



Comune di **MINERBIO**

Provincia di BOLOGNA



NUOVA CIRCONVALLAZIONE NORD MINERBIO DALLA S.P.44 ALLA S.P.5



COMMITTENTE
ECORED s.r.l.

via Fiumicello, 33/B
Minerbio (BO)
P.IVA 03331681209

PROPRIETA'
ORNELLA GOVONI
FABIO ROSSI

C.F. GVN RLL 64S66 C469W
C.F. RSS FBA 62H29 F219C

P R O G E T T O D E F I N I T I V O

TITOLO:

PROGETTO STRUTTURALE
RELAZIONE DI CALCOLO : IMPALCATO

CODIFICA:

GE ST 02

Scala :

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

CAPOGRUPPO



IS Ingegneria e Servizi S.R.L.S.

Via Malavolti n. 43 - 41122 MODENA
Tel. 059 350060 - Fax. 059342750
Mail: info@ingegneriaservizi.it
Pec: is-modena@pec.it

Dott. Ing. Sergio Violetta (Direttore Tecnico)

Geom. Tiziano Cavani
Dott. Ing. Manuela Soli
Dott. Ing. Elisa Moruzzi
Ing. Claudio Arnò
Geol. Claudio Preci

00	Settembre 2022	EMISSIONE	E. MORUZZI	M. SOLI	S. VIOLETTA
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	SOFTWARE DI CALCOLO	8
4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
4.1	CALCESTRUZZO	9
4.2	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO (armatura lenta)	9
4.3	TREFOLI IN ACCIAIO (armatura precompressa).....	10
5	CRITERI E METODI DI CALCOLO	10
5.1	MODELLAZIONE UTILIZZATA.....	13
5.1.1	Dati geometrici.....	13
5.1.2	Trave prefabbricata.....	14
5.1.3	Getto in opera	15
5.1.4	Parametri dei materiali.....	16
5.2	RIPARTIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI (Parametri di Massonnet).....	16
6	ANALISI DEI CARICHI	18
6.1	VALORI CARATTERISTICI DELLE AZIONI PERMANENTI.....	18
6.1.1.1	Pesi propri	18
6.1.1.2	Pavimentazione	18
6.1.1.3	Peso dei cordoli	19
6.2	CARICHI DA TRAFFICO.....	19
6.2.1.1	Tandem e distribuiti.....	19
6.2.1.2	Azione longitudinale di frenamento o accelerazione	19
6.2.1.3	Azione centrifuga	20
6.3	CARICO DA VENTO	20
6.4	AZIONE SISMICA (STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV)).....	21
6.4.1.1	Parametri per la determinazione dell'azione sismica	21
6.4.1.2	Spettro di risposta in accelerazione	23
6.4.1.3	Forze orizzontali	24
6.4.1.4	Forze verticali	24
7	APPLICAZIONE DEL METODO DI MASSONNET	26
7.1	PESO CORDOLI	26
7.2	CARICHI MOBILI PER MASSIMO EFFETTO SU TRAVE	26
7.3	CARICHI MOBILI PER CALCOLO M MAX SU TRAVERSO	26
7.4	CARICHI MOBILI PER CALCOLO M MIN SU TRAVERSO.....	26

8	COMBINAZIONI DI CARICO	28
9	STATICA: RISULTATI DELL'ANALISI	30
9.1	sollecitazioni travi prefabbricate.....	30
9.1.1	Valori caratteristici.....	30
9.1.2	Valori di combinazione - SLU.....	36
9.1.3	Valori di combinazione - SLE	40
1.1	SOLLECITAZIONI SUL TRAVERSO IN CAMPATA.....	45
9.1.4	Valori caratteristici momenti flettenti.....	45
9.1.5	Valori di combinazione - SLU.....	47
9.1.6	Valori di combinazione - SLE	48
9.2	SOLLECITAZIONI SULLA SOLETTA.....	50
9.2.1	Valori caratteristici.....	50
9.2.2	Combinazioni SLU	51
9.2.3	Combinazioni SLE	51
9.3	REAZIONI MASSIME AGLI APPOGGI	51
9.3.1	Valori caratteristici reazioni verticali	52
9.3.2	Valori caratteristici reazioni orizzontali	53
9.3.3	Combinazioni	53
10	SISMICA: RISULTATI DELL'ANALISI	56
10.1	AZIONI SULLE TRAVI PREFABBRICATE	56
10.1.1.1	Valori caratteristici SLU.....	56
10.1.1.2	Valori caratteristici SLD	57
10.1.1.3	Combinazione sismica SLU	59
10.1.1.4	Combinazione sismica SLD.....	60
10.2	AZIONI SUL TRAVERSO.....	62
10.2.1.1	Valori caratteristici SLU.....	62
10.2.1.2	Valori caratteristici SLD	62
10.2.1.3	Combinazione sismica SLU	63
10.2.1.4	Combinazione sismica SLD.....	63
10.3	APPOGGI	64
10.3.1.1	Valori caratteristici SLU.....	64
10.3.1.2	Valori caratteristici SLD	64
10.3.1.3	Combinazione sismica SLU	65
10.3.1.4	Combinazione sismica SLD.....	65
11	VERIFICA DELLA TRAVE PRECOMPRESSA	67
11.1	DATI GEOMETRICI E DEI MATERIALI.....	67
11.1.1.1	Trave prima fase	67

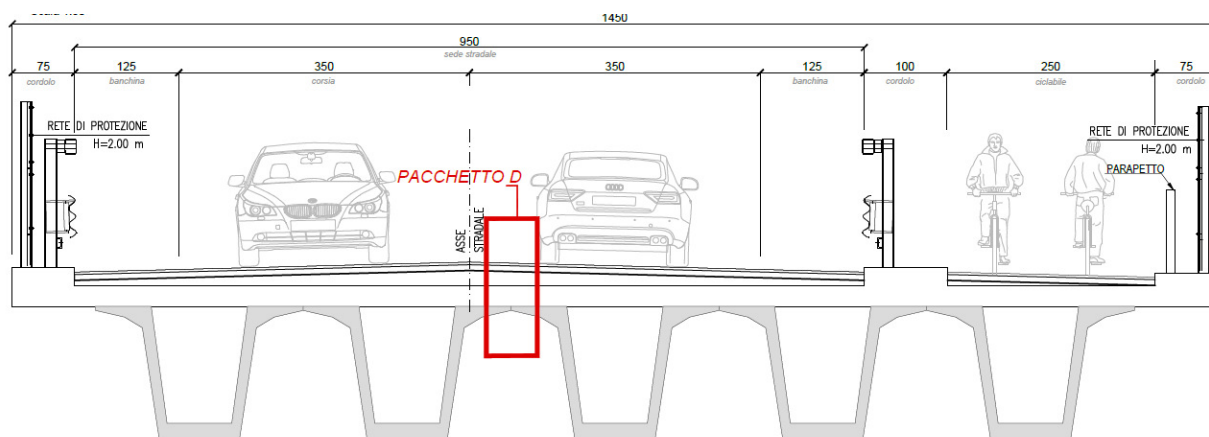
11.1.1.2	Trave seconda fase	67
11.1.1.3	Armature trave prefabbricata: Armature di precompressione pretesate	67
11.1.1.4	Armature trave prefabbricata: Armatura lenta	68
11.1.1.5	Armature getto in opera	68
11.1.1.6	Calcestruzzo travi prefabbricate	69
11.1.1.7	Calcestruzzo getto in opera	69
11.1.1.8	Acciaio per armatura lenta	69
11.1.1.9	Acciaio per armatura da precompressione	69
11.2	SOLLECITAZIONI ESTERNE	70
11.2.1.1	Combinazioni di 2a fase	70
11.3	RISULTATI DELLE VERIFICHE	70
11.3.1.1	Verifica sezione X=0,00 - Sezione all'appoggio	70
11.3.1.2	Verifica sezione X=1250,00 - Sezione di mezzzeria	75
11.3.1.3	Deformazioni dell'impalcato	80
12	VERIFICA DEL TRAVERSO	82
12.1	DATI GEOMETRICI E DEI MATERIALI	82
12.1.1.1	Sezione C30/37	82
12.1.1.2	Armature longitudinali - B450	83
12.1.1.3	Sezione di c.a. (n=15)	84
12.2	VERIFICHE	84
12.2.1.1	Stati Limite Ultimi	84
12.2.1.2	Tensioni di Esercizio: Rare	85
12.2.1.3	Tensioni Esercizio: Quasi permanenti	87
12.2.1.4	Verifiche a fessurazione	89
13	VERIFICA TRASVERSALE DELLA SOLETTA	90
13.1	DATI GEOMETRICI E DEI MATERIALI	90
13.1.1.1	Sezione C30/37	90
13.1.1.2	Armature longitudinali - B450	91
13.1.1.3	Sezione di c.a. (n=15)	92
13.2	VERIFICHE	92
13.2.1.1	Stati Limite Ultimi	92
13.2.1.2	Tensioni di Esercizio: Rare	93
13.2.1.3	Tensioni Esercizio: Quasi permanenti	94
13.2.1.4	Verifiche a fessurazione	95
14	DIMENSIONAMENTO APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI	96

1 PREMESSA

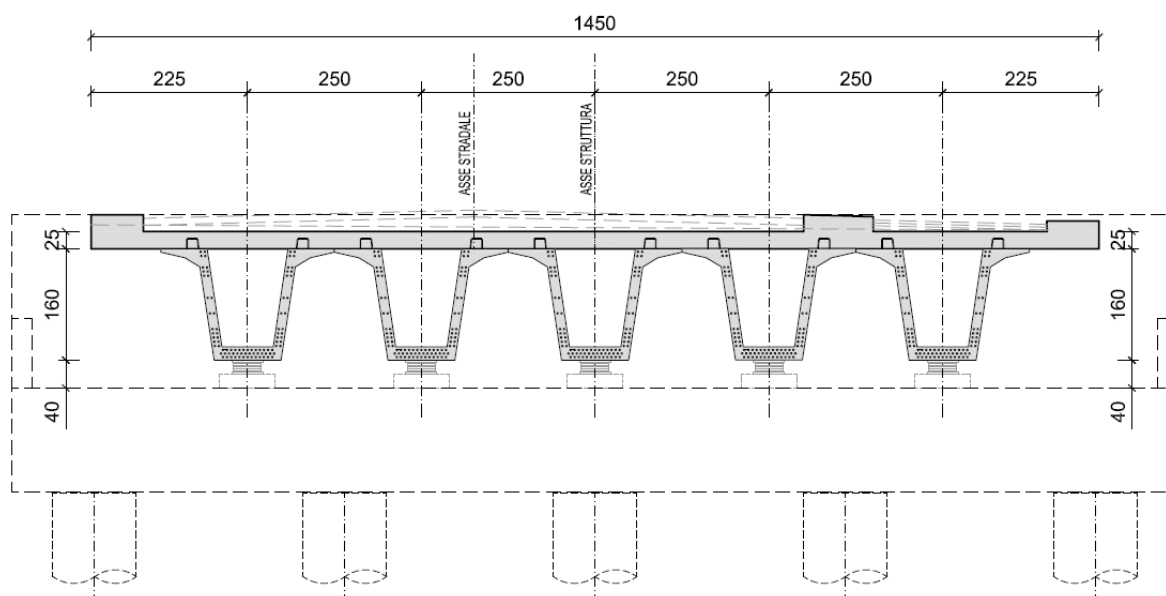
La presente parte della relazione è volta al dimensionamento e alla verifica dell'impalcato a travi precomprese del ponte sul canale di bonifica dell'ente Burana presente nel progetto della nuova circonvallazione nord di Minerbio, dalla SP44 alla SP1.

L'opera sarà costituita da un impalcato unico, di luce totale 25.00 metri, che supporta una carreggiata stradale da un lato e una pista ciclabile dall'altro. La carreggiata stradale è composta da due corsie di 3.50 ml e da banchine di 1.25 ml mentre la pista ciclabile ha larghezza 2,50.

Le carreggiate sono divise da cordoli portando a una larghezza totale dell'impalcato pari a 14.50 ml. L'impalcato si sviluppa in rettilo.



Sezione trasversale impalcato

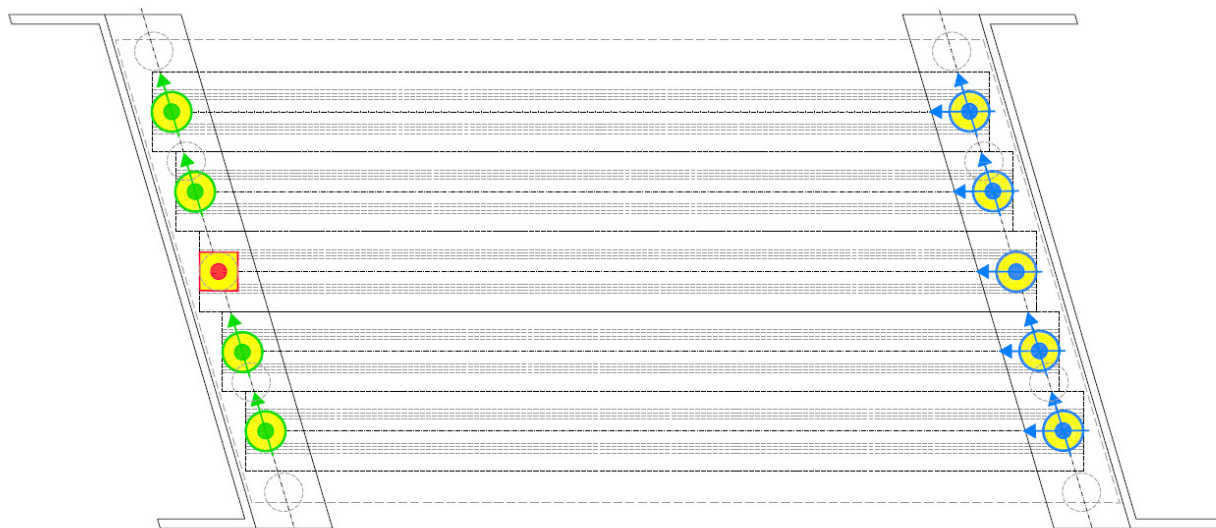


Sezione trasversale impalcato

L'impalcato è costituito da numero 5 travi precomprese tipo VH160 con sezione a V e altezza 1.60 m. La soletta ha spessore 25 cm.

Le travi sono collegate a spalle classiche mediante classici dispositivi di appoggio.

Nello specifico, secondo lo schema seguente avremo numero 1 appoggio fisso, numero 5 appoggi unidirezionali e numero 4 appoggi multidirezionali.



Schema disposizione appoggi

Le travi presentano 2 collegamenti intermedi effettuati con traversi a T.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore.

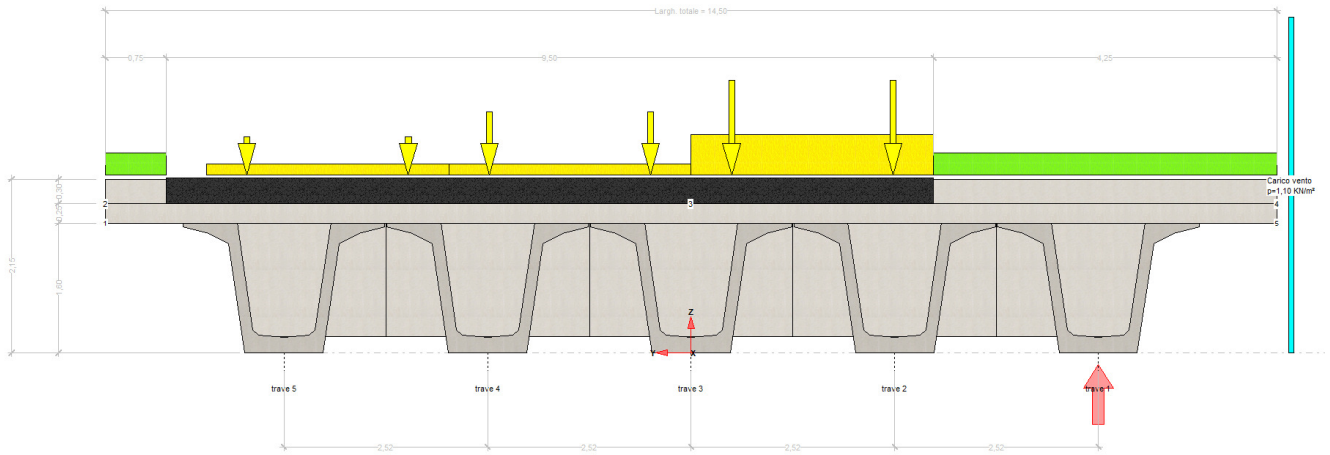
- D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 17 Gennaio 2018 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni" e relativa circolare ministeriale.
- D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
- D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
- Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
- Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
- D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
- D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
- UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
- -UNI EN 1990:2006 - "Eurocodice - Criteri generali di progettazione strutturale."

- UNI EN 1991-1-1: 2004 - "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici."
- UNI EN 1991-1-3: 2004 - "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve."
- UNI EN 1991-1-4: 2005 - "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento."
- UNI EN 1991-1-5: 2004 - "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche."
- UNI EN 1991-1-6: 2005 - "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione."
- UNI EN 1991-1-7: 2006 - "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali."
- UNI EN 1991-2: 2005 - "Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti."
- UNI EN 1992-1-1: 2005 - "Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici."
- - UNI EN 1992-2: 2006 - "Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi."

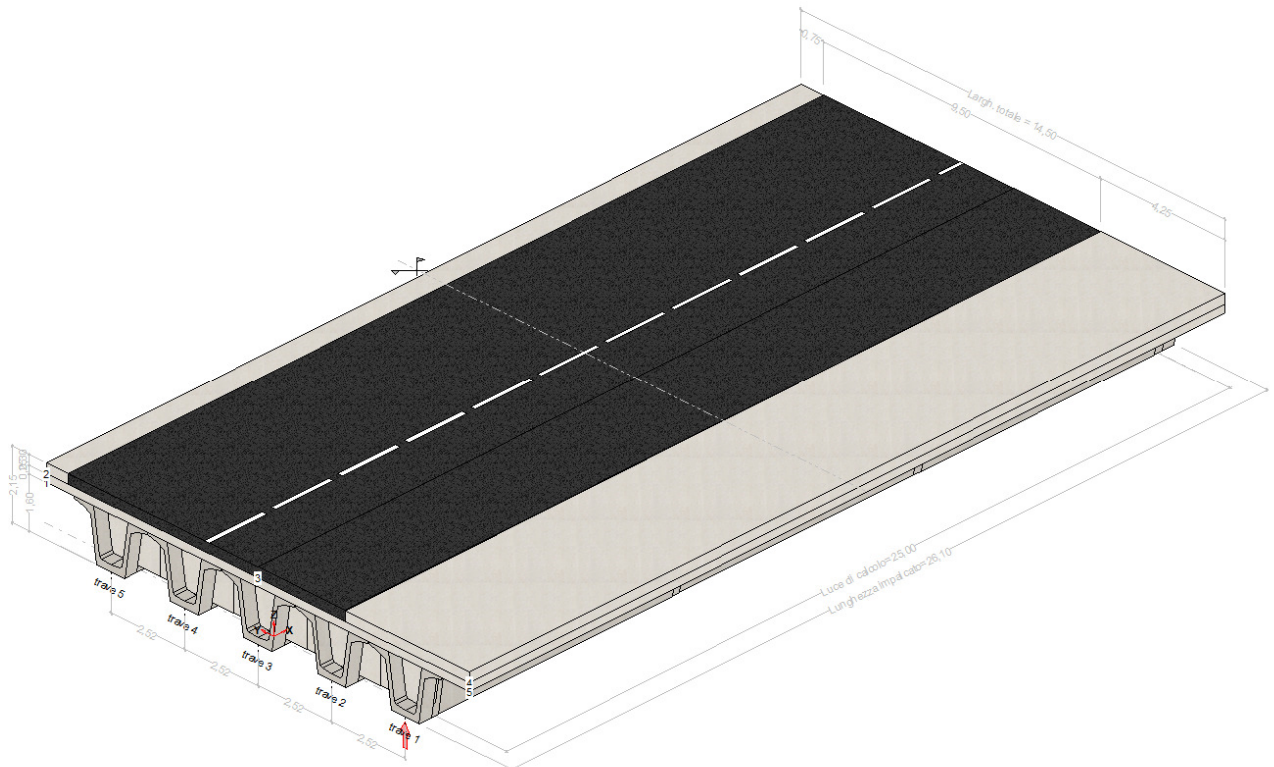
3 SOFTWARE DI CALCOLO

Il calcolo agli elementi finiti è stato utilizzato il software "Eng.9".

Il modello è effettuato in automatico dal software dopo l'inserimento degli input di base.



Modellazione effettuata



Modellazione effettuata

4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali.

4.1 CALCESTRUZZO

Per la realizzazione delle travi prefabbricate si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe C45/55 N/mm², che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 45.65 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	→	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 25.50 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→	$\sigma_c = 0.60 \cdot f_{ck} = 27.00 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	→	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.83 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	→	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.68 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.788 \text{ N/mm}^2$

4.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO (ARMATURA LENTA)

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento, che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura f_t	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	$\geq 7\%$
Rapporto f_t/f_y	$1,13 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_{y \text{ misurato}} / f_{y \text{ nom}}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	→	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	→	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione di calcolo elastica	→	$\sigma_c = 0.80 \cdot f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$
Fattore di sicurezza acciaio	→	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391.30 \text{ N/mm}^2$

4.3 TREFOLI IN ACCIAIO (ARMATURA PRECOMPRESSA)

Per l'armatura precompressa si utilizza un acciaio $f_{pt}1860$.

5 CRITERI E METODI DI CALCOLO

Come già esposto precedentemente il sistema costituente l'impalcato è di tipo misto con travi in c.a.p. e soletta gettata in opera. La modellazione, corrispondente alla reale costruzione dell'opera, sarà pertanto divisa per fasi, che presentano diversi carichi agenti e diverse rigidzze degli elementi strutturali.

L'impalcato viene realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. e getto in opera di traversi e soletta collaboranti. Le travi sono autoportanti, non necessitano di alcun rompitratta o puntellamento provvisorio durante l'esecuzione dell'impalcato.

Si distinguono due fasi successive di lavoro:

- PRIMA FASE dove le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono da sole al peso proprio ed a quello della soletta gettata in opera;
- SECONDA FASE dove Il sistema misto travi precomprese - soletta gettata in opera, divenuto solidale dopo la maturazione del calcestruzzo, resiste al peso delle sovrastrutture e dei carichi accidentali.

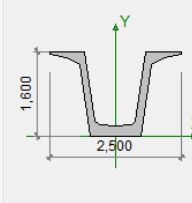
Come già espresso in premessa il programma modella in automatico la struttura in funzione degli input inseriti che sotto si riportano.

Geometria impalcato

Struttura impalcato | Sezione stradale

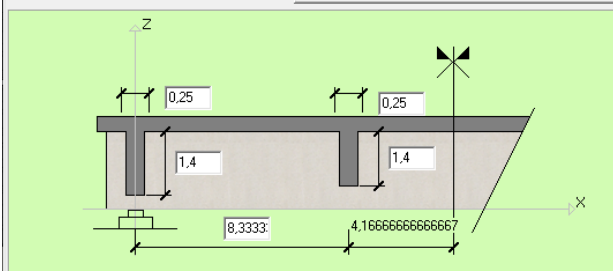
Luce di calcolo: 25
 Lungh. retrotrave: 0,55
 Numero travi: 5
 Interasse travi: 2,52
 Lungh. ringrosso: 0
 Lungh. svasatura: 0
 Trave da verificare (trave 1 a dx): 1
 Numero traversi in campata: 2

Travi principali



VH160

Sezione: campata (selezionato) / testata



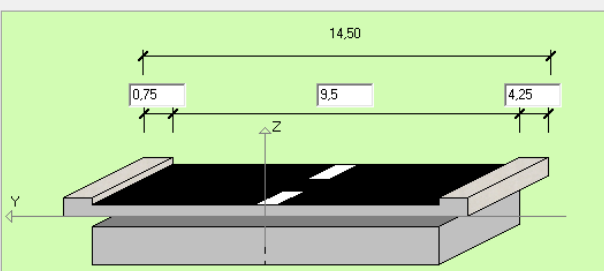
Ok Annulla Quotature standard

Geometria impalcato

Struttura impalcato | Sezione stradale

Ecc. trave-soletta: 0
 Spessore medio soletta: 0,25
 Spessore minimo soletta: 0,2
 Luce di calcolo soletta: 2,5
 Cordolo centrale: ☐
 Spessore medio cordoli: 0,3
 Sezione normalizzata: <nessuna>

Largh. marciapiede sx: 0,75
 Dist. marc. sx-carreggiata: 0
 Largh. marciapiede dx: 4,25
 Dist. marc. dx-carreggiata: 0
 Getto sbalzi in seconda fase soletta: ☐
 Largh. sbalzo destro: 0
 Largh. sbalzo sinistro: 0
 Raggio di curvatura in asse strada Y=0: 0



Ok Annulla Quotature standard

Lo schema statico utilizzato è quello di una trave in semplice appoggio.

Si considera l'impalcato come un piano in cui un sistema di assi ortogonali x, y individua ogni punto di esso.

L'asse x è diretto longitudinalmente all'asse delle travi, l'asse y ortogonalmente.

L'origine di questo sistema di riferimento è posizionata in corrispondenza dell'intersezione tra l'asse di simmetria delle travi prefabbricate e l'asse degli appoggi che fa riferimento alla spalla sinistra: da tale punto le grandezze x sono assunte positive.

Le grandezze y , perciò, rappresentano le eccentricità dei carichi ed hanno segno negativo verso destra e positivo verso sinistra.

L'asse delle z , ortogonale al piano x, y , ha lo zero sul fondo delle travi prefabbricate ed ha valori positivi verso l'alto.

L'impalcato viene realizzato con travi in semplice appoggio collaboranti tra loro grazie all'azione della soletta. Esso, quindi, si presenta come una lastra appoggiata sui lati opposti caratterizzata da una forte ortotropia. Per la ricerca delle sollecitazioni nei vari elementi componenti l'impalcato si ricorre al metodo di Massonnet che permette, mediante l'ausilio di opportuni coefficienti, di risolvere la ripartizione dei carichi e conoscere le sollecitazioni.

Questo metodo fu proposto da Guyon nel 1946 per un grigliato di travi prive di rigidezza torsionale, ripreso da Massonnet nel 1950 per tener conto della torsione, infine esteso da Bares; questi ultimi Autori hanno sistemato in modo definitivo la materia in un libro ("Les calculs des grillages de pontes ed dalles orthotropes selon la Method Guyon - Massonnet - Bares", Dunod, Parigi, 1966) che fornisce un

gran numero di tabelle direttamente utilizzabili dal progettista e che ne ha agevolato una larga diffusione.

Nel grigliato ortotropo il procedimento di Massonnet trae origine dallo studio di un graticcio appoggiato in corrispondenza degli estremi delle travi principali longitudinali e libero sugli altri estremi e che si suppone equivalente ad una piastra ortotropa.

Se si osserva un graticcio di travi si constata che si tratta di una struttura a travi bidirezionali a direzioni per lo più ortogonali.

Il comportamento dell'impalcato dipende essenzialmente dalle rigidezze flessionali e torsionali dei due ordini di travi e dalla loro reciproca influenza.

Si può, pertanto, pensare di assimilare l'impalcato ad una piastra ortotropa nella quale la caratterizzazione di comportamento nelle due direzioni sia data dalle rigidezze flessionali e torsionali anziché dai legami costitutivi dei materiali.

Il metodo di Massonnet considera l'impalcato reale come una lastra rettangolare di larghezza teorica

$$2 \cdot B = n \cdot i \quad n = n.\text{travi}, i = \text{interasse travi}$$

e lunghezza pari alla luce di calcolo; tiene conto della differente deformabilità della lastra in senso longitudinale e in senso trasversale.

Si considera una condizione di carico

$$p(x;e) = P_m \sin(\pi x/l)$$

variabile con legge sinusoidale ed agente parallelamente all'asse x con eccentricità e ; per tale carico la deformata ha una legge $w(x,y;e)$ che si ottiene integrando l'equazione di Huber. Esprimendo in serie di Levy, la deformata assume la forma

$$w(x,y;e) = w(1/2,y;e) \sin(\pi x/l)$$

considerando una condizione di carico avente la stessa legge di variazione e lo stesso P_m ma distribuito su tutta la larghezza dell'impalcato

$$p(x;e) = (P_m/2b) \sin(\pi x/l)$$

si avrà una deformata cilindrica che può assumere la forma

$$w(x) = w(1/2) \sin(\pi x/l)$$

Si può, quindi, definire per una trave di ordinata y e carico di eccentricità e , il coefficiente di ripartizione trasversale (adimensionale)

$$K(y;e) = w(x,y;e) / w(x) = w(1/2,y;e) / w(1/2)$$

Si ha, pertanto, per il carico unitario di eccentricità e , il rapporto fra il carico su una trave di ordinata y e il carico medio $1/n$ dove n è il numero delle travi.

Il valore di $K(y;e)$ è stato calcolato dal Massonnet e tabellato in base ai parametri dai quali dipende e precisamente

- a) dal rapporto y/b rappresentante la posizione della trave longitudinale presa in considerazione (e lungo la quale y ha sempre lo stesso valore)
- b) dal rapporto e/b che rappresenta la posizione del carico
- c) dal rapporto di rigidezza torsionale (compreso tra 0 e 1)
- d) dal rapporto adimensionale di rigidezza flessionale

Il programma posiziona automaticamente sulla carreggiata i carichi previsti dalla normativa scelta, in modo da rendere massime in ogni sezione le sollecitazioni sulla trave indicata dal progettista.

5.1 MODELLAZIONE UTILIZZATA

5.1.1 Dati geometrici

Luce di calcolo	25,00
Larghezza cordolo sinistro	0,75
Larghezza carreggiata	9,50
Larghezza cordolo destro	4,25
Larghezza fuori tutto impalcato	14,50
Numero travi	5
Tipo trave	VH160
Interasse travi	2,52
Larghezza travi	2,50
Lunghezza retrotrave	0,55
Lunghezza ringrosso	0,00

Lunghezza svasatura	0,00
Eccentricità travi-soletta	0,00
Spessore medio soletta	0,25
Spessore minimo soletta	0,20
Luce di calcolo soletta	2,50
Larghezza marciapiede sinistro	0,75
Dist. marciapiede sinistro	0,00
Larghezza marciapiede destro	4,25
Dist. marciapiede destro	0,00
Spessore medio cordoli	0,30

Numero traversi in campata	2
Altezza sezione traversi in campata	1,40
Spessore sezione traversi	0,40

n.	X [m]
1	8,33
2	16,67

Altezza sezione traversi in testata	1,40
Spessore sezione traversi in testata	0,40

n.	X [m]
1	0,00
2	25,00

5.1.2 Trave prefabbricata

Per la descrizione geometrica delle sezioni della trave viene utilizzato un sistema di riferimento x,y locale, avente asse x allineato con l'asse Y globale ma di direzione discorde, ed asse y concorde con asse Z globale.

Vertice n.	x	y
1	-0,48	0,00
2	-0,68	1,34
3	-0,93	1,47
4	-1,25	1,55
5	-1,25	1,60
6	-0,58	1,60
7	-0,38	0,28
8	-0,31	0,22
9	0,00	0,19

Vertice n.	x	y
10	0,31	0,22
11	0,38	0,28
12	0,58	1,60
13	1,25	1,60
14	1,25	1,55
15	0,93	1,47
16	0,68	1,34
17	0,48	0,00

Altezza della sezione	1,60	[m]
Spessore complessivo anime	0,28	[m]
Area sezione di calcestruzzo	0,75	[m ²]
Ordinata y baricentro	0,80	[m]
Ascissa x baricentro	0,00	[m]
J baricentro	0,24	[m ⁴]
Coefficiente torsionale	0,18	[m ⁴]

5.1.3 Getto in opera

La geometria del volume di calcestruzzo gettato in opera viene descritta nel sistema di riferimento X,Y,Z globale dell'impalcato.

Vertice n.	x	y
1	7,25	1,60
2	7,25	1,85
3	0,00	1,85
4	-7,25	1,85
5	-7,25	1,60
6	-0,58	1,60

Lunghezza in direz. X	26,10	[m]
Altezza della sezione	0,25	[m]
Area sezione	3,63	[m ²]
Z baricentro	1,72	[m]
J baricentrico	0,02	[m ⁴]

5.1.4 Parametri dei materiali

Di seguito sono riportati i soli parametri dei materiali necessari per la determinazione delle sollecitazioni e delle deformazioni agenti sugli elementi costitutivi l'impalcato. Per una descrizione completa dei materiali utilizzati e delle loro caratteristiche si rimanda ai capitoli relativi alle verifiche.

Ritiro differenziale trave - soletta	0,00000	[-]
Coeff. omogen. E cls soletta / E cls trave	1,00	[-]
Modulo elastico trave e soletta (calcolo frecce)	3,428327E7	[KN/m ²]
Peso specifico trave prefabbricata	24,5250	[KN/m ³]
Peso specifico calcestruzzo getto in opera	24,5250	[KN/m ³]

5.2 RIPARTIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI (PARAMETRI DI MASSONNET)

Eccentricità trave verificata (n.1)	Y	-5,04	[m]
Luce di calcolo travi principali	L	25,00	[m]
Interasse traversi	L1	8,33	[m]
Semilarghezza teorica impalcato	B	6,30	[m]
Interasse travi	B1	2,52	[m]

TRAVE			
area sezione cls trave+soletta	Ap	1,47	[m ²]
quota baricentro	Dp	1,26	[m]
momento d'inerzia flessionale	Jp	0,5631	[m ⁴]
coefficiente di torsione	Cp	0,1787	[m ⁴]

TRAVERSO			
area sezione cls traverso+soletta	Ae	0,91	[m ²]
quota baricentro da base sezione	De	1,21	[m]
momento d'inerzia flessionale	Je	0,2069	[m ⁴]
coefficiente di torsione	Ce	0,0062	[m ⁴]

Larghezza soletta collaborante con il traverso = 2,25 [m]

Coeff. omogen. E cls soletta / E cls trave = 1,00 [-]

Teta = 0,436 Radice alfa = 0,694

Si calcolano i coefficienti d'influenza della 1ª trave che ha una eccentricità Y = 5,04 [m] e che risulta essere la più sollecitata:

Y	6,30	4,72	3,15	1,57	0,00	-1,57	-3,15	-4,72	-6,30
----------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Y	6,30	4,72	3,15	1,57	0,00	-1,57	-3,15	-4,72	-6,30
K ₀	-1,195	-0,708	-0,214	0,305	0,867	1,488	2,170	2,896	3,626
K ₁	0,523	0,598	0,688	0,800	0,940	1,107	1,296	1,487	1,657
K _α	-0,004	0,198	0,412	0,649	0,918	1,224	1,564	1,919	2,261

Vengono riportati di seguito i coefficienti μ_α relativi alla sezione Y = 0,00 del traverso, ed alla prima armonica.

Y	6,30	4,72	3,15	1,57	0,00	-1,57	-3,15	-4,72	-6,30
μ_α	-0,130	-0,074	-0,010	0,068	0,174	0,068	-0,010	-0,074	-0,130

6 ANALISI DEI CARICHI

Le azioni da considerare nella progettazione dei ponti stradali sono:

- le azioni permanenti;
- le distorsioni, ivi comprese quelle dovute a presollecitazioni di progetto e quelle di origine termica;
- le azioni variabili da traffico;
- le azioni variabili di vento e neve;
- le azioni eccezionali;
- le azioni sismiche.

La viscosità deve essere considerata associata a quelle azioni per le quali dà effetto.

6.1 VALORI CARATTERISTICI DELLE AZIONI PERMANENTI

1. Peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali: g_1
2. Carichi permanenti portati: g_2 (pavimentazione stradale, marciapiedi, sicurvia, parapetti, attrezzature stradali, rinfianchi e simili).
3. Altre azioni permanenti: g_3 (spinta delle terre, spinte idrauliche, ecc.).

6.1.1.1 Pesi propri

Fase 1

Pesi gravanti sulla trave singola:

Lunghezza trave in asse	26,10	[m]
Peso trave (sezione filante)	18,34	[KN/m]
Peso totale trave prefabbricata	478,80	[KN]
Peso soletta gravante sulla trave	21,28	[KN/m]
Peso traverso in testata	15,35	[KN]
Peso traverso in campata	15,35	[KN]

Fase 2

6.1.1.2 Pavimentazione

La larghezza della carreggiata viene suddivisa in 20 intervalli uguali e per ciascuno di essi si determina il valore del coefficiente K_x di Massonnet in corrispondenza del proprio baricentro. Si procede poi alla somma di tali effetti in modo da ottenere la porzione del carico pavimentazione agente sulla trave considerata

Peso pavimentazione per unità di superficie	6,82	[KN/m ²])
Carico gravante sulla trave da verificare	8,63	[KN/m]

6.1.1.3 Peso dei cordoli

I cordoli in calcestruzzo non hanno funzione strutturale.

Il loro peso viene applicato al modello di calcolo come carico lineare uniforme distribuito su tutta la luce e posizionato nella sezione trasversale con eccentricità pari alla distanza tra il proprio baricentro e l'asse dell'impalcato.

	peso lineare [KN/m]	ecc.Y [m]	peso totale [KN]
cordolo sinistro	5,52	6,88	137,95
cordolo destro	31,27	-5,13	781,73

6.2 CARICHI DA TRAFFICO

6.2.1.1 Tandem e distribuiti

Il numero delle colonne di carichi mobili da considerare nel calcolo dei ponti è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata, comprese le eventuali banchine di rispetto e per sosta di emergenza, nonché gli eventuali marciapiedi non protetti e di altezza inferiore a 20 cm, tenuto conto che la larghezza di ingombro convenzionale è stabilita per ciascuna colonna in 3.00 m. In ogni caso il numero delle colonne non deve essere inferiore a 2, a meno che la larghezza della sede stradale sia inferiore a 5,40 m.

La disposizione dei carichi ed il numero delle colonne sulla carreggiata saranno volta per volta quelli che determinano le condizioni più sfavorevoli di sollecitazione per la struttura, membratura o sezione considerata.

Categoria ponte : *Stradale 1a categoria*

Numero assi per corsia: 2

corsia	Nome	Q [KN]	p [KN/m²]	α_Q	α_q
1	Corsia 1	300,00	9,00	1,00	1,00
2	Corsia 2	200,00	2,50	1,00	1,00
3	Corsia 3	100,00	2,50	1,00	1,00

Carico folla sui marciapiedi = 5,00 [KN/m²]

6.2.1.2 Azione longitudinale di frenamento o accelerazione

La forza di frenamento o di accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale numero 1 ed è pari a:

$$180 \text{ kN} \leq 0,60 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN} \quad (\text{ponti di 1ª categoria})$$

La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, si assume

uniformemente distribuita sulla larghezza caricata e include gli effetti di interazione.
Trattandosi di un ponte di 1ª categoria la forza vale [kN] :

limitazione inferiore frenatura	180,00
limitazione superiore frenatura	900,00
Azione di Frenamento - valore di confronto	427,50

6.2.1.3 Azione centrifuga

Il ponte si sviluppa in rettilineo pertanto non è presente l'azione centrifuga.

6.3 CARICO DA VENTO

Il calcolo sotto riportato mostra come è stata calcolata secondo la normativa la pressione del vento.

Zona vento = 2

Velocità base della zona, $V_{b.o} = 25 \text{ m/s}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine base della zona, $A_o = 750 \text{ m}$ (Tab. 3.3.I)

Altitudine del sito, $A_s = 16 \text{ m}$

Velocità di riferimento, $V_b = 25,00 \text{ m/s}$ ($V_b = V_{b.o}$ per $A_s \leq A_o$)

Periodo di ritorno, $T_r = 50$ anni

$C_r = 1$ per $T_r = 50$ anni

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto, $V_r = V_b C_r = 25,00 \text{ m/s}$

Classe di rugosità del terreno: D

[Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,...)]

Esposizione: Cat. II - Entroterra fino a 500 m di altitudine

($K_r = 0,19$; $Z_o = 0,05 \text{ m}$; $Z_{min} = 4 \text{ m}$)

Pressione cinetica di riferimento, $q_b = 39 \text{ daN/mq}$

Coefficiente di forma, $C_p = 1,00$

Coefficiente dinamico, $C_d = 1,00$

Coefficiente di esposizione, $C_e = 1,93$

Coefficiente di esposizione topografica, $C_t = 1,00$

Altezza dell'edificio, $h = 5,00 \text{ m}$

Pressione del vento, $p = q_b C_e C_p C_d = 75 \text{ daN/mq}$

A favore di sicurezza si inserisce una pressione pari a **110 daN/mq**

L'immagine seguente mostra l'inserimento del carico suddetto nella modellazione.

Azione del vento :		
Altezza barriera	2,00	[m]
Pressione cinetica	1,10	[KN/m²]
Forza totale sull'impalcato Fyw	119,15	[KN]

6.4 AZIONE SISMICA (STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV))

Le azioni sismiche sono definite sulla base dello spettro elastico come definito nel D.M. 14 gennaio 2018, assumendo i valori di scuotimento desunte dalle mappe interattive di pericolosità sismica per la zona in esame. Viene dunque assunto un fattore di struttura $q = 1$ al fine di fornire forze sismiche che sarebbero necessarie per garantire un comportamento indefinitamente elastico.

6.4.1.1 Parametri per la determinazione dell'azione sismica

Le opere in oggetto sono site nel Comune di Minerbio. L'azione sismica, nella condizione più gravosa, è stata calcolata considerando le seguenti coordinate :

Latitudine = 44.6177

Longitudine = 11.4717

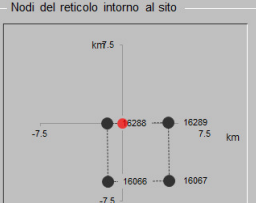
FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☐ Ricerca per coordinate
 LONGITUDINE
11.4717
 LATITUDINE
44.6177

☒ Ricerca per comune
 REGIONE
Emilia-Romagna
 PROVINCIA
Bologna
 COMUNE
Minerbio

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito


Reticolo di riferimento

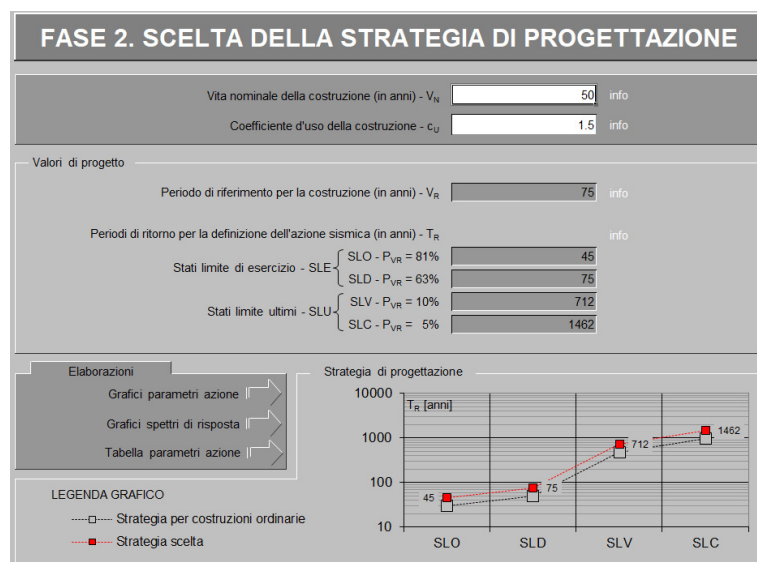

Controllo sul reticolo
☐ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione
 media ponderata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Le opere in progetto sono si collocano su una rete viaria ricadente in **Classe d'Uso III:**. Si utilizza pertanto un coefficiente d'uso c_u pari a 1.5 secondo il paragrafo 2.4.2 del DM 14/01/2018.

Per quanto concerne la vita nominale dell'opera, si assegna alla costruzione una **Vn** pari a **50 anni**.



La tabella seguente mostra i parametri sismici di base da considerarsi per il calcolo dell'opera.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0.057	2.495	0.270
SLD	75	0.072	2.481	0.278
SLV	712	0.189	2.537	0.280
SLC	1462	0.248	2.484	0.289

Dal punto di vista "geologico" il terreno ricade in **categoria C** e classe topografica **T1**, come si evince dalla relazione redatta dallo studio Ge.Fe e a firma del Geologo fabio Zanella.

Nel proseguo si riportano i dati del programma.

Categoria di sottosuolo C

Categoria topografica T1

Coeff. di combinazione sismica carichi da traffico $\psi_E = 0,0$

q Coefficiente di struttura

η $1/q$

a_g Accelerazione orizzontale massima al sito

T_C^* Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

F_0 Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

Forze orizzontali :

	η	a_g/g	T_c^*	F_0
SLE	0,67	0,072	0,280	2,474
SLU	1,00	0,189	0,280	2,539

Forze verticali :

	η
SLE	0,67
SLU	1,00

Coefficiente di struttura $q = 1,00$

Dati spalla	
Altezza	2,00
B trasversale	14,50
B longitudinale	1,00
Calcestruzzo C30/37 E =	33019434,58

6.4.1.2 Spettro di risposta in accelerazione

L'accelerazione orizzontale degli elementi della struttura soggetti all'azione sismica viene calcolata con un modello a mensola. La mensola è rappresentata dall'insieme spalla-fondazione, alla cui sommità è presente una massa rappresentata dall'impalcato. la massa della spalla-fondazione viene concentrata a metà altezza.

Periodo di vibrazione elementi di sostegno		
Peso impalcato	7672,62	[KN]
Peso carichi mobili	2606,14	[KN]
Aliquota carichi mobili	0,00	[-]
Peso totale struttura	7672,62	[KN]
Massa struttura	782121,99	[Kg massa]
Rigidezza	474417,06	[KN/m]
Periodo fondamentale T (comp. verticale)	0,1141	[s]
Peso spalla	711,23	[KN]
Massa spalla	72500,00	[Kg massa]
Modulo elastico spalla	33019435	[KN/m²]
Momento d'inerzia trasversale	254,05	[m⁴]
Momento d'inerzia longitudinale	1,21	[m⁴]
Rigidezza trasversale	3145746054,74	[KN/m]
Rigidezza longitudinale	14961931,29	[KN/m]
Periodo fondamentale T (comp. trasversale)	0,0032	[s]

Periodo di vibrazione elementi di sostegno		
Periodo fondamentale T (comp. longitudinale)	0,0465	[s]

Valore max coeff. amplificazione topografica $S_t = 1,00$ (Tab. 3.2.VI)

Accelerazione spettrale $S_e(T) = a_g \cdot S_s \cdot S_t \cdot \eta \cdot F_0 \cdot f(T)$

6.4.1.3 Forze orizzontali

Valori per SLE :

S_s	C_c	T_B	T_C	T_D
1,500	1,598	0,149	0,447	1,888

Componente trasversale SLE

Spettro di risposta elastico in accelerazione $S_{e\ SLE,y} = 0,1095$

Forza sismica totale esercitata sugli appoggi $F_{E\ SLE,y} = \pm 840,20$

Componente longitudinale SLE

Spettro di risposta elastico in accelerazione $S_{e\ SLE,x} = 0,1298$

Forza sismica totale esercitata sugli appoggi $F_{E\ SLE,x} = \pm 996,27$

Valori per SLU :

S_s	C_c	T_B	T_C	T_D
1,412	1,598	0,149	0,447	2,356

Componente trasversale SLU

Spettro di risposta elastico in accelerazione $S_{e\ SLU,y} = 0,2757$

Forza sismica totale esercitata sugli appoggi $F_{E\ SLU,y} = \pm 2115,39$

Componente longitudinale SLU

Spettro di risposta elastico in accelerazione $S_{e\ SLU,x} = 0,3948$

Forza sismica totale esercitata sugli appoggi $F_{E\ SLU,x} = \pm 3029,44$

6.4.1.4 Forze verticali

$T_B = 0,050$

$T_C = 0,150$

$T_D = 1,000$

Valori per SLE

$S_s = 1,000$

Fattore di amplificazione spettrale massima $F_v = 0,896$

Spettro di risposta elastico in accelerazione $S_{ve} = 0,0430$

Valori per SLU

$S_s = 1,000$

Fattore di amplificazione spettrale massima $F_v = 1,490$

Spettro di risposta elastico in accelerazione $S_{ve} = 0,2816$

7 APPLICAZIONE DEL METODO DI MASSONNET

7.1 PESO CORDOLI

Descrizione	[KN/m]	ecc.Y	K Massonnet	μ Massonnet
cordolo sinistro	5,52	6,88	-0,077	-0,151
cordolo destro	31,27	-5,13	2,008	-0,088

7.2 CARICHI MOBILI PER MASSIMO EFFETTO SU TRAVE

Descrizione	$Q \cdot \alpha$ [KN]	$q \cdot \alpha$ [KN/m]	ecc.Y	Larghezza	Ka
Corsia 1	300,00	27,00	-1,50	3,00	1,209
Corsia 2	200,00	7,50	1,50	3,00	0,661
Corsia 3	100,00	7,50	4,50	3,00	0,228
Zona Rimanente	0,00	1,25	6,25	0,50	0,003

Descrizione	q [KN/m]	ecc.Y	Larghezza	Ka
Folla marc. dx	21,25	-5,13	4,25	2,008

Le colonne di carico vengono posizionate in direzione x in modo da generare la massima sollecitazione nella specifica sezione di verifica.

7.3 CARICHI MOBILI PER CALCOLO M MAX SU TRAVERSO

La ricerca del massimo momento flettente (che tende le fibre inferiori) viene effettuata spostando i carichi mobili in senso longitudinale in modo da individuare la posizione più sfavorevole per il singolo traverso o per la soletta e in senso trasversale in modo da individuare la posizione più sfavorevole per la singola sezione del traverso o della soletta.

A titolo esemplificativo si riporta il diagramma del coefficiente di influenza del traverso/soletta in corrispondenza della sezione di eccentricità $Y=0$

Descrizione	$Q \cdot \alpha$ [KN]	$q \cdot \alpha$ [KN/m]	ecc.Y	Larghezza	μ
Corsia 1	300,00	27,00	0,00	3,00	0,174
Zona rimanente	0,00	3,75	-2,25	1,50	0,032

7.4 CARICHI MOBILI PER CALCOLO M MIN SU TRAVERSO

La ricerca del minimo momento flettente (che tende le fibre superiori) viene effettuata spostando i

carichi mobili in senso longitudinale in modo da individuare la posizione più sfavorevole per il singolo traverso o per la soletta, e in senso trasversale in modo da individuare la posizione più sfavorevole per la singola sezione del traverso o della soletta.

A titolo esemplificativo si riporta il diagramma del coefficiente di influenza del traverso/soletta in corrispondenza della sezione di eccentricità $Y=0$

Descrizione	$Q \alpha$ [KN]	$q \alpha$ [KN/m]	ecc.Y	Larghezza	μ
Corsia 1	300,00	27,00	5,00	3,00	-0,084
Zona rimanente	0,00	1,25	3,25	0,50	-0,015

Descrizione	q [KN/m]	ecc.Y	Larghezza	μ
Folla SX	3,75	6,88	0,75	-0,151
Folla DX	21,25	-5,13	4,25	-0,088

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Lo studio dell'impalcato metallico è svolto col metodo degli Stati Limite Ultimi.

Le combinazioni di carico sono determinate in riferimento al paragrafo 5.1.3.12 e 2.5.3 del DM. 14/01/2018.

Ai fini delle verifiche si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- **Combinazione fondamentale (SLU)**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi;
- **Combinazione caratteristica (rara-SLE)**, impiegata per gli stati limite di esercizio irreversibili;
- **Combinazione frequente (SLE)**, impiegata per gli stati limite di esercizio reversibili;
- **Combinazione quasi permanente (SLE)**, generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine.

Si rimanda al DM 14/01/2018 per la descrizione approfondita delle combinazioni sopra citate e per i coefficienti di combinazione delle azioni variabili da traffico. In particolare si fa riferimento alle tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI.

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

Gruppo di azioni	Carichi sulla carreggiata				Carichi su marciapiedi e piste ciclabili	
	Carichi verticali			Carichi orizzontali		Carichi verticali
	Modello principale (Schemi di carico 1, 2, 3, 4, 6)	Veicoli speciali	Folla (Schema di carico 5)	Frenatura q_3	Forza centrifuga q_4	Carico uniformemente distribuito
1	Valore caratteristico					Schema di carico 5 con valore di combinazione $2,5 \text{ kN/m}^2$
2 a	Valore frequente			Valore caratteristico		
2 b	Valore frequente				Valore caratteristico	
3 ^(*)						Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
4 ^(**)			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$			Schema di carico 5 con valore caratteristico $5,0 \text{ kN/m}^2$
5 ^(***)	Da definirsi per il singolo progetto	Valore caratteristico o nominale				
^(*) Ponti di 3 ^a categoria ^(**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana) ^(***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali						

Tabella 5.1.V – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

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

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.

⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna

⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

Tabella 5.1.VI - Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

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

9 STATICA: RISULTATI DELL'ANALISI**9.1 SOLLECITAZIONI TRAVI PREFABBRICATE****9.1.1 Valori caratteristici****Prima fase - al taglio trefoli ed in opera**

X	Descrizione	peso trave		peso soletta+traversi	
		M [KN m]	V [KN]	M [KN m]	V [KN]
0,00	appoggio	0,00	229,31	0,00	281,30
1,00		220,04	210,96	270,55	260,02
2,00		421,75	192,62	519,84	238,75
3,00		605,12	174,27	747,86	217,47
4,00		770,16	155,93	954,61	196,20
5,00		916,85	137,59	1140,10	174,92
6,00		1045,21	119,24	1304,32	153,64
7,00		1155,23	100,90	1447,28	132,37
8,00		1246,92	82,55	1568,96	111,09
9,00		1320,27	64,21	1659,15	74,46
10,00		1375,28	45,86	1722,95	53,19
11,00		1411,95	27,52	1765,48	31,91
12,00		1430,29	9,17	1786,75	10,64
12,50	mezzeria	1433,18	0,00	1790,10	0,00
13,00		1430,29	-9,17	1786,75	-10,64
14,00		1411,95	-27,52	1765,48	-31,91
15,00		1375,28	-45,86	1722,95	-53,19
16,00		1320,27	-64,21	1659,15	-74,46
17,00		1246,92	-82,55	1568,96	-111,09
18,00		1155,23	-100,90	1447,28	-132,37
19,00		1045,21	-119,24	1304,32	-153,64
20,00		916,85	-137,59	1140,10	-174,92
21,00		770,16	-155,93	954,61	-196,20
22,00		605,12	-174,27	747,86	-217,47
23,00		421,75	-192,62	519,84	-238,75
24,00		220,04	-210,96	270,55	-260,02
25,00	appoggio	0,00	-229,31	0,00	-281,30

Seconda fase - carichi permanenti

Sez.X	Descrizione	peso cordoli		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	155,88	-211,93
1,00		149,59	143,41	-209,45
2,00		286,71	130,94	-202,22
3,00		411,36	118,47	-190,66
4,00		523,55	106,00	-175,43
5,00		623,27	93,53	-157,35
6,00		710,53	81,06	-137,27
7,00		785,32	68,59	-116,03
8,00		847,65	56,12	-94,34
9,00		897,51	43,65	-72,71
10,00		934,91	31,18	-51,44
11,00		959,84	18,71	-30,63
12,00		972,31	6,24	-10,16
12,50	mezzeria	974,27	0,00	0,00
13,00		972,31	-6,24	10,16
14,00		959,84	-18,71	30,63
15,00		934,91	-31,18	51,44
16,00		897,51	-43,65	72,71
17,00		847,65	-56,12	94,34
18,00		785,32	-68,59	116,03
19,00		710,53	-81,06	137,27
20,00		623,27	-93,53	157,35
21,00		523,55	-106,00	175,43
22,00		411,36	-118,47	190,66
23,00		286,71	-130,94	202,22
24,00		149,59	-143,41	209,45
25,00	appoggio	0,00	-155,88	211,93

Sez.X	Descrizione	permanenti portati		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	107,89	135,45
1,00		103,53	99,26	134,05
2,00		198,43	90,63	129,95
3,00		284,70	81,99	123,34
4,00		362,35	73,36	114,52
5,00		431,37	64,73	103,86
6,00		491,76	56,10	91,76
7,00		543,53	47,47	78,62

Sez.X	Descrizione	permanententi portati		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
8,00		586,66	38,84	64,80
9,00		621,17	30,21	50,58
10,00		647,06	21,58	36,17
11,00		664,31	12,95	21,70
12,00		672,94	4,32	7,23
12,50	mezzeria	674,30	0,00	0,00
13,00		672,94	-4,32	-7,23
14,00		664,31	-12,95	-21,70
15,00		647,06	-21,58	-36,17
16,00		621,17	-30,21	-50,58
17,00		586,66	-38,84	-64,80
18,00		543,53	-47,47	-78,62
19,00		491,76	-56,10	-91,76
20,00		431,37	-64,73	-103,86
21,00		362,35	-73,36	-114,52
22,00		284,70	-81,99	-123,34
23,00		198,43	-90,63	-129,95
24,00		103,53	-99,26	-134,05
25,00	appoggio	0,00	-107,89	-135,45

Seconda fase - carichi da traffico

Sez.X	Descrizione	Tandem-TS		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	202,03	23,33
1,00		193,67	193,75	58,90
2,00		370,79	185,47	83,43
3,00		531,36	177,19	92,99
4,00		675,37	168,91	88,83
5,00		802,83	160,63	76,21
6,00		913,73	152,35	61,63
7,00		1008,08	144,07	49,86
8,00		1085,88	135,79	42,32
9,00		1147,13	127,51	37,36
10,00		1191,82	119,23	32,00
11,00		1219,96	110,95	24,15
12,00		1231,54	102,67	13,86
12,50	mezzeria	1231,67	-98,53	8,35

Sez.X	Descrizione	Tandem-TS		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
13,00		1231,54	-102,67	-13,86
14,00		1219,96	-110,95	-24,15
15,00		1191,82	-119,23	-32,00
16,00		1147,13	-127,51	-37,36
17,00		1085,88	-135,79	-42,32
18,00		1008,08	-144,07	-49,86
19,00		913,73	-152,35	-61,63
20,00		802,83	-160,63	-76,21
21,00		675,37	-168,91	-88,83
22,00		531,36	-177,19	-92,99
23,00		370,79	-185,47	-83,43
24,00		193,67	-193,75	-58,90
25,00	appoggio	0,00	-202,03	-23,33

Sez.X	Descrizione	Distribuito-UDL		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	98,25	69,26
1,00		94,28	90,55	67,68
2,00		180,71	83,16	63,37
3,00		259,28	76,09	57,29
4,00		329,99	69,33	50,64
5,00		392,85	62,89	44,43
6,00		447,84	56,76	39,18
7,00		494,99	50,94	34,92
8,00		534,27	45,44	31,33
9,00		565,70	40,25	28,00
10,00		589,27	35,38	24,69
11,00		604,98	30,82	21,37
12,00		612,84	26,58	18,18
12,50	mezzeria	614,08	22,26	16,55
13,00		612,84	-26,58	-18,18
14,00		604,98	-30,82	-21,37
15,00		589,27	-35,38	-24,69
16,00		565,70	-40,25	-28,00
17,00		534,27	-45,44	-31,33
18,00		494,99	-50,94	-34,92
19,00		447,84	-56,76	-39,18
20,00		392,85	-62,89	-44,43

Sez.X	Descrizione	Distribuito-UDL		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
21,00		329,99	-69,33	-50,64
22,00		259,28	-76,09	-57,29
23,00		180,71	-83,16	-63,37
24,00		94,28	-90,55	-67,68
25,00	appoggio	0,00	-98,25	-69,26

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	106,66	-155,40
1,00		102,35	98,12	-153,62
2,00		196,16	89,59	-148,43
3,00		281,45	81,06	-140,13
4,00		358,21	72,53	-129,17
5,00		426,44	63,99	-116,11
6,00		486,15	55,46	-101,55
7,00		537,32	46,93	-86,08
8,00		579,96	38,40	-70,18
9,00		614,08	29,86	-54,23
10,00		639,66	21,33	-38,45
11,00		656,72	12,80	-22,93
12,00		665,25	4,27	-7,62
12,50	mezzera	666,60	0,00	0,00
13,00		665,25	-4,27	7,62
14,00		656,72	-12,80	22,93
15,00		639,66	-21,33	38,45
16,00		614,08	-29,86	54,23
17,00		579,96	-38,40	70,18
18,00		537,32	-46,93	86,08
19,00		486,15	-55,46	101,55
20,00		426,44	-63,99	116,11
21,00		358,21	-72,53	129,17
22,00		281,45	-81,06	140,13
23,00		196,16	-89,59	148,43
24,00		102,35	-98,12	153,62
25,00	appoggio	0,00	-106,66	155,40

Sez.X		gruppo1 (tab. 5.1.IV)		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]

Sez.X		gruppo1 (tab. 5.1.IV)		
		M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	353,61	14,89
1,00		339,13	333,37	49,77
2,00		649,58	313,43	72,59
3,00		931,36	293,81	80,22
4,00		1184,46	274,51	74,89
5,00		1408,89	255,52	62,58
6,00		1604,65	236,84	50,03
7,00		1771,73	218,48	41,74
8,00		1910,13	200,43	38,56
9,00		2019,86	182,70	38,24
10,00		2100,92	165,28	37,46
11,00		2153,30	148,17	34,06
12,00		2177,01	131,38	28,23
12,50	mezzera	2179,04	-76,28	24,90
13,00		2177,01	-131,38	-28,23
14,00		2153,30	-148,17	-34,06
15,00		2100,92	-165,28	-37,46
16,00		2019,86	-182,70	-38,24
17,00		1910,13	-200,43	-38,56
18,00		1771,73	-218,48	-41,74
19,00		1604,65	-236,84	-50,03
20,00		1408,89	-255,52	-62,58
21,00		1184,46	-274,51	-74,89
22,00		931,36	-293,81	-80,22
23,00		649,58	-313,43	-72,59
24,00		339,13	-333,37	-49,77
25,00	appoggio	0,00	-353,61	-14,89

Fase transitoria - sollevamento

Sbalzo sinistro = 0,50

Sbalzo destro = 25,00

Coefficiente di incremento dinamico 0,15

Sez.X	Descrizione	M max [KN m]	M min [KN m]
-0,55		0,00	0,00
-0,05	aggancio	-1,95	-2,64
0,45		-4060,82	-5494,05
0,55	aggancio	-4872,80	-6592,62

Sez.X	Descrizione	M max [KN m]	M min [KN m]
1,45		-4528,55	-6126,86
2,45		-4160,61	-5629,05
3,45		-3808,25	-5152,34
4,45		-3471,48	-4696,71
5,45		-3150,30	-4262,17
6,45		-2844,70	-3848,72
7,45		-2554,69	-3456,35
8,45		-2279,97	-3084,67
9,45		-2021,43	-2734,88
10,45		-1778,18	-2405,78
11,45		-1550,52	-2097,76
12,45		-1338,04	-1810,28
13,45		-1141,95	-1544,99
14,45		-961,05	-1300,24
15,45		-795,73	-1076,58
16,45		-645,84	-873,78
17,45		-511,85	-692,51
18,45		-393,30	-532,11
19,45		-290,32	-392,79
20,45		-202,94	-274,57
21,45		-131,14	-177,43
22,45		-74,93	-101,37
23,45		-34,46	-46,62
24,45		-9,58	-12,96
25,55		0,00	0,00

9.1.2 Valori di combinazione - SLU

Prima fase - al taglio dei trefoli

$$E_d = E\{ \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,1} \}$$

$$E_d = E\{ \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]
0,00	appoggio	0,00	309,57
1,00		297,06	284,80
2,00		569,36	260,04
3,00		816,91	235,27

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]
4,00		1039,71	210,51
5,00		1237,75	185,74
6,00		1411,03	160,97
7,00		1559,56	136,21
8,00		1683,34	111,44
9,00		1782,36	86,68
10,00		1856,62	61,91
11,00		1906,13	37,15
12,00		1930,89	12,38
12,50	mezzeria	1934,79	0,00
13,00		1930,89	-12,38
14,00		1906,13	-37,15
15,00		1856,62	-61,91
16,00		1782,36	-86,68
17,00		1683,34	-111,44
18,00		1559,56	-136,21
19,00		1411,03	-160,97
20,00		1237,75	-185,74
21,00		1039,71	-210,51
22,00		816,91	-235,27
23,00		569,36	-260,04
24,00		297,06	-284,80
25,00	appoggio	0,00	-309,57

Fase transitoria - sollevamento

$$E_d = E\{\gamma_{G,sup} \cdot G_{k,1} \cdot \phi_{din,sup}\}$$

$$E_d = E\{\gamma_{G,inf} \cdot G_{k,1} \cdot \phi_{din,inf}\}$$

Sez.X	Descrizione	Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
0,00	appoggio	-407,64	-744,54
1,00		-4699,03	-8582,65
2,00		-4324,10	-7897,84
3,00		-3964,75	-7241,49
4,00		-3620,98	-6613,62
5,00		-3292,80	-6014,20
6,00		-2980,21	-5443,26
7,00		-2683,20	-4900,79
8,00		-2401,78	-4386,78
9,00		-2135,94	-3901,24

Sez.X	Descrizione	Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
10,00		-1885,70	-3444,17
11,00		-1651,04	-3015,57
12,00		-1431,96	-2615,43
12,50	mezzeria	-1327,76	-2425,12
13,00		-1228,47	-2243,77
14,00		-1040,57	-1900,57
15,00		-868,26	-1585,84
16,00		-711,53	-1299,58
17,00		-570,38	-1041,79
18,00		-444,83	-812,47
19,00		-334,86	-611,61
20,00		-240,48	-439,22
21,00		-161,68	-295,30
22,00		-98,47	-179,85
23,00		-50,85	-92,87
24,00		-18,81	-34,35
25,00	appoggio	-2,36	-4,31

Prima fase - al getto soletta

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]
0,00	appoggio	0,00	689,32
1,00		662,31	635,83
2,00		1271,15	582,34
3,00		1826,53	528,86
4,00		2328,44	475,37
5,00		2776,89	421,88
6,00		3171,87	368,40
7,00		3513,39	314,91
8,00		3801,44	261,42
9,00		4022,21	187,21
10,00		4182,61	133,72
11,00		4289,53	80,23
12,00		4343,00	26,74
12,50	mezzeria	4351,42	0,00
13,00		4343,00	-26,74
14,00		4289,53	-80,23

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]
15,00		4182,61	-133,72
16,00		4022,21	-187,21
17,00		3801,44	-261,42
18,00		3513,39	-314,91
19,00		3171,87	-368,40
20,00		2776,89	-421,88
21,00		2328,44	-475,37
22,00		1826,53	-528,86
23,00		1271,15	-582,34
24,00		662,31	-635,83
25,00	appoggio	0,00	-689,32

Seconda fase - Persistenti Transitorie (P/T)

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo\ 1} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo\ 1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	1538,97	-211,93
1,00		1477,36	1428,37	-209,45
2,00		2832,78	1318,19	-202,22
3,00		4066,26	1208,43	-190,66
4,00		5177,79	1099,10	-175,43
5,00		6167,37	990,20	-157,35
6,00		7035,01	881,71	-137,27
7,00		7780,70	773,66	-116,03
8,00		8404,45	666,02	-94,34
9,00		8892,43	538,09	-72,71
10,00		9251,56	431,30	-51,44
11,00		9488,74	324,94	37,19
12,00		9603,98	219,00	35,24
12,50	mezzeria	9619,84	-102,97	33,61
13,00		9603,98	-219,00	-35,24
14,00		9488,74	-324,94	-37,19
15,00		9251,56	-431,30	51,44
16,00		8892,43	-538,09	72,71
17,00		8404,45	-666,02	94,34

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
18,00		7780,70	-773,66	116,03
19,00		7035,01	-881,71	137,27
20,00		6167,37	-990,20	157,35
21,00		5177,79	-1099,10	175,43
22,00		4066,26	-1208,43	190,66
23,00		2832,78	-1318,19	202,22
24,00		1477,36	-1428,37	209,45
25,00	appoggio	0,00	-1538,97	211,93

9.1.3 Valori di combinazione - SLE

Prima fase - al taglio dei trefoli

$$E_d = E\{G_{k,1}\}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]
0,00	appoggio	0,00	229,31
1,00		220,04	210,96
2,00		421,75	192,62
3,00		605,12	174,27
4,00		770,16	155,93
5,00		916,85	137,59
6,00		1045,21	119,24
7,00		1155,23	100,90
8,00		1246,92	82,55
9,00		1320,27	64,21
10,00		1375,28	45,86
11,00		1411,95	27,52
12,00		1430,29	9,17
12,50	mezzeria	1433,18	0,00
13,00		1430,29	-9,17
14,00		1411,95	-27,52
15,00		1375,28	-45,86
16,00		1320,27	-64,21
17,00		1246,92	-82,55
18,00		1155,23	-100,90
19,00		1045,21	-119,24
20,00		916,85	-137,59
21,00		770,16	-155,93
22,00		605,12	-174,27

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]
23,00		421,75	-192,62
24,00		220,04	-210,96
25,00	appoggio	0,00	-229,31

Fase transitoria - sollevamento

$$E_d = E\{ G_{k,1} \cdot \phi_{din,sup} \}$$

$$E_d = E\{ G_{k,1} \cdot \phi_{din,inf} \}$$

Sez.X	Descrizione	Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
0,00	appoggio	-407,64	-551,51
1,00		-4699,03	-6357,52
2,00		-4324,10	-5850,25
3,00		-3964,75	-5364,07
4,00		-3620,98	-4898,97
5,00		-3292,80	-4454,97
6,00		-2980,21	-4032,04
7,00		-2683,20	-3630,21
8,00		-2401,78	-3249,47
9,00		-2135,94	-2889,81
10,00		-1885,70	-2551,24
11,00		-1651,04	-2233,75
12,00		-1431,96	-1937,36
12,50	mezzeria	-1327,76	-1796,38
13,00		-1228,47	-1662,05
14,00		-1040,57	-1407,83
15,00		-868,26	-1174,70
16,00		-711,53	-962,65
17,00		-570,38	-771,70
18,00		-444,83	-601,83
19,00		-334,86	-453,04
20,00		-240,48	-325,35
21,00		-161,68	-218,74
22,00		-98,47	-133,22
23,00		-50,85	-68,79
24,00		-18,81	-25,45
25,00	appoggio	-2,36	-3,19

Prima fase - al getto soletta

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]
0,00	appoggio	0,00	510,61
1,00		490,60	470,99
2,00		941,59	431,37
3,00		1352,98	391,75
4,00		1724,77	352,13
5,00		2056,95	312,51
6,00		2349,53	272,89
7,00		2602,51	233,27
8,00		2815,88	193,65
9,00		2979,42	138,67
10,00		3098,23	99,05
11,00		3177,43	59,43
12,00		3217,04	19,81
12,50	mezzeria	3223,28	0,00
13,00		3217,04	-19,81
14,00		3177,43	-59,43
15,00		3098,23	-99,05
16,00		2979,42	-138,67
17,00		2815,88	-193,65
18,00		2602,51	-233,27
19,00		2349,53	-272,89
20,00		2056,95	-312,51
21,00		1724,77	-352,13
22,00		1352,98	-391,75
23,00		941,59	-431,37
24,00		490,60	-470,99
25,00	appoggio	0,00	-510,61

Seconda fase - combinazione Caratteristica (Rara)

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^a \text{ fase}} + Q_{k, \text{gruppo 1}} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	617,39	-61,59
1,00		592,24	576,04	-25,64
2,00		1134,72	535,00	0,32
3,00		1627,43	494,28	12,91
4,00		2070,37	453,87	13,98
5,00		2463,54	413,78	9,10

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
6,00		2806,94	374,00	4,52
7,00		3100,58	334,54	4,33
8,00		3344,45	295,39	9,02
9,00		3538,55	256,55	16,11
10,00		3682,89	218,03	22,19
11,00		3777,45	179,83	25,14
12,00		3822,25	141,94	25,30
12,50	mezzeria	3827,61	-76,28	24,90
13,00		3822,25	-141,94	2,93
14,00		3777,45	-179,83	8,92
15,00		3682,89	-218,03	15,27
16,00		3538,55	-256,55	22,13
17,00		3344,45	-295,39	29,54
18,00		3100,58	-334,54	37,41
19,00		2806,94	-374,00	45,51
20,00		2463,54	-413,78	53,48
21,00		2070,37	-453,87	60,91
22,00		1627,43	-494,28	67,32
23,00		1134,72	-535,00	72,27
24,00		592,24	-576,04	75,40
25,00	appoggio	0,00	-617,39	76,49

Seconda fase - combinazione Frequente

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \psi_1 Q_{k,gruppo 1} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	507,93	-76,49
1,00		487,25	473,27	-75,40
2,00		933,59	438,73	-58,56
3,00		1339,02	404,33	-44,72
4,00		1703,53	370,05	-38,61
5,00		2027,12	335,89	-36,61
6,00		2309,80	301,86	-34,39
7,00		2551,57	267,96	-29,09
8,00		2752,42	234,18	-20,36
9,00		2912,35	200,52	-10,03
10,00		3031,37	167,00	-0,62
11,00		3109,47	133,60	6,27
12,00		3146,66	100,32	10,93

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
12,50	mezzeria	3151,25	-65,00	12,88
13,00		3146,66	-100,32	2,93
14,00		3109,47	-133,60	8,92
15,00		3031,37	-167,00	15,27
16,00		2912,35	-200,52	22,13
17,00		2752,42	-234,18	29,54
18,00		2551,57	-267,96	37,41
19,00		2309,80	-301,86	45,51
20,00		2027,12	-335,89	53,48
21,00		1703,53	-370,05	60,91
22,00		1339,02	-404,33	67,32
23,00		933,59	-438,73	72,27
24,00		487,25	-473,27	80,97
25,00	appoggio	0,00	-507,93	108,98

Seconda fase - combinazione Quasi Permanente

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^a \text{ fase}} + \psi_2 \cdot Q_{k, \text{gruppo 1}} \}$$

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
0,00	appoggio	0,00	317,10	-76,49
1,00		304,29	291,73	-75,40
2,00		583,22	266,36	-72,27
3,00		836,79	240,99	-67,32
4,00		1065,01	215,63	-60,91
5,00		1267,87	190,26	-53,48
6,00		1445,37	164,89	-45,51
7,00		1597,51	139,52	-37,41
8,00		1724,30	114,16	-29,54
9,00		1825,73	88,79	-22,13
10,00		1901,80	63,42	-15,27
11,00		1952,51	38,05	-8,92
12,00		1977,87	12,68	-2,93
12,50	mezzeria	1981,86	0,00	0,00
13,00		1977,87	-12,68	6,74
14,00		1952,51	-38,05	20,39
15,00		1901,80	-63,42	34,50
16,00		1825,73	-88,79	49,24
17,00		1724,30	-114,16	64,63
18,00		1597,51	-139,52	80,45

Sez.X	Descrizione	M [KN m]	V [KN]	T [KN m]
19,00		1445,37	-164,89	96,29
20,00		1267,87	-190,26	111,54
21,00		1065,01	-215,63	125,49
22,00		836,79	-240,99	137,38
23,00		583,22	-266,36	146,49
24,00		304,29	-291,73	152,22
25,00	appoggio	0,00	-317,10	154,19

1.1 SOLLECITAZIONI SUL TRAVERSO IN CAMPATA

Vengono valutati i momenti flettenti massimi e minimi agenti sul traverso in campata per effetto dei carichi permanenti e del transito dei carichi da traffico.

9.1.4 Valori caratteristici momenti flettenti

Carichi permanenti

Sez.	Descrizione	peso cordoli [KN m]	Perm Portati [KN m]
-6,30	estremità dx	19,18	-10,85
-6,00		22,55	-12,07
-5,00		95,12	-35,01
-4,00		-32,09	-29,67
-3,00		-117,45	7,01
-2,00		-170,49	49,51
-1,00		-198,75	72,34
0,00	asse travi	-208,12	80,55
1,00		-203,09	78,22
2,00		-187,04	68,67
3,00		-162,27	54,61
4,00		-130,14	38,18
5,00		-91,12	21,10
6,00		-44,75	4,67
6,30	estremità sx	-29,26	0,00

Carichi da traffico

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-6,30	estremità dx	0,00	-13,90

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-6,00		0,00	-15,68
-5,00		16,08	-59,80
-4,00		62,38	-96,21
-3,00		140,78	-122,06
-2,00		192,35	-133,84
-1,00		207,00	-147,32
0,00	asse travi	193,98	-156,29
1,00		186,44	-150,85
2,00		194,97	-125,53
3,00		158,64	-81,82
4,00		98,61	-26,14
5,00		54,02	-23,20
6,00		24,43	-7,66
6,30	estremità sx	0,00	0,00

Sez.	Descrizione	Distribuito-UDL	
		Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-6,30	estremità dx	0,14	-8,94
-6,00		0,17	-17,35
-5,00		10,68	-47,91
-4,00		46,57	-74,94
-3,00		108,54	-97,48
-2,00		202,87	-113,88
-1,00		274,51	-127,83
0,00	asse travi	278,87	-132,05
1,00		274,04	-128,04
2,00		256,94	-108,35
3,00		227,10	-67,60
4,00		181,81	-31,69
5,00		94,53	-25,59
6,00		18,23	-6,62
6,30	estremità sx	0,00	0,00

Sez.	Descrizione	Folla Marciapiedi	
		Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-6,30	estremità dx	14,08	-1,00
-6,00		16,52	-2,04
-5,00		70,26	-6,63

Sez.	Descrizione	Folla Marciapiedi	
		Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-4,00		0,00	-36,85
-3,00		0,00	-89,81
-2,00		0,00	-121,77
-1,00		0,00	-137,68
0,00	asse travi	0,00	-141,43
1,00		0,00	-137,96
2,00		0,00	-126,89
3,00		0,00	-109,82
4,00		0,00	-87,68
5,00		0,00	-60,79
6,00		0,00	-28,79
6,30	estremità sx	0,00	-19,89

Sez.	Descrizione	gruppo 1 (tab.5.1.IV)	
		Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-6,30	estremità dx	7,17	-23,73
-6,00		8,43	-26,82
-5,00		61,89	-104,28
-4,00		108,94	-176,45
-3,00		249,32	-254,88
-2,00		395,22	-301,79
-1,00		481,51	-340,05
0,00	asse travi	472,85	-359,06
1,00		460,48	-347,97
2,00		451,91	-297,88
3,00		385,74	-205,70
4,00		280,42	-101,27
5,00		148,55	-80,19
6,00		42,66	-30,62
6,30	estremità sx	0,00	-9,94

9.1.5 Valori di combinazione - SLU

Nelle combinazioni seguenti vengono sommati effetti globali ed effetti locali.
Nei grafici sono riportati solo gli effetti globali.

Persistenti/Transitorie (P/T)

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E \{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo\ 1} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo\ 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-6,30	estremità dx	-3,28	-9,12
-6,00		33,93	-23,87
-5,00		178,67	-64,87
-4,00		114,99	-326,03
-3,00		219,13	-492,12
-2,00		377,65	-577,91
-1,00		490,24	-657,82
0,00	asse travi	478,22	-692,85
1,00		464,80	-672,84
2,00		460,59	-589,17
3,00		383,60	-439,97
4,00		260,14	-266,86
5,00		109,42	-199,62
6,00		12,84	-94,74
6,30	estremità sx	-29,26	-52,92

9.1.6 Valori di combinazione - SLE

Combinazioni Rare

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^{a}fase} + Q_{k,gruppo\ 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-6,30	estremità dx	-5,01	-6,57
-6,00		18,92	-16,34
-5,00		122,00	-44,16
-4,00		47,19	-238,20
-3,00		138,88	-365,31
-2,00		274,24	-422,77
-1,00		355,10	-466,46
0,00	asse travi	345,29	-486,62
1,00		335,61	-472,84
2,00		333,54	-416,24
3,00		278,08	-313,36
4,00		188,45	-193,23
5,00		78,53	-150,21

Sez.	Descrizione	Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
6,00		2,58	-70,70
6,30	estremità sx	-29,26	-39,20

Combinazioni Frequenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-6,30	estremità dx	-5,01	-6,19
-6,00		18,81	-6,09
-5,00		111,57	-4,21
-4,00		3,65	-172,55
-3,00		38,56	-279,05
-2,00		104,43	-323,30
-1,00		138,65	-354,50
0,00	asse travi	129,47	-368,32
1,00		124,57	-358,26
2,00		130,64	-319,59
3,00		102,16	-251,66
4,00		54,71	-168,16
5,00		8,31	-128,80
6,00		-14,47	-64,13
6,30	estremità sx	-29,26	-39,20

Combinazioni Quasi Permanenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
-6,30	estremità dx	-4,99	-6,15
-6,00		18,74	9,89
-5,00		95,24	57,31
-4,00		-61,76	-72,66
-3,00		-110,44	-150,34
-2,00		-120,98	-178,91
-1,00		-126,40	-193,94
0,00	asse travi	-127,56	-198,28
1,00		-124,87	-193,88
2,00		-118,37	-181,92
3,00		-107,66	-162,80
4,00		-91,97	-136,19

Sez.	Descrizione	Mmax [KN m]	Mmin [KN m]
5,00		-70,02	-100,99
6,00		-40,08	-55,29
6,30	estremità sx	-29,26	-39,20

9.2 SOLLECITAZIONI SULLA SOLETTA

9.2.1 Valori caratteristici

Il momento massimo trasversale dato dall'effetto locale dei carichi sulla soletta viene determinato servendosi di uno schema semplificato di trave semi incastrata e prendendo il momento in mezzzeria.

I carichi permanenti considerati sono il peso proprio della soletta (G1) e della pavimentazione (G2).

La ricerca del massimo momento flettente generato dai carichi mobili viene condotta considerando il carico LM2 illustrato nella Normativa al punto 5.1.3.3.5.

Tale schema, considerato autonomamente e assunto a riferimento solo per verifiche locali, è costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico (di dimensioni 0,35x0,60 [m]) poste ad un interasse di 2,00 [m] :il carico totale asse è pari a 400,00 [KN]

I carichi concentrati da considerarsi ai fini delle verifiche locali si assumono uniformemente distribuiti sulla superficie della rispettiva impronta. La diffusione attraverso la pavimentazione e lo spessore della soletta si considera avvenire attraverso una diffusione a 45°, fino al piano medio della struttura della soletta sottostante.

Il momento minimo dato dall'effetto locale, invece, viene valutato come uno schema statico di trave perfettamente incastrata.

Luce Soletta	2,50
Carico per ruota - schema 2	200,00
Interasse ruote	2,00
Dimensioni impronta ruota LX x BY	0,35x0,60
Larghezza impronta a metà spessore soletta	1,42
Lunghezza influenza	2,00

Momento flettente trasversale [KN·m/m] (positivo tende le fibre inferiori):

	M max	M min
effetto locale permanenti strutturali	4,79	-3,19
effetto locale permanenti non strutturali	5,33	-3,55

	M max	M min
effetto locale LM2	30,81	-27,89

9.2.2 Combinazioni SLU

Persistenti/Transitorie

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$E_d = E\{ \sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$M_{max} = 56,05 \text{ [KN} \cdot \text{m/m]}$$

$$M_{min} = -47,29 \text{ [KN} \cdot \text{m/m]}$$

9.2.3 Combinazioni SLE

Combinazioni Rare

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^a \text{ fase}} + Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$M_{max} = 40,92 \text{ [KN} \cdot \text{m/m]}$$

$$M_{min} = -34,63 \text{ [KN} \cdot \text{m/m]}$$

Combinazioni Frequenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^a \text{ fase}} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$M_{max} = 33,22 \text{ [KN} \cdot \text{m/m]}$$

$$M_{min} = -27,66 \text{ [KN} \cdot \text{m/m]}$$

Combinazioni Quasi Permanenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2^a \text{ fase}} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo 1} \}$$

$$M_{max} = 10,12 \text{ [KN} \cdot \text{m/m]}$$

$$M_{min} = -6,75 \text{ [KN} \cdot \text{m/m]}$$

9.3 REAZIONI MASSIME AGLI APPOGGI

Il calcolo delle reazioni degli appoggi è condotto secondo quanto indicato in DM 17/01/2018 - Norme tecniche per le costruzioni e la relativa Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

I valori delle reazioni degli appoggi qui riportate sono da intendersi come valori caratteristici.

9.3.1 Valori caratteristici reazioni verticali

Carichi di 1a fase

Trave	peso trave [KN]	peso soletta+traversi [KN]
1	239,40	308,35
2	239,40	232,34
3	239,40	232,34
4	239,40	232,34
5	239,40	308,35

Carichi permanenti di 2a fase

Trave	peso cordoli [KN]	permanenti portati [KN]
1	162,74	112,63
2	121,31	143,12
3	86,57	172,32
4	62,05	197,71
5	46,25	220,05

Carichi da traffico

Trave	Tandem-TS [KN]	Distribuito-UDL [KN]	Folla Marciapiedi [KN]
1	202,03	98,25	110,60
2	229,39	108,51	82,44
3	246,70	113,11	58,83
4	249,69	111,93	42,17
5	244,69	109,32	31,43

Riepilogo pesi complessivi impalcato [KN] :

Peso totale travi	2393,98
Peso totale traversi	307,09
Peso totale soletta	2320,37
Peso totale cordoli	957,84
Peso totale pavimentazione	1691,69
Peso totale baraccature	0,00

Peso strutturale complessivo impalcato - $G_1 = 5979,29$ [KN]

Peso non strutturale complessivo impalcato - $G_2 = 1691,69$ [KN]

9.3.2 Valori caratteristici reazioni orizzontali

Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione

La forza di frenamento o di accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale numero 1 ed è pari a:

$$180 \text{ kN} \leq 0,60 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN} \quad (\text{ponti di 1ª categoria})$$

La forza, applicata a livello della pavimentazione ed agente lungo l'asse della corsia, si assume uniformemente distribuita sulla larghezza caricata e include gli effetti di interazione. Trattandosi di un ponte di 1ª categoria la forza vale [kN] :

limitazione inferiore frenatura	180,00
limitazione superiore frenatura	900,00
Azione di Frenamento - valore di confronto	427,50

Azione longitudinale totale di frenamento = 427,50 [kN]

Azione del vento :		
Altezza barriera	2,00	[m]
Pressione cinetica	1,10	[kN/m²]
Forza totale sull'impalcato F_{yw}	119,15	[kN]
Azione longitudinale di frenamento q_3 :		
Forza totale sull'impalcato F_{xq}	427,50	[kN]
Azione centrifuga: (q_4 - D.M. 17 gennaio 2018 - 5.1.3.6)		
Raggio di curvatura	0,00	[m]
Forza totale sull'impalcato F_{yq}	0,00	[kN]

9.3.3 Combinazioni

Combinazioni SLU P/T

$$E_d = E\{\sum \gamma_{G,inf} \cdot G_{k,i}\}$$

$$E_d = E\{\sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_0 \cdot \gamma_W \cdot W_k\}$$

$$E_d = E\{\sum \gamma_{G,sup} \cdot G_{k,i} + \gamma_W \cdot W_k + \psi_0 \cdot \gamma_{Q,traffico} \cdot Q_{k,gruppo\ 1}\}$$

Trave	Rz max [kN]	Rz min [kN]
1	1608,16	1128,12

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
2	1527,12	1015,30
3	1537,67	1012,20
4	1533,84	1017,18
5	1631,12	1131,98

Reazione laterale su spalla $R_y = 89,36$

Reazione longitudinale totale $R_x = 577,13$

SLE Rare

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_{0,w} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + W_k + \psi_0 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_{0,w} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	1178,71	823,13
2	1115,30	736,17
3	1119,87	730,63
4	1114,21	731,50
5	1183,79	814,06

Reazione laterale su spalla $R_y = 59,57$

Reazione longitudinale totale $R_x = 427,50$

SLE Frequenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_{2,w} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_{1,w} \cdot W_k + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_{2,w} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	1036,07	823,13
2	968,11	736,17
3	972,67	730,63
4	971,98	731,50
5	1047,59	814,06

Reazione laterale su spalla $R_y = 11,91$

Reazione longitudinale totale $R_x = 0,00$

SLE Quasi permanenti

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_{2,w} \cdot W_k \}$$

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_{2,w} \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	823,13	823,13
2	736,17	736,17
3	730,63	730,63
4	731,50	731,50
5	814,06	814,06

Reazione laterale su spalla $R_y = 0,00$

Reazione longitudinale totale $R_x = 0,00$

10 SISMICA: RISULTATI DELL'ANALISI**10.1 AZIONI SULLE TRAVI PREFABBRICATE***10.1.1.1 Valori caratteristici SLU*

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	218,09	-21,54
1,00		209,46	200,99	-21,24
2,00		401,82	183,89	-20,35
3,00		577,09	166,79	-18,96
4,00		735,26	149,69	-17,15
5,00		876,34	132,59	-15,06
6,00		1000,32	115,48	-12,82
7,00		1107,22	98,38	-10,54
8,00		1197,01	81,28	-8,32
9,00		1266,83	59,86	-6,23
10,00		1318,11	42,75	-4,30
11,00		1352,30	25,65	-2,51
12,00		1369,40	8,55	-0,83
12,50	mezzeria	1372,09	0,00	0,00
13,00		1369,40	-8,55	0,83
14,00		1352,30	-25,65	2,51
15,00		1318,11	-42,75	4,30
16,00		1266,83	-59,86	6,23
17,00		1197,01	-81,28	8,32
18,00		1107,22	-98,38	10,54
19,00		1000,32	-115,48	12,82
20,00		876,34	-132,59	15,06
21,00		735,26	-149,69	17,15
22,00		577,09	-166,79	18,96
23,00		401,82	-183,89	20,35
24,00		209,46	-200,99	21,24
25,00	appoggio	0,00	-218,09	21,54

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	-218,09	21,54
1,00		-209,46	-200,99	21,24
2,00		-401,82	-183,89	20,35

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
3,00		-577,09	-166,79	18,96
4,00		-735,26	-149,69	17,15
5,00		-876,34	-132,59	15,06
6,00		-1000,32	-115,48	12,82
7,00		-1107,22	-98,38	10,54
8,00		-1197,01	-81,28	8,32
9,00		-1266,83	-59,86	6,23
10,00		-1318,11	-42,75	4,30
11,00		-1352,30	-25,65	2,51
12,00		-1369,40	-8,55	0,83
12,50	mezzeria	-1372,09	0,00	0,00
13,00		-1369,40	8,55	-0,83
14,00		-1352,30	25,65	-2,51
15,00		-1318,11	42,75	-4,30
16,00		-1266,83	59,86	-6,23
17,00		-1197,01	81,28	-8,32
18,00		-1107,22	98,38	-10,54
19,00		-1000,32	115,48	-12,82
20,00		-876,34	132,59	-15,06
21,00		-735,26	149,69	-17,15
22,00		-577,09	166,79	-18,96
23,00		-401,82	183,89	-20,35
24,00		-209,46	200,99	-21,24
25,00	appoggio	0,00	218,09	-21,54

10.1.1.2 Valori caratteristici SLD

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	33,31	-3,29
1,00		31,99	30,70	-3,24
2,00		61,37	28,09	-3,11
3,00		88,14	25,48	-2,90
4,00		112,30	22,86	-2,62
5,00		133,85	20,25	-2,30
6,00		152,79	17,64	-1,96
7,00		169,12	15,03	-1,61
8,00		182,83	12,41	-1,27
9,00		193,50	9,14	-0,95

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
10,00		201,33	6,53	-0,66
11,00		206,55	3,92	-0,38
12,00		209,16	1,31	-0,13
12,50	mezzeria	209,57	0,00	0,00
13,00		209,16	-1,31	0,13
14,00		206,55	-3,92	0,38
15,00		201,33	-6,53	0,66
16,00		193,50	-9,14	0,95
17,00		182,83	-12,41	1,27
18,00		169,12	-15,03	1,61
19,00		152,79	-17,64	1,96
20,00		133,85	-20,25	2,30
21,00		112,30	-22,86	2,62
22,00		88,14	-25,48	2,90
23,00		61,37	-28,09	3,11
24,00		31,99	-30,70	3,24
25,00	appoggio	0,00	-33,31	3,29

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	-33,31	3,29
1,00		-31,99	-30,70	3,24
2,00		-61,37	-28,09	3,11
3,00		-88,14	-25,48	2,90
4,00		-112,30	-22,86	2,62
5,00		-133,85	-20,25	2,30
6,00		-152,79	-17,64	1,96
7,00		-169,12	-15,03	1,61
8,00		-182,83	-12,41	1,27
9,00		-193,50	-9,14	0,95
10,00		-201,33	-6,53	0,66
11,00		-206,55	-3,92	0,38
12,00		-209,16	-1,31	0,13
12,50	mezzeria	-209,57	0,00	0,00
13,00		-209,16	1,31	-0,13
14,00		-206,55	3,92	-0,38
15,00		-201,33	6,53	-0,66
16,00		-193,50	9,14	-0,95
17,00		-182,83	12,41	-1,27
18,00		-169,12	15,03	-1,61

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
19,00		-152,79	17,64	-1,96
20,00		-133,85	20,25	-2,30
21,00		-112,30	22,86	-2,62
22,00		-88,14	25,48	-2,90
23,00		-61,37	28,09	-3,11
24,00		-31,99	30,70	-3,24
25,00	appoggio	0,00	33,31	-3,29

10.1.1.3 Combinazione sismica SLU

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	992,47	-98,03
1,00		953,17	914,65	-96,64
2,00		1828,55	836,82	-92,62
3,00		2626,13	759,00	-86,27
4,00		3345,93	681,18	-78,06
5,00		3987,94	603,35	-68,55
6,00		4552,15	525,53	-58,33
7,00		5038,58	447,71	-47,95
8,00		5447,21	369,88	-37,86
9,00		5764,93	272,38	-28,36
10,00		5998,30	194,56	-19,57
11,00		6153,89	116,73	-11,44
12,00		6231,68	38,91	-3,76
12,50	mezzeria	6243,93	0,00	0,00
13,00		6231,68	-38,91	3,76
14,00		6153,89	-116,73	11,44
15,00		5998,30	-194,56	19,57
16,00		5764,93	-272,38	28,36
17,00		5447,21	-369,88	37,86
18,00		5038,58	-447,71	47,95
19,00		4552,15	-525,53	58,33
20,00		3987,94	-603,35	68,55
21,00		3345,93	-681,18	78,06
22,00		2626,13	-759,00	86,27
23,00		1828,55	-836,82	92,62
24,00		953,17	-914,65	96,64
25,00	appoggio	0,00	-992,47	98,03

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	556,28	-54,94
1,00		534,26	512,66	-54,17
2,00		1024,91	469,04	-51,91
3,00		1471,96	425,42	-48,36
4,00		1875,41	381,80	-43,75
5,00		2235,26	338,18	-38,42
6,00		2551,50	294,56	-32,69
7,00		2824,15	250,94	-26,88
8,00		3053,19	207,32	-21,22
9,00		3231,27	152,67	-15,90
10,00		3362,08	109,05	-10,97
11,00		3449,28	65,43	-6,41
12,00		3492,88	21,81	-2,11
12,50	mezzeria	3499,75	0,00	0,00
13,00		3492,88	-21,81	2,11
14,00		3449,28	-65,43	6,41
15,00		3362,08	-109,05	10,97
16,00		3231,27	-152,67	15,90
17,00		3053,19	-207,32	21,22
18,00		2824,15	-250,94	26,88
19,00		2551,50	-294,56	32,69
20,00		2235,26	-338,18	38,42
21,00		1875,41	-381,80	43,75
22,00		1471,96	-425,42	48,36
23,00		1024,91	-469,04	51,91
24,00		534,26	-512,66	54,17
25,00	appoggio	0,00	-556,28	54,94

10.1.1.4 Combinazione sismica SLD

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2} a_{fase} + \psi_{2,E} \cdot Q_{k,gruppo 1} \pm E_{SLE} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0,00	appoggio	0,00	297,08	-79,78
1,00		285,11	273,37	-78,65
2,00		546,51	249,65	-75,38
3,00		784,21	225,94	-70,21
4,00		998,20	202,23	-63,53

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
5,00		1188,50	178,51	-55,79
6,00		1355,08	154,80	-47,47
7,00		1497,97	131,09	-39,02
8,00		1617,15	107,37	-30,81
9,00		1712,18	83,00	-23,08
10,00		1783,29	59,28	-15,93
11,00		1830,70	35,57	-9,31
12,00		1854,41	11,86	-3,06
12,50	mezzeria	1858,14	0,00	0,00
13,00		1854,41	-11,86	3,06
14,00		1830,70	-35,57	9,31
15,00		1783,29	-59,28	15,93
16,00		1712,18	-83,00	23,08
17,00		1617,15	-107,37	30,81
18,00		1497,97	-131,09	39,02
19,00		1355,08	-154,80	47,47
20,00		1188,50	-178,51	55,79
21,00		998,20	-202,23	63,53
22,00		784,21	-225,94	70,21
23,00		546,51	-249,65	75,38
24,00		285,11	-273,37	78,65
25,00	appoggio	0,00	-297,08	79,78

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0,00	appoggio	0,00	230,46	-73,20
1,00		221,12	211,97	-72,16
2,00		423,76	193,48	-69,16
3,00		607,92	174,99	-64,42
4,00		773,60	156,50	-58,29
5,00		920,79	138,01	-51,18
6,00		1049,50	119,52	-43,55
7,00		1159,74	101,03	-35,80
8,00		1251,48	82,54	-28,27
9,00		1325,19	64,71	-21,18
10,00		1380,64	46,22	-14,61
11,00		1417,60	27,73	-8,54
12,00		1436,08	9,24	-2,81
12,50	mezzeria	1438,99	0,00	0,00
13,00		1436,08	-9,24	2,81

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
14,00		1417,60	-27,73	8,54
15,00		1380,64	-46,22	14,61
16,00		1325,19	-64,71	21,18
17,00		1251,48	-82,54	28,27
18,00		1159,74	-101,03	35,80
19,00		1049,50	-119,52	43,55
20,00		920,79	-138,01	51,18
21,00		773,60	-156,50	58,29
22,00		607,92	-174,99	64,42
23,00		423,76	-193,48	69,16
24,00		221,12	-211,97	72,16
25,00	appoggio	0,00	-230,46	73,20

10.2 AZIONI SUL TRAVERSO

10.2.1.1 Valori caratteristici SLU

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-6,30	estremità dx	2,35	2,35
-6,00		2,95	2,95
-5,00		16,93	16,93
-4,00		-17,39	-17,39
-3,00		-31,10	-31,10
-2,00		-34,07	-34,07
-1,00		-35,60	-35,60
0,00	mezzeria	-35,93	-35,93
1,00		-35,17	-35,17
2,00		-33,34	-33,34
3,00		-30,32	-30,32
4,00		-25,90	-25,90
5,00		-19,72	-19,72
6,00		-11,29	-11,29
6,30	estremità sx	-8,24	-8,24

10.2.1.2 Valori caratteristici SLD

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-6,30	estremità dx	0,36	0,36
-6,00		0,45	0,45

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-5,00		2,59	2,59
-4,00		-2,66	-2,66
-3,00		-4,75	-4,75
-2,00		-5,20	-5,20
-1,00		-5,44	-5,44
0,00	asse travi	-5,49	-5,49
1,00		-5,37	-5,37
2,00		-5,09	-5,09
3,00		-4,63	-4,63
4,00		-3,96	-3,96
5,00		-3,01	-3,01
6,00		-1,72	-1,72
6,30	estremità sx	-1,26	-1,26

10.2.1.3 Combinazione sismica SLU

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-6,30	estremità dx	-6,42	-6,42
-6,00		13,44	13,44
-5,00		77,05	77,05
-4,00		-79,15	-79,15
-3,00		-141,54	-141,54
-2,00		-155,05	-155,05
-1,00		-162,00	-162,00
0,00	mezzeria	-163,49	-163,49
1,00		-160,04	-160,04
2,00		-151,70	-151,70
3,00		-137,99	-137,99
4,00		-117,87	-117,87
5,00		-89,74	-89,74
6,00		-51,37	-51,37
6,30	estremità sx	-37,50	-37,50

10.2.1.4 Combinazione sismica SLD

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2} a_{fase} + \psi_{2,E} \cdot Q_{k,gruppo 1} \pm E_{SLE} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-6,30	estremità dx	-5,23	-5,23

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-6,00		10,94	10,94
-5,00		62,70	62,70
-4,00		-64,41	-64,41
-3,00		-115,19	-115,19
-2,00		-126,18	-126,18
-1,00		-131,84	-131,84
0,00	asse travi	-133,05	-133,05
1,00		-130,24	-130,24
2,00		-123,46	-123,46
3,00		-112,29	-112,29
4,00		-95,92	-95,92
5,00		-73,04	-73,04
6,00		-41,80	-41,80
6,30	estremità sx	-30,52	-30,52

10.3 APPOGGI

10.3.1.1 Valori caratteristici SLU

Azione verticale [KN]

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0,00$	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0,00$
1	231,82	0,00	-231,82	0,00
2	207,33	0,00	-207,33	0,00
3	205,77	0,00	-205,77	0,00
4	206,02	0,00	-206,02	0,00
5	229,27	0,00	-229,27	0,00

Azione orizzontale [KN]

trasversale su ogni spalla		longitudinale intero impalcato	
Permanenti	Traff. $\Psi_E=0,00$	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0,00$
1057,47	0,00	3028,79	0,00

10.3.1.2 Valori caratteristici SLD

Azione verticale [KN]

valori massimi	valori minimi
----------------	---------------

Trave	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0,00$	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0,00$
1	35,41	0,00	-35,41	0,00
2	31,67	0,00	-31,67	0,00
3	31,43	0,00	-31,43	0,00
4	31,47	0,00	-31,47	0,00
5	35,02	0,00	-35,02	0,00

Azione orizzontale [KN]

trasversale su ogni spalla		longitudinale intero impalcato	
Permanenti	Traff. $\Psi_E=0,00$	Permanenti	Traff. $\Psi_E=0,00$
420,01	0,00	996,05	0,00

10.3.1.3 Combinazione sismica SLU

Azione verticale [KN]

Trave	Rz vert.max	Rz vert. min
1	1054,95	591,31
2	943,50	528,84
3	936,40	524,86
4	937,52	525,48
5	1043,32	584,79

Azione orizzontale [KN]

	reazioni massime	reazioni minime
Reazione longitudinale totale	3028,79	-3028,79
Reazione trasversale su ogni pila	1057,47	-1057,47

10.3.1.4 Combinazione sismica SLD

$$E_d = E\{ \sum G_{k,2}^{a_{fase}} + \Psi_{2,E} \cdot Q_{k,gruppo} \pm E_{SLE} \}$$

Azione verticale [KN]

Trave	Rz vert.max	Rz vert. min
1	858,54	787,72
2	767,84	704,50
3	762,06	699,20
4	762,97	700,03
5	849,07	779,04

Azione orizzontale [KN]

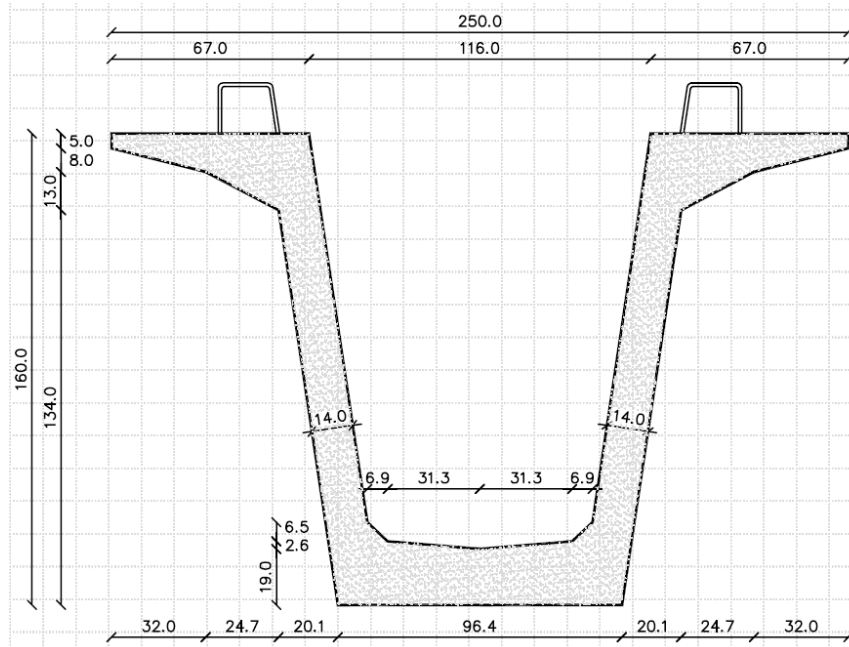
	reazioni massime	reazioni minime
--	------------------	-----------------

	reazioni massime	reazioni minime
Reazione longitudinale totale	996,05	-996,05
Reazione trasversale su ogni pila	420,01	-420,01

11 VERIFICA DELLA TRAVE PRECOMPRESSA

Codice di calcolo: TCAP ed. 9.4 - 02/2019 - SIGMAc SOFT

Unità correnti: lunghezza= cm forza= N



11.1 DATI GEOMETRICI E DEI MATERIALI

11.1.1.1 Trave prima fase

Sbalzo sinistro = 55,00

Sbalzo destro = 55,00

11.1.1.2 Trave seconda fase

appoggio	X	luce campata
1	0,00	
2	2500,00	2500,00

11.1.1.3 Armature trave prefabbricata: Armature di precompressione pretesate

trefoli :	6/10"
area trefolo =	139,000[mm²]
acciaio :	prec.fpk=1860
tensione di tesatura =	125550,00[N/cm²]
area totale A_p =	44,480[cm²]
precompressione totale N_p =	5584464,00[N]
quota baricentro $Z_{g,p}$ =	10,19[cm]

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
155,00			
149,00			
135,00			
129,00			
123,00			
80,00			
60,00			
43,50			
37,50			
31,50			
25,50			
20,50			
15,50	10		
10,50	10		
5,50	12		

N. trefoli= 32 L tot guaine= 0,00

11.1.1.4 Armature trave prefabbricata: Armatura lenta

Armatura longitudinale :

pos.	armatura	y	z	x iniziale	x finale
P1-L1	Longitudinale	20Ø12	0,00	0,00	48,00 2562,00

Armatura trasversale :

pos.	armatura	x iniziale	x finale	
P1-S1	2Ø12/20,00	0,00	2610,00	trave+colleg. con soletta
P1-S2	2Ø12/20,00	2110,00	2610,00	trave+colleg. con soletta
P1-S3	2Ø12/20,00	0,00	500,00	trave+colleg. con soletta

armatura longit. appoggio :

n. barre	Ø	lunghezza	quota z
4	16	192,00	3,00

11.1.1.5 Armature getto in opera

Armatura longitudinale :

pos.	armatura	Y	Z	X iniziale	X finale
S-L1	Longitudinale	20Ø12	0,00	0,00	48,00 2452,00

Armatura trasversale :

pos.	armatura	X iniziale	X finale funzione
S-S1	2Ø8/20,00	0,00	2500,00 getto in opera

11.1.1.6 Calcestruzzo travi prefabbricate

Calcestruzzo	C45/55
resistenza caratteristica $R_{ck28,cub}$	5500,00
resistenza al taglio dei trefoli $R_{ckj,cub}$	3850,00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1,500
modulo elastico	3641611,39
peso specifico	0,0245
ritiro totale	-0,00030
% ritiro prima del taglio trefoli	25,5%
% ritiro taglio trefoli-getto soletta	25,5%
% ritiro da getto soletta a t=inf.	49%
coeff. di viscosità	2,300
% viscosità taglio trefoli-getto soletta	33%
% viscosità da getto soletta a t=inf.	67%

11.1.1.7 Calcestruzzo getto in opera

Calcestruzzo	C28/35
resistenza caratteristica $R_{ck28,cub}$	3500,00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1,5
modulo elastico	3258810,78
peso specifico	0,0245
coeff. di omogeneizzazione con cls travi	0,895

11.1.1.8 Acciaio per armatura lenta

tipo acciaio	B450C
tensione di snervamento f_{yk}	45000,00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1,15
modulo elastico	21000000,00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6

11.1.1.9 Acciaio per armatura da precompressione

tipo acciaio	prec.fpk=1860
tensione di snervamento f_{yk}	167400,00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1,15

modulo elastico	19500000,00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6
% rilassam. prima del taglio trefoli	41,4%
% rilassam. taglio trefoli-getto soletta	25,9%
% rilassam. da getto soletta a t=inf.	32,7%

11.2 SOLLECITAZIONI ESTERNE

11.2.1.1 Combinazioni di 2a fase

<combinazioni non definite>	0
SLU Persistenti/Transitorie STR	1
SLU Eccezionali	0
SLE Rare	1
SLE Frequenti	1
SLE Quasi Permanenti	1
SLU Sismiche SLV	1
SLE Sismiche SLD	0

11.3 RISULTATI DELLE VERIFICHE

11.3.1.1 Verifica sezione X=0,00 - Sezione all'appoggio

Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-48,20	0,00	prefabb.:
2	-68,30	134,00	non reag.trazione
3	-93,00	147,00	
4	-125,00	155,00	
5	-125,00	160,00	
6	-58,00	160,00	
7	-38,20	28,10	
8	-31,30	21,60	
9	0,00	19,00	
10	31,30	21,60	
11	38,20	28,10	
12	58,00	160,00	
13	125,00	160,00	
14	125,00	155,00	

15	93,00	147,00	
16	68,30	134,00	
17	48,20	0,00	fine prefabb.

A	J _f	Z _g
7479,990	24411727,6136	79,97

<nessuna armatura di precompressione pretesa>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	0,00	22,619	Longitudinale 20Ø12
2	3,00	8,042	armatura longit. appoggio 4Ø16

Sezione ideale (n=15,000)	A _{id}	J _{f, id}	Z _{g, id}
	7939,919	27129514,2491	75,39

Verifica tensionale

Sollecitazioni	M _{esterno}
prima del getto in opera	16756255,89
dopo getto 2a fase	0,00

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e, max}$	$\sigma_{i, max}$
prima del getto in opera	0,00	0,00
dopo getto 2a fase	0,00	0,00

Tensioni sugli acciai	σ_{sp}	$\sigma_{long, max}$	pos.	$\sigma_{long, min}$	pos.
prima del getto in opera	0,00	0,00	Longitudinale	0,00	Longitudinale
dopo getto 2a fase	0,00	0,00	Longitudinale	0,00	Longitudinale

Verifica a rottura per flessione

<sollecitazioni flettenti nulle>

Verifica a rottura per taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	b _w	Staffe:	A _{sw}
	0,785	28,40		0,22619

d	K	A _{sl}	ρ_i	σ_{cp}	α_c
160,00	1,354	8,042	0,0018	0,00	1,000

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
169215,38	1274557,80	2644778,40

$$V_{Ed,max} = 701755,37 < 1274557,80$$

Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	0,00	0,00
getto in opera	0,00	0,00

Verifiche in esercizio

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-48,20	0,00	prefabb.:
2	-68,30	134,00	non reag.trazione
3	-93,00	147,00	
4	-125,00	155,00	
5	-125,00	160,00	
6	-58,00	160,00	
7	-38,20	28,10	
8	-31,30	21,60	
9	0,00	19,00	
10	31,30	21,60	
11	38,20	28,10	
12	58,00	160,00	
13	125,00	160,00	
14	125,00	155,00	
15	93,00	147,00	
16	68,30	134,00	
17	48,20	0,00	fine prefabb.
18	-48,20	0,00	
19	-221,00	185,00	getto in opera
20	126,00	185,00	(m=0,895)
21	126,00	160,00	non reag.trazione
22	-221,00	160,00	
23	-221,00	185,00	

A	J _f	Z _g
15243,087	57428894,7809	127,10

<nessuna armatura di precompressione pretesa>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	0,00	22,619	Longitudinale 20Ø12
2	3,00	8,042	armatura longit. appoggio 4Ø16

Sezione ideale (n=15,000)	A _{id}	J _{f, id}	Z _{g, id}
	15703,016	64552525,1664	123,40

Verifica tensionale

Cadute di tensione nei trefoli pretesi da maturazione soletta a t=inf. :

%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls 48,9%	2858,44	2,3%
rilassamento acciaio 32,6%	1473,32	1,2%
viscosità cls 100,0%	8345,46	6,6%

Tensioni sul cls - VH160 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	0,00	0,00	0,00	0,00
t=inf.-SLE Rare	0,00	0,00	0,00	0,00
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0,00	0,00	0,00	0,00

Tensioni sul cls - getto in opera :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	0,00	0,00	0,00	0,00
t=inf.-SLE Rare	0,00	0,00	0,00	0,00
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0,00	0,00	0,00	0,00

Tensioni sugli acciai

	σ_{sp}	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-senza carichi	0,00	0,00	Longitudinale	0,00	Longitudinale
t=inf.-SLE Rare	0,00	0,00	Longitudinale	0,00	Longitudinale
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0,00	0,00	Longitudinale	0,00	Longitudinale

Momenti di rottura per flessione retta

<sollecitazioni flettenti nulle>

Verifica rottura per taglio

Calcestruzzo: θ [rad] b_w **Staffe:** A_{sw}

0,785 28,40 0,27646

d K A_{sl} ρ_i σ_{cp} α_c

185,00 1,329 8,042 0,0015 0,00 1,000

V_{Rd} V_{Rsd} V_{Rcd}

190312,34 1801198,00 3058025,03

$V_{Ed,max} = 1553653,64 < 1801198,00$

Trazione per taglio ($V=1553653,64$) = 776826,82 [N]

Verifica rottura per torsione

Calcestruzzo: θ [rad] f'_{cd} **Staffe parete:** A_{sw}

0,785 1293,42 0,13823

A_k t_{min} u_k σ_{cp} α_c

17772,000 14,00 547,00 0,00 1,000

T_{Rcd} T_{Rsd}

321812414,00 192257602,76

$T_{Ed,max} = 19538822,07 < 192257602,76$

Trazione per torsione ($T=192257602,76$) = 2958724,64 [N]

Trazione per torsione ($T=19538822,07$) = 300690,29 [N]

Sforzo di precompressione presente = 0,00 [N]

armatura longitudinale minima ($T=T_{Ed,max}=19538822,07$) = 7,684 [cm²]

Verifica a taglio/torsione

$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |-19538822,07/192257602,76| + |1553653,64/1801198,00| = 0,964$

Forze di scorrimento tra i getti

max valore di progetto scorrimento interfaccia 5666,21 [N/cm]

min valore di progetto scorrimento interfaccia 0,00 [N/cm]

scorrimento ultimo per coesione ed attrito $\pm 1553,62$ [N/cm]

staffe di collegamento 0,2262 [cm²/cm]

scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe $\pm 6864,28$ [N/cm]

11.3.1.2 Verifica sezione X=1250,00 - Sezione di mezzeria**Prima fase: sola trave****Sezione di calcestruzzo :**

n.	Y	Z	
1	-48,20	0,00	prefabb.:
2	-68,30	134,00	reag.trazione
3	-93,00	147,00	
4	-125,00	155,00	
5	-125,00	160,00	
6	-58,00	160,00	
7	-38,20	28,10	
8	-31,30	21,60	
9	0,00	19,00	
10	31,30	21,60	
11	38,20	28,10	
12	58,00	160,00	
13	125,00	160,00	
14	125,00	155,00	
15	93,00	147,00	
16	68,30	134,00	
17	48,20	0,00	fine prefabb.

A	J _f	Z _g
7479,990	24411727,6136	79,97

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	15,50	13,900
2	10,50	13,900
3	5,50	16,680

Z _{g,p}	A _p
10,19	44,480

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	0,00	22,619	Longitudinale 20Ø12

Sezione ideale (n=6,000)	A _{id}	J _{f, id}	Z _{g, id}
	7882,587	26473830,8550	76,23

Verifica tensionale

Cadute di tensione prima del taglio trefoli :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25,5%	1491,75	1,2%
rilassamento acciaio	41,4%	1870,57	1,5%

Sollecitazioni	Mesterno	Nprecomp.	Mprecomp.
t=0 dopo taglio trefoli	143317777,15	-5434908,14	-379284419,07
prima del getto in opera	203069366,18	-5067865,11	-353669689,15
dopo getto 2a fase	330004948,62	-5066564,75	-353578941,37

Tensioni sul calcestruzzo $\sigma_{e,max}$ $\sigma_{i,max}$

t=0 dopo taglio trefoli	-7,17	-1310,45
prima del getto in opera	0,00	0,00
dopo getto 2a fase	-628,01	-656,49

Tensioni sugli acciai σ_{sp} $\sigma_{long,max}$ pos. $\sigma_{long,min}$ pos.

t=0 dopo taglio trefoli	114822,88	-7862,69	Longitudinale	-7862,69	Longitudinale
prima del getto in opera	0,00	0,00	Longitudinale	0,00	Longitudinale
dopo getto 2a fase	110007,76	-3938,93	Longitudinale	-3938,93	Longitudinale

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	25,5%	1491,75	1,2%
rilassamento acciaio	25,9%	1170,23	0,9%
viscosità cls	40,1%	5589,88	4,5%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0,1%	8,06	0,0%
rilassamento acciaio	0,1%	4,15	0,0%
viscosità cls	0,1%	17,02	0,0%

Verifica a rottura per flessione

Presollecitazione armature pretese : $\epsilon_{sp,z=10,19}=0,00584$

fless. Z asse neutro		Mr	ϵ_{sup}	Z_{sup}	ϵ_{inf}	Z_{inf}
(+)	98,80	988882431,03	-0,00350	160,00	0,00565	0,00
(-)	16,46	-23295234,44	-0,00020	15,50	-0,00350	0,00

$$M_{d,max} = 445506680,63 < 988882431,03 \quad K_r=2,220$$

Verifica a rottura per taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0,381	28,40		0,11310

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
160,00	1,354	44,480	0,0098	-677,52	1,250

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
723708,83	1593194,37	2279984,36

$$V_{Ed,max} = 0,00 < 1593194,37$$

Seconda fase: trave + getto in opera**Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :**

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-628,12	-656,08
getto in opera	0,00	0,00

Verifiche in esercizio**Sezione di calcestruzzo :**

n.	Y	Z	
1	-48,20	0,00	prefabb.:
2	-68,30	134,00	reag.trazione
3	-93,00	147,00	
4	-125,00	155,00	
5	-125,00	160,00	
6	-58,00	160,00	
7	-38,20	28,10	
8	-31,30	21,60	
9	0,00	19,00	
10	31,30	21,60	
11	38,20	28,10	
12	58,00	160,00	
13	125,00	160,00	
14	125,00	155,00	
15	93,00	147,00	
16	68,30	134,00	
17	48,20	0,00	fine prefabb.
18	-48,20	0,00	

19	-221,00	185,00	getto in opera
20	126,00	185,00	(m=0,895)
21	126,00	160,00	non reag.trazione
22	-221,00	160,00	
23	-221,00	185,00	

A	J _f	Z _g
15243,087	57428894,7809	127,10

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	15,50	13,900
2	10,50	13,900
3	5,50	16,680

Z _{g,p}	A _p
10,19	44,480

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	0,00	22,619	Longitudinale 20Ø12
2	0,00	22,619	Longitudinale 20Ø12

Sezione ideale (n=6,000)	A _{id}	J _{f,id}	Z _{g,id}
	15781,401	65192175,0138	122,93

Verifica tensionale**Cadute di tensione nei trefoli pretesi da maturazione soletta a t=inf. :**

%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls 48,9%	2858,44	2,3%
rilassamento acciaio 32,6%	1473,32	1,2%
viscosità cls 59,8%	8345,46	6,6%

Tensioni sul cls - VH160 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-627,71	-627,71	-503,19	-503,19
t=inf.-SLE Rare	-627,71	-845,98	220,71	-503,19
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-627,71	-740,23	-130,02	-503,19

Tensioni sul cls - getto in opera :

$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
------------------	------------------	------------------	------------------

t=inf.-senza carichi	-20,96	-20,96	0,00	0,00
t=inf.-SLE Rare	-20,96	-348,02	0,00	-194,96
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-20,96	-189,56	0,00	-100,33

Tensioni sugli acciai σ_{sp} $\sigma_{sl,max}$ pos. $\sigma_{sl,min}$ pos.

t=inf.-senza carichi	95808,96	917,34	Longitudinale	-3019,12	Longitudinale
t=inf.-SLE Rare	96725,72	5260,72	Longitudinale	-3019,12	Longitudinale
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0,00	3156,35	Longitudinale	-3019,12	Longitudinale

Momenti di rottura per flessione retta

presollecitazione nelle armature di precompressione :

Z cavo risult. $\Delta \epsilon_{sp}$

Armature pretese	10,19	0,00507
------------------	-------	---------

fless. Z asse neutro	M_r	ϵ_{sup}	Z_{sup}	ϵ_{inf}	Z_{inf}
(+)	160,01	1384638495,11	-0,00156	185,00	0,01000
(-)	11,33	-35245779,33	0,00129	15,50	-0,00350

$$M_{d,max} = 973721869,14 < 1384638495,11 \quad K_r = 1,422$$

Verifica rottura per taglio

Calcestruzzo:	θ [rad]	b_w	Staffe:	A_{sw}
	0,381	28,40		0,16336

d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
185,00	1,329	89,719	0,0171	-295,39	1,114

V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}
590681,89	2660860,68	2349808,52

$$V_{Ed,max} = 103629,68 < 2349808,52$$

Trazione per taglio ($V=103629,68$) = 129537,09 [N]

Verifica rottura per torsione

Calcestruzzo:	θ [rad]	f'_{cd}	Staffe parete:	A_{sw}
	0,381	1293,42		0,08168

A_k	t_{min}	u_k	σ_{cp}	α_c
-------	-----------	-------	---------------	------------

17772,000 14,00 547,00 -295,39 1,114

T_{Rcd} T_{Rsd}

247282983,56 284016913,17

$T_{Ed,max} = 3151504,16 < 247282983,56$

Trazione per torsione ($T=247282983,56$) = 9513827,37 [N]

Trazione per torsione ($T=3151504,16$) = 121249,21 [N]

Sforzo di precompressione presente = -4502681,85 [N]

<armatura longitudinale non necessaria>

Verifica a taglio/torsione

$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |3151504,16/247282983,56| + |-103629,68/2349808,52| = 0,057$

Forze di scorrimento tra i getti

max valore di progetto scorrimento interfaccia 0,00 [N/cm]

min valore di progetto scorrimento interfaccia -711,07 [N/cm]

scorrimento ultimo per coesione ed attrito $\pm 1553,62$ [N/cm]

staffe di collegamento 0,1131 [cm²/cm]

scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe $\pm 4208,95$ [N/cm]

Verifiche in fase transitoria

Verifica in fase di sollevamento

Incremento dinamico = 0,15

Sbalzo sinistro = 50,00

Sbalzo destro = 2500,00

<nessuna sezione richiesta>

11.3.1.3 Deformazioni dell'impalcato

modulo elastico = 3641611,39

Prima fase

VH160 :

	accorciamento [cm]	rotaz. testata sinistra [rad]	rotaz. testata destra [rad]	freccia in mezzera [cm]
al taglio trefoli	-0,4836	0,00385	-0,00385	2,2742
prima del getto in opera	-0,8188	0,00480	-0,00480	2,9142
al getto soletta	-0,8188	0,00324	-0,00324	1,7257

dopo maturazione	-0,8217	0,00325	-0,00325	1,7287
------------------	---------	---------	----------	--------

Seconda fase**Spostamenti X in asse appoggi [cm] :**

	dopo maturazione	postesi e	
	soletta	cambio vincoli	t=inf.
Spalla iniziale	0,0000	0,0000	0,0000
Spalla finale	0,0000	0,0000	-0,1873

Rotazioni in asse appoggi [rad] :

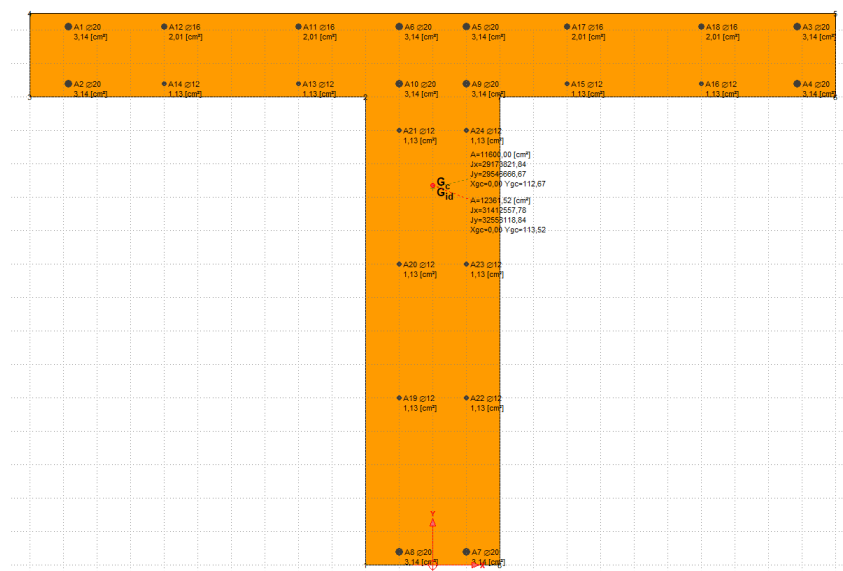
	dopo maturazione	postesi e	
	soletta	cambio vincoli	t=inf.
Spalla iniziale	0,00000	0,00000	0,00202
Spalla finale	0,00000	0,00000	-0,00202

Frecce in mezzeria [cm] :

campata		dopo maturazione	postesi e	t=inf.	t=inf.
X		soletta	cambio vincoli	comb. rara max	comb. rara min
1	1250,00	1,7287	1,7287	2,8108	1,5857

12 VERIFICA DEL TRAVERSO

12.1 DATI GEOMETRICI E DEI MATERIALI



12.1.1.1 Sezione C30/37

vertice	Coordinata X	Coordinata Y
1	-20,00	0,00
2	-20,00	140,00
3	-120,00	140,00
4	-120,00	165,00
5	120,00	165,00
6	120,00	140,00
7	20,00	140,00
8	20,00	0,00

Area= 11600,000

Coordinate baricentro: x= 0,00 y= 112,67

$J_{xx} = 29173821,8391$

$J_{yy} = 29546666,6667$

Caratteristiche meccaniche

Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	3700,00
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cil}$	3071,00
Coeff. carichi lunga durata	α_{cc}	0,85
Fattore di sicurezza parziale	γ	1,5
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	1740,23
Resistenza media a trazione assiale	f_{ctm}	294,20

Resist. a trazione per fessurazione	$f_{ct,eff}$	294,20
Tensione di formazione delle fessure	σ_t	245,17
Modulo elastico secante (fessur.)	E_{cm}	3301943,46
Sezione reagente a trazione		NO

Valori limite di deformazione

Compressione	ϵ_{inf}	-0,0035
Trazione	ϵ_{sup}	1

Limitazione tensioni

Situazioni rare	$\sigma_c \leq$	1842,60
Situazioni quasi permanenti	$\sigma_c \leq$	1381,95

Parametri per fessurazione

Fattore di durata del carico	k_t	0,60
Coeff. di aderenza delle armature	k_1	0,80

12.1.1.2 Armature longitudinali - B450

armatura	Coordinata X	Coordinata Y	Area	Ø
1	-108,50	161,00	3,14	20
2	-108,50	144,00	3,14	20
3	108,50	161,00	3,14	20
4	108,50	144,00	3,14	20
5	10,00	161,00	3,14	20
6	-10,00	161,00	3,14	20
7	10,00	4,00	3,14	20
8	-10,00	4,00	3,14	20
9	10,00	144,00	3,14	20
10	-10,00	144,00	3,14	20
11	-40,00	161,00	2,01	16
12	-80,00	161,00	2,01	16
13	-40,00	144,00	1,13	12
14	-80,00	144,00	1,13	12
15	40,00	144,00	1,13	12
16	80,00	144,00	1,13	12
17	40,00	161,00	2,01	16
18	80,00	161,00	2,01	16
19	-10,00	50,00	1,13	12
20	-10,00	90,00	1,13	12
21	-10,00	130,00	1,13	12

22	10,00	50,00	1,13	12
23	10,00	90,00	1,13	12
24	10,00	130,00	1,13	12

Area totale acciaio= 50,768

Coordinate baricentro: $x=0,00$ $y=126,36$ **Caratteristiche meccaniche**

Valore caratt. tensione snervamento	f_{yk}	45000,00
Fattore di sicurezza parziale	γ	1,15
Valore di calcolo tens. snervamento	f_{yd}	39130,43
Modulo elastico (fessurazione)	E_s	20000000,00

Valori limite di deformazione

Compressione	$\epsilon_{s,inf}$	-0,01
Trazione	$\epsilon_{s,sup}$	0,01

Limitazione tensioni

Situazioni rare	$\sigma_s \leq$	36000,00
Coefficiente di omogeneizzazione	$n =$	15,00

12.1.1.3 Sezione di c.a. ($n=15$)

Area= 12361,522

Coordinate baricentro: $x=0,00$ $y=113,52$ $J_{xx} = 31412557,7817$ $J_{yy} = 32558118,8446$ **12.2 VERIFICHE****12.2.1.1 Stati Limite Ultimi****Rottura per flessione****Sollecitazioni Resistenti :**

Asse	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-21521088	-0,0035 (sez)	1370094	0,01 (arm)
Mx	-59329709	0,01 (arm)	226824629	0,01 (arm)
My	-166555131	0,01 (arm)	166555131	0,01 (arm)

Verifica a rottura per flessione

Comb	Descrizione	Coeff. di sicurezza
1	Mmax SLU P/T $\gamma=-0,76$	1,1224
2	Mmin SLU P/T $\gamma=0,25$	2,9424

3	Mmax SLU sismica $y=-5,04$	7,3569
4	Mmax SLU sismica $y=-0,25$	12,2993

Verifica a rottura per taglio

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (\text{Elemento privo di armatura a taglio})$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) \cdot \sin \alpha \quad (\text{Rottura armatura trasversale})$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta) \quad (\text{Rottura bielle compresse})$$

Dove:

d: altezza utile della sezione

 b_w : larghezza minima della sezione A_{sw} : area armatura trasversale

s: interasse tra 2 armature trasversali consecutive

 α : inclinazione risp. all'orizzontale delle armature trasversali θ : inclinazione bielle compresse in cls α_c : coeff. maggiorativo dovuto alla presenza dello sforzo assiale A_{sl} : area acciaio in zona tesa

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

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_{cls}$$

$$\rho_l = A_{sl}/(b_w \cdot d)$$

Calcestruzzo:	θ	b_w
	0,79	40,00

Comb	d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
1	161,00	1,352	30,159	0,005	0,00	1,000
2	161,00	1,352	42,223	0,007	0,00	1,000
3	161,00	1,352	30,159	0,005	0,00	1,000
4	161,00	1,352	42,223	0,007	0,00	1,000

Comb	Descrizione	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	V_D
1	Mmax SLU P/T $y=-0,76$	254172	0	2521598	0
2	Mmin SLU P/T $y=0,25$	284340	0	2521598	0
3	Mmax SLU sismica $y=-5,04$	254172	0	2521598	0
4	Mmax SLU sismica $y=-0,25$	284340	0	2521598	0

12.2.1.2 Tensioni di Esercizio: Rare**Mmax $y=-0,76$** asse neutro: da $x=-120,00$ $y=152,19$ a $x=120,00$ $y=152,19$ parametri riferiti all'asse neutro: $J_{n-n} = 2781309,00$ $S_{n-n} = 22398,53$ $b_{n-n} = 240,00$

Tensioni nei vertici		Tensioni nelle armature	
vertice	tensione	armatura	tensione
1	0,00	1	-1815,44

2	0,00	2	1689,62
3	0,00	3	-1815,44
4	-176,01	4	1689,62
5	-176,01	5	-1815,44
6	0,00	6	-1815,44
7	0,00	7	30554,84
8	0,00	8	30554,84
		9	1689,62
		10	1689,62
		11	-1815,44
		12	-1815,44
		13	1689,62
		14	1689,62
		15	1689,62
		16	1689,62
		17	-1815,44
		18	-1815,44
		19	21070,56
		20	12823,35
		21	4576,14
		22	21070,56
		23	12823,35
		24	4576,14

Mmin y=0,00asse neutro: da $x=-20,00$ $y=52,89$ a $x=20,00$ $y=52,89$ parametri riferiti all'asse neutro: $J_{n-n} = 8187792,00$ $S_{n-n} = 60652,30$ $b_{n-n} = 40,00$ **Tensioni nei vertici****vertice tensione**

1	-350,55
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	0,00
8	-350,55

Tensioni nelle armature**armatura tensione**

1	10748,13
2	9058,02
3	10748,13
4	9058,02
5	10748,13
6	10748,13
7	-4860,53
8	-4860,53
9	9058,02
10	9058,02
11	10748,13
12	10748,13

13	9058,02
14	9058,02
15	9058,02
16	9058,02
17	10748,13
18	10748,13
19	-287,29
20	3689,43
21	7666,16
22	-287,29
23	3689,43
24	7666,16

Tensioni massime nei materiali

comb	Descrizione	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	Mmax y=-0,76	-176,01	0,00	30554,84	-1815,44
2	Mmin y=0,00	-350,55	0,00	10748,13	-4860,53

12.2.1.3 Tensioni Esercizio: Quasi permanenti**Mmax y=-5,04**

asse neutro: da x=-120,00 y=152,19 a x=120,00 y=152,19

parametri riferiti all'asse neutro: $J_{n-n} = 2781309,00$ $S_{n-n} = 22398,53$ $b_{n-n} = 240,00$

Tensioni nei vertici

vertice	tensione
---------	----------

1	0,00
2	0,00
3	0,00
4	-45,38
5	-45,38
6	0,00
7	0,00
8	0,00

Tensioni nelle armature

armatura	tensione
----------	----------

1	-468,04
2	435,60
3	-468,04
4	435,60
5	-468,04
6	-468,04
7	7877,41
8	7877,41
9	435,60
10	435,60
11	-468,04
12	-468,04
13	435,60
14	435,60
15	435,60
16	435,60

17	-468,04
18	-468,04
19	5432,24
20	3306,01
21	1179,78
22	5432,24
23	3306,01
24	1179,78

Mmin y=0,00

asse neutro: da $x=-20,00$ $y=52,89$ a $x=20,00$ $y=52,89$

parametri riferiti all'asse neutro: $J_{n-n} = 8187792,00$ $S_{n-n} = 60652,30$ $b_{n-n} = 40,00$

Tensioni nei vertici

vertice	tensione
---------	----------

1	-143,95
2	0,00
3	0,00
4	0,00
5	0,00
6	0,00
7	0,00
8	-143,95

Tensioni nelle armature

armatura	tensione
----------	----------

1	4413,67
2	3719,63
3	4413,67
4	3719,63
5	4413,67
6	4413,67
7	-1995,95
8	-1995,95
9	3719,63
10	3719,63
11	4413,67
12	4413,67
13	3719,63
14	3719,63
15	3719,63
16	3719,63
17	4413,67
18	4413,67
19	-117,98
20	1515,05
21	3148,07
22	-117,98
23	1515,05
24	3148,07

Tensioni massime nei materiali

comb	Descrizione	☐ c,max	☐ c,min	☐ s,max	☐ s,min
------	-------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

1	Mmax y=-5,04	-45,38	0,00	7877,41	-468,04
2	Mmin y=0,00	-143,95	0,00	4413,67	-1995,95

12.2.1.4 Verifiche a fessurazione

Viene condotto il calcolo dell'ampiezza delle fessure per ogni combinazione di carico che lo richiede. A questo scopo si adotta l'espressione:

$$W_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

dove:

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot c + K_1 \cdot K_2 \cdot 0.425 \cdot \sigma_{eq} / \rho_{eff}$$

$$\epsilon_d = \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - K_1 \cdot f_{ct,eff} / \rho_{eff} \cdot (1 + E_s/E_c \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

Combinazioni frequenti

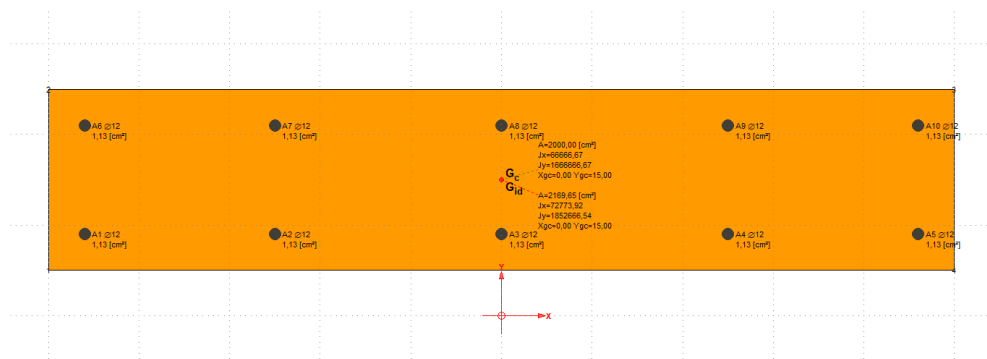
comb	A _{s,eff}	A _{cl,eff}	ρ_{eff}	σ_s	c	σ_{eq}	$\epsilon_d \cdot 10^3$	K ₂	s _{r,max}	W _k
1	6,28	400,00	0,0157	11814,0	3,00	20,0	0,354	0,50	31,85	0,0113 (<0,03)
2	20,61	1812,51	0,0114	8151,05	3,20	18,2	0,245	0,50	38,12	0,0093 (<0,03)

Combinazioni quasi permanenti

comb	A _{s,eff}	A _{cl,eff}	ρ_{eff}	σ_s	c	σ_{eq}	$\epsilon_d \cdot 10^3$	K ₂	s _{r,max}	W _k
1	6,28	400,00	0,0157	7877,41	3,00	20,0	0,236	0,50	31,85	0,0075 (<0,02)
2	20,61	1812,51	0,0114	4413,67	3,20	18,2	0,132	0,50	38,12	0,0050 (<0,02)

13 VERIFICA TRASVERSALE DELLA SOLETTA

13.1 DATI GEOMETRICI E DEI MATERIALI



13.1.1.1 Sezione C30/37

vertice	Coordinata X	Coordinata Y
1	-50,00	5,00
2	-50,00	25,00
3	50,00	25,00
4	50,00	5,00

Area= 2000.000

Coordinate baricentro: x= 0.00 y= 15.00

$J_{xx} = 66666.6667$

$J_{yy} = 166666.6667$

Caratteristiche meccaniche

Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	3700,00
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cil}$	3071,00
Coeff. carichi lunga durata	α_{cc}	0,85
Fattore di sicurezza parziale	γ	1,5
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	1740,23
Resistenza media a trazione assiale	f_{ctm}	294,20
Resist. a trazione per fessurazione	$f_{ct,eff}$	294,20
Tensione di formazione delle fessure	σ_t	245,17
Modulo elastico secante (fessur.)	E_{cm}	3301943,46
Sezione reagente a trazione		NO

Valori limite di deformazione

Compressione	ϵ_{inf}	-0,0035
Trazione	ϵ_{sup}	1

Limitazione tensioniSituazioni rare $\sigma_c \leq 1842,60$ Situazioni quasi permanenti $\sigma_c \leq 1381,95$ **Parametri per fessurazione**Fattore di durata del carico k_t 0,60Coeff. di aderenza delle armature k_1 0,80**13.1.1.2 Armature longitudinali - B450**

armatura	Coordinata X	Coordinata Y	Area	Ø
1	-46,00	9,00	2,01	16
2	-25,00	9,00	2,01	16
3	0,00	9,00	2,01	16
4	25,00	9,00	2,01	16
5	46,00	9,00	2,01	16
6	-46,00	21,00	2,01	16
7	-25,00	21,00	2,01	16
8	0,00	21,00	2,01	16
9	25,00	21,00	2,01	16
10	46,00	21,00	2,01	16

Area totale acciaio= 20,106

Coordinate baricentro: $x=0,00$ $y=15,00$ **Caratteristiche meccaniche**Valore caratt. tensione snervamento f_{yk} 45000,00Fattore di sicurezza parziale γ 1,15Valore di calcolo tens. snervamento f_{yd} 39130,43Modulo elastico (fessurazione) E_s 20000000,00**Valori limite di deformazione**Compressione $\epsilon_{s,inf}$ -0,01Trazione $\epsilon_{s,sup}$ 0,01**Limitazione tensioni**Situazioni rare $\sigma_s \leq 36000,00$ Coefficiente di omogeneizzazione $n = 15,00$

13.1.1.3 Sezione di c.a. (n=15)

Area= 2301,593

Coordinate baricentro: x= 0,00 y= 15,00

 $J_{xx} = 77524,0109$ $J_{yy} = 1997333,1165$ **13.2 VERIFICHE**13.2.1.1 Stati Limite Ultimi**Rottura per flessione****Sollecitazioni Resistenti :**

Asse	Soll. Minima	Def. Limite	Soll. Massima	Def. Limite
N	-4267231	-0,0035 (sez)	786764	0,01 (arm)
Mx	-5823966	0,01 (arm)	5823966	0,01 (arm)
My	-32589084	0,01 (arm)	32589084	0,01 (arm)

Verifica a rottura per flessione

Comb	Descrizione	Coeff. di sicurezza
1	Mmax SLU P/T y=-6,05	1,0391
2	Mmin SLU P/T y=-6,05	1,2315
3	Mmax SLU sismica y=-6,05	5,7560
4	Mmax SLU sismica y=-6,05	5,7560

Verifica a rottura per taglio
 $V_{Rd} = [0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$ (Elemento privo di armatura a taglio)

 $V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$ (Rottura armatura trasversale)

 $V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot 0,5 \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}\alpha + \text{ctg}\theta) / (1 + \text{ctg}^2\theta)$ (Rottura bielle compresse)

Dove:

d: altezza utile della sezione

 b_w : larghezza minima della sezione A_{sw} : area armatura trasversale

s: interasse tra 2 armature trasversali consecutive

 α : inclinazione risp. all'orizzontale delle armature trasversali θ : inclinazione bielle compresse in cls α_c : coeff. maggiorativo dovuto alla presenza dello sforzo assiale A_{st} : area acciaio in zona tesa $k = 1 + (200/d)^{1/2}$ $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_{cls}$ $\rho_l = A_{st}/(b_w \cdot d)$

Calcestruzzo: θ b_w
 0,79 40,00

Comb	d	K	A_{sl}	ρ_l	σ_{cp}	α_c
1	16,00	2,000	10,053	0,006	0,00	1,000
2	16,00	2,000	10,053	0,006	0,00	1,000
3	16,00	2,000	10,053	0,006	0,00	1,000
4	16,00	2,000	10,053	0,006	0,00	1,000

Comb	Descrizione	V_{Rd}	V_{Rsd}	V_{Rcd}	V_D
1	Mmax SLU P/T $y=-6,05$	102995	0	626484	0
2	Mmin SLU P/T $y=-6,05$	102995	0	626484	0
3	Mmax SLU sismica $y=-6,05$	102995	0	626484	0
4	Mmax SLU sismica $y=-6,05$	102995	0	626484	0

13.2.1.2 Tensioni di Esercizio: Rare

Mmax $y=-6,05$

asse neutro: da $x=-50,00$ $y=19,68$ a $x=50,00$ $y=19,68$

parametri riferiti all'asse neutro: $J_{n-n} = 22481,90$ $S_{n-n} = 1611,23$ $b_{n-n} = 100,00$

Tensioni nei vertici		Tensioni nelle armature	
vertice	tensione	armatura	tensione
1	0,00	1	29173,00
2	-967,59	2	29173,00
3	-967,59	3	29173,00
4	0,00	4	29173,00
		5	29173,00
		6	-3592,16
		7	-3592,16
		8	-3592,16
		9	-3592,16
		10	-3592,16

Mmin $y=-6,05$

asse neutro: da $x=-50,00$ $y=10,32$ a $x=50,00$ $y=10,32$

parametri riferiti all'asse neutro: $J_{n-n} = 22481,90$ $S_{n-n} = 1611,23$ $b_{n-n} = 100,00$

Tensioni nei vertici		Tensioni nelle armature	
vertice	tensione	armatura	tensione
1	-818,90	1	-3040,15
2	0,00	2	-3040,15
3	0,00	3	-3040,15

4	-818,90	4	-3040,15
		5	-3040,15
		6	24689,98
		7	24689,98
		8	24689,98
		9	24689,98
		10	24689,98

Tensioni massime nei materiali

comb	Descrizione	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	Mmax y=-6,05	-967,59	0,00	29173,00	-3592,16
2	Mmin y=-6,05	-818,90	0,00	24689,98	-3040,15

13.2.1.3 Tensioni Esercizio: Quasi permanenti**Mmax y=-6,05**

asse neutro: da x=-50,00 y=19,68 a x=50,00 y=19,68

parametri riferiti all'asse neutro: $J_{n-n} = 22481,90$ $S_{n-n} = 1611,23$ $b_{n-n} = 100,00$

Tensioni nei vertici

vertice	tensione
---------	----------

1	0,00
2	-239,23
3	-239,23
4	0,00

Tensioni nelle armature

armatura	tensione
----------	----------

1	7212,90
2	7212,90
3	7212,90
4	7212,90
5	7212,90
6	-888,15
7	-888,15
8	-888,15
9	-888,15
10	-888,15

Mmin y=-6,05

asse neutro: da x=-50,00 y=10,32 a x=50,00 y=10,32

parametri riferiti all'asse neutro: $J_{n-n} = 22481,90$ $S_{n-n} = 1611,23$ $b_{n-n} = 100,00$

Tensioni nei vertici

vertice	tensione
---------	----------

1	-159,49
2	0,00
3	0,00
4	-159,49

Tensioni nelle armature

armatura	tensione
----------	----------

1	-592,10
2	-592,10
3	-592,10
4	-592,10
5	-592,10

6	4808,60
7	4808,60
8	4808,60
9	4808,60
10	4808,60

Tensioni massime nei materiali

comb	Descrizione	$\sigma_{c,max}$	$\sigma_{c,min}$	$\sigma_{s,max}$	$\sigma_{s,min}$
1	Mmax y=-6,05	-239,23	0,00	7212,90	-888,15
2	Mmin y=-6,05	-159,49	0,00	4808,60	-592,10

13.2.1.4 Verifiche a fessurazione

Viene condotto il calcolo dell'ampiezza delle fessure per ogni combinazione di carico che lo richiede. A questo scopo si adotta l'espressione:

$$W_k = s_{r,max}(\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

dove:

$$s_{r,max} = 3.4 \cdot c + K_1 \cdot K_2 \cdot 0.425 \cdot \sigma_{eq} / \rho_{eff}$$

$$\epsilon_d = \epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - K_1 \cdot f_{ct,eff} / \rho_{eff} \cdot (1 + E_s/E_c \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$$

Combinazioni frequenti

comb	$A_{s,eff}$	$A_{cls,eff}$	ρ_{eff}	σ_s	c	σ_{eq}	$\epsilon_d \cdot 10^3$	K_2	$s_{r,max}$	W_k
1	10,05	452,96	0,0222	23682..	3,20	16,0	0,733	0,50	23,14	0,0170 (<0,03)
2	10,05	452,96	0,0222	19719..	3,20	16,0	0,592	0,50	23,14	0,0137 (<0,03)

Combinazioni quasi permanenti

comb	$A_{s,eff}$	$A_{cls,eff}$	ρ_{eff}	σ_s	c	σ_{eq}	$\epsilon_d \cdot 10^3$	K_2	$s_{r,max}$	W_k
1	10,05	452,96	0,0222	7212,90	3,20	16,0	0,216	0,50	23,14	0,0050 (<0,02)
2	10,05	452,96	0,0222	4808,60	3,20	16,0	0,144	0,50	23,14	0,0033 (<0,02)

14 DIMENSIONAMENTO APPARECCHI DI APPOGGIO E GIUNTI

Si adottano per l'opera 10 apparecchi di appoggio del tipo tradizionale a disco elastomerico confinato del tipo fisso, unidirezionale e multidirezionale. L'immagine seguente mostra la disposizione degli isolatori elastomerici utilizzati.

Per elementi di maggior dettaglio si vedano gli elaborati grafici.



Al fine di dimensionare gli appoggi vengono determinate le sollecitazioni massime che agiscono sul ponte. La tabella sottoriportata mostra le sollecitazioni e le caratteristiche degli appoggi. Per elementi di maggior dettaglio si veda il paragrafo 9.3 "Reazioni massimo sugli appoggi".

SPALLA 1			SPALLA 2		
TIPO APPOGGIO	CARICO VERTICALE max. (SLU)	CARICO ORIZZONTALE max. (SLV)	TIPO APPOGGIO	CARICO VERTICALE max. (SLU)	CARICO ORIZZONTALE max. (SLV)
 APPOGGIO UNIDIREZIONALE	1700 KN	610 KN	 APPOGGIO MULTIDIREZIONALE	1700 KN	-
 APPOGGIO UNIDIREZIONALE	1700 KN	610 KN	 APPOGGIO MULTIDIREZIONALE	1700 KN	-
 APPOGGIO FISSO	1700 KN	1060 KN	 APPOGGIO UNIDIREZIONALE	1700 KN	1060 KN
 APPOGGIO UNIDIREZIONALE	1700 KN	610 KN	 APPOGGIO MULTIDIREZIONALE	1700 KN	-
 APPOGGIO UNIDIREZIONALE	1700 KN	610 KN	 APPOGGIO MULTIDIREZIONALE	1700 KN	-

Si prevedono inoltre due giunti di dilatazione in elastomero armato con dilatazione fino a 100 mm da inserire nel punto di separazione fra impalcato e sottostrutture.