

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: F81H91000000008

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTAZIONE PRELIMINARE

**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA
Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

SCALA:

-

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

I N O W 0 0 R 2 6 C L I V 0 0 0 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva		Giugno 2019	C. Laporta	Giugno 2019	A. Campanella	Giugno 2019	Francesco Sacchi Giugno 2019

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD
Doc. Dir. Francesco Sacchi
Online degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 23172/2019

File: IN0W00R26CLIV0000001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	6
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
1.1	NORMATIVA	7
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI	9
4.1	CALCESTRUZZO	9
4.1.1	FONDAZIONI – PALI.....	9
4.1.2	ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE.....	10
4.1.3	MURI.....	10
4.1.4	SOLETTA IMPALCATO	11
4.2	ACCIAIO DA CARPENTERIA	13
4.2.1	TRAVI PRINCIPALI E ORDITURE SECONDARIE.....	13
4.2.2	BULLONATURE	14
4.2.3	PIOLATURE.....	14
4.2.4	SALDATURE	14
4.3	ACCIAIO PER ARMATURE	15
4.4	COPRIFERRI MINIMI.....	15
5	ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO.....	17
5.1	CARICHI PERMANENTI G.....	18
5.1.1	PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI G1	18
5.1.2	PESO PROPRIO ELEMENTI NON STRUTTURALI G2	19
5.1.3	SPINTA DELLA TERRA G3.....	20
5.2	CARICHI ACCIDENTALI MOBILI Q1.....	20
5.3	INCREMENTO DINAMICO IN PRESENZA DI DISCONTINUITA' STRUTTURALI Q2.....	23
5.4	AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO Q3.....	23
5.5	AZIONE CENTRIFUGA Q4.....	23

5.6	AZIONE DEL VENTO Q5.....	24
5.7	AZIONI SISMICHE Q6.....	33
5.8	URTI DA TRAFFICO FERROVIARIO Q7	37
5.9	URTI ACCIDENTALI Q8	37
5.10	RESISTENZE PARASSITE DEI VINCOLI Q9.....	38
5.11	DEFORMAZIONI IMPRESSE ϵ	39
6	COMBINAZIONI DI CARICO	41
7	CRITERI DI MODELLAZIONE	48
8	CRITERI DI VERIFICA	50
8.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	50
8.1.1	VERIFICA A FESSURAZIONE.....	50
8.1.2	VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO	52
8.1.3	VERIFICA DELLA DEFORMABILITA'	52
8.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI.....	53
8.2.1	SOLLECITAZIONI FLETTENTI	53
8.2.2	SOLLECITAZIONI TAGLIANTI.....	54
8.3	VERIFICA A FATICA.....	55
9	ANALISI DEI RISULTATI IMPALCATO	64
9.1	SOLLECITAZIONI AGENTI 1 ^A FASE	64
9.2	SOLLECITAZIONI 2 ^A FASE.....	65
10	VERIFICHE IMPALCATO	71
10.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI	72
10.1.1	Valutazione della larghezza collaborante della soletta.....	72
10.1.2	Caratteristiche geometriche delle sezioni d'acciaio	74
10.1.3	Caratteristiche meccaniche delle travi.....	75

10.2	VERIFICHE 1 ^A FASE	76
10.3	VERIFICHE DI INSTABILITÀ	80
10.4	VERIFICHE A FATICA	81
11	VERIFICHE A DEFORMABILITÀ	84
12	SOLETTA - SOLLECITAZIONI E VERIFICHE.....	85
12.1	MODELLO DI CALCOLO A PIASTRA.....	86
12.2	ANALISI DEI CARICHI DELLA SOLETTA	86
12.3	ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI ED ARMATURE DELLA SOLETTA.....	89
12.4	VERIFICA DELLA SOLETTA.....	91
12.5	VERIFICA DELLA SOLETTA IN SENSO LONGITUDINALE	96

1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli statici e le verifiche di sicurezza relative all'impalcato del cavalcaferrovia di Via Kolbe, nell'ambito delle opere relative al Quadruplicamento della attuale linea ferroviaria storica in uscita da Brescia.

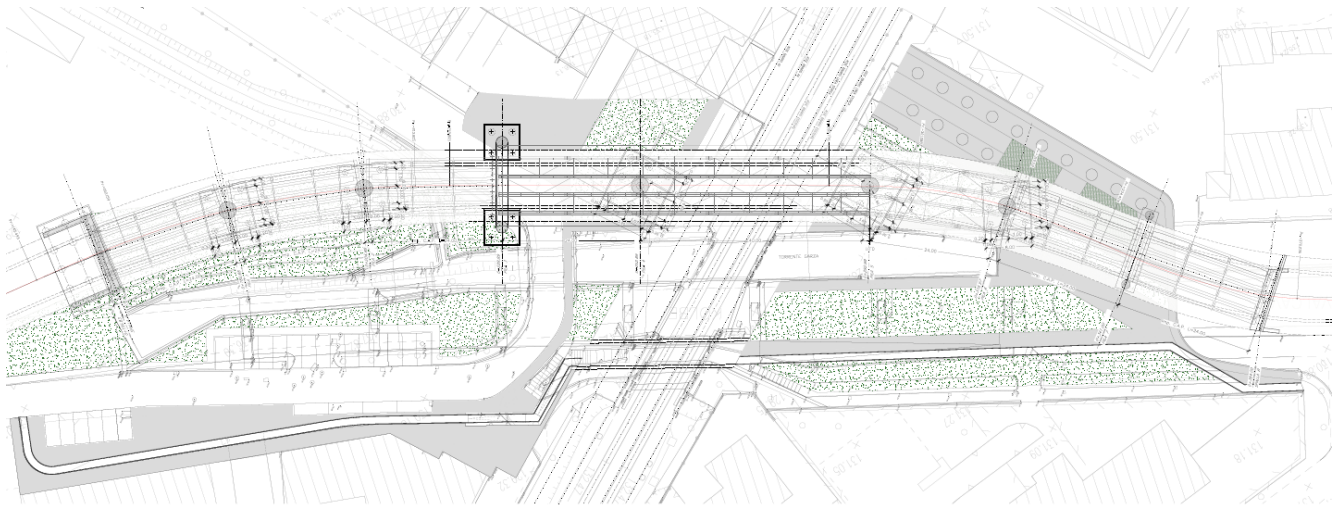


Figura 1: Stralcio planimetrico – ubicazione opera d'arte

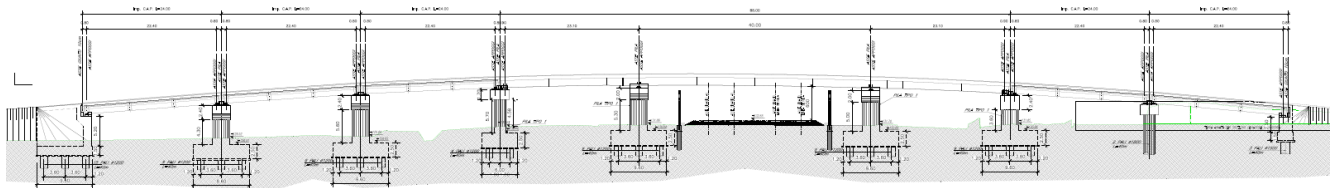


Figura 2: Profilo opera d'arte

Il cavalcaferrovia ha uno sviluppo di 208 m ed è composto da cinque campate di luce 24m in cap e da un impalcato continuo a struttura mista di luci pari a 23.10+40+23.10.

Le strutture sono state progettate coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, NTC 2018“ Norme Tecniche per le Costruzioni”

Nella presente relazione si procederà alla verifica dell'impalcato di scavalco della ferrovia rimandando alle successive fasi della progettazione gli altri elementi strutturali.

2 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

L'impalcato è caratterizzato da una parte pavimentata larga 8.00 m e da due cordoli laterali da 1.80 m, per una larghezza totale di 11.60 m.

L'impalcato a sezione mista acciaio-calcestruzzo, è costituito da quattro travi in acciaio con sezione a doppio T di altezza pari a 1.60mm poste ad interasse di 2.40 m. La soletta in cls è gettata in opera e presenta spessore costante pari a 0.30 m.

Esso è vincolato alle sottostrutture mediante appoggi a cerniera sferica con superficie di rotazione rivestita con PTFE (Politetrafluoroetilene).

Lo schema statico assunto per il cavalcferrovia in esame prevede una trave continua su più appoggi.

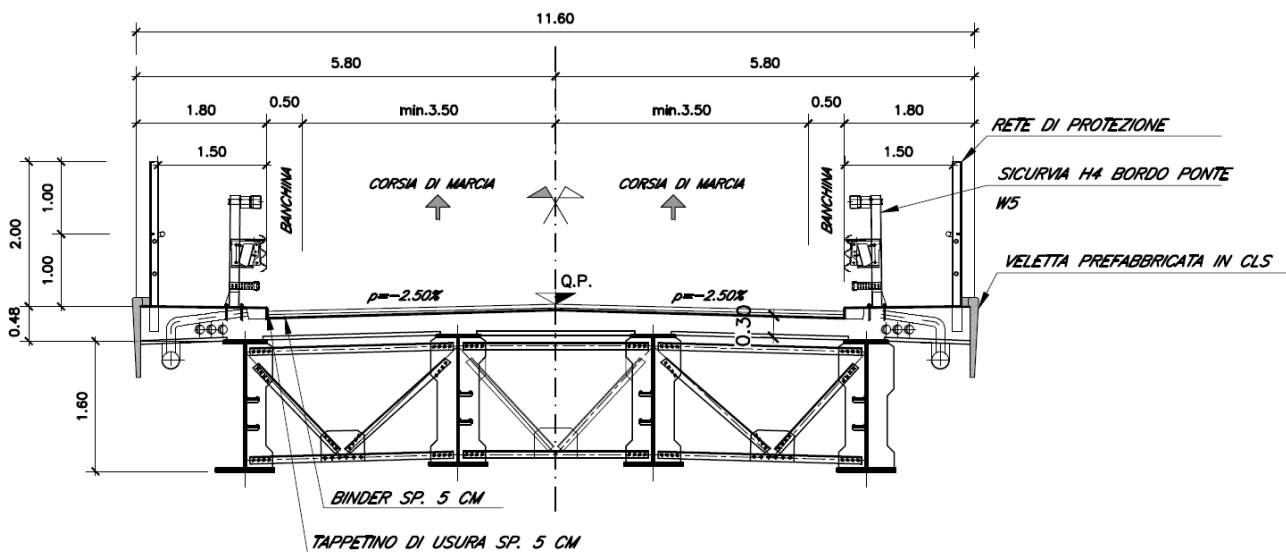


Figura 3: Sezione trasversale

3 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

1.1 **NORMATIVA**

L'analisi dell'opera e le verifiche degli elementi strutturali sono state condotte in accordo con le vigenti disposizioni legislative e in particolare con le seguenti norme e circolari:

- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018: "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare 21 gennaio 2019 n.7: Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018.

Si è tenuto inoltre conto dei seguenti documenti:

- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- Legge 5-1-1971 n° 1086: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica".
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	8 di 104

- UNI EN 206-1-2016: Calcestruzzo. “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- Calcestruzzo Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1 UNI 11104/2016;
- RFI DTC SI MA IFS 001 C – Dicembre 2018: Manuale di progettazione delle opere civili;
- RFI DTC SI SP IFS 001 C – Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili – RFI;
- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18/11/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati con le classi di esposizione coerenti con la UNI EN 206.

Calcestruzzo di classe C12/15 ($R_{ck} 15 \text{ N/mm}^2$) per sottofondazioni

4.1 CALCESTRUZZO

4.1.1 FONDAZIONI – PALI

Per le strutture in fondazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC2

C25/30: $f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	30	N/mm^2
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	24,90	N/mm^2
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	32,90	N/mm^2
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	16,60	N/mm^2
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	14,11	N/mm^2
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	2,56	N/mm^2
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	1,79	N/mm^2
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,07	N/mm^2
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,19	N/mm^2
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	31447	N/mm^2



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA
Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	10 di 104

4.1.2 ELEVAZIONE SOTTOSTRUTTURE

Per le strutture in elevazione si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4+XF1

C32/40: $f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3,10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

4.1.3 MURI

Classe d'esposizione: XC4

C32/40: $f_{ck} \geq 32$ MPa $R_{ck} \geq 40$ MPa



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA
Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	11 di 104

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3,10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

4.1.4 SOLETTA IMPALCATO

Per il getto in opera della soletta di impalcato si adotta un calcestruzzo con le caratteristiche riportate di seguito:

Classe d'esposizione: XC4 – XF4

C32/40: $f_{ck} \geq 32 \text{ MPa}$ $R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$

Classe minima di consistenza: S4

In accordo con le norme vigenti, risulta per il materiale in esame:

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	12 di 104

Resistenza caratteristica cubica a 28 giorni	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica a 28 giorni	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	33,20	N/mm ²
Valore medio della resistenza cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	41,20	N/mm ²
Resistenza di calcolo breve durata	$f_{cd} \text{ (Breve durata)} = f_{ck} / 1.5$	22,13	N/mm ²
Resistenza di calcolo lunga durata	$f_{cd} \text{ (Lungo durata)} = 0.85 f_{cd}$	18,81	N/mm ²
Resistenza media a trazione assiale	$f_{ctm} = 0.3 (f_{ck})^{2/3} \quad [R_{ck} < 50/60]$	3,10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk 0,05} = 0.7 f_{ctm}$	2,17	N/mm ²
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{cfm} = 1.2 f_{ctm}$	3,72	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk 0,05} / 1.5$	1,45	N/mm ²
Modulo di Young	$E = 22000 (f_{cm}/10)^{0.3}$	33643	N/mm ²

4.2 ACCIAIO DA CARPENTERIA

4.2.1 TRAVI PRINCIPALI E ORDITURE SECONDARIE

La carpenteria metallica sarà realizzata in acciaio autopatinante tipo CORTEN, conforme alle prescrizioni delle NTC 2018 e della EN 10025 e dovranno essere collaudati nel rispetto dell'Istruzione RFI 44 M.

In particolare si utilizzerà:

- Acciaio S355J2G3 per elementi saldati in acciaio ($S < 40\text{mm}$)
- Acciaio S355K2G3 per elementi saldati in acciaio ($S > 40\text{mm}$)
- Acciaio S355J0 per elementi non saldati e piastre sciolte,

con le seguenti caratteristiche:

- tensione caratteristica di rottura $f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$
- tensione di snervamento ($t \leq 40\text{mm}$) $f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$
- tensione di snervamento ($t > 40\text{mm}$) $f_{yk} \geq 335 \text{ MPa}$
- allungamento $\epsilon_t \geq 21\%$
- tensione di calcolo ($t \leq 40\text{mm}$) $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 338 \text{ MPa}$
- (verifiche di resistenza) $\gamma_{M0} = 1.05$
- tensione di calcolo ($t > 40\text{mm}$) $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 319 \text{ MPa}$
- (verifiche di resistenza) $\gamma_{M0} = 1.05$
- tensione di calcolo ($t \leq 40\text{mm}$) $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 322 \text{ MPa}$
- (per le verifiche di stabilità delle membrature) $\gamma_{M1} = 1.10$
- tensione di calcolo ($t \leq 40\text{mm}$) $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{M0} = 305 \text{ MPa}$
- (per le verifiche di stabilità delle membrature) $\gamma_{M1} = 1.10$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
	Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA INOW	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A

Tutte le giunzioni per l'assemblaggio dei conci delle travi portanti, sia quelle da eseguire in officina che quelle in cantiere, saranno di tipo saldato a completa penetrazione. I traversi intermedi, di pila e di spalla saranno collegati alle travi principali attraverso giunzioni bullonate.

4.2.2 BULLONATURE

Le giunzioni bullonate saranno realizzate con bulloni ad alta resistenza aventi le seguenti caratteristiche (UNI EN 20898):

- giunzioni ad attrito $i = 0,45$
- vite classe 10.9 (UNI 5712)
- tensione di rottura a trazione $f_t \geq 1000 \text{ MPa}$
- tensione di snervamento $f_y \geq 900 \text{ MPa}$
- tensione caratteristica $f_{k,N} \geq 700 \text{ MPa}$
- dado classe 10 (UNI 5713)
- rosetta acciaio C50 UNI EN 10083
- forza di serraggio $N_s = 0,8 f_{k,N} A_{res}$
- coppia di serraggio $T_s = 0,2 N_s d$
-

4.2.3 PIOLATURE

L'acciaio costituente il piolo deve essere compatibile per la saldatura con il materiale costituente l'elemento strutturale interessato dai pioli; esso dovrà avere le seguenti caratteristiche meccaniche risultanti dal prodotto secondo UNI EN ISO 13918 qualità S235 J2 G3 + C 450 (ex ST37-3K DIN 20049)

- materiale base Acciaio S235J2G3+C450 (ex ST37-3K)
- tensione caratteristica di snervamento $f_{yk} > 350 \text{ MPa}$
- tensione di rottura a trazione $f_{tk} > 510 \text{ MPa}$

4.2.4 SALDATURE

Le saldature dovranno essere realizzate secondo le indicazioni della normativa vigente, NTC 2018, ISO 4063, EN 1011, EN 29692 e EN 12062

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA INOW	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 15 di 104

Tutte le giunzioni per l'unione dei conci delle travi principali e dei traversi saranno eseguite con saldature testa a testa a completa penetrazione di 1^a classe.

Tutte le saldature dovranno essere realizzate e collaudate nel rispetto dell'istruzione RFI 44 S.

4.3 ACCIAIO PER ARMATURE

Tipo B450C saldabile, per diametri compresi tra 6 e 40 mm:

$$f_{\text{ynom}} = 450 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{tnom}} = 540 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{yk}} \geq f_{\text{ynom}} \text{ frattile } 5\%$$

$$f_{\text{tk}} \geq f_{\text{tnom}} \text{ frattile } 5\%$$

$$1.15 \leq (f_t/f_y)_k \leq 1.35 \text{ frattile } 10\%$$

$$(f_y/f_{\text{ynom}})_k \leq 1.25 \text{ frattile } 10\%$$

$$\text{Allungamento } (A_{\text{gt}})_k \geq 7.5\% \text{ frattile } 10\%$$

Reti e tralicci elettrosaldati:

$$f_{\text{yk}} \geq 390 \text{ MPa}$$

$$f_{\text{tk}} \geq 440 \text{ MPa}$$

$$(f_{\text{tk}}/f_{\text{yk}}) \geq 1.10$$

4.4 COPRIFERRI MINIMI

Si riportano di seguito i copriferri minimi per le strutture in calcestruzzo armato:

Soletta impalcato

4.5 cm



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	16 di 104

Elevazione pile e spalle 4.5 cm

Fondazione pile e spalle 5.0 cm

Pali 6.0 cm



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	17 di 104

5 ANALISI DEI CARICHI E CONDIZIONI DI CARICO

I carichi dovuti all'impalcato sono relativi alle condizioni di carico elementari, riportate di seguito, combinate secondo quanto previsto dalle norme stradali. La scelta della dislocazione del traffico stradale sull'impalcato è stata effettuata in modo tale da massimizzare le azioni verticali, flessionali e taglianti sulla spalla. Si riporta nei paragrafi successivi la valutazione dei carichi agenti sul ponte.

Le azioni agenti sulle pile per le condizioni di carico elementari sono di seguito indicate:

AZIONI PERMANENTI

- G₁ peso proprio degli elementi strutturali;
- G₂ carichi permanenti portati;
- G₃ spinta della terra

AZIONI VARIABILI

- Q₁ azioni variabili da traffico (compreso effetto dinamico);
- Q₃ azione longitudinale di frenamento;
- Q₄ azione centrifuga;

AZIONI CLIMATICHE

- Q₅ azione del vento

AZIONI SISMICHE

- Q₆ azione sismica

AZIONI ECCEZIONALI

- Q₇ urti da traffico ferroviario
- Q₈ urti accidentali

AZIONI DEI VINCOLI

Q₉ resistenze parassite dei vincoli

DEFORMAZIONI IMPRESSE

ε_2 : ritiro del calcestruzzo;

ε_3 : variazioni termiche uniformi e differenziali;

ε_4 : scorrimenti viscosi.

5.1 CARICHI PERMANENTI G

Le azioni permanenti relative ai ponti stradali (par. 5.1.3.1. NTC18) includono:

1. Peso proprio degli elementi strutturali: G_1
2. Carichi permanenti portati: G_2 (pavimentazione stradale, marciapiedi, parapetti, attrezzature stradali, rinfianchi e simili)
3. Altre azioni permanenti: G_3 (spinta delle terre).

5.1.1 PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI G1

I carichi permanenti sono costituiti dai pesi propri delle strutture portanti e delle sovrastrutture. Essi sono valutati sulla base della geometria degli elementi strutturali e del peso specifico assunto per il calcestruzzo ($\gamma_{cls}=25\text{kN/m}^3$) e per l'acciaio ($\gamma_{acc}=78.5\text{kN/m}^3$). Si riportano di seguito i dati considerati per il calcolo del peso proprio degli elementi strutturali:


Peso specifico cls	γ_{cls}	25,00	kN/m^3
Peso specifico acciaio	γ_{acc}	78,50	kN/m^3
Larghezza impalcato	B	11,60	m
Numero di travi	n	4,00	
Incidenza carpenteria metallica	i	265	kg/m^2
Peso proprio carpenteria metallica Impalcato	$P_{g1,1}$	30.74	kN/m
Peso proprio carpenteria metallica x trave	$p_{g1,1}$	6,69	kN/m

Spessore soletta impalcato	S_s	0,30	m
Spessore soletta marciapiede	S_m	0,51	m
Larghezza marciapiede	b_m	1,8	m
Area sezione trasversale	A_{sez}	4.14	m ²
Peso Proprio soletta Impalcato	$P_{g1,2}$	103.5	kN/m
Peso Proprio soletta per trave	$p_{g1,2}$	23,66	kN/m

5.1.2 PESO PROPRIO ELEMENTI NON STRUTTURALI G2

Sono considerati carichi permanenti non strutturali i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione. Si riportano di seguito i dati considerati per il calcolo del peso proprio degli elementi non strutturali:

Peso specifico pavimentazione	γ	18,00	kN/m ³
Larghezza pavimentazione stradale	b	8,00	m
Spessore pavimentazione	S_p	0,10	m
Peso Pavimentazione	$p_{g2,1,a}$	1,80	kPa
Spessore medio massetto pendenze	S_m	0,08	m
Peso massetto	$p_{g2,1,b}$	1,60	kPa
Peso Pavimentazione e massetto impalcato	$P_{g2,1}$	25.92	kN/m
Peso recinzione e veletta	$p_{g2,2}$	10,00	kN/m
Peso barriera antirumore impalcato	$P_{g2,2}$	20,00	kN/m

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA INOW	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 20 di 104

5.1.3 SPINTA DELLA TERRA G3

Per il calcolo della spinta statica del terreno sulla struttura è stato considerato il coefficiente di spinta attiva k_0 (0,426). Le caratteristiche geotecniche del rilevato risultano:

Angolo di attrito	$\varnothing = 35^\circ$
Peso specifico	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Altezza massima terreno	$h = 8.15 \text{ m}$

La spinta è applicata direttamente agli elementi plate che modellano i muri delle spalle ed ha andamento triangolare con la profondità.

Relativamente alla spinta del sovraccarico accidentale, si considera un sovraccarico accidentale di 20 kN/m^2 , per cui è assunta una spinta pari a:

$$\sigma_{\text{sovraccarico_statica}} = q \cdot k_0 = 20 \cdot 0.426 = 8.52 \text{ kN/m}^2$$

5.2 CARICHI ACCIDENTALI MOBILI Q1

Si prendono in esame nel presente paragrafo le azioni variabili da traffico. I carichi accidentali mobili presi in considerazione sono quelli indicati dalla normativa per ponti di prima categoria. Tali azioni, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dai seguenti schemi di carico convenzionali e disposte su corsie convenzionali. In particolare, lo Schema di Carico 1 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 come mostrato nella Figura riportata di seguito. Questo schema si assume a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

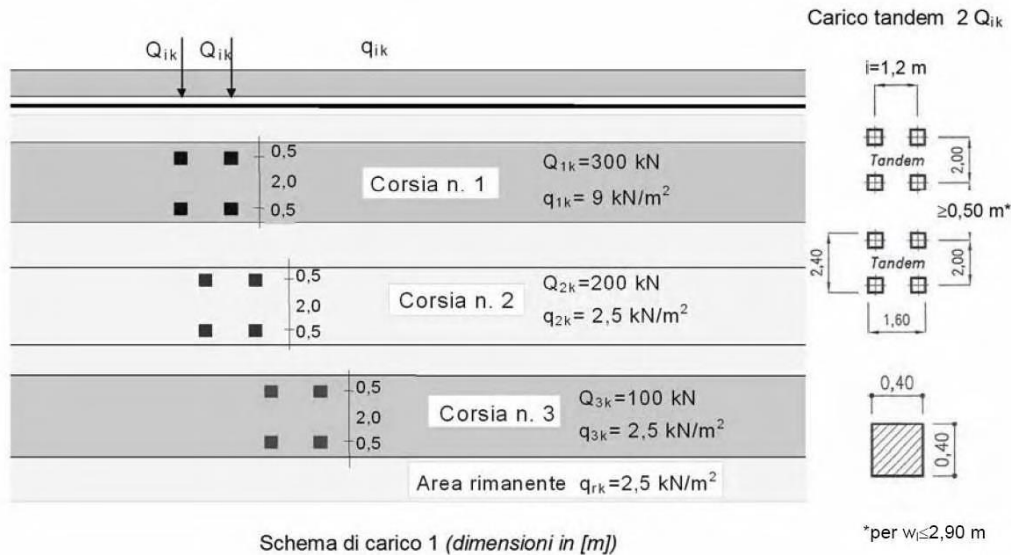


Figura 4: Schema di carico 1 per la definizione delle azioni variabili da traffico - carichi Q_{ik} e q_{ik}

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

Figura 5: Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie

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

Larghezza di carreggiata "w"	Numero di corsie convenzionali	Larghezza di una corsia convenzionale [m]	Larghezza della zona rimanente [m]
$w < 5,40 \text{ m}$	$n_1 = 1$	3,00	$(w - 3,00)$
$5,4 \leq w < 6,0 \text{ m}$	$n_1 = 2$	w/2	0
$6,0 \text{ m} \leq w$	$n_1 = \text{Int}(w/3)$	3,00	$w - (3,00 \times n_1)$

Figura 6: Numero e larghezza delle corsie - Tabella 5.1.I del D.M. 17 gennaio 2018

In accordo con la Tabella sopra riportata, per l'impalcato in esame la larghezza della carreggiata (6,50 m) è compatibile con 2 colonne di carico:

- colonna di carico sulla Corsia n.1 costituita da un mezzo Q_{1k} (600 kN) e carico q_{1k} (9.0 kN/m²).
- colonna di carico sulla Corsia n.2 costituita da un mezzo Q_{2k} (400 kN) e carico q_{2k} (2.50 kN/m²).

Si riporta di seguito lo schema delle colonne di carico sull'impalcato.

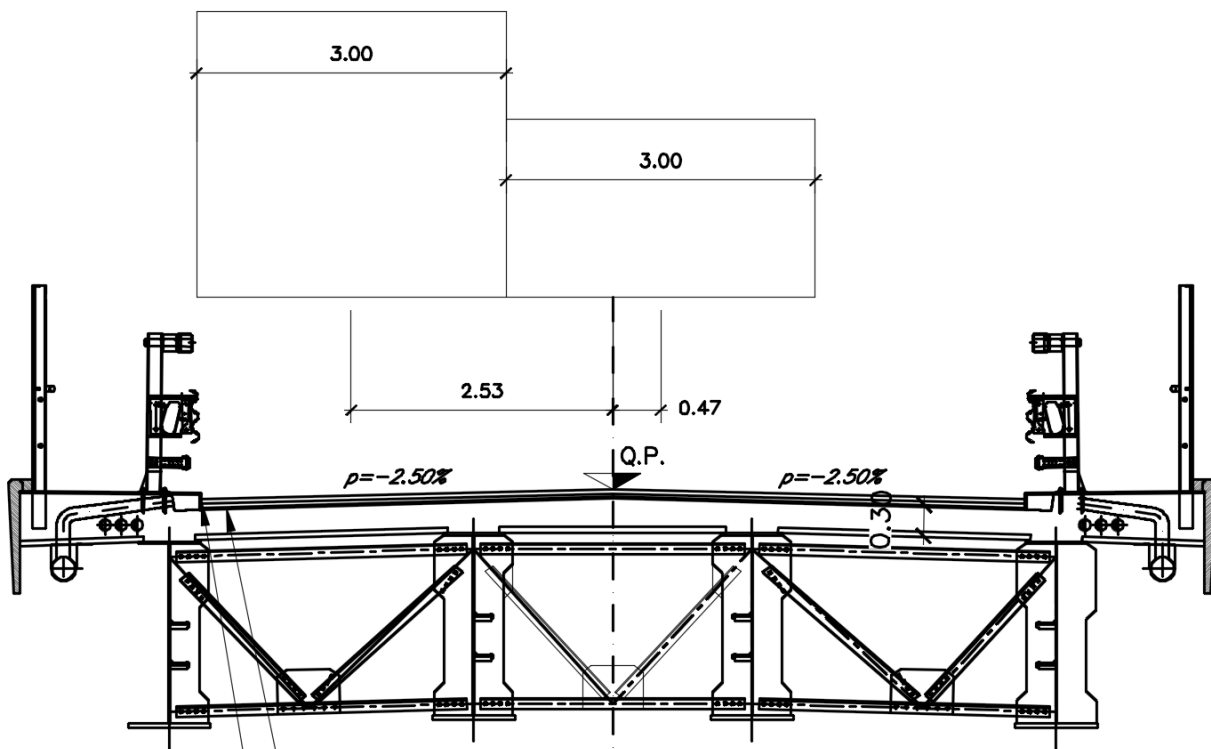


Figura 7: Disposizione delle colonne di carico sull'impalcato

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 23 di 104

Risulta pertanto:

1. Eccentricità prima colonna: 2.53 m
2. Eccentricità seconda colonna: 0.47 m

5.3 INCREMENTO DINAMICO IN PRESENZA DI DISCONTINUITA' STRUTTURALI Q2

I carichi mobili sopra valutati includono gli effetti dinamici per pavimentazioni di media rugosità. Non si registrano, nel caso in esame, casi particolari che rendano necessario considerare un coefficiente dinamico addizionale Q_2 .

5.4 AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO Q3

La forza di frenamento o di accelerazione Q_3 è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n. 1 ed è uguale, per i ponti di prima categoria, a:

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

essendo w_1 la larghezza della corsia e L la lunghezza della zona caricata. Risulta pertanto nel caso in esame:

$$q_{3,1} = 0,6 \cdot 2Q_{1k} + (0,10) q_{1k} \cdot w_1 \cdot L = 0,6 \cdot 2 \cdot 300 + (0,1) \cdot 9,00 \cdot 3 \cdot 90 = 603 \text{ kN}$$

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

5.5 AZIONE CENTRIFUGA Q4

L'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico risulta funzione dei raggi di curvatura come mostrato nel prospetto seguente:

Raggio di curvatura R (m)	Q_4 (kN)
$R > 200$	$0,2 \cdot Q_v$
$200 \leq R < 1500$	$40 \cdot Q_v / R$
$R \geq 1500$	0
$Q_v = \sum 2 \cdot Q_{ik}$ = carico totale degli assi tandem dello schema di carico 1.	

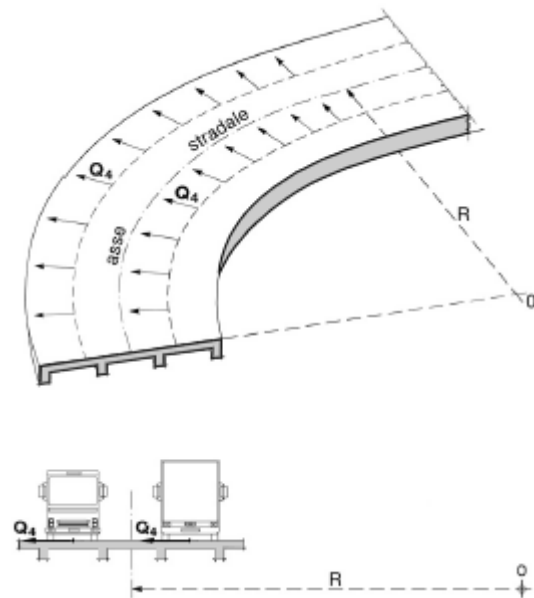


Figura 8: Valori caratteristici delle forze centrifughe - Tabella 5.1.III del D.M. 17 gennaio 2018

Il carico concentrato Q_4 , applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Il cavalcaferrovia in esame si sviluppa interamente in rettilineo (raggio di curvatura tendente all'infinito) e la forza centrifuga risulta pertanto nulla.

5.6 AZIONE DEL VENTO Q5

Il vento agente trasversalmente all'opera, oltre ad interessare la stessa, agisce sulla sagoma longitudinale dei carichi transitanti.

AZIONE DEL VENTO PAR. 3.3 NTC18

DEFINIZIONE DEI DATI

zona:

1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)



Classe di rugosità del terreno:

A) Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15m

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.

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

a_c (altitudine sul livello del mare della costruzione):

130	[m]
160	[km]
105	[anni]
V	

Distanza dalla costa

T_R (Tempo di ritorno):

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
	costa	mare	500m	750m		
	2 km	10 km	30 km			
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

ZONA 6					
	costa	mare	500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

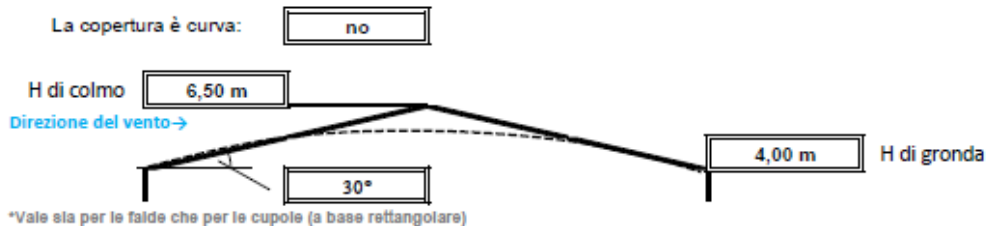
ZONE 7,8			
	mare	costa	
	1.5 km	0.5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8

ZONA 9		
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Altezza del colmo della copertura, rispetto al suolo e inclinazione della falda sopravvento

E' consigliabile calcolare la pressione del vento per ogni facciata del fabbricato modificando i parametri per ogni caso. Nel caso di studio su prospetto di timpano, la valutazione della pressione del vento si conduce come se la copertura fosse piana e la parete alta fino alla linea di colmo. Nel caso di coperture a padiglione, la valutazione delle pressioni si esegue su ogni facciata del fabbricato utilizzando di volta in volta l'angolo della falda investito dal vento. Nel caso di coperture curve, si deve inserire l'angolo della retta tangente al bordo della copertura, in sostanza l'angolo di attacco della copertura. (per cupole a tutto sesto l'angolo è di 90°, per cupole a sesto ribassato è minore di 90°). Nel caso di studio su prospetto piano l'analisi si conduce come su prospetto di timpano. Si osserva che oltre alle pressioni andrebbe considerata anche la forza tangenziale esercitata dal vento sul fabbricato. Generalmente essa si trascura, è necessaria modellarla solo per grandi coperture piane ad esempio: coperture di grandi capannoni industriali. Il foglio di calcolo è utilizzabile per fabbricati a base rettangolare.



CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO DEL VENTO §3.3.2.

Zona	v _{b,0} [m/s]	a ₀ [m]	k _s	C _a
1	25	1000	0,4	1,000

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

ca = 1 per as ≤ a0
ca = 1 + ks (as/a0 - 1) per a0 < as ≤ 1500 m

v_b (velocità base di riferimento) 25,00 m/s

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

Cr coefficiente di ritorno 1,04
v_r (velocità di riferimento) 26,05 m/s

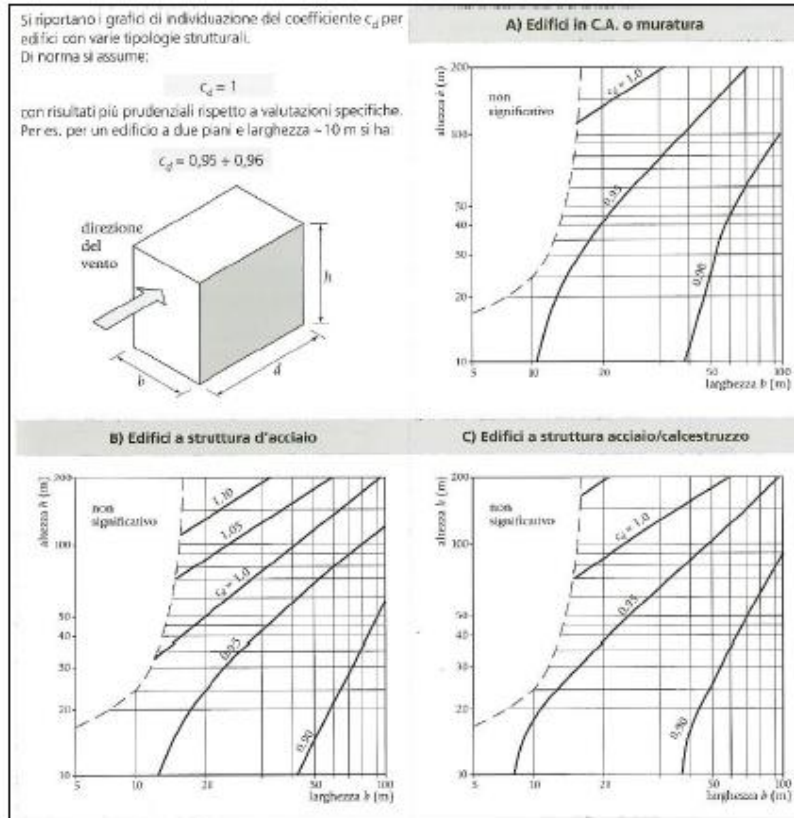
PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
q_r = 1/2 · ρ · v_r² (ρ = 1,25 kg/m³)
Pressione cinetica di riferimento q_r 424,04 [N/m²]

CALCOLO DEI COEFFICIENTI

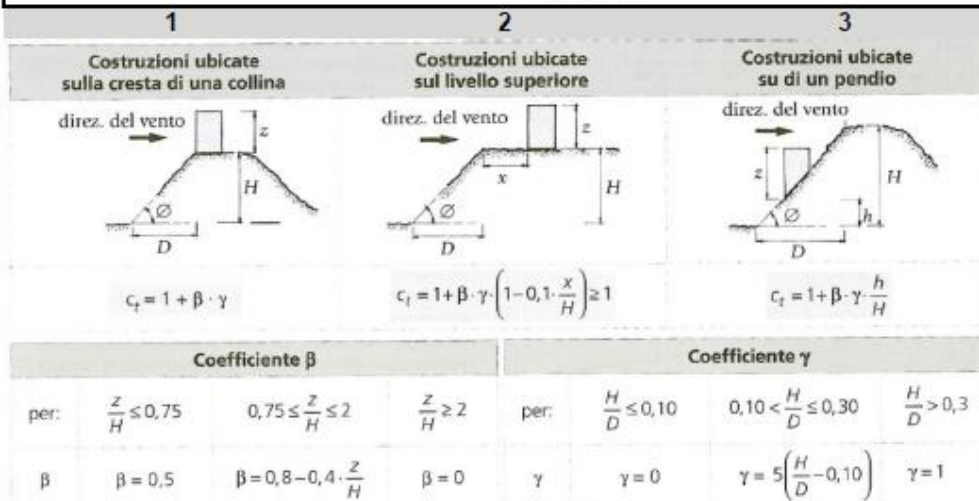
Coefficiente dinamico [§3.3.8]

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.



Coefficiente Topografico (Orografico)

Il coefficiente topografico si assume di norma uguale ad 1, sia per zone pianeggianti, ondulate, collinose e montane. Nel caso di costruzioni che sorgono presso la sommità di colline o pendii isolati si procede nel modo seguente:



Caso selezionato:

Condizione non isolata

Il coefficiente topografico vale: c_t **1,00**

Coefficiente di esposizione [§3.3.7]

Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito (e quindi dalla classe di rugosità del terreno) ove sorge la costruzione; per altezze non maggiori di $z=200m$ valgono le seguenti espressioni

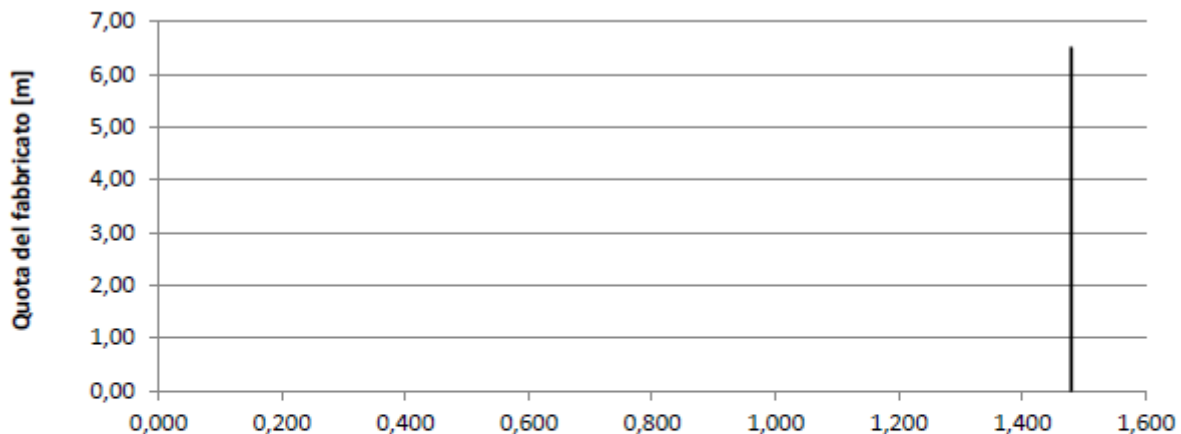
$$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{min}$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min}$$

k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
0,23	0,70	12,00

Coefficiente di esposizione minimo	$c_{e,min}$	1,48	$z < 12,00$
Coefficiente di esposizione alla gronda	$c_{e,gronda}$	1,48	$z = 4,00$
Coefficiente di esposizione al colmo	$c_{e,colmo}$	1,48	$z = 6,50$

Andamento Coefficiente di Esposizione



Coefficiente di forma

Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate, curve

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

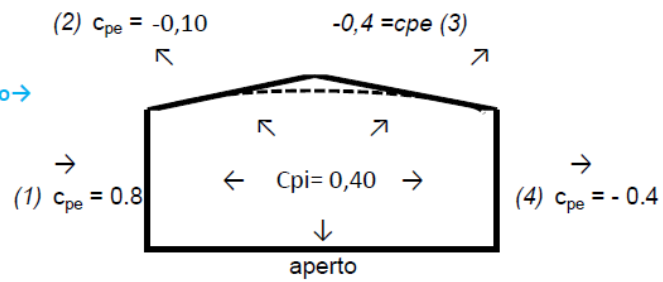
Costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali alla direzione del vento, aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale

Configurazione più svantaggiosa

Configurazione A

(1) parete sopravento	c_p	0,40
(2) copertura sopravento	c_p	-0,50
(3) copertura sottovento	c_p	-0,80
(4) parete sottovento	c_p	-0,80

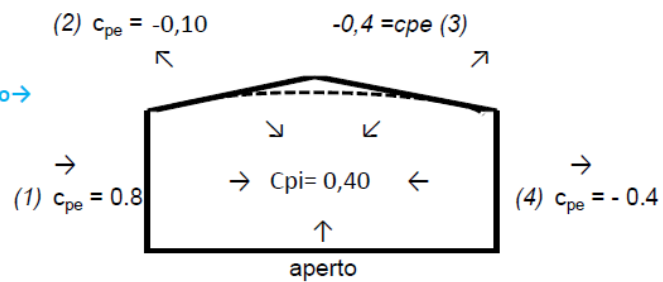
Direzione del vento →



Configurazione A

(1) parete sopravento	c_p	1,20
(2) copertura sopravento	c_p	0,30
(3) copertura sottovento	c_p	0,00
(4) parete sottovento	c_p	0,00

Direzione del vento →



Configurazione B

PRESSIONI DEL VENTO

Combinazione più sfavorevole per pareti e copertura:

Valori massimi della pressione per ogni elemento

$$p \text{ (pressione del vento)} = q_r \cdot c_d \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_p$$

c_d (coefficiente dinamico)

c_t (coefficiente topografico)

c_e (coefficiente di esposizione)

c_p (coefficiente di forma)

	p [kN/m ²]	c_d	c_t	c_e	c_p	P [kN/m ²]
(1) par. sopravent.	0,424	1,00	1,00	1,479	0,40	0,25
(2) cop. sopravent.	0,424	1,00	1,00	1,479	-0,50	-0,31
(3) cop. Sottovent.	0,424	1,00	1,00	1,479	-0,80	-0,50
(4) par. sottovent.	0,424	1,00	1,00	1,479	-0,80	-0,50

(2) copertura sopravento

-0,31 kN/mq

(3) copertura sottovento

-0,50 kN/mq

→

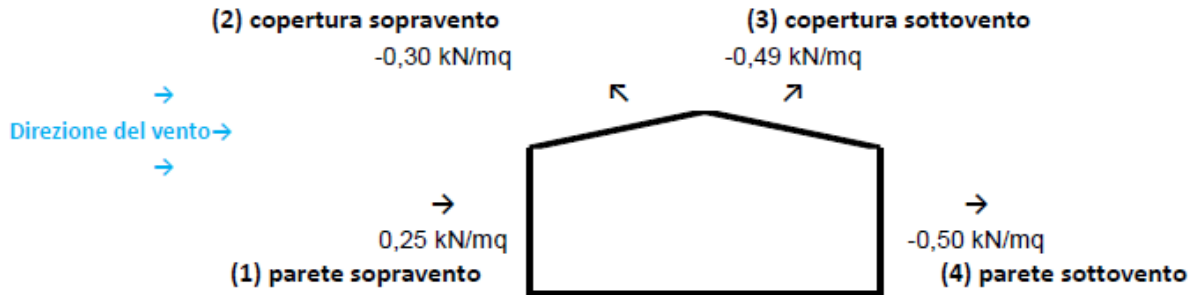
↖

↗

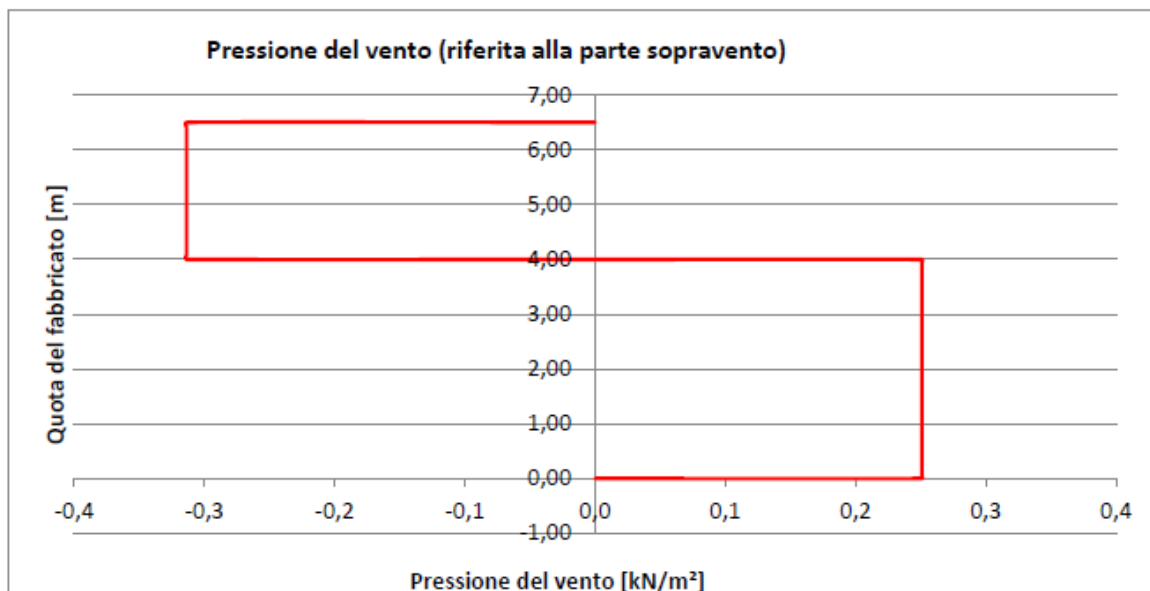
Direzione del vento →



Valori medi della pressione per ogni elemento (da utilizzare per caricare il modello FEM)



Andamento delle pressioni più svataggiose



	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA INOW	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 31 di 104

L'azione del vento viene assimilata a un carico orizzontale statico con direzione perpendicolare all'asse del ponte. Tale azione agisce sulla proiezione nel piano verticale delle superfici degli elementi strutturali del ponte direttamente investite e su una parete rettangolare continua verticale alta 3,00 m, che convenzionalmente rappresenta i carichi che transitano sul ponte, come mostrato nella Figura riportata di seguito.

Vento trasmesso dall'impalcato a ponte carico

Il carico trasversale, per unità di lunghezza, è pari a:

$$q_{\text{vento1}} = (H_{\text{trave}} + H_{\text{soletta}}) \cdot p =$$

$$q_{\text{vento2}} = (H_{\text{carico}}) \cdot p =$$

dove:

q_{vento1} è il carico trasversale dovuto al vento sull'impalcato;

q_{vento2} è il carico trasversale dovuto al vento sulla superficie trasversale dei carichi transitanti, che da normativa si assimila ad una parete rettangolare continua dell'altezza di 3m a partire dal piano stradale.

Le risultanti trasversali totali indotte dal vento sull'impalcato, sono pari a:

$$T_{\text{trasv1}} = q_{\text{vento1}} * L_{\text{ponte}}$$

$$T_{\text{trasv2}} = q_{\text{vento2}} * L_{\text{ponte}}$$

$$T_{\text{trasv_ponte carico}} = (T_{\text{trasv1}} + T_{\text{trasv2}})$$

Il baricentro dell'azione del vento rispetto a quota estradosso spalla risulta pari a:

$$e_{v1} = d + [(H_{\text{trave}} + H_{\text{soletta}})/2]$$

$$e_{v2} = d + (H_{\text{trave}} + H_{\text{soletta}}) + (3/2)$$

dove:

d = distanza tra intradosso trave in c.a.p. e estradosso spalla (baggiolo+appoggio)

Gli impalcati trasmettono quindi alla spalla un momento pari a:

$$M_{\text{vento_ponte carico}} = T_{\text{trasv1}} \cdot e_{v1} + T_{\text{trasv2}} \cdot e_{v2}$$

Si ottiene quindi:

pressione del vento	p	1.00	kPa
Lunghezza impalcato	l	90.00	m
altezza impalcato e soletta	h	2.30	m
carico sull'impalcato	q _{vento1}	2.46	kN/m
carico sulla superficie trasversale dei carichi transitanti (h = 3 m dal piano stradale)	q _{vento2}	3.21	kN/m
azione trasversale totale sull'impalcato (uniformemente distribuita)	q _{vento}	5.67	kN/m
Risultante trasversale	T _r	510.39	kN
Eccentricità dell'impalcato	e _{v1}	1.55	m
Eccentricità dei carichi viaggianti	e _{v2}	4.40	m
Momento uniformemente distribuito Ponte carico	M_{v_p. carico}	17.94	(kN/m)*m

Vento trasmesso dall'impalcato a ponte scarico

Il carico trasversale, per unità di lunghezza, è pari a:

$$q_{\text{vento1}} = (H_{\text{trave}} + H_{\text{soletta}} + H_{\text{barriera}}) \cdot p$$

dove:

q_{vento1} è il carico trasversale dovuto al vento sull'impalcato e sulla barriera di protezione;

La risultante trasversale totale indotta dal vento sull'impalcato, risulta pari a:



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA
Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	33 di 104

$$T_{\text{trasv1}} = q_{\text{vento1}} * L_{\text{ponte}}$$

$$T_{\text{trasv_ponte scarico}} = T_{\text{trasv1}}$$

Il baricentro dell'azione del vento rispetto a quota estradosso spalla risulta pari a:

$$e_{v3} = d + [(H_{\text{trave}} + H_{\text{soletta}} + H_{\text{barriera}})/2]$$

Il momento agente per metro lineare di opera è pari ad:

$$M_{\text{vento_ponte scarico}} = T_{\text{trasv1}} \cdot e_{v1}$$

altezza max barriera di protezione	h_{barriera}	3,11	m
Altezza totale	H_{tot}	5,41	m
carico sull'impalcato $[p*(H_{\text{tot}})]$	q_{vento1}	5,79	kN/m
Risultante trasversale Ponte scarico	T_r	520,98	kN
Eccentricità ponte scarico	e_{v3}	3,11	m
Momento uniformemente distribuito Ponte scarico	$M_{v_p.\text{scarico}}$	17,97	(kN/m)*m

5.7 AZIONI SISMICHE Q6

Nel presente paragrafo si riporta la descrizione e la valutazione dell'azione sismica secondo le specifiche del D.M. 14 gennaio 2018.

L'azione sismica è descritta mediante spettri di risposta elastici e di progetto. In particolare nel D.M. 17 gennaio 2018, vengono presentati gli spettri di risposta in termini di accelerazioni orizzontali e verticali.

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale $V_N = 75$ anni (categoria 3).



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	34 di 104

Classi D'uso

Il Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 prevede quattro categorie di classi d'uso riportate nel seguito:

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 III o in Classe 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 IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie 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 di strade", e di tipo quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti o 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 l'opera in oggetto si considera una Classe d'uso III.

Periodo di Riferimento dell'Azione Sismica

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, moltiplicando la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u :

$$V_R = V_n \cdot C_u$$

Il valore del coefficiente d'uso C_u è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1	1.5	2

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 35 di 104

Pertanto per l' opera in oggetto il periodo di riferimento è pari a $75 \times 1.5 = 112.5$ anni.

Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

<u>Stati limite di esercizio</u>
Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile all'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

<u>Stati limite ultimi</u>
Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture o crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione invece conserva una parte della resistenza e della rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche.

La probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportati nella tabella successiva.

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

In accordo alle specifiche di norma le azioni sismiche per il dimensionamento dell'opera sono quelle relative allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV). Le azioni sismiche relative allo stato limite di operatività (SLO) e allo stato limite di danno (SLD) non sono state considerate perché poco significative in relazione alle combinazioni di natura statica.

Valori di a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale) e dei coefficienti di sito S ($ST=1$) e accelerazione di progetto a_{max} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLPP (2009)) per $V_R = 112.5$ anni per due tratti scelti nel tracciato di progetto.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	Tratto A1 (da Prog. 94+680 a Prog. 98+970)		Tratto A2 (da Prog. 98+970 a Prog. 105+384)	
			S (-)	a_{max} (g)	S (-)	a_{max} (g)
SLO	68	0.064	1.5	0.096	1.2	0.077
SLD	113	0.083	1.5	0.124	1.2	0.099
SLV	1068	0.211	1.390	0.293	1.193	0.251
SLC	2193	0.268	1.302	0.349	1.135	0.304

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 37 di 104

5.8 URTI DA TRAFFICO FERROVIARIO Q7

Nel presente paragrafo si riportano i criteri di verifica delle sottostrutture in presenza dell'azione eccezionale legata agli urti da traffico ferroviario sulle spalle del cavalcaferrovia in esame.

All'occorrenza di un deragliamento può infatti verificarsi il rischio di collisione fra i veicoli deragliati e le strutture adiacenti la ferrovia. Queste ultime dovranno essere progettate in modo da resistere alle azioni conseguenti ad una tale evenienza.

Dette azioni devono determinarsi sulla base di una specifica analisi di rischio, tenendo conto della presenza di eventuali elementi protettivi o sacrificali (respingenti) ovvero di condizioni di impianto che possano ridurre il rischio di accadimento dell'evento (marciapiedi, controrotaie, ecc.).

In mancanza di specifiche analisi di rischio, in accordo con NTC &3.6.3.4, possono assumersi le seguenti azioni statiche equivalenti, in funzione della distanza d degli elementi esposti dall'asse del binario:

1. $5 \text{ m} < d \leq 15 \text{ m}$:
 - 2000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
 - 750 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari.
2. $d > 15 \text{ m}$:
 - Pari ad zero in entrambe le direzioni.

Queste forze dovranno essere applicate a 1,80 m dal piano del ferro e non dovranno essere considerate agenti simultaneamente.

Per l'opera in esame il carico agente è nullo poiché le sottostrutture sono più distanti di 15m dal binario più vicino.

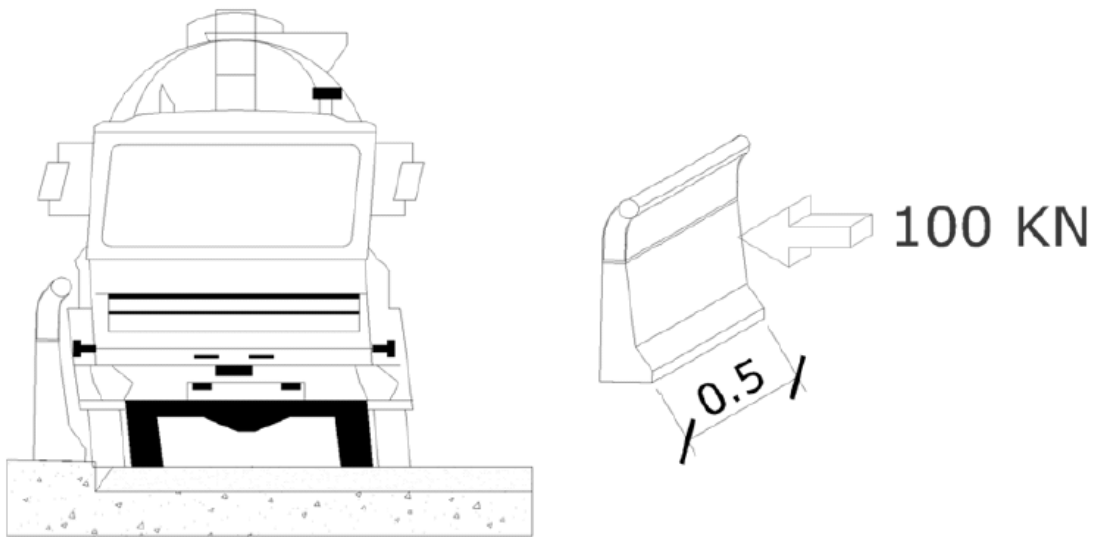
5.9 URTI ACCIDENTALI Q8

Per tener conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza (§ 3.6.3.3.2 – NTC2018) si è considerata una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 KN. Essa è stata considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 1,0 m sopra il livello del piano di marcia e applicata su una linea lunga 0,5 m in corrispondenza dell'inizio dei cordoli.

Ne consegue che sulla soletta viene trasmesso un momento torcente di calcolo pari a

$M_{t,d} = 100 \times 1 \times 0,5 = 50 \text{ KN m}$.

Questo momento torcente è stato associato allo schema 2 dei carichi da traffico e quindi per ogni appoggio è stato disposto il momento in prossimità dell'inizio del cordolo con adiacente il pneumatico.




L'altezza dei parapetti (§ 5.1.3.10 – NTC 2018) non deve essere inferiore a 1,10 m. I parapetti sono calcolati in base ad un'azione orizzontale di 1,5 KN/m applicata al corrimano.

5.10 RESISTENZE PARASSITE DEI VINCOLI Q9

Le resistenze passive dei vincoli sono valutate pari al 3% del carico verticale:

peso proprio dell'impalcato $q_{9_1} = 0.03 \cdot N_{imp} = 0.03 \cdot 1200 \text{ kN} = 36.42 \text{ kN}$

carichi accidentali $q_{9_2} = 0.03 \cdot 2400/2 \text{ kN} = 36 \text{ kN}$

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 39 di 104

5.11 DEFORMAZIONI IMPRESSE ϵ

In accordo con la normativa vigente (par. 5.1.3.2 NTC18) si intendono per deformazioni impresse sui ponti stradali:

1. Distorsioni e presollecitazioni di progetto: ϵ_1 .

Ai fini delle verifiche si devono considerare gli effetti delle distorsioni e delle presollecitazioni eventualmente previste in progetto.

2. Effetti reologici: ritiro e viscosità ϵ_2 ;

3. Variazioni termiche ϵ_3 .

Il calcolo degli effetti del ritiro del calcestruzzo, delle variazioni termiche e della viscosità deve essere effettuato in accordo al carattere ed all'intensità di tali distorsioni definiti nelle relative sezioni delle vigenti Norme Tecniche.

4. Cedimenti vincolari: ϵ_4

Sono stati considerati cedimenti delle fondazioni pari ad 1/5000 della luce media relativa ad ogni pila:

Pile interne: 0.65cm

Ritiro e viscosità del calcestruzzo (ϵ_2)

In accordo con le NTC 2018 e e RFI DTC INC PO SP IFS 002 A par. 2.8.2 la deformazione totale da ritiro è calcolata attraverso la seguente espressione:

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

ϵ_{cs} deformazione totale per ritiro

ϵ_{cd} deformazione per ritiro per essiccamento

ϵ_{ca} deformazione per ritiro autogeno

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento $\epsilon_{cd,\infty} = k_h \epsilon_{c0}$, si ricava dalle immagini seguenti riportata dalle NTC 2018 (§ 11.2.10.6) e risulta dipendente dalla resistenza caratteristica a compressione, dall'umidità relativa, assunta pari a 75% e dal parametro h_0 pari a

$$h_0 = 2A_c/u = 0.4m$$



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	40 di 104

dove:

A_c = area della sezione di conglomerato;

u =perimetro della sezione di conglomerato a contatto con l'atmosfera.

Effetti termici (ϵ_3)

Relativamente alle variazioni termiche sono state considerate le seguenti distorsioni termiche:

- variazione termica uniforme per gli elementi strutturali $\pm 15^\circ\text{C}$
- gradiente termico tra soletta e trave metallica $\pm 5^\circ\text{C}$

6 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni delle azioni per lo svolgimento delle verifiche strutturali sono state definite in accordo a quanto riportato nella Normativa vigente, par.2.5.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (si è tenuto inoltre conto di quanto specificato al riguardo nel par. 5.1.3.12 relativo al capitolo sui ‘Ponti stradali’):

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

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

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

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

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

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

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all’azione sismica E (v. § 3.2):

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

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):

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

I valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell’analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi sono riportate nel prospetto seguente:

		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

Figura 9: Valori dei coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU – Tabella 5.1.V del D.M. 17 gennaio 2018

Nel prospetto sopra riportato il significato dei simboli è il seguente:

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

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

γ_Q : coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

γ_{Qi} : coefficiente parziale delle azioni variabili.

Relativamente ai valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} per le diverse categorie di azioni per i ponti stradali si fa riferimento al prospetto riportato di seguito, in accordo con la normativa vigente:

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_s	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_s	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

Figura 10: Valori dei coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali – Tabella 5.1.VI del D.M. 17 gennaio 2018

In definitiva, si riportano nel prospetto seguente i coefficienti dedotti per ciascuna delle combinazioni delle azioni per lo svolgimento delle verifiche strutturali:

		$g1+g2+g3$	$\epsilon 2$	$\epsilon 3$	$q1$	$q3$	$q4$	$q5$	$q6$	$q7$	$q9$	
SLE	SLE(QP)	1	1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	
	SLE(FR)	1	1	0.6	$0.75 Q_{ik}$	0	0	0	0	0	0	
					$0.4 q_{ik}$							
					$0.75 q_{folla}$							
EQU(STR)	EQU1	1.1	1.2	1.2	0	0	0	1.5	0	0	1.35-0.75	
	EQU2	1.1	1.2	1.2-0.6	1.35	0	0	0.9	0	0	1.35-0.75	
	EQU3	1.1	1.2	1.2-0.6	$1.35-0.75 Q_{ik}$	1.5	0	0.9	0	0	0	1.35-0.75
					$1.35-0.40 q_{ik}$							
				$1.35-0.75 q_{folla}$								
	EQU4	1.1	1.2	1.2-0.6	$1.35-0.75 Q_{ik}$	0	1.5	0.9	0	0	1.35-0.75	
					$1.35-0.40 q_{ik}$							
					$1.35-0.75 q_{folla}$							
SLU(STR)	STR1	1.35	1.2	1.2-0.6	0	0	0	1.5	0	0	1.35-0.75	
	STR2	1.35	1.2	1.2-0.6	1.35	0	0	0.9	0	0	1.35-0.75	
	STR3	1.35	1.2	1.2-0.6	$1.35-0.75 Q_{ik}$	1.5	0	0.9	0	0	0	1.35-0.75
					$1.35-0.40 q_{ik}$							
					$1.35-0.75 q_{folla}$							
	STR4	1.35	1.2	1.2-0.6	$1.35-0.75 Q_{ik}$	0	1.5	0.9	0	0	1.35-0.75	
					$1.35-0.40 q_{ik}$							
					$1.35-0.75 q_{folla}$							
	STR5	1.35	1.2	1.2-0.6	0	0	0	0	0	1.5	0	
SLU(STR)	GEO1	1	1	0.6	0	0	0	1.3	0	0	1.15-0.75	
	GEO2	1	1	0.6	1.15	0	0	1.3-0.6	0	0	1.15-0.75	
	GEO3	1	1	0.6	$1.15-0.75 Q_{ik}$	1.3	0	1.3-0.6	0	0	0	1.15-0.75
					$1.15-0.40 q_{ik}$							
				$1.15-0.75 q_{folla}$								
	GEO4	1	1	0.6	$1.15-0.75 Q_{ik}$	0	1.3	1.3-0.6	0	0	1.15-0.75	
					$1.15-0.40 q_{ik}$							
					$1.15-0.75 q_{folla}$							
Sisma (SLV)	Sisma (SLV)	1	1	0.5	0	0	0	0	± 1	0	0	

Figura 11: Valori dei coefficienti delle combinazioni di carico adottate per la verifica degli elementi strutturali

Per le combinazioni sismiche è stato considerato lo stato limite di salvaguardia “SLV” che comprende tre combinazioni in cui il sisma nelle tre direzioni (longitudinale, trasversale e verticale) è combinato come segue.

$$E_1+0.3E_t\pm 0.3E_v; 0.3E_1+E_t\pm 0.3E_v; 0.3E_1+0.3E_t\pm E_v$$

Le azioni combinate considerate sono dunque le seguenti:



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale **QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	45 di 104

- G₁: peso proprio degli elementi strutturali;
- G₂: carichi permanenti portati;
- G₃: spinta delle terre;
- ε₂: ritiro e viscosità della soletta;
- ε₃: variazioni termiche uniformi e differenziali;
- Q₁: carichi mobili;
- Q₃: azione longitudinale di frenamento;
- Q₄: azione centrifuga;
- Q₅: azione trasversale del vento;
- Q₆: azioni sismiche;
- Q₇: urti da traffico ferroviario
- Q₉: resistenze parassite dei vincoli

Per lo svolgimento delle verifiche della portanza dei pali, in accordo con la normativa vigente, si applicano i coefficienti parziali di sicurezza alle azioni, ai materiali e alla resistenza del terreno, come di seguito esplicitato:

Approccio 1

Combinazione1: A1+M1+R1

Combinazione2: A2+M1+R2

Approccio 2

Combinazione1: A1+M1+R3

Carichi	Effetto	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	1.00	1.00
	Sfavorevole	1.30	1.00
Permanenti non strutturali	Favorevole	0.00	0.00
	Sfavorevole	1.50	1.30
Variabili	Favorevole	0.00	0.00
	Sfavorevole	1.50	1.30

Figura 12: Valori dei coefficienti parziali per le azioni

Parametro	Grandezza alla quale	M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan(\varphi')$	1.00	1.25
Coesione efficace	c'	1.00	1.25
Resistenza non drenata	c'_u	1.00	1.40
Peso dell'unità di volume	γ	1.00	1.00

Figura 13: Valori dei coefficienti parziali per i parametri del terreno

Resistenza	Simbolo	R1	R2	R3
Base	γ_b	1.00	1.70	1.35
Laterale in compressione	γ_s	1.00	1.45	1.15
Tot/combinazione (comp)	γ_t	1.00	1.60	1.30
Laterale in trazione	$\gamma_{s,t}$	1.00	1.60	1.25

Figura 14: Valori dei coefficienti parziali per le resistenze



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

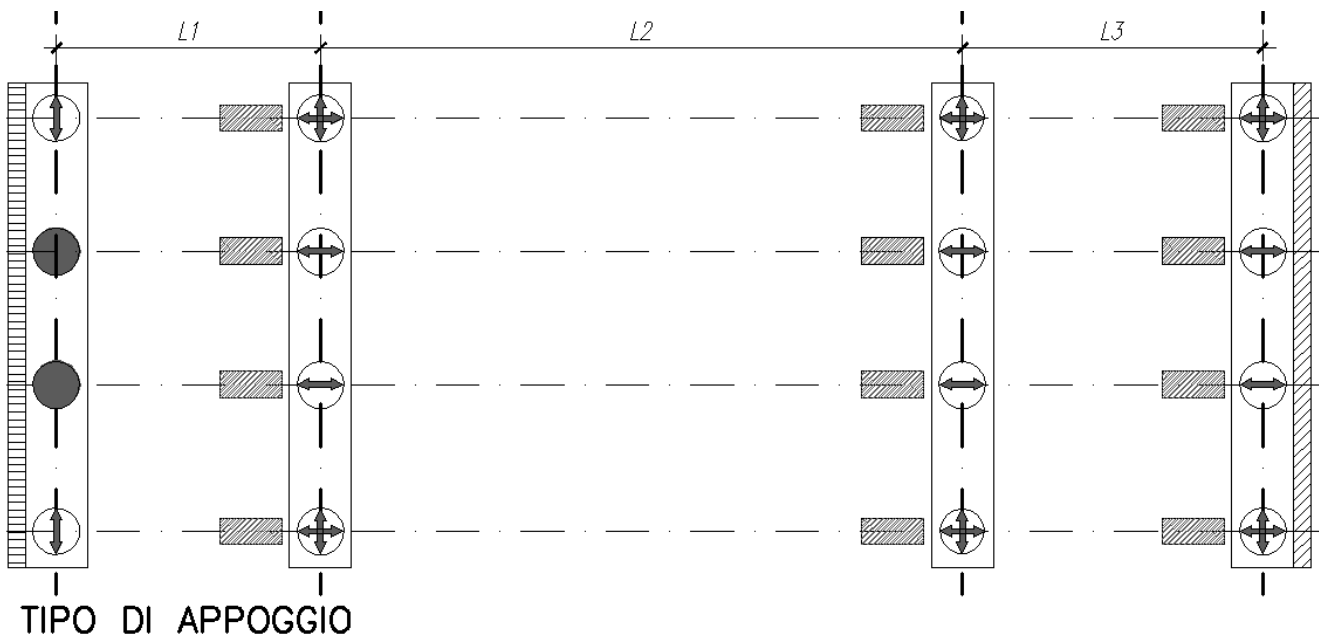
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	47 di 104

7 CRITERI DI MODELLAZIONE

Il calcolo della struttura è stato svolto utilizzando MidasGen ver. 11.12. Il modello di calcolo è costituito da elementi frame, monodimensionali, rappresentativi delle travi a sezione composta acciaio-cls e dei traversi. La soletta è stata modellata come elementi beam equivalenti.

Il collegamento dell'impalcato con le sottostrutture è stato modellato attraverso link elastici: le caratteristiche di rigidezza degli elementi inseriti modellano lo schema di vincolo riportato in seguito:



 APPOGGIO FISSO	 APPOGGIO MULTIDIREZIONALE
 APPOGGIO UNIDIREZIONALE TRASVERSALE	 SHOCK TRASMITTER
 APPOGGIO UNIDIREZIONALE LONGITUDINALE	 GIUNTO DI DILATAZIONE GOMMA ARMATA ±100
 GIUNTO DI DILATAZIONE GOMMA ARMATA ±50	

Figura 15: Schema dei vincoli di appoggio dell'impalcato

Di seguito si riportano alcune immagini del modello FEM implementato:

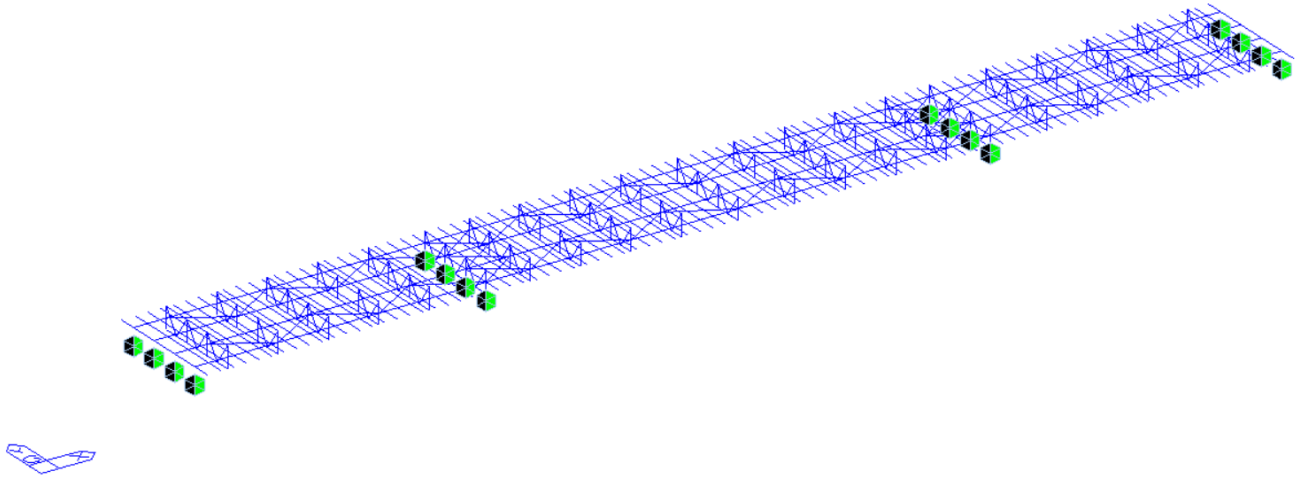


Figura 16: Vista 3d impalcato acc-cls

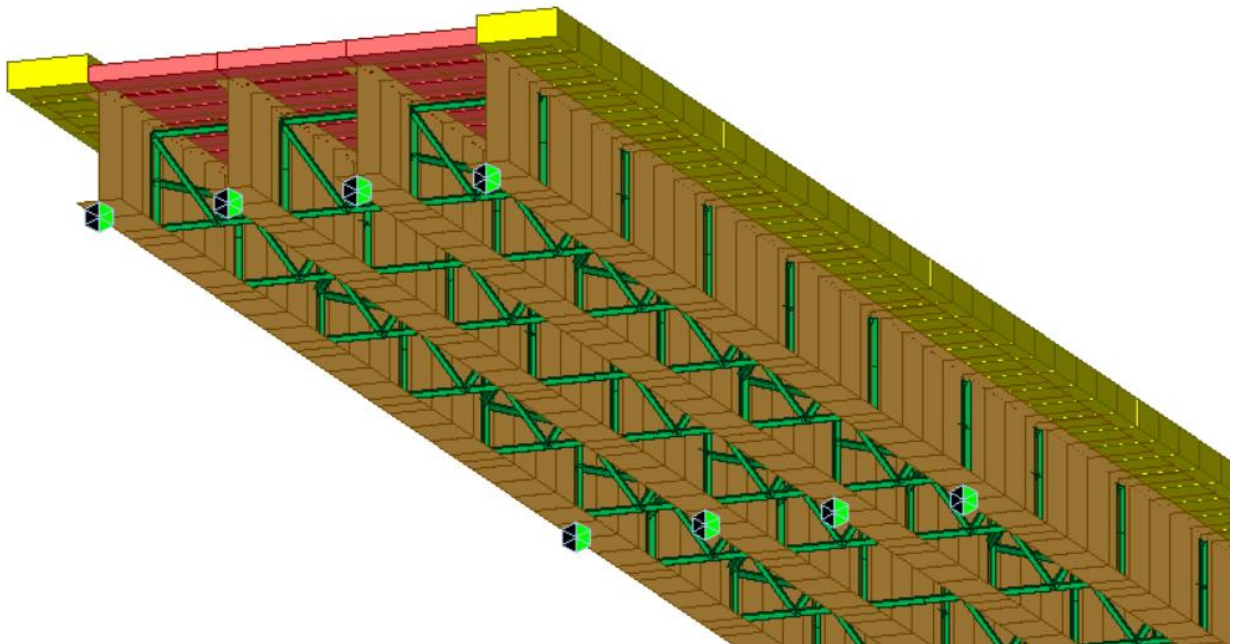


Figura 17: Vista 3d – elementi estrusi

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 50 di 104

8 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di sicurezza sulle varie parti dell'opera, per le varie combinazioni di carico e per le diverse fasi costruttive, vengono effettuate sulla base dei criteri definiti dalle vigenti norme tecniche ("Norme tecniche per le costruzioni" D.M. 17 gennaio 2018), tenendo inoltre conto delle integrazioni riportate nella "Specificazione per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria"- *RFI*, sostitutiva dell'Istruzione Tecnica "FS 44 A" del Settembre 1971, relativa alla progettazione e all'esecuzione di cavalcavia stradali e passerelle pedonali sovrappassanti la sede ferroviaria.

In particolare vengono effettuate le verifiche agli stati limite di servizio, riguardanti gli stati di fessurazione e di deformazione, ed allo stato limite ultimo, ivi compresa la verifica allo stato limite di fatica. Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche sono quelle stabilite, secondo quanto definito nei criteri generali enunciati al Cap. 2 delle nuove norme tecniche per le costruzioni, nei precedenti paragrafi.

Si specificano di seguito i criteri di verifica adottati per le verifiche della struttura.

8.1 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

8.1.1 VERIFICA A FESSURAZIONE

Le verifiche a fessurazione sono eseguite adottando i criteri definiti nel paragrafo 4.1.2.2.4.5 del D.M. 17 gennaio 2018, tenendo inoltre conto delle ulteriori prescrizioni riportate nella "Specificazione per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria"- *RFI*.

Con riferimento alle classi di esposizione delle varie parti della struttura (si veda il paragrafo relativo alle caratteristiche dei materiali impiegati, nella presente relazione), alle corrispondenti condizioni ambientali (condizioni molto aggressive) ed alla sensibilità delle armature alla corrosione (poco sensibili per gli acciai ordinari), si individua lo stato limite di fessurazione per assicurare la funzionalità e la durata delle strutture:

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_d	Stato limite	w_d
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Figura 18: Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione - Tabella 4.1.IV del D.M. 17 gennaio 2018

1. Per le strutture di fondazione:

- *Classe di esposizione e condizioni ambientali:*

Lato terra e lato scavo: XC2 → condizioni ambientali ordinarie

- *Stati limite di fessurazione:*

Lato scavo e lato terra (cond. amb. Ordinarie + RFI ...002A &2.2.2)

- Combinazione di carico frequente: $w_d \leq w_l = 0.2 \text{ mm}$
- Combinazione di carico quasi permanente: $w_d \leq w_l = 0.2 \text{ mm}$

2. Per le strutture di elevazione:

- *Classe di esposizione e condizioni ambientali:*

XC4+XF1 → condizioni ambientali aggressive

- *Stati limite di fessurazione:* (cond. amb. aggressive)

- Combinazione di carico frequente: $w_d \leq w_l = 0.2 \text{ mm}$
- Combinazione di carico quasi permanente: $w_d \leq w_l = 0.2 \text{ mm}$

3. Per la soletta d'impalcato:

- *Classe di esposizione e condizioni ambientali:*

XC4 – XF4 → condizioni ambientali molto aggressive


- *Stati limite di fessurazione:* (cond. amb. molto aggressive)

- Combinazione di carico frequente: $w_d \leq w_l = 0.2 \text{ mm}$
- Combinazione di carico quasi permanente: $w_d \leq w_l = 0.2 \text{ mm}$

In accordo con la vigente normativa, il valore di calcolo di apertura delle fessure w_d è dato da:

$$w_d = 1,7 w_m$$

dove w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza media tra le fessure Δ_{sm} :

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 52 di 104

$$w_m = \varepsilon_{sm} \Delta_{sm}$$

Per il calcolo di ε_{sm} , e Δ_{sm} vanno utilizzati i criteri consolidati riportati nella letteratura tecnica.

8.1.2 VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO

Valutate le azioni interne nelle varie parti della struttura, dovute alle combinazioni caratteristica e quasi permanente delle azioni, si calcolano le massime tensioni sia nel calcestruzzo sia nelle armature; si verifica che tali tensioni siano inferiori ai massimi valori consentiti di seguito riportati.

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c , deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_c < 0,60 f_{ck} \text{ per combinazione caratteristica (rara)}$$

$$\sigma_c < 0,45 f_{ck} \text{ per combinazione quasi permanente.}$$

Per l'acciaio ordinario, la tensione massima σ_s per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,75 f_{yk}$$

dove f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio.

8.1.3 VERIFICA DELLA DEFORMABILITA'

In accordo alle prescrizioni contenute nella "Specifiche per la progettazione e l'esecuzione di cavalcavia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria"- *RFI*, le deformazioni massime del cavalcavia devono risultare compatibili con la geometria della struttura in relazione alle esigenze del traffico, nonché ai vincoli ed ai dispositivi di giunto previsti in progetto.

In tutte le strutture, limitatamente agli elementi principali, si dovrà rispettare il seguente limite di deformazione sotto l'azione dei carichi accidentali di progetto incrementati dinamicamente nella combinazione caratteristica (rara) agli S.L.E.:

$$f \leq L/700$$

dove:

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA INOW	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 53 di 104

L = luce di calcolo;

f = massima freccia verticale.

Per le strutture in c.a. la verifica sarà condotta considerando la struttura in primo stadio (non fessurato) senza considerare il contributo delle armature.

Inoltre saranno valutate le deformazioni elastiche dovute ai seguenti carichi:

- peso proprio della struttura metallica e della soletta d'impalcato (f_p);
- peso delle opere di finitura (f_f);
- carichi verticali da traffico (f_s);
- effetti del ritiro della soletta ed effetto viscoso (f_r).

Dovrà essere assorbita da opportuna contrefreccia di costruzione (c_f) la somma dei seguenti contributi:

$$c_f = f_p + f_f + f_r + 0.25 f_s \Phi$$

Tale contrefreccia dovrà essere ottenuta di norma mediante sagomatura dell'anima all'atto del taglio delle lamiere o tramite spezzata realizzata in corrispondenza dei giunti tra conci. L'asse del giunto sarà disposto lungo il raggio dell'arco e l'apertura del varco tra i conci dovrà risultare costante lungo tutta l'altezza della trave. Dovrà inoltre risultare:

$$f_p \leq 1/300 L$$

8.2 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI

8.2.1 SOLLECITAZIONI FLETTENTI

La verifica di resistenza (SLU) è stata condotta attraverso il calcolo dei domini di interazione N-M, ovvero il luogo dei punti rappresentativi di sollecitazioni che portano in crisi la sezione di verifica secondo i criteri di resistenza da normativa.

Nel calcolo dei domini sono state mantenute le consuete ipotesi, tra cui:

- conservazione delle sezioni piane;
- legame costitutivo del calcestruzzo parabolico-rettangolo non reagente a trazione, con plateaux ad una deformazione pari a 0.002 e a rottura pari a 0.0035 ($\sigma_{max} = 0.85 \times 0.83 \times R_{ck} / 1.5$);

- legame costitutivo dell'armatura d'acciaio elastico-perfettamente plastico con deformazione limite di rottura a 0.01 ($\sigma_{\max} = f_{yk} / 1.15$)

8.2.2 SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi sprovvisti di specifica armatura è stata calcolata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{sl} / (b_w \times d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

La resistenza a taglio V_{Rd} di elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio deve essere valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio. Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo e i puntoni d'anima inclinati. L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti:

$$1 \leq \text{ctg} \theta \leq 2.5$$

La verifica di resistenza (SLU) si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è stata calcolata con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin \alpha$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" è stata calcolata con:

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}, V_{Rcd})$$

In cui:

d è l'altezza utile della sezione;

b_w è la larghezza minima della sezione;

σ_{cp} è la tensione media di compressione della sezione;

A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale;

S è l'interasse tra due armature trasversali consecutive;

α è l'angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd}=0.5f_{cd}$);

α_c è un coefficiente maggiorativo par ad 1 per membrature non compresse.

8.3 VERIFICA A FATICA

Le verifiche a fatica sono stata condotte in confrontando il delta ideale di tensione di progetto $\Delta\sigma_{E,D}$ con la classe del particolare consistono nel verificare che nel dettaglio considerato lo spettro di carico produca un danneggiamento Δs_C , nell'ipotesi che il delta di tensione $\Delta s_{E,D}$ sia in grado di produrre in 2×10^6 cicli, lo stesso danneggiamento prodotto dallo spettro di tensione di progetto.

Il delta di tensione $\Delta\sigma_{E,D}$ è fornito dalla seguente relazione:

$$\Delta \sigma_{E,D} = \lambda \Phi_2 \Delta \sigma_p$$

dove :

λ è il fattore di equivalenza del danneggiamento.

Φ_2 è il fattore dinamico equivalente di danneggiamento., assunto pari ad 1 (ENV 1993-2).

$\Delta \sigma_p = | \sigma_{pmax} - \sigma_{pmin} |$ = è il massimo delta di tensione indotto nel dettaglio in esame dal modello di carico da fatica 3.

Le verifiche saranno condotte considerando lo spettro di tensione indotto nel dettaglio dal modello di fatica semplificato n°3, riportato nella figura seguente, costituito da un veicolo di fatica simmetrico a 4 assi, ciascuno di peso 120kN e dal modello di fatica n°4, ove è indicata la percentuale di veicoli previsti per il viadotto in esame.

Per la verifica a danneggiamento si considererà sulla corsia lenta il flusso annuo di veicoli superiori a 100kN, rilevanti ai fini della verifica a fatica dedotto dalla tabella seguente.

Categorie di traffico	Flusso annuo di veicoli di peso superiore a 100 kN sulla corsia lenta
1 - Strade ed autostrade con 2 o più corsie per senso di marcia, caratterizzate da intenso traffico pesante	2,0x10 ⁶
2 - Strade ed autostrade caratterizzate da traffico pesante di media intensità	0,5x10 ⁶
3 - Strade principali caratterizzate da traffico pesante di modesta intensità	0,125x10 ⁶
4 - Strade locali caratterizzate da traffico pesante di intensità molto ridotta	0,05x10 ⁶

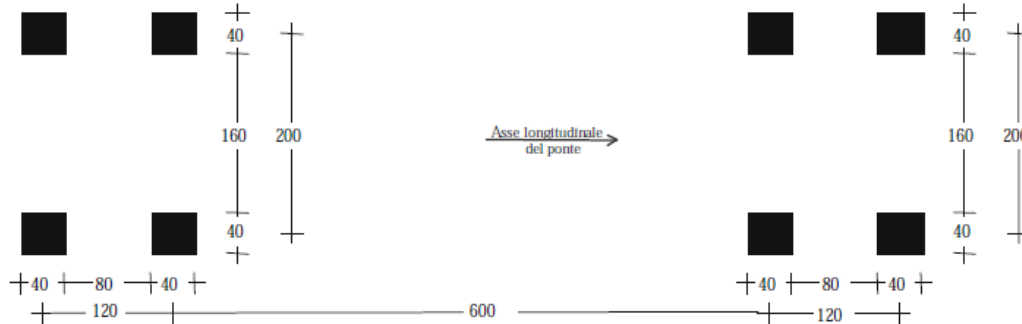


Figura 19 : modello di carico a fatica 3


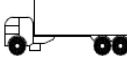
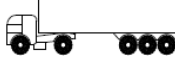

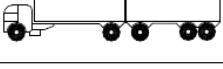

Sagoma del veicolo	Tipo di pneumatico (Tab.5.1-IX)	Interassi [m]	Valori equivalenti dei carichi asse [kN]	Composizione del traffico		
				Lunga percorrenza	Media percorrenza	Traffico locale
	A B	4,50	70 130	20,0	40,0	80,0
	A B B	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0
	A B C C C	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90 90	50,0	30,0	5,0
	A B B B	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	15,0	15,0	5,0
	A B C C C	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	5,0	5,0

Figura 20 : modello di carico a fatica 4

Dall'analisi della struttura, considerando i carichi dallo schema di fatica 3, si individuano, per differenza tra le sollecitazioni massime e minime nelle varie sezioni di indagine, i Δ di Momento flettente, taglio e momento torcente in ogni sezione della struttura.

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 58 di 104

Il coefficiente λ è ottenuto dalla seguente relazione:

$$\lambda = \lambda_1 \times \lambda_2 \times \lambda_3 \times \lambda_4 \qquad \lambda \leq \lambda_{\max}$$

dove:

λ_1 è un parametro che dipende dalla lunghezza della superficie di influenza

λ_2 è un parametro che porta in conto il volume di traffico,

λ_3 è un parametro che tiene conto della vita di progetto del ponte,

λ_4 è un fattore che tiene conto del traffico pesante sulle altre corsie.

λ_{\max} è il massimo valore di λ .

il coefficiente λ_1 si ricava confrontando il danneggiamento effettivo provocato dal veicolo di fatica con il danneggiamento prodotto da un singolo ciclo di ampiezza $\Delta\sigma_{\max}$ come:

$$\lambda_1 = \left(\frac{\sum_i n_i \cdot \Delta\sigma_i^m}{\Delta\sigma_{\max}^m} \right)^{\frac{1}{m}}$$

Dove m è la pendenza della curva S-N.

Per il calcolo di λ_1 si assume la luce della campata come segue:

Per i momenti:

- Per una campata semplicemente appoggiata, la luce della campata, L_i

- Per campate continue, la luce della campata, L , per la campata considerata e la media delle campate coinvolte per le sezioni sugli appoggi come mostra la seguente
- Per travature trasversali facenti da appoggio ad irrigidimenti, la somma della luce degli irrigidimenti sostenuti dalla travatura trasversale.

Per il taglio:

- Per una campata semplicemente appoggiata (e in via approssimata per una campata continua)
- Per la sezione sull'appoggio, vedi figura seguente, la campata considerata, L_i
- Per la sezione di mezzeria, $0,4 \times$ la campata considerata L_i

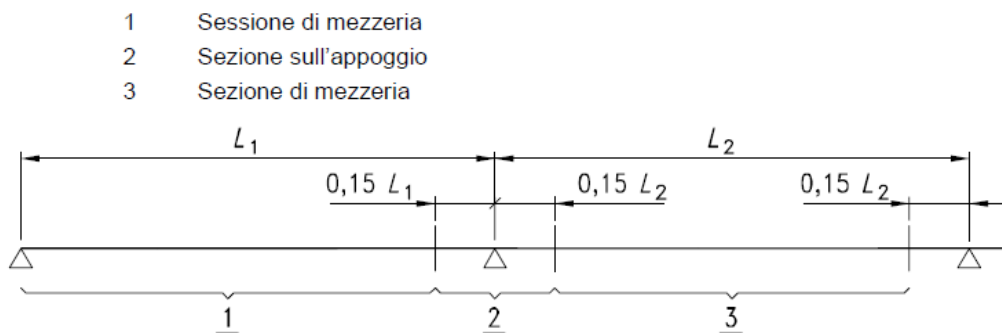
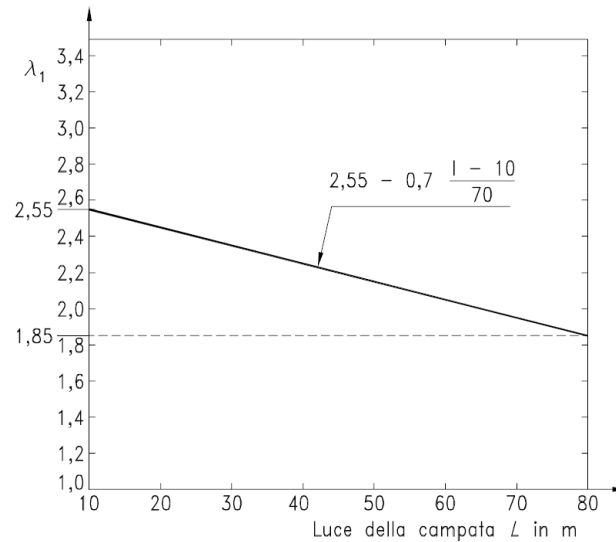


Figura 21 : aree dove si considerano la sezione di mezzeria e la sezione sull'appoggio



λ_1 per i momenti agli appoggi di ponti stradali

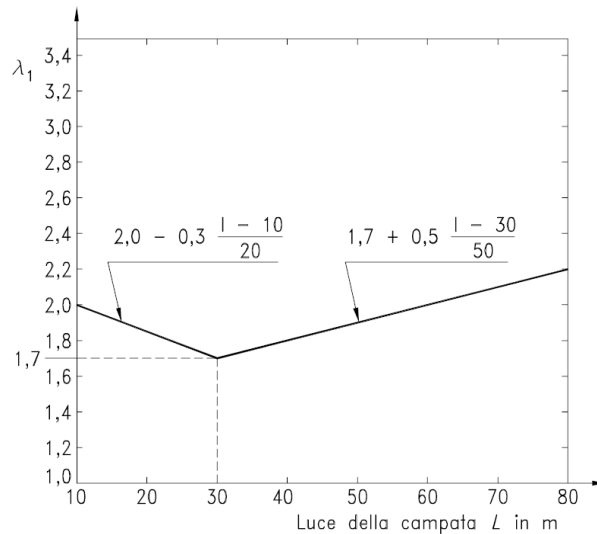


Figura 22 : valori di λ_1 per sezioni di campata (sx) e sezioni di appoggio (dx)

Il coefficiente λ_2 ottiene della seguente relazione:

$$\lambda_2 = \frac{Q_{m1}}{Q_0} \left(\frac{N_{Obs}}{N_0} \right)^{1/5}$$

in cui Q_{m1} è il peso lordo medio degli autocarri sulla corsia lenta (kN) così come specificato dal modello di carico a fatica 4, ottenuto da:

$$Q_{m1} = \left(\frac{\sum_i n_i \cdot Q_i^5}{\sum_i n_i} \right)^{\frac{1}{5}}$$

Con

$$Q_0 = 480 \text{ kN}$$

$$N_0 = 0.5 \cdot 10^6$$

N_{obs} = è il numero totale annuo di autocarri sulla corsia lenta,

Q_i = è il peso lordo dell'autocarro i-esimo nella corsia lenta,

n_i = è il numero di autocarri di peso lordo Q_i nella corsia lenta.

Il coefficiente λ_2 risulta pari a **0.67**.

Il coefficiente λ_3 si calcola con la relazione:

$$\lambda_3 = (t_{Ld}/100)^{1/5}$$

dove:

T_R = vita a fatica di riferimento

T = vita di progetto dell'opera in esame, pari a 150 anni.

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 62 di 104

Il coefficiente λ_3 risulta pari a **1.08**

Il coefficiente λ_4 , che tiene conto della possibile simultaneità di più veicoli, può essere espressa come:

$$\lambda_4 = \left(\sum_i \left(\frac{N_i}{N_1} \cdot \frac{\eta_i \cdot Q_{mi}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}} \right)^m \right)^{\frac{1}{m}}$$

dove:

N_1 = è il flusso di veicoli sulla corsia principale

N_i = è il flusso di veicoli sulla corsia i-esima

Q_{mi} = è il peso medio lordo degli autocarri dell'i-esima corsia

η_i = è il valore dell'ordinata della superficie di influenza per la forza interna che produce il campo di tensione relativamente al veicolo che corre sull'i-esima corsia.

Il coefficiente λ_4 risulta pari a **1.01**.

Quindi la verifica a fatica risulta soddisfatta se:

$$\Delta\sigma_{eq} = \lambda \cdot \varphi_{fat} \cdot \Delta\sigma_{max} \leq \frac{\Delta\sigma_C}{\gamma_M}$$

Con:

$\Delta\sigma_C$ = classe del dettaglio.

γ_M = coefficiente parziale di sicurezza definito nella Tabella 1

Criteri di valutazione	Conseguenze della rottura	
	Conseguenze moderate	Conseguenze significative
Danneggiamento accettabile	$\gamma_M = 1,00$	$\gamma_M = 1,15$
Vita utile a fatica	$\gamma_M = 1,15$	$\gamma_M = 1,35$

Tabella 1 : coefficiente di sicurezza da assumere per la verifica a fatica

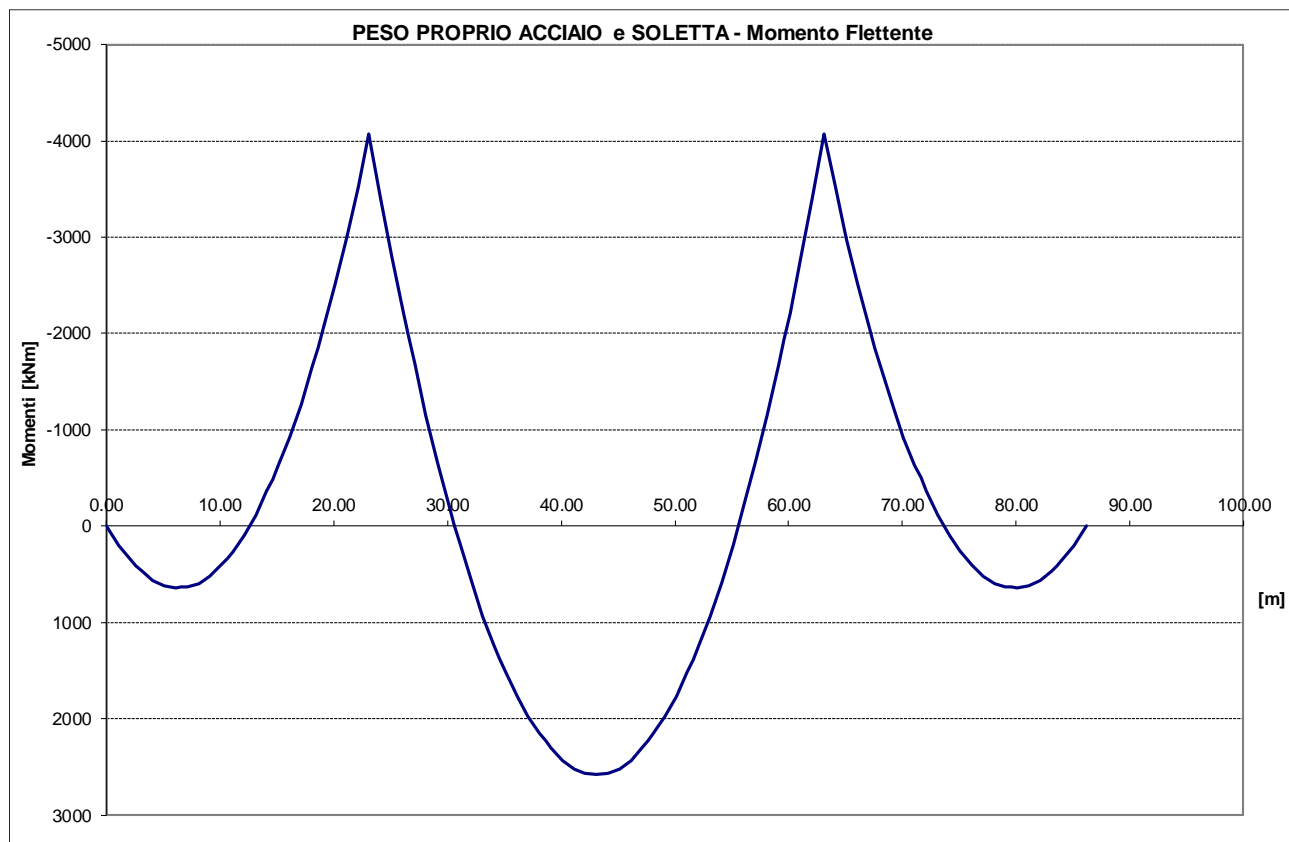
9 ANALISI DEI RISULTATI IMPALCATO

Si riportano di seguito le sollecitazioni della trave più caricata a causa degli effetti di eccentricità del carico.

9.1 SOLLECITAZIONI AGENTI 1^A FASE

Con riferimento ai carichi di 1a fase, costituiti dal peso proprio delle parti in acciaio e della soletta, sono rappresentate le caratteristiche delle sollecitazioni flettenti e taglianti.

In tali fasi, la sezione reagente è costituita dalle sole travi in acciaio, in quanto l'eventuale soletta non è collaborante ed è presente solo come carico applicato.



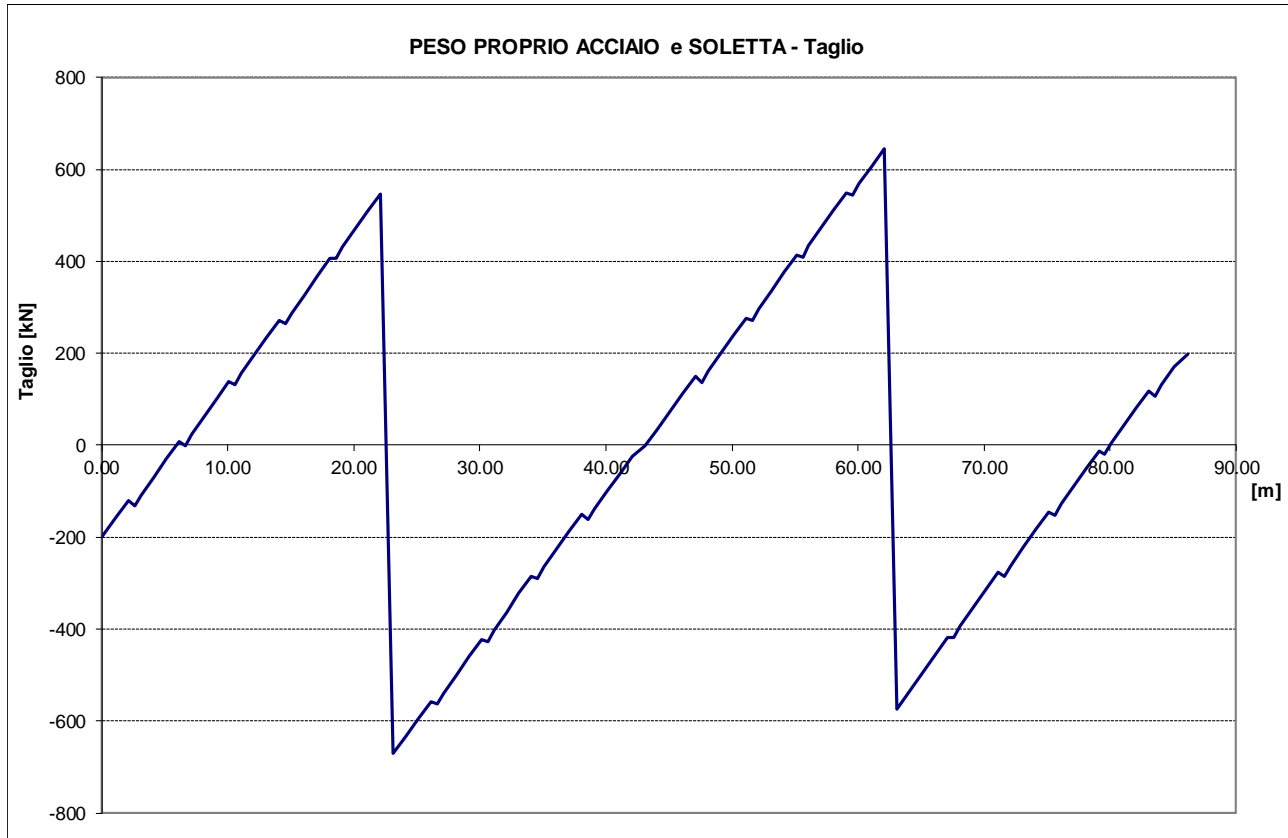


Figura 23 – Peso proprio acciaio e soletta (Momento e Taglio)

9.2 SOLLECITAZIONI 2^A FASE

Con riferimento ai carichi di 2^a fase, definiti in precedenza, si considerano a tempo t_0 e t_{∞} i seguenti contributi:

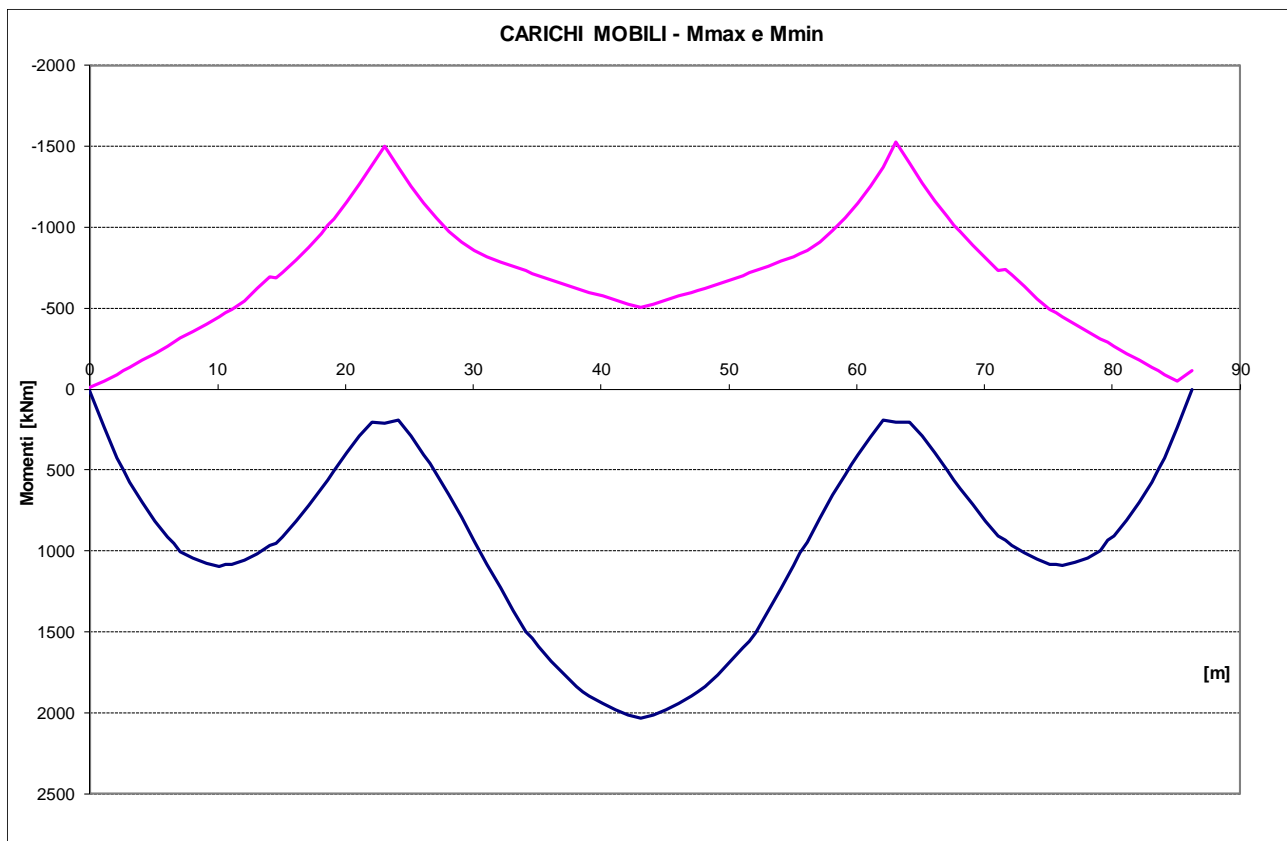
- permanenti portati (t_{∞})
- effetti termici uniformi (t_0)
- effetti termici differenziali (t_0)
- cedimenti fondazioni (t_{∞})
- ritiro (t_{∞})
- spostamenti impressi (t_{∞})

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	66 di 104

- carico accidentale ((t_0))
- vento (t_0)

Si riportano di seguito i diagrammi di taglio e momento flettente nel piano verticale dei singoli contributi dei carichi di 2a fase.



Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	67 di 104

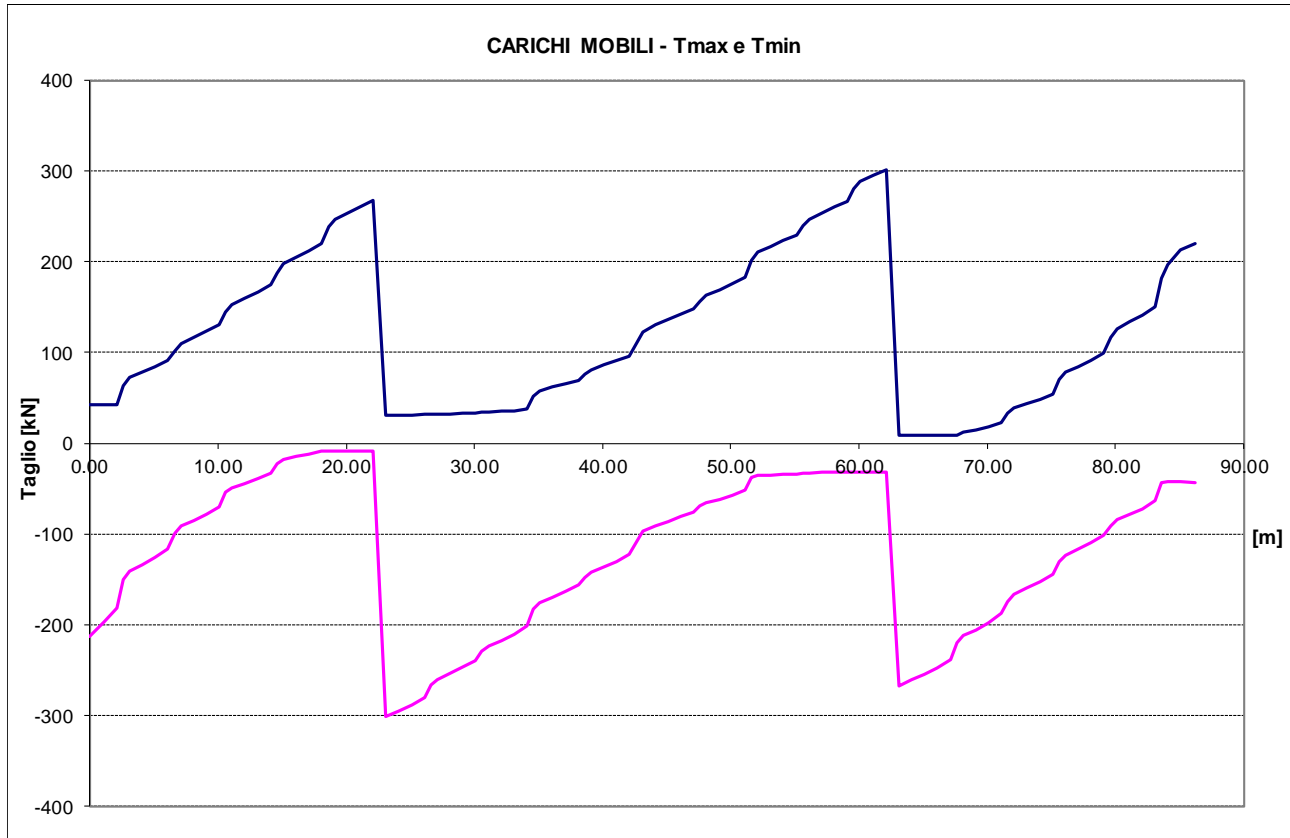


Figura 24 – Carichi accidentali (Momento e Taglio)

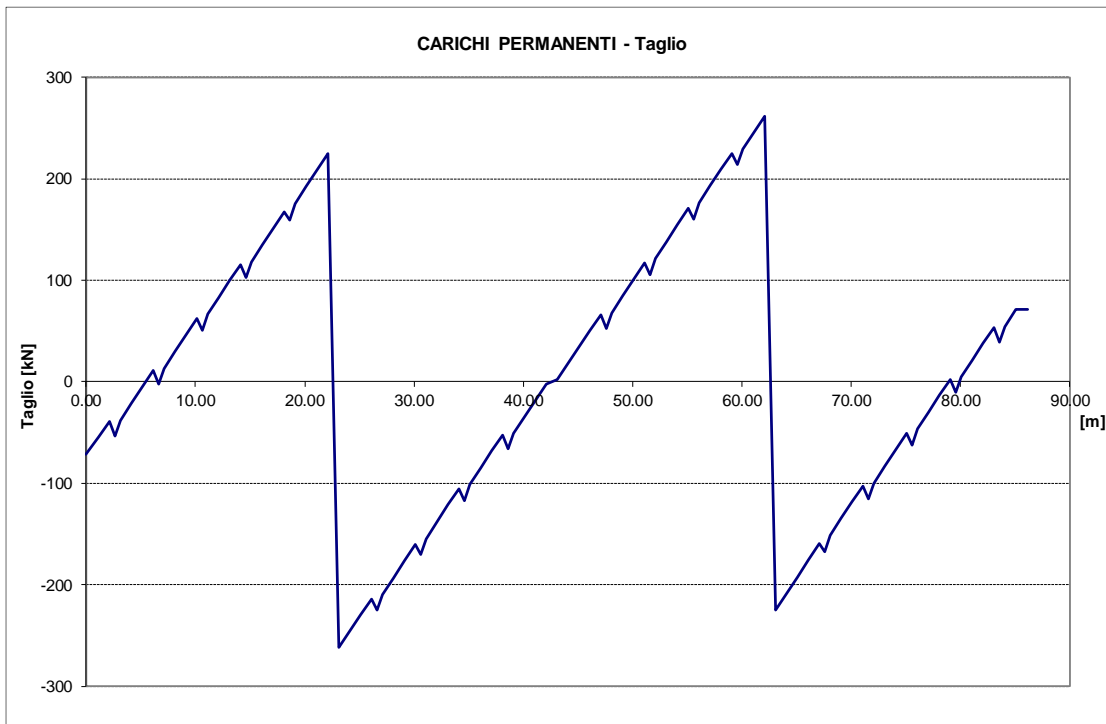
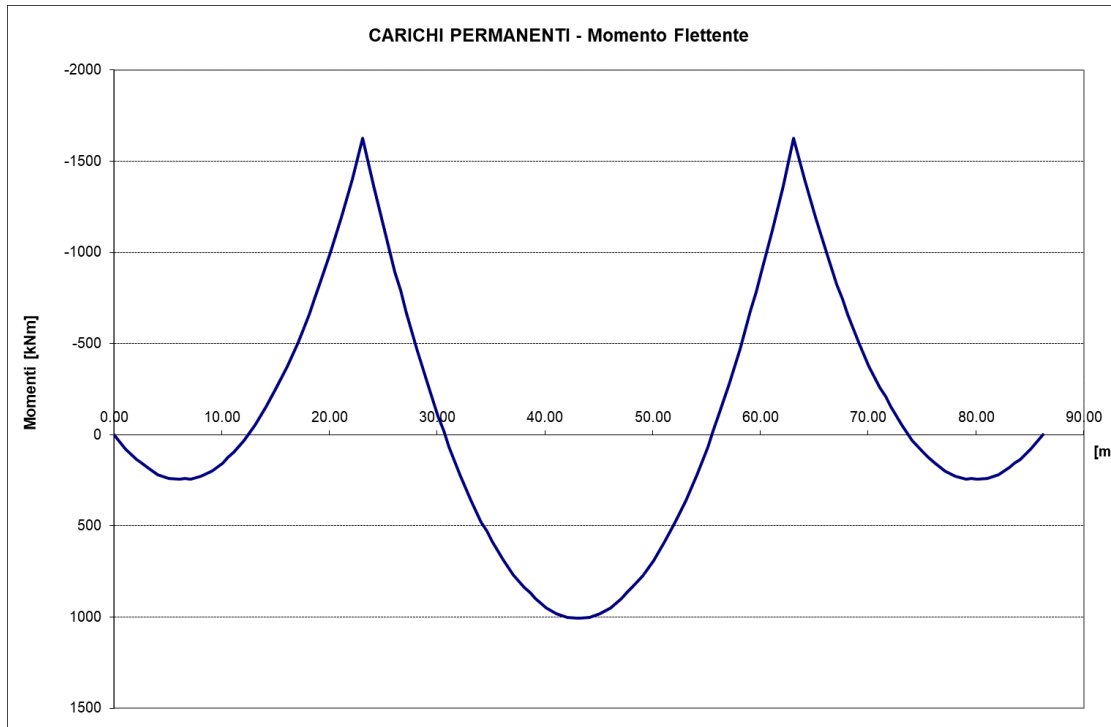


Figura 25 – Carichi permanenti

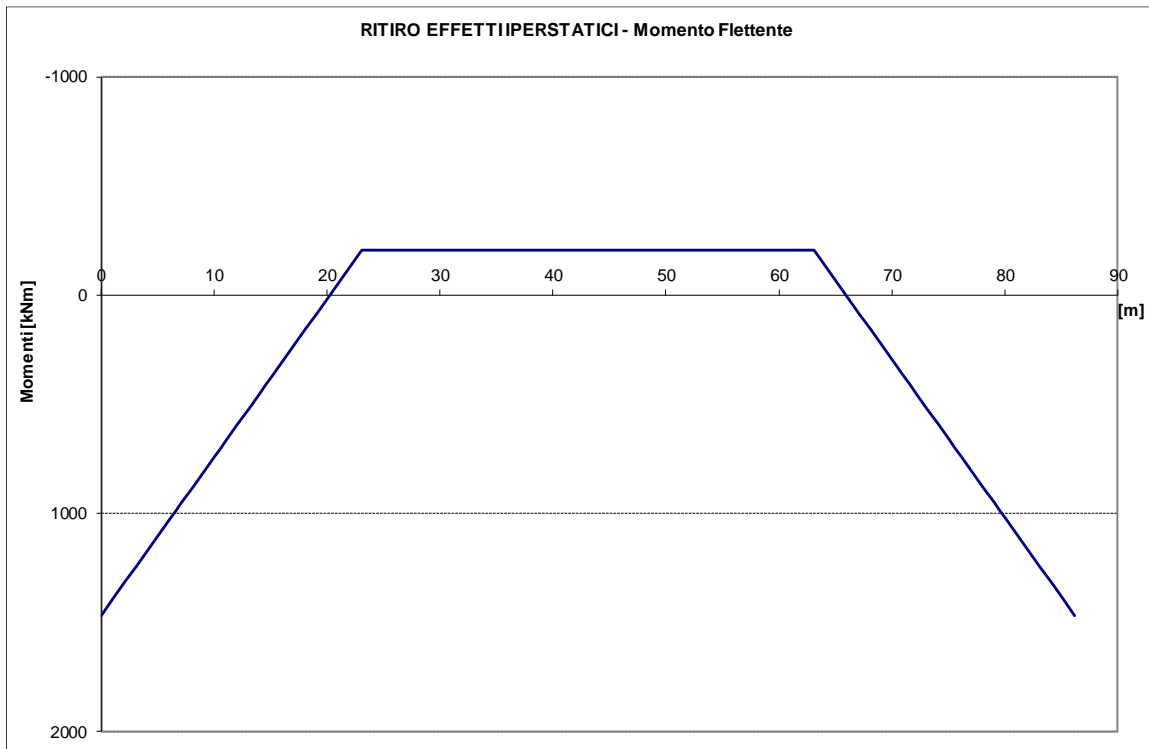
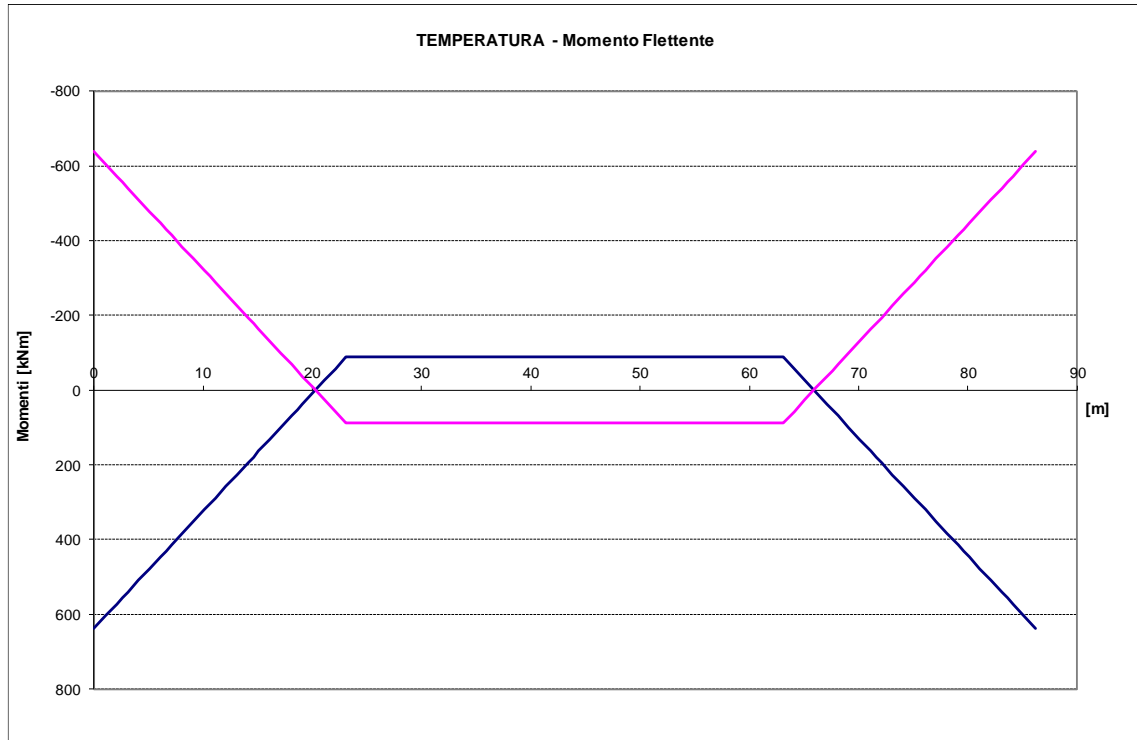


Figura 26 – Temperatura

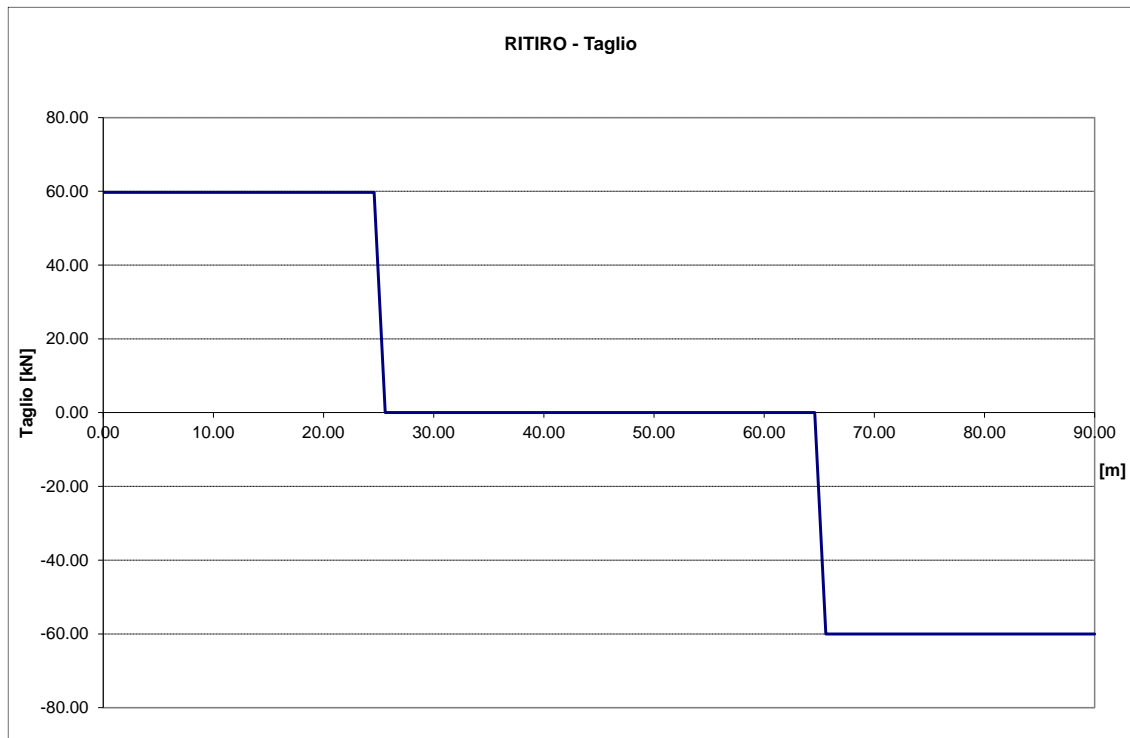
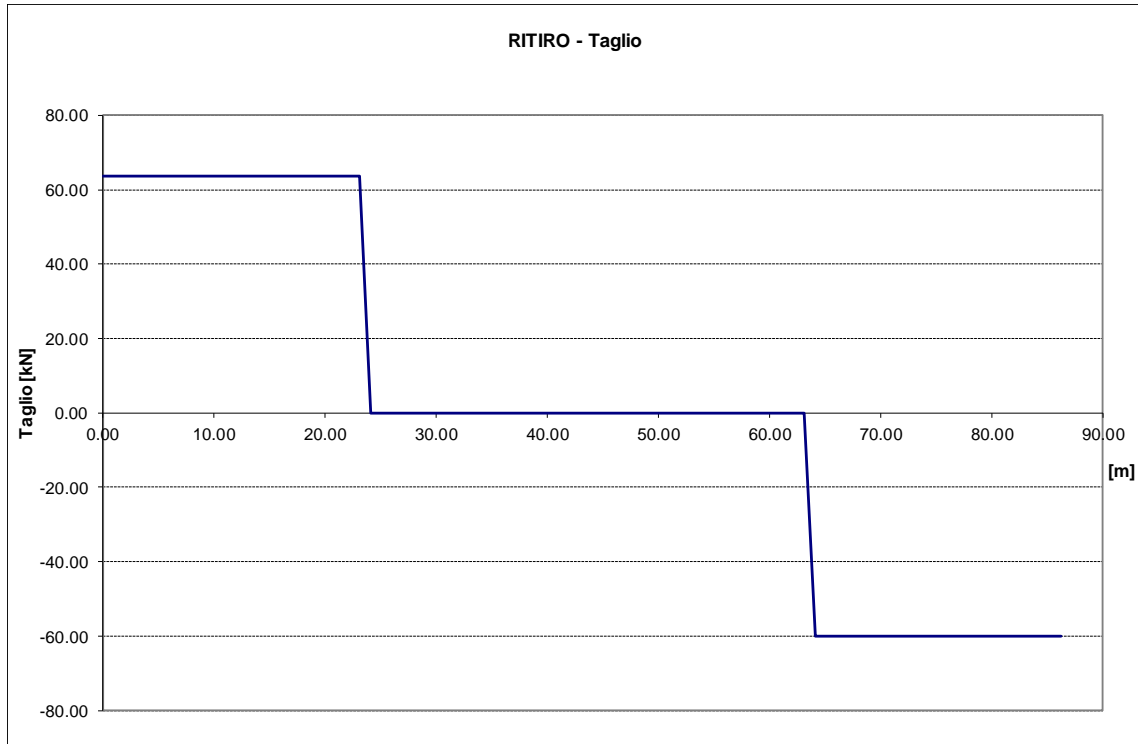



Figura 27 – Ritiro

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA INOW	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 71 di 104

10 VERIFICHE IMPALCATO

Si riportano nei paragrafi seguenti le verifiche di tutte le sezioni dell'impalcato in 1a e 2a fase per le combinazioni di carico di normativa. Nelle verifiche sono state assunte, convenzionalmente, come positive le tensioni di trazione. L'unità di misura utilizzata per le tensioni è il N/mm^2 (Mpa).

Le caratteristiche inerziali delle sezioni di verifica sono state calcolate per tutti gli elementi del modello tenendo conto della larghezza collaborante B variabile.

Per ciascuna sezione e ciascun elemento strutturale (trave, soletta, armature) si riportano la tensione massima (di trazione) e minima (di compressione) relativa alla combinazione in esame. Tali valori sono stati ricavati come somma dei contributi in termini di tensioni ottenuti utilizzando i moduli di resistenza pertinenti alla fase della sollecitazione:

1^a fase:

- tutti i carichi utilizzano i moduli di resistenza del solo acciaio

2^a fase a tempo T_0 :

- il peso proprio delle travi e della soletta utilizzano i moduli di resistenza dell'acciaio - tutti gli altri carichi utilizzano i moduli di resistenza a tempo T_0

2a fase a tempo T_∞ :

- il peso proprio delle travi e della soletta utilizzano i moduli di resistenza dell'acciaio

- termica differenziale, accidentali e vento utilizzano i moduli di resistenza a T_0

- tutti gli altri carichi utilizzano i moduli di resistenza a T_∞

Nel momento in cui la somma delle tensioni sulla soletta di calcestruzzo è di trazione, la verifica viene svolta considerando la soletta non reagente.

Per calcolare correttamente lo stato tensionale, in presenza di stati di coazione interni (ritiro, termica differenziale), oltre alle sollecitazioni globali lette dal modello di calcolo agli elementi finiti, è necessario tenere in conto lo sforzo normale interno che ha prodotto la coazione. Questo sforzo normale, in presenza di soletta reagente, è ripartito tra soletta ed armature, in presenza di soletta fessurata verrà assorbito integralmente dalle armature.

10.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI

10.1.1 VALUTAZIONE DELLA LARGHEZZA COLLABORANTE DELLA SOLETTA

Con riferimento alle NTC2018, si definisce la larghezza collaborante della soletta attraverso la relazione:

$$b_{eff} = b_o + b_{e1} + b_{e2}$$

dove:

$$b_{ei} = \min [L_e/8 ; (b_i - b_o)/2]$$

b_o = distanza tra i connettori perpendicolarmente all'asse della trave

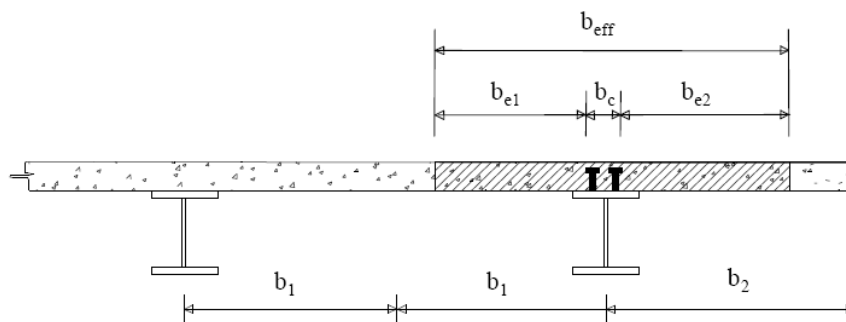


Figura 28 : definizione della larghezza efficace beff

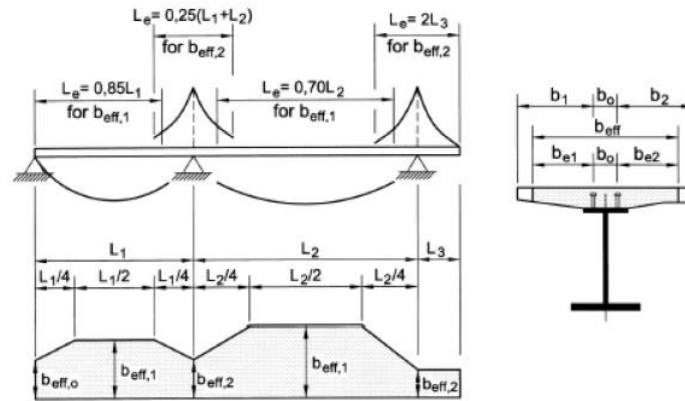


Figura 29 : Larghezza efficace beff e luci equivalenti Le per le travi continue

LARGHEZZA EFFICACE MEZZERIA CAMPATA 40m				
Distanza tra gli assi dei connettori	b_0	=	420	mm
Luce delle travi (vedi fig. 4.3.2)	L_e	=	28000	mm
Semi interasse travi longitudinali	b_1	=	1200	mm
Sbalzo della soletta	b_2	=	1450	mm
Larghezza efficace 1 (vedi C4.3.2.3)	b_{e1}	=	990	mm
Larghezza efficace 2 (vedi C4.3.2.3)	b_{e2}	=	1240	mm
	Larghezza efficace	b_{eff}	=	2650 mm
LARGHEZZA EFFICACE APPOGGIO CAMPATA ESTREMITA' 25m				
Distanza tra gli assi dei connettori	b_0	=	420	mm
Luce delle travi (vedi fig. 4.3.2)	L_e	=	21250	mm
Semi interasse travi longitudinali	b_1	=	1200	mm
Sbalzo della soletta	b_2	=	1450	mm
Larghezza efficace 1 (vedi C4.3.2.3)	b_{e1}	=	990	mm
Larghezza efficace 2 (vedi C4.3.2.3)	b_{e2}	=	1240	mm
		β_1	=	1.0000
		β_1	=	0.9784
	Larghezza efficace	b_{eff}	=	2623 mm

10.1.2 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLE SEZIONI D'ACCIAIO

Le dimensioni geometriche delle sezioni delle travi d'acciaio, in corrispondenza dei traversi e dei giunti, sono riportate nella tabella seguente:

- H_{tot} altezza totale della trave
- t spessore dell'anima
- B_{sup} larghezza della piattabanda superiore
- S_{sup} spessore della piattabanda superiore
- B_{inf} larghezza della piattabanda inferiore
- S_{inf} spessore della piattabanda inferiore

Si riportano le dimensioni delle travi per tutte le sezioni di verifica individuate dalla progressiva espressa in metri.

SEZIONE	INIZIO	L-TRATTO	FINE	Anima	Piattabanda sup.		Piattabanda inf.	
				t_w	B_{sup}	S_{sup}	B_{inf}	S_{inf}
[m]	[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
1	0.00	8.55	8.55	12	500	20	700	20
2	8.55	8.55	17.10	12	500	20	700	20
3	17.10	12	29.10	16	500	40	700	40
4	29.10	8	37.10	12	500	20	700	25
5	37.10	12	49.10	12	500	20	700	25
6	49.10	8	57.10	12	500	20	700	25
7	57.10	12	69.10	16	500	40	700	40
8	69.10	8.55	77.65	12	500	20	700	20
9	77.65	8.55	86.20	12	500	20	700	20

10.1.3 CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE TRAVI

Per ciascuna sezione si riportano omogeneizzate in acciaio:

A [m²] area

Y_G [m] ascissa della sezione

J_3 [m⁴] momento d'inerzia principale

Trave W_A [m³] modulo di resistenza per flessione dell' intradosso della trave d'acciaio

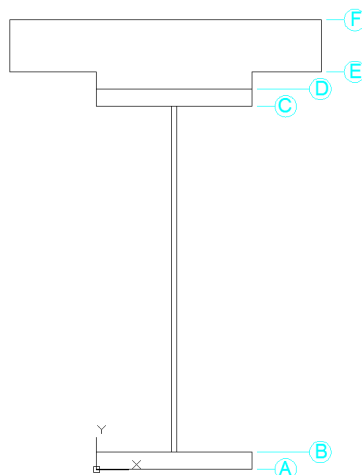
Trave W_D [m³] modulo di resistenza per flessione dell' estradosso della trave d'acciaio

Sol W_{cs} [m³] modulo di resistenza per flessione dell'estradosso della soletta

Sol W_{ci} [m³] modulo di resistenza per flessione dell'intradosso della soletta

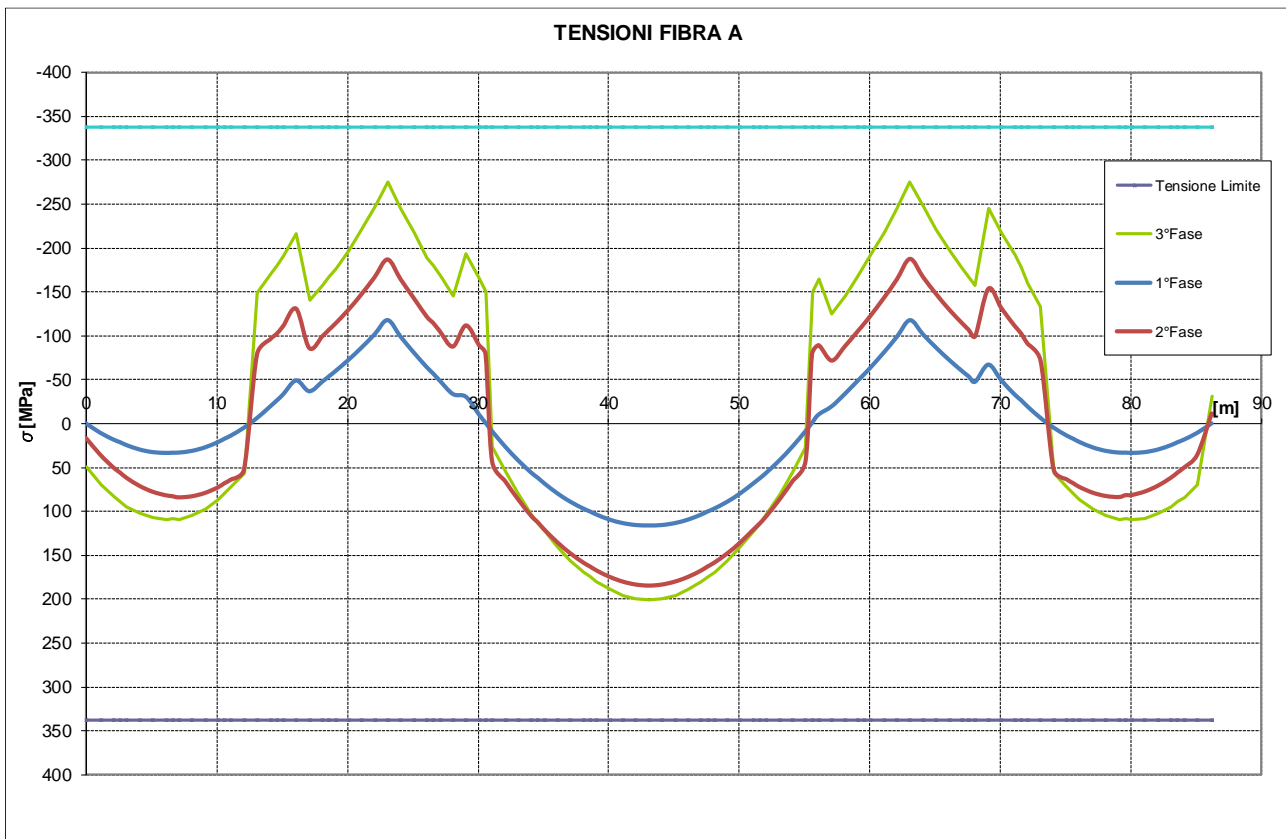
Arm $W_{\phi_{sup}}$ [m³] modulo di resistenza per flessione del 1° strato di armature

Arm $W_{\phi_{sinf}}$ [m³] modulo di resistenza per flessione del 2° strato di armature



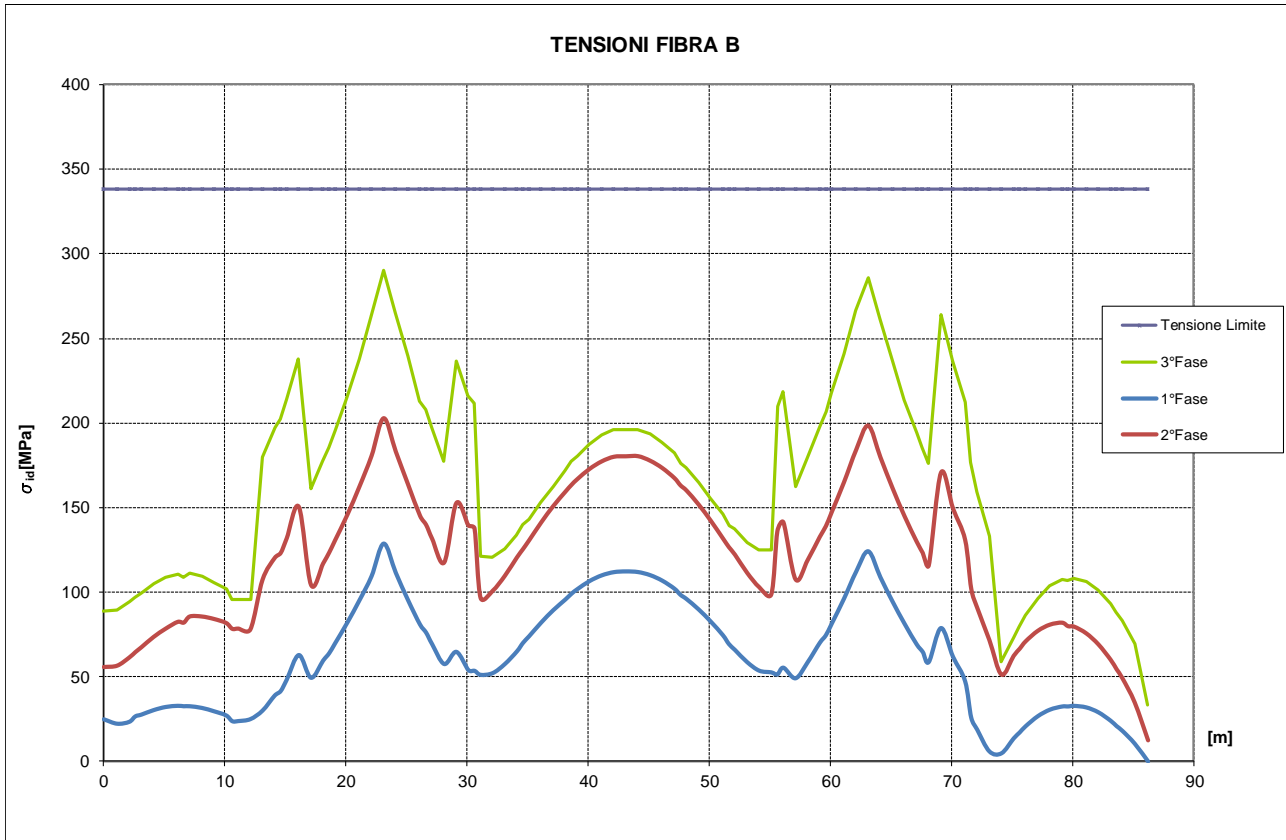
10.2 VERIFICHE 1^A FASE

In tale fase si riportano le tensioni relative alle travi principali al lembo superiore ed inferiore. La soletta di calcestruzzo in questa fase è presente esclusivamente come carico.



Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

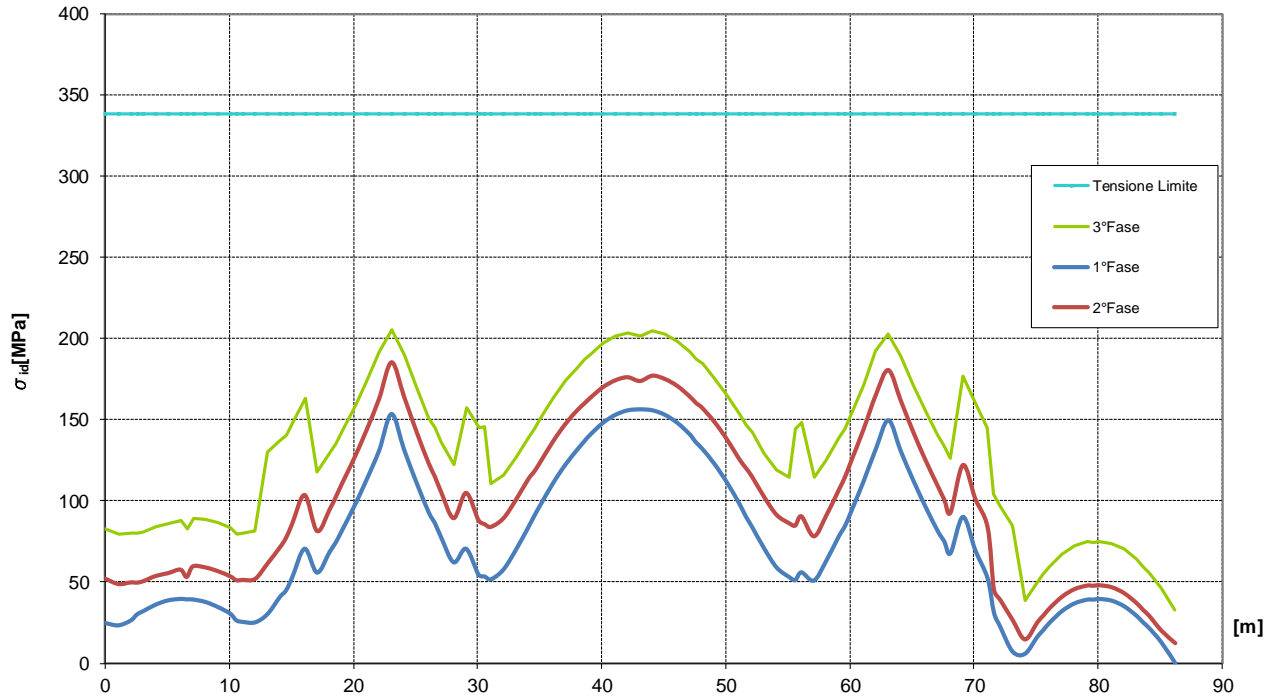
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	77 di 104



Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	78 di 104

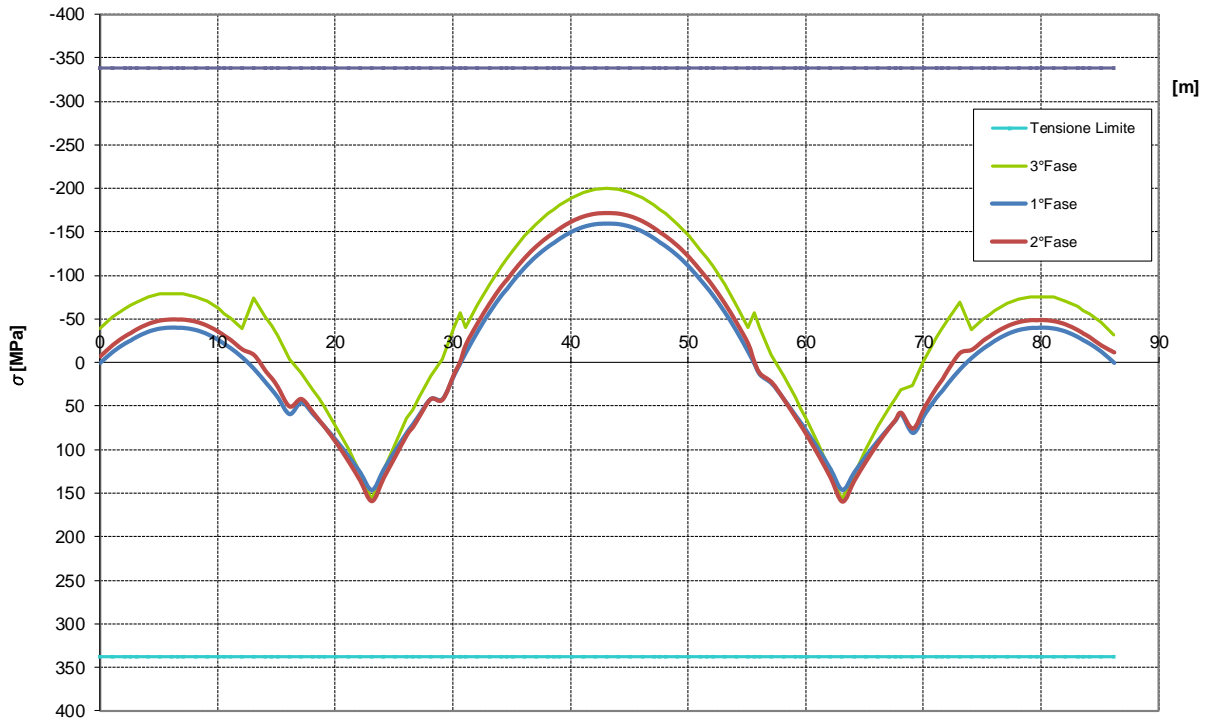
TENSIONI FIBRA C



Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	79 di 104

TENSIONI FIBRA D





LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale **QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	80 di 104

10.3 VERIFICHE DI INSTABILITÀ

Al fine di evitare fenomeni di instabilità nelle strutture principali di acciaio sono stati disposti opportuni irrigidimenti trasversali e longitudinali. Questi suddividono l'anima in campi di passo costante ed altezza variabile. Si riporta di seguito la verifica forma tabellare di tutti i pannelli dell'impalcato.

La verifica risulta soddisfatta.

x	a	b	H _{tot}	h _{anima}	σ ₁	σ ₂	τ _{am}	σ _{id}	ψ	α	k _q	k _T	σ _{cr,θ}	σ _{cr}	τ _{cr}	σ _{cr,id}	0.8f _d	σ _{cr,red}	VERIFICA
[m]	[m]	[m]	[mm]	[mm]	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)					(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	
0.00	2.00	0.78	1560	12	-37	6	31	65.02	-0.15	2.56	8.81	5.95	44.07	388.09	262.15	406.22	258.2	296.6	4.56
5.10	2.00	0.78	1560	12	-77	14	14	80.46	-0.19	2.56	9.16	5.95	44.07	403.59	262.15	403.87	258.2	296.3	3.68
10.60	2.00	0.78	1560	12	-55	11	31	76.09	-0.21	2.56	9.37	5.95	44.07	412.99	262.15	413.84	258.2	297.7	3.91
15.10	2.00	0.78	1560	12	-189	-111	51	208.70	0.59	2.56	4.98	5.95	44.07	219.64	262.15	232.88	258.2	232.9	1.12
20.10	2.00	0.76	1520	16	-190	-62	57	214.04	0.32	2.63	5.90	5.92	82.53	486.63	488.36	515.51	258.2	307.0	1.43
26.10	2.00	0.76	1520	16	-182	-62	36	192.73	0.34	2.63	5.83	5.92	82.53	481.04	488.36	494.91	258.2	305.6	1.59
30.60	2.00	0.78	1555	12	-149	-104	37	162.52	0.70	2.57	4.68	5.94	44.35	207.40	263.67	218.67	258.2	218.7	1.35
35.10	2.00	0.78	1555	12	-125	-3	41	143.63	0.03	2.57	7.47	5.94	44.35	331.16	263.67	343.99	258.2	284.8	1.98
40.10	2.00	0.78	1555	12	-185	-1	21	188.56	0.00	2.57	7.60	5.94	44.35	337.28	263.67	338.98	258.2	283.5	1.50
46.10	2.00	0.78	1555	12	-185	-1	23	189.47	0.00	2.57	7.61	5.94	44.35	337.32	263.67	339.44	258.2	283.6	1.50
51.10	2.00	0.78	1555	12	-125	-3	43	145.86	0.02	2.57	7.47	5.94	44.35	331.31	263.67	345.49	258.2	285.2	1.96
51.60	2.00	0.78	1555	12	-117	-3	44	138.95	0.03	2.57	7.45	5.94	44.35	330.39	263.67	346.61	258.2	285.5	2.05
55.60	2.00	0.78	1555	12	-149	-104	61	182.45	0.70	2.57	4.68	5.94	44.35	207.40	263.67	234.09	258.2	234.1	1.28
61.10	2.00	0.76	1520	16	-210	-62	66	238.78	0.29	2.63	6.03	5.92	82.53	497.45	488.36	528.00	258.2	307.7	1.29
66.10	2.00	0.76	1520	16	-190	-62	29	196.81	0.32	2.63	5.90	5.92	82.53	486.74	488.36	495.07	258.2	305.6	1.55
71.10	2.00	0.78	1560	12	-190	-111	25	194.76	0.58	2.56	4.99	5.95	44.07	219.84	262.15	223.37	258.2	223.4	1.15
75.60	2.00	0.78	1560	12	-53	12	5	54.06	-0.23	2.56	9.59	5.95	44.07	422.82	262.15	422.36	258.2	298.7	5.53
80.10	2.00	0.78	1560	12	-74	17	5	74.26	-0.23	2.56	9.57	5.95	44.07	421.64	262.15	421.41	258.2	298.6	4.02
85.10	2.00	0.78	1560	12	-45	12	5	45.83	-0.26	2.56	9.97	5.95	44.07	439.58	262.15	438.23	258.2	300.5	6.56

10.4 VERIFICHE A FATICA

Secondo quanto riportato in precedenza.

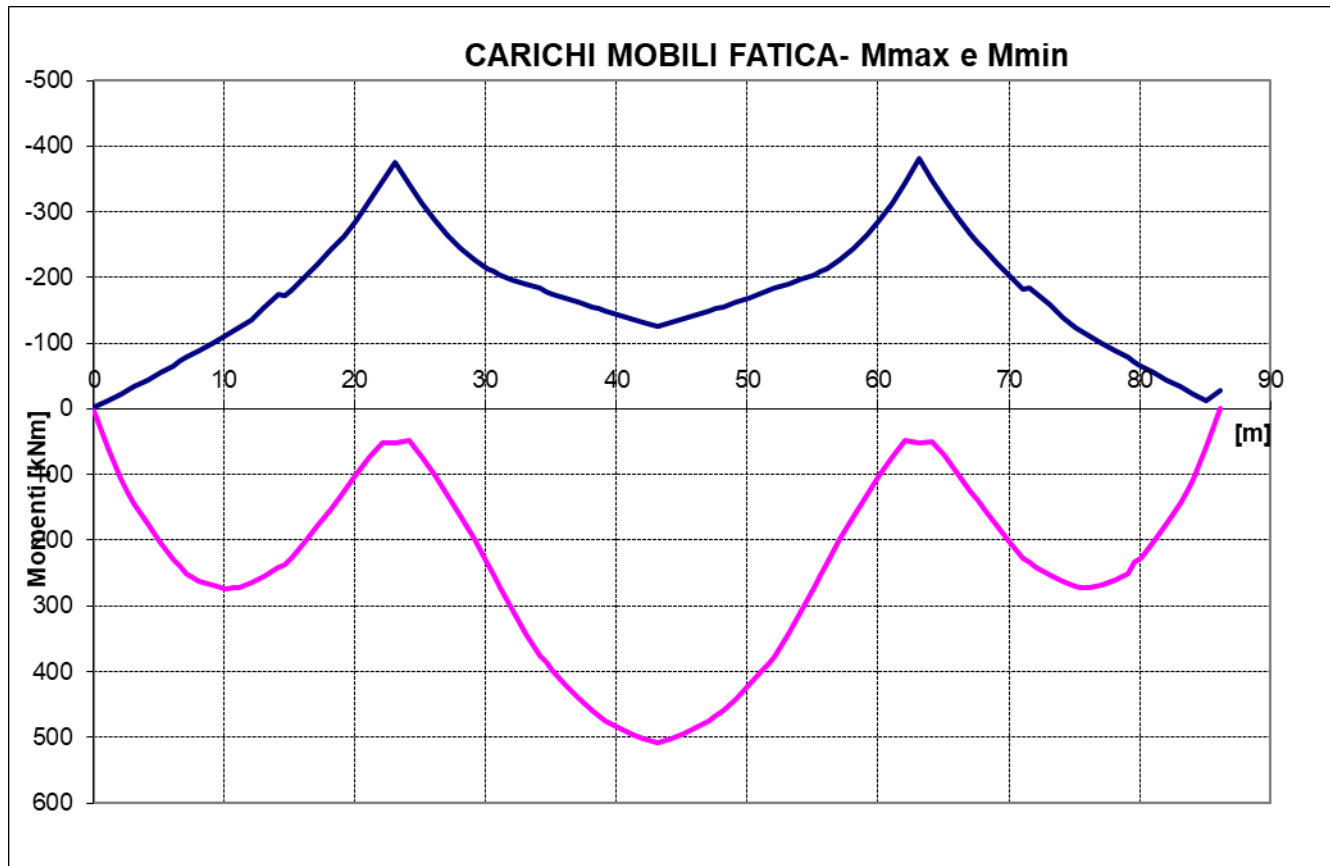


Figura 30 : involucro dei momenti flettenti (schema di fatica 3)

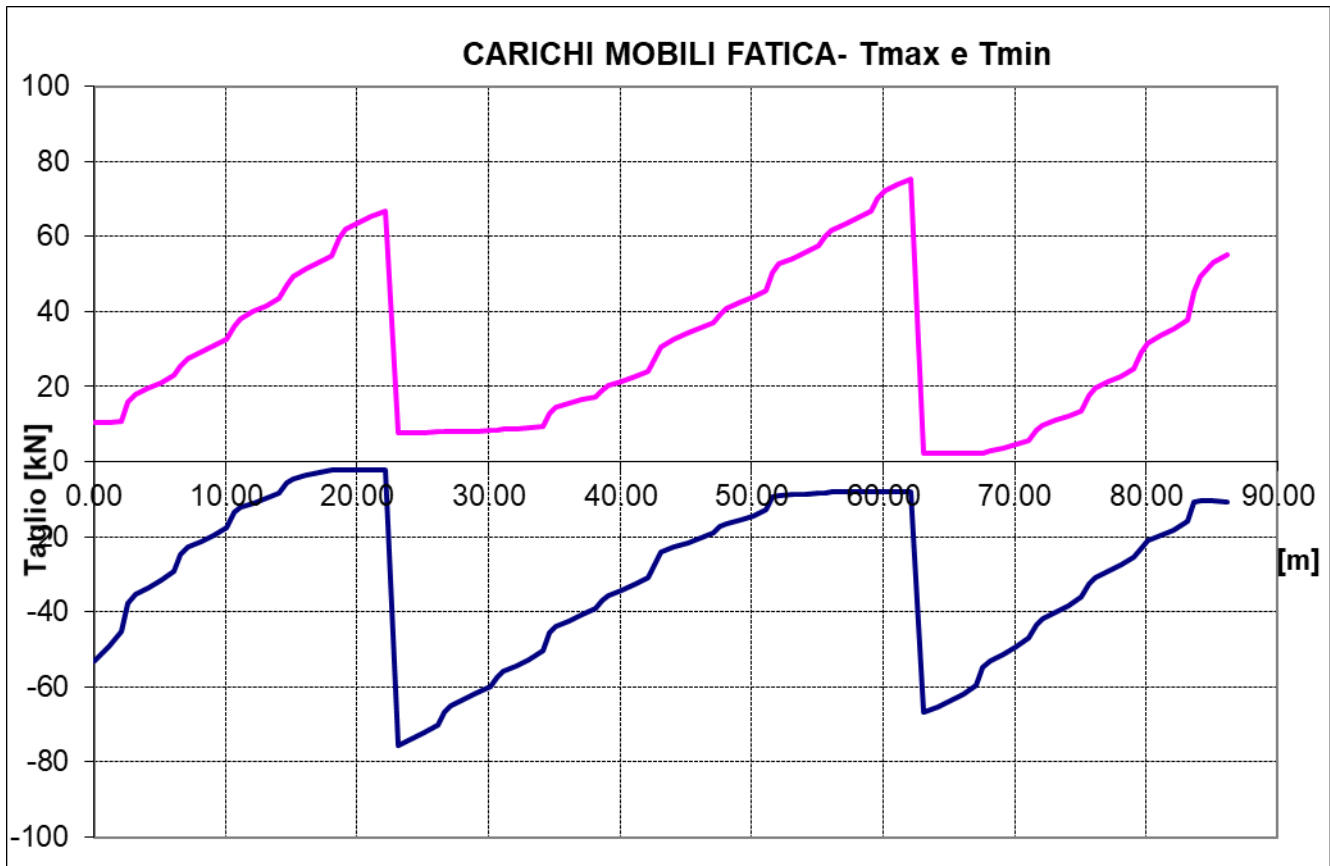


Figura 31 : involucro dei tagli (schema di fatica 3)

Si riportano le verifiche relative al dettaglio di saldatura a cordone d'angolo degli irrigidimenti trasversali a cui corrisponde $\Delta\sigma_C$ pari ad 80MPa.

Si riporta di seguito il dettaglio della verifica.



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale **QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA**

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IN0W 00 R 26 CL IV 00 00 001 A 83 di 104

GEOMETRIA			STATO TENSIONALE										IRRIGIDITORI SALDATI				
Progressiva	Piattabanda sup.	Piattabanda inf.	FATICA										Classe 80				
			SOLECITAZIONI					SOLECITAZIONI					Piattabanda Inf.		Piattabanda Sup.		
x	S _{sup}	S _{inf}	M _{MAX}	T _{MAX}	Δσ _{B MAX}	Δσ _{C MAX}	Δτ _{MAX}	M _{MIN}	T _{MIN}	Δσ _{B MIN}	Δσ _{C MIN}	Δτ _{MIN}	k _σ Δσ _c / γ _{inf}	VERIFICA	k _σ Δσ _c / γ _{sup}	VERIFICA	
[m]	[mm]	[mm]	[kNm]	[kN]	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	[kNm]	[kN]	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)			(N/mm ²)	
0.00	20	20	2	11	0.1	0.00	0.56	-3	-53	-0.1	0.08	2.84	59.26	OK	59.26	OK	
5.10	20	20	204	21	5.6	-0.29	1.13	-55	-32	-1.9	1.46	1.68	59.26	OK	59.26	OK	
10.60	20	20	271	36	7.5	-0.38	1.93	-117	-14	-4.0	3.11	0.73	59.26	OK	59.26	OK	
15.10	20	20	228	49	6.3	-0.32	2.64	-180	-4	-6.1	4.77	0.24	59.26	OK	59.26	OK	
20.10	40	40	98	64	1.6	-0.18	2.61	-288	-2	-5.2	4.35	0.09	52.69	OK	52.69	OK	
26.10	40	40	101	8	1.6	-0.18	0.32	-287	-70	-5.2	3.90	2.89	52.69	OK	52.69	OK	
30.60	20	25	252	8	6.0	-0.43	0.45	-209	-57	-6.0	5.46	3.08	59.26	OK	59.26	OK	
35.10	20	25	398	14	9.5	-0.67	0.77	-175	-44	-5.0	4.99	2.35	59.26	OK	59.26	OK	
40.10	20	25	485	22	11.5	-0.82	1.15	-143	-34	-4.1	3.75	1.83	59.26	OK	59.26	OK	
46.10	20	25	486	36	11.5	-0.82	1.91	-143	-20	-4.1	3.75	1.08	59.26	OK	59.26	OK	
50.10	20	25	421	44	10.0	-0.71	2.35	-169	-14	-4.8	4.42	0.77	59.26	OK	59.26	OK	
55.60	20	25	252	60	6.0	-0.43	3.21	-209	-8	-6.0	5.46	0.44	59.26	OK	59.26	OK	
60.10	40	40	102	72	1.6	-0.19	2.97	-288	-8	-5.2	4.34	0.32	52.69	OK	52.69	OK	
66.10	40	40	98	2	1.5	-0.18	0.09	-291	-62	-5.3	4.39	2.54	52.69	OK	52.69	OK	
71.10	20	20	227	6	6.3	-0.32	0.30	-183	-47	-6.2	4.85	2.51	59.26	OK	59.26	OK	
75.60	20	20	271	18	7.5	-0.35	0.94	-117	-33	-3.4	1.31	1.74	59.26	OK	59.26	OK	
80.10	20	20	227	32	6.3	-0.26	1.68	-66	-21	-1.8	0.25	1.13	59.26	OK	59.26	OK	
85.10	20	20	59	53	1.6	-0.06	2.84	-12	-11	-0.3	0.01	0.56	59.26	OK	59.26	OK	

11 VERIFICHE A DEFORMABILITÀ

Si riporta a seguire l'andamento degli spostamenti per la combinazione di carico caratteristica:

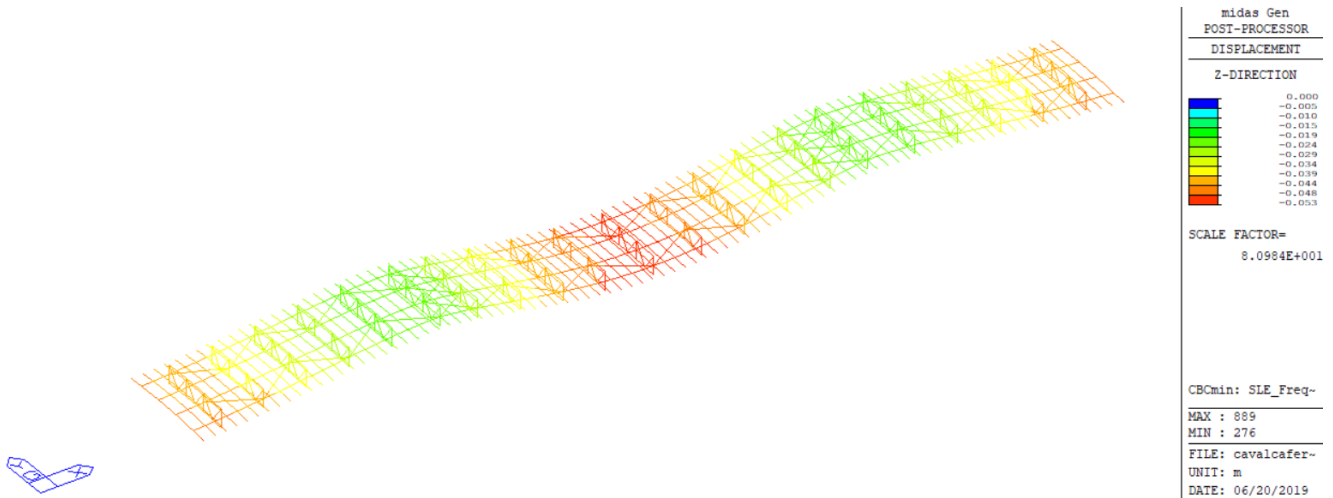



Figura 32: Stato limite d'esercizio – Abbassamenti

Il massimo valore di abbassamento è pari ad : $d_{zmax} = 0.053 \text{ m} < 1/700 L = 0.057 \text{ m}$

	LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA					
	Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA					
Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali	COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 85 di 104

Di seguito si riporta l'andamento dell'abbassamento per effetto dei soli pesi propri.

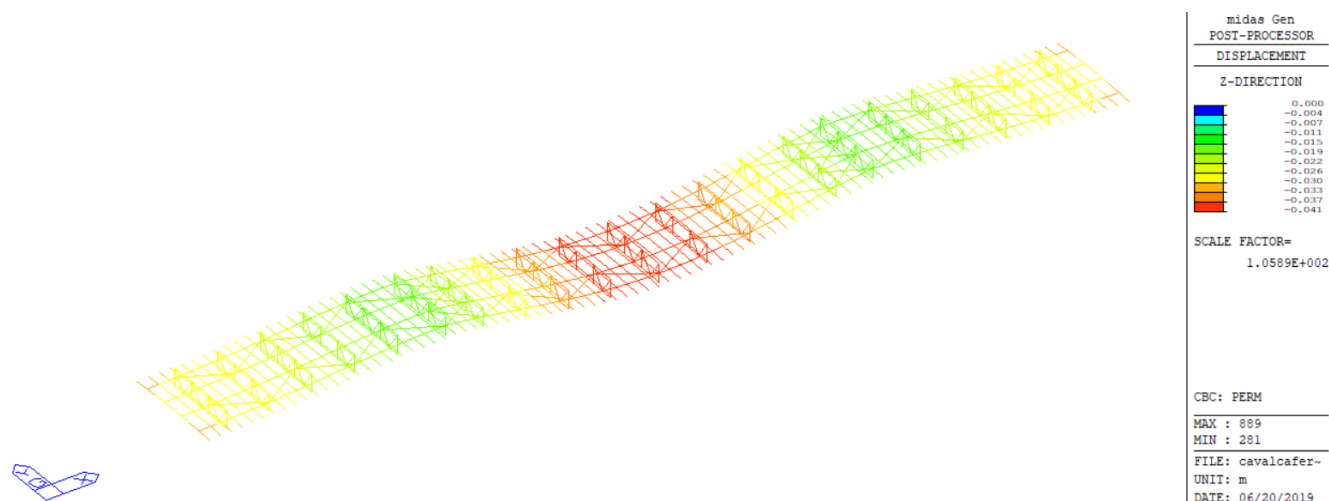


Figura 33: Peso proprio – Abbassamenti

Il massimo valore di abbassamento è pari ad : $d_{zmax}=0.041 \text{ m} < 1/300 L = 0.133\text{m}$

12 SOLETTA - SOLLECITAZIONI E VERIFICHE

L'impalcato in esame è costituito da 4 travi in acciaio poste ad interasse di 2.40 m, con sbalzi di 1.45 m, per una larghezza complessiva di impalcato pari a 11.60 m. La soletta in c.a. gettata in opera ha spessore 30 cm (soletta relativa alla parte pavimentata dell'impalcato larga 6.50 m); i cordoli laterali d'impalcato (larghezza 1.80 m) presentano uno spessore complessivo di 51 cm.

Si procede al calcolo di una tratta di soletta assumendo le dimensioni visibili nella sezione di seguito. La ricerca delle sollecitazioni prodotte nella soletta è effettuato mediante apposito modello spaziale a piastre, eseguito utilizzando il software di modellazione agli elementi finiti MidasGen - ver. 11.12., come descritto di seguito.

12.1 MODELLO DI CALCOLO A PIASTRA

Per il computo delle sollecitazioni flessionali dovute ad effetti locali sulla soletta d'impalcato, si è ricorsi all'impiego di un modello agli elementi finiti, che schematizza un tratto del cavalcaferrovia in cui le sollecitazioni dovute ad effetti locali assumono la massima entità; il dimensionamento della soletta così ottenuto, pertanto, può essere cautelativamente ritenuto valido anche per tutte le altre diverse configurazioni d'impalcato.

Nel modello, la soletta d'impalcato è schematizzata mediante una mesh di elementi piastra, vincolati tramite appoggi in corrispondenza degli assi delle travi longitudinali d'impalcato. Il modello rappresenta la sezione trasversale di 11.6 m e 20 m di quella longitudinale (dimensione sufficiente per rendere trascurabili gli effetti di bordo). La soletta è di spessore pari a 30 cm in corrispondenza della zona centrale pavimentata d'impalcato; pari a 51 cm in corrispondenza dei cordoli laterali.

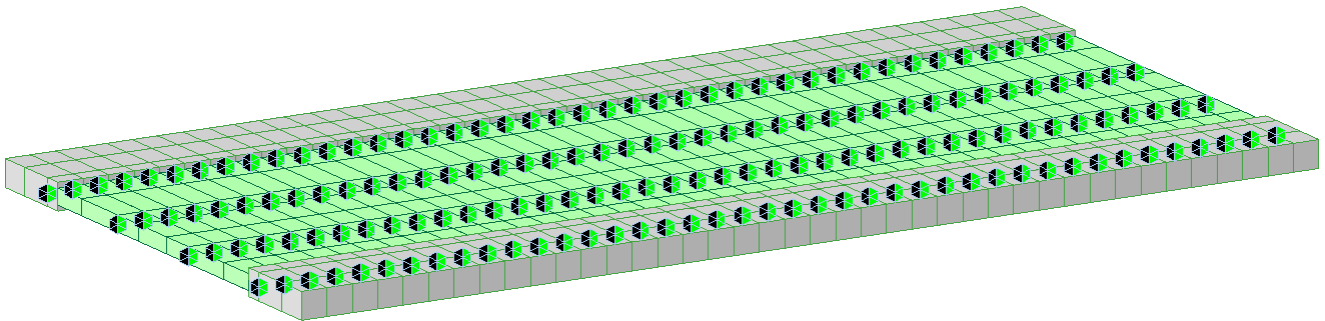


Figura 34: Vista assonometrica del modello di calcolo

12.2 ANALISI DEI CARICHI DELLA SOLETTA

Per quanto concerne i sovraccarichi accidentali indotti dal traffico, relativamente agli effetti locali, si utilizzano gli schemi di carico convenzionali 1 e 2 come indicato nella normativa vigente (nuove norme tecniche per le costruzioni 'NTC18') per ponti di prima categoria.

In particolare, lo Schema di Carico 1 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 come già mostrato nel paragrafo della presente relazione relativo all'analisi dei carichi mobili accidentali. Questo schema si assume a riferimento sia per le verifiche globali, sia per le verifiche locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Il carico tandem, se presente, va considerato per intero.

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

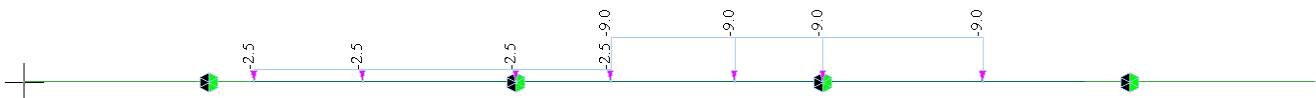
 Figura 35: Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie


Figura 36: Disposizione dei carichi distribuiti (Schema di carico 1) per massimizzazione del momento sull'appoggio



Figura 37: Disposizione dei carichi distribuiti (Schema di carico 1) per massimizzazione del momento sulla campata

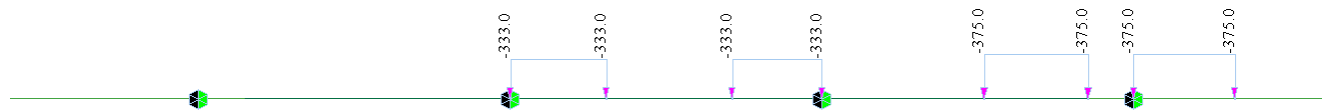


Figura 38: Disposizione dei carichi concentrati (Schema di carico 1) per massimizzazione del momento sull'appoggio



Figura 39: Disposizione dei carichi concentrati (Schema di carico 1) per massimizzazione del momento sulla campata 1

I valori delle sollecitazioni agenti considerano l'effettiva dimensione della mesh del modello implementato.

Relativamente allo Schema di carico 2, questo 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. Questo schema va considerato autonomamente con asse longitudinale nella posizione più gravosa ed è da assumere a riferimento solo per verifiche locali. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.

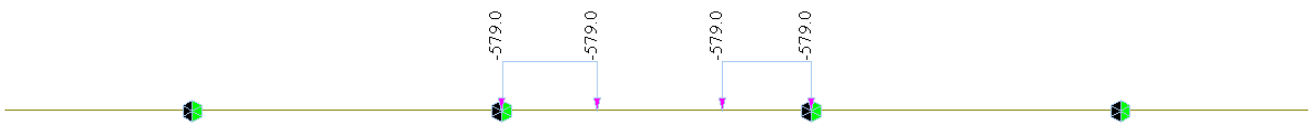


Figura 40: Disposizione dei carichi concentrati (Schema di carico 2 – 2 forze) per massimizzazione del momento sull'appoggio 2



Figura 41: Disposizione dei carichi concentrati (Schema di carico 2) per massimizzazione del momento sulla campata 1

12.3 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI ED ARMATURE DELLA SOLETTA

Definiti gli schemi di carico, sopra citati, si procede alla definizione delle combinazioni allo SLU e allo SLE-Rara, SLE-Frequente e SLE-Quasi Permanente, applicando i coefficienti conformi alla normativa vigente. Di seguito i diagrammi dei momenti massimi in campata e all'appoggio, relativi alle varie combinazioni di carico citate.

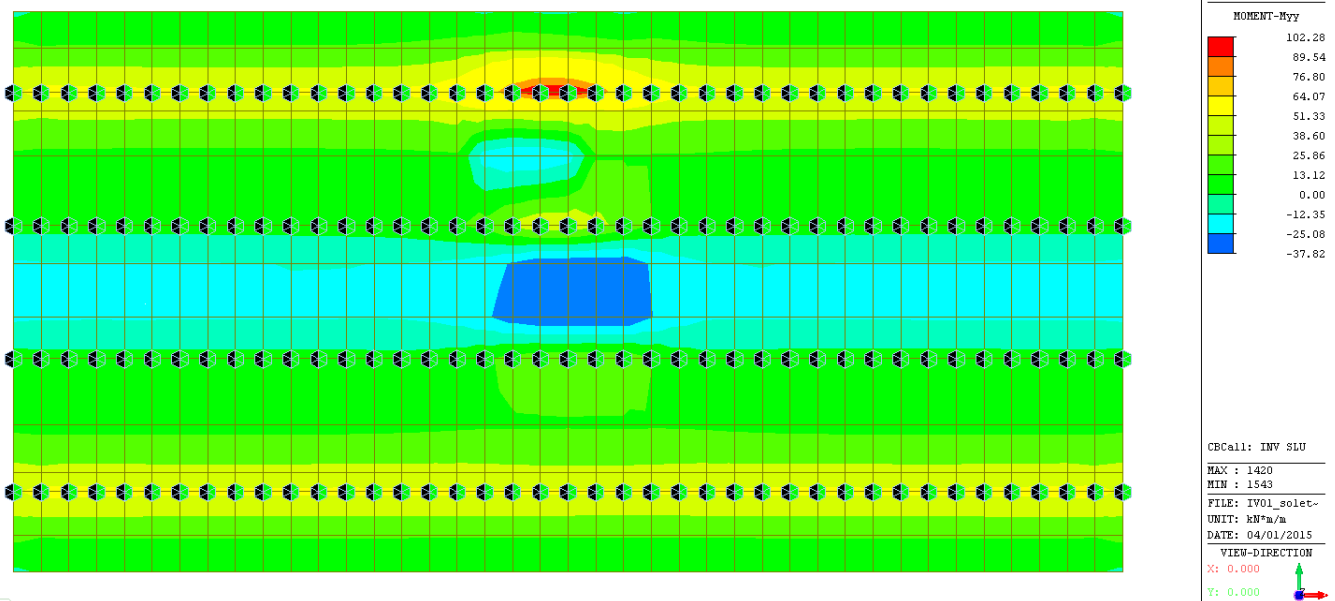


Figura 42: Sollecitazione flessionale allo SLU (involuppo)

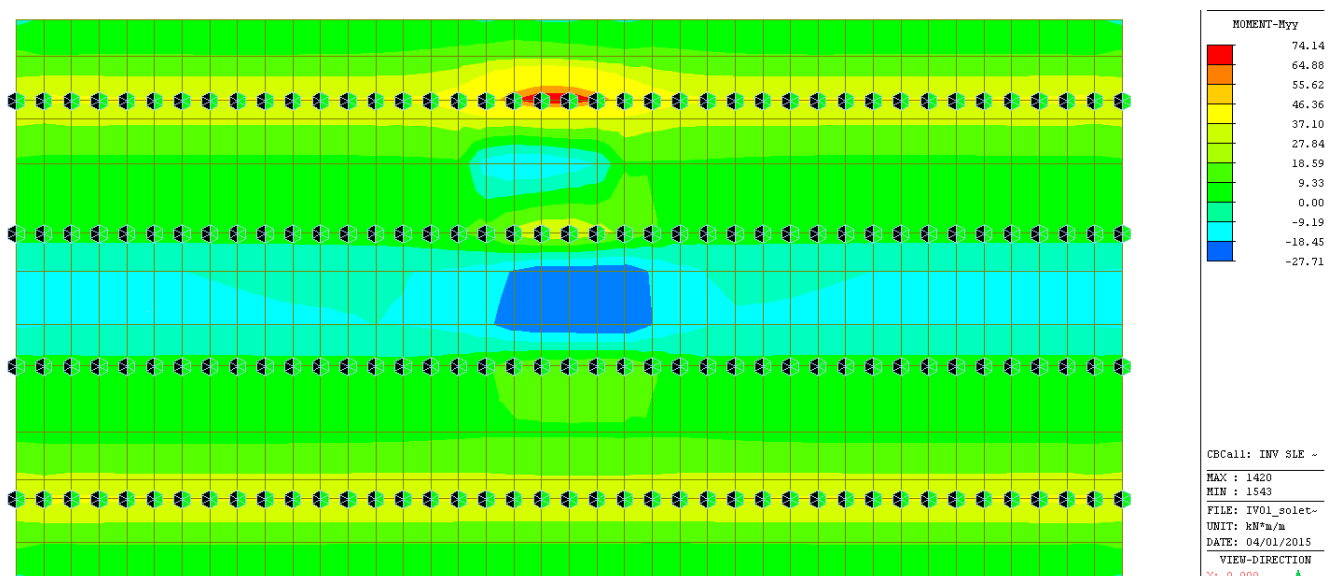


Figura 43: Sollecitazione flessionale allo SLE RARA (involuppo)

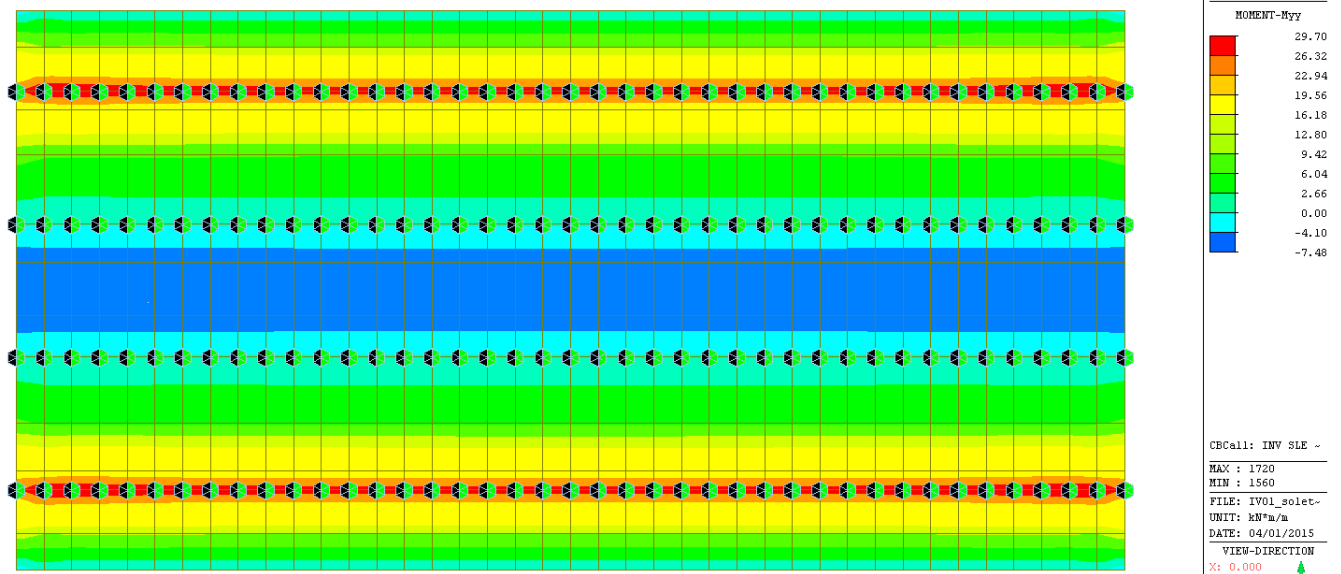


Figura 44: Sollecitazione flessionale allo SLE QUASI PERMANENTE (INVUPPO)

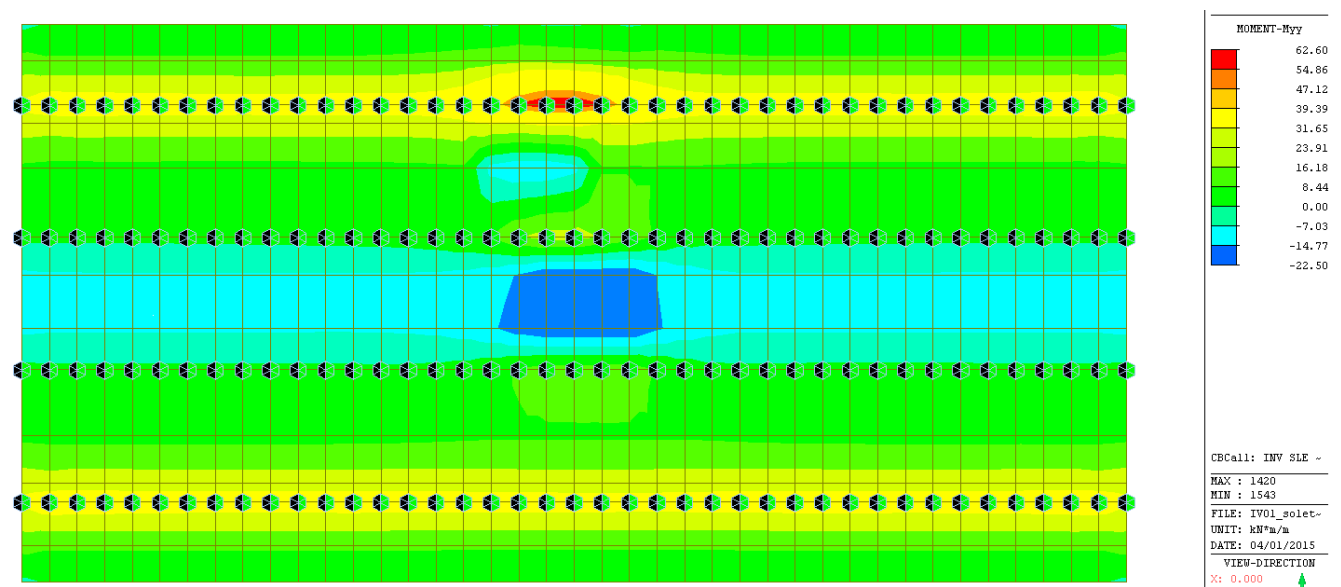
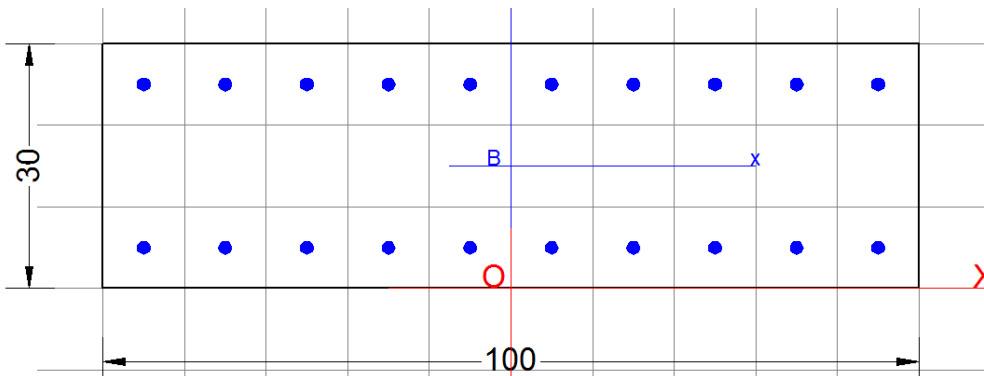


Figura 45: Sollecitazione flessionale allo SLE frequente (INVUPPO)

12.4 VERIFICA DELLA SOLETTA

Si riportano di seguito le verifiche strutturali eseguite sulla sezione di appoggio/campata della soletta di impalcato, di cui se ne riporta la geometria:



Si impiega:

Armatura superiore 1Φ16/10

Armatura inferiore 1Φ16/10

Verifiche strutturali:

- CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

-	CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
-		Resistenza compress. di calcolo fcd:	17.00	MPa
-		Resistenza compress. ridotta fcd':	8.500	MPa
-		Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
-		Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
-		Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
-		Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0	MPa
-		Resis. media a trazione fctm:	2.900	MPa
-		Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
-		Sc limite S.L.E. comb. Rare:	15.000	MPa
-		Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	15.000	MPa
-		Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200	mm
-		Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	12.000	MPa
-		Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm
-	ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
-		Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
-		Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
-		Resist. a snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
-		Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
-		Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
-		Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa

Diagramma tensioni-deformaz.: Bilineare finito
 Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Comb.Rare - Sf Limite: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base: 100.0 cm
 Altezza: 30.0 cm
 Barre inferiori: 10Ø16 (20.1 cm²)
 Barre superiori: 10Ø16 (20.1 cm²)
 Coprif.Inf.(dal baric. barre): 5.0 cm
 Coprif.Sup.(dal baric. barre): 5.0 cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
 Vy Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
 MT Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	102.28	0.00	0.00
2	0.00	-37.82	0.00	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	74.14
2	0.00	-27.71

COMB. FREQUENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	62.60 (55.16)
2	0.00	-22.50 (-55.16)

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
 Mx Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
---------	---	----

1	0.00	29.70 (55.16)
2	0.00	-7.48 (-55.16)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.4	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yneutro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [kNm]
x/d	Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	102.28	0.08	177.65	1.737	24.8	169.65	0.21	0.70	20.1 (4.2)
2	S	0.00	-37.82	0.08	-177.65	4.697	5.2	-169.65	0.21	0.70	20.1 (4.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.00509	30.0	0.00016	25.0	-0.01320	5.0
2	0.00350	-0.00509	0.0	0.00016	5.0	-0.01320	25.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA INOW	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 94 di 104
-------------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	---------------------

- Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 - As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 - D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione
 - (se Dbarre >14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96])

barre	N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D
-	1	S	6.08	30.0	0.00	21.3	-170.6	25.0	10.6	1064	20.1	10.0
-	2	S	2.28	0.0	0.00	8.7	-63.7	5.0	10.6	1064	20.1	10.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

- Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 - ScImax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
 - ScImin Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
 - Sc Eff Tensione al limite dello spessore teso efficace nello STATO I [Mpa]
 - K3 Coeff. di normativa = 0,25 (ScImin + ScEff)/(2 ScImin)
 - Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
 - Psi = 1-Beta12*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12*(fctm/ScImin)² = 1-Beta12*(Mfess/M)² [B.6.6 DM96]
 - e sm Deformazione unitaria media tra le fessure. Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es
 - srm Distanza media in mm tra le fessure
 - wk Apertura delle fessure in mm = 1,7*Eps*Srm. Tra parentesi è indicato il valore limite.
 - M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

Fess.	N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M
-	1	S	3.90	-3.90	-11.3	0.161	1.00	0.4460.000381	(0.000341)159	0.103	55.16	
-	2	S	1.46	-1.46	-4.2	0.161	1.00	0.4000.000127	(0.000127)159	0.034	-	

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

barre	N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D
-	1	S	5.13	30.0	0.00	21.3	-144.0	25.0	10.6	1064	20.1	10.0
-	2	S	1.85	0.0	0.00	8.7	-51.8	5.0	10.6	1064	20.1	10.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Fess.	N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M
-	1	S	3.29	-3.29	-9.6	0.161	0.50	0.6120.000441	(0.000288)1590.119	(0.20)	55.16	
-	2	S	1.18	-1.18	-3.4	0.161	0.50	0.4000.000104	(0.000104)1590.028	(0.20)	-	

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

barre	N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D
-	1	S	2.44	30.0	0.00	21.3	-68.3	25.0	10.6	1064	20.1	10.0
-	2	S	0.62	0.0	0.00	8.7	-17.2	5.0	10.6	1064	20.1	10.0

12.5 VERIFICA DELLA SOLETTA IN SENSO LONGITUDINALE

Si riporta a eseguirsi la verifica della soletta in senso longitudinale per effetto di una sollecitazione di trazione pura. I valori delle sollecitazioni agenti sono ottenuti dall'integrazione delle tensioni al lembo superiore della soletta (considerata non reagente).

Si dispongono armature 1+1 Φ 24/10 superiormente agli appoggi intermedi.

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	30.0	cm
Barre inferiori:	10 Φ 24	(45.2 cm ²)
Barre superiori:	10 Φ 24	(45.2 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.0	cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.01	1.00	0.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)	
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione	
N°Comb.	N	Mx
1	-640.00	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copri ferro netto minimo barre longitudinali:	2.8	cm
Interfero netto minimo barre longitudinali:	7.6	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	97 di 104

Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult) e (N,Mx)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
 Yneutro Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.
 Mx sn. Momento flettente allo snervamento [kNm]
 x/d Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N ult	Mx ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.01	1.00	0.01	384.44	384.446	24.2	373.82	0.23	0.73	45.2 (4.2)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
 ec 3/7 Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.00428	30.0	0.00108	26.0	-0.01163	5.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
 Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
 Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
 Ac eff. Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione (se Dbarre >14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96])

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D
1	S	0.00	30.0	0.00	0.0	-74.1	26.0	30.0	3000	90.5	10.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sclmax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
 Sclmin Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
 K3 =0,125 per flessione; = 0,25 (Sclmin + Sclmax)/(2 Sclmin) per trazione eccentrica
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
 Psi = 1-Beta12*(Ssr/Ss)² = 1-Beta12*(fctm/Sclmin)² = 1-Beta12*(Mfess/M)² [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	98 di 104

- srm Distanza media in mm tra le fessure
- wk Apertura delle fessure in mm = $1,7 \cdot \text{Eps} \cdot \text{Srm}$. Tra parentesi è indicato il valore limite.
- M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

	N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M
Fess.												
-	1	S	-1.43	-1.51	---	0.243	0.50	0.4000.000148	(0.000148)	1630.041	(0.20)	-----

13 ALLEGATI – SOLLECITAZIONI

PESO PROPRIO		PESO PROPRIO+SOLETTA		PESO PROPRIO+SOLETTA+PERMANENTI			CARICHI MOBILI		
Distanza	Momento	Distanza	Momento	Distanza	Momento	ΔM	Distanza	ΔM max	ΔM min
[m]	[kNm]	[m]	[kNm]	[m]	[kNm]	[kNm]	[m]	[kNm]	[kNm]
0.00	1	0.00	1	0.00	1	0	0.00	9	-11.74
1.10	204	1.10	204	1.10	284	79	1.10	237	-47.89
2.10	349	2.10	349	2.10	483	134	2.10	425	-90.67
2.60	405	2.60	405	2.60	559	154	2.60	500	-111.74
3.10	469	3.10	469	3.10	649	181	3.10	577	-133.72
4.10	564	4.10	564	4.10	783	219	4.10	702	-177.11
5.10	621	5.10	621	5.10	861	240	5.10	815	-220.82
6.10	638	6.10	638	6.10	883	245	6.10	914	-264.89
6.60	633	6.60	633	6.60	874	241	6.60	956	-290.48
7.10	631	7.10	631	7.10	873	242	7.10	1005	-312.8
8.10	595	8.10	595	8.10	824	229	8.10	1047	-356.82
9.10	520	9.10	520	9.10	719	200	9.10	1077	-401.56
10.10	405	10.10	405	10.10	559	154	10.10	1094	-447.19
10.60	332	10.60	332	10.60	455	122	10.60	1085	-469.9
11.10	263	11.10	263	11.10	361	97	11.10	1086	-494.46
12.10	94	12.10	94	12.10	125	31	12.10	1055	-544.7
13.10	-115	13.10	-115	13.10	-167	-52	13.10	1016	-619.76
14.10	-363	14.10	-363	14.10	-515	-152	14.10	967	-696.05
14.60	-490	14.60	-490	14.60	-695	-205	14.60	952	-688.56
15.10	-625	15.10	-625	15.10	-881	-256	15.10	913	-720.03
16.10	-926	16.10	-926	16.10	-1300	-374	16.10	818	-796.41
17.10	-1267	17.10	-1267	17.10	-1775	-509	17.10	718	-876.07
18.10	-1647	18.10	-1647	18.10	-2307	-660	18.10	617	-960.36
18.60	-1853	18.60	-1853	18.60	-2597	-744	18.60	560	-1010.41
19.10	-2059	19.10	-2059	19.10	-2883	-824	19.10	504	-1051.75
20.10	-2504	20.10	-2504	20.10	-3504	-1000	20.10	394	-1152.72
21.10	-2989	21.10	-2989	21.10	-4181	-1193	21.10	289	-1263.59
22.10	-3512	22.10	-3512	22.10	-4914	-1402	22.10	204	-1385.45
23.10	-4075	23.10	-4075	23.10	-5702	-1627	23.10	211	-1500.06
24.10	-3417	24.10	-3417	24.10	-4783	-1366	24.10	192	-1370.95
25.10	-2797	25.10	-2797	25.10	-3917	-1120	25.10	291	-1253.52
26.10	-2216	26.10	-2216	26.10	-3107	-891	26.10	404	-1149.29
26.60	-1960	26.60	-1960	26.60	-2752	-792	26.60	461	-1100.08
27.10	-1682	27.10	-1682	27.10	-2361	-679	27.10	526	-1055.38
28.10	-1156	28.10	-1156	28.10	-1625	-469	28.10	653	-975.93
29.10	-669	29.10	-669	29.10	-945	-276	29.10	792	-909.1
30.10	-221	30.10	-221	30.10	-320	-99	30.10	940	-855.53
30.60	-13	30.60	-13	30.60	-32	-19	30.60	1009	-834.88



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	100 di 104

31.10	197	31.10	197	31.10	263	66	31.10	1086	-816.58
32.10	586	32.10	586	32.10	807	221	32.10	1227	-786.3
33.10	935	33.10	935	33.10	1294	359	33.10	1367	-759.35
34.10	1245	34.10	1245	34.10	1725	480	34.10	1502	-733.59
34.60	1373	34.60	1373	34.60	1901	528	34.60	1540	-715.54
35.10	1514	35.10	1514	35.10	2100	586	35.10	1592	-701.57
36.10	1766	36.10	1766	36.10	2453	687	36.10	1680	-674.86
37.10	1979	37.10	1979	37.10	2750	772	37.10	1763	-648.36
38.10	2152	38.10	2152	38.10	2991	839	38.10	1839	-622.08
38.60	2224	38.60	2224	38.60	3089	866	38.60	1869	-609.35
39.10	2302	39.10	2302	39.10	3200	899	39.10	1897	-597.13
40.10	2428	40.10	2428	40.10	3377	949	40.10	1941	-573.51
41.10	2516	41.10	2516	41.10	3500	984	41.10	1979	-550.03
42.10	2565	42.10	2565	42.10	3567	1002	42.10	2011	-526.64
43.10	2575	43.10	2575	43.10	3580	1005	43.10	2031	-505.44
44.10	2565	44.10	2565	44.10	3567	1002	44.10	2012	-526.45
45.10	2516	45.10	2516	45.10	3500	984	45.10	1980	-550
46.10	2428	46.10	2428	46.10	3378	950	46.10	1942	-573.66
47.10	2302	47.10	2302	47.10	3200	899	47.10	1899	-597.48
47.60	2224	47.60	2224	47.60	3089	866	47.60	1869	-609.36
48.10	2152	48.10	2152	48.10	2992	839	48.10	1841	-622.65
49.10	1979	49.10	1979	49.10	2751	772	49.10	1766	-649.14
50.10	1766	50.10	1766	50.10	2454	687	50.10	1684	-675.86
51.10	1515	51.10	1515	51.10	2101	586	51.10	1596	-702.79
51.60	1385	51.60	1385	51.60	1917	533	51.60	1558	-721.42
52.10	1246	52.10	1246	52.10	1725	480	52.10	1506	-735.05
53.10	935	53.10	935	53.10	1294	359	53.10	1371	-761
54.10	586	54.10	586	54.10	807	221	54.10	1231	-788.05
55.10	197	55.10	197	55.10	263	66	55.10	1090	-818.2
55.60	-13	55.60	-13	55.60	-32	-19	55.60	1009	-834.91
56.10	-221	56.10	-221	56.10	-321	-100	56.10	944	-856.72
57.10	-669	57.10	-669	57.10	-945	-276	57.10	795	-909.87
58.10	-1156	58.10	-1156	58.10	-1625	-469	58.10	655	-976.52
59.10	-1682	59.10	-1682	59.10	-2361	-679	59.10	527	-1055.98
59.60	-1940	59.60	-1940	59.60	-2724	-784	59.60	466	-1102.49
60.10	-2216	60.10	-2216	60.10	-3107	-891	60.10	406	-1150.28
61.10	-2797	61.10	-2797	61.10	-3917	-1120	61.10	295	-1254.86
62.10	-3417	62.10	-3417	62.10	-4782	-1366	62.10	194	-1372.84
63.10	-4072	63.10	-4072	63.10	-5699	-1627	63.10	206	-1526.65
64.10	-3511	64.10	-3511	64.10	-4912	-1402	64.10	203	-1395.44
65.10	-2988	65.10	-2988	65.10	-4180	-1192	65.10	287	-1274.23
66.10	-2503	66.10	-2503	66.10	-3503	-1000	66.10	391	-1163.83
67.10	-2059	67.10	-2059	67.10	-2883	-824	67.10	502	-1063.22



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
INOW	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	101 di 104

67.60	-1853	67.60	-1853	67.60	-2597	-744	67.60	560	-1010.65
68.10	-1646	68.10	-1646	68.10	-2307	-660	68.10	614	-972.11
69.10	-1267	69.10	-1267	69.10	-1775	-509	69.10	715	-887.98
70.10	-926	70.10	-926	70.10	-1300	-374	70.10	815	-808.41
71.10	-625	71.10	-625	71.10	-881	-256	71.10	908	-732.07
71.60	-503	71.60	-503	71.60	-713	-210	71.60	934	-740.7
72.10	-363	72.10	-363	72.10	-516	-152	72.10	963	-708.26
73.10	-115	73.10	-115	73.10	-168	-52	73.10	1011	-631.85
74.10	94	74.10	94	74.10	124	31	74.10	1050	-556.66
75.10	263	75.10	263	75.10	360	97	75.10	1081	-493.3
75.60	332	75.60	332	75.60	455	122	75.60	1085	-469.87
76.10	405	76.10	405	76.10	558	153	76.10	1090	-446.11
77.10	519	77.10	519	77.10	719	200	77.10	1072	-400.57
78.10	594	78.10	594	78.10	823	229	78.10	1042	-355.88
79.10	630	79.10	630	79.10	872	242	79.10	1000	-311.86
79.60	631	79.60	631	79.60	871	240	79.60	936	-286.59
80.10	637	80.10	637	80.10	882	245	80.10	909	-264.05
81.10	620	81.10	620	81.10	860	240	81.10	810	-219.99
82.10	564	82.10	564	82.10	782	218	82.10	697	-176.3
83.10	468	83.10	468	83.10	648	180	83.10	573	-132.93
83.60	405	83.60	405	83.60	559	154	83.60	500	-111.71
84.10	348	84.10	348	84.10	482	134	84.10	424	-89.95
85.10	204	85.10	204	85.10	283	79	85.10	234	-47.21
86.20	0	86.20	0	86.20	0	0	86.20	0	-111.71

VARIAZIONE TERMICA POSITIVA		RITIRO SOLLECITAZIONI		CARICHI MOBILI FATICA		
Distanza	ΔM max	Distanza	$\Delta M_{isostatico}$	Distanza	ΔM max	ΔM min
[m]	[kNm]	[m]	[kNm]	[m]	[kNm]	[kNm]
0.00	638	0.00	1469	0.00	2	-3
1.10	604	1.10	1390	1.10	59	-12
2.10	572	2.10	1317	2.10	106	-23
2.60	556	2.60	1281	2.60	125	-28
3.10	541	3.10	1245	3.10	144	-33
4.10	509	4.10	1172	4.10	176	-44
5.10	478	5.10	1100	5.10	204	-55
6.10	446	6.10	1027	6.10	228	-66
6.60	431	6.60	991	6.60	239	-73
7.10	415	7.10	955	7.10	251	-78
8.10	383	8.10	882	8.10	262	-89
9.10	352	9.10	810	9.10	269	-100
10.10	320	10.10	738	10.10	274	-112
10.60	305	10.60	701	10.60	271	-117
11.10	289	11.10	665	11.10	271	-124
12.10	257	12.10	593	12.10	264	-136
13.10	226	13.10	520	13.10	254	-155
14.10	195	14.10	448	14.10	242	-174
14.60	179	14.60	412	14.60	238	-172
15.10	163	15.10	375	15.10	228	-180
16.10	132	16.10	303	16.10	205	-199
17.10	100	17.10	230	17.10	179	-219
18.10	69	18.10	158	18.10	154	-240
18.60	53	18.60	122	18.60	140	-253
19.10	37	19.10	86	19.10	126	-263
20.10	6	20.10	13	20.10	98	-288
21.10	-26	21.10	-59	21.10	72	-316
22.10	-57	22.10	-132	22.10	51	-346
23.10	-89	23.10	-204	23.10	53	-375
24.10	-89	24.10	-204	24.10	48	-343
25.10	-89	25.10	-204	25.10	73	-313
26.10	-89	26.10	-204	26.10	101	-287
26.60	-89	26.60	-204	26.60	115	-275
27.10	-89	27.10	-204	27.10	132	-264
28.10	-89	28.10	-204	28.10	163	-244
29.10	-89	29.10	-204	29.10	198	-227
30.10	-89	30.10	-204	30.10	235	-214
30.60	-89	30.60	-204	30.60	252	-209



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA IN0W	LOTTO 00	CODIFICA R 26 CL	DOCUMENTO IV 00 00 001	REV. A	FOGLIO 103 di 104
-------------------------	-------------	---------------------	---------------------------	-----------	----------------------

31.10	-89		31.10	-204		31.10	272	-204
32.10	-89		32.10	-204		32.10	307	-197
33.10	-89		33.10	-204		33.10	342	-190
34.10	-89		34.10	-204		34.10	375	-183
34.60	-89		34.60	-204		34.60	385	-179
35.10	-89		35.10	-204		35.10	398	-175
36.10	-89		36.10	-204		36.10	420	-169
37.10	-89		37.10	-204		37.10	441	-162
38.10	-89		38.10	-204		38.10	460	-156
38.60	-89		38.60	-204		38.60	467	-152
39.10	-89		39.10	-204		39.10	474	-149
40.10	-89		40.10	-204		40.10	485	-143
41.10	-89		41.10	-204		41.10	495	-138
42.10	-89		42.10	-204		42.10	503	-132
43.10	-89		43.10	-204		43.10	508	-126
44.10	-89		44.10	-204		44.10	503	-132
45.10	-89		45.10	-204		45.10	495	-138
46.10	-89		46.10	-204		46.10	486	-143
47.10	-89		47.10	-204		47.10	475	-149
47.60	-89		47.60	-204		47.60	467	-152
48.10	-89		48.10	-204		48.10	460	-156
49.10	-89		49.10	-204		49.10	442	-162
50.10	-89		50.10	-204		50.10	421	-169
51.10	-89		51.10	-204		51.10	399	-176
51.60	-89		51.60	-204		51.60	390	-180
52.10	-89		52.10	-204		52.10	377	-184
53.10	-89		53.10	-204		53.10	343	-190
54.10	-89		54.10	-204		54.10	308	-197
55.10	-89		55.10	-204		55.10	273	-205
55.60	-89		55.60	-204		55.60	252	-209
56.10	-89		56.10	-204		56.10	236	-214
57.10	-89		57.10	-204		57.10	199	-227
58.10	-89		58.10	-204		58.10	164	-244
59.10	-89		59.10	-204		59.10	132	-264
59.60	-89		59.60	-204		59.60	117	-276
60.10	-89		60.10	-204		60.10	102	-288
61.10	-89		61.10	-204		61.10	74	-314
62.10	-89		62.10	-204		62.10	49	-343
63.10	-89		63.10	-204		63.10	52	-382
64.10	-57		64.10	-132		64.10	51	-349
65.10	-26		65.10	-59		65.10	72	-319
66.10	6		66.10	13		66.10	98	-291
67.10	37		67.10	86		67.10	125	-266



LINEA AV/AC TORINO-VENEZIA Tratta MILANO-VERONA

Lotto funzionale QUADRUPPLICAMENTO EST IN USCITA DA BRESCIA

Relazione di predimensionamento sovrappassi stradali

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IN0W	00	R 26 CL	IV 00 00 001	A	104 di 104

67.60	53		67.60	122		67.60	140	-253
68.10	69		68.10	158		68.10	154	-243
69.10	100		69.10	230		69.10	179	-222
70.10	132		70.10	303		70.10	204	-202
71.10	163		71.10	375		71.10	227	-183
71.60	179		71.60	412		71.60	234	-185
72.10	195		72.10	448		72.10	241	-177
73.10	226		73.10	520		73.10	253	-158
74.10	257		74.10	593		74.10	262	-139
75.10	289		75.10	665		75.10	270	-123
75.60	305		75.60	701		75.60	271	-117
76.10	320		76.10	738		76.10	272	-112
77.10	352		77.10	810		77.10	268	-100
78.10	383		78.10	882		78.10	260	-89
79.10	415		79.10	955		79.10	250	-78
79.60	431		79.60	991		79.60	234	-72
80.10	446		80.10	1027		80.10	227	-66
81.10	478		81.10	1100		81.10	202	-55
82.10	509		82.10	1172		82.10	174	-44
83.10	541		83.10	1245		83.10	143	-33
83.60	556		83.60	1281		83.60	125	-28
84.10	572		84.10	1317		84.10	106	-22
85.10	604		85.10	1390		85.10	59	-12
86.20	638		86.20	1469		86.20	0	-28