + N_{a,top} a_{top} + N_{a,web,t} a_{web,t} + N_{a,web,c} a_{web,c} + N_{a,bot} a_{bot}$	

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

7.6.1.2 Classe 3 - momento resistente elastico $M_{el,Rd}$

Per sezioni di Classe 3 il momento resistente è quello elastico:

$$M_{R,d} = M_{el,Rd}$$

Per **momenti positivi**: l'armatura dolce compressa viene trascurata.

Il momento resistente elastico viene calcolato come:

$$M_{el,Rd} = M_{a,Ed} + k M_{c,Ed}$$

Dove:

$M_{a,Ed}$ è l'aliquota di momento di progetto agente sulla sezione in acciaio prima che si inneschi il comportamento a sezione composta. In genere è dovuto agli effetti del peso proprio della carpenteria in acciaio e al peso della soletta.

$M_{c,Ed}$ è l'aliquota di momento di progetto agente sulla sezione composta.

K è il minimo fattore tale indurre il raggiungimento di una limitazione sulle tensioni.

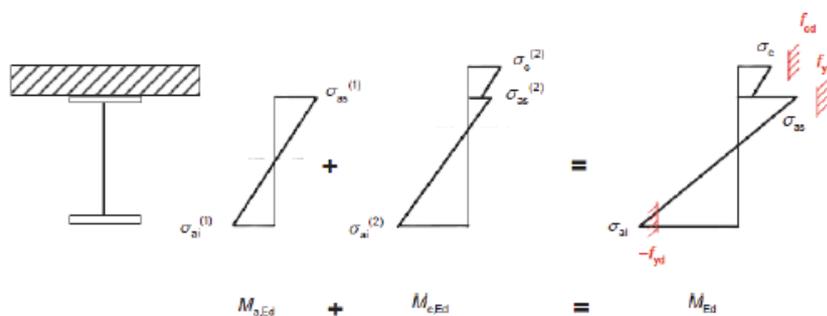


Figura 11

k è calcolato, rispettivamente nel caso di momento positivo e momento negativo, come nella tabella a seguire.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Tabella 14

Type	For Positive Moment	For Negative Moment
Steel Girder	$k_a = \frac{f_{yd} - M_{a,Ed}(z_a / I_{y,a})}{M_{c,Ed}(z_c / I_{y,c})}$	$k_a = \frac{f_{yd} - M_{a,Ed}(z_a / I_{y,a})}{M_{c,Ed}(z_c / I_{y,c})}$
Slab	$k_c = \frac{f_{cd}}{M_{c,Ed}(z_{c,slab} / I_{y,c,slab})}$	-
Reinforcement	-	$k_s = \frac{f_{sd}}{M_{c,Ed}(z_{c,bar} / I_{y,c,bar})}$
k	min[k _a , k _c]	min[k _a , k _s]

7.6.1.3 Classe 4 - momento resistente elastico $M_{el,Rd}$ sulla sezione efficace

Nel caso di sezioni di classe 4 il momento resistente è quello elastico calcolato sulla sezione efficace, in accordo al punto 4.3 dell'EN1993-1-5.

$$M_{R,d} = M_{el,Rd,eff}$$

L'area efficace A_{eff} è determinata assumendo che la sezione sia soggetta solo ad azioni assiali.

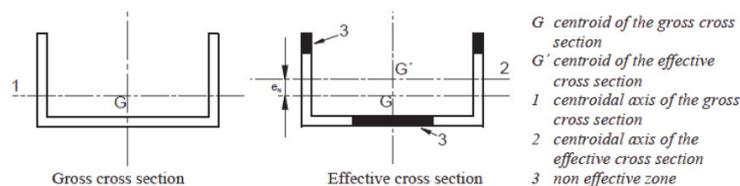


Figura 12

Il modulo di resistenza efficace W_{eff} è determinato assumendo che la sezione sia soggetta solo ad azioni flettenti.

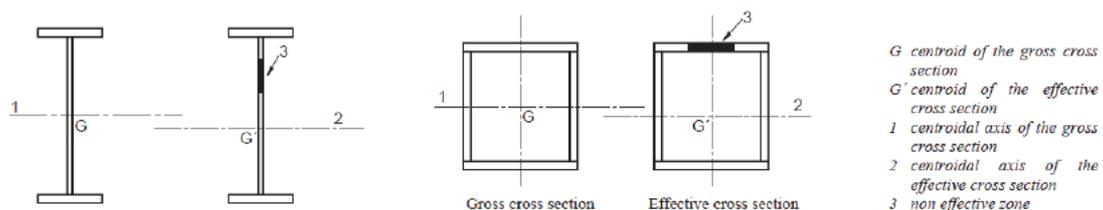


Figura 13

Nel caso in cui una sezione risulti di classe 4 per effetto delle forze di compressione si terrà conto del momento aggiuntivo dovuto all'eccentricità fra baricentro della sezione lorda e baricentro della sezione efficace.

L'area e il modulo di resistenza efficaci derivano dalla riduzione della dimensione del pannello assumendo:

$$b_{eff} = \rho \bar{b}$$

Per la determinazione del fattore riduttivo ρ si procede in primo luogo alla determinazione del fattore di stress ψ e quindi del fattore di buckling k_σ (vedi tabelle a seguire valide per anime e flange compresse rispettivamente).

Tabella 15 – anime in compressione

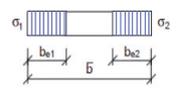
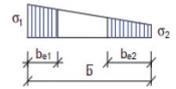
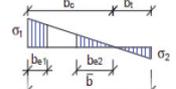
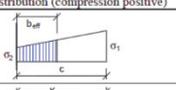
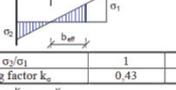
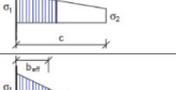
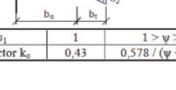
Stress distribution (compression positive)	Effective ⁹ width b_{eff}
	$\psi = 1:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = 0,5 b_{eff} \quad b_{e2} = 0,5 b_{eff}$
	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho \bar{b}$ $b_{e1} = \frac{2}{5 - \psi} b_{eff} \quad b_{e2} = b_{eff} - b_{e1}$
	$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho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

Tabella 16 – flange compresse

Stress distribution (compression positive)	Effective ⁹ width b_{eff}
	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$
	$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	
Buckling factor k_σ	1 0 -1 1 > ψ > -3
	0,43 0,57 0,85 0,57 - 0,21 ψ + 0,07 ψ^2
	$1 > \psi \geq 0:$ $b_{eff} = \rho c$
	$\psi < 0:$ $b_{eff} = \rho b_c = \rho c / (1 - \psi)$
$\psi = \sigma_2 / \sigma_1$	
Buckling factor k_σ	1 1 > ψ > 0 0 0 > ψ > -1 -1
	0,43 0,578 / (ψ + 0,34) 1,70 1,7 - 5 ψ + 17,1 ψ^2 23,8

La snellezza equivalente $\bar{\lambda}_p$ è:

$$\bar{\lambda}_p = \frac{(\bar{b}/t)}{28,4 \varepsilon \sqrt{k_\sigma}}$$

E il fattore di riduzione è valutato come in tabella a seguire.

Tabella 17

Type	Condition	ρ
Internal element	$\bar{\lambda}_p \leq 0,673$	1.0
	$\bar{\lambda}_p > 0,673$ where, $(3 + \psi) \geq 0$	$\frac{\bar{\lambda}_p - 0,055(3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0$
Outstand element	$\bar{\lambda}_p \leq 0,748$	1.0
	$\bar{\lambda}_p > 0,748$	$\frac{\bar{\lambda}_p - 0,188}{\bar{\lambda}_p^2} \leq 1,0$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

7.6.2 Verifiche per azioni taglianti

In accordo a quanto previsto al punto 6.2.2.2 dell'EN 1994-2:2005 le verifiche per azioni taglianti vengono svolte con riferimento alla sola sezione resistente in acciaio. La resistenza V_{Rd} deve risultare maggiore dell'azione di progetto V_{Ed} .

La resistenza a taglio della sezione viene valutata come il minimo valore tra la resistenza plastica $V_{pl,Rd}$ e resistenza a taglio per buckling $V_{b,Rd}$.

La **resistenza a taglio plastica**, in accordo all' EN 1993-1-1: 2005, 6.2.6, risulta essere pari a:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

Dove per profilati ad I si assume l'area minima a taglio $A_v = \eta t_w h_w$ con η rapporto tra la resistenza a taglio e la resistenza allo snervamento in trazione. In accordo al punto 5.1 dell' EN 1993-1-5:2006:

$$\eta = 1.2 \text{ per } S \leq 355;$$

$$\eta = 1.0 \text{ per } S 420 \text{ e } S 420$$

La **resistenza a taglio per buckling**, in accordo all' EN 1993-1-5: 2006, deve essere verificata:

per pannelli d'anima senza irrigidimenti se $\frac{h_w}{t_w} > \frac{72}{\eta} \varepsilon$;

per pannelli d'anima irrigiditi se $\frac{h_w}{t_w} > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau}$;

In tal caso la resistenza a taglio per buckling, in accordo all' EN 1993-1-5: 2006, sezione 5.2, è data dalla somma dei contributi della resistenza dell'anima e di quella delle flange:

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

Il contributo d'anima è:

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

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Dove è il fattore di contribuzione dell'anima alla resistenza a taglio per buckling ed è da valutare in accordo all' EN 1993-1-5: 2006, sezione 5.3 e A3.

Il contributo delle flange, in accordo in accordo all' EN 1993-1-5: 2006, sezione 5.4, è:

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

con:

$$c = a \left(0.25 + \frac{1.6 \cdot b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{t_w \cdot h_w^2 \cdot f_{yw}} \right)$$

Dove a è la lunghezza tra due irrigidimenti trasversali.

7.6.3 Verifiche per instabilità flessio-torsionale

La verifica, sulle azioni di progetto assiale (nel caso di sezioni fessurate) e flettente, viene svolta nel rispetto della seguente disuguaglianza:

$$\iota_R = \frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1.0$$

Il momento resistente per buckling viene calcolato applicando il fattore riduttivo χ_{LT} al momento resistente della sezione:

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} M_{Rd}$$

dove il fattore χ_{LT} è calcolato in accordo al punto 6.3.2.2 dell'EN1993-1-1:2005. Nel caso specifico si fa sempre riferimento alle curve di buckling per sezioni saldate (tabella 6.4 dell'EN1993-1-1:2005) e dove $\bar{\lambda}_{LT}$ viene calcolato in accordo al punto 6.3.4.2 dell'EN1993-2:2006 trascurando il contributo degli irrigidimenti trasversali ovvero ponendo $C_d = 0$.

Analogamente, lo sforzo normale resistente per buckling della sezione fessurata viene calcolato applicando il fattore riduttivo χ_{LT} al momento resistente della sezione:

$$N_{b,Rd} = \chi_{LT} N_{Rd} = \chi_{LT} A f_{yd}$$

dove il fattore χ_{LT} è calcolato in accordo al punto 6.3.4.2 dell'EN1993-2:2006 ponendo sempre $m = 1$.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

7.6.4 Verifiche dei connettori

La resistenza a taglio longitudinale nei connettori trave – soletta è verificata come:

$$v_{L,Ed} \leq v_{L,Rd}$$

- Dove $v_{L,Ed}$ è lo scorrimento ovvero il taglio longitudinale all'interfaccia tra acciaio e calcestruzzo per unità di lunghezza, e vale:

per sezioni di classe 1 e 2 soggette a momento positivo e sotto azioni flettenti in campo plastico ($M_{Ed} > M_{el,Rd}$):

$$v_{L,Ed} = \frac{(N_{c,d} - N_{c,el}) \cdot (M_{Ed} - M_{el,Rd})}{M_{pl,Rd} - M_{el,Rd}} \cdot \frac{1}{L_v}$$

dove i simboli fanno riferimento alla figura seguente e con L_v : lunghezza della connessione a taglio. ($L_v = b_{eff} = B_c$)

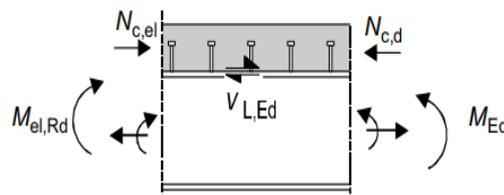


Figura 14

- in tutti gli altri casi:

$$v_{L,Ed} = \frac{V_{Ed} \cdot Q_s}{I_y}$$

dove Q_s è il momento statico della sezione composta rispetto alla corda posta all'interfaccia tra acciaio e calcestruzzo.

La resistenza a scorrimento $v_{L,Rd}$ è:

$$v_{L,Rd} = \frac{P_{Rd} \cdot n}{s_{cl}}$$

Con P_{Rd} resistenza a taglio del singolo connettore, n numero dei connettori lungo una sezione trasversale e s_{cl} passo dei connettori in direzione longitudinale.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A	FOGLIO 49 di 87

7.7 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le travi composte in strutture da ponte devono essere verificate nei confronti:

- delle tensioni di compressione nel calcestruzzo (combinazione rara e quasi permanente) e nell'armatura (combinazione rara);
- delle deformabilità globale dell'impalcato;
- a fessurazione del calcestruzzo;

7.7.1 Tensioni di esercizio

I limiti per le tensioni in esercizio nel calcestruzzo sono:

- $\sigma_c = 0.60 f_{ck}$ per combinazione di carico rara;
- $\sigma_c = 0.45 f_{ck}$ per combinazione quasi permanente.

I limiti per le tensioni in esercizio nell'armatura sono:

- $\sigma_s = 0.8 f_{yk}$ per combinazione di carico rara.

Per le travate da ponte, nello stato limite di esercizio, il taglio longitudinale per ciascun connettore non deve eccedere il 60 % della resistenza di progetto agli stati limite ultimi (vedi punto C4.3.4.3.3 della Circolare n.617).

7.7.2 Deformabilità

La verifica allo stato limite di deformazione è stata condotta imponendo dei limiti massimi in relazione alle esigenze del traffico, all'aspetto della struttura, nonché dei vincoli e dei dispositivi di giunto previsti in progetto. Per le verifiche di deformabilità si è assunto come limite per il rapporto freccia/luce il valore 1/500

7.7.3 Fessurazione

Le verifiche a fessurazione sono comunque rispettate laddove non sia superato lo “stato limite di apertura delle fessure”.

Al fine di contenere ovunque le dimensioni delle fessure nei limiti previsti dalla normativa vigente, si intendono rispettate ovunque le percentuali minime di armatura previste al punto 7.4.2 dell'EN 1994-2:2005.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A	FOGLIO 50 di 87

8 MODELLO DI CALCOLO

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del MIDAS/CIVIL 2019. Il software è stato impiegato per la modellazione dell'intera opera, finalizzata all'analisi strutturale. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sull'impalcato al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle normative di riferimento. Dallo stesso modello sono state poi ricavate le sollecitazioni agenti sulle sottostrutture necessarie ai fini delle verifiche geotecniche del sistema terreno-fondazione e delle verifiche strutturali, entrambe riportate nella specifica relazione di calcolo e pertanto non contenute nel presente documento.

8.1 ORIGINE E CARATTERISTICHE DEI CODICI DI CALCOLO

Nell'ambito del presente paragrafo si riporta una descrizione delle caratteristiche dei software utilizzati per l'effettuazione delle analisi e verifiche strutturali esposte ai precedenti paragrafi.

Nello specifico, l'analisi del comportamento globale delle strutture d'impalcato è stato effettuato con l'ausilio del software MIDAS/CIVIL 2019, distribuito in Italia dalla CSPFea (Padova), di cui si possiede regolare licenza, identificata nello specifico da Key Serial Number n° 4192BE703400F0F1 intestata a PROGIN SPA – CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI.

Per l'esecuzione di verifiche di sezioni in cemento armato si è invece utilizzato il software PresFle+, prodotto e distribuito dalla Concrete srl (Padova), di cui si possiede regolare licenza, identificata nello specifico da chiave USB n° 4552054, intestata a PROGIN SPA - CENTRO DIREZIONALE DI NAPOLI ISOLA F4 - 80143 NAPOLI.

Infine si è ricorso a fogli di calcolo elettronici auto-prodotti, per l'automatizzazione di ulteriori verifiche effettuate quali elementi in acciaio e/o elementi strutturali secondari.

8.2 MODELLO DI CALCOLO STATICO E SISMICO

Il viadotto è stato modellato con elementi monodimensionali rappresentativi rispettivamente:

- delle travi longitudinali a sezione composta;
- dei traversi pieni.

Elementi di trave simulanti la soletta sono stati disposti in direzione trasversale per modellare correttamente la ripartizione trasversale dei carichi accidentali.

Gli assi di riferimento sono:

- x = asse longitudinale impalcato
- y = asse trasversale impalcato
- z = asse verticale impalcato

L'origine del modello numerico è stata assunta in corrispondenza della Spalla 1 (spalla sx).

Nelle figure seguenti sono rappresentate alcune viste del modello utilizzato.

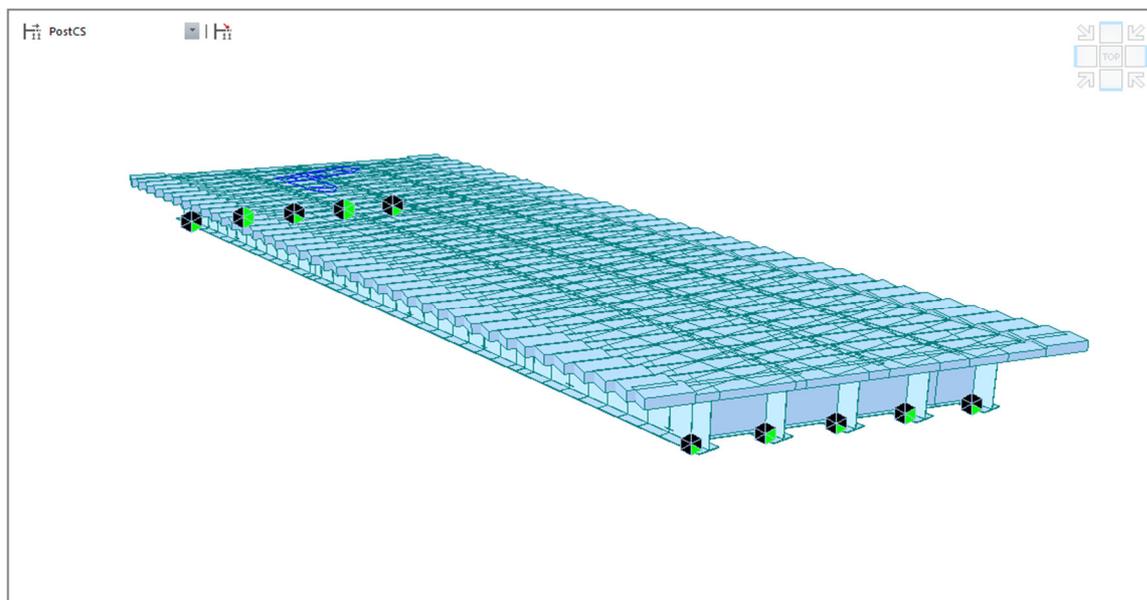


Figura 4 - Modello FEM vista estrusa

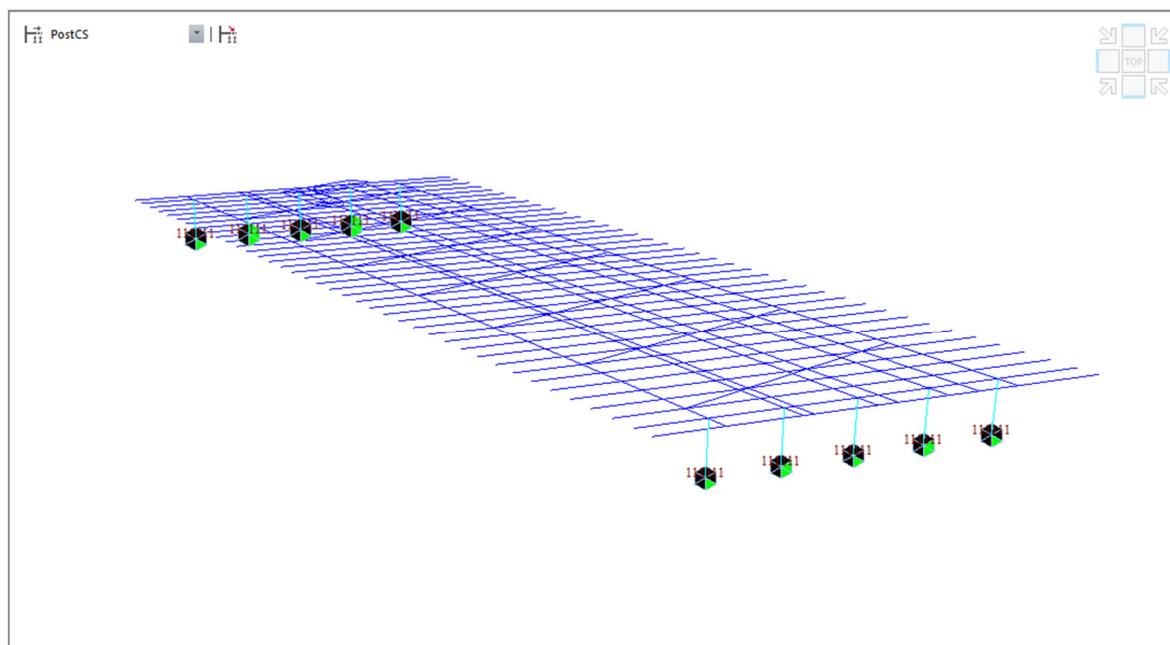


Figura 5 - Modello FEM vista wireframe

8.3 LARGHEZZE DI SOLETTA COLLABORANTI

Per la determinazione della larghezza collaborante si rimanda al paragrafo 7.3.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N°12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

8.4 DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO

I nodi di schema corrispondono a punti caratteristici della struttura quali, giunti, diaframmi ecc.

I nodi in cui convergono gli elementi di trave rappresentativi delle nervature principali sono allineati con le linee di estradosso delle nervature stesse, poste a quota $z = 0.0$ m.

Tali nodi sono vincolati relativamente, con comportamento di corpo rigido, ai nodi, posti sulle stesse coordinate x e y , in cui convergono gli elementi di trave rappresentativi dei traversi, in modo tale da schematizzare il comportamento rigido della sezione.

Gli elementi principali del modello sono così numerati:

Travi principali

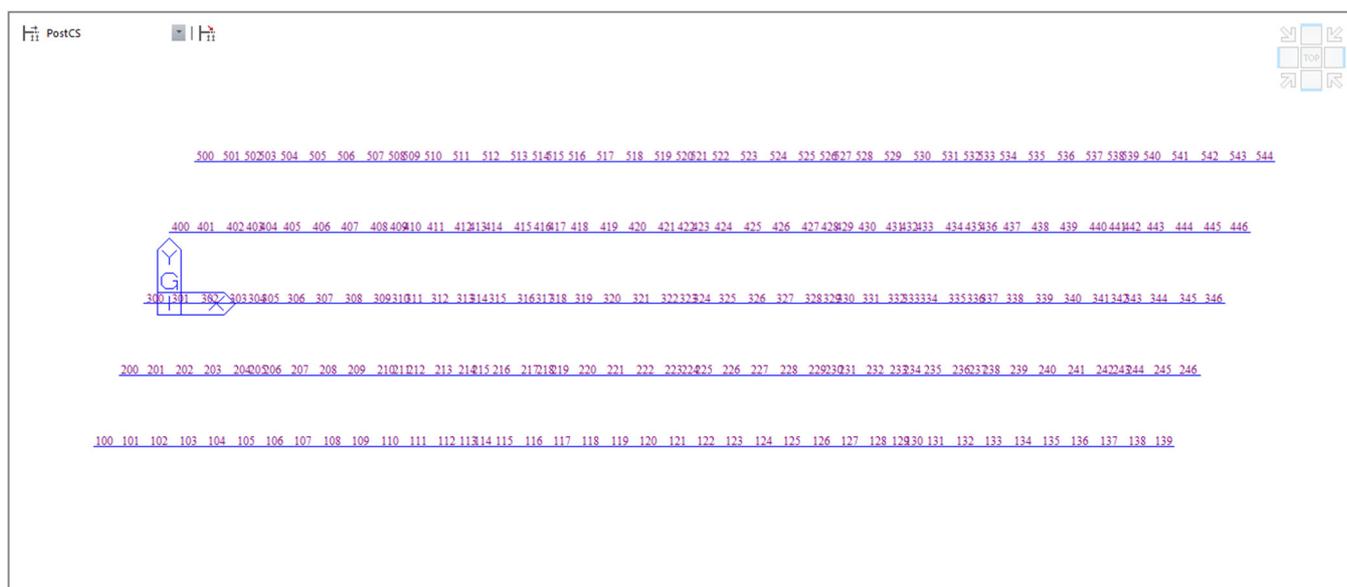
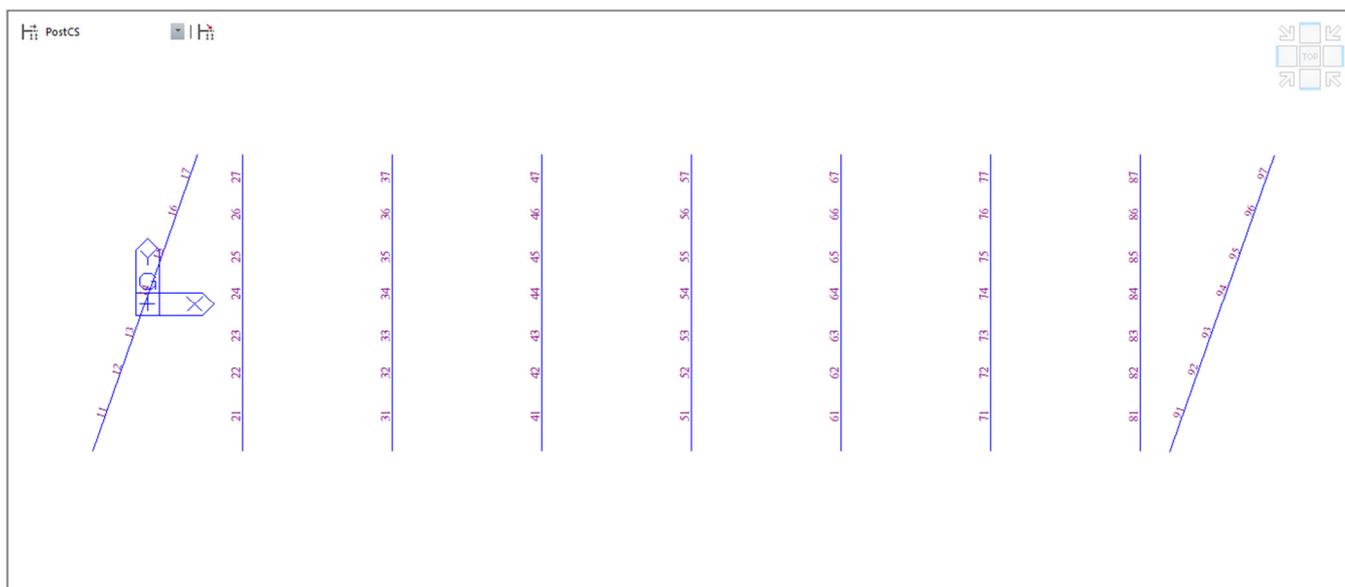


Figura 15: Numerazione elementi travi principali

- trave esterno curva da 500 a 544;
- trave intermedia lato esterno curva da 400 a 446;
- trave intermedia da 300 a 346;
- travi intermedie lato interno curvada 200 a 246;
- trave interno curva da 100 a 139;

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>					
<p>M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO</p>	<p>COMMESSA RS3E</p>	<p>LOTTO 50</p>	<p>CODIFICA D 78 CL</p>	<p>DOCUMENTO IV0300 003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 53 di 87</p>

Diaframmi



- diaframmi in asse appoggio da 11 a 17 e da 91 a 97
- diaframmi intermedi da 21 a 87;

Elementi di soletta in direzione trasversale

- elementi di soletta in direzione trasversale da 1039 a 1389.

Condizioni di vincolo

Nel modello sono utilizzati le seguenti condizioni di vincolo:

- bracci rigidi tra l'estradosso (asse) delle travi e intradosso;
- appoggi in corrispondenza dell'intradosso delle travi.

In corrispondenza degli appoggi, sono stati utilizzati i vincoli coerenti con lo schema previsto nel Cap.2.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N°12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

8.5 FASI DI CALCOLO

I modelli studiati e le fasi di calcolo e di verifica considerano le fasi di montaggio, maturazione e gli effetti differiti conseguenti alle varie età della struttura.

Si distinguono le seguenti fasi di riferimento:

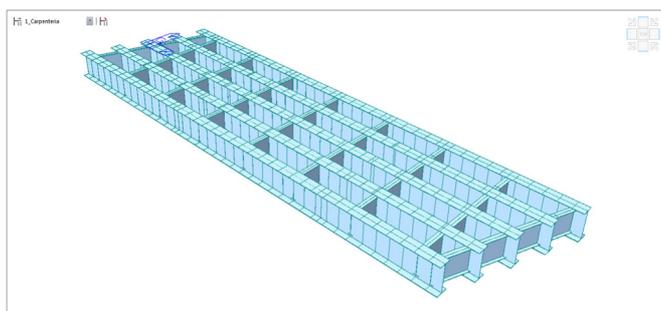


Figura 16: Fasi di calcolo 1 e 2

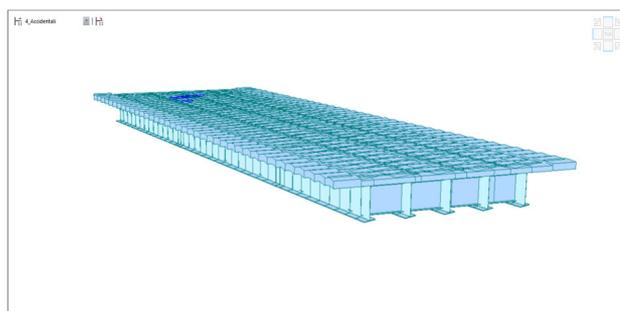


Figura 17: Fasi di calcolo 3, 4 e 5

fase 1 corrispondente al varo dell'impalcato. In questa fase è presente il solo peso proprio della carpenteria metallica: sezione resistente solo acciaio;

fase 2 corrispondente al getto della soletta. In questa fase la soletta, non ancora collaborante, è applicata come carico distribuito sulle travi: sezione resistente solo acciaio;

fase 3 impalcato completo con soletta collaborante, di durata pari a 30 gg., considera gli effetti dovuti al ritiro iniziale e alla relativa viscosità del calcestruzzo: sezione resistente acciaio calcestruzzo con effetti differiti;

fase 4 impalcato completo con soletta collaborante e carichi permanenti portati, di durata pari a 10000 gg., considera gli effetti dovuti ai carichi applicati, al ritiro a lungo termine e alla relativa viscosità del calcestruzzo variabili nel tempo: sezione resistente acciaio calcestruzzo con effetti differiti;

fase 5 impalcato in esercizio per carichi di breve durata, quali quelli mobili, variazioni di temperatura, vento: in questa fase la sezione resistente risulta composta, ovvero acciaio + soletta collaborante, con modulo elastico istantaneo non ridotto.

8.6 MODELLAZIONE DEI CARICHI DA TRAFFICO.

Le colonne di carico da traffico previste dalla normativa sono applicate come carichi viaggianti lungo l'impalcato gestiti dal software di calcolo in modo tale da generare le linee di influenza per ogni elemento e per ogni caratteristica di sollecitazione nonché le relative condizioni di carico.

Ai fini della verifica dell'impalcato si utilizzano, per ciascuna sezione, le sollecitazioni associate alla condizione di massimo e minimo momento flettente M_y derivanti dai carichi viaggianti q_l secondo lo *Schema 1* e 6 e ai carichi viaggianti q_l secondo lo *Schema 1* e fattorizzati per i coefficienti di combinazione y_i .

Nelle figure seguenti sono rappresentati il diagramma del momento flettente M_y massimo e minimo in ogni sezione e le sollecitazioni di taglio associate.

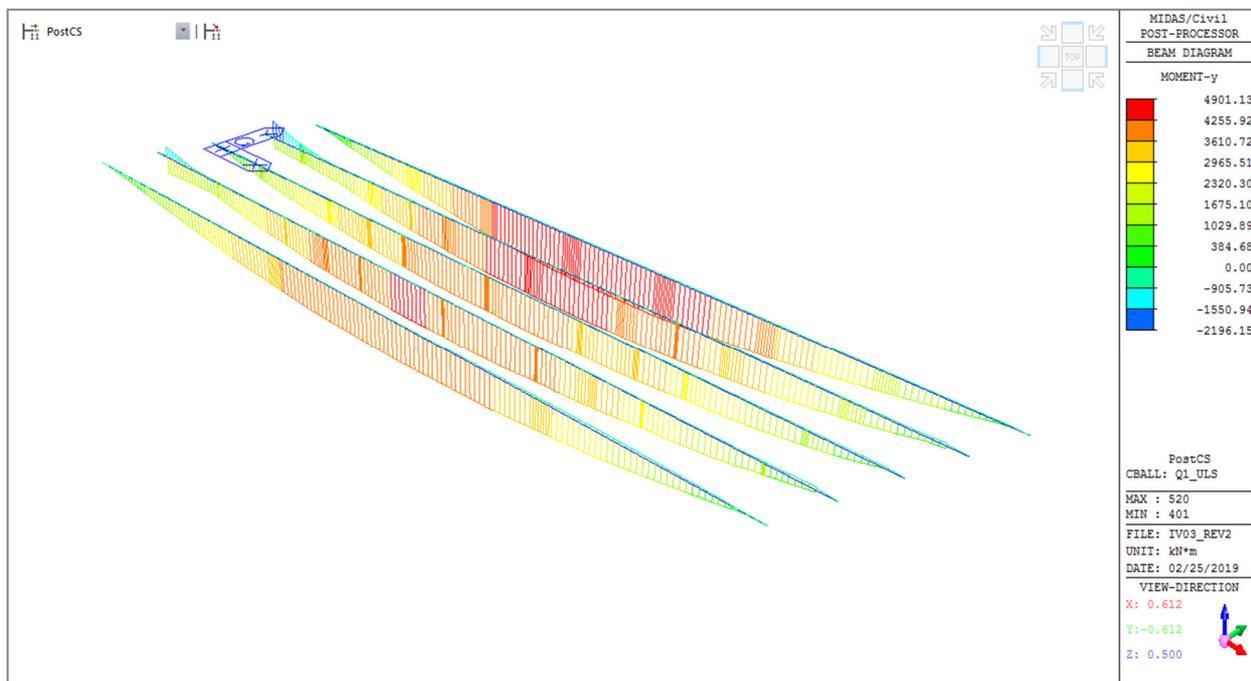


Figura 18 – Q1_ULS My diagramma involuppo

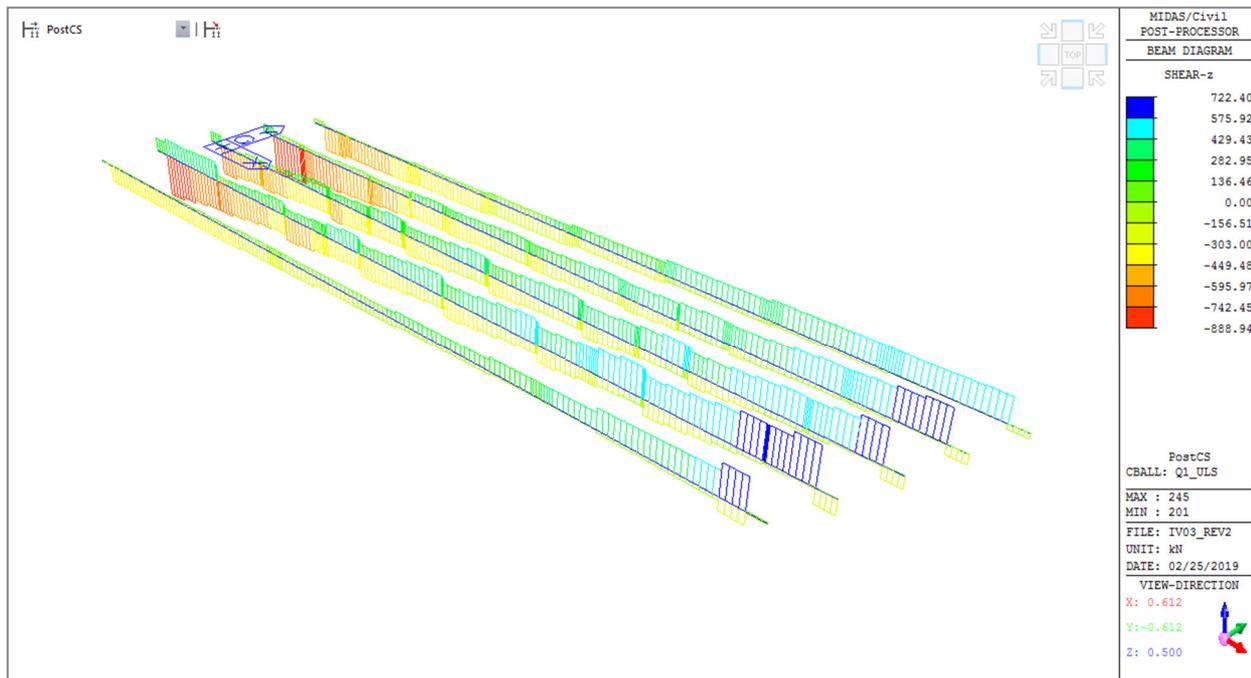


Figura 19 - Q1_ULS Tz diagramma involuppo



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ N°12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	56 di 87

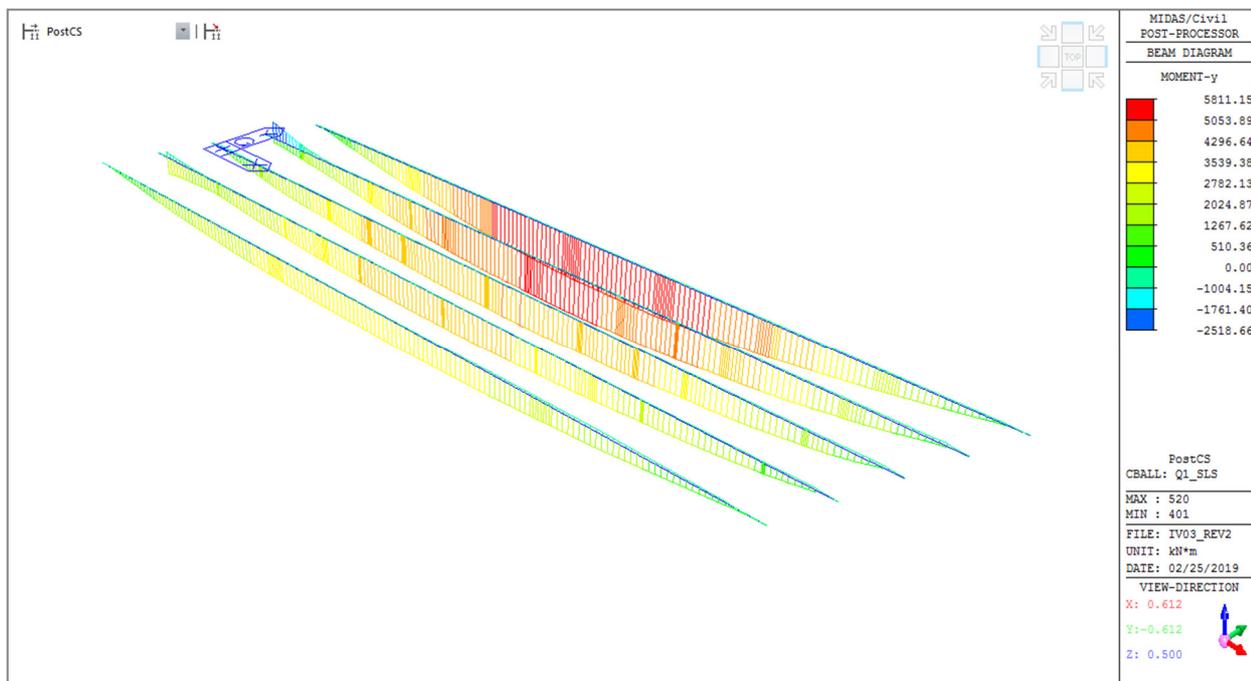


Figura 20 – Q1_SLS My diagramma involuppo

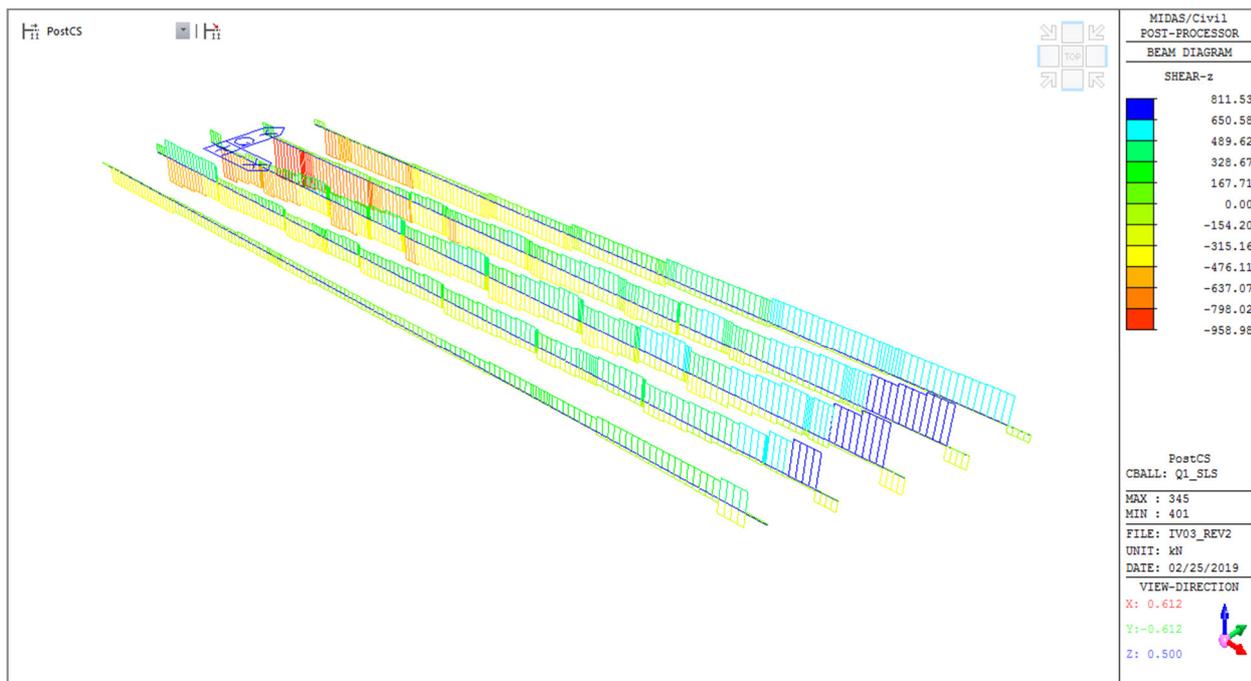


Figura 21 - Q1_SLS Tz diagramma involuppo

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

9 RISULTATI

Di seguito si riportano le verifiche di resistenza degli elementi costituenti l'impalcato. In particolare si riportano le verifiche delle travi principali, dei controventi inferiori, dei traversi e della soletta.

9.1 SOLLECITAZIONI NELLE TRAVI COMPOSTE

9.1.1 Sollecitazioni da carichi permanenti

Nel seguito si riportano i diagrammi delle sollecitazioni flettenti e taglianti per le condizioni di carico principali.

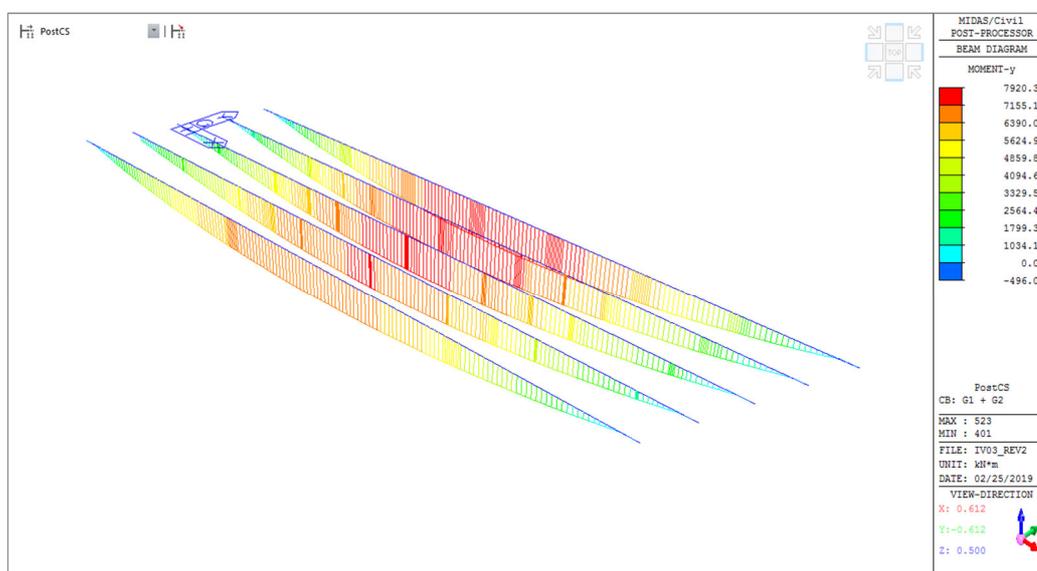


Figura 22 - G1 + G2: My

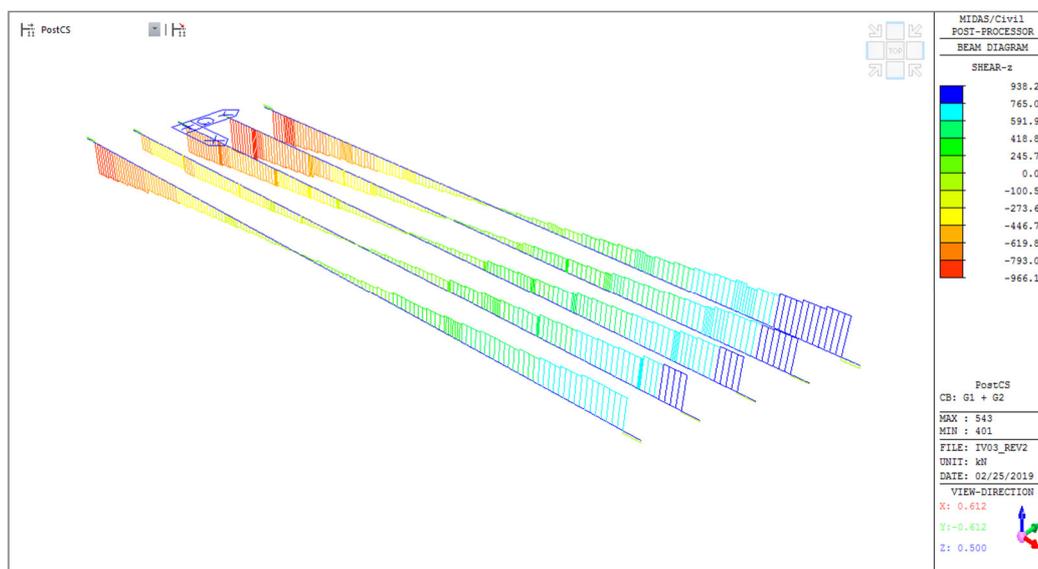


Figura 23 - G1 + G2: Tz

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

9.1.2 Sollecitazioni nelle combinazioni di carico agli SLU

Nel seguito si riportano i diagrammi involuppo delle sollecitazioni flettenti e taglianti per le combinazioni involuppo agli SLU STR ritenute significative ai fini di verifica.

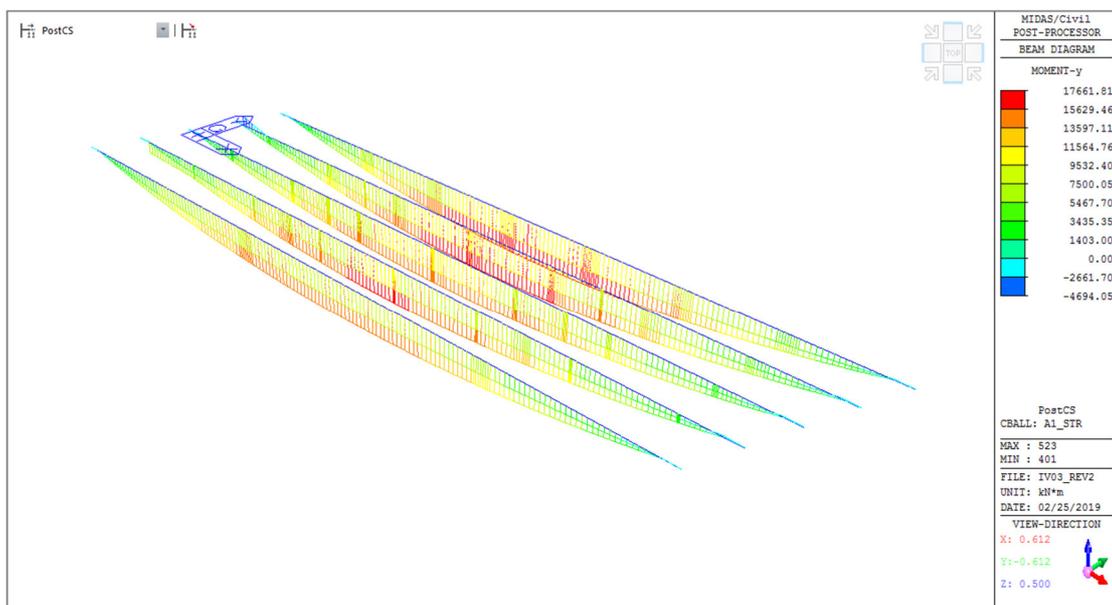


Figura 24 – SLU A1_STR Involuppo: My

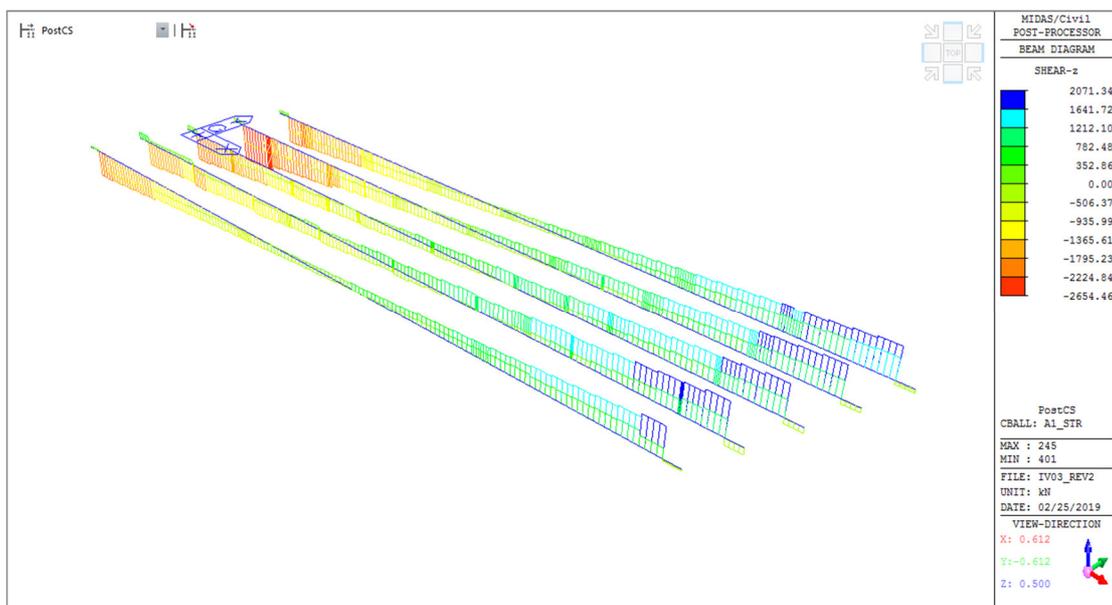


Figura 25 – SLU A1_STR Involuppo: Tz

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

9.1.3 Sollecitazioni nelle combinazioni di carico agli SLS

Nel seguito si riportano i diagrammi involuppo delle sollecitazioni flettenti e taglianti per le due combinazioni involuppo agli SLS RARA e FREQUENTE e ritenute significative ai fini di verifica.

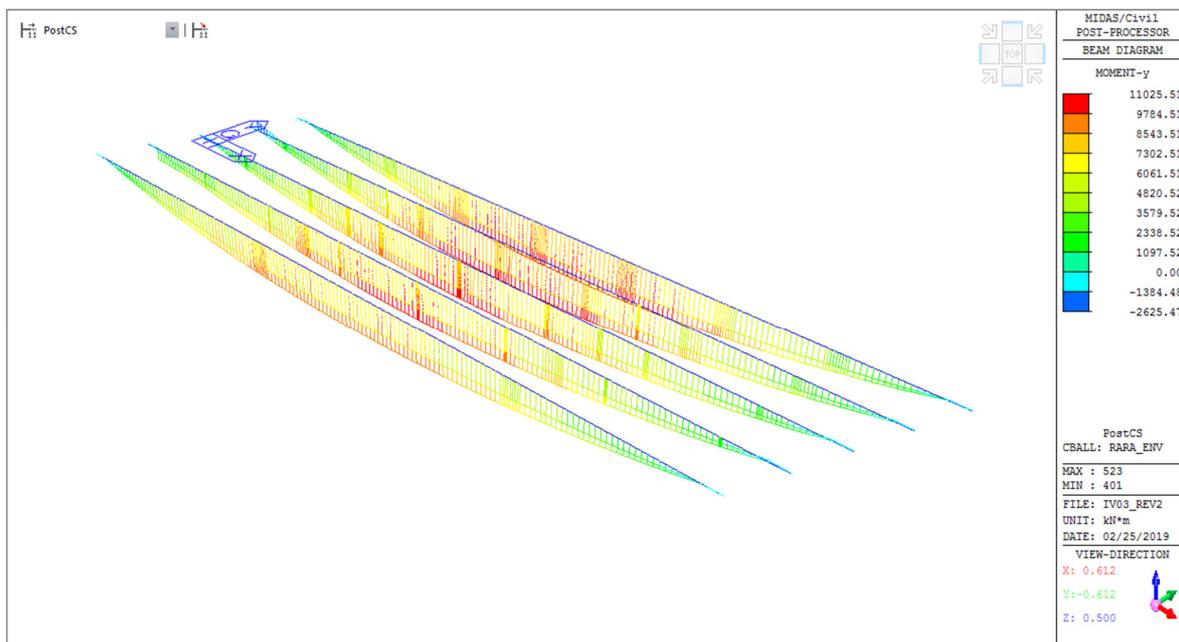


Figura 26 – SLS RARA Involuppo: My

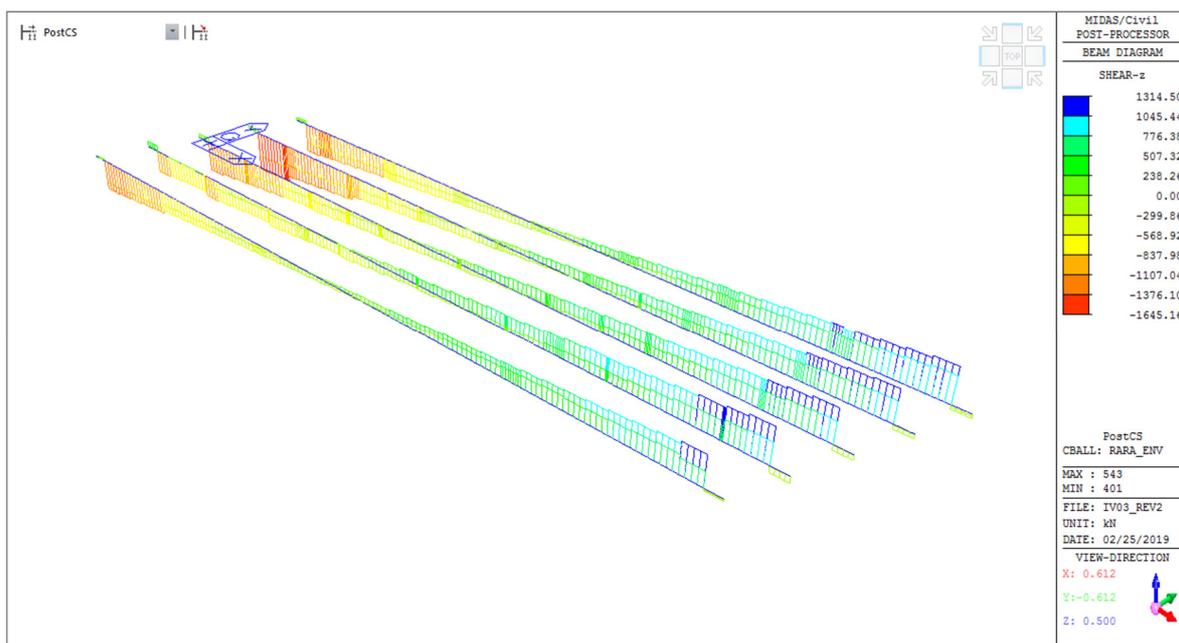


Figura 27 - SLS RARA Involuppo: Tz



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	60 di 87

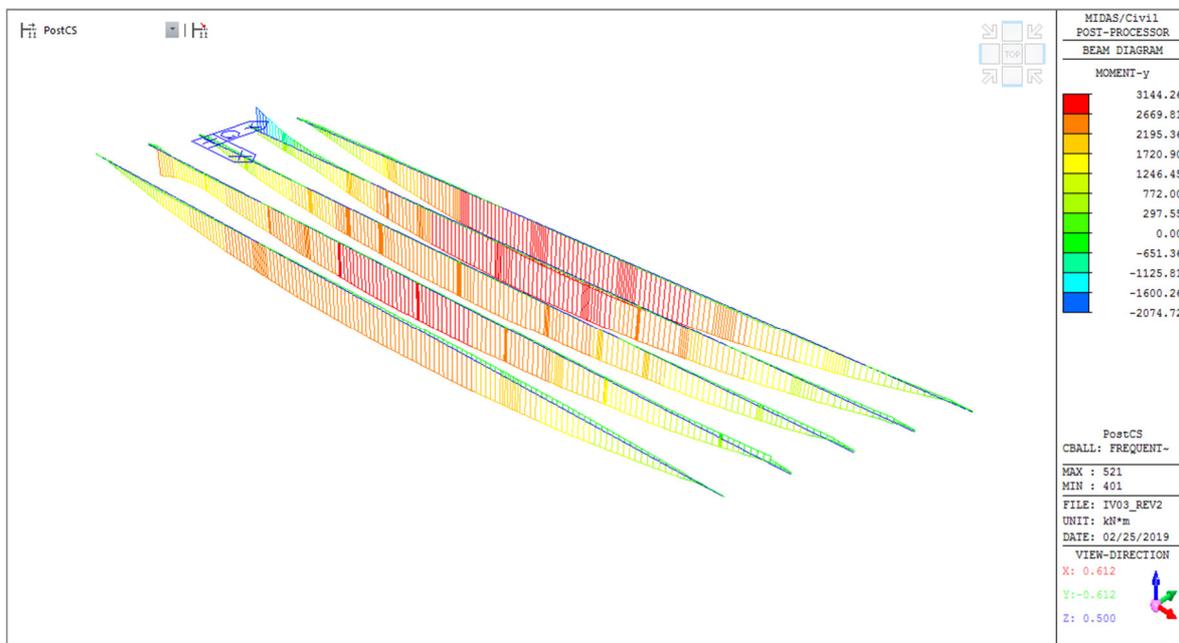


Figura 28 – SLS FREQUENTE Involuppo: My

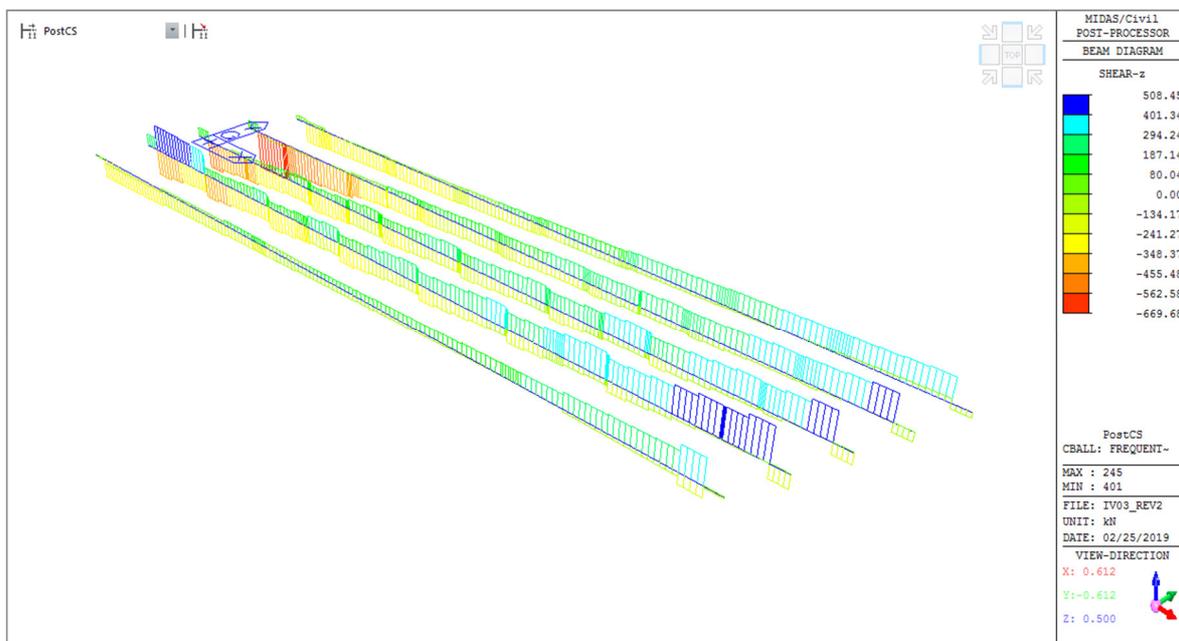


Figura 29 – SLS FREQUENTE Involuppo: Tz

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

9.2 VERIFICA DELLE TRAVI COMPOSTE AGLI SLU

Si riportano nel seguito le verifiche agli SLU delle nervature principali:

- a pressoflessione;
- a taglio;
- per instabilità flesso-torsionale;
- a scorrimento trave – soletta.

Le verifiche agli SLU sono state svolte per gli elementi maggiormente sollecitati, ovvero per gli elementi lungo la trave di bordo esterno curva (elementi da 500 a 544).

9.2.1 Verifiche a pressoflessione

Nella tabella a seguire si riporta il segno del momento di progetto, la combinazione di carico per cui si attinge tale momento, la classificazione della sezione, l'aliquota di azione agente sulla sola sezione di acciaio e quella agente sulla sezione composta, il momento resistente plastico e quello elastico. Il momento resistente di progetto è da intendersi plastico o elastico a seconda della classe della sezione. Infine sull'ultima colonna si riporta il valore del rapporto fra azione di progetto e resistenza.

L'armatura presente in soletta è costituita superiormente e inferiormente da barre $\Phi 18/20$.

Elem	Pos./Neg	Lcom	Class				Ma,Ed	Mc,Ed	Mpl,Rd	Mel,Rd	M_Rd	M _{ed} /M _R d
			To p	Bo t	We b	Sect .	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-
500	Neg	A1_STR.1.max.M	1	4	3	4	-2.1385	-122.973	23577.2 3	18575.2 6	18575.2 6	0.007
501	Neg	A1_STR.1.max.M	1	4	4	4	-51.4044	-445.249	23577.2 3	18575.2 6	18575.2 6	0.027
502	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	641.500 8	968.708 2	31617.0 4	27062.2 9	31617.0 4	0.051
503	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	967.178 7	1545.92 6	31617.0 4	26959.9 9	31617.0 4	0.079
504	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	1278.88 4	2079.01	31617.0 4	26862.0 8	31617.0 4	0.106
505	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	1896.22	3185.63 5	31617.0 4	26668.1 8	31617.0 4	0.161
506	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	2478.97 9	4201.78 3	31617.0 4	26485.1 3	31617.0 4	0.211
507	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	3025.37 3	5131.67 5	31617.0 4	26313.5 1	31617.0 4	0.258
508	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	3538.23 8	5972.86 3	31617.0 4	26152.4 2	31617.0 4	0.301
509	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	3778.05 2	6355.76 9	31617.0 4	26077.0 9	31617.0 4	0.321
510	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	4000.45 6	6735.08 9	31617.0 4	26007.2 4	31617.0 4	0.340
511	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	4433.07 3	7519.04 8	31617.0 4	25871.3 5	31617.0 4	0.378

Elem	Pos./Neg	Lcom	Class				Ma,Ed	Mc,Ed	Mpl,Rd	Mel,Rd	M_Rd	M _{ed} /M _R d
			Top	Bot	Web	Sect	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-
512	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	4834.10 6	8208.68 6	36410.7	31563.0 9	36410.7	0.358
513	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	5173.4	8810.54 2	36410.7	31482.9 7	36410.7	0.384
514	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	5490.31 9	9353.05 1	36410.7	31408.1 4	36410.7	0.408
515	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	5637.44 4	9589.02 4	36410.7	31373.3 9	36410.7	0.418
516	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	5748.18 8	9789.00 3	36410.7	31347.2 4	36410.7	0.427
517	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	5968.70 3	10218.8 5	36410.7	31295.1 7	36410.7	0.445
518	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6152.07 4	10568.9 5	36410.7	31251.8 7	36410.7	0.459
519	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6296.83 7	10835.9 3	36410.7	31217.6 8	36410.7	0.471
520	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6409.53 4	11036.7 9	36410.7	31191.0 7	36410.7	0.479
521	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6452.68 8	11107.9 5	36410.7	31180.8 8	36410.7	0.482
522	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6465.38 5	11132.6 6	36410.7	31177.8 8	36410.7	0.483
523	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6475.84 2	11185.9 7	36410.7	31175.4 1	36410.7	0.485
524	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6448.30 6	11160.8 4	36410.7	31181.9 2	36410.7	0.484
525	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6381.86 5	11050.0 5	36410.7	31197.6 1	36410.7	0.479
526	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6282.31 4	10873.9 2	36410.7	31221.1 1	36410.7	0.471
527	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6217.68	10763.9 1	36410.7	31236.3 8	36410.7	0.466
528	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	6130.87	10622.6 8	36410.7	31256.8 8	36410.7	0.460
529	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	5926.44 4	10288.4 9	36410.7	31305.1 5	36410.7	0.445
530	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	5677.11 4	9914.64 5	31617.0 4	25502.4 1	31617.0 4	0.493
531	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	5416.55 8	9437.29 2	31617.0 4	25584.6 3	31617.0 4	0.470
532	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	5111.06 5	8886.46 4	31617.0 4	25681.0 3	31617.0 4	0.443
533	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	4939.53 3	8591.64 4	31617.0 4	25735.1 6	31617.0 4	0.428
534	Pos	A1_STR.2a.max. M	1	1	1	1	4768.77 9	8307.67 9	31617.0 4	25789.0 4	31617.0 4	0.414
535	Pos	A1 STR.1.max.N	1	1	1	1	4368.79 1	7640.53 5	31617.0 4	25915.2 5	31617.0 4	0.380
536	Pos	A1 STR.1.max.N	1	1	1	1	3928.76	6920.21 7	31617.0 4	26054.1 1	31617.0 4	0.343



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

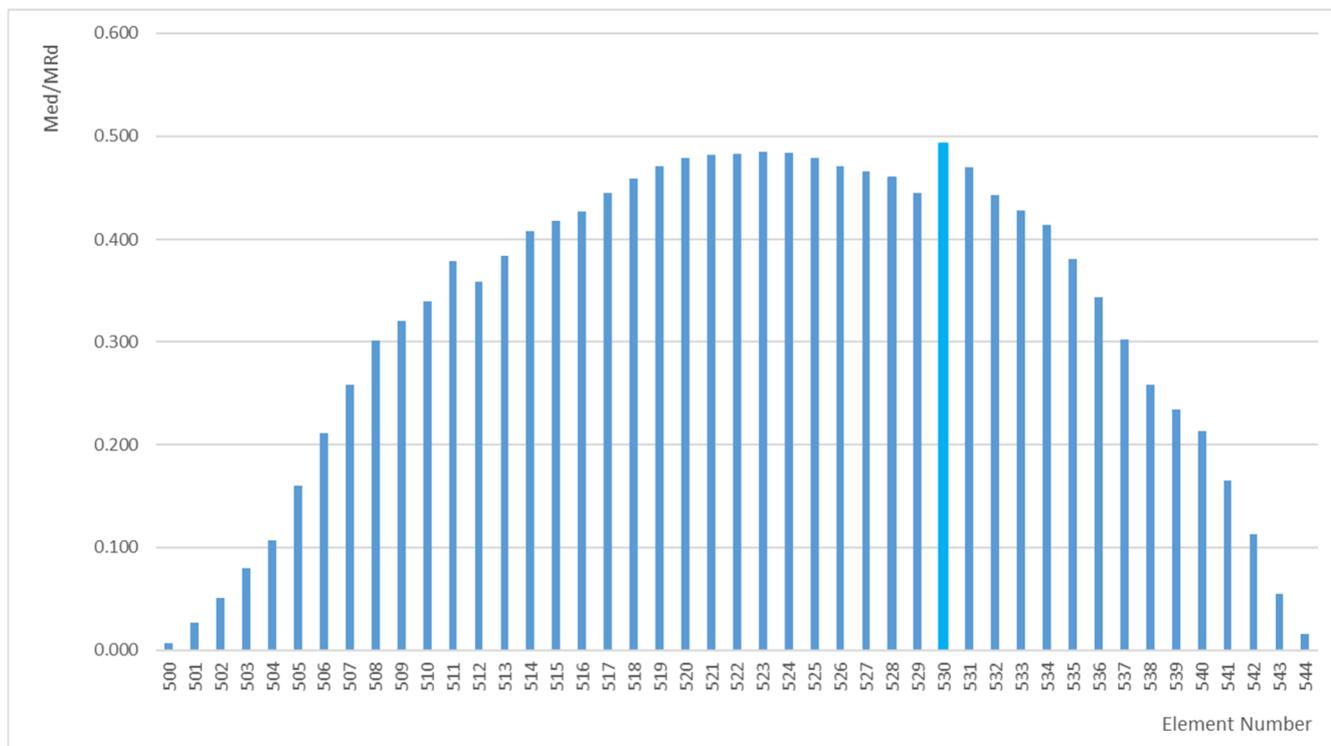
PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	63 di 87

Elem	Pos./Neg	Lcom	Class				Ma,Ed	Mc,Ed	Mpl,Rd	Mel,Rd	M_Rd	M _{ed} /M _{Rd}
			To p	Bo t	We b	Sect .	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	-
537	Pos	A1 STR.1.max.N	1	1	1	1	3451.105	6106.429	31617.04	26204.83	31617.04	0.302
538	Pos	A1 STR.1.max.N	1	1	1	1	2941.768	5220.494	31617.04	26365.55	31617.04	0.258
539	Pos	A1 STR.1.max.N	1	1	1	1	2670.254	4736.255	31617.04	26451.23	31617.04	0.234
540	Pos	A1 STR.1.max.N	1	1	1	1	2419.003	4336.588	31617.04	26530.51	31617.04	0.214
541	Pos	A1 STR.1.max.N	1	1	1	1	1860.685	3360.363	31617.04	26706.68	31617.04	0.165
542	Pos	A1 STR.1.max.N	1	1	1	1	1264.034	2283.462	31617.04	26894.96	31617.04	0.112
543	Pos	A1 STR.1.max.N	1	1	1	1	630.4091	1095.003	31617.04	27094.94	31617.04	0.055
544	Neg	A1 STR.1.max.M	1	4	3	4	-32.6802	-259.36	23577.23	18575.26	18575.26	0.016

Nel grafico a seguire è rappresentato il rapporto M_{Ed} / M_{Rd} per ciascun elemento della trave.





NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
 -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	64 di 87

9.2.2 Verifiche a taglio

Nella tabella a seguire si riporta la combinazione di carico per cui si attinge la sollecitazione tagliante massima, la classificazione della sezione, l'azione di progetto, il taglio resistente plastico e quello per buckling, il taglio resistente di progetto e sull'ultima colonna si riporta il valore del rapporto fra azione di progetto e resistenza.

Tabella 18 – Verifiche a Taglio

Elem	Lcom	Type	Class				N_Ed [kN]	M_Ed [kNm]	V_Ed [kN]	Vpl,Rd [kN]	Vb,Rd [kN]	VRd [kN]	VEd/VRd -
			Top	Bot	Web	Sect.							
500	A1_STR.1.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	173.1	80.4	241.0	6714.5	3077.2	3077.2	0.078
501	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	4	4	4	4.5	506.0	-1945.9	6714.5	3077.1	3077.1	0.632
502	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	40.0	6282.9	-1834.7	6714.5	3069.0	3069.0	0.598
503	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	-35.1	9625.4	-1768.7	6714.5	3057.8	3057.8	0.578
504	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	20.7	12867.3	-1704.4	6714.5	3042.7	3042.7	0.560
505	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	37.5	19236.1	-1612.5	6714.5	3000.2	3000.2	0.537
506	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	63.3	25206.9	-1514.8	6714.5	2975.9	2975.9	0.509
507	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	102.1	30762.8	-1413.6	6714.5	2975.9	2975.9	0.475
508	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	133.6	35951.9	-1315.5	6714.5	2975.9	2975.9	0.442
509	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	103.1	38372.9	-1328.3	6714.5	2975.9	2975.9	0.446
510	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	134.9	40713.7	-1264.8	6714.5	2975.9	2975.9	0.425
511	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	142.9	45193.3	-1177.7	6714.5	2975.9	2975.9	0.396
512	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	143.8	38165.3	-1087.7	5696.2	2272.3	2272.3	0.479
513	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	184.6	40821.7	-998.5	5696.2	2272.3	2272.3	0.439
514	A1_STR.2a.max.M	FX-MIN	1	1	1	1	225.3	43282.2	-902.3	5696.2	2272.3	2272.3	0.397
515	A1_STR.2b.max.N	FX-MIN	1	1	1	1	288.3	44156.0	-861.0	5696.2	2272.3	2272.3	0.379
516	A1_STR.2b.max.N	FX-MIN	1	1	1	1	329.7	45101.9	-793.5	5696.2	2272.3	2272.3	0.349
517	A1_STR.2b.max.N	FX-MIN	1	1	1	1	340.9	46911.0	-701.8	5696.2	2272.3	2272.3	0.309
518	A1_STR.2b.max.N	FX-MIN	1	1	1	1	358.7	48386.6	-609.8	5696.2	2272.3	2272.3	0.268
519	A1_STR.2b.max.N	FX-MIN	1	1	1	1	384.9	49518.6	-521.5	5696.2	2272.3	2272.3	0.230
520	A1_STR.2b.max.N	FX-MIN	1	1	1	1	416.3	50375.7	-424.0	5696.2	2272.3	2272.3	0.187
521	A1_STR.2b.max.N	FX-MIN	1	1	1	1	419.9	50684.7	-374.7	5696.2	2272.3	2272.3	0.165
522	A1_STR.2b.max.N	FX-MIN	1	1	1	1	438.2	50857.7	-302.3	5696.2	2272.3	2272.3	0.133
523	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	711.5	57988.9	346.0	5696.2	2272.3	2272.3	0.152
524	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	713.7	57764.8	441.9	5696.2	2272.3	2272.3	0.194
525	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	730.2	57173.8	533.1	5696.2	2272.3	2272.3	0.235
526	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	738.4	56278.2	630.2	5696.2	2272.3	2272.3	0.277
527	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	743.0	55701.0	669.4	5696.2	2272.3	2272.3	0.295
528	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	734.7	54932.4	750.9	5696.2	2272.3	2272.3	0.330
529	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	715.0	53120.8	852.8	5696.2	2272.3	2272.3	0.375
530	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	708.2	65515.1	953.3	6714.5	2975.9	2975.9	0.320
531	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	687.6	62486.0	1049.8	6714.5	2975.9	2975.9	0.353



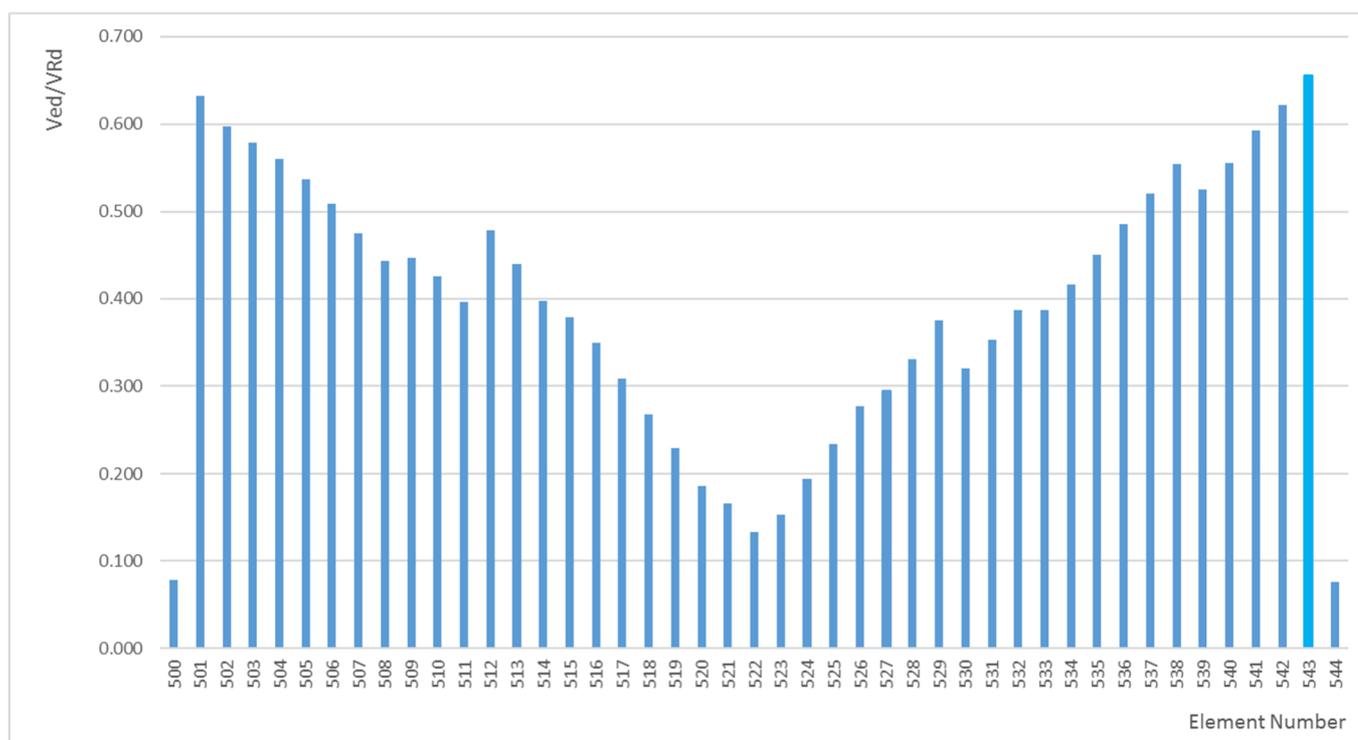
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
 - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	65 di 87

Elem	Lcom	Type	Class				N_Ed	M_Ed	V_Ed	Vpl,Rd	Vb,Rd	VRd	VEd/VRd
			Top	Bot	Web	Sect.	[kN]	[kNm]	[kN]	[kN]	[kN]	[kN]	-
532	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	680.8	58943.2	1149.4	6714.5	2975.9	2975.9	0.386
533	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	697.7	56968.4	1151.8	6714.5	2975.9	2975.9	0.387
534	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	656.6	55012.1	1235.9	6714.5	2975.9	2975.9	0.415
535	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	609.8	50427.2	1340.5	6714.5	2975.9	2975.9	0.450
536	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	570.0	45376.3	1445.3	6714.5	2975.9	2975.9	0.486
537	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	534.0	39863.8	1549.0	6714.5	2975.9	2975.9	0.521
538	A1_STR.2a.max.M	FX-MAX	1	1	1	1	493.6	33970.1	1650.5	6714.5	2975.9	2975.9	0.555
539	A1_STR.1.max.N	FX-MAX	1	1	1	1	563.7	30888.2	1564.6	6714.5	2975.9	2975.9	0.526
540	A1_STR.1.max.N	FX-MAX	1	1	1	1	482.7	28027.8	1653.1	6714.5	2975.9	2975.9	0.555
541	A1_STR.1.max.N	FX-MAX	1	1	1	1	400.6	21583.5	1765.6	6714.5	2980.3	2980.3	0.592
542	A1_STR.1.max.N	FX-MAX	1	1	1	1	321.7	14663.1	1887.0	6714.5	3032.5	3032.5	0.622
543	A1_STR.1.max.N	FX-MAX	1	1	1	1	258.5	7269.1	2011.9	6714.5	3066.2	3066.2	0.656
544	A1_STR.2b.max.N	FX-MIN	1	4	3	4	119.1	302.1	-231.5	6714.5	3077.2	3077.2	0.075

Nel grafico a seguire è rappresentato il rapporto V_{Ed} / V_{Rd} per ciascun elemento della trave.





NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
 -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	66 di 87

9.2.3 Verifiche per instabilità flessio-torsionale

Nella tabella a seguire si riporta la combinazione di carico per cui si attinge la sollecitazione flettente massima, la classificazione della sezione, l'azione normale e flettente di progetto e quelle resistenti per buckling e l'interaction factor I_R .

Tabella 19 – Verifiche per instabilità flessio-torsionale

Elem	Lcom	Type	Sect. Class	N_Ed	M_Ed	Nb,Rd	Mb,Rd	Mcr	i _R
				[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	-
500	A1 STR.1.max.M	FX-MIN	4	107.5312	-122.973	28010.92	18575.26	167.9926	0.0105
501	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	4	-35.2755	-439.231	28010.92	18575.26	235.4544	0.0249
502	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	374.0084	954.2054	67943.17	31617.04	489.4325	0.0357
503	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	402.2991	1524.084	67943.17	31617.04	459.5506	0.0541
504	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	409.0611	2053.278	67943.17	31617.04	241.3034	0.071
505	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	352.8131	3185.635	67943.17	31617.04	227.8515	0.1059
506	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	385.1647	4201.783	67943.17	31617.04	221.3679	0.1386
507	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	430.5869	5131.675	67943.17	31617.04	217.0559	0.1686
508	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	463.2797	5972.863	67943.17	31617.04	415.1465	0.1957
509	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	481.3223	6355.769	67943.17	31617.04	413.3126	0.2081
510	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	473.7895	6735.089	67943.17	31617.04	211.804	0.22
511	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	467.9178	7519.048	67943.17	31617.04	210.0193	0.2447
512	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	475.4423	8208.686	72863.47	36410.7	358.4151	0.232
513	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	539.7463	8810.542	72863.47	36410.7	356.4018	0.2494
514	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	575.8515	9353.051	72863.47	36410.7	699.0663	0.2648
515	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	579.5131	9589.024	72863.47	36410.7	696.7938	0.2713
516	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	583.2156	9789.003	72863.47	36410.7	352.0818	0.2769
517	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	579.3788	10218.85	72863.47	36410.7	350.6676	0.2886
518	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	593.2701	10568.95	72863.47	36410.7	349.3586	0.2984
519	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	625.1303	10835.93	72863.47	36410.7	348.2564	0.3062
520	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	647.8443	11036.79	72863.47	36410.7	691.3441	0.312
521	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	647.5578	11107.95	72863.47	36410.7	689.242	0.314
522	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	642.4874	11132.66	72863.47	36410.7	344.7025	0.3146
523	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	630.4372	11185.97	72863.47	36410.7	345.2159	0.3159
524	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	635.0068	11160.84	72863.47	36410.7	346.4159	0.3152
525	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	658.3589	11050.05	72863.47	36410.7	347.5015	0.3125
526	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	673.1372	10873.92	72863.47	36410.7	693.2403	0.3079
527	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	682.7693	10763.91	72863.47	36410.7	695.5035	0.305
528	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	677.8665	10622.68	72863.47	36410.7	351.5037	0.301
529	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	662.5925	10288.49	72863.47	36410.7	352.763	0.2917
530	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	667.7998	9914.645	68871.3	31617.04	206.4156	0.3233



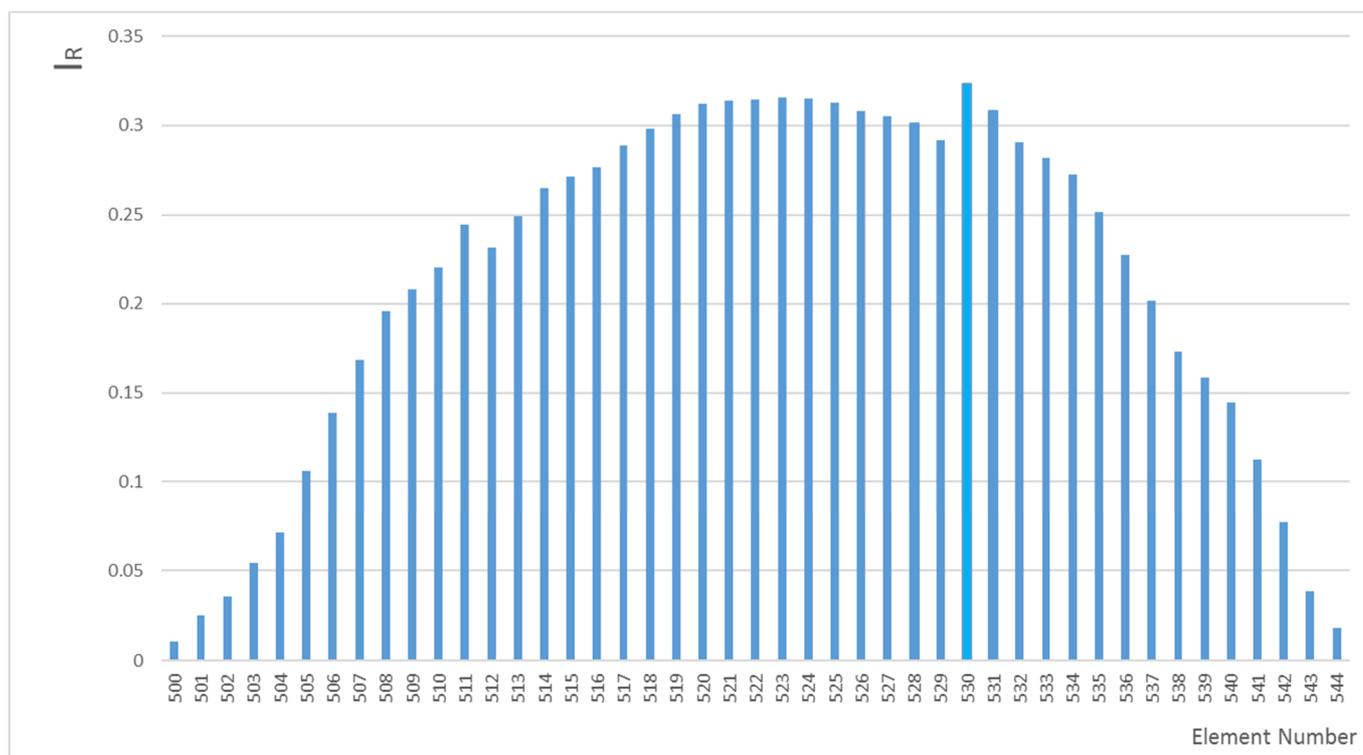
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
 - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	67 di 87

Elem	Lcom	Type	Sect. Class	N_Ed	M_Ed	Nb,Rd	Mb,Rd	Mcr	ir
				[kN]	[kNm]	[kN]	[kNm]	[kNm]	-
531	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1	643.404	9437.292	68871.3	31617.04	207.4336	0.3078
532	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	744.356	8851.72	68871.3	31617.04	409.1041	0.2908
533	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	772.6007	8561.024	68871.3	31617.04	410.5157	0.282
534	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	720.9691	8286.99	68871.3	31617.04	210.5049	0.2726
535	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	669.4232	7640.535	68871.3	31617.04	212.2108	0.2514
536	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	627.6128	6920.217	68871.3	31617.04	214.6362	0.228
537	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	590.7822	6106.429	68871.3	31617.04	217.838	0.2017
538	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	547.251	5220.494	68871.3	31617.04	422.9246	0.1731
539	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	582.8394	4736.255	68871.3	31617.04	425.4283	0.1583
540	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	493.1171	4336.588	68871.3	31617.04	228.5358	0.1443
541	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	405.879	3360.363	68871.3	31617.04	241.4523	0.1122
542	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	323.1922	2283.462	68871.3	31617.04	269.6151	0.0769
543	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1	255.805	1095.003	68871.3	31617.04	386.891	0.0383
544	A1 STR.1.max.N	FX-MIN	4	120.6989	-258.845	28010.92	18575.26	167.8502	0.0182

Nel grafico a seguire è rappresentato l'interaction factor I_R per ciascun elemento della trave.



 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

9.2.4 Verifiche dei connettori

Nella tabella a seguire si riporta la combinazione di carico per cui si attinge la sollecitazione tagliante massima, la sollecitazione di taglio e lo scorrimento di progetto di progetto, la resistenza del singolo connettore e la resistenza a scorrimento per unità di lunghezza nonché il rapporto tra scorrimento di progetto e relativa resistenza.

Tabella 20 – Verifiche dei connettori

Elem	Lcom	Type	V_L,Ed	v_L,Ed	P_Rd	v_L,Rd	v_L,Ed / v_L,Rd
			[kN]	[kN/m]	[kN]	[kN/m]	-
500	A1 STR.1.max.M	FX-MAX	207.2	99.7	109.5	1642.2	0.061
501	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-1258.5	605.6	109.5	1642.2	0.369
502	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-1183.6	569.5	109.5	1642.2	0.347
503	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-1138.7	548.0	109.5	1642.2	0.334
504	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-1097.4	528.1	109.5	1642.2	0.322
505	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-1036.7	498.9	109.5	1642.2	0.304
506	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-970.1	466.8	109.5	1642.2	0.284
507	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-900.0	433.1	109.5	1642.2	0.264
508	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-834.6	401.6	109.5	1642.2	0.245
509	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-882.8	424.8	109.5	1642.2	0.259
510	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-841.2	404.8	109.5	1642.2	0.246
511	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-785.4	378.0	109.5	1642.2	0.230
512	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-726.8	328.7	109.5	1642.2	0.200
513	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-667.6	301.9	109.5	1642.2	0.184
514	A1 STR.2a.max.M	FX-MIN	-606.0	274.1	109.5	1642.2	0.167
515	A1 STR.2b.max.N	FX-MIN	-614.5	277.9	109.5	1642.2	0.169
516	A1 STR.2b.max.N	FX-MIN	-570.6	258.1	109.5	1642.2	0.157
517	A1 STR.2b.max.N	FX-MIN	-513.5	232.2	109.5	1642.2	0.141
518	A1 STR.2b.max.N	FX-MIN	-455.1	205.8	109.5	1642.2	0.125
519	A1 STR.2b.max.N	FX-MIN	-396.9	179.5	109.5	1642.2	0.109
520	A1 STR.2b.max.N	FX-MIN	-335.1	151.5	109.5	1642.2	0.092
521	A1 STR.2b.max.N	FX-MIN	-336.8	152.3	109.5	1642.2	0.093
522	A1 STR.2b.max.N	FX-MIN	-289.3	130.8	109.5	1642.2	0.080
523	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	323.3	146.2	109.5	1642.2	0.089
524	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	384.4	173.9	109.5	1642.2	0.106
525	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	443.8	200.7	109.5	1642.2	0.122
526	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	504.1	228.0	109.5	1642.2	0.139
527	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	497.7	225.1	109.5	1642.2	0.137
528	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	553.2	250.2	109.5	1642.2	0.152
529	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	618.6	279.8	109.5	1642.2	0.170
530	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	683.4	322.7	109.5	1642.2	0.197
531	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	747.6	353.0	109.5	1642.2	0.215



NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

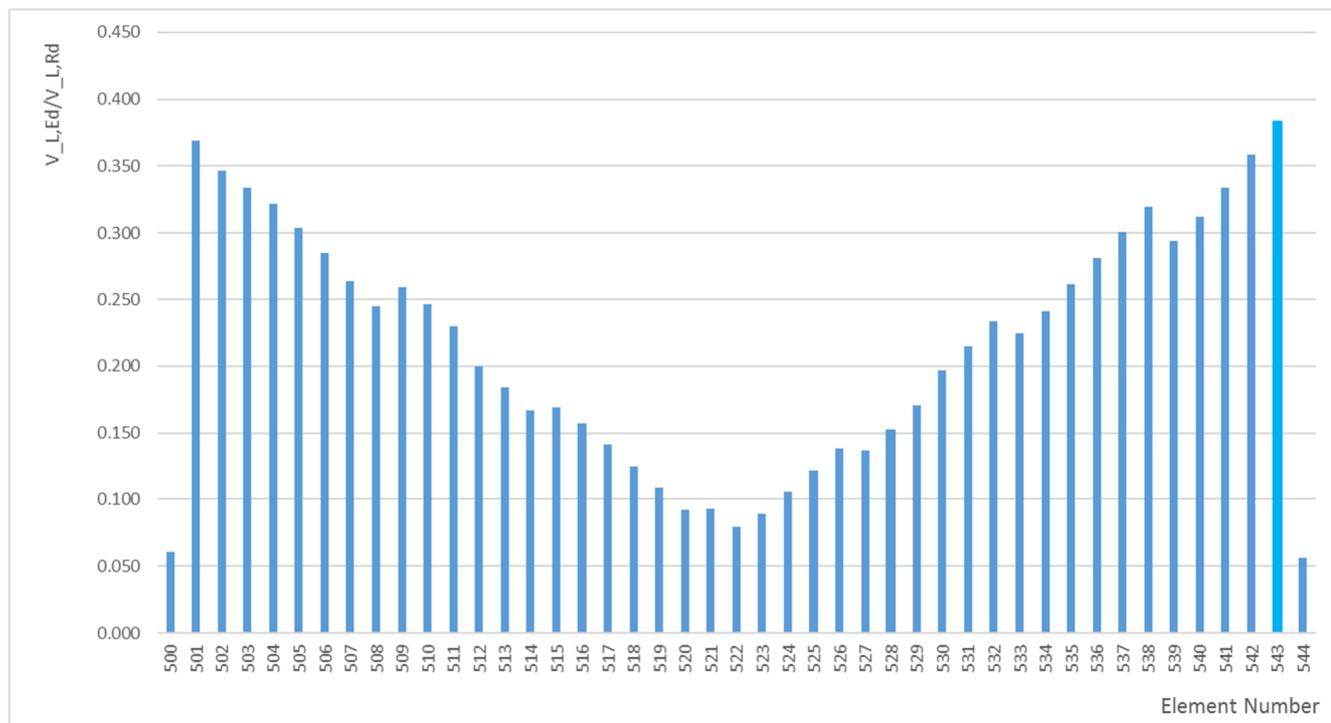
PROGETTO DEFINITIVO

M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
- VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	69 di 87

532	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	811.1	383.0	109.5	1642.2	0.233
533	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	781.1	368.9	109.5	1642.2	0.225
534	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	838.3	395.9	109.5	1642.2	0.241
535	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	907.3	428.4	109.5	1642.2	0.261
536	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	977.0	461.4	109.5	1642.2	0.281
537	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1046.4	494.1	109.5	1642.2	0.301
538	A1 STR.2a.max.M	FX-MAX	1111.9	525.0	109.5	1642.2	0.320
539	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1023.4	483.3	109.5	1642.2	0.294
540	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1085.2	512.4	109.5	1642.2	0.312
541	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1161.1	548.3	109.5	1642.2	0.334
542	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1246.4	588.6	109.5	1642.2	0.358
543	A1 STR.1.max.N	FX-MAX	1332.3	629.1	109.5	1642.2	0.383
544	A1 STR.2b.max.N	FX-MIN	-194.9	92.0	109.5	1642.2	0.056

Nel grafico a seguire è rappresentato il rapporto $v_{L,Ed} / v_{L,Rd}$ per ciascun elemento della trave.



	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

9.2.5 Verifiche allo Stato Limite Ultimo di Fatica

Le verifiche a fatica sono svolte per vita illimitata, facendo riferimento a dettagli caratterizzati da limiti di fatica ad ampiezza costante sul massimo delta di tensione ideale $\Delta\sigma_{\max} = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})$ e tangenziale $\Delta\tau_{\max} = (\tau_{\max} - \tau_{\min})$.

Nel caso in esame si fa riferimento ai seguenti dettagli:

- saldature di composizione delle travi principali;
- giunto trasversale saldato delle travi principali;
- saldature degli irrigidenti trasversali sulle piattabande e sull'anima delle travi principali;
- saldature degli irrigidenti longitudinali sull'anima delle travi principali;
- saldature dei pioli alle piattabande superiori;
- giunto trasversale bullonato della trave di spina.

La classe di dettaglio definisce le classi di resistenza a fatica in termini di range tensionali, $\Delta\sigma_C$ e $\Delta\tau_C$ espressi in MPa per $N = 2 \times 10^6$ cicli, e i limiti a fatica ad ampiezza costante, $\Delta\sigma_D$ e $\Delta\tau_D$ espressi in MPa per $N = 5 \times 10^6$ cicli e per $N = 1 \times 10^8$ cicli rispettivamente.

La verifica consiste quindi nel soddisfare i seguenti criteri:

- $\Delta\sigma_{\max} \leq \Delta\sigma_D / \gamma_{Mf}$;
- $\Delta\tau_{\max} \leq \Delta\tau_D / \gamma_{Mf}$.

Dove γ_{Mf} è il coefficiente parziale per le verifiche a fatica. I valori sono riportati nella tabella seguente:

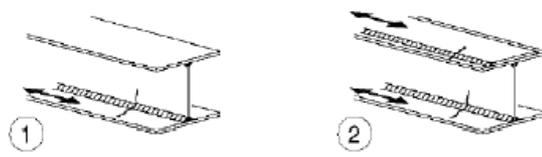
Tabella C4.2.XII – Coefficienti parziali γ_{Mf} per verifiche a fatica

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

Le classi di dettaglio a cui si fa riferimento sono riepilogate nel seguito.

saldature a completa penetrazione di composizione delle travi principali

Tabella C4.2.XIV *Dettagli costruttivi per sezioni saldate ($\Delta\sigma$)*

Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
125		Saldatura longitudinali continue 1) Saldatura automatica a piena penetrazione effettuata da entrambi i lati 2) Saldatura automatica a cordoni d'angolo. Le parti terminali dei piatti di rinforzo devono essere verificate considerando i dettagli 5) e 6) della tabella C4.2.XXI	1) e 2) Non sono consentite interruzioni/riprese, a meno che la riparazione sia eseguita da un tecnico qualificato e siano eseguiti controlli atti a verificare la corretta esecuzione della riparazione

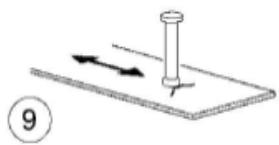
$\Delta\sigma_C = 125$ MPa

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

$\Delta\sigma_D = 0.737 \Delta\sigma_C = 92.13 \text{ MPa}$; (ref. Circolare del 02/02/2009, Tab. C4.2.XIV, dettaglio 1);
 $\gamma_{Mf} = 1.35$.

- saldature dei pioli alle piattabande superiori

Tabella C4.2.XVI *Dettagli costruttivi per attacchi e irrigiditori saldati ($\Delta\sigma$)*

80		9) Effetto della saldatura del piolo sul materiale base della piastra	
----	---	--	--

$\Delta\sigma_C = 80 \text{ MPa}$ (ref. Circolare del 02/02/2009, Tab. C4.2.XVI, dettaglio 9);
 $\Delta\sigma_D = 0.737 \Delta\sigma_C = 58.96 \text{ MPa}$;
 $\gamma_{Mf} = 1.15$.

Si riportano di seguito i risultati dell'analisi per le verifiche a fatica.

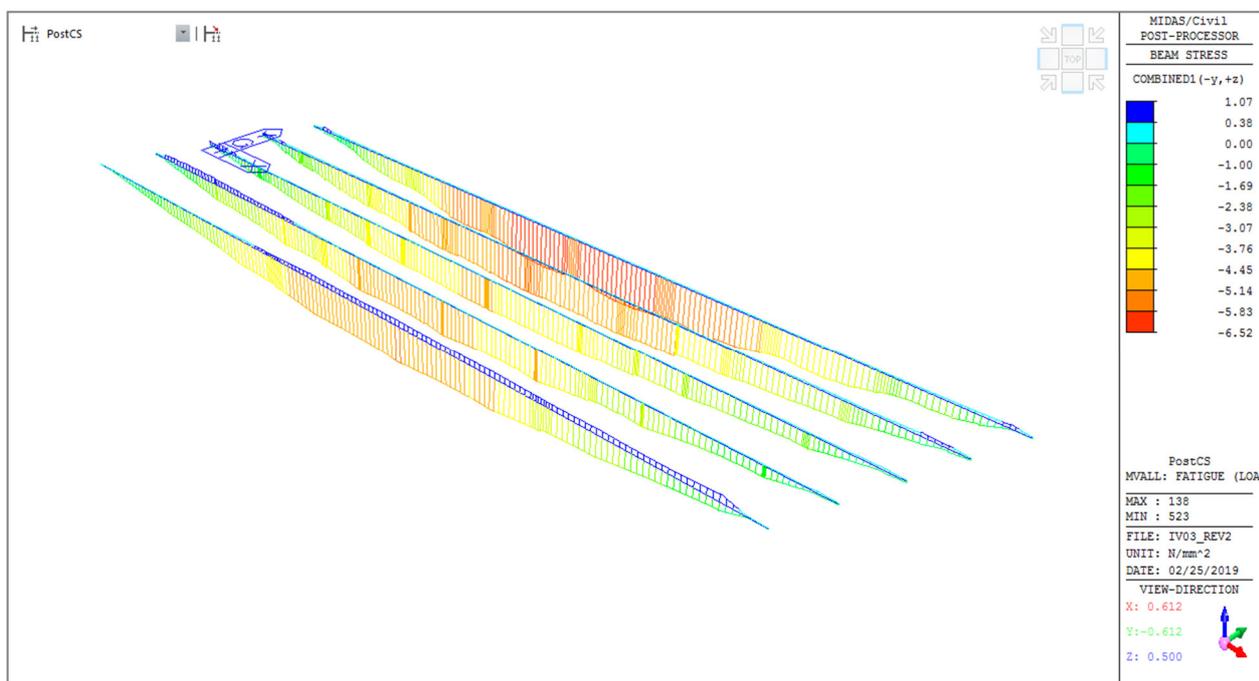


Figura 30 – Tensioni normali sulla piattabanda superiore

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

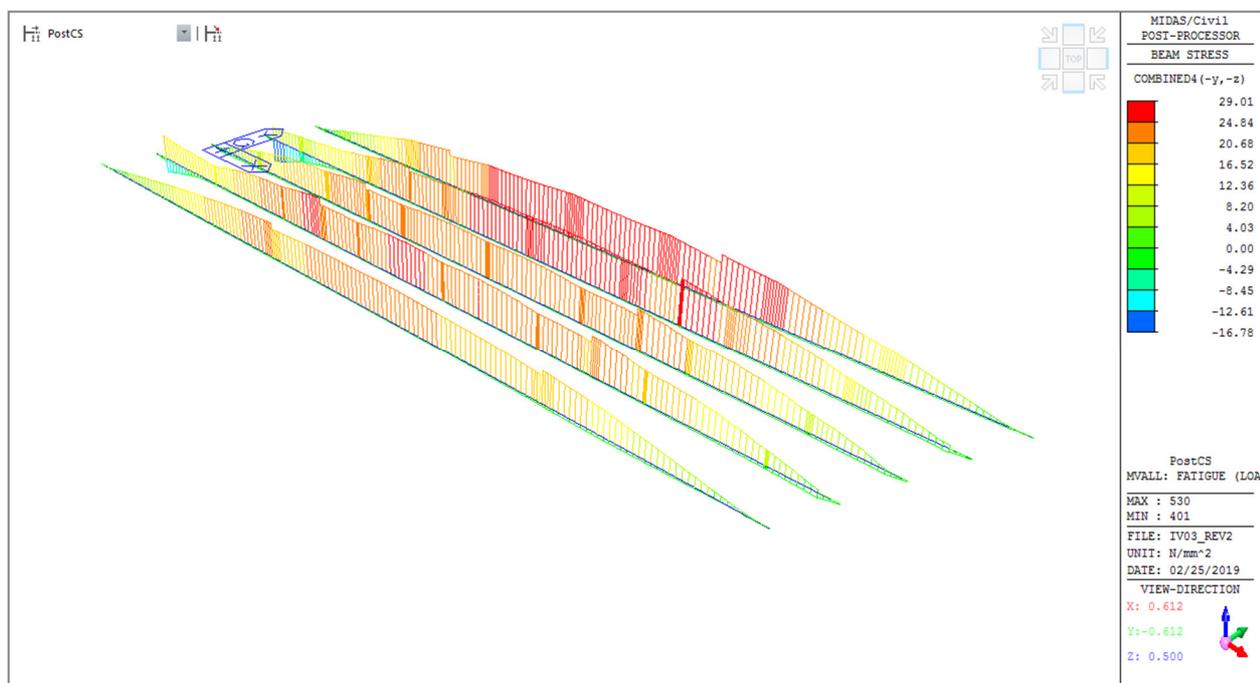


Figura 31 – Tensioni normali sulla piattabanda inferiore

Tabella 21 – Riepilogo verifiche a fatica

Piattabanda superiore	Dettaglio	$\Delta\sigma_C$	$\Delta\sigma_D$	k_t	γ_{Mf}	$\Delta\sigma_D k_t / \gamma_{Mf}$	$\Delta\sigma_{max}$	Verifica	
		Mpa	Mpa	-	-	Mpa	Mpa		
Limite su saldatura di composizione delle travi principali	Dettaglio 1 tab. C4.2.XIV	125	92.125	1	1.35	68.24	6.52	0.096	VERIFICATO
Limite su saldature dei pioli alle piattabande superiori	Dettaglio 9 tab. C4.2.XIV	80	58.96	1	1.15	51.27	6.52	0.127	VERIFICATO
Piattabanda inferiore	Dettaglio	$\Delta\sigma_C$	$\Delta\sigma_D$	k_t	γ_{Mf}	$\Delta\sigma_D k_t / \gamma_{Mf}$	$\Delta\sigma_{max}$	Verifica	
		Mpa	Mpa	-	-	Mpa	Mpa		
Limite su saldatura di composizione delle travi principali	Dettaglio 1 tab. C4.2.XIV	125	92.125	1	1.35	68.24	29.01	0.425	VERIFICATO

9.3 VERIFICA DELLE TRAVI COMPOSTE AGLI SLE

Si riportano nel seguito le verifiche agli SLE delle nervature principali:

- alle tensioni di esercizio;
- di deformabilità;
- a fessurazione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N°12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

9.3.1 Verifiche alle tensioni in esercizio

Si riportano nel diagramma a seguire le tensioni in esercizio minime e massime per la combinazione involuppo SLE – Rara e SLE – Quasi Permanente.

Si richiamano quindi i limiti tensionali nel calcestruzzo e nell'armatura per le due combinazioni di carico rilevanti:

Stato limite di esercizio SLE - Rara:

- $\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 21.6 \text{ MPa}$ (compressione)
- $\sigma_s = 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

Stato limite di esercizio SLE Quasi Permanente:

- $\sigma_c = 0.45 \cdot f_{ck} = 15.75 \text{ MPa}$ (compressione)

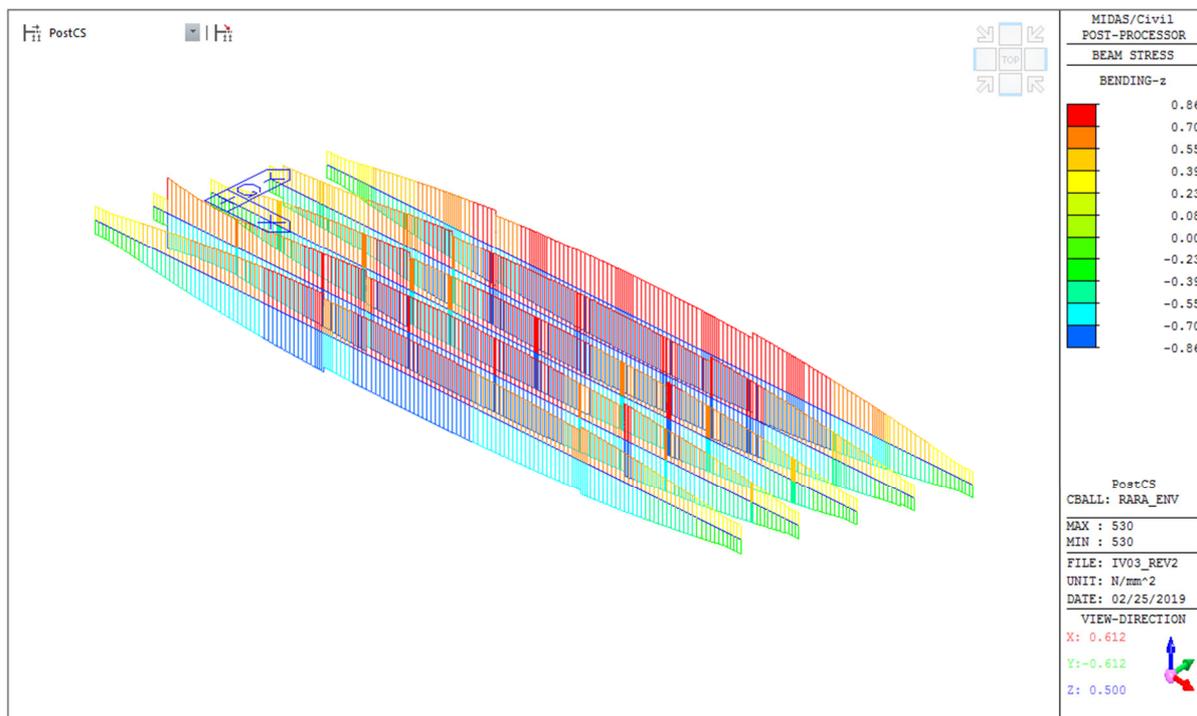


Figura 32 – Combinazione Involuppo SLE Rara, tensioni massime e minime nella soletta [MPa]

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

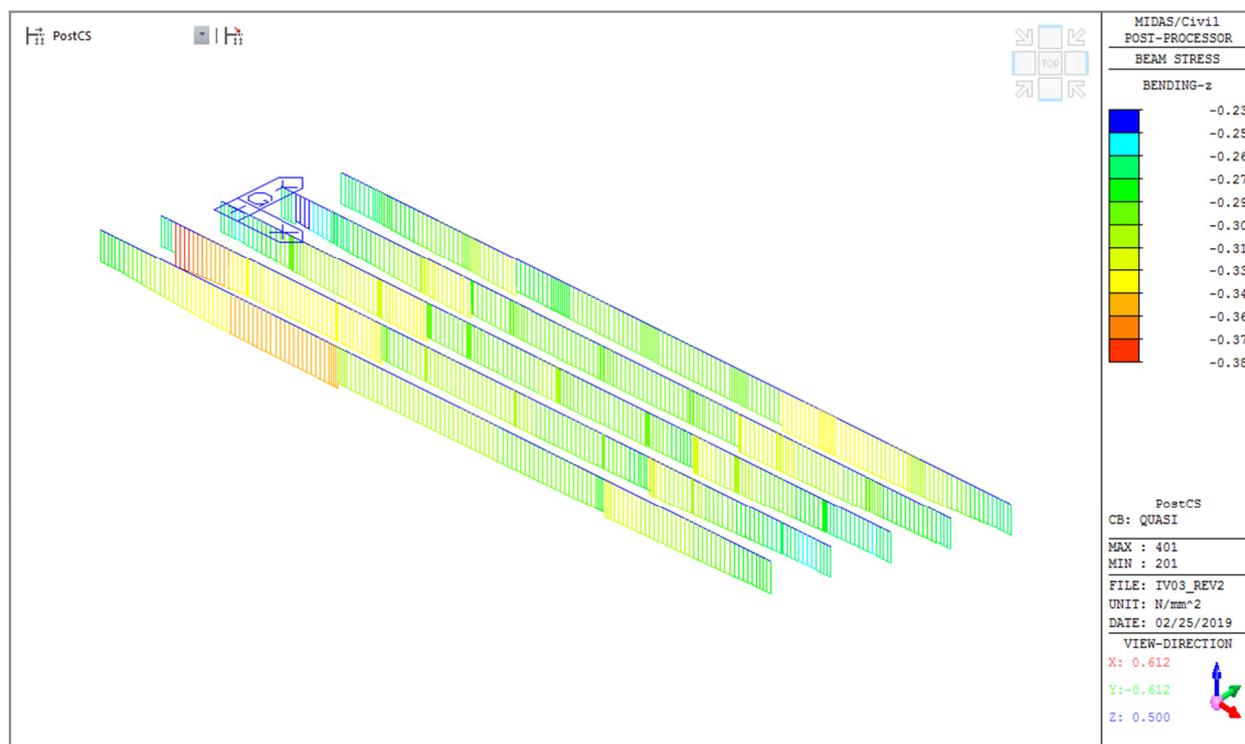


Figura 33 – Combinazione SLE Quasi Permanente, tensioni massime e minime nella soletta [MPa]

Le tensioni normali di compressione nel calcestruzzo e di trazione nell'armatura nelle diverse combinazioni di esercizio risultano quindi inferiori ai limiti previsti dalla normativa.

9.3.2 Verifiche a fessurazione

La tensione di trazione nel calcestruzzo è inferiore al limite di fessurazione per il calcestruzzo della soletta:

$$\sigma_{ct,lim} = f_{ctm} / 1.2 = 2.42 \text{ MPa (trazione)}$$

Pertanto la verifica è soddisfatta.

9.3.3 Verifiche di deformabilità

Si riportano nel diagramma a seguire gli spostamenti verticali massimi per la combinazione involucro SLE Frequente depurati dell'aliquota dovuta alle azioni permanenti (G1+G2).

Lo spostamento massimo si verifica nella mezzeria della trave esterno curva ed è pari a:

- $\delta_z = 14.3 \text{ mm} < L/500 = 73 \text{ mm}$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N°12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

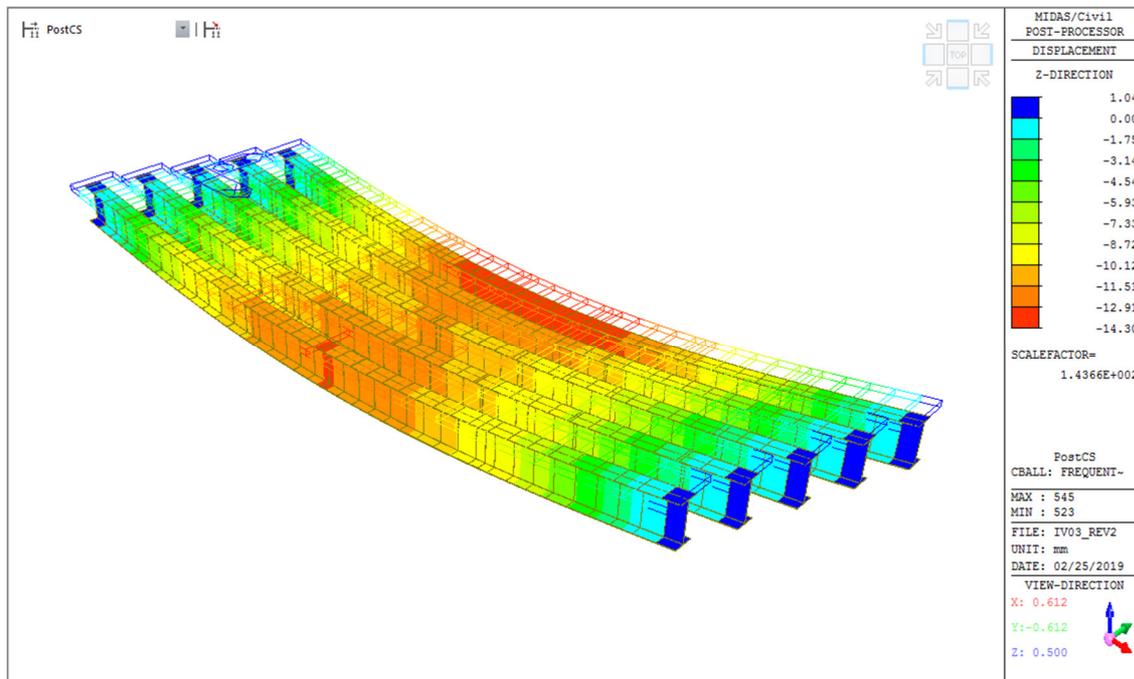


Figura 34 – Spostamenti verticali delle nervature principali nella combinazione Involuppo SLE – Frequente depurati degli spostamenti per carichi permanenti [mm]

9.4 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI DI CARPENTERIA SECONDARIA

9.4.1 Verifiche dei diaframmi trasversali

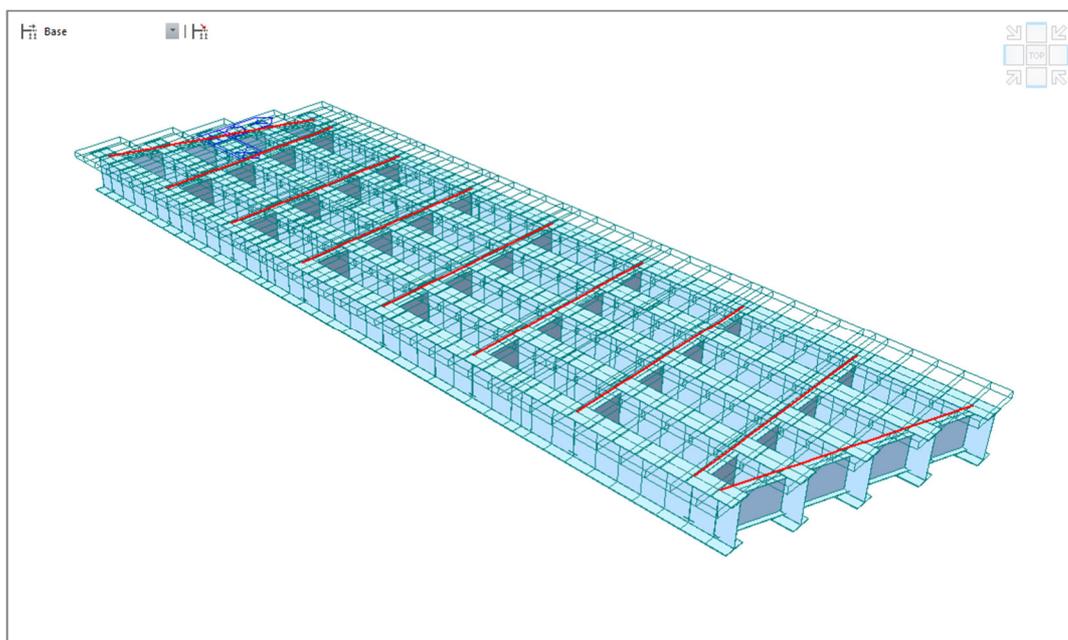


Figura 35: Localizzazione elementi di verifica



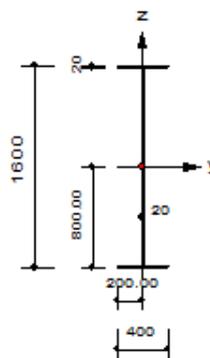
NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA
 TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA
 PROGETTO DEFINITIVO

IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA
 - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 78 CL	IV0300 003	A	76 di 87

1. Design Information

Design Code : Eurocode3-2:05
 Unit System : N, mm
 Member No : 85
 Material : S355NC (No:1)
 (Fy = 355.000, Es = 210000)
 Section Name : Diaframmi (No:4)
 (Built-up Section).
 Member Length : 1785.71



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -836109 (LCB: 22-, POS:I)
 Bending Moments My = -370492106, Mz = -68427273
 End Moments Myi = -370492106, Myj = -502105573 (for Lb)
 Myi = -370492106, Myj = -502105573 (for Ly)
 Mzi = -68427273, Mzj = 13425361 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -76379 (LCB: 22-, POS:1/2)
 Fzz = -219244 (LCB: 23-, POS:I)

Depth	1600.00	Web Thick	20.0000
Top F Width	400.000	Top F Thick	20.0000
Bot.F Width	400.000	Bot.F Thick	20.0000
Area	47200.0	Asz	32000.0
Qyb	620200	Qzb	20000.0
Iyy	16313493333	Izz	214373333
Ybar	200.000	Zbar	800.000
Wely	20391867	Welz	1071867
ry	587.899	rz	67.3929

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 1785.71, Lz = 1785.71, Lb = 1785.71
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cnz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Results

Axial Resistance

$$N_{Ed}/\text{MIN}[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 836109/11386938 = 0.073 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Bending Resistance

$$M_{Edy}/M_{Rdy} = 370492106/7239112667 = 0.051 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$M_{Edz}/M_{Rdz} = 68427273/380512667 = 0.180 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

Combined Resistance

$$R_{oom} = N_{Ed}/(A_{eff} \cdot f_y / \Gamma_{M0}), R_{bend} = (M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / M_{y,Rd} + (M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / M_{z,Rd}$$

$$R_{c_LT1} = N_{Ed} / (X_{iy} \cdot A_{eff} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{b_LT1} = k_{yy} \cdot (M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / (X_{i_LT} \cdot W_{effy} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + k_{yz} \cdot (M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / (W_{effz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{c_LT2} = N_{Ed} / (X_{iz} \cdot A_{eff} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{b_LT2} = k_{zy} \cdot (M_{Edzy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}) / (X_{i_LT} \cdot W_{effy} \cdot f_y / \Gamma_{M1}) + k_{zz} \cdot (M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}) / (W_{effz} \cdot f_y / \Gamma_{M1})$$

$$R_{max} = \text{MAX}[R_{oom} + R_{bend}, \text{MAX}(R_{c_LT1} + R_{b_LT1}, R_{c_LT2} + R_{b_LT2})] = 0.336 < 1.000 \dots\dots \text{O.K}$$

Shear Resistance

$$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.023 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

$$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.049 < 1.000 \dots\dots\dots \text{O.K}$$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ NI12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

10 VERIFICA DELLA SOLETTA

L'analisi delle sollecitazioni flettenti e taglianti nella direzione trasversale della soletta è stata sviluppata considerando, una striscia di soletta di larghezza pari ad 1 m, schematizzata come trave continua semplicemente appoggiata in corrispondenza delle ali delle travi principali e della trave di spina, secondo lo schema riportato nella figura seguente. Il modello di calcolo è stato realizzato tramite il software di calcolo Midas Civil 2019.

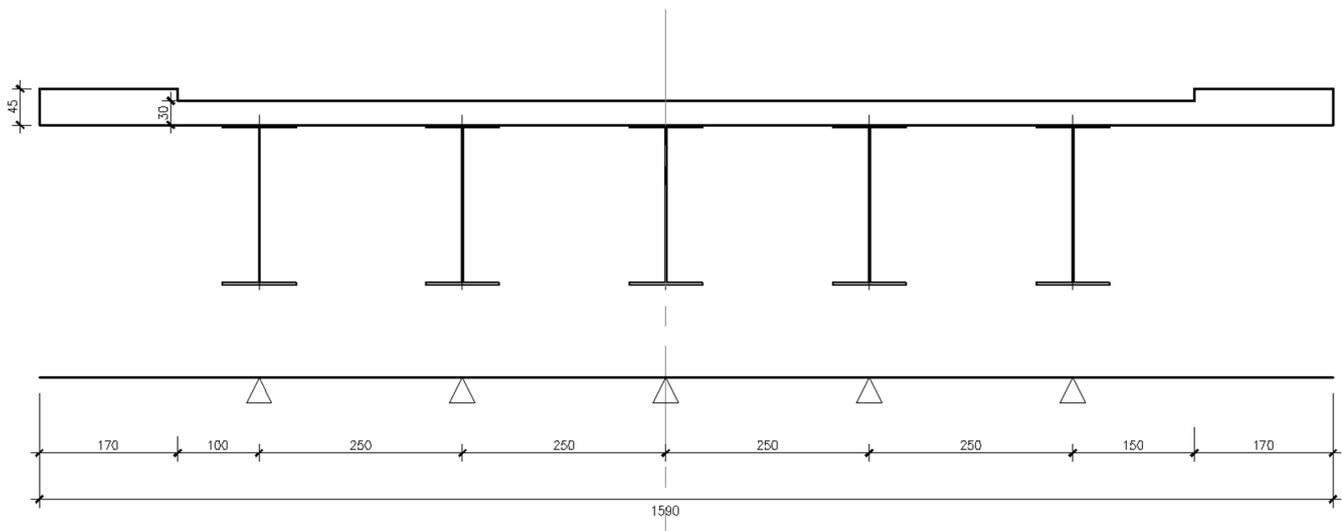


Figura 63 – Schema di calcolo della soletta in direzione trasversale



Figura 63 – Modello FEM_Vista estrusa

10.1 CARICHI APPLICATI

La trave è soggetta ai carichi permanenti (G_1 , G_2) ed ai carichi mobili di tipo concentrato (Q_{iK}) previsti dal D.M.14/01/2008.

10.1.1 Pesi propri e carichi permanenti

Il peso proprio della soletta e dei cordoli è valutato in automatico dal software di calcolo considerando un peso per unità di volume del calcestruzzo pari a 25 kN/m^3 ed assegnando gli opportuni spessori agli elementi monodimensionali (0.30 m per la soletta, 0.45 m per i cordoli).

È stato inoltre applicato il carico distribuito dovuto al peso della pavimentazione pari a 2.40 kN/m .

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA -VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

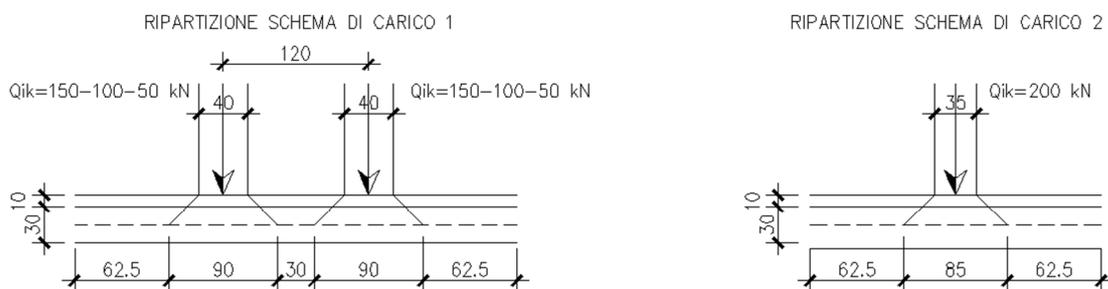
10.1.2 Carichi stradali

I carichi applicati e la larghezza della striscia di soletta collaborante su cui si considera ripartito l'effetto di tali carichi sono stati definiti con le seguenti modalità. Sono state considerate le azioni Q_{1k} con gli schemi di carico 1 e 2, così come definiti nel punto 5.1.3.3.3 del D.M. 14/01/08. In particolare, delle azioni dello schema 1 sono state considerate solo le quattro forze concentrate posizionate a 2 m di distanza nella direzione trasversale e 1.2 m nella direzione longitudinale.

La valutazione della diffusione all'interno della soletta degli effetti dei carichi concentrati è stata sviluppata tenendo conto dello spessore della pavimentazione, dello spessore della soletta e della luce tra gli appoggi nella direzione trasversale.

In direzione trasversale la diffusione del carico attraverso la pavimentazione e la soletta è assunta, a partire dall'impronta dei pneumatici, con inclinazione a 45° fino al piano medio della soletta. Studi sperimentali hanno dimostrato che in direzione longitudinale si può considerare un'ulteriore diffusione degli effetti del carico e pertanto la larghezza della striscia di soletta collaborante è incrementata di un valore al massimo pari ad $L/4$, dove L è l'interasse tra gli appoggi dello schema statico utilizzato (nel caso in esame pari a 2.50 m). La ripartizione avviene quindi secondo gli schemi rappresentati nella seguente figura.

RIPARTIZIONE IN DIREZIONE LONGITUDINALE



RIPARTIZIONE IN DIREZIONE TRASVERSALE

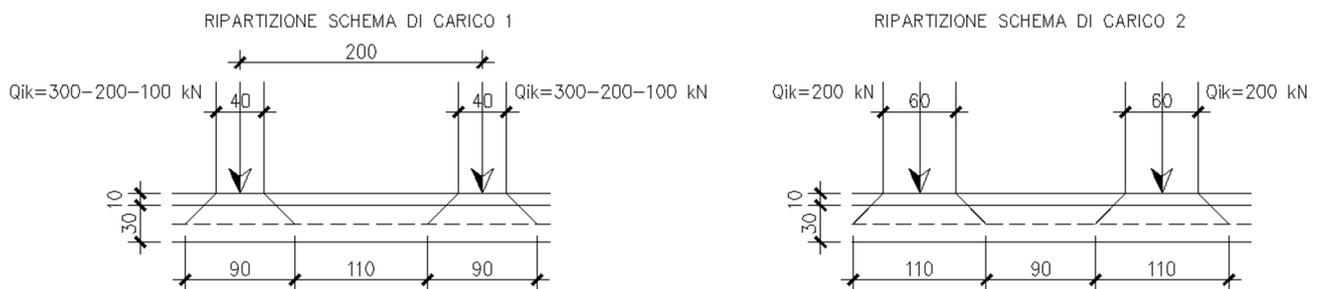


Figura 36 – Diffusione dei carichi stradali in senso longitudinale e trasversale

L'analisi della soletta è stata condotta comunque su uno schema di trave continua di larghezza di 1 m e pertanto i carichi considerati sulla trave continua sono i seguenti:

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Schema di carico 1

Il carico Q_{ik} si ripartisce, come evidenziato in figura, su una larghezza collaborante di soletta pari a 3.35m in longitudinale e 0,9m in trasversale. I carichi distribuiti corrispondente agli assi dei carichi tandem considerati sono pertanto pari a:

- Corsia 1 $q_1 = 300/(3.35 \times 0.90) = 99.50 \text{ KN/m/m}$;
- Corsia 2 $q_2 = 200/(3.35 \times 0.90) = 66.33 \text{ KN/m/m}$;
- Corsia 3 $q_3 = 100/(3.35 \times 0.90) = 33.17 \text{ KN/m/m}$.

Allo scopo di massimizzare le sollecitazioni nella soletta, l'analisi statica della trave continua è stata condotta considerando tre diverse condizioni di carico.

- 1^a condizione: presenza di una sola colonna di carico (corsia 1);
- 2^a condizione: presenza di due colonne di carico (corsie 1 e 2);
- 3^a condizione: presenza di tre colonne di carico (corsie 1, 2 e 3).

Allo scopo di massimizzare le sollecitazioni nella soletta, l'analisi statica della trave continua è stata condotta considerando le seguenti condizioni di carico viaggianti nel senso trasversale dell'impalcato.

Schema di carico 2

Lo schema di carico 2 delle azioni variabili da traffico è costituito da una coppia di due carichi da 200 KN posti trasversalmente a distanza di 2 m. Ognuno di essi si ripartisce, come evidenziato in figura, in maniera analoga a quanto visto per lo schema 1, a partire dall'impronta del pneumatico pari a $0.35 \times 0.60 \text{ m}^2$ fino ad un'area pari $2.10 \times 1.10 \text{ m}^2$.

- $q_1 = 200/(2.10 \times 1.10) = 129.87 \text{ KN/m/m}$;

10.1.3 Urto di un veicolo in svio

Le azioni di progetto sono state definite secondo le indicazioni del paragrafo 3.6.3.3.2 delle NTC08. Il carico di progetto è costituito da una forza orizzontale di $A_k = 100 \text{ KN}$, applicata alla quota minima fra 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera. Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza $d = 0.90 \text{ m}$ dalla base della barriera.

Questa forza è stata sia applicata nel modello monodimensionale della soletta (considerando una combinazione di carichi eccezionale SLU-E), ma è stata anche utilizzata per eseguire una verifica locale del cordolo per azioni d'urto.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	V03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

10.1.4 Combinazioni di carico

Sono state considerate le seguenti combinazioni di carico agli SLU e SLE.

Tabella 22 – Combinazioni di carico per la verifica della soletta

COMBINAZIONE	G ₁	G ₂	Q _k	A _k
SLU	1.35	1.35	1.35	0.00
SLU - Eccezionale	1.00	1.00	0.00	1.00
SLE-R	1.00	1.00	1.00	0.00
SLE-F	1.00	1.00	0.75	0.00
SLE-QP	1.00	1.00	0.00	0.00

10.2 RISULTATI DELL'ANALISI

Nel presente paragrafo si riportano i diagrammi involuppo di momento flettente e taglio per le diverse combinazioni di carico.

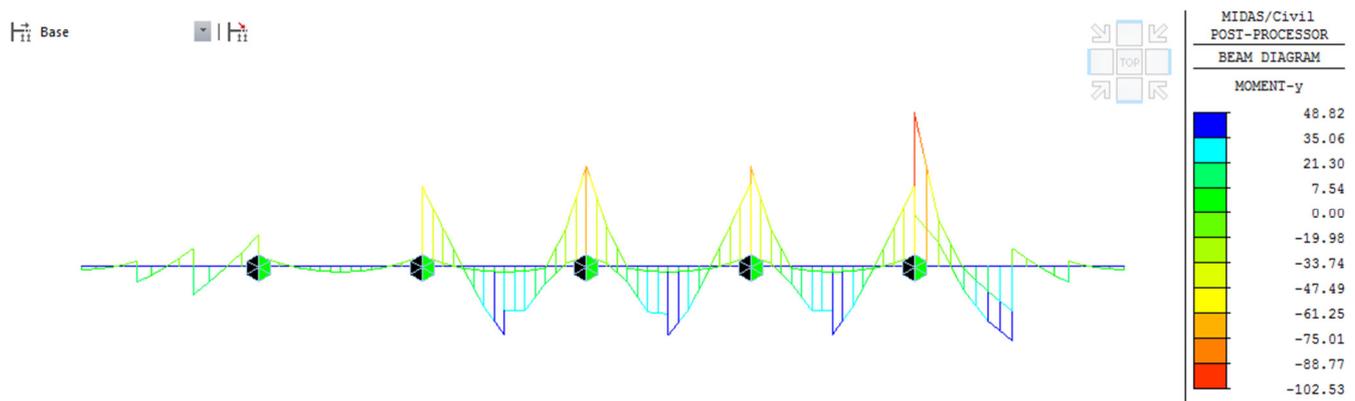


Figura 37 – Involuppo SLU: My

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

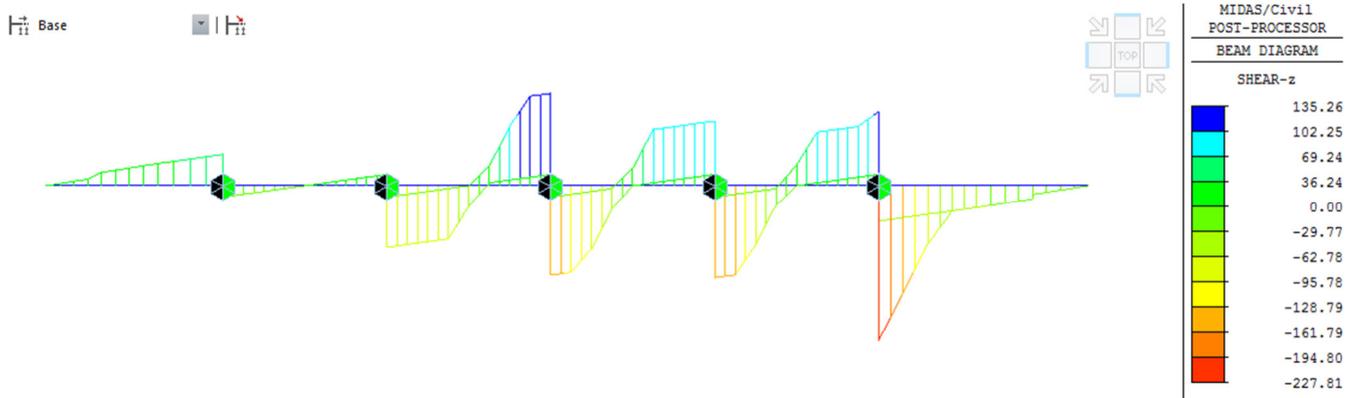


Figura 38 – Involuppo SLU: Fz

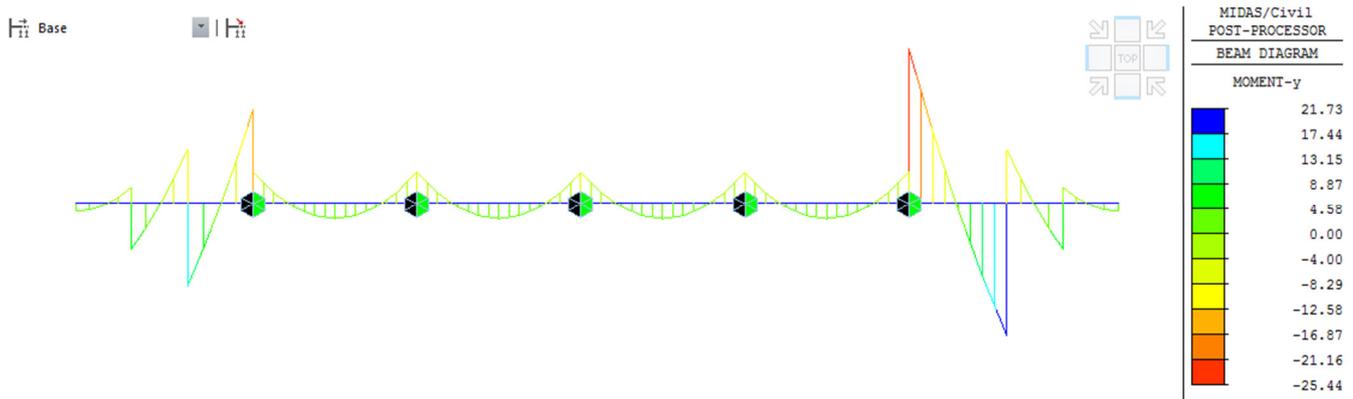


Figura 39 – Involuppo SLU-E: My

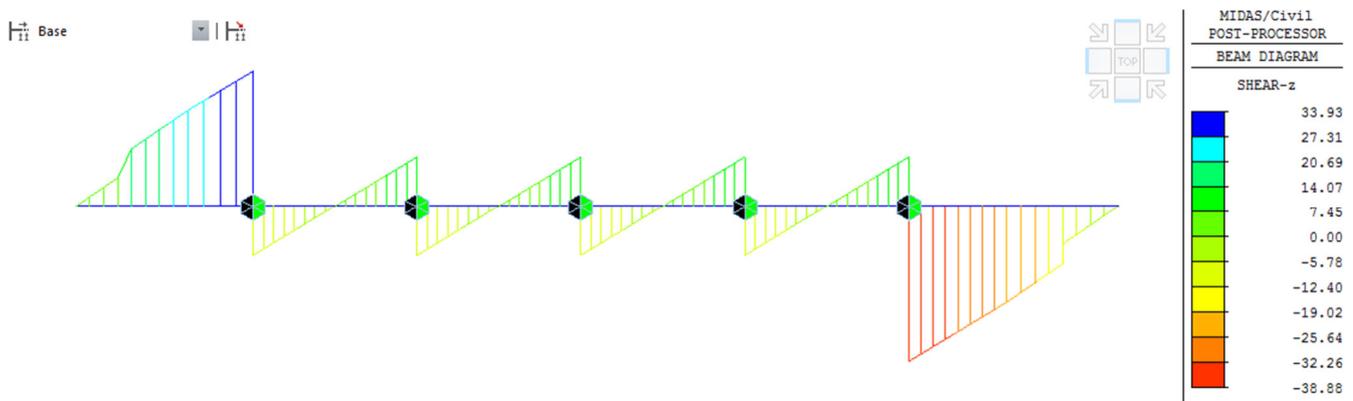


Figura 40 – Involuppo SLU-E: Fz

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

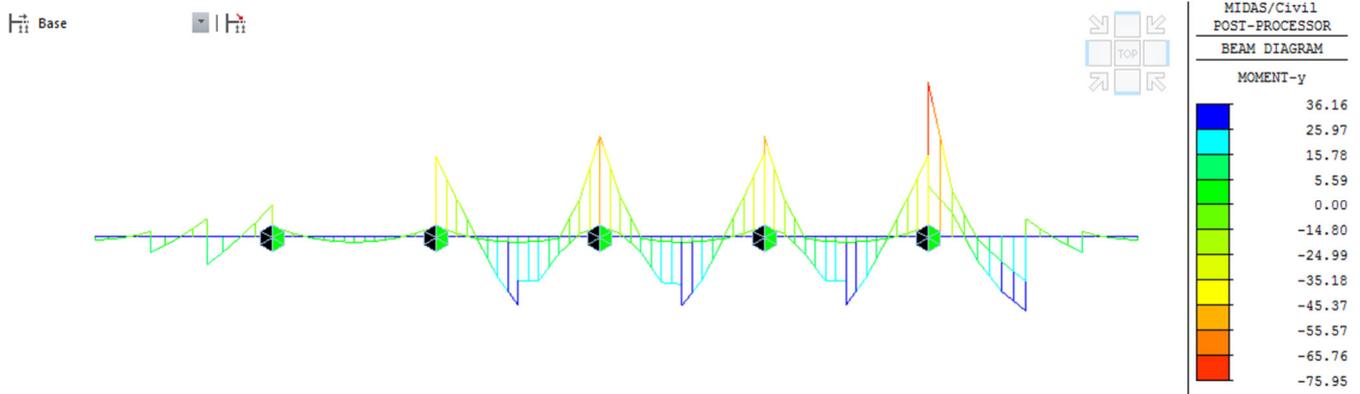


Figura 41 – Inviluppo SLE-R: My

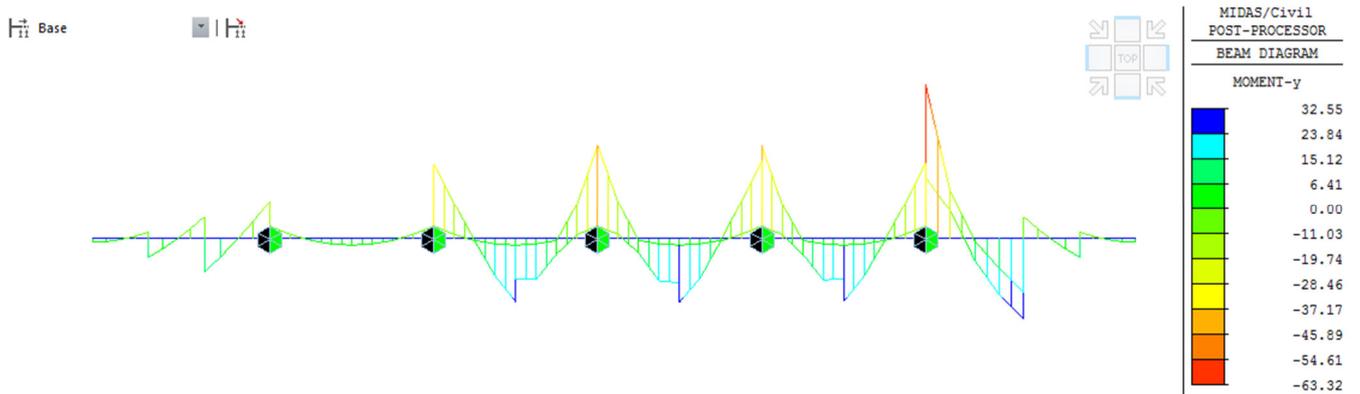


Figura 42 – Inviluppo SLE-F: My

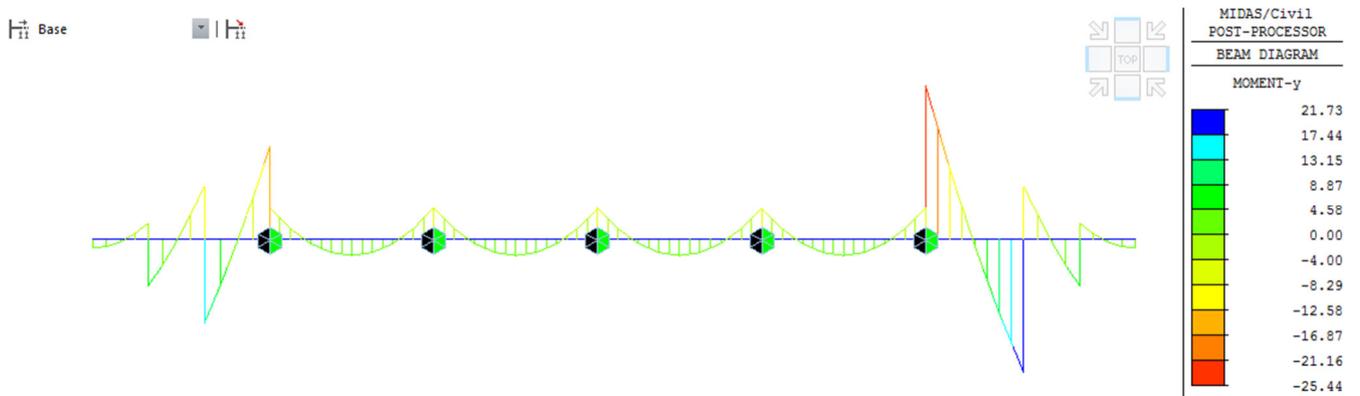


Figura 43 – Inviluppo SLE-QP: My

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROMIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

10.3 VERIFICHE STRUTTURALI

10.3.1 Verifiche allo SLU

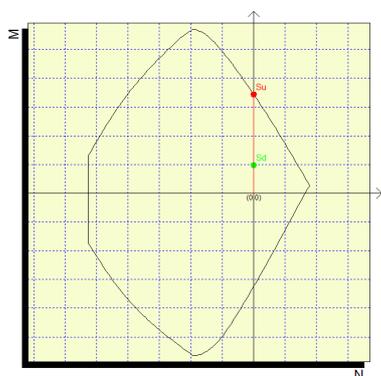
Di seguito sono riportate le verifiche a flessione e taglio allo SLU. Ai fini delle verifiche a taglio si considerano significative quelle zone di soletta che ricadono al di fuori delle zone di appoggio costituite dalle ali superiori delle travi, che per la modellazione assunta sono sedi di concentrazione di sollecitazioni. I valori dei tagli sollecitanti, dunque, sono indicati di seguito.

Combinazione	$M_{\max, \text{sup}}$	$M_{\max, \text{inf}}$	V_{\max}
	[kNm]	[kNm]	[kN]
SLU	-102.53	48.82	227.82
SLU-E	-25.44	21.73	38.88

Vista la presenza della predalle in calcestruzzo, la verifica a flessione allo SLU viene effettuata considerando le seguenti sezioni resistenti:

- Momento flettente negativo (fibre tese superiori): $B = 1.00 \text{ m}$, $H = 0.30 \text{ m}$, $c_{\text{sup}} = 3.5 \text{ cm}$, $c_{\text{inf}} = 7 \text{ cm}$.
- Momento flettente positivo (fibre tese inferiori): $B = 1.00 \text{ m}$, $H = 0.25 \text{ m}$, $c_{\text{sup}} = 3.5 \text{ cm}$, $c_{\text{inf}} = 2 \text{ cm}$;

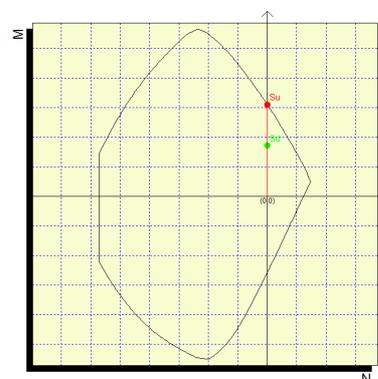
L'armatura considerata al lembo superiore è $\Phi 18/15$ (accoppiati), mentre al lembo inferiore è $1\Phi 22/15$



$$M_{Ed} = 48.82 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 224.5 \text{ kNm}$$

$$F.S. = 4.6$$



$$M_{Ed} = 102.53 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 279.6 \text{ Nm}$$

$$F.S. = 2.72$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	IV03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

La verifica a taglio per elementi non armati a taglio viene condotta come previsto dal D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.1.3.1. Considerando un taglio sollecitante massimo di 190 kN (valore preso in corrispondenza della fine dell'ala della trave), la verifica, riportata nella seguente tabella, risulta soddisfatta.

$V_{Ed,max}$	b	h	c	d	k	Armadura tesa	A_t	ρ_t	$N_{Ed,min}$	σ_{cp}	v_{min}	V_{Rd}	FS
[kN]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[-]		[mm ²]	[-]	[kN]	[MPa]	[-]	[kN]	
190	1000	300	35	265	1.87	1Φ20/15	1885.0	0.01	0.0	0.000	0.50	194.87	1.03

10.3.2 Verifiche allo SLE

Di seguito sono riportate le verifiche agli SLE di limitazione delle tensioni in esercizio e di fessurazione. In accordo con il D.M. 14/01/2008 p.to 4.1.2.2, i limiti di fessurazione assunti sono stati scelti considerando condizioni ambientali aggressive e armature poco sensibili ai fenomeni di corrosione, per cui si utilizza il limite $w_2=0.3\text{mm}$ per le combinazioni frequenti e il limite $w_1=0.2\text{mm}$ per la combinazione quasi permanente.

Combinazione	$M_{max,sup}$	σ_c	σ_s	w	Verifiche
	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]	
SLE-R	-75.95	-5.09	115.2	0.036	OK
SLE-F	-63.32	-4.08	92.4	0.022	OK
SLE-QP	-25.44	1.64	37.1	0.000	OK

Combinazione	$M_{max,inf}$	σ_c	σ_s	w	Verifiche
	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[mm]	
SLE-R	36.16	-2.97	64.9	0.01	OK
SLE-F	32.55	-2.67	58.4	0.01	OK
SLE-QP	21.73	-1.79	39	0.00	OK

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

10.3.3 Verifica locale del cordolo per azioni d'urto

In questo paragrafo sono riportati i risultati ottenuti dalle verifiche locali dei cordoli che ospitano le barriere di sicurezza. Le azioni di progetto sono state definite secondo le indicazioni del paragrafo 3.6.3.3.2 delle NTC08. Il carico di progetto è costituito da una forza orizzontale di $F=100$ KN, applicata alla quota minima fra 1,0 m sopra il piano di marcia e 100 mm sotto la sommità della barriera.

Nel caso in esame si assume che la forza agisca ad una distanza $d=0.90$ m dalla base della barriera. Lo spessore della soletta è pari ad $s=0.30$, quello del cordolo a 0.45 m per cui l'estradosso del cordolo si trova ad una distanza sopra l'estradosso di soletta pari a $c=0.15$ m.

Verifica a tenso-flessione della soletta

Il momento sollecitante a quota piano medio della soletta, che nasce in caso di urto di un veicolo sulla barriera, vale:

$$\Delta M = F \cdot (d + c + 0.5s) = F \cdot 1.20 = 120.0 \text{ kNm}$$

Tali sollecitazioni si applicano ipotizzando una diffusione a 45° delle azioni dalla piastra metallica di base della barriera (che si ipotizza larga 40cm) al piano medio della soletta. La larghezza collaborante nel meccanismo di tenso-flessione vale pertanto:

$$B = 0.4 \text{ m} + 2(c + 0.5s) = 1.0 \text{ m}$$

La variazione di momento calcolata va a sommarsi al momento dovuto ai carichi permanenti, ricavato dal modello di calcolo precedentemente mostrato in corrispondenza dell'attacco del sicurvia. Tale momento vale $M_{perm} = 3.5$ KNm. Il momento totale, dunque, vale:

$$M = 120.0 + 3.6 = 123.6 \text{ KNm}$$

Nell'ipotesi in cui la variazione del momento calcolata sia assorbita completamente dalle armature poste al lembo inferiore della soletta, la trazione agente nell'armatura superiore tesa vale:

$$T_d = M / (0.9s) = 457.8 \text{ kN}$$

Tale trazione è equilibrata dalle barre $\Phi 22/15$, disposte in estradosso, che riescono a fornire una trazione resistente pari a:

$$T_r = 380.1 \cdot (1.00 / 0.15) \cdot 391.3 \cdot 10^{-3} = 991.5 \text{ KN} > T_d.$$

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO					
	M03 - CAVALCAFERROVIA STAZIONE NUOVA CATENANUOVA - VIABILITÀ N12: RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 78 CL	DOCUMENTO IV0300 003	REV. A

Verifica delle staffe disposte all'interno del cordolo

La funzione di tali staffe è duplice:

- Equilibrare l'azione orizzontale F;
- Equilibrare la trazione dei tirafondi della barriera nel meccanismo di pull out.

La forza orizzontale F è equilibrata dalle barre $\Phi 12/15$ che sono sempre presenti all'interno del cono di rottura evidenziato nella seguente figura.

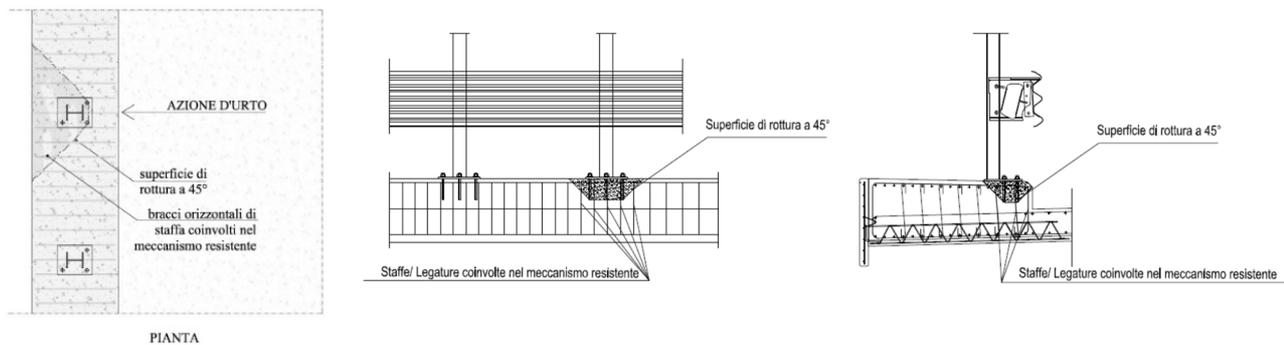


Figura 44 – Meccanismi di rottura locali per azioni d'urto

La trazione T_d dei tirafondi della barriera è equilibrata dai bracci verticali delle staffe e dalle legature di cui alla figura precedente.

Ipotizzando un braccio di leva delle forze interne della piastra di base della barriera pari a 0.22 m e un'altezza della forza d'urto sopra tale piastra di 0.90 m, si stima T_d come:

$$T_d = 0.90m \cdot N / 0.22m = 409 \text{ kN}$$

Avendo disposto le staffe e legature $\Phi 12/15$ ed ipotizzando una lunghezza dei tirafondi di almeno 19 cm (nonché l'interasse tra i due tirafondi tesi di 0.15 m), risulta che i bracci verticali compresi nel cono di rottura sono disposti su 3 filari per un numero complessivo pari a:

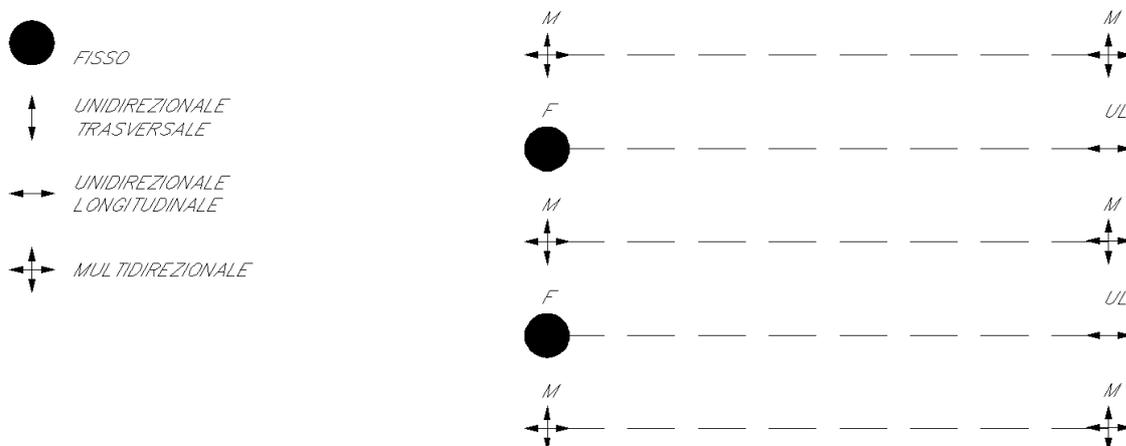
$$n = 3 \cdot (2 \cdot 0.15 \text{ m} + 2 \cdot 0.19 \text{ m}) / 15 \text{ cm} = 13.6 \text{ bracci}$$

che corrisponde ad una trazione resistente pari a :

$$T_r = n \cdot 113.1 \cdot f_{yd} \cdot 10^{-3} = 602 \text{ kN} > T_d$$

11 AZIONI SUGLI APPOGGI

Nel seguito si riepilogano i valori delle azioni sugli appoggi per effetto dei carichi descritti in precedenza. Per la determinazione dei valori complessivi delle azioni sugli appoggi si rimanda alla relazione di calcolo delle sottostrutture.



Condizione statica SLU	N [kN]	TL [kN]	TT [kN]
MULTI	2500	0	0
UNI-LONG	2500	0	100
FISSI	3000	100	0

Condizione statica SLE-RARA	N [kN]	TL [kN]	TT [kN]
MULTI	1800	0	0
UNI-LONG	1800	0	100
FISSI	2200	100	0

Condizione sismica SLV	N [kN]	TL [kN]	TT [kN]
MULTI	1250	0	0
UNI-LONG	1000	0	1500
FISSI	1250	1500	1500

Escursioni	EL [mm]
Appoggi	± 160
Giunti	± 110