

Progetto	SP 87 “DI CERVENO”: MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL PONTE AL KM 0+050 IN COMUNE DI CETO – CUP PROV0000024033		Comune	Ceto-Cerveno
			Provincia	Brescia
Committente	Provincia di Brescia Area del territorio Settore delle strade e dei trasporti	<div>Progettista</div> <div></div>	<div>Dott. Ing. Michele Gallinelli</div> <div><div>via Lorenzetti 15</div><div>25047 Darfo B.T. (BS)</div><div>0364 532475</div><div><a href="mailto:studio@gallinelli.eu">studio@gallinelli.eu</a></div><div><a href="http://www.gallinelli.eu">www.gallinelli.eu</a></div></div>	
Luogo	Darfo B.T.			
Data	16/11/2022			
Oggetto	VERIFICA STATO DI FATTO PER CONDIZIONE OPERATIVITA’		Progetto Esecutivo	D-05



## SOMMARIO

<b>OGGETTO.....</b>	<b>3</b>
<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>DESCRIZIONE STATO DI FATTO .....</b>	<b>3</b>
<b>LIVELLO DI CONOSCENZA.....</b>	<b>8</b>
<b>CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>9</b>
<b>INQUADRAMENTO OPERATIVITA' .....</b>	<b>11</b>
<b>ANALISI DEI CARICHI.....</b>	<b>12</b>
<b>CARICHI DA TRAFFICO E CALCOLO AZIONI SU SINGOLA TRAVE .....</b>	<b>13</b>
CARICHI DA TRAFFICO .....	15
<b>VERIFICHE DI RESISTENZA.....</b>	<b>22</b>
VERIFICHE A FLESSIONE TRAVI .....	22
VERIFICHE A TAGLIO.....	26
VERIFICA SELLA GERBER.....	31
VERIFICA SOLETTA.....	39
<b>RIASSUNTO VERIFICHE PONTE CONDIZIONE ATTUALE – CARICO OPERATIVITA' .....</b>	<b>41</b>



## OGGETTO

Relazione di verifica delle strutture esistenti, riferita al progetto di manutenzione straordinaria del ponte "BSSP087\_P001" sulla S.P. n.87 di Cervo che attraversa il fiume Oglio.

Il lavoro parte dai dati su geometria e materiali raccolti da studi precedenti commissionati dalla Provincia di Brescia, aggiornandoli con le armature recepite mediante i disegni esecutivi originali, un'analisi dei carichi più accurata e applicando i carichi che per il "Livello di Operatività con tempo di ritorno 30 anni", così come previsto dalla normativa vigente (Norme Tecniche delle Costruzioni e Linee Guida per la classificazione e gestione del rischio, la valutazione della sicurezza ed il monitoraggio dei ponti esistenti".

## INTRODUZIONE

Nel presente elaborato sono riportate le analisi e i calcoli dello stato di fatto del Ponte sulla Sp.87 nei comuni di Ceto e Cervo, valutandolo nei confronti dell'operatività dell'infrastruttura così come definito nella norma vigente.

Rispetto allo studio condotto da AZ sono infatti emersi nuovi dati (progetto originale) che hanno permesso di migliorare sia l'analisi dei carichi, che le verifiche sulle sezioni, grazie alla conoscenza della loro armatura (confrontata coi sondaggi eseguiti da AZ). Rispetto allo studio ricevuto, si è inoltre indagata la resistenza ai carichi di "operatività", che sarà la condizione da utilizzare per il progetto di rinforzo.

Le basi per svolgere le analisi sono:

- Il progetto originale dell'opera messo a disposizione dal Comune di Cervo
- Gli elaborati di prima analisi redatti dall'Università degli Studi di Brescia (DICATAM)
- I documenti di monitoraggio e indagini svolte dallo Studio Az

## DESCRIZIONE STATO DI FATTO

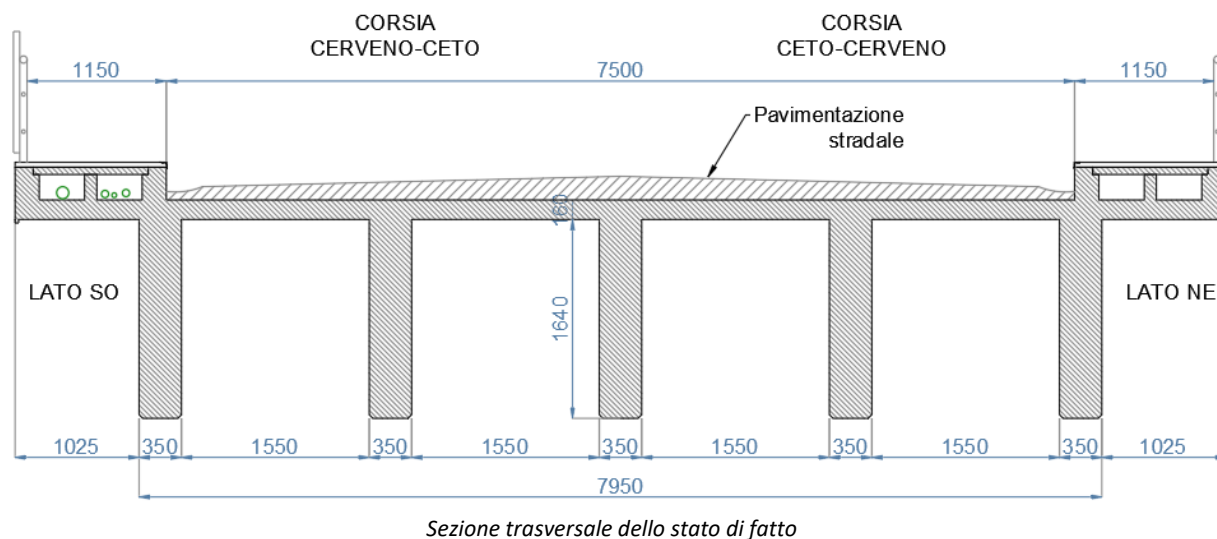
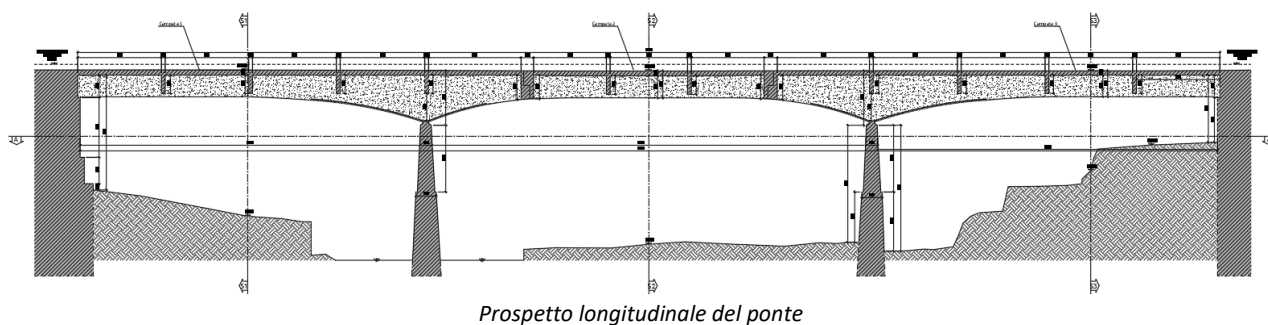
Il ponte si articola su tre campate, per una lunghezza totale di circa 86.50 metri. Le due campate laterali hanno lunghezza di circa 26.40 m, mentre quella centrale di 33 m. Gli appoggi sono costituiti dalle sue spalle, una sulla sponda di Cervo e una su quella di Ceto, e dalle due pile centrali; queste hanno un'altezza di circa 10 metri. Da esse le travi del ponte si innalzano, rialzandosi di ulteriori 1.85 m.

La larghezza totale del ponte è di circa 10.05 metri mentre la larghezza della sede stradale è 7.50 m. Su entrambi i lati sono presenti marciapiedi di larghezza 1.15 m, con ringhiera metallica originale, a cui sono stati attaccati esternamente pannelli in rete zincata. Marciapiede e carreggiata non sono divisi da alcuna barriera.

La struttura è in cemento armato ordinario. Le due travi laterali sorpassano le pile, realizzando sbalzi di lunghezza circa 7.70 m, su cui si appoggia, mediante "selle Gerber", la trave centrale, di luce 18.50 m.

L'impalcato è composto da 5 travi di sezione 35x164 cm con soletta collaborante di altezza circa 16 cm e due sbalzi di lunghezza pari a circa 100 cm ed altezza 50 cm. Gli appoggi delle travi sono in neoprene.

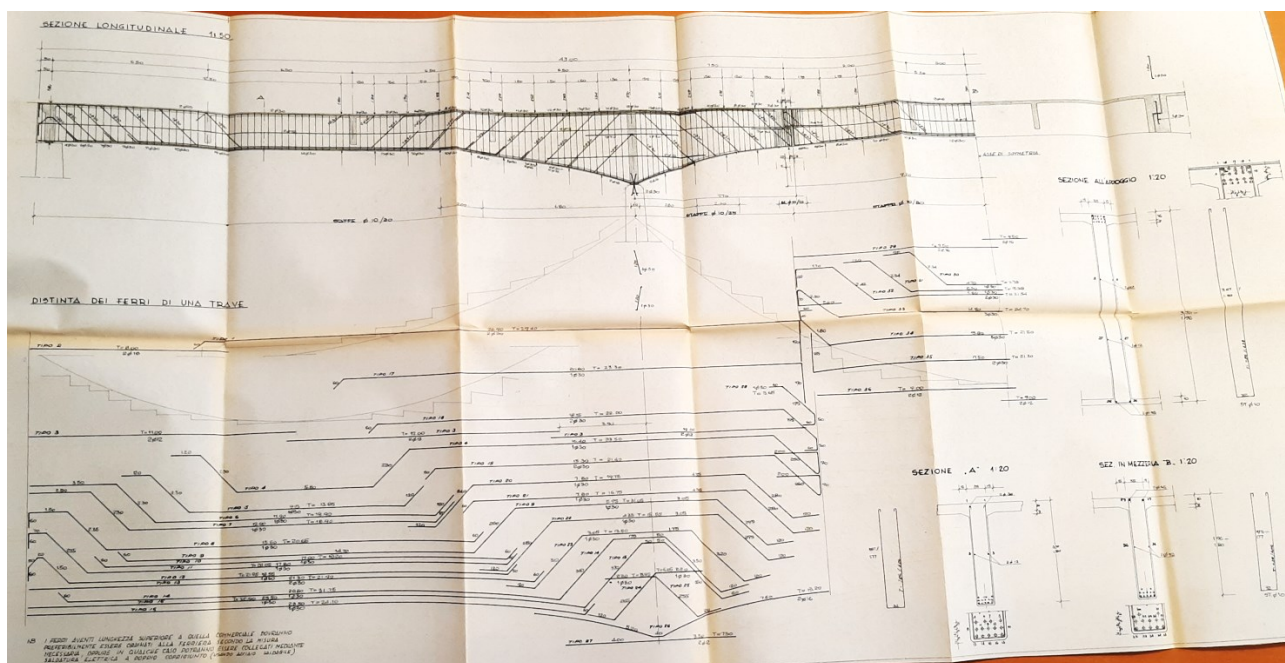
Sulle campate cantilever (laterali) sono presenti due traversi di testata più due intermedi e sulla campata Gerber sono presenti altri due collegamenti trasversali. Sugli appoggi in corrispondenza delle pile è presente una soletta all'intradosso delle travi.



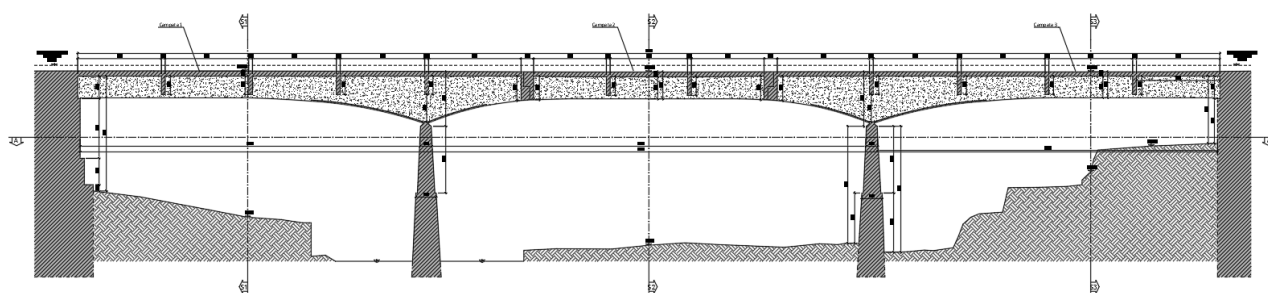
Il manufatto si presenta integro, ma in alcune zone si notano parti ammalorate di calcestruzzo, causate da corruzione di acqua, come nel caso dei giunti di dilatazione, o di zona ove i tubi di scarico laterale sono danneggiati e permettono all'acqua piovana di scorrere sulla struttura. In certe porzioni si hanno crepe nel copriferro anche pronunciate, con casi di espulsione del cls ed esposizione dei ferri di armatura, che si presentano ossidati.

Oltre a queste condizioni generale, si osservano delle fessure diagonali nelle zone delle selle Gerber, che denotano problemi di resistenza a taglio, potenzialmente molto pericolosi.

Il ponte collega l'abitato di Cervo e la sponda nord-occidentale con il centro del Badetto di Ceto, lungo cui scorrono le vie principali che percorrono la Valle Camonica da nord a sud. Sul lato di Cervo è presente un'acciaieria, che comporta un intenso passaggio di mezzi pesanti sul ponte. Esistono alternative a nord e a sud, ma possono essere raggiunte tramite strade secondarie di non agevole percorrenza.

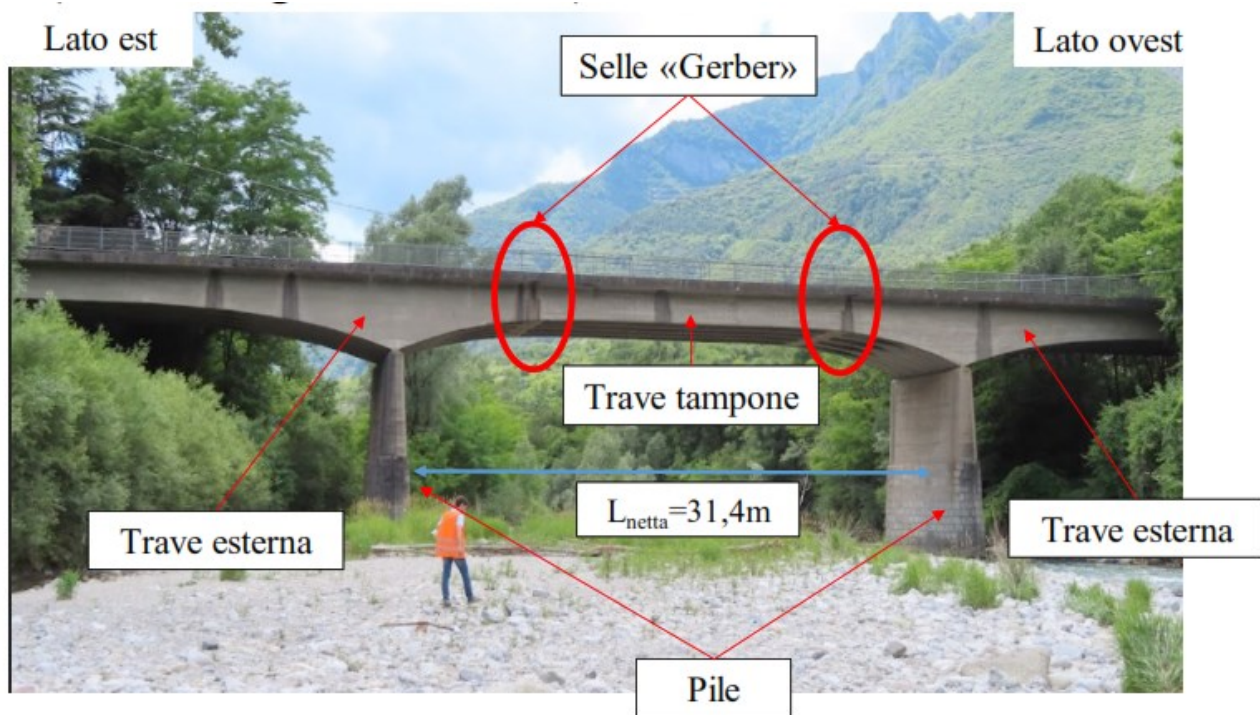


Esempio estratto tavole esecutive originali

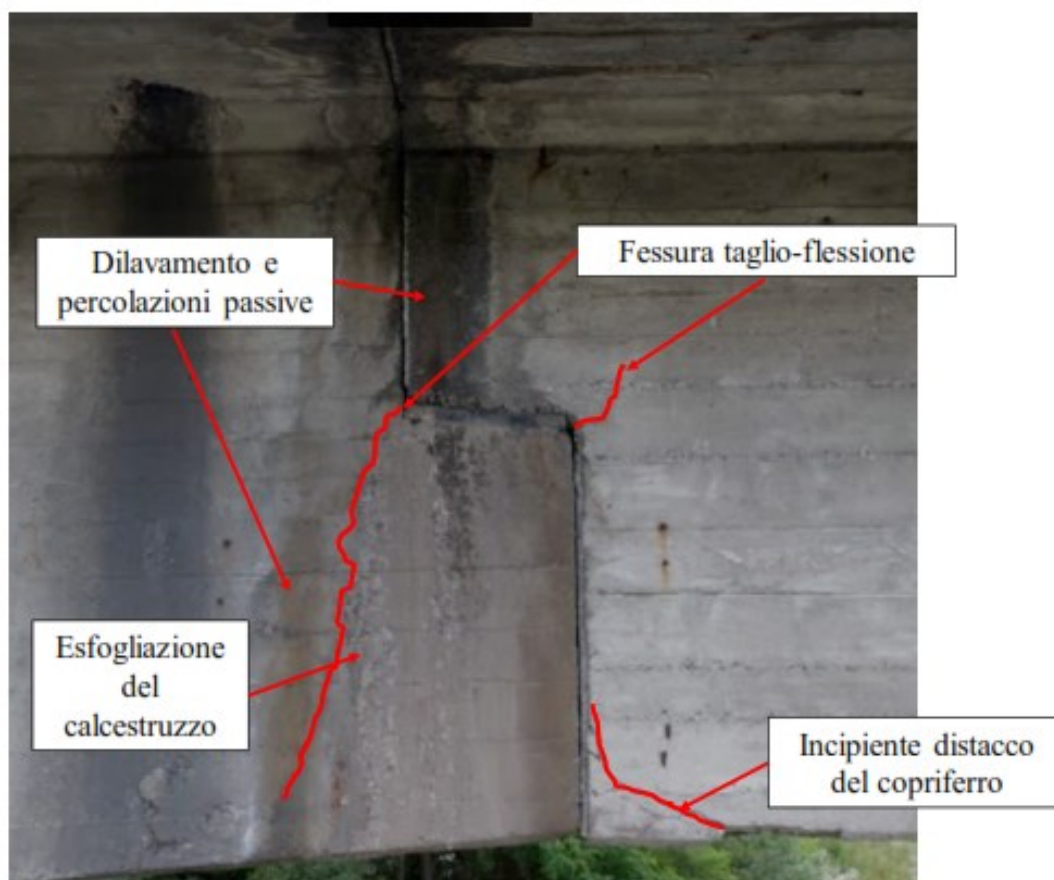


Si riportano alcune immagini significative della condizione attuale. Fare riferimento alla "Documentazione fotografica" per ulteriori fotografie.





*Vista dal basso con indicazione delle travi*



*Sella Gerber con indicazione fessure rilevate da DICATAM*



*Trave trasversale fra selle*

## LIVELLO DI CONOSCENZA

La conoscenza del ponte è stata raggiunta grazie a:

- Ispezioni in loco con verifiche visive e raccolta di documentazione fotografica.
- Campagna di indagine realizzata da AZ Srl Società di Ingegneria, che effettuato i rilievi, le prove sui materiali e le verifiche di III e IV Livello sul ponte in oggetto, come da Linee Guida MIMS del 2021. Il materiale consegnato è il seguente:
  - 05-Analisi storico critica
  - 06-Piano indagine
  - 07-Relazione indagini
  - 08-Relazione transitabilità
  - Tavole con prospetti e sezioni del ponte
- Analisi del progetto originale del ponte, recuperato negli archivi del Comune di Cervo, risalente al 1963 e a firma dell'Ing. Desiderio Berdini di Breno; sono presenti le tavole geometriche, gli esecutivi delle armature, la relazione di calcolo e il collaudo.

I sondaggi effettuati da AZ confermano la geometria, il tipo di materiali e le armature visibili che sono riportate nel progetto originale. Le analisi effettuate permettono di raggiungere un Livello di Conoscenza "LC2".

Ciò comporta l'utilizzo del Fattore di Confidenza  $FC = 1.20$ , che riduce la resistenza media dei materiali esistenti.

Si riporta un estratto dal punto C8.5.4 della Circolare n.7/2019 (NTC 2018).

**LC1:** si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e *indagini limitate* sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, *prove limitate* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è  $FC=1,35$  (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è **LC2** solo a causa di una non estesa conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

**LC2:** si intende raggiunto quando siano stati effettuati, come minimo, l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, con riferimento al § C8.5.1, il rilievo geometrico completo e *indagini estese* sui dettagli costruttivi, con riferimento al § C8.5.2, *prove estese* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, con riferimento al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è  $FC=1,2$  (nel caso di costruzioni di acciaio, se il livello di conoscenza non è **LC3** solo a causa di una non esaustiva conoscenza sulle proprietà dei materiali, il fattore di confidenza può essere ridotto, giustificandolo con opportune considerazioni anche sulla base dell'epoca di costruzione);

**LC3:** si intende raggiunto quando siano stati effettuati l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, come descritta al § C8.5.1, il rilievo geometrico, completo ed accurato in ogni sua parte, e *indagini esaustive* sui dettagli costruttivi, come descritto al § C8.5.2, *prove esaustive* sulle caratteristiche meccaniche dei materiali, come indicato al § C8.5.3; il corrispondente fattore di confidenza è  $FC=1$  (da applicarsi limitatamente ai valori di quei parametri per i quali sono state eseguite le prove e le indagini su citate, mentre per gli altri parametri meccanici il valore di  $FC$  è definito coerentemente con le corrispondenti prove limitate o estese eseguite).



## CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

I materiali utilizzati sono stati individuati dal progetto originale e confermati dai risultati dei sondaggi effettuati dallo Studio Az.

Per il calcestruzzo si può considerare l'equivalente di un odierno C25/30.

Il cemento per il calcestruzzo delle travate sarà del Tipo 680, quello per le pile, spalle e relative fondazioni potrà essere del Tipo normale 500.  
Come acciaio verrà usato il tipo ad alto snervamento (carico di snervamento 4400 Kg/cmq) ed ad adherenza migliorata.

Estratto da relazione di calcolo originale

itaca

IoT

RAPPORTO DI PROVA - INDAGINE SCLEROMETRICA TARATA SU CAROTE E ULTRASUONI

Committente:													Rif. Protocollo:														
Cantiere:													Commessa:														
Località:													Pagina:														
Operatori:													Redatto:														
SCLEROMETRIA: DIREZIONE PROVA													α = 0 (orizz)		SONREB.01												
ELEMENTO	POSIZIONE	LETTURE BATTUTE SCLEROMETRICHE												Media sclero [ ]	$I_R$ resistenza sclero [N/mm <sup>2</sup> ]	$V_{UT}$ (media )	$f_{carota}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{c,ls}$	$f_{c,med}$								
C1	Pos 1	36	34	32	34	28	34	38	36	30	32	34	36	34	25	2874	27.9	27.4	26.0								
	Pos 2	34	36	36	38	34	34	36	38	40	34	36	40	36	29	2665		25.7									
	Pos 3	34	34	30	30	32	34	32	34	36	34	34	34	33	24	2846		27.1									
	Pos 4	36	36	34	38	34	34	36	36	30	30	30	34	34	25	2456		23.7									
C2	Pos 5	40	40	38	38	36	38	42	42	40	44	42	40	40	37	3845	41.4	36.5	40.9								
	Pos 6	56	60	58	60	58	54	54	54	60	56	58	54	57	89	4845		46.8									
	Pos 7	42	44	46	42	42	42	44	44	46	48	50	44	44	47	4458		42.2									
	Pos 8	44	44	46	42	42	40	38	40	42	42	42	42	42	42	4025		38.2									
C3	Pos 9	58	62	58	60	60	62	64	50	54	56	58	60	59	98	6241	63.5	59.5	59.1								
	Pos 10	58	54	54	50	54	54	60	62	62	62	64	60	58	94	6158		58.6									
	Pos 11	54	54	60	54	64	64	62	62	64	64	64	64	61	109	6058		58.1									
	Pos 12	48	58	58	54	54	58	58	60	60	60	60	62	58	94	6325		60.1									
C4	Pos 13	60	60	56	60	62	54	56	58	60	52	54	56	57	92	3147	36.6	31.4	31.8								
	Pos 14	60	62	64	64	62	64	62	60	60	58	58	58	61	108	3008		30.3									
	Pos 15	58	62	64	64	52	52	58	60	60	64	66	64	61	106	3248		32.6									
	Pos 16	58	60	62	64	64	66	64	66	64	64	64	62	63	120	3247		32.7									
C5	Pos 17	40	44	42	44	46	38	44	38	40	42	48	44	42	43	2854	29.7	27.8	27.8								
	Pos 18	48	48	42	44	44	48	42	42	44	44	44	42	44	47	2879		28.2									
	Pos 19	38	40	36	38	38	38	46	40	48	44	44	48	42	41	39		2781		27.1							
	Pos 20	44	42	44	40	38	38	38	40	40	42	44	44	41	40	2897		28.1									
$f_{c,ls} = a \cdot I_R^b \cdot V_{UT}^c$																											

Estratto prove sui materiali di Studio AZ

Per le armature si considerano ferri ad aderenza migliorata tipo FeB44 k (come indicato nella relazione originale).

Parte d'opera	ID	Elemento indagato	Valori [Vickers]	Media elementi [Vickers]	Carico di rottura a trazione [MPa]
Spalla Ceto	D1	Staffa $\phi 10$	237	219	702
			224		
			196		
Trave di bordo	D2	Staffa $\phi 10$	175	190.3	610
			213		
			183		
Trave di bordo	D3	Barra longitudinale $\phi 20$	185	213	683
			220		
			234		
Trave di bordo	D4	Staffa $\phi 10$	190	214	686
			222		
			230		
Cordolo	D5	Barra longitudinale $\phi 16$	286	282	905
			239		
			321		

Pertanto si ha una resistenza media a rottura pari a  $f_{tm} = 717,2$  MPa

*Estratto prove sui materiali di Studio AZ*

## INQUADRAMENTO OPERATIVITA'

Per “operatività” si intende raggiungere un livello di sicurezza determinato dal superamento delle verifiche secondo schema di carico del traffico da NTC 2018, nell’ipotesi di assumere un tempo di riferimento di 30 anni con conseguenti coefficienti parziali ridotti.

	Obiettivi	Carichi da traffico	$t_{ref}$
<b>COMPLETA ADEGUATEZZA</b> Valutazione del livello di sicurezza secondo le norme attuali (NTC 2018)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale, sismico e idraulico (alluvioni e frane) <u>come previsto dalle NTC 2018, con eventuale riduzione fattori parziali carichi permanenti</u>	<u>Schemi convenzionali previsti dalle NTC 2018</u>	<u>Vita nominale (VN) come da NTC 2018</u>
Se il livello di sicurezza strutturale (statica/geotecnica) è insufficiente rispetto alle NTC			
<b>OPERATIVITÀ</b>	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con $t_{ref}$ ridotto e fattori parziali ridotti	Schemi da NTC 2018, con <u>fattori parziali ridotti</u>	<u>30 anni</u>
<b>TRANSITABILITÀ NTC 2018</b> (Immediata transitabilità 1)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con $t_{ref}$ ulteriormente ridotto imponendo restrizioni all’uso del ponte e fattori parziali ridotti	Schemi da NTC 2018, con <u>restrizioni di uso e fattori parziali ridotti</u>	<u>5 anni</u>
<b>TRANSITABILITÀ CdS</b> PESANTE INTERMEDIA LEGGERA AUTOVEICOLI (Immediata transitabilità 2)	Valutazione del livello di sicurezza strutturale con $t_{ref}$ ulteriormente ridotto, imponendo limitazione dei carichi secondo CdS e con relativi fattori parziali ridotti	Schemi da CdS con <u>relativi fattori parziali ridotti</u>	<u>5 anni</u>

Nel caso di operatività, e con prove/documenti disponibili, si utilizzano i seguenti coefficienti parziali di sicurezza:

Tabella 6.3.2– Fattori parziali di sicurezza per i carichi permanenti,  $\gamma_G$ , per verifiche di transitabilità e operatività

CLASSE DI CONSEGUENZA	(1) CONDIZIONI STANDARD	(2) CON ACCURATO CONTROLLO STATISTICO DI MATERIALI E GEOMETRIA E COV<0,05	(3) COME (2) E CON ABBATTIMENTO INCERTEZZE DI MODELLO (§ 6.3.3.5)
CC3	1.26	1.16	1.10

Tabella 6.3.4– Fattori parziali di sicurezza considerando come azioni principali le azioni variabili da traffico

Classe di conseguenza	Tempo di riferimento $t_{ref}$	Fattori parziali per le azioni variabili da traffico, $\gamma_Q$
CC3	5 anni (ponte TRANSITABILE, § 6.1.5.3)	1.20
	30 anni (ponte OPERATIVO, § 6.1.5.2)	1.20

## ANALISI DEI CARICHI

Si riporta l'analisi dei carichi permanenti, effettuata secondo la geometria individuata dal progetto originale e confermata mediante i sondaggi dello Studio Az.

	B [m]	H [m]	$\gamma$ [kN/mc]	Carico G [kN/m]
<b>TRAVE TAMPONE</b>				
Sezione min	0.35	1.64	25	14.35
Sezione max	0.35	1.80	25	15.75
<b>TRAVI ESTERNE</b>				
Sezione min	0.35	1.64	25	14.35
Sezione max	0.35	3.54	25	30.98
<b>SOLETTA IMPALCATO</b>				
Sezione	2.15	0.16	25	8.60
<b>SOLETTA INFERIORE</b>				
Sezione	0.78	0.10	25	1.94
<b>CORDOLI MARCIAPIEDI</b>				
Sezione	0.50	0.27	25	3.38
<b>TRAVERSI SELLE GERBER</b>				
Sezione	1.00	1.80	25	45.00
<b>TRAVERSI CAMPATA</b>				
Sezione	0.25	1.34	25	8.38
<b>TRAVERSI APPOGGI PILE</b>				
Sezione	0.40	3.54	25	35.40
<b>TRAVERSI APPOGGI SPALLE</b>				
Sezione	0.40	1.64	25	16.40

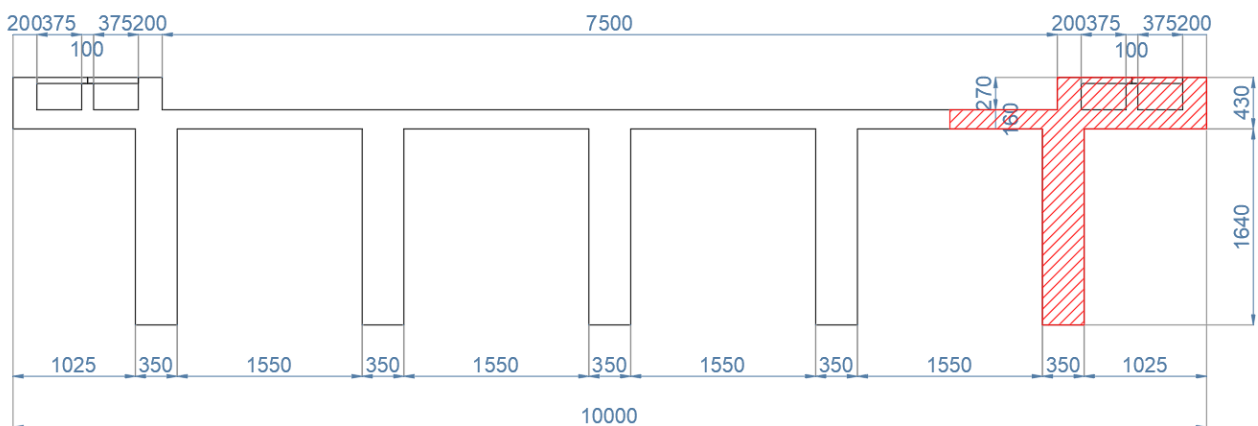
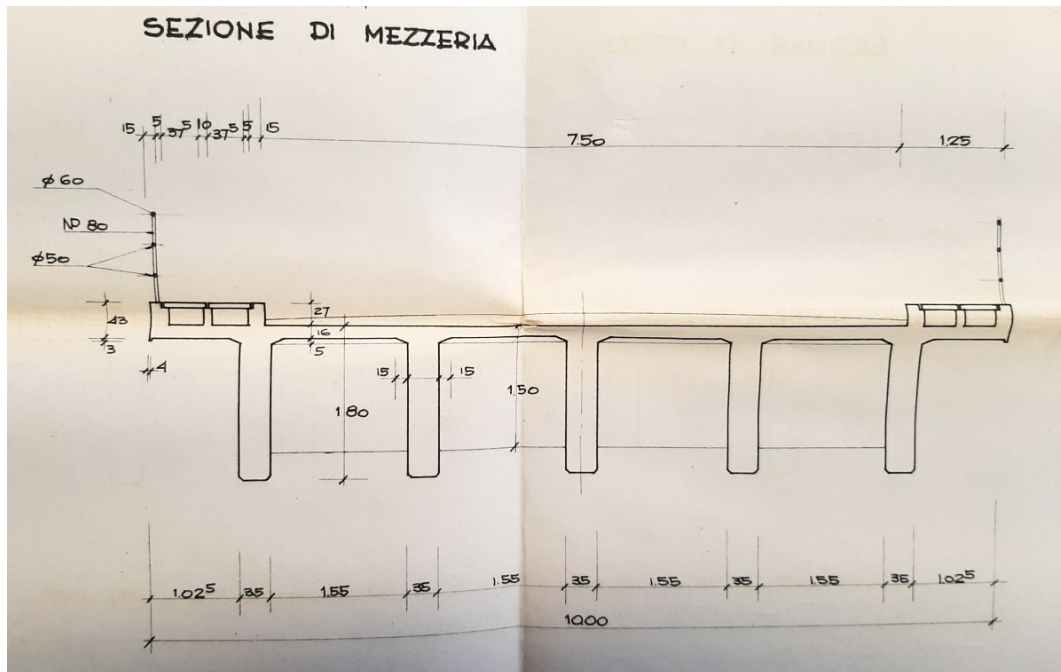
Per quanto riguarda i carichi permanenti non strutturali si considerano:

- Peso medio pavimentazione: 155 daN/mq
- Peso lineare parapetti (doppi): 50 daN/m

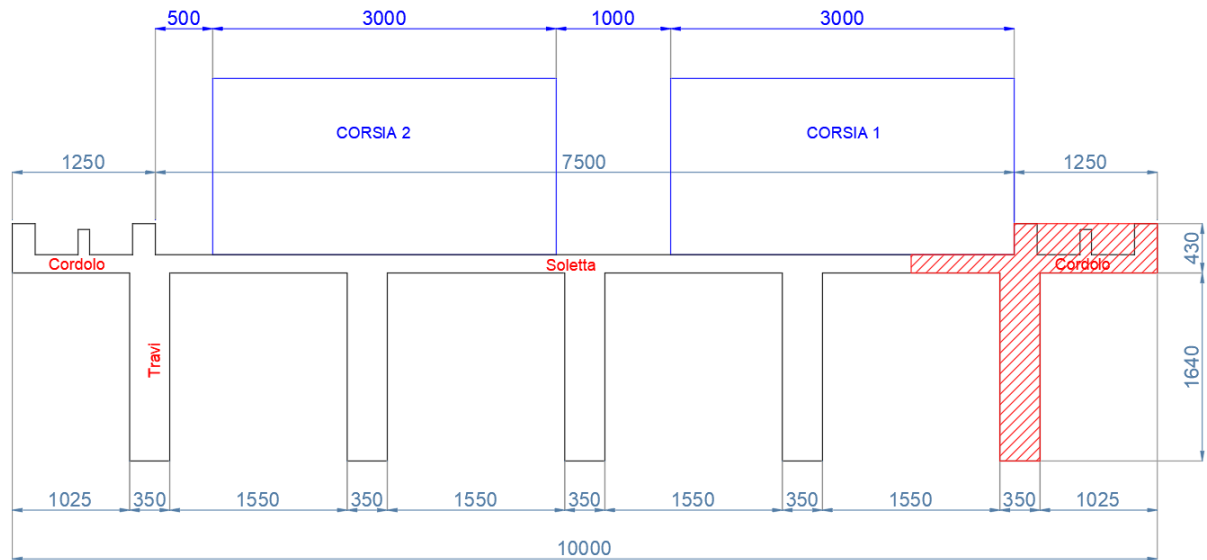


## CARICHI DA TRAFFICO E CALCOLO AZIONI SU SINGOLA TRAVE

Sono state analizzate le sollecitazioni dovute ai carichi (sia permanenti che da traffico) per una trave di bordo e per una trave in centro corsia. Per le azioni dovute al carico di traffico, come si vedrà più avanti, si è considerata la ripartizione tra le nervature applicando il metodo di Courbon. Dalle analisi sulle due travi è emerso che la più caricata è quella di bordo. Pertanto nel seguito si riportano i calcoli e le analisi per determinare le azioni interne per la trave di bordo.



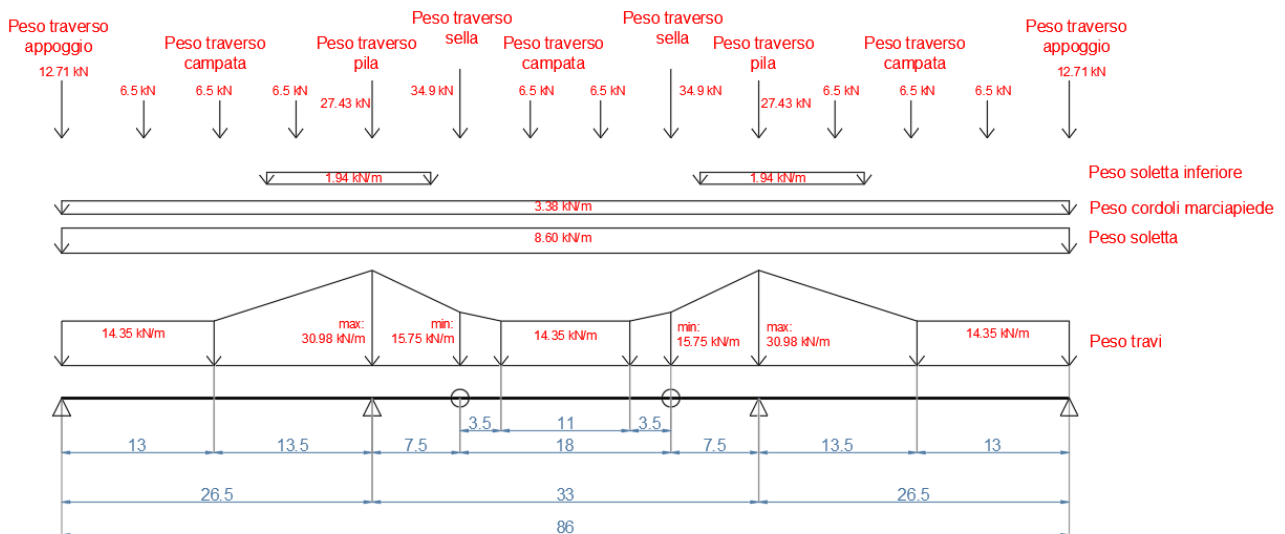
Sezione trasversale in mezzeria del ponte, sia da progetto originale che da rilievo



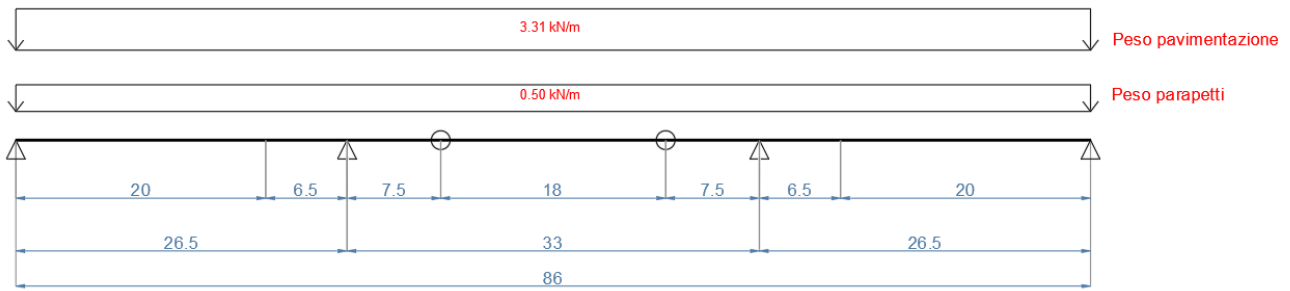
Disposizione dei carichi da traffico sulle due corsie

Le analisi dei carichi permanenti sulla geometria esatta e di quelli portati hanno condotto all'applicazione delle seguenti forze in esercizio sulla trave di bordo, che saranno poi moltiplicate x 1.16 per passare a stato limite ultimo.

### CARICO G1 TRAVE BORDO



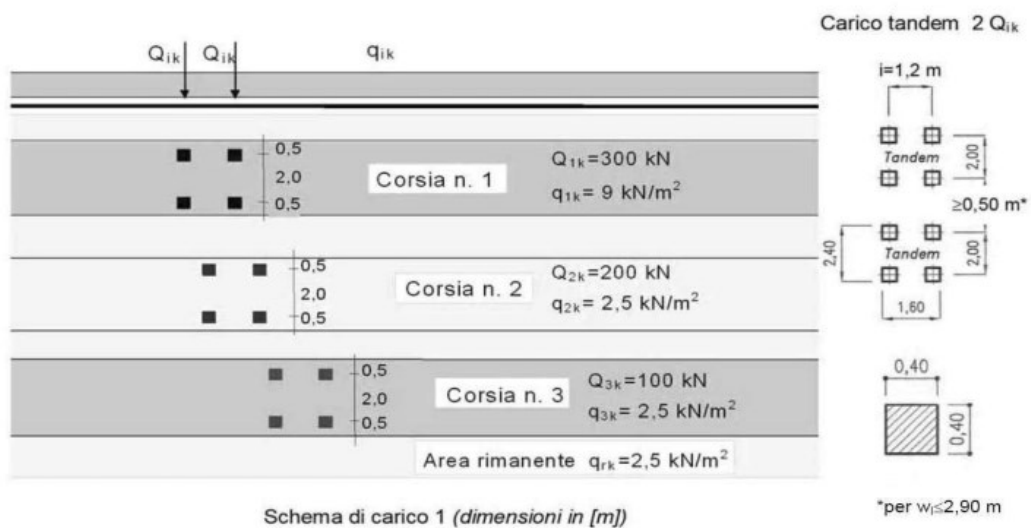
## CARICO G2 TRAVE BORDO



A tali carichi vanno aggiunti gli “accidentali” dovuti al traffico, calcolati come da NTC2018; essi saranno poi moltiplicati x 1.20 per passare a stato limite ultimo, condizione di operatività.

## CARICHI DA TRAFFICO

Si considera lo schema di carico 1 da Normativa, considerando due corsie come indicato nello schema seguente.



#### 5.1.3.14 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico da considerare ai fini delle verifiche devono essere stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al Cap. 2.

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si devono considerare, generalmente, le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV.

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

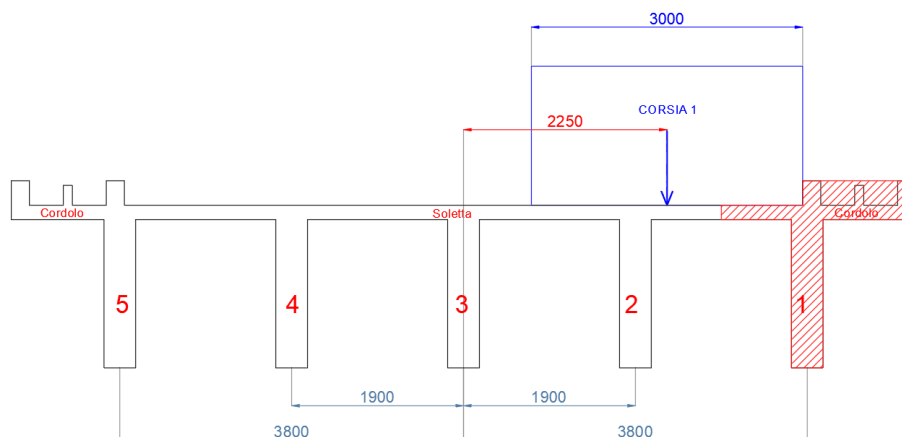
Gruppo di azioni	Carichi sulla superficie carrabile					Carichi su marciapiedi e piste ciclabili non sormontabili
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (schemi di carico 1, 2, 3, 4 e 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura	Forza centrifuga	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione 2,5KN/m <sup>2</sup>
2a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 (*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>
4 (**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>			Schema di carico 5 con valore caratteristico 5,0KN/m <sup>2</sup>
5 (***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				

(\*) Ponti pedonali  
 (\*\*) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)  
 (\*\*\*) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Si calcolano i coefficienti con il **metodo di Courbon** relativi alla condizione con carico in corsia 1 e con carico in corsia 2 nelle condizioni peggiori per la trave di bordo.

$$a_i = \frac{1}{n} + \frac{e \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2}$$

CARICO IN CORSIA 1



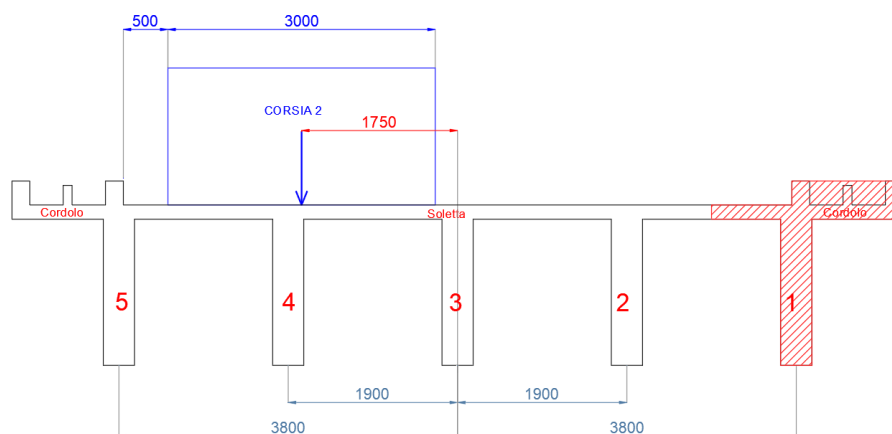


## COEFFICIENTI CARICO IN CORSIA 1

TRAVE	e trave	e trave ^2	Coeff. A
1	3.8	14.44	0.44
2	1.9	3.61	0.32
3	0	0	0.20
4	-1.9	3.61	0.08
5	-3.8	14.44	-0.04

e carico 2.25 m

## CARICO IN CORSIA 2

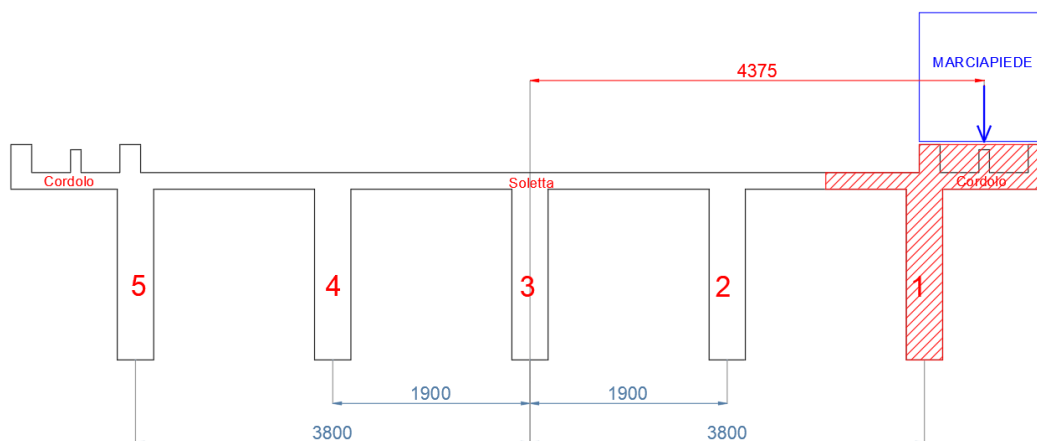


## COEFFICIENTI CARICO IN CORSIA 2

TRAVE	e trave	e trave ^2	Coeff. A
1	3.8	14.44	0.02
2	1.9	3.61	0.11
3	0	0	0.20
4	-1.9	3.61	0.29
5	-3.8	14.44	0.38

e carico -1.75 m

## CARICO FOLLA MARCIAPIEDE

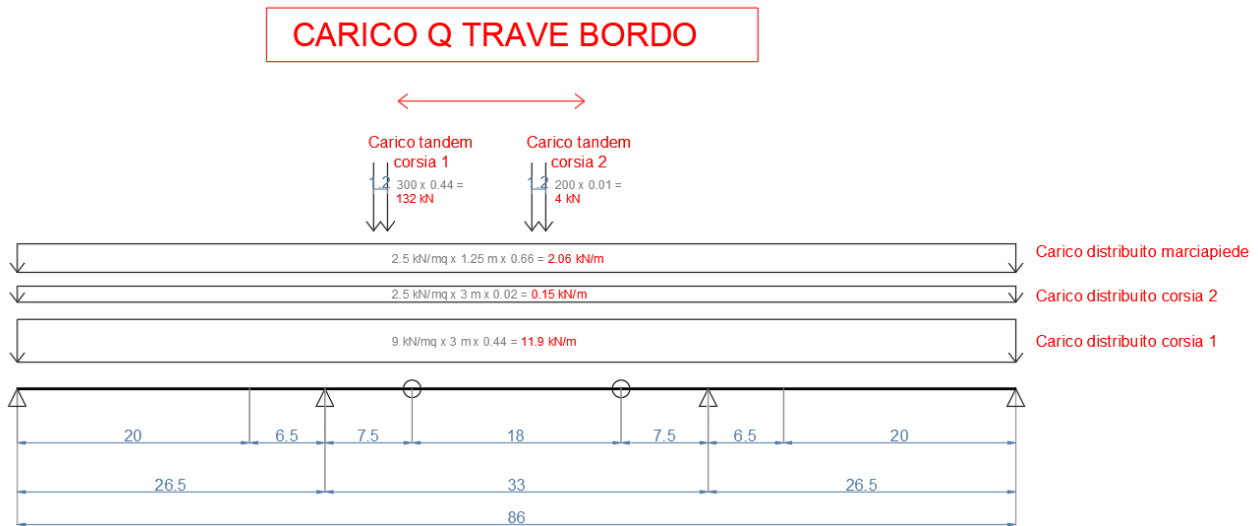


COEFFICIENTI CARICO FOLLA MARCIAPIEDE

	0 e trave	e trave ^2	Coeff. A
1	3.8	14.44	0.66
2	1.9	3.61	0.43
3	0	0	0.20
4	-1.9	3.61	-0.03
5	-3.8	14.44	-0.26

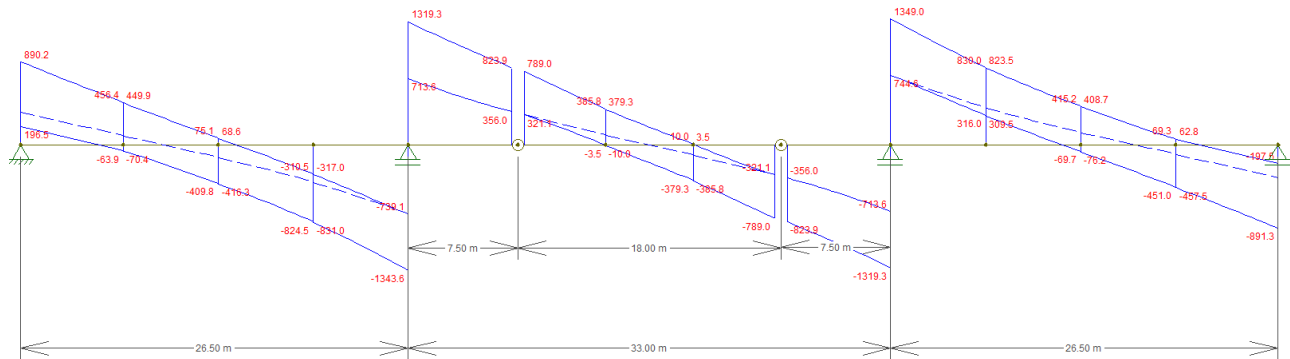
e carico 4.375 m

Sulla base dei carichi da Normativa sopra indicati (schema 1 e schema 5 per marciapiede) e i relativi coefficienti di Courbon calcolati per i vari casi, si individua il seguente schema di carico complessivo per azioni variabili per la trave di bordo (le forze concentrate vengono fatte traslare lungo il ponte).

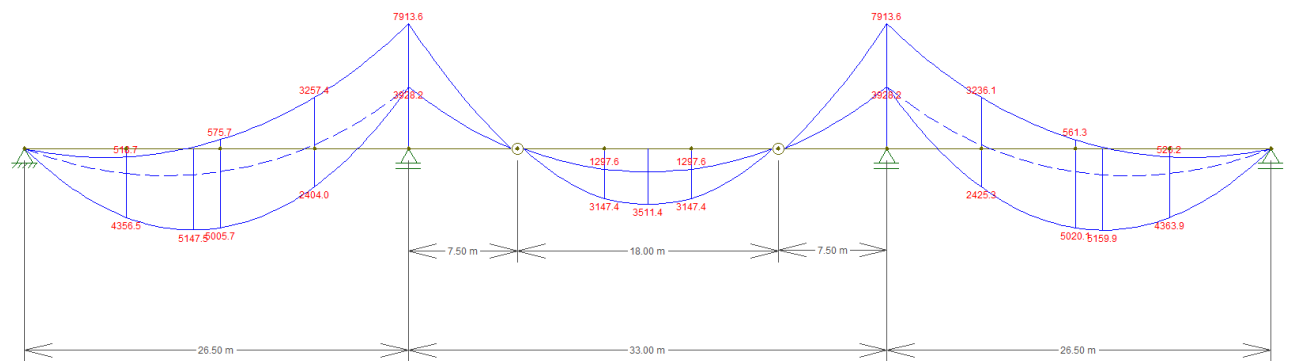




Da questi schemi di calcolo si ottengono i seguenti diagrammi di involucro di taglio e momento a SLU.



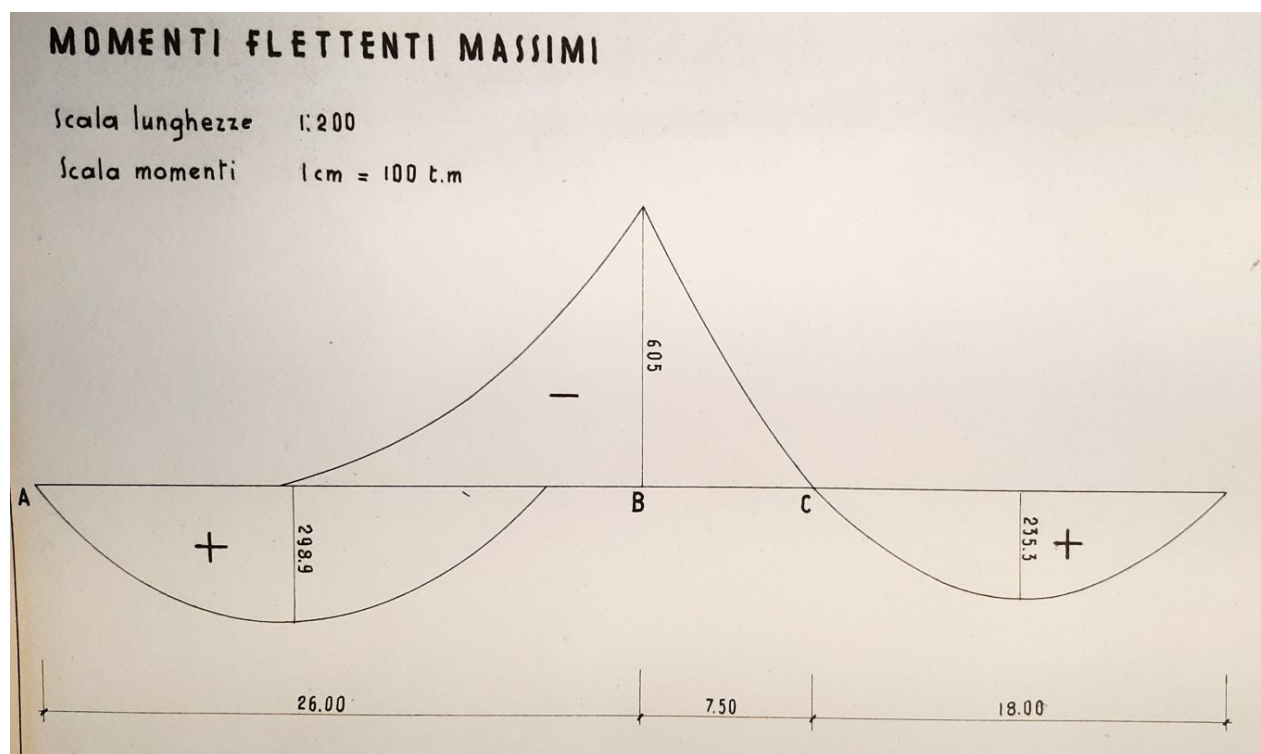
*Involuppo diagramma taglio SLU*



*Involuppo diagramma momento SLU*



Per confronto si riporta il diagramma con l'involuppo dei momenti considerati nel calcolo originale e riportati nella Relazione di Calcolo del progetto originale (va specificato che questi erano in esercizio e non a stato limite ultimo, come i diagrammi precedenti):



Confrontando le sezioni tipo della trave si può osservare come i momenti richiesti secondo "l'operatività" da NTC 18 siano maggiori rispetto a quelli previsti nel progetto originale.

Confronto momenti operatività con progetto originale

SEZIONI	Med SLU NTC 18 operatività [kNm]	Med SLE progetto originale [kNm]	Med SLU progetto originale* [kNm]	Differenza %
SEZ. B	5147.5	2989	4035.2	22%
SEZ. C	7913.6	6050	8167.5	-3%
SEZ. E	3511.4	2353	3176.6	10%

\* I momenti nel progetto originale sono stati calcolati con la combinazione per tensioni ammissibili (cmb rara); per effettuare il confronto si utilizza un coefficiente di amplificazione pari a 1.35 per ottenere delle azioni a SLU come utilizzare nei calcoli attuali.

Dal confronto dei momenti non si evidenzia una particolare differenza fra sollecitazioni per cui è stato progettato il ponte e quelle ora richieste.

## VERIFICHE DI RESISTENZA

Avendo calcolato le sollecitazioni dall'involuppo di taglio e momento flettente in ogni parte del ponte, è possibile procedere con le verifiche di resistenza sulle sezioni esistenti significative.

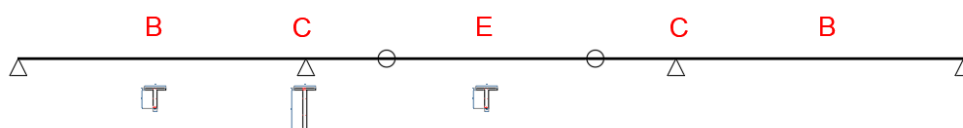
In particolare si sono condotte:

- Verifiche a flessione (positiva in campata o negativa sopra appoggio) per le travi (sezioni B, C, E)
- Verifiche a taglio per le travi (sezioni A, C)
- Verifica Sella Gerber (sezioni D)
- Verifica a flessione soletta

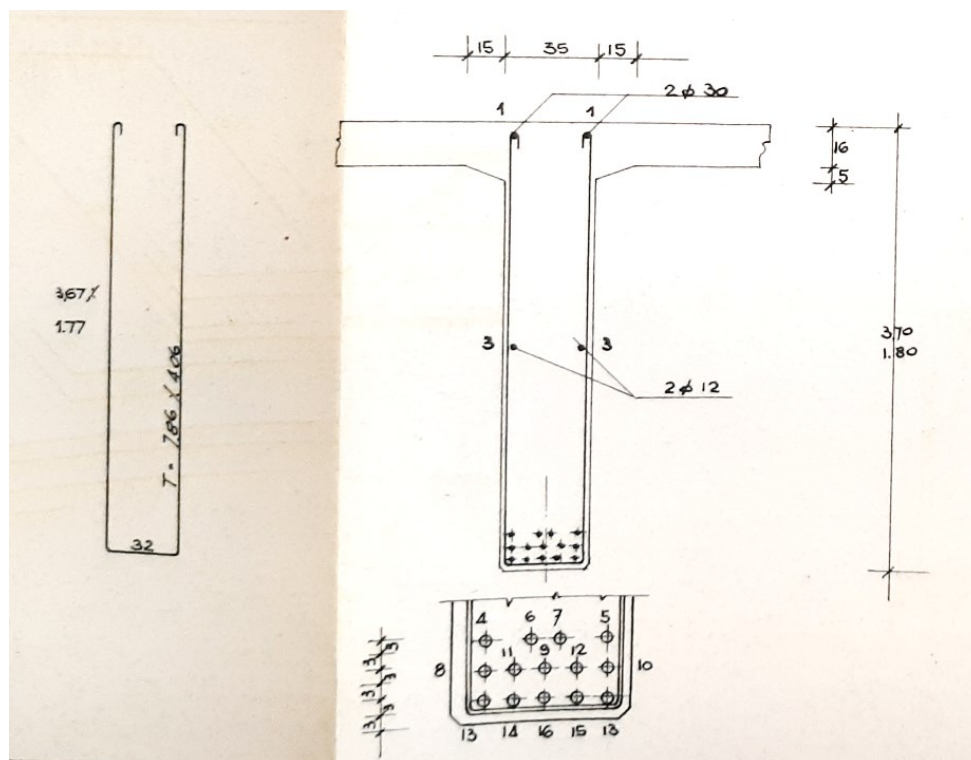
## VERIFICHE A FLESSIONE TRAVI

Si è calcolata la resistenza e confrontata con la sollecitazione nelle sezioni significative della trave di bordo (che, come prima esposto, è quella più sollecitata e quindi dimensionante); il seguente schema indica le sezioni indagate:

### Momento



*Sezioni significative per la verifica a flessione delle travate*



*Armatura sezione B*



## CALCOLO RESISTENZA SEZIONE B

Verifica C.A. S.L.U. - File: SEZ B

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 - Strutture esistenti ?

Titolo: SEZIONE B (campata laterale)

N° figure elementari 2 Zoom N° strati barre 5 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	190	16
2	35	164

N°	As [cm²]	d [cm]
1	14,14	6
2	2,26	98
3	28,27	162
4	35,34	168
5	35,34	174

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 5147,5 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> 5.891 kN m

Materiali FeB44k C25/30

ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 358,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 20,83 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 1,792 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

σ<sub>c</sub> -20,83 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 358,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 57,25 ‰  
d 174 cm  
x 10,02 x/d 0,05761  
δ 0,7

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.  
DXF

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U. -  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura  
Precompresso

Mrd = 5891 kNm

## CALCOLO RESISTENZA SEZIONE C

Verifica C.A. S.L.U. - File: SEZ C

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 - Strutture esistenti ?

Titolo: SEZIONE C (appoggi)

N° figure elementari 2 Zoom N° strati barre 6 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	190	16
2	35	354

N°	As [cm²]	d [cm]
1	35,34	4
2	35,34	10
3	35,34	16
4	2,26	98
5	2,26	238
6	4,02	365

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>Ed</sub> -7913,6 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -12.968 kN m

Materiali FeB44k C25/30

ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
f<sub>yd</sub> 358,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 20,83 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
ε<sub>syd</sub> 1,792 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
τ<sub>c1</sub> 1,829

σ<sub>c</sub> -20,83 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 358,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 16,32 ‰  
d 366 cm  
x 64,63 x/d 0,1766  
δ 0,7

Tipo Sezione  
Rettan.re Trapezi  
a T Circolare  
Rettangoli Coord.  
DXF

Metodo di calcolo  
S.L.U. + S.L.U. -  
Metodo n

Tipo flessione  
Retta Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura  
Precompresso

Mrd = -12968 kNm



## CALCOLO RESISTENZA SEZIONE E

Verifica C.A. S.L.U. - File: SEZ E

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 - Strutture esistenti ?

Titolo: SEZIONE E (campata centrale)

N° figure elementari 2 Zoom N° strati barre 5 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	190	16
2	35	164

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4,02	6
2	2,26	98
3	14,14	162
4	35,34	168
5	35,34	174

Tipologia Sezione:  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☒ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.  
☐ DXF

Sollecitazioni:  
 S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 3511,4 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N:  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipologia rottura:  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:  
 FeB44k C25/30  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 358,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 20,83 N/mm²  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8 [?] ☐  
 ε<sub>syd</sub> 1,792 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 9,75 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6  
 τ<sub>cl</sub> 1,829

M<sub>xRd</sub> 5.106 kNm  
 σ<sub>c</sub> -20,83 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 358,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 61,56 ‰  
 d 174 cm  
 x 9,361 x/d 0,0538  
 δ 0,7

Metodo di calcolo:  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n

Tipologia flessione:  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 M-curvatura  
☐ Precompresso

M<sub>rd</sub> = 5106 kNm

Di seguito si riporta una sintesi da cui si evince che le verifiche a flessione della travata risultano soddisfatte in tutte le sezioni analizzate.

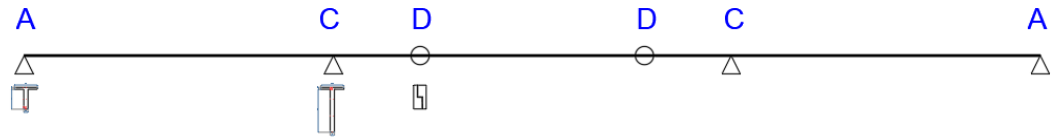
SEZIONI	Med [kNm]	Mrd [kNm]	Sfruttamento
SEZ. B	5147.5	5891	87%
SEZ. C	-7913.6	-12968	61%
SEZ. E	3511.4	5106	69%



## VERIFICHE A TAGLIO

Si è calcolata la resistenza e confrontata con la sollecitazione nelle sezioni significative della trave di bordo, come di seguito individuato.

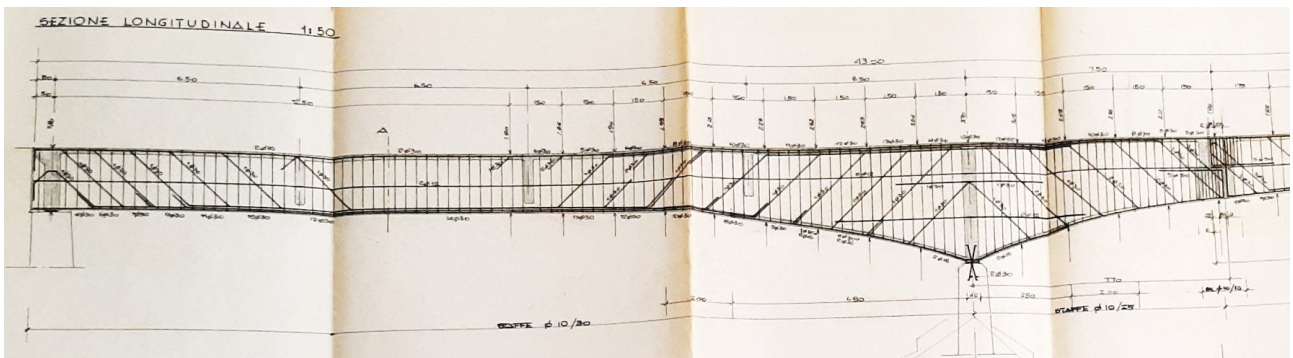
Taglio



Sezioni significative per la verifica a taglio delle travate

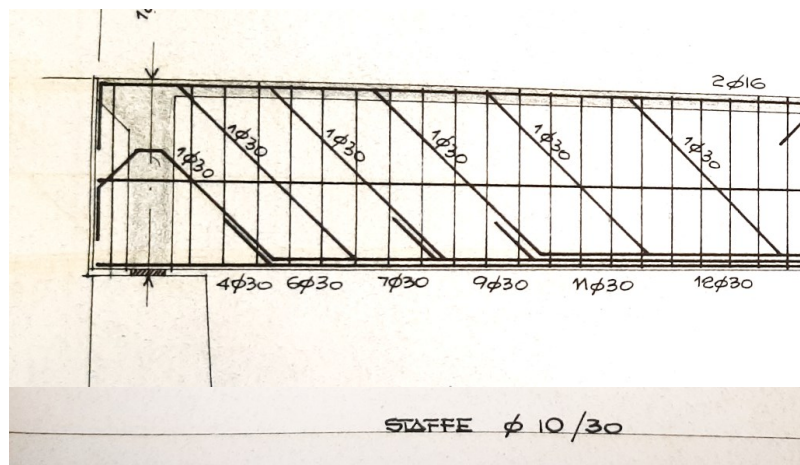
La sezione D (sella Gerber) sarà trattata in capitolo a sé.

Per il calcolo della resistenza a taglio si è valutato sia il contributo delle staffe ( $\phi 10/30$ ), sia il contributo delle armature piegate ( $\phi 30$ ).



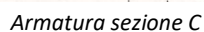
Armatura travate

La resistenza a taglio delle sezioni è stata valutata calcolando sia la resistenza a taglio-trazione (lato acciaio) sia a taglio-compressione (lato calcestruzzo).



Armatura sezione A





### Verifica a taglio

Ved 891.3 kN

B	350 mm
H	1800 mm
d	1740 mm
bw	350 mm
CLS	CLS esistente
ACCIAIO	FeB44k
FC	1.2
$\gamma_s$	1.15
$\gamma_c$	1.5

diam. staffe ( $\phi$ )	n. braccia	PASSO (cm)
10	2	30

### Verifica lato staffe

$$V_{Rd,st} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

d	1740	mm
f <sub>yd</sub>	311.59	N/mm <sup>2</sup>
θ	30.00	°
	0.52	rad
α	90.00	°
	1.57	rad
A <sub>sw</sub>	157.08	mm <sup>2</sup>
s	300	mm

V<sub>Rd,st</sub>                      442.53 kN

### Contributo ferri piegati

$$V_{Rd,fp} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

d	1740	mm
f <sub>yd</sub>	311.59	N/mm <sup>2</sup>
θ	30.00	°
	0.52	rad
α	45.00	°
	0.79	rad
A <sub>sw</sub>	706.86	mm <sup>2</sup>
s	850	mm

V<sub>Rd</sub>                              783.91 kN

### Verifica taglio lato acciaio

V <sub>Rd</sub> , tot	1226	kN
V <sub>ed</sub>	891.3	kN
Sfrutt.	0.73	VERIFICATO

### Verifica taglio lato cls

$$V_{Rdc} = 0,9 \cdot d \cdot b \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

f <sub>cd</sub>	13.83	N/mm <sup>2</sup>
v	0.50	
f' <sub>cd</sub>	6.92	N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>cp</sub>	0.000	N/mm <sup>2</sup>
α <sub>c</sub>	1.000	
d	1740	mm
B	350	mm

V <sub>Rdc</sub>	1641.56	kN
V <sub>ed</sub>	891.3	kN
Sfrutt.	0.54	VERIFICATO

VERIFICA SEZIONE C

**Verifica a taglio**

**Azione sollecitante**

Ved 1349 kN

**Dati**

B 350 mm  
H 3700 mm  
d 3640 mm  
bw 350 mm  
CLS CLS esistente  
ACCIAIO FeB44k  
FC 1.2  
 $\gamma_s$  1.15  
 $\gamma_c$  1.5

**Armatura trasversale**

diam. staffe ( $\Phi$ )	n. braccia	PASSO (cm)
10	2	30

**Verifica lato staffe**

**Verifica lato staffe**

$$V_{Rd,st} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

d	3640	mm
$f_{yd}$	311.59	N/mm <sup>2</sup>
$\theta$	30.00	°
	0.52	rad
$\alpha$	90.00	°
	1.57	rad
$A_{sw}$	157.08	mm <sup>2</sup>
s	300	mm

Vrds,st 925.75 kN

**Contributo ferri piegati**

$$V_{Rd,fp} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} (\cot \theta + \cot \alpha) \cdot \sin \alpha$$

d	3640	mm
$f_{yd}$	311.59	N/mm <sup>2</sup>
$\theta$	30.00	°
	0.52	rad
$\alpha$	45.00	°
	0.79	rad
$A_{sw}$	706.86	mm <sup>2</sup>
s	1500	mm

Vrds 929.28 kN



**Verifica taglio lato acciaio**

<b>Vrds, tot</b>	<b>1855</b>	<b>kN</b>
<b>Ved</b>	<b>1349</b>	<b>kN</b>
<b>Sfrutt.</b>	<b>0.73</b>	<b>VERIFICATO</b>

**Verifica taglio lato cls**

$$V_{Rdc} = 0,9 \cdot d \cdot b \cdot \alpha_c \cdot v \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot^2 \theta}$$

f <sub>cd</sub>	13.83	N/mm <sup>2</sup>
v	0.50	
f' <sub>cd</sub>	6.92	N/mm <sup>2</sup>
σ <sub>cp</sub>	0.000	N/mm <sup>2</sup>
α <sub>c</sub>	1.000	
d	3640	mm
B	350	mm

<b>Vrdc</b>	<b>3434.07</b>	<b>kN</b>
<b>Ved</b>	<b>1349</b>	<b>kN</b>
<b>Sfrutt.</b>	<b>0.39</b>	<b>VERIFICATO</b>

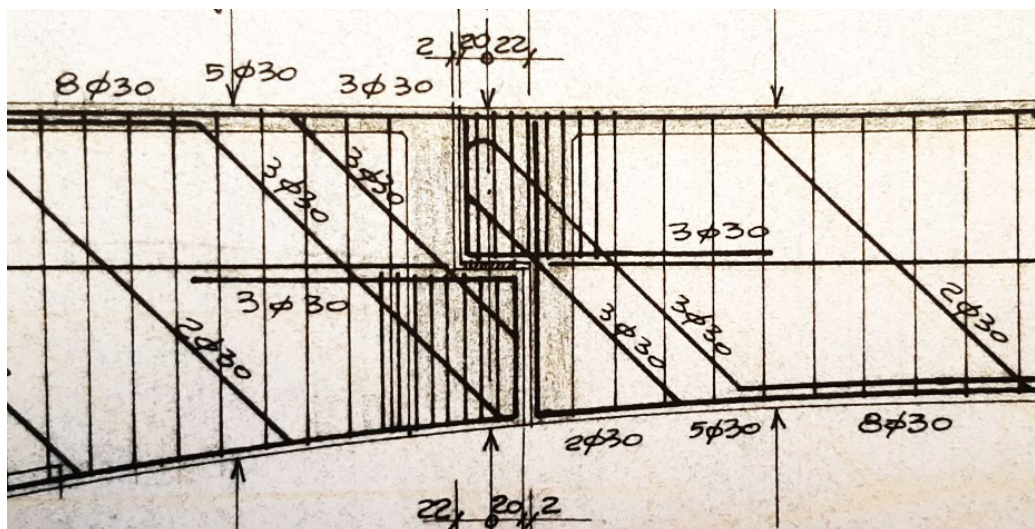
Di seguito si riporta una sintesi delle verifiche a taglio sulle travate, da cui si evince che le verifiche risultano soddisfatte.

*Verifiche taglio travate*

SEZIONI	Ved [kN]	Vrd [kN]	Sfruttamento
SEZ. A	891.3	1226	73%
SEZ. C	1349	1855	73%

## VERIFICA SELLA GERBER

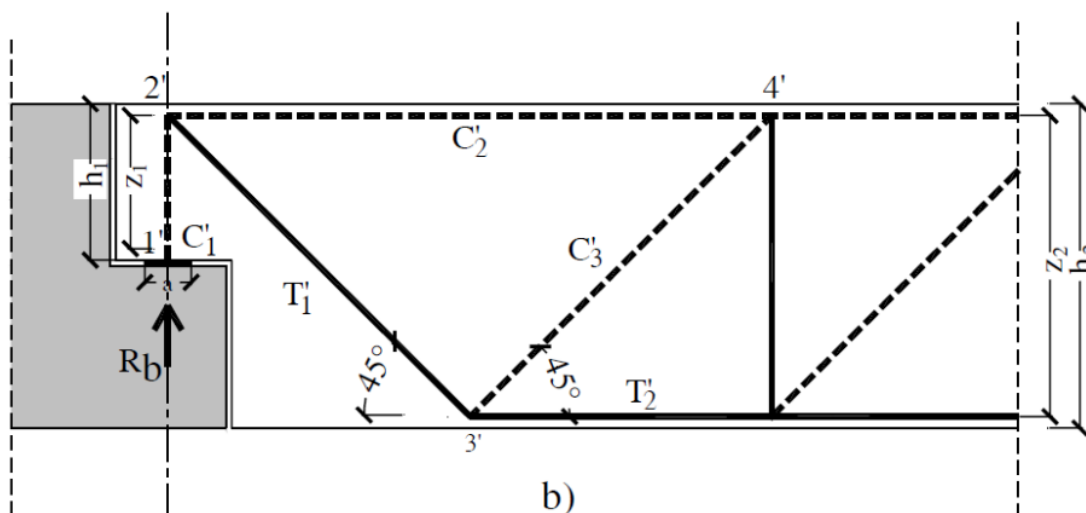
Il ponte è costituito come descritto da più campate, tra cui in quella centrale vi è una trave tampone in appoggio su due selle Gerber. Dal progetto originale si può ricavare l'armatura che è stata inserita nel nodo. Le barre individuate dai sondaggi effettuati dallo Studio Az confermano i diametri da progetto. Il nodo è armato con staffe e armature diagonali.



Armatura sella Gerber da disegni originali

La resistenza delle selle gerber non può essere valutata mediante le classiche formule per il taglio valide per le travi, in quanto sono zone dove i flussi di sforzo seguono andamenti differenti (D-region). Per studiare tale nodo è necessario ricondursi a un sistema a tiranti e puntoni, così come definito in Letteratura e riportato nelle Norme Tecniche.

L'Eurocodice fornisce due diversi schemi per modellare il giunto a mensola della sella gerber. Analizzata da progetto originale la disposizione di armatura nel caso in oggetto, la verifica viene effettuata facendo riferimento al solo schema 2.



Schema 2 Tirante-Puntone Sella Gerber

Dall'equilibrio dei nodi, essendo noto il taglio sulla mensola, è possibile calcolare le azioni assiali dei vari elementi che compongono lo schema tiranti e puntoni.

### Sforzi nelle aste

Dall'equilibrio del nodo 1'

$$C_1' = R_b$$

Dall'equilibrio del nodo 2'

$$T_1' = \sqrt{2} R_b$$

$$C_2' = R_b$$

Dall'equilibrio del nodo 3'

$$T_2' = 2 R_b$$

$$C_3' = \sqrt{2} R_b$$

Il taglio massimo sulla sella secondo la condizione di carico di operatività è pari a:

$$V_{max,sella} = 823.9 \text{ kN}$$

Per effettuare le verifiche si confronta l'azione con la resistenza delle singole aste che compongono il modello.

Di seguito si riporta il dettaglio delle verifiche effettuate.

#### Verifica a taglio sella Gerber

#### Azione sollecitante

Ved 823.9 kN

#### Dati

CLS CLS esistente

ACCIAIO FeB44k

FC 1.2

$\gamma_s$  1.15

$\gamma_c$  1.5

#### Materiali

$f_{yd}$	311.59	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	13.83	N/mm <sup>2</sup>
$f'_{cd}$	8.30	N/mm <sup>2</sup>

#### Calcolo Azioni

C1	-823.9 kN
C2	-823.9 kN
C3	-1165.2 kN
T1	1165.2 kN
T2	1647.8 kN



#### Verifica TIRANTE T1

n° barre	6	
Ø	30.00	mm
A <sub>sw</sub>	4241.15	mm <sup>2</sup>
<b>Nrd</b>	<b>1321.5</b>	<b>kN</b>
<b>Sfrutt.</b>	<b>0.88</b>	<b>VERIFICATO</b>

#### Verifica TIRANTE T2

n° barre	8	
Ø	30.00	mm
A <sub>sw</sub>	5654.87	mm <sup>2</sup>
<b>Nrd</b>	<b>1762.0</b>	<b>kN</b>
<b>Sfrutt.</b>	<b>0.94</b>	<b>VERIFICATO</b>

#### Verifica PUNTONE C1

b	300	mm
h	400.00	mm
<b>Nrd</b>	<b>-996.0</b>	<b>kN</b>
<b>Sfrutt.</b>	<b>0.83</b>	<b>VERIFICATO</b>

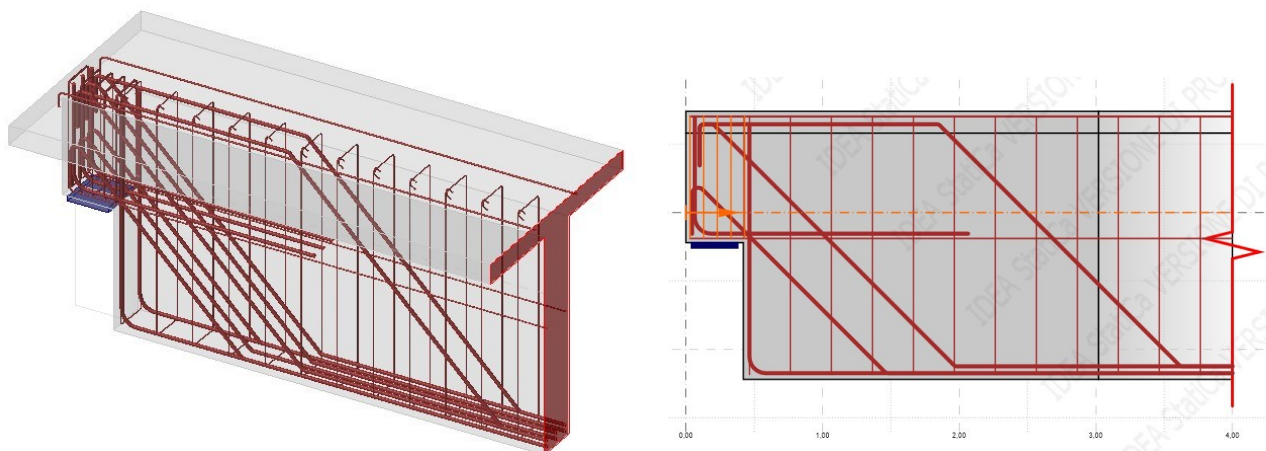
#### Verifica PUNTONE C2

b	300	mm
h	350	mm
<b>Nrd</b>	<b>-871.5</b>	<b>kN</b>
<b>Sfrutt.</b>	<b>0.95</b>	<b>VERIFICATO</b>

#### Verifica PUNTONE C3

b	300	mm
h	490	mm
<b>Nrd</b>	<b>-1220.1</b>	<b>kN</b>
<b>Sfrutt.</b>	<b>0.95</b>	<b>VERIFICATO</b>

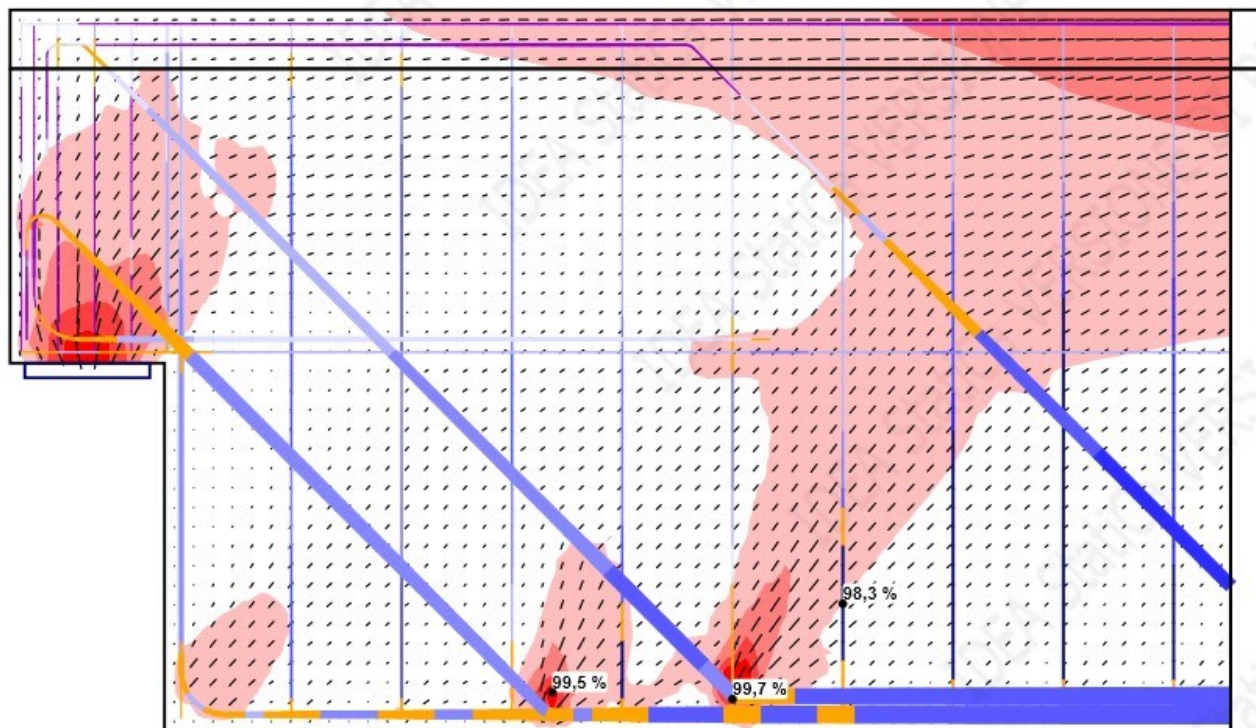
Si è affiancato il calcolo manuale ad una verifica parallela mediante l'impiego del software Idea Detail di Eiseko, che permette la modellazione della sella con geometria ed armature puntuali. L'applicazione del taglio all'appoggio viene utilizzata per condurre un'analisi non lineare sul modello, con calcolo delle deformazioni e delle tensioni puntuali mediante redistribuzione plastica.



*Modellazione nodo sella Gerber*

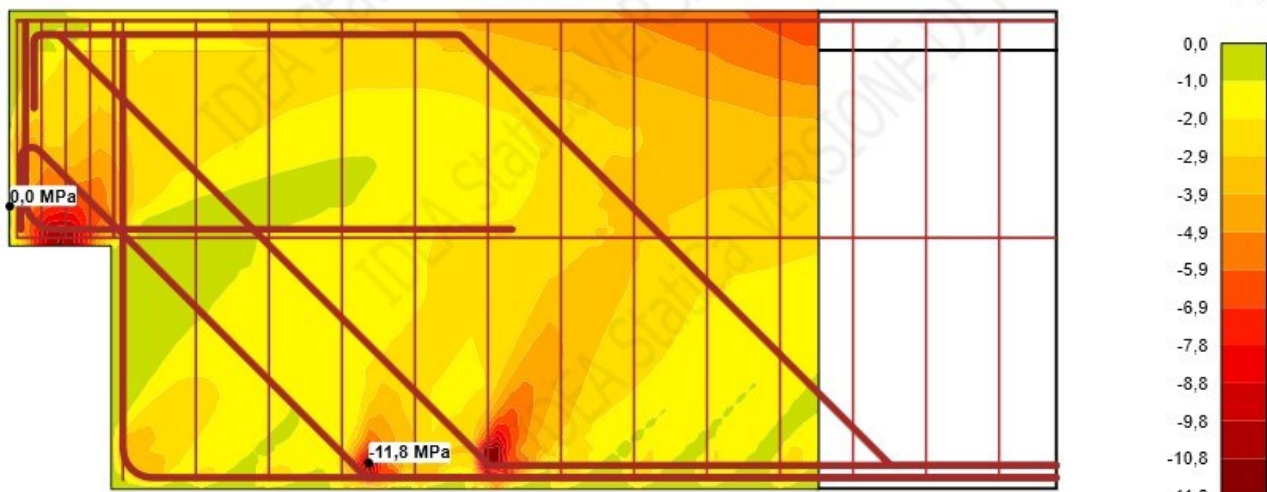
I risultati elaborati indicano che sia il calcestruzzo che le armature lavorano a valori molto vicini al limite, confermando che, in assenza di certezze precise, queste zone andrebbero rinforzate.

Si riportano alcune immagini del calcolo, che forniscono alcune informazioni interessanti, come le zone più impegnate e i tassi di lavoro specifici.

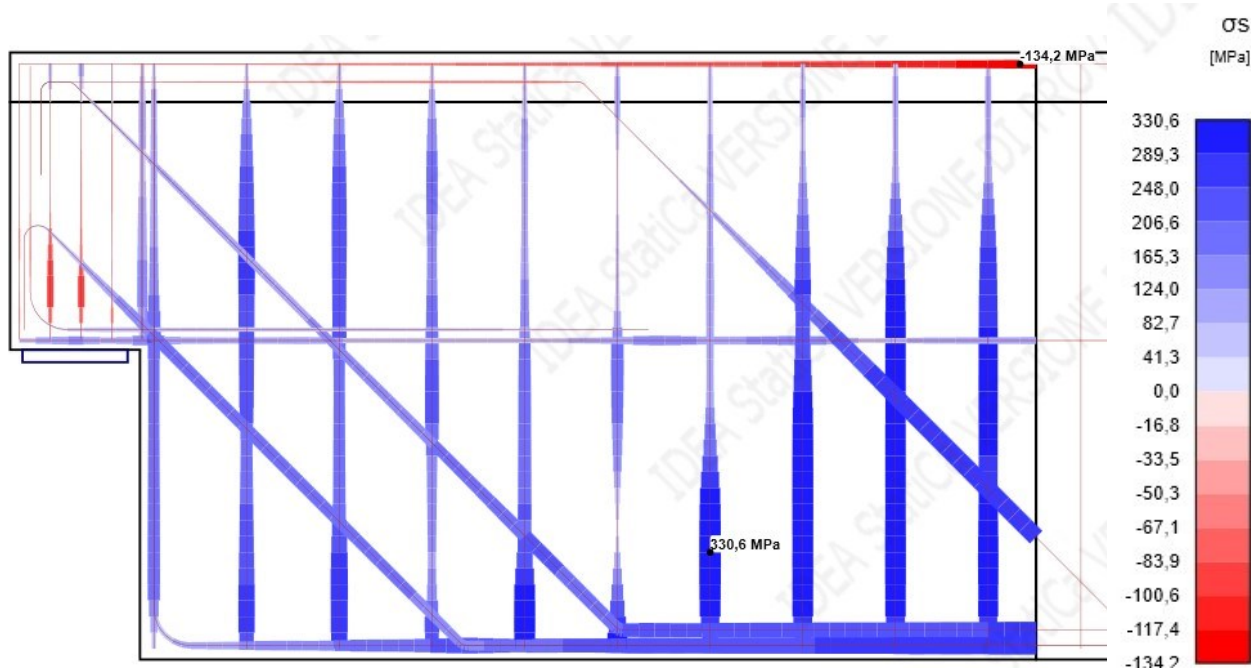


*Riassunto sfruttamento materiali*

Risultati per: M1

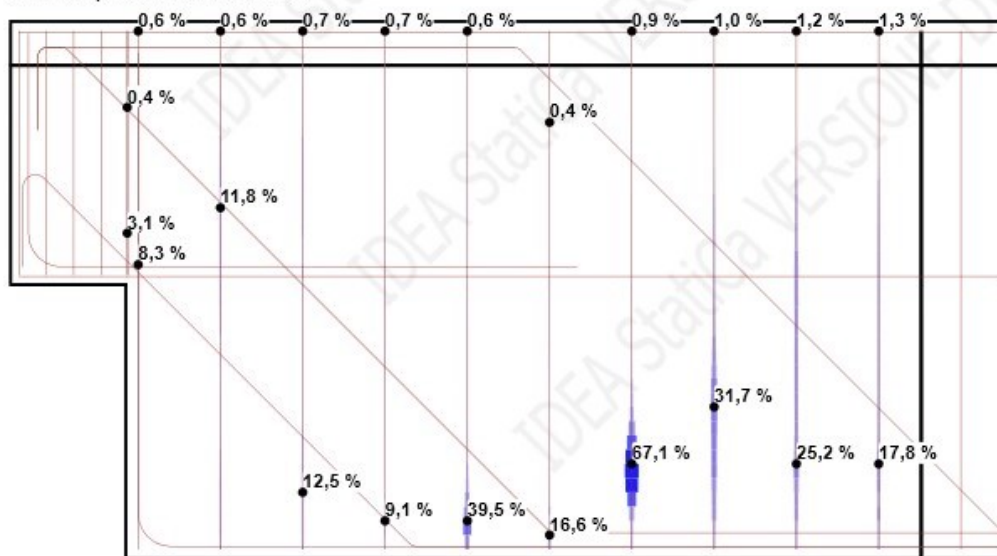


Compressione cls a SLU



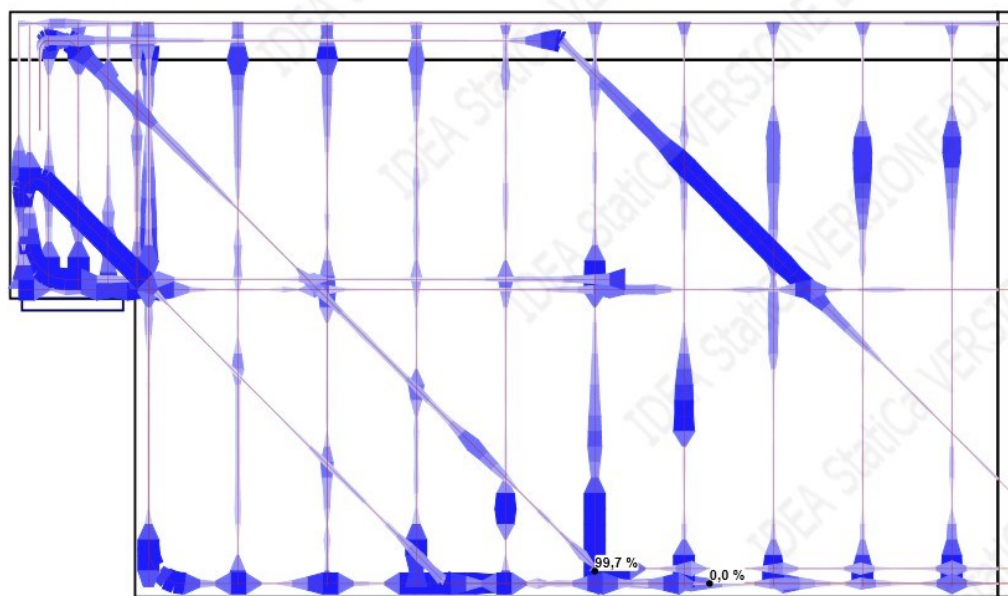
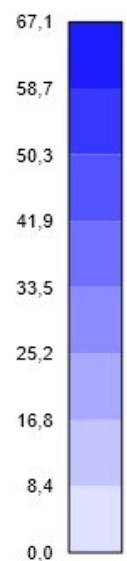
Tensione armature a SLU

Risultati per: STAFFE TRAVE



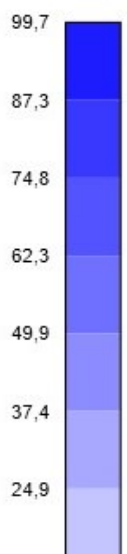
*Rapporto deformazione / deformazione limite armature a SLU*

$\epsilon_s / \epsilon_{s,lim}$   
[%]



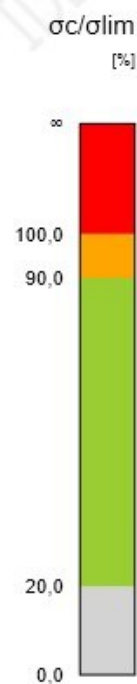
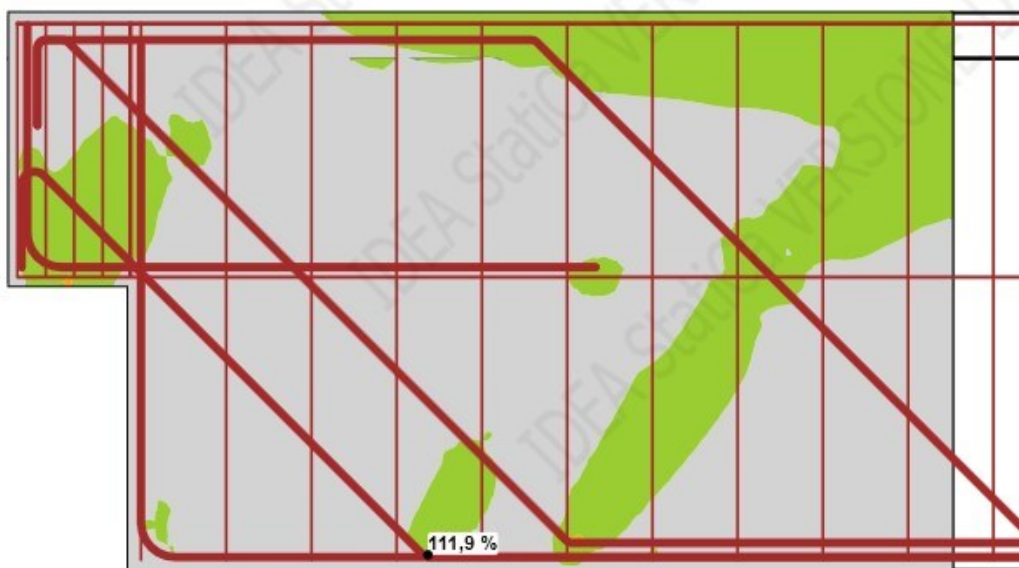
*Sfruttamento aderenza armature/cls*

$\tau_b / f_{bd}$   
[%]



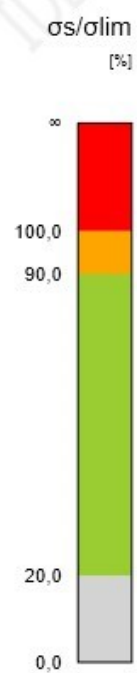
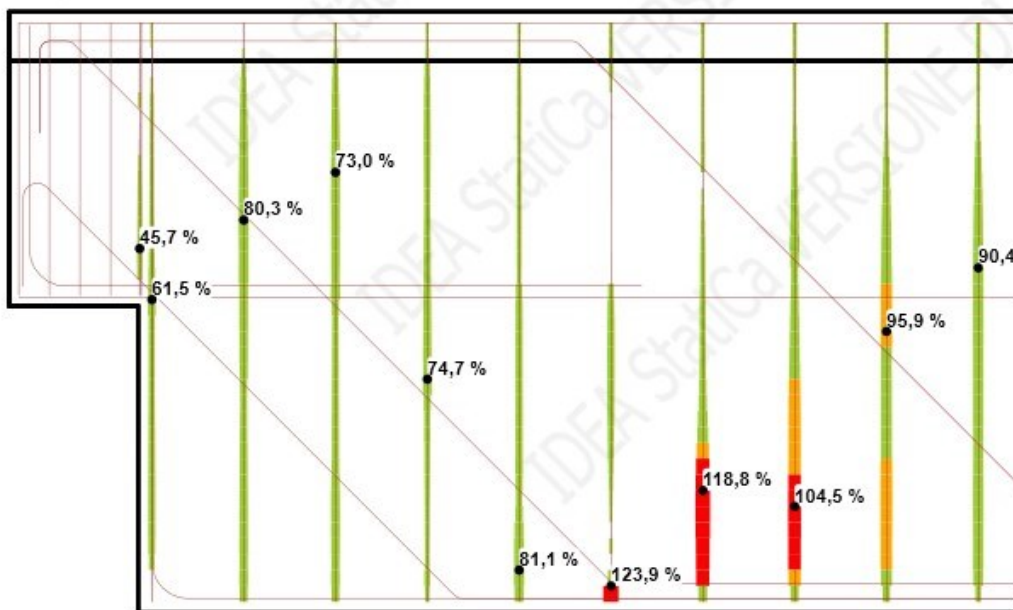


Risultati per: M1

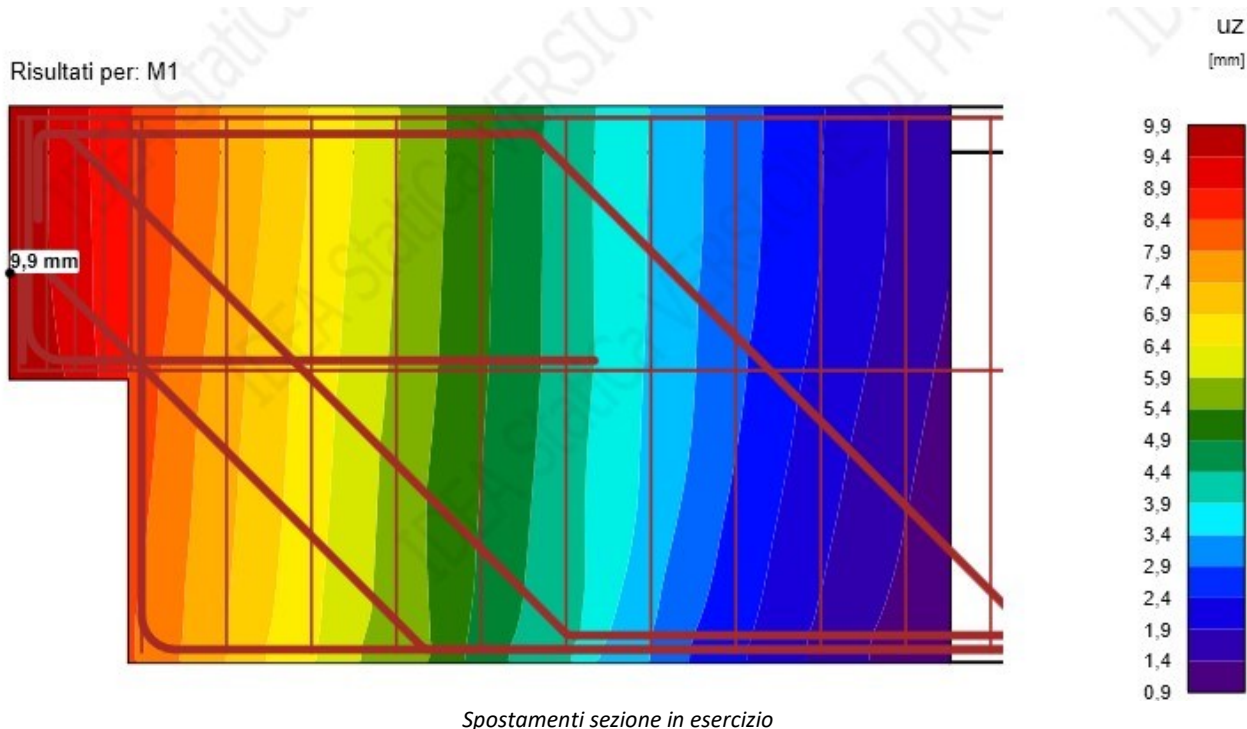


*Sfruttamento compressioni cls in esercizio*

Risultati per: STAFFE TRAVE



*Sfruttamento tensioni armature in esercizio*



Il risultato dei calcoli manuali e ad elementi finiti sostanzialmente indica che le selle sono sfruttate con valori maggiori al loro limite di resistenza per quanto riguarda il meccanismo di taglio trazione mentre sono prossimi alla resistenza nel meccanismo di taglio compressione. Le conclusioni dedotte dai calcoli sono confermate dalle fessure a 45° gradi osservate. Pertanto è necessario un intervento locale di rinforzo delle selle gerber.

Volendo sintetizzare le verifiche condotte sulla sella gerber si ottengono i seguenti sfruttamenti:

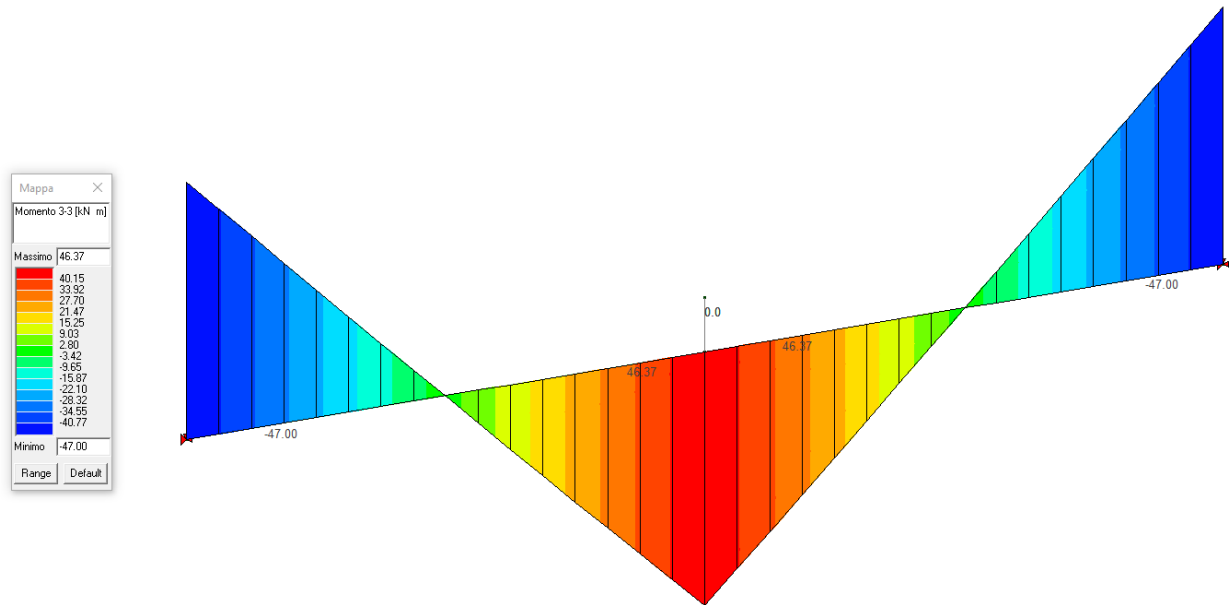
*Sintesi verifiche selle gerber*

<b>Meccanismo</b>	<b>Sfruttamento</b>
Taglio compressione	95%
Taglio trazione	124%

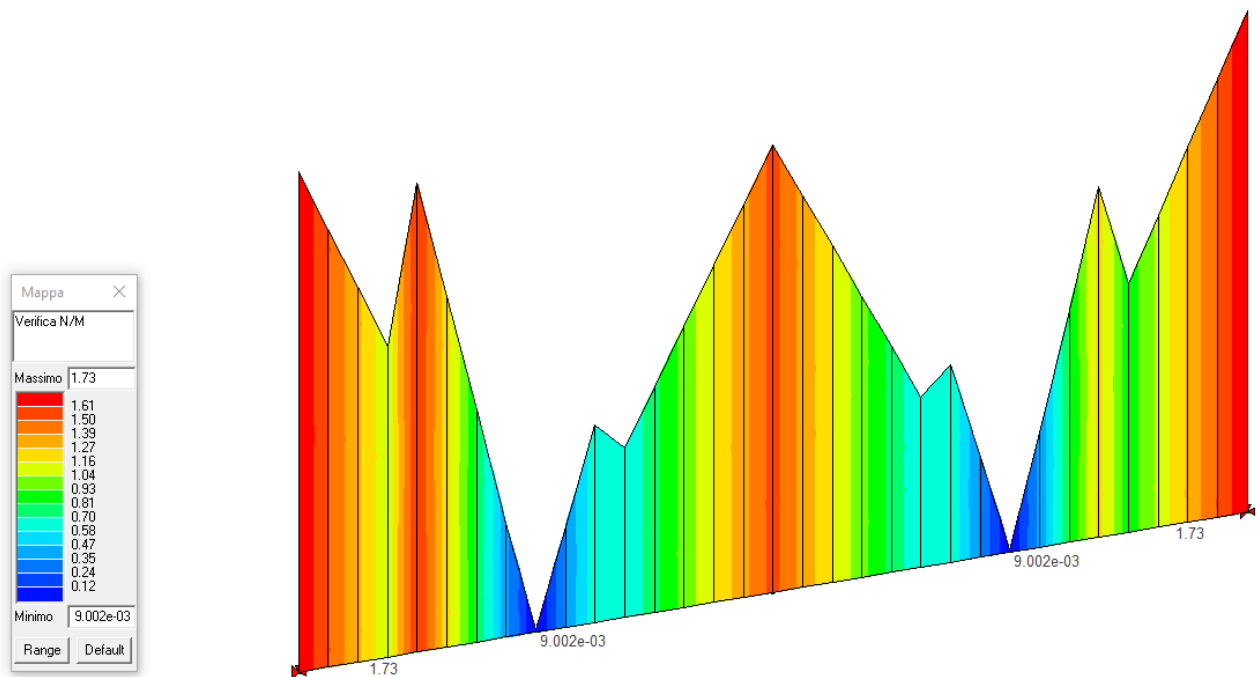




Di seguito si riportano i risultati delle analisi.



*Momento flettente soletta*



*Verifica a flessione*

Come si può osservare le verifiche a flessione della soletta non risultano verificate in quanto si ottengono sfruttamenti maggiori all'unità.

Nella modellazione bidimensionale con elementi shell vincolati lungo due bordi, l'applicazione del carico concentrato produce picchi di sollecitazione localizzati, per cui si è ritenuta più verosimile la verifica sulla striscia di 1 metro schematizzata con elemento beam e sopra riportata. Il modello a piastra ha però permesso di valutare la resistenza a taglio (punzonamento sul perimetro dell'impronta di carico): il risultato è positivo, quindi non si rilevano criticità a taglio/punzonamento della soletta.

## RIASSUNTO VERIFICHE PONTE CONDIZIONE ATTUALE - CARICO OPERATIVITA'

Si riporta un riassunto sulle verifiche effettuate e sopra esposte, ricordando che sono state fatte sulle sezioni significative come da armatura dei disegni originali 8e confermate dai sondaggi), assumendo un fattore di confidenza FC=1.20 e i carichi della condizione di "Operatività" da NTC 2018.

### *Verifiche flessione travate*

SEZIONI	Med [kNm]	Mrd [kNm]	Sfruttamento
SEZ. B	5147.5	5891	87%
SEZ. C	-7913.6	-12968	61%
SEZ. E	3511.4	5106	69%

### *Verifiche taglio travate*

SEZIONI	Ved [kN]	Vrd [kN]	Sfruttamento
SEZ. A	891.3	1307.18	68%
SEZ. C	1349	2527	53%

### *Sintesi verifiche selle gerber*

Meccanismo	Sfruttamento
Taglio compressione	95%
Taglio trazione	124%

### *Verifiche flessione soletta*

SEZIONI	Med [kNm]	Mrd [kNm]	Sfruttamento
Incastro	47	27.37	172%
Mezzeria	46.37	31.46	147%

Il quadro che emerge è quindi il seguente:

- Le due travi laterali e quella centrale non mostrano problemi a flessione, sia in campata che agli appoggi sopra le pile. Ciò pare confermato anche dalle osservazioni superficiali, data l'assenza di fessurazioni riconducibili alla flessione.
- Le stesse travi non hanno problemi a taglio. Anche in questo caso le osservazioni sembrano confermare i calcoli.
- Le selle Gerber sono sfruttate oltre al limite e anche le fessure rilevate indicherebbero problemi di resistenza a trazione. Il degrado dei materiali è sicuramente un fattore importante e i meccanismi di rottura fragile di tali zone le rendono prioritarie per un intervento di rinforzo. Da definire se affidare ai rinforzi tutto il taglio o una parte, considerandoli collaboranti con l'esistente.
- La soletta ha spessore ridotto (16 cm) e, come ipotizzabile, ha problemi a flessione. Sarebbe quindi opportuno un suo rinforzo mediante applicazione di uno strato di c.a. superiore collaborante.

Questo studio ha quindi affinato i calcoli sulle parti critiche evidenziati dagli studi precedenti di altri Professionisti, costituendo la base per il progetto di rinforzo, come richiesto dalla Provincia di Brescia.