



*S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"*

*Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di Ceto*

*Codice ponte: BSSP088\_ P003*

*CUP: H27H20001600002*

*Livello progetto: Esecutivo*

Stazione Appaltante:

**PROVINCIA DI BRESCIA**

**AREA DEL TERRITORIO**

**SETTORE DELLE STRADE E DEI TRASPORTI**

TAV.

**RS.ST**

**RELAZIONE DI PROGETTO STRUTTURALE**

*Relazione illustrativa opere strutturali;*

*Relazione sulla modellazione sismica concernente la pericolosità sismica di base del sito di costruzione;*

*Relazione sulle fondazioni;*

*Relazione sui materiali*

*Relazione di Calcolo strutturale*

data: Gennaio 2022

Rev. 00

*Raggruppamento Temporaneo di Professionisti:*

**GUIDO BOTTANELLI - Ingegnere**

Via Bernardolo, 19

25040 Malonno ( BS)

T. 347-8957508

e-mail: [guido.bottanelli@libero.it](mailto:guido.bottanelli@libero.it)

**GELMI MICHELE - Geometra**

Via Marconi n. 59

25048 Edolo ( BS)

T. 0364/71216

e-mail: [info@gmstudiodiprogettazione.ir](mailto:info@gmstudiodiprogettazione.ir)

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**Sommario**

1	RELAZIONE ILLUSTRATIVA OPERE STRUTTURALI	2
1.1	PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'OPERA	2
1.1.1	ANALISI STORICO CRITICA e ISPEZIONE VISIVA	3
1.1.2	RILIEVO GEOMETRICO COMPLESSIVO E DI DETTAGLIO	4
1.1.3	OBIETTIVI DEL PROGETTO	5
1.1.4	LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA.	6
1.1.5	AZIONI	7
2	RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO DI COSTRUZIONE	8
3	RELAZIONE SUI MATERIALI	11
4	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	14
4.1	ANALISI DEI CARICHI	14
4.2	IPOSTESI, CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO	19
4.3	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	22
5	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	23
5.1	VERIFICA DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO	23
5.2	STRUTTURE DI IMPALCATO: VERIFICA DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO	27
5.2.1	TRAVERSI RIPARTITORI: VERIFICA DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO GETTATE IN OPERA	27
5.2.2	SOLAIO DI IMPALCATO: VERIFICA DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO GETTATE IN OPERA	29
5.2.3	TRAVI PRINCIPALI IN CALCESTRUZZO ORDINARIO ARMATO PREFABBRICATO	31
5.2.4	CORDOLI LATERALI: VERIFICA DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO GETTATE IN OPERA	33
6	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	36

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**1 RELAZIONE ILLUSTRATIVA OPERE STRUTTURALI****1.1 PREMESSA E DESCRIZIONE DELL'OPERA**

Il Ponte sul torrente Figna si localizza sul confine dei territori comunali di Ceto e Cimbergo sulla Strada Provinciale 88 che dalla SS42 del Tonale e della Mendola conduce agli abitati di Ceto, Cimbergo e Paspardo sul versante orografico sinistro del fiume Oglio.

Il manufatto oggetto della presente relazione consente l'attraversamento del torrente Figna al Km 3+622 della SP 88, di seguito verrà denominato brevemente Ponte Figna.

E' intenzione della Provincia di Brescia effettuare lavori di consolidamento strutturale del manufatto sulla base del Rilievo geometrico e Piano delle Indagini facenti parte del Progetto Preliminare in data Ottobre 2021 e la campagna di prove che hanno restituito le caratteristiche e stato di conservazione dei materiali costituenti il manufatto.

Il manufatto è costituito da due distinte porzioni strutturali:

- la porzione storica posizionata a monte (Ovest) costituita da un impalcato di nr. 3 travi a T in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera, la luce netta delle travi è di 13,4 ml la loro lunghezza complessiva è di 14,9 ml;
- la porzione in ampliamento ubicata a valle (Est) realizzata mediante nr. 5 travi prefabbricate a "I" prodotte dalla ditta RDB, con ripartitori in calcestruzzo gettato in opera posti agli appoggi e nr. 1 in mezzera alla campata, tra le travi sono disposte coppelle in calcestruzzo. La luce netta delle travi è pari a 25,0 ml mentre la loro lunghezza complessiva raggiunge i 26,0 ml;

Tra le due porzioni si colloca una porzione di raccordo realizzate mediante coppelle in calcestruzzo completate con getto di impalcato superiore. Tale porzione risulta di larghezza media 60 cm.

A seguito dell'analisi della Scheda di Ispezione n° 362 redatta dall'Università degli Studi di Brescia, in accordo con i funzionari della Provincia di Brescia, si è considerata l'ipotesi di sostituzione completa delle strutture della porzione storica.

Il manufatto infatti presenta notevoli problemi di accessibilità che comporterebbero costi molto elevati per poter operare in sicurezza con interventi di ripristino sulla porzione storica.

Due travi della porzione storica presentano un grado di danneggiamento e dissesto marcato e il ripristino attraverso interventi di risanamento si tradurrebbe in una pressoché totale ricostruzione in opera della sezione resistente sia al lembo teso sia per quanto riguarda i presidi resistenti a taglio, con interventi di difficoltosa realizzazione, senza tempi di intervento certi e con un risultato che certamente condurrebbe ad una limitazione del transito stradale.

Le attività di ispezione, rilievo sono quindi state condotte secondo l'ipotesi di sostituzione della porzione storica, approfondendo l'analisi dello stato di dissesto della porzione storica e valutando opportunamente lo stato di conservazione della porzione in ampliamento.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

Le attività di valutazione sono state condotte attraverso un'indagine conoscitiva in accordo con le NTC 2018:

- Analisi storico critica;
- Ispezione visiva;
- Rilievo geometrico strutturale complessivo e di dettaglio;
- Caratterizzazione meccanica dei materiali;
- Livelli di conoscenza e confidenza.
- Azioni.

#### 1.1.1 ANALISI STORICO CRITICA e ISPEZIONE VISIVA

Come in premessa accennato manufatto è costituito da due distinte porzioni strutturali:

- la porzione storica posizionata a monte (Ovest) costituita da un impalcato di nr. 3 travi a T in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera, la luce netta delle travi è di 13,4 ml la loro lunghezza complessiva è di 14,9 ml;

Non sono disponibili negli archivi provinciali documenti progettuali che possano consentire l'analisi documentale del manufatto, né la caratterizzazione dei materiali componenti.

Il manufatto poggia su spalle in muratura realizzate con blocchi in tonalite di ottima fattura poggianti attraverso getto in calcestruzzo direttamente su roccia. L'ispezione visiva delle spalle ha confortato sull'ottima modalità costruttiva e solidità delle stesse.

L'impalcato, come in premessa accennato, è soggetto invece a numerose e gravi situazioni di dissesto. Le stesse sono rappresentate nella tavola di rilievo del degrado RIL 05.

- la porzione in ampliamento ubicata a valle (Est) realizzata mediante nr. 5 travi prefabbricate a "I" prodotte dalla ditta RDB, con ripartitori in calcestruzzo gettato in opera posti agli appoggi e nr. 1 in mezzeria alla campata, tra le travi sono disposte coppelle in calcestruzzo. La luce netta delle travi è pari a 25,0 ml mentre la loro lunghezza complessiva raggiunge i 26,0 ml.

L'opera è stata realizzata, secondo progetto strutturale dell'Ing. Francesco Sorlini redatto nel 1988, negli anni 1988 e 1989. Il progetto è completato con gli elaborati di progetto delle travi prefabbricate in C.A.P. redatti dalla ditta produttrice RDB di Piacenza a firma dell'Ing. Ersilio Riva in data 18/10/1988.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

Dall'analisi dei documenti progettuali si possono evincere le caratteristiche dei materiali prescritti:

Per le porzioni gettate in opera:

Calcestruzzo resistenza caratteristica a 28 giorni -  $R_{ck} \geq 250 \text{ Kg/cm}^2$ ;

Acciaio per armatura FeB 44 K controllato in stabilimento;

Per le travi prefabbricate:

Calcestruzzo resistenza caratteristica a 28 giorni -  $R_{ck} \geq 550 \text{ Kg/cm}^2$ ;

Acciaio per armatura FeB 44 K controllato in stabilimento;

L'ispezione visiva del manufatto dell'ampliamento ha evidenziato il buono stato di conservazione sia delle travature prefabbricate sia delle porzioni gettate in opera.

Fanno eccezione:

- il cordolo stradale situato sul bordo ponte verso valle il quale, a causa di copiose percolazioni e infiltrazioni di acqua piovana, presenta in più punti ferri d'armatura esposti e corrosi;
- Zona dell'appoggio della trave bordo valle lato Sud e relativa spalla di appoggio, in corrispondenza del quale si denotano scrostamenti della superficie del calcestruzzo con perdita del copriferro causati da percolazioni di acqua piovana a causa di una non corretta impermeabilizzazione e smaltimento delle acque provenienti dal piano stradale.

#### 1.1.2 RILIEVO GEOMETRICO COMPLESSIVO E DI DETTAGLIO

Si è condotto rilievo geometrico complessivo del manufatto eseguito mediante stazione totale Leica S 200. Attraverso il rilievo organizzato in 3 diversi punti di stazione si è potuto ricostruire fedelmente la geometria del manufatto sia sul piano stradale che al di sotto dell'impalcato.

Le risultanze delle operazioni di rilievo sono riportate nelle tavole RIL 01-02-03-04.

Si è quindi concentrata l'attenzione sul rilievo delle zone soggette a degrado effettuando rilevazioni geometriche e fotografiche delle zone degradate.

Le risultanze delle operazioni sono riportate nella tavola RIL 05.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"

Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di Ceto

Codice ponte: BSSP088 P003

### 1.1.3 OBIETTIVI DEL PROGETTO

Il progetto di Manutenzione straordinaria del Ponte Figna si compone di due distinti interventi manutentivi:

Il primo intervento riguardante la porzione a Monte del manufatto prevede la sostituzione completa delle strutture di impalcato della porzione a monte con conservazione, e valorizzazione delle spalle storiche, garantendo al contempo idonea protezione delle stesse grazie ad un lieve ampliamento dell'impalcato verso monte.

Il secondo intervento riguardante la porzione a Valle del manufatto prevede la sostituzione del solo cordolo perimetrale e dei relativi sicurvia.

Il progetto, mantenendo le spalle e le fondazioni esistenti va ad aumentare la piattaforma stradale che passa da 8,90 m a 9,90 m in conformità alle NTC 2018 Par. 5.1.2 senza in alcun modo modificare il franco idraulico.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

## 1.1.4 LIVELLO DI CONOSCENZA E FATTORE DI CONFIDENZA.

Dopo attenta analisi della situazione di dissesto delle strutture della porzione a monte del manufatto, in accordo con i funzionari della Provincia di Brescia, si è considerata l'ipotesi di sostituzione completa delle strutture di impalcato della porzione a monte con conservazione, e valorizzazione delle spalle storiche, garantendo al contempo idonea protezione delle stesse grazie ad un lieve ampliamento dell'impalcato verso monte.

Per quanto riguarda la porzione in ampliamento datata 1988-1989 si ipotizzano interventi di conservazione e ripristino delle strutture di impalcato, demolizione e rifacimento del solo cordolo bordo strada e sostituzione del sicurvita non rispondente alle norme attuali.

I materiali e componenti strutturali delle opere oggetto di progettazione saranno di nuova esecuzione e pertanto non rientrano in questa caratterizzazione, bensì devono rispondere alle Norme tecniche sulle Costruzioni Aggiornamento del 17/01/2018.

Per quanto riguarda le strutture esistenti oggetto di conservazione della porzione a valle, si è potuto attraverso riferendosi alla documentazione in atti rispondente agli obblighi della L.1086/71 e attraverso saggi integrativi eseguiti in opera di cui al rapporto di prova N°R/21PC/999 emesso in data 25/11/2021 a cura del Laboratorio C.G.G. S.r.l. che hanno confermato le caratteristiche dei materiali come identificati nei progetti originali, ottenere un Livello di Confidenza pari al LC3 definito dalla Circolare C.S.LL.PP. del 21-01-2019 nr. 7 Par. C.8.5.4

Il percorso di indagine effettuato per i materiali esistenti, consentono quindi l'impiego di un fattore di confidenza pari a  $FC=1,00$ .

I materiali e componenti strutturali delle opere oggetto di progettazione saranno di nuova costruzione e pertanto non rientrano in questa caratterizzazione.

Per quanto attiene lo stato di conservazione dei materiali costituenti le opere esistenti le analisi condotte che hanno fornito indicazione di una profondità di carbonatazione del conglomerato in calcestruzzo inferiore a 2 mm. Data l'età delle strutture in opera individuabile in 20 anni, si può determinare il fattore  $k$

$$P_{20} = k(t)^{1/2} = 2 \text{ mm} \rightarrow k = P_{20}/t^{1/2} = 2 \text{ mm}/(20)^{1/2} = 0,447$$

La possibile profondità di carbonatazione nei prossimi 50 anni con la medesima relazione risulta:

$$P_{20} = k(t)^{1/2} = 0,447 (70)^{1/2} = 3,73 \text{ mm}$$

Si ritiene pertanto confermata la mancata presenza delle condizioni di corrosione delle armature protette da un copriferro individuato in situ pari ad uno spessore di 80 mm.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

## 1.1.5 AZIONI

Le azioni prese in considerazione per lo sviluppo del progetto sono le seguenti:

Primo intervento porzione verso monte

- Demolizione delle strutture di impalcato della porzione a monte;
- Risanamento e conservazione delle strutture murarie costituenti le spalle del ponte;
- Posizionamento di opportuni accessori di appoggio in Elastomero armato idonei a sostenere e trasmettere i carichi strutturali alle spalle del ponte;
- Realizzazione di nuove strutture principali di impalcato realizzato mediante la disposizione in opera di n° 4 travi in calcestruzzo armato ordinario, prefabbricate e con la tecnologia della precompressione mediante pre-tesatura di trefoli metallici in aderenza al conglomerato di calcestruzzo; le travi principali sono completate con opportuni ripartitori gettati in opera in calcestruzzo ordinario armato;
- Realizzazione della struttura di cordolo di bordo in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera previo posizionamento di veletta in calcestruzzo prefabbricato avente funzione di cassero a perdere;
- Realizzazione di soletta in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera previo posizionamento di coppelle in calcestruzzo prefabbricato aventi funzione di cassero a perdere.
- Realizzazione di nuovi sicurvia in acciaio.

Secondo intervento porzione verso valle.

- Demolizione del cordolo della porzione a valle;
- Realizzazione della struttura di cordolo di bordo in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera previo posizionamento di veletta in calcestruzzo prefabbricato avente funzione di cassero a perdere;
- Realizzazione di soletta in calcestruzzo armato ordinario gettato in opera previo posizionamento di coppelle in calcestruzzo prefabbricato aventi funzione di cassero a perdere.
- Realizzazione di nuovi sicurvia in acciaio.
- Per quanto attiene le strutture di impalcato della porzione a Valle non sono previsti interventi di carattere strutturale e pertanto il manufatto conserverà le caratteristiche strutturali previste nel progetto strutturale dell'Ing. Francesco Sorlini redatto nel 1988.

La variazione dei carichi dovuti ai pesi propri delle strutture e ai carichi permanenti dell'impalcato comporta una riduzione delle azioni permanenti scaricate sulle spalle del ponte e da queste alle fondazioni, in accordo con il paragrafo 8.4.3 DM 17-01-2018.



S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**2 RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE DEL SITO DI COSTRUZIONE**

L'opera NON è stata progettata in origine adottando le prescrizioni della normativa antisismica coerenti con la classificazione sismica approvata dalla d.g.r. 11 luglio 2014 n. x/2129 E la struttura non è in grado di resistere agli effetti delle accelerazioni sismiche desunte dal reticolo dei parametri sismici dell'allegato B al decreto del Ministero delle Infrastrutture 17 gennaio 2018.

Al solo fine dell'identificazione dei parametri sismici si è comunque effettuata la valutazione della pericolosità sismica di base del sito di costruzione.

La definizione dei parametri sismici del sito ove è progettata la costruzione considera le indicazioni fornite dai documenti normativi vigenti. Non sono previsti interventi strutturali in fondazioni, né opere geotecniche. Si assume la categoria di terreno D, categoria topografica T4.

Si considerano i seguenti parametri per la valutazione della sicurezza dell'opera, ed in particolare, relativamente all'azione sismica, si riporta l'analisi dell'input sismico richiesto dalla norma.

**Vita nominale:** 50anni (dalla data di fine lavori)

**Classe d'uso II**

Periodo di Riferimento SLV: 475 anni

Periodo di Riferimento SLD: 50 anni

Le azioni sismiche sono determinate tramite analisi lineare dinamica con spettro di risposta. Gli spettri di risposta, sono calcolati mediante l'applicativo Pro\_Sap

- Tipologia strutturale (Tab. 7.3.II): Ponti con spalle
- Classe di duttilità: CD "B"
- Regolarità in pianta: SI
- Regolarità in altezza: SI
- Categoria topografica: T4
- Categoria terreno: D
- Classe d'uso: si assume la classe d'uso II
- Coefficiente d'uso della costruzione  $c_u=1,0$

Si assume il coefficiente di struttura  $q_0 = 1,5$

$$q = q_0 * K_R = 1.5 * 1,0 = 1.5$$

Spettri elastici

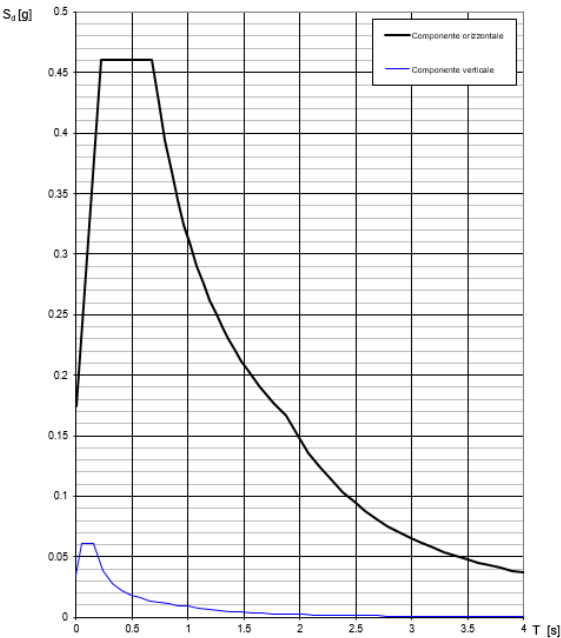
Lo spettro di risposta sismica del sito d'intervento è confermata anche dal programma Spettri –NTC fornito dal C.S.LL.PP.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"

Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di Ceto

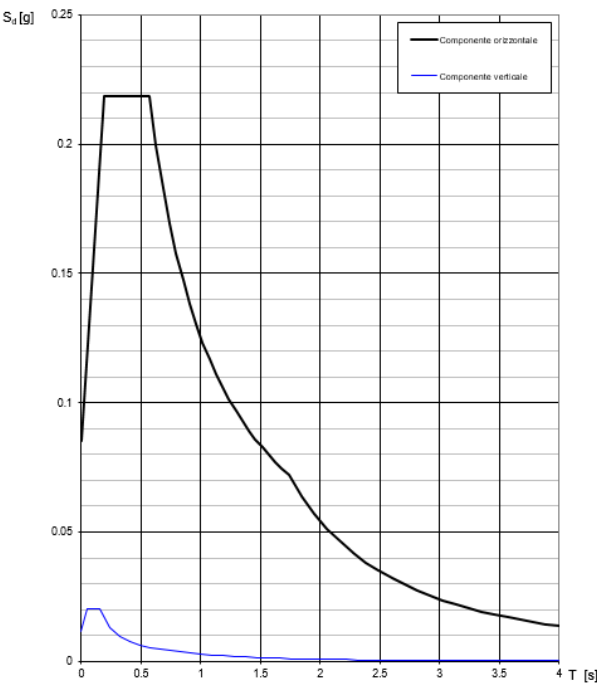
Codice ponte: BSSP088 P003

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



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

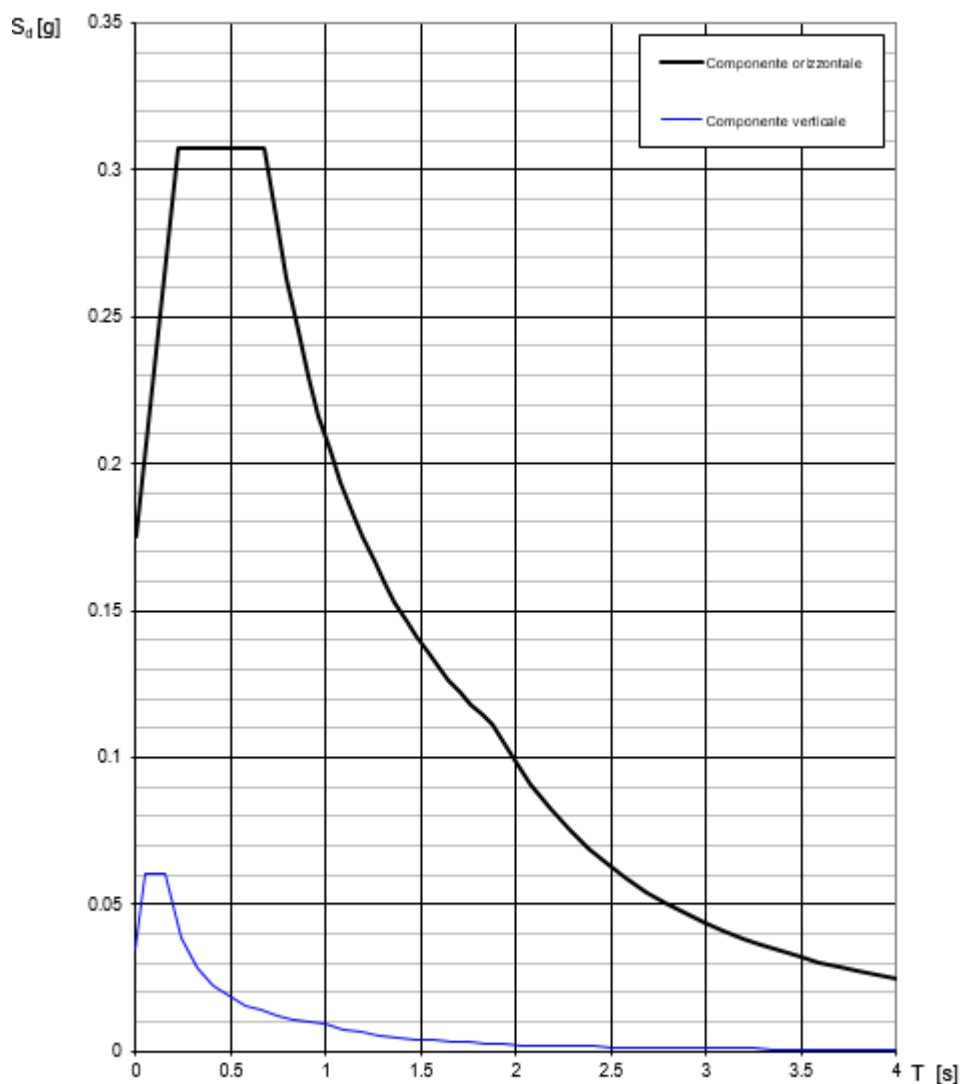
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limi SLD



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

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

In combinazione SLV lo spettro di risposta anelastico è ottenuto attraverso l'applicazione del fattore di struttura  $q=1,5$ .

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

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

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**3 RELAZIONE SUI MATERIALI**

Al fine di garantire un'adeguata durabilità delle strutture in cemento armato, si raccomanda l'impiego di calcestruzzi di adeguata qualità e per evitare la corrosione delle armature metalliche, l'adozione di un ricoprimento di calcestruzzo di spessore sufficientemente elevato.

Tab 2

<b>Classi di esposizione ambientale secondo UNI EN 206-1</b>								
Classe di esposizione ambientale	Descrizione dell'ambiente di esposizione	Esempi di condizioni ambientali	UNI 9858	A/C massimo	Contenuto minimo di cemento kg/m <sup>3</sup>	Rck minima N/mm <sup>2</sup>	Contenuto minimo di aria %	Copri ferro minimo Mm
<b>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</b>								
X0	Molto secco	Cls per interni di edifici con umidità dell'aria molto bassa	1	-		C12/15	-	15
<b>2 Corrosione delle armature per effetto della carbonatazione</b>								
XC1	Secco o permanentemente bagnato	Cls per interni di edifici con umidità relativa bassa o immerso in acqua	2a	0,65	260	C20/25	-	20
XC2	Bagnato, raramente secco	Superfici in cls a contatto con acqua per lungo tempo es. fondazioni	2a	0,60	280	C25/30	-	20
XC3	Umidità moderata	Cls per interni con umidità relativa moderata o alta e cls all'esterno protetto dalla pioggia	5a	0,55	280	C30/37	-	30
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Superfici in cls a contatto con l'acqua, non nella classe XC2.	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
<b>3 Corrosione delle armature per effetto dei cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</b>								
XD1	Umidità moderata	Superfici in cls esposte a nebbia salina	5a	0,55	300*	C30/37	-	30
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine; cls esposto ad acque industriali contenenti cloruri	4a, 5b	0,55	300	C30/37	-	30
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri, pavimentazioni di parcheggi	5c	0,45	320	C35/45	-	40
<b>4 Corrosione delle armature indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>								
XS1	Esposto alla nebbia salina ma non all'acqua di mare	Strutture prossime o sulla costa	4a, 5b	0,50	300	C30/37	-	30
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine	5c	0,45	320	C35/45	-	40
XS3	Zone esposte alle onde o alla marea	Parti di strutture marine	5c	0,45	340	C35/45	-	40
<b>5 Attacco dei cicli di gelo/disgelo con o senza sali disgelanti</b>								
XF1	Moderata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,55	300	C30/37	-	30
XF2	Moderata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti	Superfici verticali in cls di strutture stradali esposte al gelo e nebbia dei sali disgelanti	3, 4b	0,55	300	C25/30	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF3	Elevata saturazione d'acqua in assenza di sali disgelanti	Superfici orizzontali in cls esposte alla pioggia e al gelo	2b	0,50	320	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	30
XF4	Elevata saturazione d'acqua in presenza di sali disgelanti o acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti ai sali disgelanti. Superfici in cls esposte direttamente a nebbia contenente sali disgelanti	3, 4b	0,45	340	C30/37	4,0 e aggregati resistenti al gelo/disgelo	40
<b>6 Attacco chimico</b>								
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5a	0,55	300	C30/37	-	30
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	4*, 5b	0,50	320 cemento resistente ai solfati	C30/37	-	30
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo (vd. prospetto 2 della EN 206)	-	5c	0,45	360 cemento resistente ai solfati	C35/45	-	40



S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"

Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di Ceto

Codice ponte: BSSP088 P003

-Trefoli in acciaio armonico

Tensione caratteristica  $f_t = 1860$  Mpa;

Tensione caratteristica all'1% di allungamento  $f_t = 1670$  Mpa;

Modulo Elastico  $E=201000$  Mpa;

Tolleranza sul modulo elastico  $\pm 5\%$ ;

$f_{p1\%}/f_{pt}$  85-95%;

- Bulloneria, spinotti.

Le unioni bullonate saranno realizzate secondo quanto prescritto dal D.M. 17.01.2018, utilizzando bulloni ad alta resistenza classe 8.8

- Unioni saldate

Saldatura manuale ad arco con elettrodi omologati secondo UNI5132, di tipo E44;

Giunti di classe II effettuati con elettrodi di qualità 2-3-4 e realizzati con eliminazione dei difetti prima di effettuare la ripresa o la seconda saldatura. Tali giunti devono inoltre soddisfare l'esame radiografico con i risultati richiesti per il raggruppamento F della UNI 7278.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**4 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE****4.1 ANALISI DEI CARICHI****LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO**

- Località: CETO – S.P. 88 Km 3+622
- Provincia: BRESCIA
- Regione: LOMBARDIA
  
- Coordinate GPS:
- Latitudine : 46,00900 N
- Longitudine: 10,35810 E
  
- Altitudine s.l.m.: 565,0 m

**CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO**

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

**NEVE:**

Zona Neve = I Alpina

Periodo di ritorno,  $Tr = 100$  anni $Ctr = [(1 - \nu (6^{1/2} / \pi) \ln[-\ln(1 - 1/Tr) + 0.57722]) / (1 + 2.5923\nu)] = 1.13$  $Ce$  (coeff. di esposizione al vento) = 1,00Valore caratteristico del carico al suolo =  $q_{sk} Ce Ctr = 2,52$  kN/mq**VENTO:**

Zona vento = 1

Velocità base della zona,  $V_{b.o} = 25$  m/s (Tab. 3.3.I)Altitudine base della zona,  $A_o = 1000$  m (Tab. 3.3.I)Altitudine del sito,  $A_s = 565$  mVelocità di riferimento,  $V_b = 25,00$  m/s ( $V_b = V_{b.o}$  per  $A_s \leq A_o$ )Periodo di ritorno,  $Tr = 100$  anni $Cr = 0,65 (1 - 0,138 \ln(-\ln(1 - 1/Tr))) = 1.063$  (CNR-DT 207 R1/2018)Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto,  $V_r = V_b Cr = 26,57$  m/s

Classe di rugosità del terreno: C

[Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D]

Esposizione: Cat. IV - Entroterra fino a 750 m di altitudine

(  $K_r = 0,22$ ;  $Z_o = 0,30$  m;  $Z_{min} = 8$  m )Pressione cinetica di riferimento,  $q_b = 0,44$  kN/mq

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

Coefficiente di forma,  $C_p = 1,00$   
 Coefficiente dinamico,  $C_d = 1,00$   
 Coefficiente di esposizione,  $C_e = 1,63$   
 Coefficiente di esposizione topografica,  $C_t = 1,00$   
 Altezza dell'edificio,  $h = 5,00$  m

Pressione del vento,  $p = q_b C_e C_p C_d = 0,72$  kN/mq

**TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA:**

Zona: I

$T_{min} = -16.81^\circ$  [NTC 3.5.1]

$T_{max} = 39.28^\circ$  [NTC 3.5.2]

**AZIONI PERMANENTI****Peso proprio degli elementi strutturali G1:**

Determinato automaticamente dal codice di calcolo sulla base delle masse volumiche degli elementi strutturali:

Calcestruzzo - massa volumica: 2500 kg/mc

Acciaio da costruzione - massa volumica 8.750 kg/mc

**Carichi permanenti Portati G2:**

Descrizione	Material e	Massa volumica * g	Spessore Medio	Peso per unità di superficie	Peso per unità di lunghezza	$\gamma_{Gi}$
Pavimentazione	Asfalto	14 KN/mc	0.04	0,56 kN/mq	-	1.35
Binder	Ciotoli + bitume	24 KN/mc	0.06	1,44 kN/mq	-	1.35
Sottofondo Porzione Storica	Ciotoli- Ghiaia	20 kN/mc	0.20	4,0 kN/mq	-	1.35
Sottofondo Porzione ampliamento	Ciotoli- Ghiaia	20 kN/mc	0.08	1,6 kN/mq	-	1.35
Sicurvia	Acciaio	-	-	-	1,5 kN/ml	1.35

**DEFORMAZIONI IMPRESSE**

Le deformazioni impresse considerate sono le seguenti:

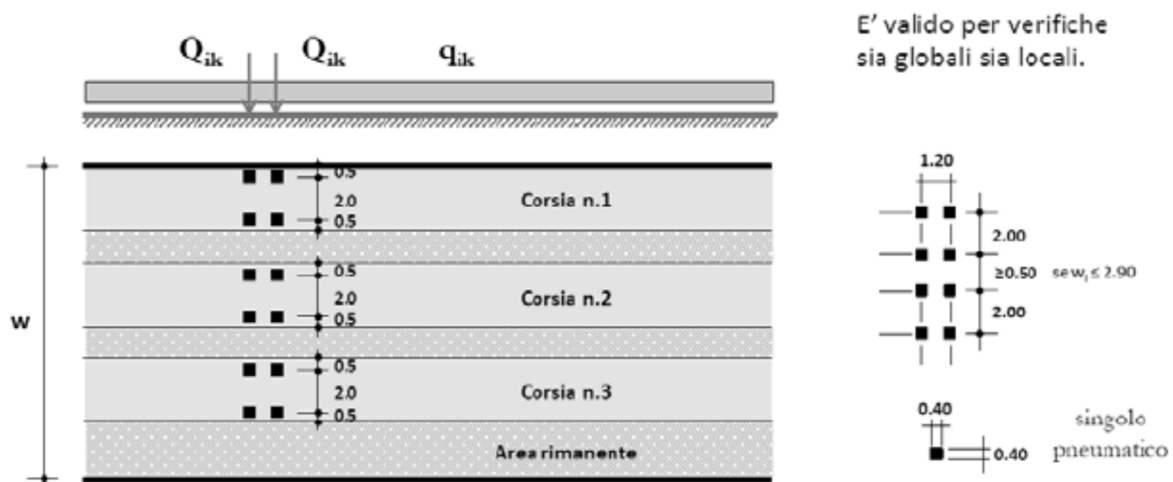
- Distorsioni e presollecitazioni di progetto;
- $\epsilon_1$  Ritiro e viscosità in accordo con NTC 2018;
- $\epsilon_2$  Variazioni termiche. In accordo con NTC 2018 assumendo una temperatura di riferimento pari a  $15^\circ\text{C}$  si sono considerate le seguenti escursioni termiche:
  - Variazione termica negativa -  $31^\circ\text{C}$ ;
  - Variazione termica positiva: +  $25^\circ\text{C}$



S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO**

Ai fini del calcolo la carreggiata viene suddivisa in corsie convenzionali sulle quali vengono applicati i carichi variabili da traffico in modo da individuare le condizioni di carico più severe per la verifica in esame. La larghezza di tali corsie e il numero massimo delle stesse è individuato secondo la fig. 5.1.1 e Tab. 5.1.1 delle NTC 2018.

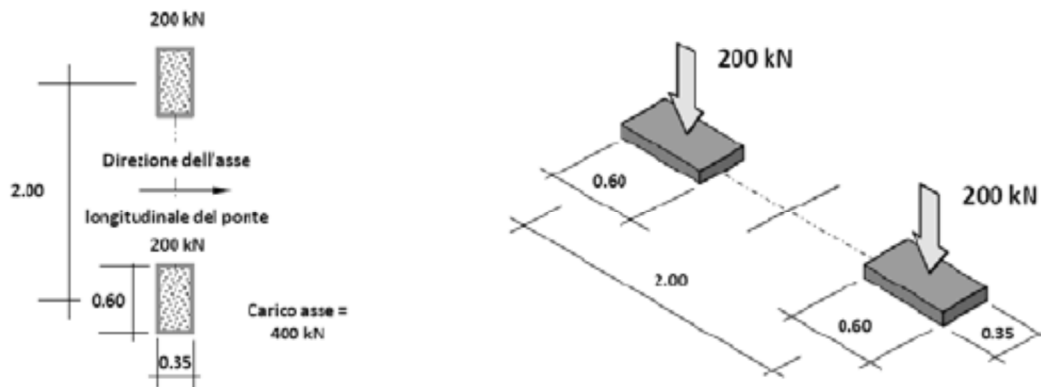
La normativa definisce 6 schemi di carico variabile da traffico:

**Schema 1 – Valido per verifiche globali e locali**

• Schema di carico 1 - ponti di 1ª categoria.

Posizione	Carico asse $Q_k$ [kN]	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]
Corsia n°1	300	9.00
Corsia n°2	200	2.50
Corsia n°3	100	2.50
Altre corsie	0	2.50

Verificandosi nella situazione di progetto una carreggiata con larghezza pari a 9,90 ml si considera la contemporanea presenza delle tre corsie di carico con larghezza pari a 3,0 ml ciascuna e distanziate tra loro della distanza di 0,25 ml.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**Schema 2 – Valido per verifiche locali**

Gli schemi 3-4- e 5 definiti dedicati a marciapiedi non protetti e passerelle pedonali, non vengono presi in considerazione in quanto non attinenti la situazione di progetto.

Lo schema 6 alternativo allo schema 1 per ponti con lunghezza superiore a 300m non è confacente la situazione di progetto.

**AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO O ACCELERAZIONE**

L'azione longitudinale di frenamento (o accelerazione) è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia nr. 1, ed è un'azione agente lungo l'asse della corsia in maniera uniformemente distribuita.

Da NTC 2018 tale azione è calcolabile come un'azione statica con la seguente formula:

$$180 \text{ kN} \leq 0.6 \cdot (2 Q_{IK}) + 0.10 \cdot q_{IK} W_1 L \leq 900 \text{ kN}$$

Nel caso in esame risulta

**Corsia nr. 1**

$$0,6 \cdot (2 \cdot 300) + 0,10 \cdot 9,0 \cdot 3,0 \cdot 14,5 = 400 \text{ kN}$$

Si applica un carico uniformemente distribuito sull'asse della trave principale pari a:

$$Q_{fr} = 400 / (3,0 / 14,2) \cdot 1,6 = 15,0 \text{ kN/ml}$$

**Corsia nr. 2**

$$0,6 \cdot (2 \cdot 200) + 0,10 \cdot 2,5 \cdot 3,0 \cdot 14,5 = 251 \text{ kN}$$

Si applica un carico uniformemente distribuito sull'asse della trave principale pari a:

$$Q_{fr} = 250 / (3,0 / 14,2) \cdot 1,6 = 9,50 \text{ kN/ml}$$

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**AZIONE del VENTO**

L'azione del vento è considerata in conformità alle NTC 2018 par. 5.3.1.7 assimilata ad un insieme di carichi statici diretti ortogonalmente all'asse longitudinale del ponte agente sulla proiezione verticale degli elementi investiti (travi, cordoli, sicurvia). In aggiunta si considera un carico derivante dall'azione del vento sui mezzi transitanti considerati quali una parete verticale di altezza pari a 3m e determinato alla stessa maniera sopra illustrata.

**AZIONE della NEVE**

L'azione della neve è considerata non concomitante con i carichi da traffico.

**AZIONE CENTRIFUGA**

Trattandosi di un ponte rettilineo non si sviluppano forze centrifughe.

**AZIONE SUI PARAPETTI E URTO DI VEICOLI IN SVIO**

Non essendo previsto il transito pedonale né la presenza di un marciapiede non sono presenti nel ponte parapetti idonei a tale scopo.

Per quanto riguarda le barriere di sicurezza stradale le stesse e gli elementi strutturali ad esse collegati sono dimensionate secondo la classe di contenimento desunta dalle Istruzioni Tecniche del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti.

Tabella C

Tipo di strada	Livello di Traffico	Spartitraffico	Bordo Laterale, muri di sostegno, Bordo Ponte (luce $\leq 20$ m) (1)	Bordo Ponte (luce $> 20$ m) (2)
Autostrade e	AI	H3	H2	H2
strade	AII	H3	H2	H3
extraurbane	AIII	H4	H2	H3
principali	AIV	H4	H2	H3
Strade	BI	--	H1	H2
extraurbane	BII	--	H1	H2
secondarie (3)	BIII	--	H2	H2
Strade urbane di scorrimento	BI	H1	N2	H2
	BII	H2	H1	H2
	BIII	H2	H2	H2
Strade extraurbane locali	--	--	N1	N2

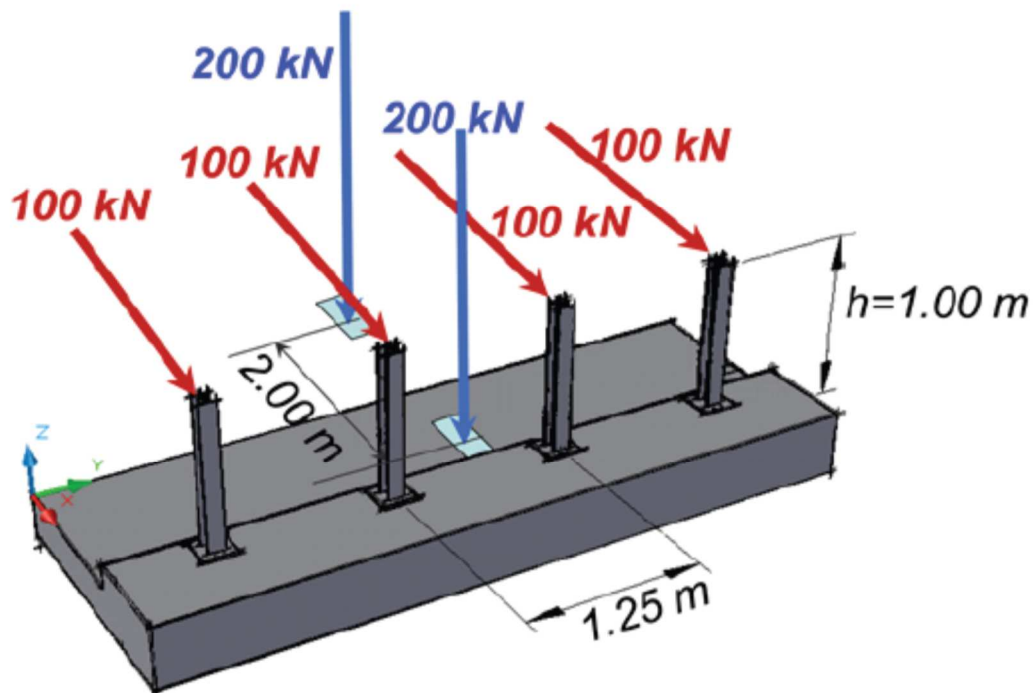
Dalla tabella C delle richiamate I.T., si determina per il caso in esame la necessità di una barriera classe H3.

Le NTC 2018 prevedono per tale classe un'azione orizzontale pari ad una coppia di forze pari a 100kN posizionate ad un'altezza pari a 1,0 m dal piano stradale in combinazione con un carico definito dallo schema 2.

A favore di sicurezza, nel dimensionamento degli elementi strutturali collegati alle barriere strutturali, si prende in considerazione l'ipotesi di carico espressa nel Quaderno ANAS nr. 5 inerente

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

il rifacimento di cordoli laterali per condizioni non ordinarie dettate dalla particolare pendenza dei tratti precedenti il ponte e dalla conformazione in curva degli stessi secondo lo schema idoneo seguente:



I coefficienti di combinazione per tale azione sono unitari.

#### 4.2 IPOTESI, CONDIZIONI E COMBINAZIONI DI CARICO

Per le combinazioni SLU, SLE e sismica si fa riferimento al DM 17/01/2018;

<b>SLU</b>	$Fd = \gamma_g \cdot Gk + \gamma_q \cdot [Q_{1k} + \Sigma(\Psi_{0i} \cdot Q_{ik})]$
<b>SLE rare</b>	$Fd = Gk + [Q_{1k} + \Sigma(\Psi_{0i} \cdot Q_{ik})]$
<b>SLE frequenti</b>	$Fd = Gk + [\Psi_{11} \cdot Q_{1k} + \Sigma(\Psi_{2i} \cdot Q_{ik})]$
<b>SLE quasi permanenti</b>	$Fd = Gk + [\Psi_{21} \cdot Q_{1k} + \Sigma(\Psi_{2i} \cdot Q_{ik})]$
<b>SLU fuoco/eccezionali</b>	$Fd, fire = Gk + Ad + [\Psi_{21} \cdot Q_{1k} + \Sigma(\Psi_{2i} \cdot Q_{ik})]$
<b>SLU sisma (DM 2018)</b>	$Fd = Gk + E + [\Sigma(\Psi_{2i} \cdot Q_{ik})]$

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**ESTRATTO TABELLE D.M. 2018****Tab. 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combi- nazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequent)	Coefficiente $\Psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 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
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**Tab. 5.1.V** – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1	A2
Azioni permanenti $g_1$ e $g_3$	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G1}$ e $\gamma_{G3}$	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali <sup>(2)</sup> $g_2$	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_Q$	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90 1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 1,00 <sup>(4)</sup>	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}$ , $\gamma_{\epsilon 3}$ , $\gamma_{\epsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

Per la verifica delle membrature principali (trave principale ad "I" in calcestruzzo ordinario precompresso) al fine della verifica in condizioni sismiche si assume in maniera conservativa un valore  $\psi_{2j} = 0.2$  ai sensi del paragrafo 5.1.3.12 delle NTC 2018.

**Tabella 4.4.I** - Classi di durata del carico

Classe di durata del carico	Durata del carico
Permanente	più di 10 anni
Lunga durata	6 mesi -10 anni
Media durata	1 settimana – 6 mesi
Breve durata	meno di 1 settimana
Istantaneo	--

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

#### 4.3 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura è stata modellata attraverso l'impiego del seguente software

PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
e-TIME (build 2020-12-191)
2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l. Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE ( Italy) Tel. +39 0532 200091 www.2si.it

La licenza e-time consente l'utilizzo del software anche per scopi professionali.

La modellazione delle strutture è stata redatta secondo due diversi modelli di calcolo.

Il primo è elaborato considerando tutte le strutture costituenti la porzione di ponte oggetto di rimozione e nuova costruzione.

Il secondo considera invece la struttura nel suo complesso e è utilizzato in particolare per verificare le sollecitazioni degli elementi strutturali atti a impedire lo svio dei veicoli considerando gli urti da questi provocati sulle strutture del manufatto.

Quadro normativo, schemi strutturali, azioni di progetto sulla costruzione, modello numerico, modellazione delle azioni, combinazioni di carico e criteri di verifica sono riportati nell'allegato Tabulato di calcolo parte integrante della presente Relazione di Calcolo.

I risultati della modellazione sono quindi impiegati nelle verifiche degli elementi strutturali riportati di seguito.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"

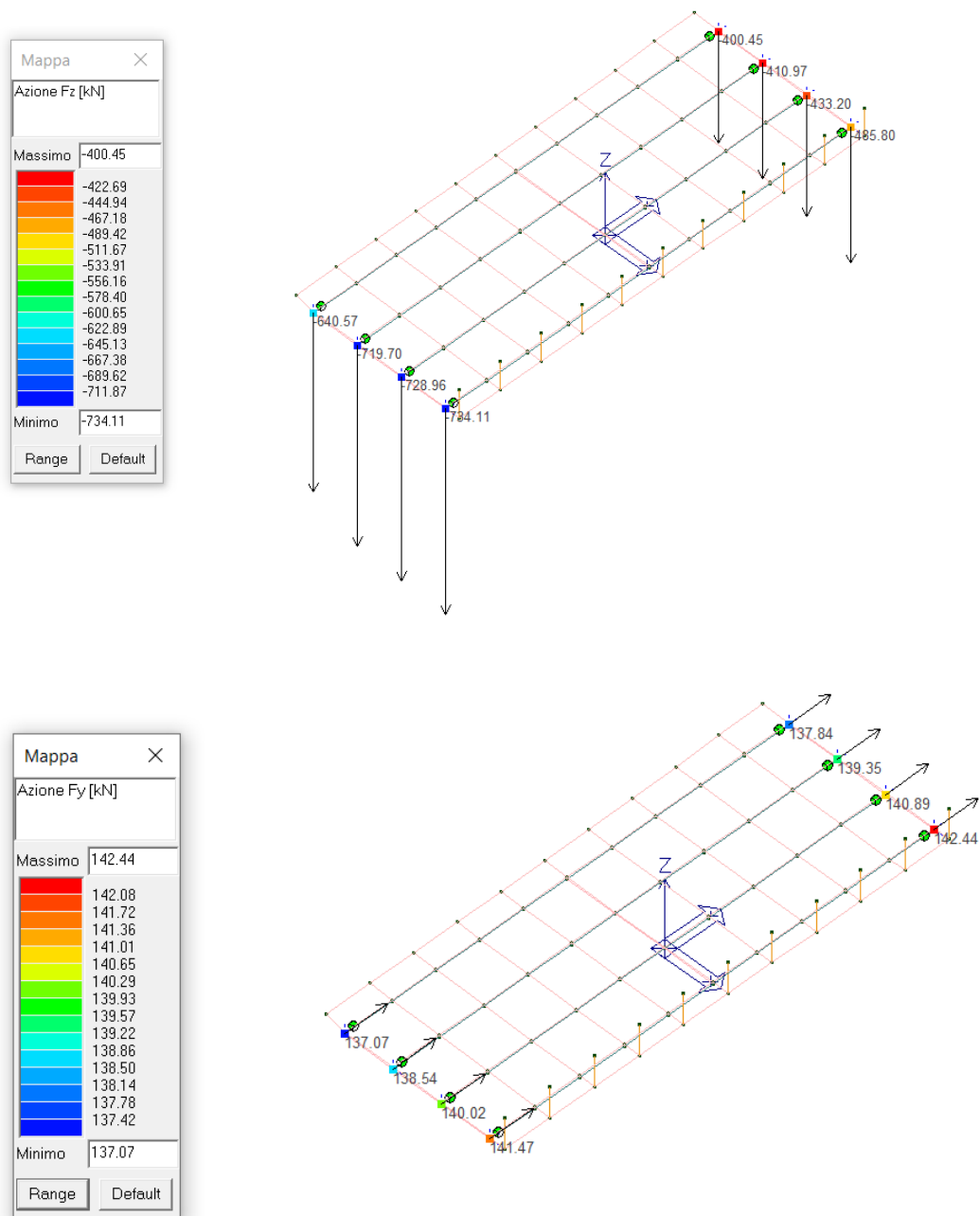
Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di Ceto

Codice ponte: BSSP088 P003

## 5 VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

### 5.1 VERIFICA DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO

Le azioni massime verticali e orizzontali scaricate agli appoggi sono rappresentate negli schemi seguenti.





S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

Le massime azioni orizzontali scaricate agli appoggi sono determinate dall'azione di frenamento massima lungo la corsia maggiormente caricata. Per la singola trave tale valore risulta pari a 15 kN/ml per le travi su Corsia 1 e pari a 9.5 kN/ml per le travi su Corsia 2

Pertanto l'azione totale di frenamento risulta  $F_y \max = 14,80 * (15,0*2 + 9.5*2) * 1.5 = 1087 \text{ kN}$ .

L'azione è ripartita scaricata data la presenza di un impalcato infinitamente rigido connesso con le travi principali, in pari misura ad ogni appoggio:

$$F_{y1} \max = 1087/8 = 136 \text{ kN}.$$

L'appoggio maggiormente sollecitato, come da risultati della modellazione, è soggetto alle seguenti azioni:

$$F_z \max = 732 \text{ kN};$$

$$F_y \max = 142,4 \text{ kN}.$$

Mentre in combinazione sismica l'appoggio è chiamato a assorbire le seguenti sollecitazioni:

Note: Azione Orizzontale sismica massima per carichi permanenti:

$$SLV \quad H_{xSLV} = 74,1 \text{ kN} \quad N_{zd \text{ coex}} = 260 \text{ kN}$$

$$SLC \quad H_{xSLC} = 80,6 \text{ kN} \quad N_{zd \text{ coex}} = 260 \text{ kN}$$

Per tale massime sollecitazioni il sistema di appoggio idoneo a trasferire le azioni dalla trave alle spalle del ponte risulta essere un appoggio in tipo Elastofip [EF 74-28](#) in grado di sopportare sollecitazioni agli SLU massime di progetto pari a:

$$F_{zd} = 740 \text{ kN} > F_z \max$$

$$F_{xyd} = 280 \text{ kN} > F_x \max$$

Il sistema è verificato.

#### VERIFICHE AGLI SLE APPOGGI

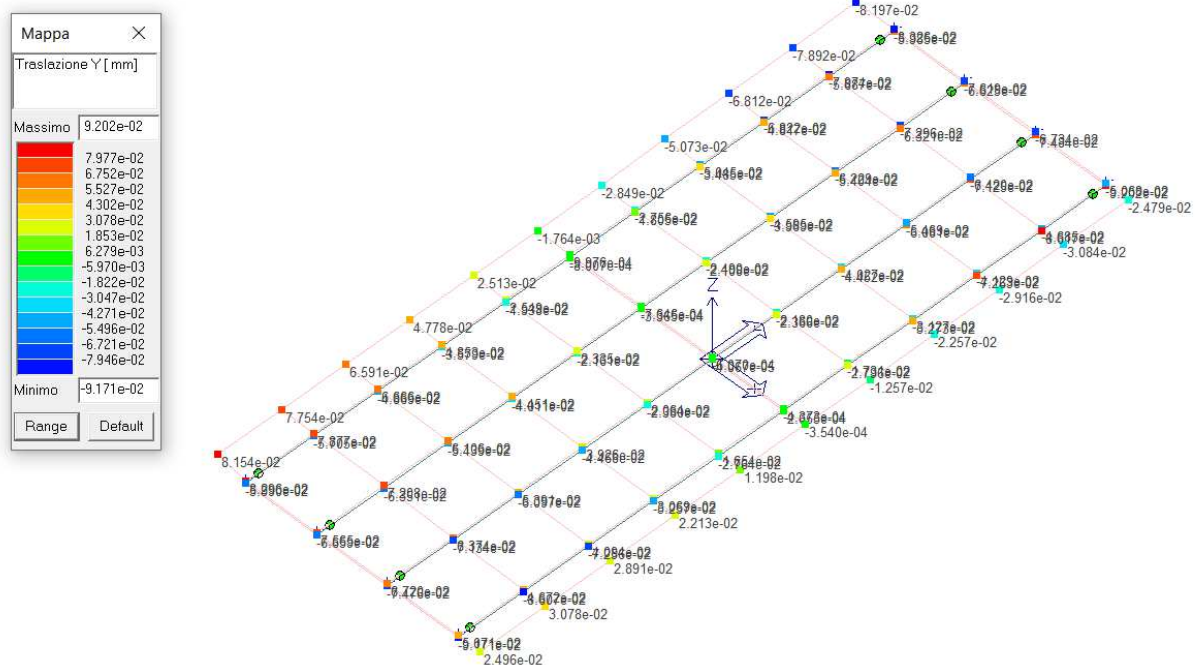
##### Effetto delle variazioni termiche

Le massime deformazioni degli appoggi sotto condizioni di variazione termiche sono rappresentate dai grafici di seguito riportati:

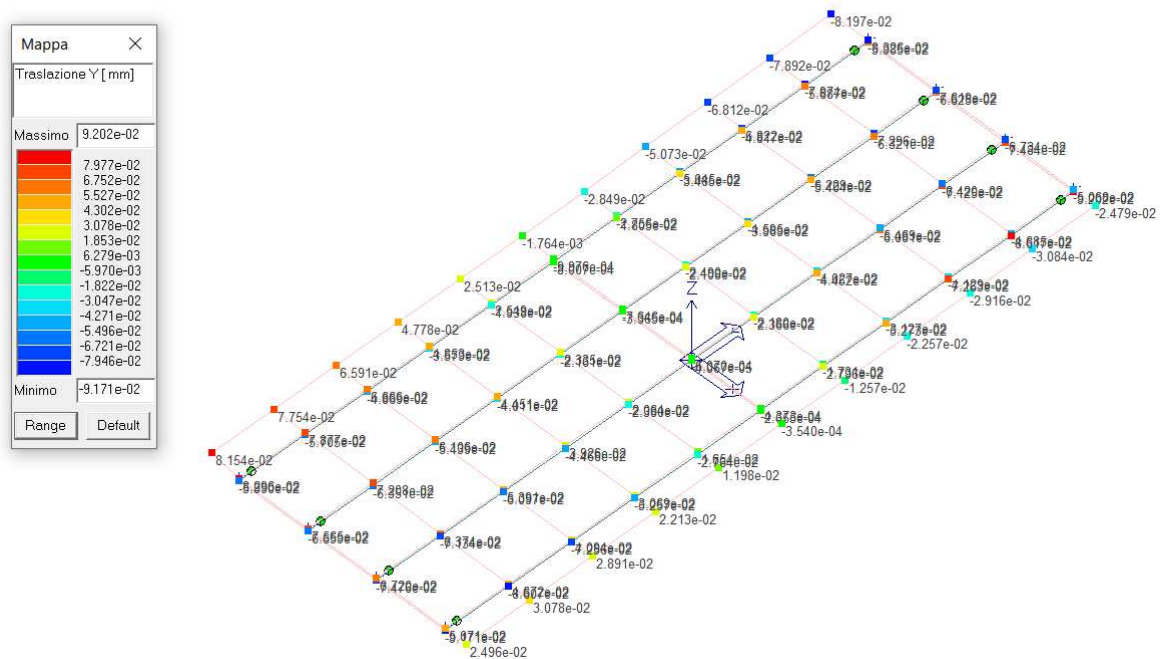
S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"

Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di Ceto

Codice ponte: BSSP088 P003



Combinazione SLE + Variazioni termiche positive: massima traslazione direzione Y

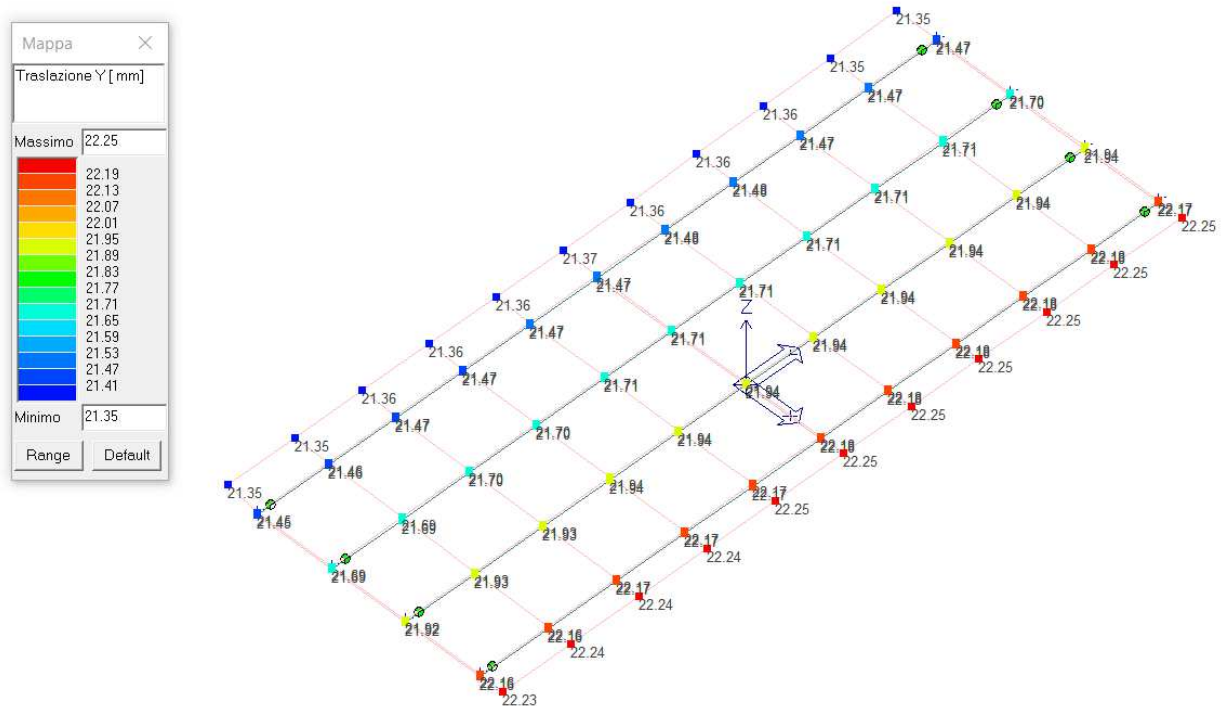


Combinazione SLE + Variazioni termiche negative: massima traslazione direzione Y

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

## Effetto del frenamento

Le massime deformazioni degli appoggi sotto condizioni di azione di frenamento sono rappresentate dai grafici di seguito riportati:

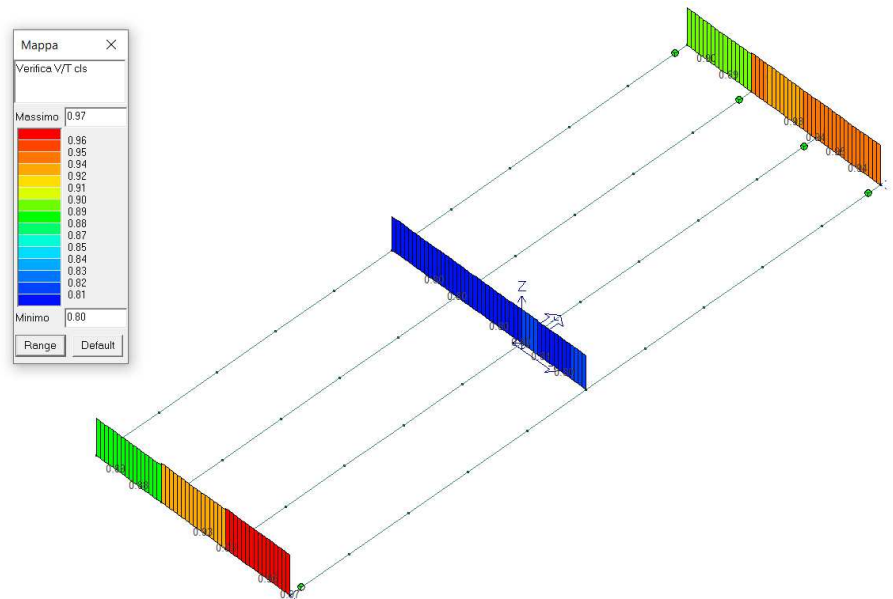
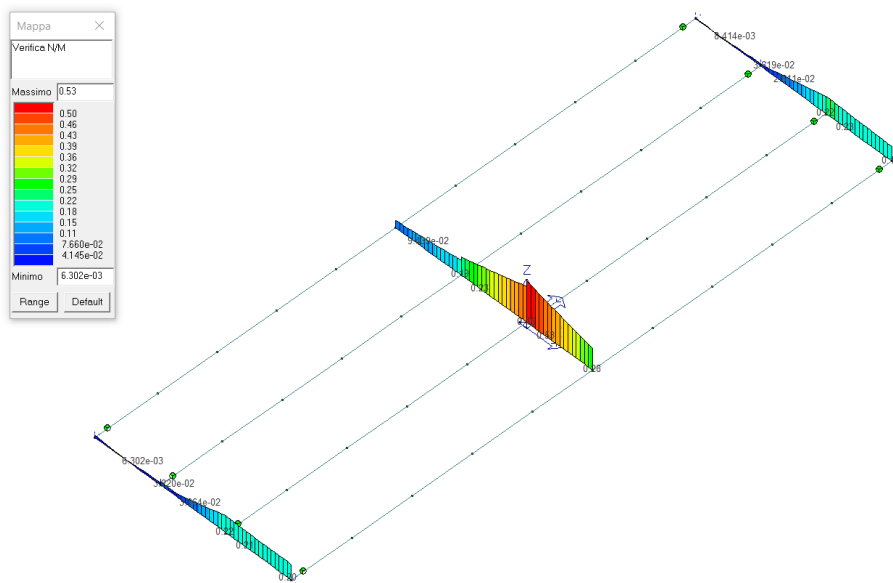


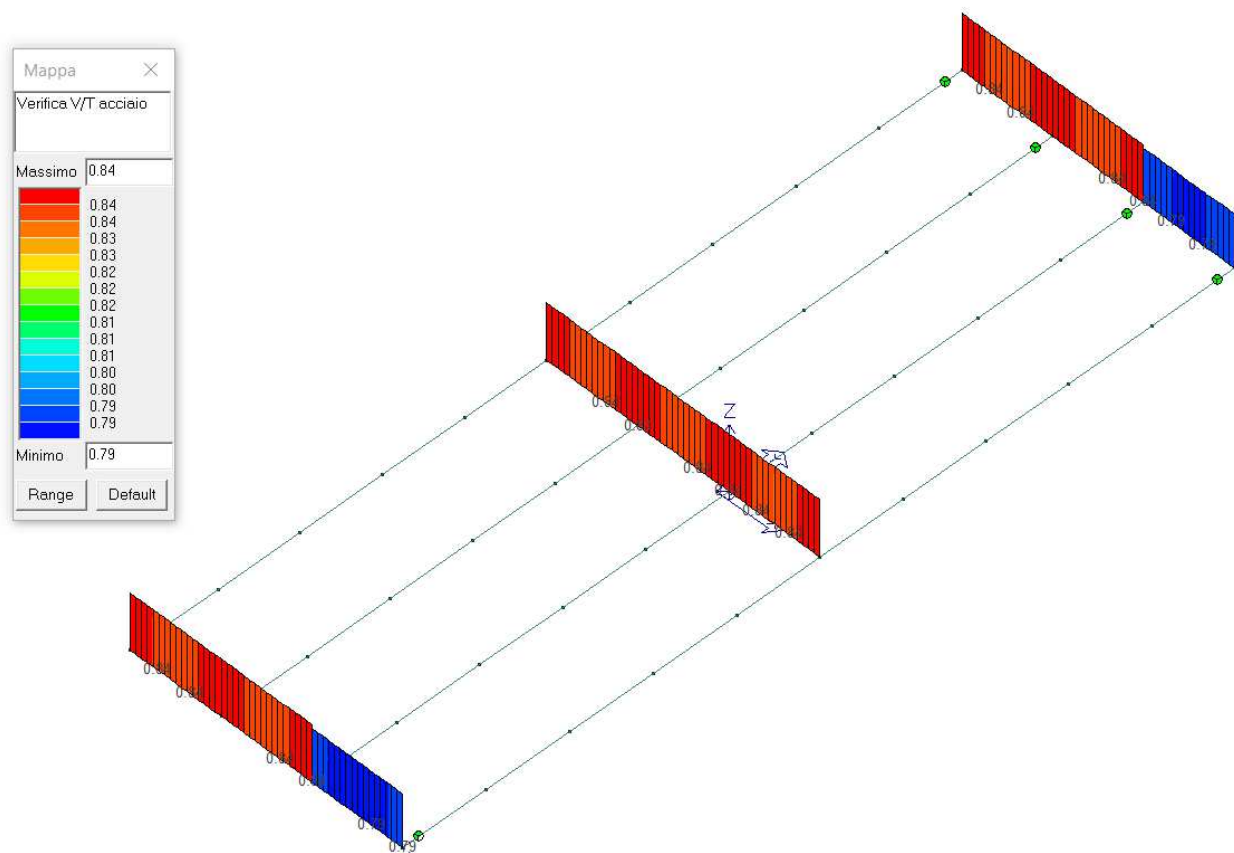
Azione del frenamento: massima traslazione direzione Y

Le deformazioni rilevate sono compatibili con la deformabilità degli apparecchi di appoggio di progetto.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**5.2 STRUTTURE DI IMPALCATO: VERIFICA DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO****5.2.1 TRAVERSI RIPARTITORI: VERIFICA DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO  
ORDINARIO GETTATE IN OPERA**

Le verifiche delle strutture in Calcestruzzo armato ordinario sono condotte in conformità alle NTC 2018 per le seguenti sollecitazioni:



S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

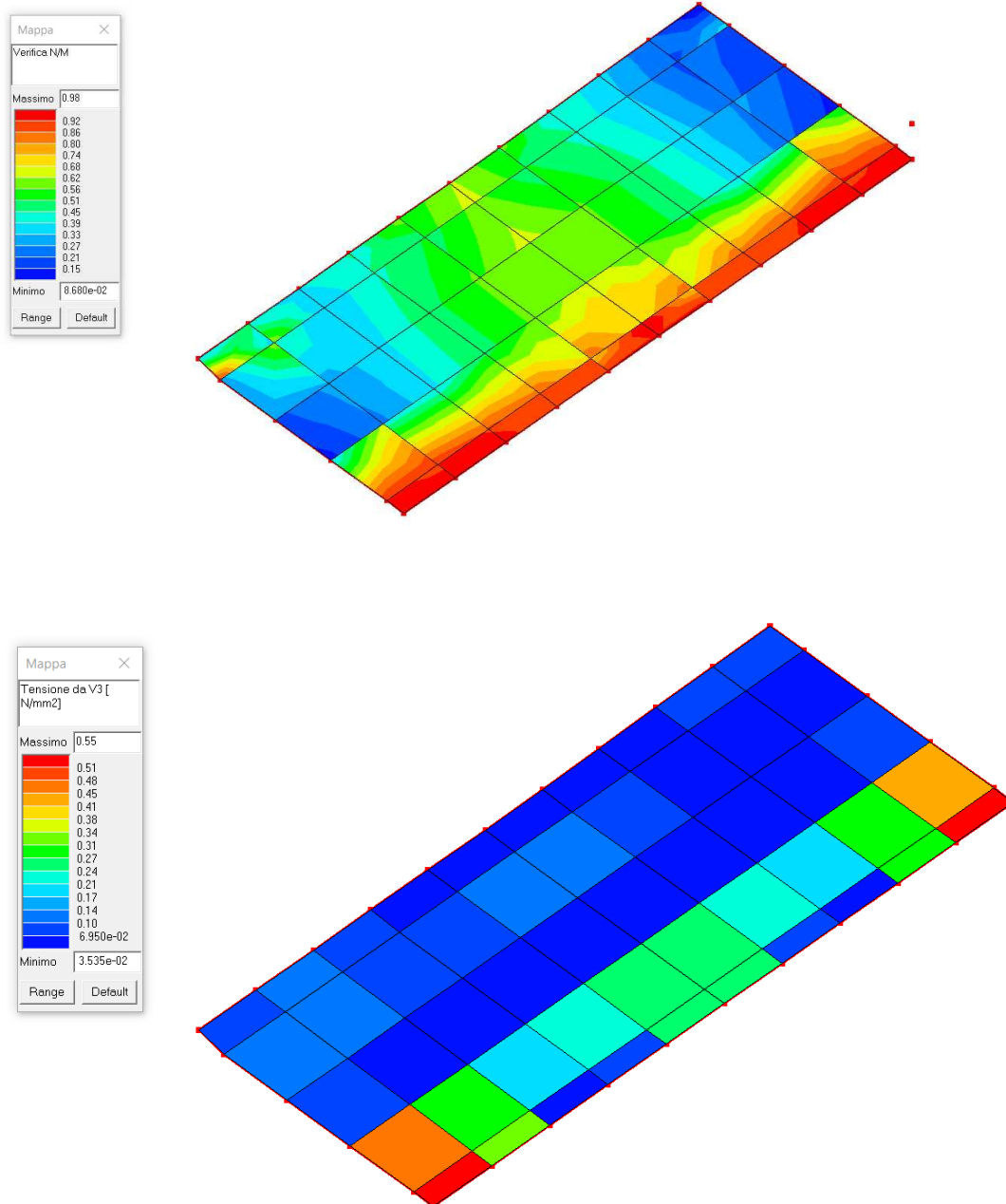
## VERIFICA AGLI SLE – FORMAZIONE DI FESSURE

Non si riscontra formazione di fessure nei traversi oggetto di verifica.

I traversi ripartitori risultano verificati.

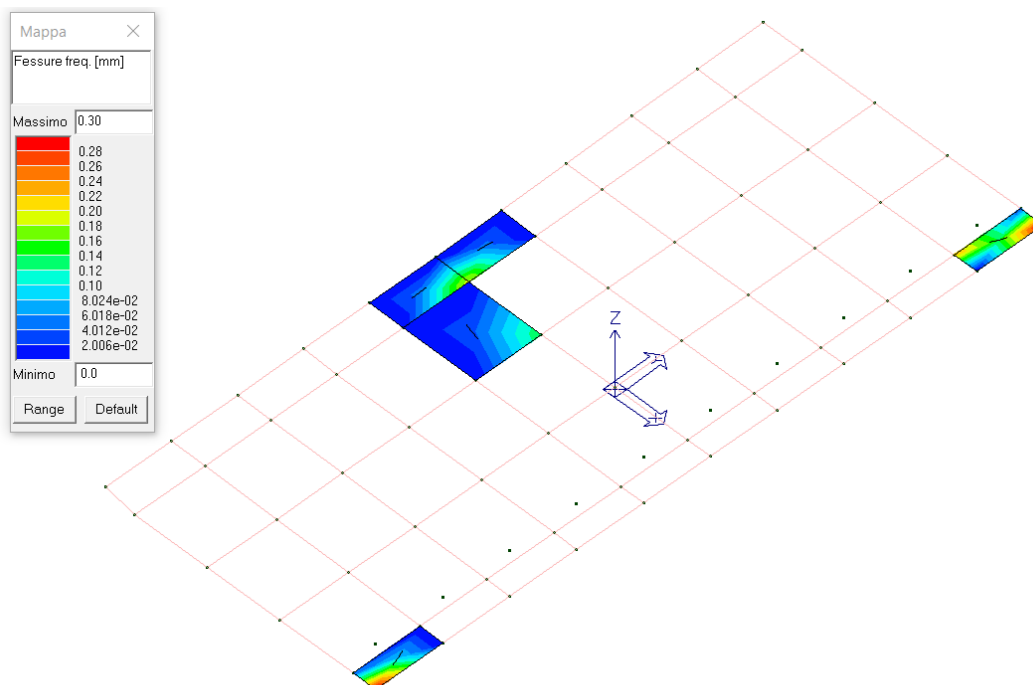
S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**5.2.2 SOLAIO DI IMPALCATO: VERIFICA DELLE STRUTTURE IN CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO GETTATE IN OPERA**

Le verifiche delle strutture in Calcestruzzo armato ordinario sono condotte in conformità alle NTC 2018 per le seguenti sollecitazioni:



S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

## VERIFICA AGLI SLE – FORMAZIONE DI FESSURE



In ogni sezione risulta  $w_k < w_2$  (condizioni aggressive XC3)

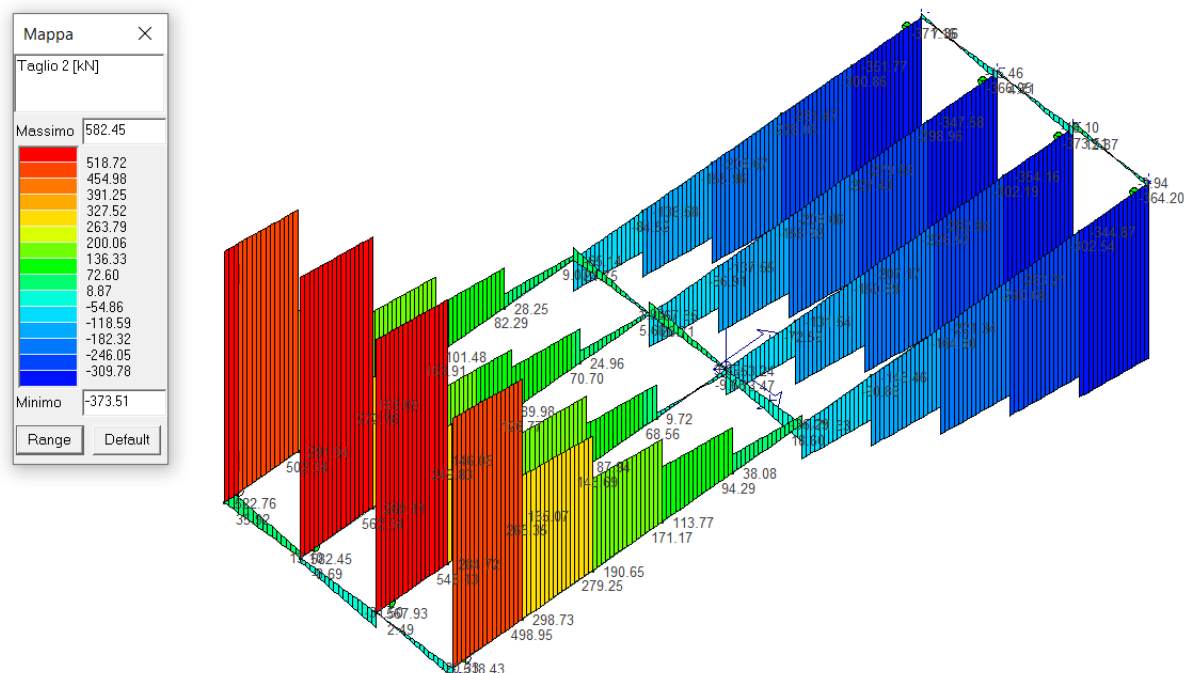
In combinazione Quasi permanente l'apertura di fessure assume valore trascurabile.

La piastra costituente il solaio di impalcato risulta verificata

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

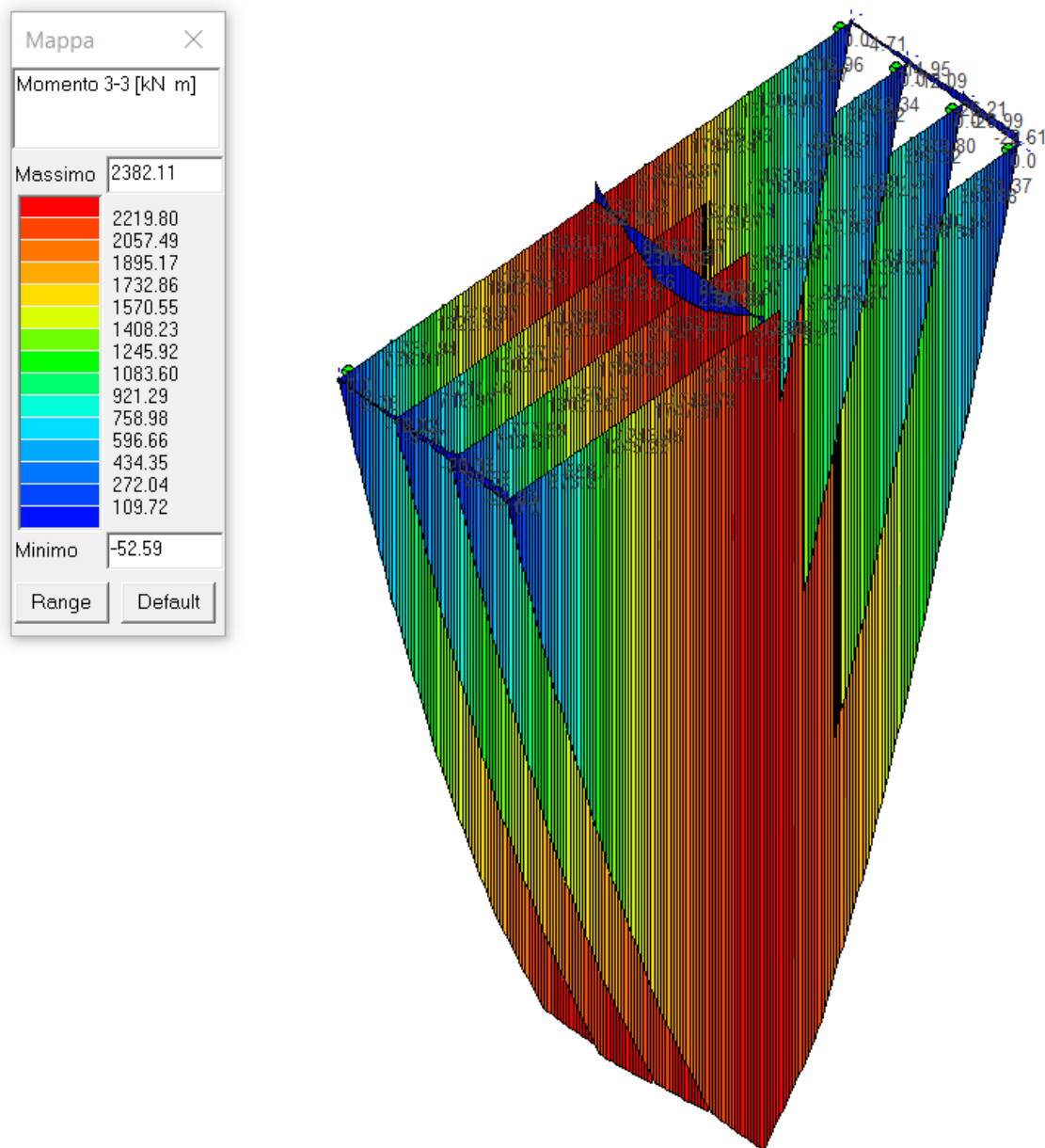
## 5.2.3 TRAVI PRINCIPALI IN CALCESTRUZZO ORDINARIO ARMATO PREFABBRICATO

Le travi principali di impalcato risultano soggette alle seguenti sollecitazioni massime:



Travi principali: sollecitazione di taglio massima.



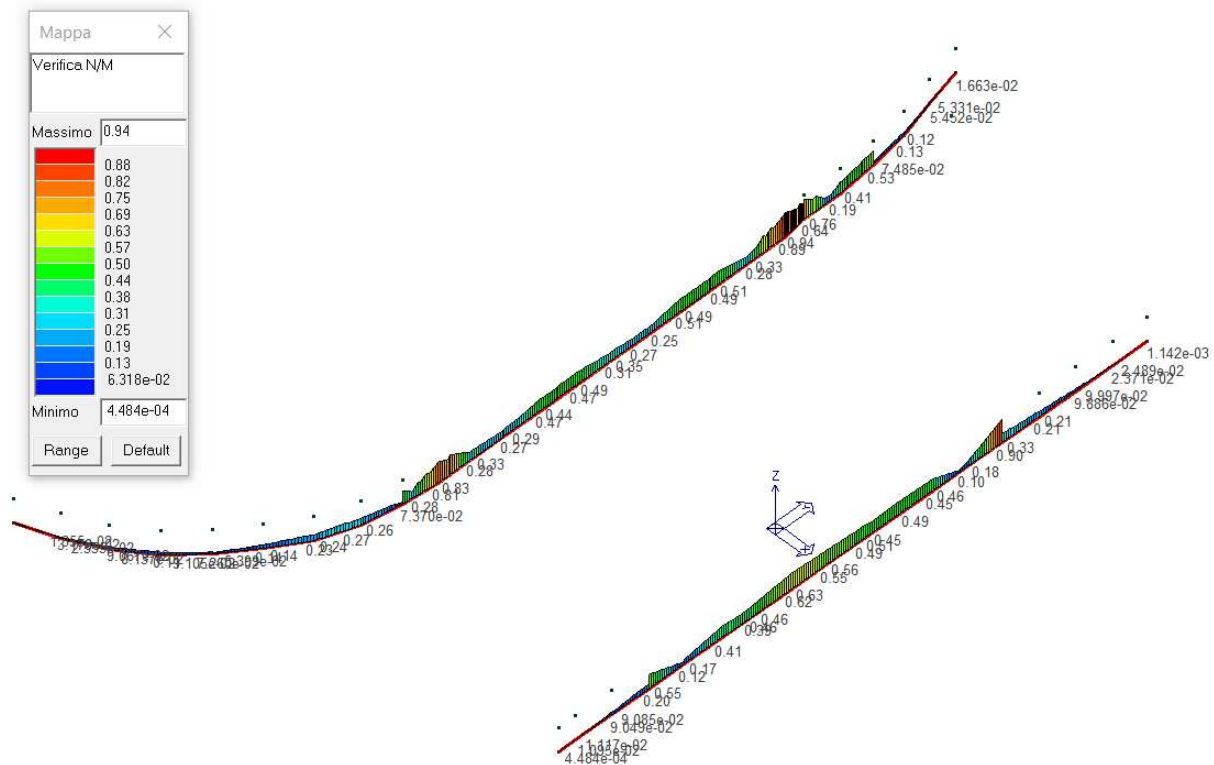
S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

Travi principali: sollecitazione flessionale massima.

Le verifiche delle travi principali in Calcestruzzo C40/50 prefabbricate sono riportate in calce alla presente e contemplano anche la verifica delle travi in condizioni sismiche.

Codice ponte: BSSP088 P003

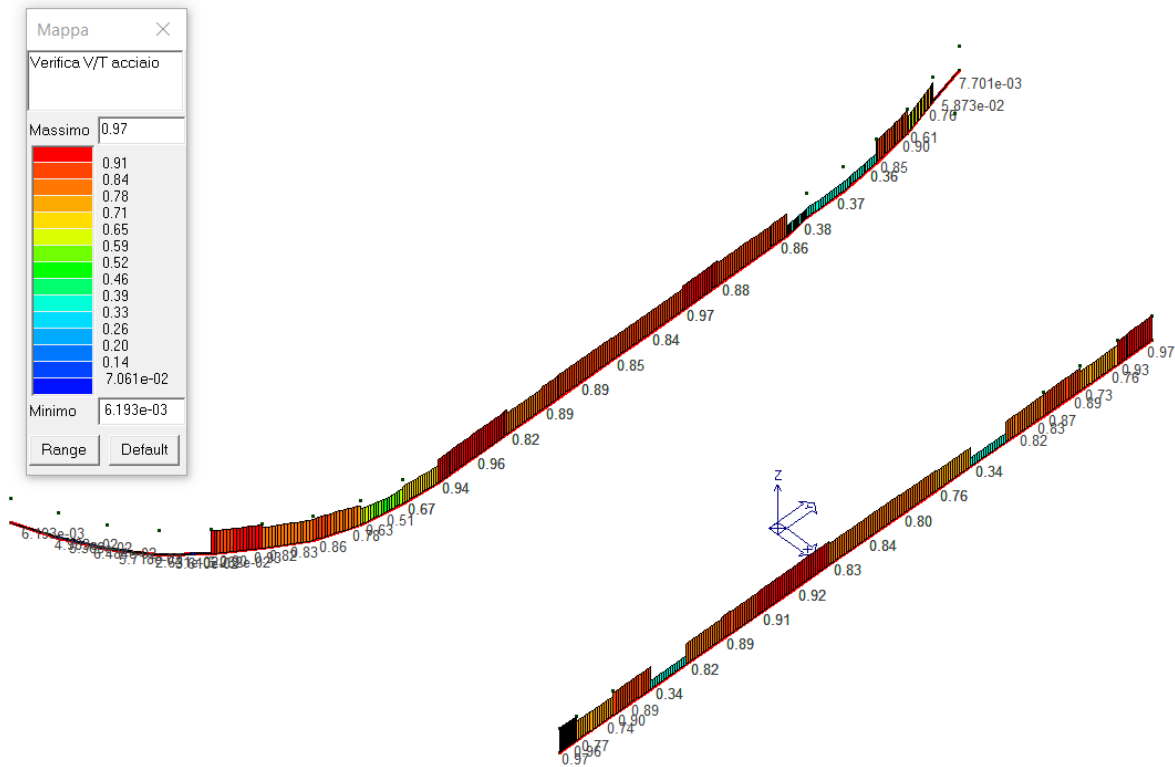
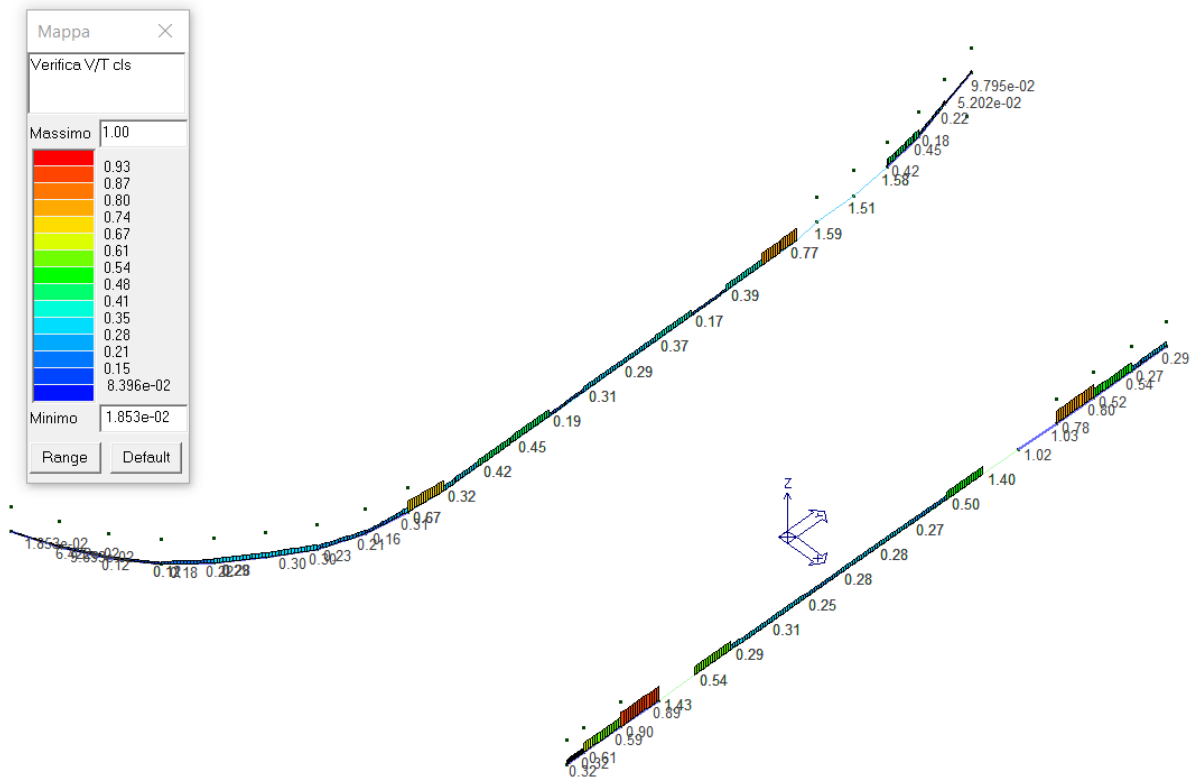
Le verifiche delle strutture in Calcestruzzo armato ordinario sono condotte in conformità alle NTC 2018 per le seguenti sollecitazioni:



S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"

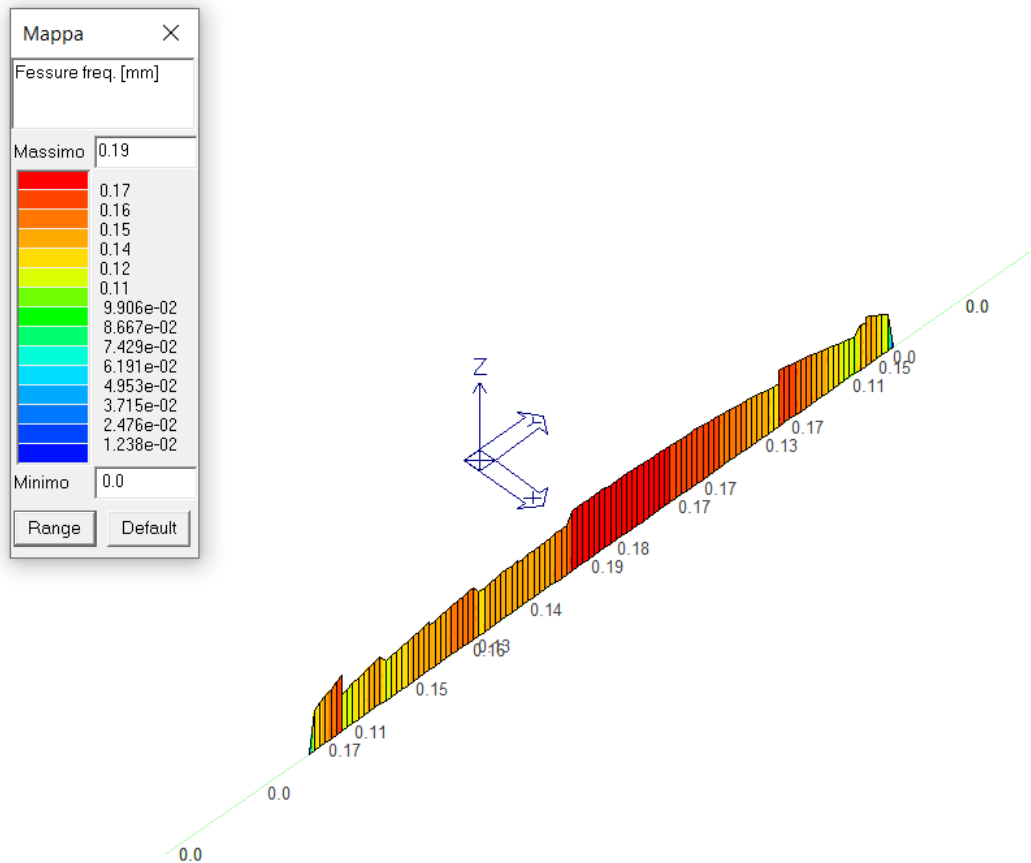
Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di Ceto

Codice ponte: BSSP088 P003



S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003

## VERIFICA AGLI SLE – FORMAZIONE DI FESSURE



In ogni sezione risulta  $w_k < w_1$  (condizioni molto aggressive XF4).

In combinazione SLE Quasi Permanente la formazione di fessure assume valore trascurabile.

Le verifiche degli elementi in Calcestruzzo armato costituenti i cordoli bordo strada sono soddisfatte.

Le strutture risultano verificate.

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di CetoCodice ponte: BSSP088 P003**6 NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

I calcoli sono state eseguiti sulla base dei principi della Scienza e Tecnica delle Costruzioni, in osservanza delle norme e regolamenti vigenti in materia secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite:

**Normativa sulle azioni, sui carichi e sovraccarichi:**

- D.M. 17/01/2018:
  - determinazione carichi e sovraccarichi
  - coefficienti  $\gamma$  dei carichi e coefficienti  $\gamma$
  - combinazioni SLU, SLE, sismica e incendio
  - coefficienti  $\gamma$  materiali,  $k_{mod}$  e  $k_{def}$
  - determinazione della classe di servizio
- Circolare esplicativa 21/01/2019, n. 7 C.S.LL.PP.: Istruzione per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 17/01/2018;

Il progetto delle strutture e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore ed in particolare:

**OPERE IN C.A.**

Legge 5 novembre 1971 n. 1086 - Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;

Circ. Min. LL.PP.14 Febbraio 1974, n. 11951 – Applicazione della L. 5 novembre 1971, n. 1086”;

Legge 2 febbraio 1974 n. 64, recante provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;

D. M. Min. II. TT. del 17 gennaio 2018 – Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni;

Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 – Istruzioni per l'applicazione delle “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2018;

Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale

**PRINCIPALI NORME TECNICHE**

UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;

UNI EN 1991-2-4 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;

UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;

UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;

UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;

UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;

UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Ottobre 1993: “Progettazione delle strutture di legno – Parte 1-1: Regole generali- Regole comuni e regole per gli edifici”;

S.P. N. 88 "Ceto Cimbergo Paspardo"

Manutenzione straordinaria del ponte al km 3+622 in comune di Ceto

Codice ponte: BSSP088 P003

- UNI EN 1995-1-1 (Eurocodice 5) – Marzo 2009: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”;
- UNI ENV 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni”;
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI EN 14080:2013 – Strutture di legno – Legno lamellare incollato – Requisiti.

**Eiseko Computers sas**

viale del Lavoro 17 - 37036 - S.M Buon Albergo

Tel: ++390458031894 - Fax: ++390458044652

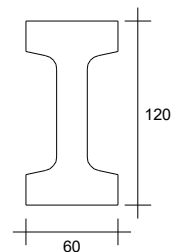
Committente

**RELAZIONE IN ESERCIZIO**

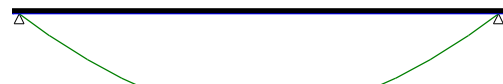
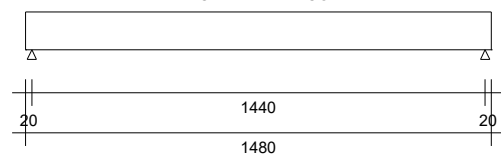
PROGETTO: TRAVE\_PAVER.txt

Nome Trave: PAVER\_DOPPIO\_T

Data : 10/11/2021 Ora : 16:21:30



SCHEMA STATICO



La trave in oggetto è precompressa con il sistema a trefoli aderenti. Il calcolo è stato eseguito secondo NTC 17 - Gennaio - 2018 e secondo L'Eurocodice 2 UNI EN 1992-1-1 : 2005 per quanto consentito da NTC 17/1/18

N.B.: Nel calcolo il segno - indica trazione. I Newton sono ricavati col rapporto 10 anziché 9.81 anche nei valori riferiti agli Acciai lenti.

**Si considera un ambiente NORMALE**

XF1: Moderata saturaz. d'acqua, senza agenti disgelanti

**1) SCHEMA STATICO :**

Trave su due appoggi :	Luce di calcolo	LC =	14.40	m
	Sbalzo sinistro	Ss =	0.20	m
	Sbalzo destro	Sd =	0.20	m
	Lunghezza totale	L =	14.80	m

**2) ANALISI DEI CARICHI :**

Peso proprio Trave:	G1 =	10.52	kN/m
Carichi permanenti pienamente definiti:	G1 =	12.00	kN/m
Carichi permanenti non pienamente definiti:	G2 =	14.40	kN/m
Carichi accidentali dominanti:	Qk1 =	14.40	kN/m
Totale:		51.32	kN/m

Carichi Concentrati:

Carico concentrato N°		1
Distanza da estremo sinistro :	=	7.40 m
Carico concentrato accidentale dominante	Qk1 =	150.00 kN

Coeff. Stato limite ultimo Pesì propri e permanenti	G1=	1.30
Coeff. Stato limite ultimo Permanenti non definiti	G2=	1.50
Coeff. Stato limite ultimo carichi accidentali	Qk1-Qk2=	1.50

CATEGORIA SOVRAC. ACCIDENTALI DOMINANTI

Altro

Coeff. 11 comb.frequente	=	0.20
--------------------------	---	------

Coeff. 21	quasi perm.	=	0.20
-----------	-------------	---	------

### 3) TAGLI E REAZIONI AGLI APPOGGI :

Taglio appoggio sinistro comb.Rara	VraraS =	444.48	kN
Taglio appoggio sinistro comb. ultima	VEdS =	634.29	kN
Taglio appoggio destro comb.Rara	VraraD =	444.48	kN
Taglio appoggio destro comb. ultima	VEdD =	634.29	kN
Reazione appoggio sinistro comb.Rara	RraraS =	454.74	kN
Reazione appoggio sinistro comb. ultima	REdS =	648.78	kN
Reazione appoggio destro comb.Rara	RraraD =	454.74	kN
Reazione appoggio destro comb. ultima	REdD =	648.78	kN

### 4) MATERIALI :

#### Calcestruzzo:

Classe cemento	=	N	
Coeff. s (3.1.2 (6) EC2)	s =	0.25	
Resistenza caratt. cubica CLS Trave allo sbanco	Rckj =	40.00	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratt. cubica CLS Trave a 28gg	Rck =	55.00	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza	c =	1.4	
Resistenza caratt. cilindrica	fck = Rck x 0.83	=	45.65 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media a compressione	fcm = fck + 8	=	53.65 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo cilindrica	fcd = 0.85 x fck / gammaC	=	27.72 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza media Traz. assiale	fctm = 0,30 x fck^(2/3)	=	3.83 N/mm <sup>2</sup>
Ecm Trave	Ecm =	36.42	kN / mm <sup>2</sup>

#### Armatura di precompressione

Trefoli stabilizzati a basso rilassamento	fpk =	1860	N/mm <sup>2</sup>
Ep Trefoli stabilizzati	Ep =	195.00	kN / mm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza	s =	1.15	
	fp1k =	1670	N/mm <sup>2</sup>
	fsd = fp1k / 1.15 =	1452	N/mm <sup>2</sup>
Tesatura iniziale trefoli pretesi	api =	1450	N/mm <sup>2</sup>

#### Armatura lenta

Acciaio B450C	fyk =	450.00	N/mm <sup>2</sup>
	fyd = fyk / 1.15 =	391.30	N/mm <sup>2</sup>



## 5) CARATTERISTICHE GEOMETRICHE :

Sezione geometrica solo Trave

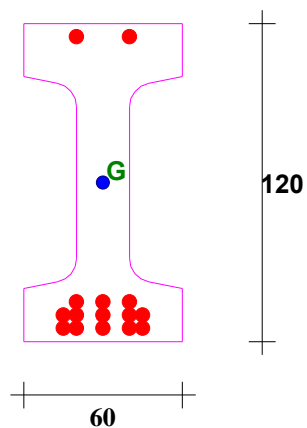
Altezza Trave	Ho =	120.00	cm
Area Sezione	Ao =	4206.44	cm <sup>2</sup>
Perimetro	U =	415.82	cm
Dimensione Nominale $2 \times Ao / U$	=	20.23	cm
Distanza baricentro da estradosso Trave	Y'o =	60.00	cm
Momento inerzia	Jo =	7228358.34	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza superiore	W'o =	120472.64	cm <sup>3</sup>
Modulo di resistenza inferiore	Wo =	120472.64	cm <sup>3</sup>

Sezione con calcestruzzo e trefoli omogeneizzati

Coefficiente di omog. Ecs / Ecm	=	5.35	
Altezza Trave	Ho =	120.00	cm
Area omogeneizzata	A1 =	4342.42	cm <sup>2</sup>
Distanza baricentro da estradosso Trave	Y'1 =	60.77	cm
Momento inerzia	J1 =	7603105.20	cm <sup>4</sup>
Modulo di resistenza superiore	Ws1 =	125119.81	cm <sup>3</sup>
Modulo di resistenza inferiore	Wi1 =	128358.41	cm <sup>3</sup>

## 6) ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE E ARMATURA LENTA :

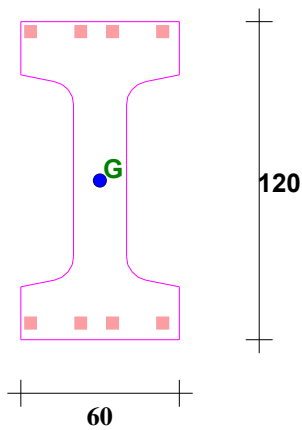
### SEZIONE CON TREFOLI



#### Trefoli

N°	Y (cm)	X (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Neut SX.(m)	Neut DX.(m)
1	5.00	15.00	1.39	0	0
2	5.00	20.00	1.39	0	0
3	5.00	30.00	1.39	0	0
4	5.00	40.00	1.39	0	0
5	5.00	45.00	1.39	0	0
6	10.00	15.00	1.39	0	0
7	10.00	20.00	1.39	0	0
8	10.00	30.00	1.39	0	0
9	10.00	40.00	1.39	0	0
10	10.00	45.00	1.39	0	0
11	15.00	20.00	1.39	0	0
12	15.00	30.00	1.39	0	0
13	15.00	40.00	1.39	0	0
14	115.00	20.00	1.39	0	0
15	115.00	40.00	1.39	0	0

## SEZIONE CON FERRI



Ferri					SPEZZONI			SPEZZONI	SPEZZONI
N°	Y (cm)	X (cm)	Area (cm²)	Diam.(mm)	Neut SX (m)	L ferro (m)	Neut DX (m)	Lung SX (m)	Lung DX (m)
1	5.00	5.00	1.13	12	0	0	0	0	0
2	5.00	24.00	1.13	12	0	0	0	0	0
3	5.00	36.00	1.13	12	0	0	0	0	0
4	5.00	55.00	1.13	12	0	0	0	0	0
5	115.00	5.00	1.13	12	0	0	0	0	0
6	115.00	24.00	1.13	12	0	0	0	0	0
7	115.00	36.00	1.13	12	0	0	0	0	0
8	115.00	55.00	1.13	12	0	0	0	0	0

## 7) ANALISI DELLE CADUTE DI TENSIONE :

Le cadute sono calcolate nella sezione di max sollecitazione a m 7.40 dall' estremo sx della Trave

Sollecitazioni iniziali di precompressione :

Area totale trefoli	=	20.85	cm²
Distanza Baric. trefoli da lembo Inf. Trave	=	23.33	cm
Tesatura iniziale	=	1450.00	N/mm²
Perdita al martinetto 1.500 % tesatura iniziale	=	21.75	N/mm²
Perdite per ritiro con maturazione vapore (6 giorni)	=	10.01	N/mm²
Perdite per Rilassamento con maturazione a vapore	=	18.22	N/mm²
Precompressione iniziale nei Trefoli	o =	1400.03	N/mm²
Sforzo di precompressione iniziale	No =	2919.05	kN
Momento di precompressione iniziale	Mo =	104794.35	kNcm

Le perdite dipendenti dal tempo sono calcolate con la formula:

$$D_{spsr} = \frac{ecs \times E_p + 0.8 \times D_{sigmapr} + E_p/E_{cm} \times F_i(t,t_o) \times \sigma_{macqp}}{(1 + E_p/E_{cm} \times A_p/A_c \times (1 + A_c/J_c \times Z_{cp}^2) \times (1 + 0.8 \times F_i(t,t_o)))} \quad (5.46 \text{ EC2})$$

ecs x Ep = deformazione per ritiro x Ep	=	78.00	N/mm <sup>2</sup>
Ep = Modulo elasticità acciaio armonico	=	195.00	kN / mm <sup>2</sup>
Dsigmapr =variazione tensione per rilassamento nel Bar. Trefoli Inf.	=	69.02	N/mm <sup>2</sup>
Rilassamento Trefoli dopo mille ore	=	2.50	%
Ep / Ecm = rapporto moduli acciaio/ CLS	=	5.35	
Fi(t,to) = Coeff. di Viscosità a tempo infinito	=	2.19	
% vapore aria durante la maturazione	=	60.00	%
Scqp = Tensione nel Bar. Trefoli (precom.+azioni quasi permanenti)	=	6.12	N/mm <sup>2</sup>
Ap - Ac - Jc vedere nelle caratteristiche geometriche e sopra			
Zcp = Distanza tra Bar. Trefoli e bar. Trave	=	35.90	cm
Perdite dipendenti dal tempo nell' acciaio	Dspsr =	151.91	N/mm <sup>2</sup>
Sigma di precompressione finale nei trefoli	o - Dspsr =	1248.12	N/mm <sup>2</sup>

## 8) VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO :

Distanza di massima sollecitazione dall' estremo sinistro della Trave : X =7.20m

Sforzo di precompressione finale	Nf =	2602.33	kN
Momento di precompressione finale	Mf =	934.24	kNm

### Combinazione di carichi quasi permanente.

Coefficiente per combinazione quasi permanente	21 =	0.20	
Momento del Peso Proprio e Sovracc. Permanenti	Mpp =	956.87	kNm
Momento Sovraccarichi accidentali	Maqp =	182.65	kNm
Momento Tot. Combinazione quasi permanente	Mpp + Maqp =	1139.51	kNm
Tensione Sup. ammessa < 0.45 x fck Trave	=	20.54	N/mm <sup>2</sup>
Tensione inferiore ammessa > fctm /1.2	=	-3.19	N/mm <sup>2</sup>
Tensione superiore nel CLS Trave	=	7.63	N/mm <sup>2</sup>
Tensione inferiore nel CLS Trave	=	4.39	N/mm <sup>2</sup>

### Combinazione di carichi Frequente.

Coefficiente per combinazione frequente	11 =	0.20	
Momento Sovraccarichi accidentali	Maf =	182.65	kNm
Momento Tot. Combinazione frequente	Mpp + Maf =	1139.51	kNm
Tensione inferiore per considerare sez. reagente > fctm / 1.2	=	-3.19	N/mm <sup>2</sup>
Tensione inferiore nel CLS Trave	=	4.39	N/mm <sup>2</sup>

### Combinazione di carichi Rara.

Momento Sovraccarichi accidentali	Mar =	913.24	kNm
Momento Tot. Combinazione rara	Mpp + Mar =	1870.11	kNm
Tensione Sup. ammessa < 0.60 x fck Trave	=	27.39	N/mm <sup>2</sup>
Tensione superiore nel CLS Trave	=	13.47	N/mm <sup>2</sup>

## 9) VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Il momento resistente è calcolato con il diagramma dell' acciaio formato da una bilatera con il punto di snervamento =  $f_{yk} / 1.15$  e l' estremo in  $f_{yk} / 1.15$ .

L'ordinata max (def. ultima acciaio =  $0.9 \times E_{uk}$ )  $u_k = 35$  o/oo

Il diagramma del CLS ha sigma di precompressione max =  $f_{cd}$

L'ordinata max (deformazione ultima CLS)=  $c_u = 3.5$  o/oo

Momento di calcolo con comb. ultima  $M_{Ed} = 2688.43$  kNm

Momento Resistente  $M_{Rd} = 3009.97$  kNm

deve essere  $M_{Rd} \geq M_{Ed}$

Deformazione del Calcestruzzo  $D_c = 3.50$  o/oo

Deformazione totale acciaio  $D_a = 6.40$  o/oo

Altezza zona compressa ( $0.8 \times Y$ ) da lembo sup.Trave  $Y_r = 17.34$  cm

La Trave va in collasso per rottura del CLS superiore

## 10) VERIFICHE A TAGLIO SEZIONE NON PRECOMPRESSA

### Sezione sull'appoggio sinistro

Taglio all' appoggio comb.Rara  $V_{rara} = 444.48$  kN

Taglio di calcolo all'appoggio comb. ultima  $V_{Ed} = 634.29$  kN

Larghezza resistente a Taglio  $b_w = 20.00$  cm

Altezza Utile = H trave - 3cm  $d = 117.00$  cm

Angolo puntone compresso calcolato  $= 13.2$  °

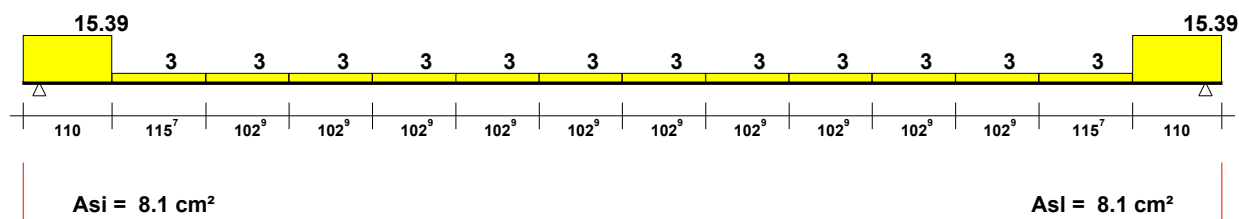
Angolo puntone compresso usato per il calcolo  $= 45.0$  °

Cot Tzeta  $\geq 1$  e  $\leq 2.5$  Cot  $= 1.00$

Angolo asse staffe rispetto asse trave  $= 90$  °

### Progetto armatura a taglio e verifiche secondo Capitoli 6.2.2 e 6.2.3 EC2

#### DIAGRAMMA AREA STAFFE $\text{cm}^2/\text{m}$



Area staffe =  $V_{Ed} \cdot s / [z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(Tzeta)]$  (6.8 EC2)  $Asw = 15.39$   $\text{cm}^2/\text{m}$

Acciaio inferiore  $V_{Ed} / (f_{yk} / 1.15)$   $Asl = 16.21$   $\text{cm}^2$

Momento Traslato  $M_{Ed} = 328.25$  kNm

Acciaio inferiore ancorato necessario  $Asa = 8.10$   $\text{cm}^2$

Momento Resistente con Asa  $M_{Rd} = 358.90$  kNm

$M_{Rd} \geq M_{Ed}$  VERIFICATO

$\rho_l = Asa / (b_w \cdot d) \leq 0.02$  (6.2.2 EC2)  $I = 0.003 \leq 0.02$  VERIFICATO

**Verifica Taglio senza staffe**

$V_{rdc} = C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w \cdot d$	(6.2.a EC2)	$V_{rdc} =$	106.73	kN < V <sub>Ed</sub> - NON VERIFICATO
$C_{rdc} = 0.18 / \Gamma_{\text{GammaC}}$		$C_{rdc} =$	0.129	
$k = 1 + \sqrt{200 / d} \leq 2$		$k =$	1.41	

**Verifica Taglio Trazione**

$z = 0.9 \cdot d$				
$f_{ywd} = f_{yk} / 1.15$		$f_{ywd} =$	391.30	N/mm <sup>2</sup>
Taglio $V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\alpha) / s$	(6.8 EC2)	$V_{Rd,s} =$	634.29	kN >= V <sub>Ed</sub> - VERIFICATO
Area staffe max ammessa	(6.12 EC2)	$A_{sw,m} =$	34.74	cm <sup>2</sup> /m >= A <sub>sw</sub> - VERIFICATO

**Verifica Taglio Compressione**

$V_{rd,max} = \alpha_{\text{Alfacw}} \cdot b_w \cdot z \cdot n_1 \cdot f_{cd} / [\cot(\alpha) + \tan(\alpha)]$	(6.9 EC2)	$V_{rd,max} =$	1431.23	kN >= V <sub>Ed</sub> - VERIFICATO
$\alpha_{\text{Alfacw}} =$		$\alpha_{\text{cw}} =$	1.00	
$n_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$	(6.6N EC2)	$n_1 =$	0.49	
Verifica Puntone $V_{max} = K_a \cdot b_w \cdot d \cdot n_1 \cdot f_{cd}$	(6.5 EC2)	$V_{max} =$	1590.39	kN >= V <sub>Ed</sub> - VERIFICATO
$K_a = 0.5 - 0.1552 \cdot [\cot(\alpha) - 1] / (2.5 - 1)$		$K_a =$	0.500	
$n_1 = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$	(6.6N EC2)	$=$	0.49	
$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \Gamma_{\text{gammaC}}$		$f_{cd} =$	27.72	N/mm <sup>2</sup>

**11) VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO NELLE SEZIONI INIZIALI PRECOMPRESSE**

Sezione 1 a metri .9 dal punto d' appoggio sinistro.

Momento dovuto al solo PP	$M_{pp} =$	63.89	kNm
SIGMA allo sbanco nei trefoli pretesi	$=$	1400.03	N/mm <sup>2</sup>
Allo sbanco e con il solo peso della Trave. Calcolo a rottura per sollecitazione minima.			
Distanza da bordo inf. ultima dello Sforzo N	$D_{ul} =$	10.52	cm
Distanza da bordo inf. dello Sforzo N	$D_{se} =$	25.42	cm
deve essere $D_{se} \geq D_{ul}$			
Cadute di tensione Finali nei trefoli	$=$	211.89	N / mm <sup>2</sup>
Sigma di precompressione finale nei trefoli		1188.14	N/mm <sup>2</sup>
Sforzo di precompressione finale	$N_{sd} =$	2477.27	kN
A tempo infinito e con tutti i carichi permanenti :			
M per peso proprio e carichi permanenti	$M_{pp} =$	224.27	kNm
Momento di Decompressione	$M_{de} =$	1397.34	kNm > 0 VERIFICATO
Momento di calcolo della Trave	$M_{Ed} =$	541.51	kNm
Momento Resistente	$M_{Rd} =$	3007.77	kNm
Deve essere $M_{Rd} \geq M_{Ed}$			

**VERIFICA A TAGLIO**

TAGLIO nella sezione in Comb. rara	$V_{sdo} =$	398.29	kN
Larghezza nel baricentro Trave	$b_w =$	20.00	cm
TAGLIO di calcolo comb. ultima	$V_{Ed} =$	569.07	kN
TAGLIO PORTATO DA TRAVE SENZA BISOGNO STAFFE	$V_{rd} =$	625.90	kN >= V <sub>Ed</sub>

FORMULA UTILIZZATA :  $0.7 \cdot b_w \cdot x \cdot d \cdot \sqrt{f_{ctd}^2 + 1 \cdot \sigma_{\text{bar}} \cdot f_{ctd}}$

Larghezza nel baricentro trave	20.00	cm
Altezza trave + getto - 3	117.00	cm
Sigma nel baricentro trave	5.70	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd} = f_{ctm} \times 0.7 / \gamma_m$	$f_{ctd} =$	1.92 N/mm <sup>2</sup>
$V_{rdc} >$ Taglio ultimo pongo minimo staffe	Area staffe/m =	3.00 cm <sup>2</sup> /m

## 12) DEFORMABILITA' DELLA TRAVE

Le Freccie sono calcolate nella sezione a m 7.40 dall' estremo sx della Trave

Altezza Trave = 120.00 cm

Freccie provocate dalla storia di carico della Trave: + freccia verso il basso, - freccia verso l'alto

Luce di calcolo Freccie	$L_c =$	14.40	m
Calcestruzzo allo sbanco	$R_{ck}' =$	40.00	N/mm <sup>2</sup>
E iniziale Teorica	$E' =$	33.640	kN/mm <sup>2</sup>
Momento inerzia Trave	$J_i =$	7633662	cm <sup>4</sup>
Freccia per precompressione	$f_1 =$	-1.056	cm
Freccia per peso proprio trave	$f_2 =$	0.229	cm
Freccia allo sbanco Totale $f_1+f_2$	$f_{sba} =$	-0.826	cm

### FRECCIA ISTANTANEA IN ESERCIZIO - Si considerano agenti tutti i carichi

Calcestruzzo allo stadio finale	$R_{ck} =$	55.00	N/mm <sup>2</sup>
E Teorica	$E =$	36.420	kN/mm <sup>2</sup>
Momento inerzia Trave in mezzeria	$J_t =$	7623917	cm <sup>4</sup>
Freccia per precompressione	$f_3 =$	-0.976	cm
Freccia p.proprio+permanenti pienamente definiti	$f_4 =$	0.454	cm
Freccia totale perm. pien. definiti $f_3+f_4$	$f_p =$	-0.522	cm
Freccia permanenti non pienamente definiti	$f_5 =$	0.290	cm
Freccia accidentali $Q_{k1} + \psi_{i02} \cdot Q_{k2}$	$f_6 =$	0.626	cm
Freccia totale istantanea per tutti i carichi $f_p+f_5+f_6$	$f_t =$	0.394	cm

### FRECCIA IN ESERCIZIO A LUNGO TERMINE - Si considera la combinazione quasi permanente

Coeff. di Viscosità a tempo infinito	$F_i(t, t_0) =$	2.193	
Coefficiente di omog. E acciaio / E efficace		18.412	
Dove E efficace = E Teorica / $[1 + F_i(t, t_0)]$ (7.20 EC2)		11.405	kN/mm <sup>2</sup>
Momento inerzia Trave in mezzeria	$J_f =$	8561685	cm <sup>4</sup>
Freccia per precompressione	$f_3 =$	-2.439	cm
Freccia p.proprio+permanenti pienamente definiti	$f_4 =$	1.291	cm
Freccia totale a lungo term. perm. pien. definiti $f_3+f_4$	$f_{dt} =$	-1.149	cm
Freccia permanenti non pienamente definiti	$f_5 =$	0.825	cm
Freccia accidentali quasi perm. $\psi_{i21} \cdot Q_{k1} + \psi_{i22} \cdot Q_{k2}$	$f_6 =$	0.356	cm
Limite deformazione	$L_c/250 =$	5.760	cm
Freccia totale quasi permanente lungo termine $f_{dt}+f_5+f_6$	$f_{qper} =$	0.033	cm $\leq L_c/250$ - VERIFICATO

## 13) RIENTRO TREFOLI IN TESTATA TRAVE

Il rientro è calcolato con la formula EN 13369:2004 (E)

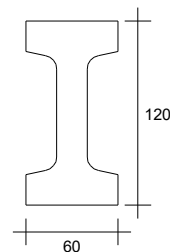
Posto fbpt = $3.2 \times 0.7 \times f_{ctmj} / \text{GammaC}$ (8.15 EC2)	=	4.96	N/mm <sup>2</sup>
Lpt2= $1.2 \times L_{pt} = 1.2 \times 0.19 \times \text{Dia} \times \text{Sigmai} / \text{fbpt}$ (8.18 EC2)	=	985.14	mm
Rientro medio $0.4 \times L_{pt2} \times \text{Sigmai} / E_p = DLo$	=	2.89	mm
Rientro max = $DLo \times 1.3$ (4.2.3.2.4 EN 13369)	=	3.75	mm



**Eiseko Computers sas**

viale del Lavoro 17 - 37036 - S.M Buon Albergo

Tel: ++390458031894 - Fax: ++390458044652



Committente

**RELAZIONE SISMICA**

PROGETTO: TRAVE\_PAVER.txt

Nome Trave: PAVER\_DOPPIO\_T

Data : 10/11/2021 Ora : 16:21:30

La trave in oggetto è verificata allo stato limite di Danno ed allo stato limite Vita secondo NTC 17 - Gennaio - 2018

e secondo l'Eurocodice 2 UNI EN 1992-1-1 nella versione 2005 e solo per quanto consentito da NTC 17/1/18

NB: Nel calcolo il segno - indica trazione. I Newton sono ricavati col rapporto 10 anziché 9.81 anche nei valori riferiti agli Acciai.

Località dove è posta la trave CETO (BS)

Latitudine = 46.0020 °

Longitudine = 10.3520 °

Classe d'uso = IV

VITA Nominale della Trave VN = 100 anni

Coefficiente d'uso Cu = 2.0

2 = Edifici la cui funzionalità ha importanza per la protezione civile

PERIODO di Riferimento VN x Cu VR = 200 anni

Dati Ricavati da NTC 17.01.2018

**° STATO LIMITE DI DANNO**

Fo = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale max. = 2.610

T\*c = periodo d'inizio tratto a velocità spettrale costante = 0.270 s

ag = accelerazione max al sito ag = 0.053 m/s<sup>2</sup>

Coeff. Stato Limite di Danno SLD Pvr = 0.63

**° STATO LIMITE SALVAGUARDIA VITA**

Fo = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale max. = 2.690

T\*c = periodo d'inizio tratto a velocità spettrale costante = 0.320 s

ag = accelerazione max al sito ag = 0.105 m/s<sup>2</sup>

Coeff. Stato Limite Vita SLV Pvr = 0.10

**° ALTRI COEFFICIENTI UTILIZZATI**

Fattore di Struttura Car. Verticali = 1.00

Fattore di Struttura Car. Orizzontali = 1.00

Categoria Topografica = T4

Categoria SOTTOSUOLO = D

#### ° Massa sismica per scarico sismico verticale e orizzontale

Massa Sismica:  $(P_p + G_1 + G_2 + Q_{k1} \times \psi_{21}) / 981$  4.057 Kg-massa/m

NB: con Carichi concentrati il periodo è calcolato col metodo Rayleigh

Primo periodo di Vibrazione per car. verticali :  $T_1 =$  0.149 s

#### ° STATO LIMITE DI DANNO

Spettro di risposta carichi verticali:  $S_{ve}(T_1) =$  0.06  $m/s^2$

Carico sismico verticale:  $E =$  2.42 kN/m

Comb. di calcolo  $E+G_1+G_2+\psi_{21} \times Q_{k1}$   $Q_E =$  42.22 kN/m

Carico conc.sismico verticale N° 1  $=$  1.83 kN

#### ° STATO LIMITE SALVAGUARDIA VITA

Spettro di risposta carichi verticali:  $S_{ve}(T_1) =$  0.17  $m/s^2$

Carico sismico verticale:  $E =$  6.86 kN/m

Comb. di calcolo  $E+G_1+G_2+\psi_{21} \times Q_{k1}$   $Q_E =$  46.65 kN/m

Carico sismico conc. verticale N° 1  $=$  5.17 kN

#### ° Massa Sismica per carico sismico verticale negativo

Massa Sismica:  $(P_p + G_1) / 981$   $=$  2.295 Kg-massa/m

Periodo Vibrazione per car. verticali negativi: 0.107 s

#### ° STATO LIMITE DI DANNO

Spettro di risposta carichi verticali neg.:  $=$  0.06  $m/s^2$

Carico sismico verticale negativo:  $E =$  1.37 kN/m

Comb. di calcolo  $-E+G_1$   $Q_E =$  21.14 kN/m

Carico concentrato verticale negativo N° 1  $=$  0.00

#### ° STATO LIMITE SALVAGUARDIA VITA

Spettro di risposta carichi verticali neg.: 0.17  $m/s^2$

Carico sismico verticale negativo:  $E =$  3.88 kN/m

Comb. di calcolo  $-E+G_1$   $Q_E =$  18.64 kN/m

Carico sismico conc. vert. negativo N° 1  $=$  0.00 kN

#### ° Tensioni Limite CLS

Resistenza caratt. cilindrica CLS a 28gg  $f_{ck} =$  45.65  $N/mm^2$

Tensione Sup. max sismica  $< 0.70 \times f_{ck}$  Trave  $=$  31.96  $N/mm^2$

Tensione inferiore sismica ammessa  $> f_{ctm} \times 1.3$   $=$  -4.98  $N/mm^2$

### VERIFICA ALLO STATO LIMITE DI DANNO :

Distanza di massima sollecitazione dall' estremo sinistro della Trave :  $X = 7.20m$

Sforzo di precompressione finale  $N_f =$  2602.33 kN

Momento di precompressione finale  $M_f =$  934.24 kNm

Combinazione di carichi quasi permanente.  $=$

Coefficiente per combinazione quasi permanente  $2 =$  0.20

Momento per combinazione quasi permanente  $M_{qp} =$  1139.51 kNm

Momento Sismico verticale  $MS_{vd} =$  69.40 kNm

Tensione superiore nel CLS Trave  $=$  8.19  $N/mm^2$

Tensione inferiore nel CLS Trave	=	3.85	N/mm <sup>2</sup>
Verifica allo sforzo sismico verticale negativo.			
Momento soli carichi permanenti	Mpp =	583.62	kNm
Momento Negativo per sisma	MSnegd =	-35.54	kNm
Tensione superiore nel CLS Trave	=	2.91	N/mm <sup>2</sup>
Tensione inferiore nel CLS Trave	=	9.00	N/mm <sup>2</sup>

## VERIFICA ALLO STATO LIMITE VITA :

Distanza di massima sollecitazione dall' estremo sinistro della Trave : X =7.20m

Combinazione di carichi quasi permanente. =

Momento per combinazione quasi permanente Mqp = 1139.51 kNm

Momento Sismico verticale MaSv = 196.34 kNm

Il momento resistente è calcolato con il diagramma dell' acciaio formato da una bilatera con il punto di snervamento =  $0.9 \times f_{pk} / 1.15$  e l' estremo in  $f_{pk} / 1.15$ .

Il diagramma del CLS con ascissa max fcd

L'ordinata max = 3.5 o/oo

Momento simico SLV Mslv = 1335.85 kNm

Momento Resistente MRd = 3079.81 kNm

deve essere  $MRd \geq Mslv$

Verifica allo sforzo sismico verticale negativo.

Momento soli carichi permanenti Mpp = 583.62 kNm

Momento Negativo per sisma MSnegV = -100.56 kNm

Tensione superiore nel CLS Trave = 2.39 N/mm<sup>2</sup>

Tensione inferiore nel CLS Trave = 9.51 N/mm<sup>2</sup>

## VERIFICA A TAGLIO SEZIONE NON PRECOMPRESSA

### Sezione su appoggio sinistro

#### Verifica allo stato limite di danno

Taglio Totale comb. sismica (2.5.5 NTC 17.01.2018) VEd-Danno= 319.90 kN

Taglio di calcolo all'appoggio comb. ultima VEd = 634.29 kN

$VEd > VEd-Danno$  - Stato limite danno Verificato

#### Verifica allo stato limite Vita

Taglio Totale comb. sismica (2.5.5 NTC 17.01.2018) VEd-Vita= 353.49 kN

Taglio di calcolo all'appoggio comb. ultima VEd = 634.29 kN

$VEd > VEd-Vita$  - Stato limite Vita Verificato

## VERIFICHE STATO LIMITE DI DANNO e VITA SEZ. INIZ. PRECOMPRESSE

### STATO LIMITE DI DANNO

Sezione 1 a metri .9 dal punto d' appoggio.

Sforzo di precompressione finale Nf = 2477.27 kN

Momento per combinazione quasi permanente	Mqp =	255.26	kNm
Momento Sismico verticale	MSvd =	15.55	kNm
Tensione superiore nel CLS Trave	=	0.76	N/mm <sup>2</sup>
Tensione inferiore nel CLS Trave	=	10.52	N/mm <sup>2</sup>
Taglio Totale Carichi e Sisma	Ves =	281.90	kN
Sigma principale di Trazione	=	-0.39	N/mm <sup>2</sup>
Area staffe necessaria	Asws/m =	3.00	cm <sup>2</sup> /m
Area staffe Taglio/ m introdotta reagente	Asw/m =	3.00	cm <sup>2</sup> /m
Verifica allo sforzo sismico verticale negativo.			
Momento soli carichi permanenti definiti	Mpp =	136.79	kNm
Momento Negativo per sisma	MSnegd =	-8.33	kNm
Tensione superiore nel CLS Trave	=	-0.38	N/mm <sup>2</sup>
Tensione inferiore nel CLS Trave	=	11.63	N/mm <sup>2</sup>

#### **STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA VITA**

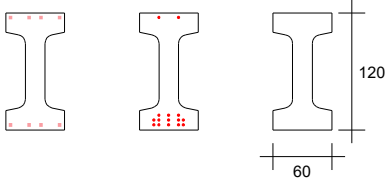
Momento comb. quasi permanente + Mom. Sismico verticale

Momento sismo SLV	Mslv =	299.24	kNm
Momento di Rottura	Mr =	3076.69	kNm
deve essere Mr >= Mslv			
Taglio Totale Carichi e Sisma	VEd =	311.50	kN
TAGLIO PORTATO DA TRAVE SENZA BISOGNO STAFFE	Vrdc =	374.58	kN >= VEd
Momento soli carichi permanenti definiti	Mpp =	136.79	kNm
Momento Negativo per sisma	MSnegd =	-23.57	kNm
Calcolo a rottura per sollecitazione minima.			
Distanza da bordo inf. ultima dello Sforzo N	Dsu =	6.46	cm
Distanza da bordo inf. dello Sforzo N	Dss =	31.05	cm
Deve essere Dss >= Dsu			

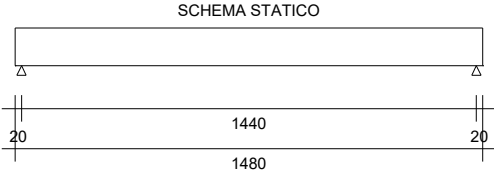
PROGETTO: TRAVE\_PAVER.txt  
Nome Trave: PAVER\_DOPPIO\_T

SISMA STATI LIMITE DANNO-VITA

N. 8 ferri 12mm N. 15 trefoli da 1.39



FERRI TREFOLI SEZIONE



Max

DIST. SEZ. DA APP.		E + G1 + G2 + Psi21Qk1 Psi21 = 0.2 VERSO IL BASSO SLD					-E + G1 VERSO L'ALTO SLD			E + G1 + G2 + Psi21Qk1 Psi21 = 0.2 SISMA VERSO IL BASSO SLV					-E + G1 VERSO L'ALTO SLV		
Sez N°.	Dist m	Momento kNm	Sigma Getto N/mm² 0.7fck	Sigma Sup. N/mm² 0.7fck	Sigma Inf. N/mm² 1.3fctm	Sigma Princ. N/mm² 1.3fctm(2/3)	Momento kNm	Sigma Sup. N/mm² 0.7fck	Sigma Inf. N/mm² 1.3fctm	Momento kNm	Sigma Getto N/mm² 0.7fck	Sigma Sup. N/mm² 0.7fck	Sigma Inf. N/mm² 1.3fctm	M rott / M slv	Momento kNm	Sigma Sup. N/mm² 0.7fck	Sigma Inf. N/mm² 1.3fctm
			<14.53	<31.96	>-4.98	>-3.32		<31.96	>-4.98		<14.53	<31.96	>-4.98	> 1		<31.96	>-4.98
1	0.90	270.81		0.76	10.52	-0.39	128.46	-0.38	11.63	299.24		0.99	10.30	10.28	113.22	-0.50	11.75
2	2.06	568.75		3.12	8.41	-0.27	268.45	0.72	10.74	628.47		3.60	7.94	4.90	236.61	0.47	10.99
3	3.09	786.12		4.84	6.86	-0.18	369.12	1.51	10.11	868.67		5.50	6.22	3.54	325.33	1.16	10.45
4	4.11	958.82		6.21	5.63	-0.11	447.42	2.12	9.62	1059.50		7.01	4.85	2.91	394.34	1.70	10.03
5	5.14	1086.86		7.22	4.72	-0.05	503.34	2.56	9.27	1200.98		8.13	3.83	2.56	443.63	2.08	9.73
6	6.17	1170.22		7.88	4.13	-0.02	536.89	2.82	9.06	1293.10		8.86	3.17	2.38	473.20	2.31	9.56
7	7.20	1208.91		8.19	3.85	0.00	548.07	2.91	9.00	1335.85		9.20	2.86	2.31	483.06	2.39	9.51
8	8.23	1170.20		7.88	4.13	-0.02	536.88	2.82	9.06	1293.07		8.86	3.17	2.38	473.20	2.31	9.56
9	9.26	1086.81		7.22	4.72	-0.05	503.32	2.56	9.27	1200.94		8.13	3.83	2.56	443.62	2.08	9.73
10	10.29	958.76		6.21	5.63	-0.11	447.39	2.12	9.62	1059.44		7.01	4.85	2.91	394.32	1.70	10.03
11	11.31	786.05		4.84	6.86	-0.18	369.08	1.51	10.11	868.58		5.50	6.22	3.54	325.30	1.16	10.45
12	12.34	568.66		3.12	8.41	-0.27	268.41	0.72	10.74	628.37		3.60	7.94	4.90	236.57	0.47	10.99
13	13.50	270.81		0.76	10.52	-0.39	128.46	-0.38	11.63	299.24		0.99	10.30	10.28	113.22	-0.50	11.75

## VERIFICA A TAGLIO SEZIONE NON PRECOMPRESSA

### Sezione su appoggio sinistro

#### Verifica allo stato limite di danno

Taglio Totale comb. sismica (2.5.5 NTC 17.01.2018)

VEd-Danno= 319.90 kN

Taglio di calcolo all'appoggio comb. ultima

VEd = 634.29 kN

VEd > VEd-Danno - Stato limite danno Verificato

#### Verifica allo stato limite Vita

Taglio Totale comb. sismica (2.5.5 NTC 17.01.2018)

VEd-Vita= 353.49 kN

Taglio di calcolo all'appoggio comb. ultima

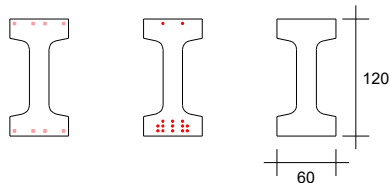
VEd = 634.29 kN

VEd > VEd-Vita - Stato limite Vita Verificato

PROGETTO: TRAVE\_PAVER.txt

Nome Trave: PAVER\_DOPPIO\_T

N. 8 ferri 12mm N. 15 trefoli da 1.39



FERRI TREFOLI SEZIONE

V Rara = 444.48 kN  
V SLU = 634.29 kN

V Rara = 444.48 kN  
V SLU = 634.29 kN

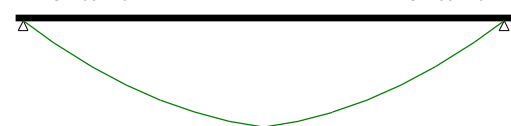
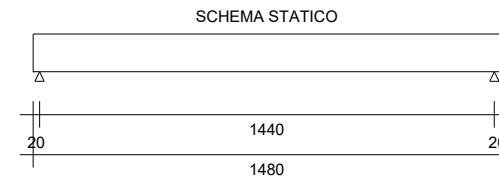


DIAGRAMMA MOMENTO



XF1: Moderata saturaz. d'acqua, senza agenti  
disgelanti

Rck =	55	fck =	45.65	fctm =	3.83	Rckj =	40	fckj =	33.2	fctmj =	3.10	Rck G =	25	fck =	20.75	fyk =	450	fptk =	1860	fp1k =	1670
-------	----	-------	-------	--------	------	--------	----	--------	------	---------	------	---------	----	-------	-------	-------	-----	--------	------	--------	------

DISTANZA DA APPOGGIO SIN.		TESATURA INIZIALE PESO TRAVE				COMB. QUASI PERMAN. 21 = 0.2			COMB. FREQUENTE 11 = 0.2			COMBINAZIONE RARA				COMBINAZIONE ULTIMA				
Sez N°.	Dist. m	Momento kNm	Sigma Sup. N/mm² 1.2fctmj	Sigma Inf. N/mm² 0.7fckj	Dese. / Dult.	Momento kNm	Sigma Sup. N/mm² 0.45fck	Sigma Inf. N/mm² fctm/1.2	Momento kNm	Sigma Sup. N/mm² fctm/1.2	Sigma Inf. N/mm² fctm/1.2	Momento kNm	Sigma Getto N/mm² 0.48fck	Sigma Sup. N/mm² 0.6fck	Sigma Inf. N/mm² 0.6fck	Momento kNm	MRd / MEd	Taglio kN	Vrd/VE d Vrdc/V Ed	Area Staffe cm²/m
			>-3.72	<23.24	> 1		<20.54	>-3.19		>-3.19	>-3.19		<9.96	<27.39	<27.39		> 1		> 1	
1	0.90	63.89	-1.14	14.39	2.42	255.26	0.64	10.64	255.26	0.64	10.64	379.25		1.63	9.68	541.51	5.55	569.07	1.2	3.00
2	2.06	133.51	-0.59	13.85	2.63	536.10	2.86	8.66	536.10	2.86	8.66	805.79		5.01	6.56	1151.51	2.61	485.20	1.4	3.00
3	3.09	183.58	-0.19	13.46	2.79	740.99	4.48	7.21	740.99	4.48	7.21	1127.24		7.57	4.20	1612.25	1.87	410.66	1.7	3.00
4	4.11	222.52	0.13	13.15	2.91	903.78	5.77	6.06	903.78	5.77	6.06	1394.40		9.69	2.24	1996.32	1.51	336.12	2.1	3.00
5	5.14	250.33	0.35	12.94	2.99	1024.47	6.72	5.21	1024.47	6.72	5.21	1607.27		11.38	0.67	2303.71	1.31	261.57	2.7	3.00
6	6.17	267.02	0.48	12.81	3.05	1103.04	7.34	4.65	1103.04	7.34	4.65	1765.85		12.64	-0.51	2534.43	1.19	187.03	3.8	3.00
Max 7	7.20	272.58	0.53	12.76	3.06	1139.51	7.63	4.39	1139.51	7.63	4.39	1870.11		13.47	-1.30	2688.43	1.12	112.51	>>1	3.00
8	8.23	267.01	0.48	12.81	3.05	1103.02	7.34	4.65	1103.02	7.34	4.65	1765.80		12.64	-0.51	2534.35	1.19	187.06	3.8	3.00
9	9.26	250.32	0.35	12.94	2.99	1024.43	6.72	5.21	1024.43	6.72	5.21	1607.20		11.38	0.67	2303.61	1.31	261.60	2.7	3.00
10	10.29	222.50	0.12	13.15	2.91	903.73	5.77	6.06	903.73	5.77	6.06	1394.31		9.69	2.24	1996.19	1.51	336.15	2.1	3.00
11	11.31	183.56	-0.19	13.46	2.79	740.92	4.48	7.21	740.92	4.48	7.21	1127.13		7.57	4.20	1612.09	1.87	410.69	1.7	3.00
12	12.34	133.49	-0.59	13.85	2.63	536.01	2.86	8.66	536.01	2.86	8.66	805.65		5.01	6.56	1151.32	2.61	485.23	1.4	3.00
13	13.50	63.89	-1.14	14.39	2.42	255.26	0.64	10.64	255.26	0.64	10.64	379.25		1.63	9.68	541.51	5.55	569.07	1.2	3.00

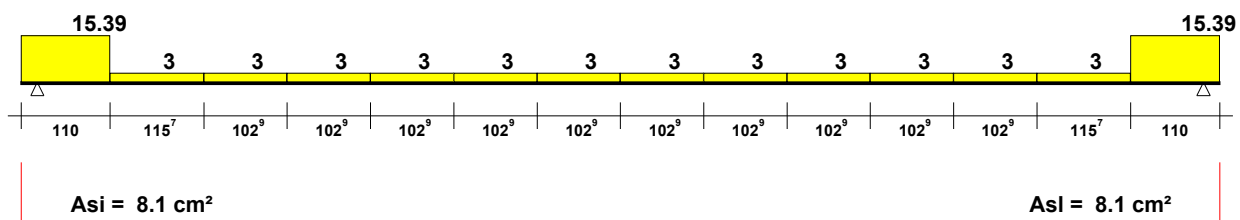
# 1) VERIFICHE A TAGLIO SEZIONE NON PRECOMPRESSA

## Sezione sull'appoggio sinistro

Taglio all' appoggio comb.Rara	Vrara =	444.48	kN
Taglio di calcolo all'appoggio comb. ultima	VEd =	634.29	kN
Larghezza resistente a Taglio	bw =	20.00	cm
Altezza Utile = H trave - 3cm	d =	117.00	cm
Angolo puntone compresso calcolato	=	13.2	°
Angolo puntone compresso usato per il calcolo	=	45.0	°
Cot Tzeta >= 1 e <= 2.5	Cot =	1.00	
Angolo asse staffe rispetto asse trave	=	90	°

## Progetto armatura a taglio e verifiche secondo Capitoli 6.2.2 e 6.2.3 EC2

### DIAGRAMMA AREA STAFFE cm²/m



Area staffe = $V_{Ed} \cdot s / [z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(Tzeta)]$ (6.8 EC2)	Asw =	15.39	cm²/m
Acciaio inferiore $V_{Ed} / (f_{yk} / 1.15)$	Asl =	16.21	cm²
Momento Traslato	MEd =	328.25	kNm
Acciaio inferiore ancorato necessario	Asa =	8.10	cm²
Momento Resistente con Asa	MRd =	358.90	kNm
MRd >= MEd VERIFICATO			
$\rho_l = Asa / (bw \cdot d) \leq 0.02$ (6.2.2 EC2)	l =	0.003	<= 0.02 VERIFICATO
<b>Verifica Taglio senza staffe</b>			
$V_{rdc} = Crdc \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot bw \cdot d$ (6.2.a EC2)	Vrdc =	106.73	kN < VEd - NON VERIFICATO
Crdc = 0.18 / GammaC	Crdc =	0.129	
$k = 1 + \sqrt{200 / d} \leq 2$	k =	1.41	
<b>Verifica Taglio Trazione</b>			
$z = 0.9 \cdot d$			
$f_{ywd} = f_{yk} / 1.15$	$f_{ywd} =$	391.30	N/mm²
Taglio $VR_{d,s} = Asw \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(tzeta) / s$ (6.8 EC2)	VRds =	634.29	kN >= VEd - VERIFICATO
Area staffe max ammessa (6.12 EC2)	Asw,m =	34.74	cm²/m >= Asw - VERIFICATO
<b>Verifica Taglio Compressione</b>			
$V_{rd,max} = \alpha_{facw} \cdot bw \cdot z \cdot n_{i1} \cdot f_{cd} / [\cot(Tzeta) + \tan(Tzeta)]$ (6.9 EC2)	Vrd,max =	1431.23	kN >= VEd - VERIFICATO
Alfacw =	cw =	1.00	
$n_{i1} = 0.6 \cdot (1 - f_{ck} / 250)$ (6.6N EC2)	1 =	0.49	
Verifica Puntone $V_{max} = K_a \cdot bw \cdot d \cdot n_{i1} \cdot f_{cd}$ (6.5 EC2)	Vmax =	1590.39	kN >= VEd - VERIFICATO
$K_a = 0.5 - 0.1552 \cdot [\cot(Tzeta) - 1] / (2.5 - 1)$	Ka =	0.500	



$\eta_i = 0.6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$	(6.6N EC2)	=	0.49	
$f_{cd} = 0.85 \cdot f_{ck} / \gamma_{mc}$		$f_{cd} =$	27.72	N/mm <sup>2</sup>

## 2) DEFORMABILITA' DELLA TRAVE

Le Freccie sono calcolate nella sezione a m 7.40 dall' estremo sx della Trave

Altezza Trave = 120.00 cm

Freccie provocate dalla storia di carico della Trave: + freccia verso il basso, - freccia verso l'alto

Luce di calcolo Freccie	$L_c =$	14.40	m
Calcestruzzo allo sbanco	$R_{ck}' =$	40.00	N/mm <sup>2</sup>
E iniziale Teorica	$E' =$	33.640	kN/mm <sup>2</sup>
Momento inerzia Trave	$J_i =$	7633662	cm <sup>4</sup>
Freccia per precompressione	$f_1 =$	-1.056	cm
Freccia per peso proprio trave	$f_2 =$	0.229	cm
Freccia allo sbanco Totale $f_1+f_2$	$f_{sba} =$	-0.826	cm

### FRECCIA ISTANTANEA IN ESERCIZIO - Si considerano agenti tutti i carichi

Calcestruzzo allo stadio finale	$R_{ck} =$	55.00	N/mm <sup>2</sup>
E Teorica	$E =$	36.420	kN/mm <sup>2</sup>
Momento inerzia Trave in mezzeria	$J_t =$	7623917	cm <sup>4</sup>
Freccia per precompressione	$f_3 =$	-0.976	cm
Freccia p.proprio+permanenti pienamente definiti	$f_4 =$	0.454	cm
Freccia totale perm. pien. definiti $f_3+f_4$	$f_p =$	-0.522	cm
Freccia permanenti non pienamente definiti	$f_5 =$	0.290	cm
Freccia accidentali $Q_{k1}+\psi_{i02} \cdot Q_{k2}$	$f_6 =$	0.626	cm
Freccia totale istantanea per tutti i carichi $f_p+f_5+f_6$	$f_t =$	0.394	cm

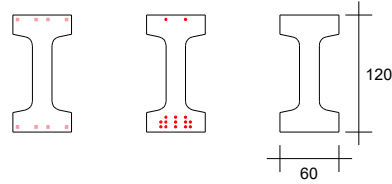
### FRECCIA IN ESERCIZIO A LUNGO TERMINE - Si considera la combinazione quasi permanente

Coeff. di Viscosità a tempo infinito	$F_i(t,t_0) =$	2.071	
Coefficiente di omog. E acciaio / E efficace		18.412	
Dove E efficace = $E \text{ Teorica} / [1 + F_i(t,t_0)]$ (7.20 EC2)		11.861	kN/mm <sup>2</sup>
Momento inerzia Trave in mezzeria	$J_f =$	8561685	cm <sup>4</sup>
Freccia per precompressione	$f_3 =$	-2.439	cm
Freccia p.proprio+permanenti pienamente definiti	$f_4 =$	1.291	cm
Freccia totale a lungo term. perm. pien. definiti $f_3+f_4$	$f_{dt} =$	-1.149	cm
Freccia permanenti non pienamente definiti	$f_5 =$	0.825	cm
Freccia accidentali quasi perm. $\psi_{i21} \cdot Q_{k1} + \psi_{i22} \cdot Q_{k2}$	$f_6 =$	0.356	cm
Limite deformazione	$L_c/250 =$	5.760	cm
Freccia totale quasi permanente lungo termine $f_{dt}+f_5+f_6$	$f_{qper} =$	0.033	cm $\leq L_c/250$ - VERIFICATO

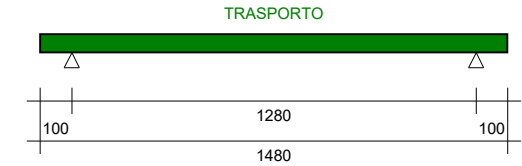
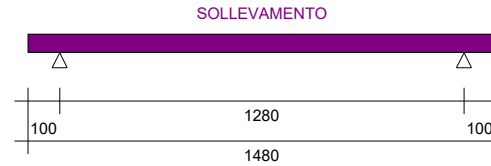
PROGETTO: TRAVE\_PAVER.txt

Nome Trave: PAVER\_DOPPIO\_T

N. 8 ferri 12mm N. 15 trefoli da 1.39



FERRI TREFOLI SEZIONE

**SOLLEVAMENTO**

MOM. SOLLEVAMENTO E DIST. INIZIO TRAVE			SOLLEVAMENTO E PRECOMPRESSIONE ALLO SBANCO Rckj CLS =40 N/mm²					
Sez N°	Dist m	Momento kNm	Sigma Sup Cls N/mm² <i>fcfd</i>	Sigma Sup Acciaio N/mm² <i>0.8fyk</i>	Sigma Sup Trefoli N/mm² <i>0.8fpk</i>	Apertura Fessure mm	Acciaio Sup Trazione cm²	Sigma Inf. Cls N/mm² <i>0.7fckj</i>
			>-2.58	<360	<1456	<0.30		<23.24
1	1.10	1.42	-1.64	*	*	*	4.52	14.88
2	1.10	1.42	-1.64	*	*	*	4.52	14.88
3	1.98	55.91	-1.21	*	*	*	4.52	14.45
4	2.97	106.89	-0.80	*	*	*	4.52	14.05
5	3.95	147.67	-0.47	*	*	*	4.52	13.74
6	4.94	178.25	-0.23	*	*	*	4.52	13.50
7	5.92	198.64	-0.07	*	*	*	4.52	13.34
8	6.91	208.84	0.02	*	*	*	4.52	13.26
9	7.89	208.84	0.02	*	*	*	4.52	13.26
10	8.88	198.64	-0.07	*	*	*	4.52	13.34
11	9.86	178.25	-0.23	*	*	*	4.52	13.50
12	10.85	147.67	-0.47	*	*	*	4.52	13.74
13	11.83	106.89	-0.80	*	*	*	4.52	14.05
14	12.82	55.91	-1.21	*	*	*	4.52	14.45
15	13.70	1.42	-1.64	*	*	*	4.52	14.88
16	13.70	1.42	-1.64	*	*	*	4.52	14.88

**TRASPORTO**

MOM. TRASPORTO E DIST. INIZIO TRAVE			TRASPORTO E PRECOMPRESSIONE DOPO 15 GIORNI DI STOCCAGGIO Rckj CLS =50 N/mm²					
Sez. N°	Dist. m	Momento kNm	Sigma Sup. Cls N/mm² <i>fcfd</i>	Sigma Sup Acciaio N/mm² <i>0.8fyk</i>	Sigma Sup Trefoli N/mm² <i>0.8fp1k</i>	Apertura Fessure mm	Acciaio Sup Trazione cm²	Sigma Inf. Cls N/mm² <i>0.7fckj</i>
			>-3.01	<360	<1336	<0.30		<29.18
1	1.10	1.42	-1.60	*	*	*	4.52	14.49
2	1.10	1.42	-1.60	*	*	*	4.52	14.49
3	1.85	48.34	-1.22	*	*	*	4.52	14.13
4	2.71	94.29	-0.86	*	*	*	4.52	13.77
5	3.56	132.58	-0.55	*	*	*	4.52	13.47
6	4.41	163.21	-0.31	*	*	*	4.52	13.23
7	5.27	186.18	-0.12	*	*	*	4.52	13.05
8	6.12	201.50	0.00	*	*	*	4.52	12.93
9	6.97	209.15	0.06	*	*	*	4.52	12.87
10	7.83	209.15	0.06	*	*	*	4.52	12.87
11	8.68	201.50	0.00	*	*	*	4.52	12.93
12	9.53	186.18	-0.12	*	*	*	4.52	13.05
13	10.39	163.21	-0.31	*	*	*	4.52	13.23
14	11.24	132.58	-0.55	*	*	*	4.52	13.47
15	12.09	94.29	-0.86	*	*	*	4.52	13.77
16	12.95	48.34	-1.22	*	*	*	4.52	14.13
17	13.70	1.42	-1.60	*	*	*	4.52	14.49