

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

NW NUOVA VIABILITA'

NW01 - PONTE FOSSO FRESTOLA  
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

SCALA:

-

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

NN1X 00 D 78 CL NW0100 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Polastri	Sett 2020	G. Romano	Sett 2020	M. D'Avino	Sett 2020	D. Tiberti Sett 2020

ITALFERR S.p.A.  
Gruppo Ferrovie dello Stato  
Direzione Generale  
UO Infrastrutture Sud  
Prof. Ing. Paolo Tiberti  
Ordine degli Ingegneri Prov. di Napoli n. 10376

File: NN1X00D78CLNW0100003A.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA.....	8
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	9
3	MATERIALI .....	10
3.1	CALCESTRUZZO SOLETTA .....	10
3.2	CALCESTRUZZO PER TRAVI E TRASVERSI PREFABBRICATI – TEMPO $T_{\infty}$ (FASE FINALE IN ESERCIZIO).....	10
3.3	ACCIAIO PER C.A. (ARMATURA ORDINARIA).....	11
3.4	ACCIAIO PER ARMATURE DI PRECOMPRESSIONE.....	12
4	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....	13
4.1	VITA NOMINALE E CLASSE D’USO.....	13
4.2	PARAMETRI DI PERICOLOSITÀ SISMICA.....	13
4.3	SPETTRI DI PROGETTO .....	15
5	DESCRIZIONE DELL’OPERA .....	17
5.1	ESECUZIONE DEL MANUFATTO.....	19
6	ANALISI DEI CARICHI.....	21
6.1	PESO PROPRIO (G1).....	21
6.2	PERMANENTI PORTATI (G2).....	21
6.2.1	<i>Pavimentazione – G2,1</i> .....	21
6.2.2	<i>Parapetto e cordolo e barriere di sicurezza – G2,2</i> .....	22
6.2.3	<i>Veletta in c.a. – G2,3</i> .....	22
6.2.4	<i>Impianti – G2,4</i> .....	22
6.2.5	<i>Marciaipiedi gettati in seconda fase – G2,5</i> .....	22
6.3	PRESOLLECITAZIONI DI PROGETTO (P) .....	23
6.4	RITIRO (E1) E VISCOSITÀ (E4).....	24
6.5	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO .....	27
6.5.1	<i>Carico mobile stradale(Q1)</i> .....	27
6.5.2	<i>Entità dei carichi mobili – Schema di carico 1</i> .....	27

6.5.3	Disposizione trasversale dei carichi mobili.....	29
6.5.4	Disposizione longitudinale dei carichi mobili .....	31
6.5.5	Carichi sui marciapiedi .....	31
6.5.6	Frenatura (Q3).....	31
6.5.7	Forza centrifuga (Q4).....	31
6.6	VENTO (Q5).....	31
6.7	AZIONE DELLA NEVE (Q2) .....	35
6.8	AZIONI DELLA TEMPERATURA (Q7) .....	36
6.8.1	Variazione termica uniforme ( $\varepsilon_2$ ).....	36
6.8.2	Variazione termica differenziale ( $\varepsilon_3$ ) .....	36
6.9	URTO DEL VEICOLO IN SVIO SULLA BARRIERA SICURVIA (Q8) .....	36
6.10	AZIONI PARASSITE DEI VINCOLI (Q9).....	37
6.11	AZIONI SISMICHE (E).....	38
7	COMBINAZIONI DI CARICO.....	40
8	CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	45
8.1	UNITA' DI MISURA E CONVENZIONI DI SEGNO .....	45
8.2	METODO ED IPOTESI DI CALCOLO.....	45
8.3	DATI IMPALCATO .....	47
8.3.1	Dati geometrici .....	47
8.3.2	Traversi in campata.....	48
8.3.3	Traversi in testata .....	48
8.3.4	Trave prefabbricata VI40x210.....	48
8.3.5	Geometria getto in opera.....	49
8.3.6	Sezione in campata .....	50
8.4	PARAMETRI DEI MATERIALI .....	51
8.5	RIPARTIZIONE TRASVERSALE DEI CARICHI .....	51
8.5.1	Parametri di Massonnet.....	51
8.5.2	Coefficienti.....	52
8.6	ANALISI DEI CARICHI .....	53

8.6.1	<i>Valori caratteristici delle azioni permanenti</i> .....	53
8.6.2	<i>Valori caratteristici delle azioni variabili</i> .....	54
8.7	APPLICAZIONE DEL METODO DI MASSONNET .....	56
8.7.1	<i>peso marciapiede</i> .....	56
8.7.2	<i>Lineari per trave</i> .....	56
8.7.3	<i>Carichi mobili per massimo effetto sulla trave 1</i> .....	56
8.7.4	<i>Carichi mobili per calcolo M max su traverso</i> .....	57
8.7.5	<i>Carichi mobili per calcolo M min su traverso</i> .....	57
8.8	COEFFICIENTI DI COMBINAZIONE .....	57
8.9	SOLLECITAZIONI SULLA TRAVE ESTERNA .....	59
8.9.1	<i>Valori caratteristici</i> .....	59
8.9.2	<i>Valori di combinazione</i> .....	72
8.9.3	<i>Combinazioni SLE</i> .....	77
8.10	SOLLECITAZIONI SUL TRAVERSO IN CAMPATA .....	86
8.10.1	<i>Valori caratteristici momenti flettenti</i> .....	86
8.10.2	<i>Valori di combinazione</i> .....	91
8.11	SOLLECITAZIONI SULLA SOLETTA .....	97
8.11.1	<i>Valori caratteristici</i> .....	97
8.12	COMBINAZIONI SLU .....	99
8.12.1	<i>Persistenti/Transitorie</i> .....	99
8.13	COMBINAZIONI SLE .....	99
8.13.1	<i>Combinazioni Rare</i> .....	99
8.13.2	<i>Combinazioni Frequenti</i> .....	99
8.13.3	<i>Combinazioni Quasi Permanenti</i> .....	100
8.14	REAZIONI MASSIME AGLI APPOGGI .....	100
8.14.1	<i>Valori caratteristici reazioni verticali</i> .....	100
8.14.2	<i>Valori caratteristici reazioni orizzontali</i> .....	101
8.14.3	<i>Combinazioni</i> .....	102
8.15	DEFORMAZIONI .....	105

8.15.1	Abbassamenti - Prima fase .....	105
8.15.2	Abbassamenti - Seconda fase.....	106
8.15.3	Rotazioni agli appoggi.....	107
8.16	AZIONE SISMICA .....	109
8.16.1	Parametri per la determinazione dell'azione sismica .....	109
8.16.2	Spettro di risposta in accelerazione.....	109
8.16.3	Azioni sismiche SLE.....	110
8.16.4	Azioni sismiche SLU .....	116
9	VERIFICA TRAVE ESTERNA .....	123
9.1	MODELLO DI CALCOLO .....	123
9.2	CODICE DI CALCOLO .....	123
9.3	DATI DI CALCOLO .....	124
9.3.1	Dati geometrici .....	124
9.3.2	Armature trave prefabbricata.....	124
9.3.3	Armature getto in opera.....	126
9.3.4	Materiali - resistenze di calcolo .....	129
9.3.5	Cadute di tensione .....	132
9.4	STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	134
9.4.1	Stato Limite delle tensioni in esercizio - procedimento di calcolo.....	134
9.4.2	Stato limite di fessurazione travi prefabbricate .....	134
9.4.3	Stato Limite di deformazione .....	135
9.5	STATI LIMITE ULTIMI.....	136
9.5.1	Stato Limite Ultimo per sollecitazioni flettenti .....	136
9.5.2	Stato Limite Ultimo per sollecitazioni taglianti e torcenti.....	137
9.5.3	Stato Limite Ultimo per scorrimento tra i getti.....	138
9.6	VERIFICA DELLE SEZIONI .....	138
9.6.1	Verifica sezione X=0.00 - Sezione all'appoggio .....	139
9.6.2	Verifica sezione X=11.40 - Sezione di mezzeria .....	146
9.6.3	Diagrammi.....	157

10	VERIFICA DEL TRAVERSO DI CAMPATA.....	162
11	VERIFICA DEL TRAVERSO DI TESTATA.....	171
12	SOLETTA.....	176
12.1	CAMPO INTERMEDIO .....	176
12.2	SBALZO.....	179
12.3	VERIFICA SBALZO LONGITUDINALE .....	183
13	VALUTAZIONE ESCURSIONE GIUNTO DI DILATAZIONE.....	187
14	INCIDENZA ARMATURE .....	189



LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	7 di 189

## 1 PREMESSA

Il presente documento si inserisce nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo del corpo stradale ferroviario, delle opere d'arte e delle opere interferite relative alla tratta Arechi - Pontecagnano Aeroporto per il completamento della Metropolitana di Salerno Linea Salerno - Pontecagnano Aeroporto.

In particolare ha per oggetto le verifiche secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.) delle sovrastrutture dell'impalcato da ponte di prima categoria del ponte stradale sul fosso Frestola.

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le disposizioni vigenti in Italia e con riferimento alla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, secondo il DM 17 gennaio 2018.

L'opera in oggetto è progettata per una vita nominale VN pari a 75 anni. Gli si attribuisce inoltre una classe d'uso III ai sensi del D. M. 14/01/2018, da cui scaturisce un coefficiente d'uso CU = 1.5.

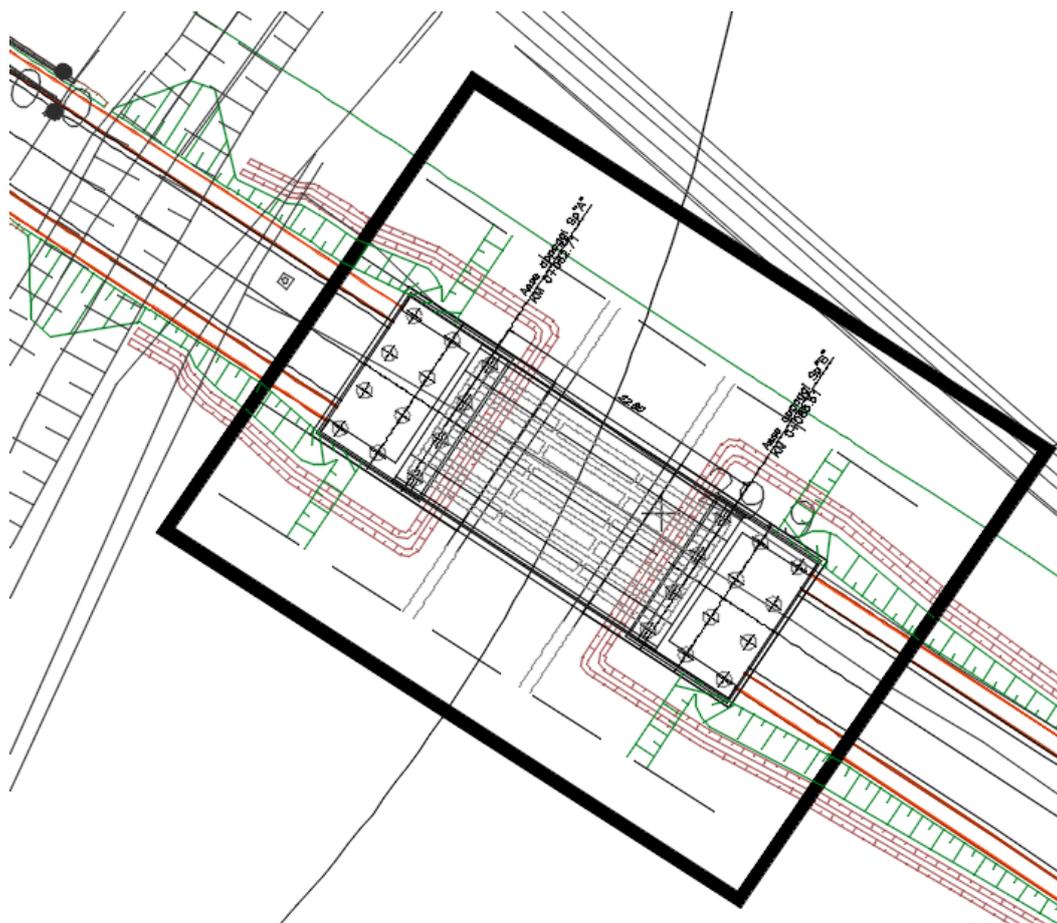


Figura 1 – Stralcio planimetrico

## 2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono state effettuate in accordo con le prescrizioni contenute nelle seguenti normative ed è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS:

1. Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
2. Circolare n. 7 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'Applicazione dell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018;
3. Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019
4. Eurocodici EN 1991-2: 2003/AC:2010 – Eurocodice 1 – Parte 2
5. RFI DTC SI MA IFS 001 D Dicembre 2019 - Manuale di Progettazione delle Opere Civili

### 3 MATERIALI

Si riportano di seguito i materiali previsti per la realizzazione delle strutture, suddivisi per elemento costruttivo.

#### 3.1 Calcestruzzo soletta

Classe	C32/40		
$R_{ck} =$	40	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	32	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	40	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85		coeff. rid. Per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	18,13	MPa	resistenza di progetto
$f_{ctm} =$	3,02	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{ctfm} =$	3,63	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2,12	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	33346	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	13894	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto
$c =$	40	mm	Copriferro minimo
XC4			Classe di esposizione

#### 3.2 Calcestruzzo per travi e trasversi prefabbricati – tempo $t_{\infty}$ (fase finale in esercizio)

Classe	C45/55		
$R_{ck} =$	55	MPa	resistenza caratteristica cubica
$f_{ck} =$	45	MPa	resistenza caratteristica cilindrica
$f_{cm} =$	53	MPa	valor medio resistenza cilindrica
$\alpha_{cc} =$	0,85		coeff. rid. per carichi di lunga durata
$\gamma_M =$	1,5	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{cd} =$	25,50	MPa	resistenza di progetto

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	11 di 189

$f_{ctm} =$	3,79	MPa	resistenza media a trazione semplice
$f_{cfm} =$	4,55	MPa	resistenza media a trazione per flessione
$f_{ctk} =$	2,65	MPa	valore caratteristico resistenza a trazione
$E_{cm} =$	36283	MPa	Modulo elastico di progetto
$\nu =$	0,2		Coefficiente di Poisson
$G_c =$	15118	MPa	Modulo elastico Tangenziale di progetto
$c =$	35	mm	Copriferro minimo armatura ordinaria
XC3			Classe di esposizione
$\sigma_c < 0.60 \times f_{ck} =$	27	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni RARE
$\sigma_c < 0.45 \times f_{ck} =$	20,25	MPa	Tensione massima di compressione in esercizio per combinazioni QUASI PERMANENTI
$\sigma_t < 0.35 \times f_{ctk} =$	0.9275	MPa	Tensione massima di trazione per combinazioni RARE (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – par. 2.6.2.2.2)
$\sigma_t < 0.045 \times f_{ck} =$	2.025	MPa	Tensione principale di trazione nella fibra baricentrica per combinazioni RARE (RFI DTC SI PS MA IFS 001 A – par. 2.6.2.2.2)

### 3.3 Acciaio per c.a. (armatura ordinaria)

B450C

$f_{yk} \geq$	450	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$f_{tk} \geq$	540	MPa	tensione caratteristica di rottura
$(f_t/f_y)_k \geq$	1,15		
$(f_t/f_y)_k <$	1,35		
$\gamma_s =$	1,15	-	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$f_{yd} =$	391,3	MPa	tensione caratteristica di snervamento
$E_s =$	200000	MPa	Modulo elastico di progetto
$\epsilon_{yd} =$	0,196%		deformazione di progetto a snervamento

$\varepsilon_{uk} = (A_{gt})_k$                       7,50%                      deformazione caratteristica ultima

### 3.4 Acciaio per armature di precompressione

$f_{ptk} \geq$	1860 MPa	tensione caratteristica di rottura
$f_{p(1)k} \geq$	1670 MPa	tensione caratteristica allo 1% di deformazione
$\gamma_s =$	1,15 -	coefficiente parziale di sicurezza SLU
$E_s =$	195000 MPa	Modulo elastico di progetto
$\sigma_s < 0.90 \times f_{p(1)k} =$	1503 MPa	Tensione massima trefolo in fase iniziale
$\sigma_s < 0.80 \times f_{ptk} =$	1488 MPa	Tensione massima trefolo in fase iniziale
$\sigma_s < 0.80 \times f_{ptk} =$	1488 MPa	Tensione massima trefolo in fase finale con cadute di tensione

Per il calcestruzzo si adotta il diagramma parabola rettangolo definito da un arco di parabola con la seguente equazione:

$$\sigma_c = f_{cd} \cdot \left[ 2 \cdot \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right) - \left( \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^2 \right]; \quad \text{per: } \varepsilon_c \leq \varepsilon_{c2}$$

$$\sigma_c = 0.85 \cdot f_{cd}; \quad \text{per: } \varepsilon_{c2} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu2}$$

in cui  $\varepsilon_{c2}$  e  $\varepsilon_{cu2}$  assumono i seguenti valori:

deformazione in corrispondenza del valore massimo della tensione                       $\varepsilon_{c2} = 2.0\%$

deformazione unitaria a rottura                       $\varepsilon_{cu2} = 3.5\%$

Per l'acciaio B450C Si adotta il diagramma elastico perfettamente plastico considerando, in favore di sicurezza, un limite della deformazione unitaria ultima “ $\varepsilon_{ud}$ ” pari a: deformazione unitaria ultima                       $\varepsilon_{ud} = 0.9 \times \varepsilon_{uk} = 6.75\%$ .

Per l'acciaio armonico si adotta il diagramma elasto-plastico incrudente considerando, in favore di sicurezza, un limite della deformazione unitaria ultima “ $\varepsilon_{ud}$ ” pari a:

deformazione unitaria ultima                       $\varepsilon_{ud} = 1.0\%$ .

La tensione limite del primo tratto è assunta pari a  $(0.9 \times f_{ptk}) / \gamma_s = f_{p(1)k} / \gamma_s$  mentre la tensione limite di rottura è assunta pari a  $f_{ptk} / \gamma_s$ .

## 4 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Nel seguente paragrafo è riportata la valutazione dei parametri di pericolosità sismica utili alla determinazione delle azioni sismiche di progetto dell'opera cui si riferisce il presente documento, in accordo a quanto specificato a riguardo dalle NTC-2018e relativa circolare applicativa.

### 4.1 Vita nominale e classe d'uso

Per la valutazione dei parametri di pericolosità sismica è necessario definire, oltre alla localizzazione geografica del sito, la Vita nominale dell'opera strutturale (VN), intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, e la Classe d'Uso a cui è associato un coefficiente d'uso (CU)

Per l'opera in oggetto si considera una vita nominale:  $VN = 75$  anni (categoria 2: "Altre opere nuove a velocità  $V < 250$  Km/h"). Riguardo invece la Classe d'Uso, all' opera in oggetto corrisponde una Classe III a cui è associato un coefficiente d'uso pari a (NTC – Tabella 2.4.II):  $C_u = 1.5$ .

I parametri di pericolosità sismica vengono quindi valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava per ciascun tipo di costruzione, moltiplicando la vita nominale  $V_n$  per il coefficiente d'uso  $C_u$ , ovvero:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

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

### 4.2 Parametri di pericolosità sismica

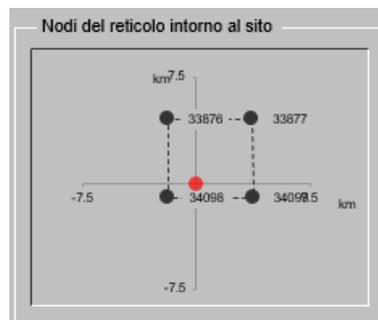
La valutazione dei parametri di pericolosità sismica, che ai sensi del D.M. 14-01-2008, costituiscono il dato base per la determinazione delle azioni sismiche di progetto su una costruzione (forme spettrali e/o forze inerziali) dipendono, come già in parte anticipato in precedenza, dalla localizzazione geografica del sito, dalle caratteristiche della costruzione (Periodo di riferimento per valutazione azione sismica /  $V_R$ ) oltre che dallo Stato Limite di riferimento/Periodo di ritorno dell'azione sismica.

- Categoria sottosuolo **C**

I valori delle caratteristiche sismiche ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ ) per gli stati limite di normativa sono dunque:

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	14 di 189



**Coordinate Sito**

	gradi	primi	secondi	gradi decimali	
lat.	40	38	9.5964	40.635999	ED50
long.	14	53	41.0784	14.894744	

	gradi	primi	secondi	gradi decimali	
lat.	40	38	6	40.635000	WGS84
long.	14	53	38	14.893889	

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	68	0.052	2.450	0.343
SLD	113	0.063	2.518	0.371
SLV	1068	0.131	2.705	0.478
SLC	2193	0.158	2.785	0.520

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato **SLO** info

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo **C** info  $S_S = 1.500$   $C_C = 1.494$  info  
 Categoria topografica **T1** info  $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

**Stato Limite**  
Stato Limite considerato **SLD** info

**Risposta sismica locale**  
 Categoria di sottosuolo **C** info  $S_S = 1.500$   $C_C = 1.457$  info  
 Categoria topografica **T1** info  $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	15 di 189

Stato Limite	
Stato Limite considerato	SLV <input type="button" value="info"/>
Risposta sismica locale	
Categoria di sottosuolo	C <input type="button" value="info"/> $S_S = 1.487$ $C_C = 1.339$ <input type="button" value="info"/>
Categoria topografica	T1 <input type="button" value="info"/> $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ <input type="button" value="info"/>
<small>(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)</small>	

Stato Limite	
Stato Limite considerato	SLC <input type="button" value="info"/>
Risposta sismica locale	
Categoria di sottosuolo	C <input type="button" value="info"/> $S_S = 1.436$ $C_C = 1.303$ <input type="button" value="info"/>
Categoria topografica	T1 <input type="button" value="info"/> $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ <input type="button" value="info"/>
<small>(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)</small>	

- $a_g$  → accelerazione orizzontale massima del terreno, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;
- $F_0$  → valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  → periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $S$  → coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ).

### 4.3 Spettri di progetto

Di seguito si forniscono gli spettri di risposta elastici per lo SLV

Lat 40.635999 Long 14.894744

Categoria di sottosuolo tipo C

Classe d'uso : III

Vita nominale VN = 75 anni

$q = 1$

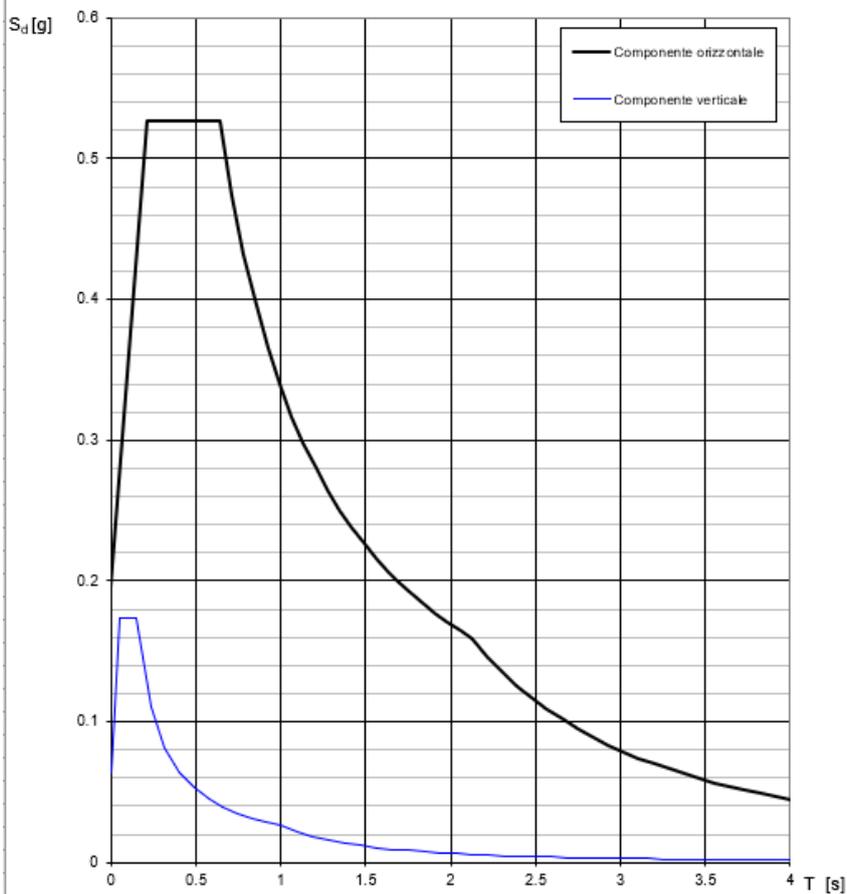
**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.131 g
$F_q$	2.705
$T_c$	0.478 s
$S_s$	1.487
$C_c$	1.339
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.487
$\eta$	1.000
$T_B$	0.214 s
$T_C$	0.641 s
$T_D$	2.124 s



Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudo statico, si eseguirà un calcolo elastico assumendo un fattore di struttura unitario. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.

## 5 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'impalcato oggetto della presente relazione è realizzato con un sistema di travi prefabbricate in calcestruzzo armato precompresso. Lo schema statico è quello di una trave semplicemente appoggiata alle estremità di luce netta pari a 22.80 m (asse appoggio - asse appoggio). L'impalcato è caratterizzato da una larghezza complessiva pari a 12.90 m (di cui 8.00 m relativi alla carreggiata stradale).

La struttura dell'impalcato si compone con 5 cassoncini prefabbricati in c.a.p., aventi un interasse di 2,10 m e lunghezza pari a 23.80 m. Le travi principali sono solidarizzate da 4 traversi (2 sull'asse appoggi e 2 in campata) prefabbricati insieme alle travi.

Le travi hanno un'altezza costante pari a 1.40 m, una larghezza superiore di 2.10 m ed inferiore di 1.00 m. Lo spessore minimo della controsoletta è di 0.23 m mentre quello delle anime è di 0.14 m. La soletta di completamento in calcestruzzo armato ha uno spessore variabile tra  $0.27 \div 0.37$  m, comprensivo di predalles dello spessore 0.05m. Sullo sbalzo lo spessore minimo è pari a 0.422 m e un massimo di 0.431 m, al lordo delle predalle, in corrispondenza dell'attacco del cordolo, quest'ultimo di larghezza pari a 0.33 m.

La precompressione è data da 46 trefoli con sezione da 0,6" (1,39cmq), parte dei quali opportunamente inguainati, tesati alla tensione iniziale di 1375 MPa.

I trasversi saranno armati in opera con barre tipo Dywidag.

Il cavalcaferrovia in oggetto è composto da n°1 campata con spalle classiche in c.a.

Nelle figure seguenti si riportano alcuni stralci di planimetrie e sezioni dell'impalcato.

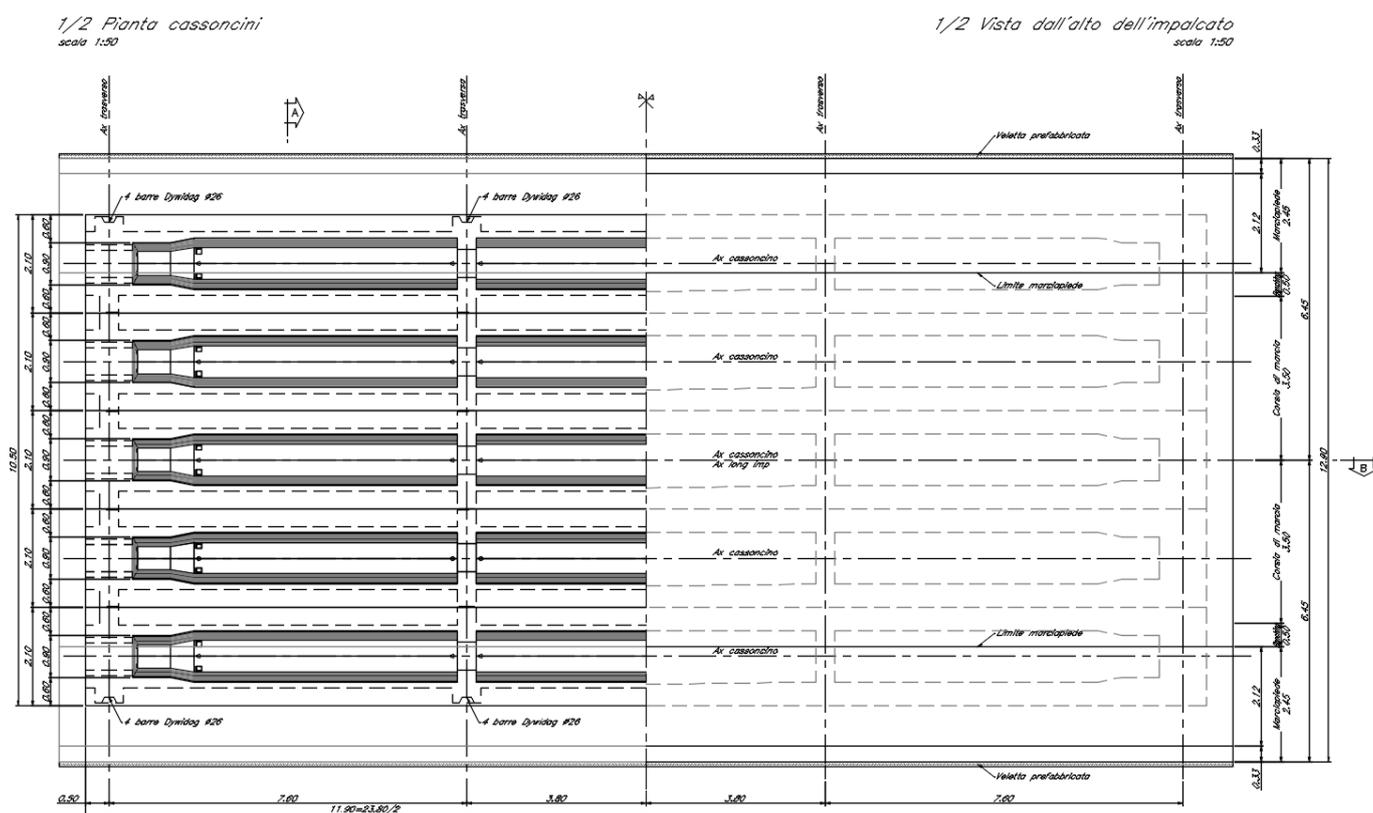


Figura 2 – Pianta dell'impalcato

Sezione longitudinale "B"  
scala 1:50

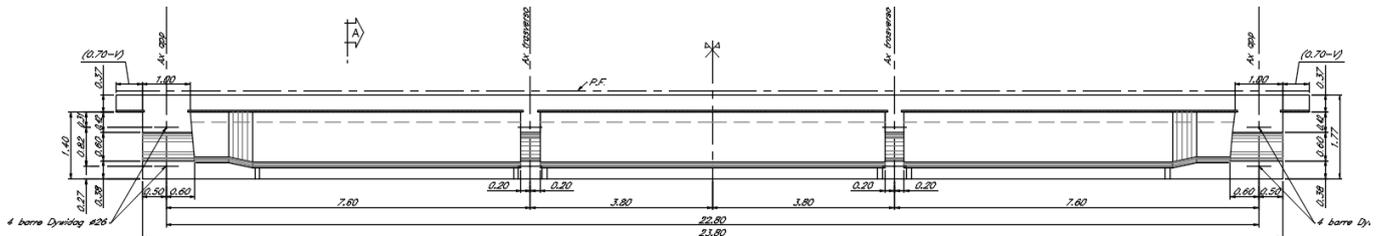


Figura 3 – Sezione longitudinale

Sezione "A"  
scala 1:20

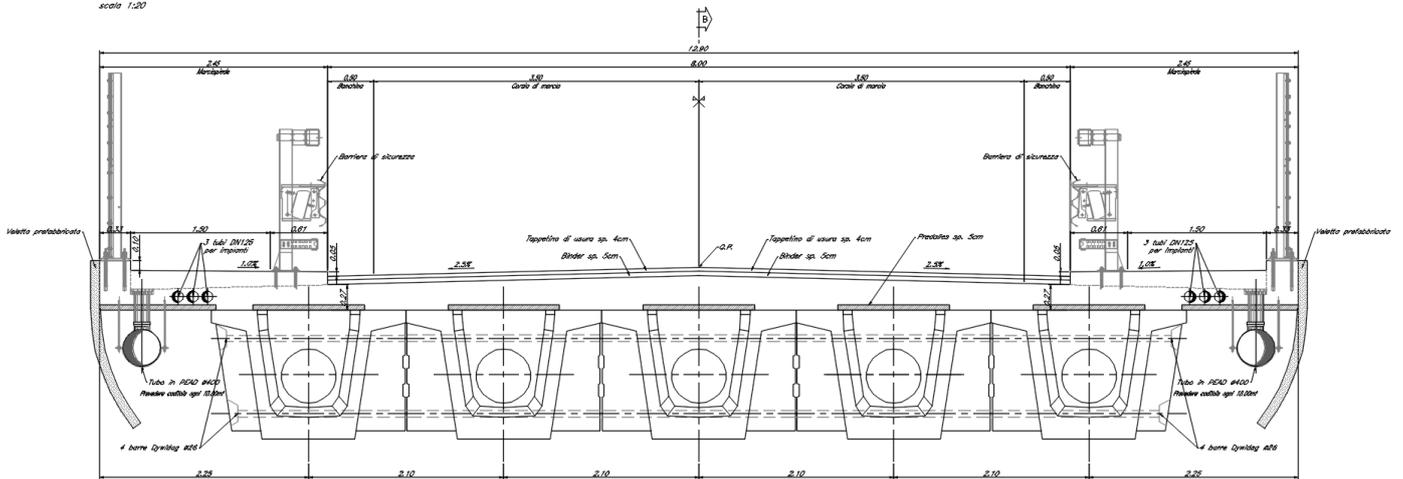
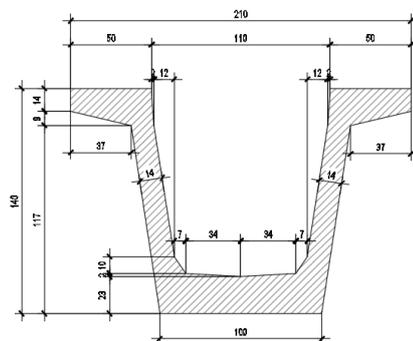


Figura 4 – Sezione tipica trasversale dell'impalcato

SEZIONE TRAVE IN CAMPATA



SEZIONE TRAVE SU APPOGGI

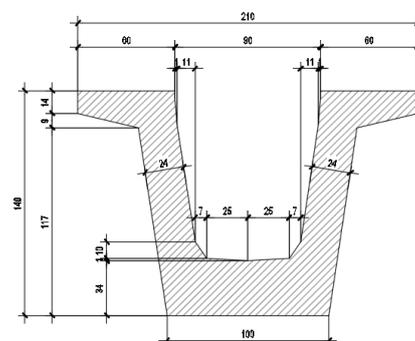


Figura 5 – Sezione della trave in c.a.p.





LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	20 di 189

pretensione di trefoli, a tiro multiplo, sulle piste di confezionamento prevedendo la posa in opera di guaine per la quota parte dei trefoli che verranno in seguito tagliati: si provvederà inoltre a sfilare da apposite cassette i tratti di armatura non aderente, con successiva iniezione dei condotti e sigillatura delle cassette.

I traversi vengono armati in opera con barre tipo diwidag.

La soletta in cemento armato è prevista gettata in opera utilizzando delle predalle in c.a. aventi spessore di 5 cm. Una volta disposte le predalle si provvede alla posa dell'armatura trasversale integrativa e dell'armatura longitudinale di ripartizione e quindi si esegue il getto a spessore definitivo.

## 6 ANALISI DEI CARICHI

### 6.1 Peso proprio (G1)

Il carico delle strutture in c.a. e c.a.p. viene valutato considerando un peso di volume pari a 25 kN/mc.

#### Fase 1: travi prefabbricate

Peso trave (a metro lineare-sezione corrente)  $P_{tra} = 25 \times A_{corr-trave} = 25 \times 0.7186 = 17.97 \text{ KN/m}$

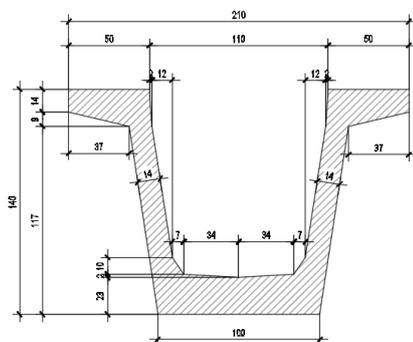
Peso trave (a metro lineare-sezione testata)  $P_{tra} = 25 \times A_{media-trave} = 25 \times 1.0174 = 25.44 \text{ KN/m}$

Peso soletta (a metro quadro sp. medio = 0.32m)  $P_{sol} = 25 \times S_{soletta} = 25 \times 0.32 = 8.00 \text{ KN/m}^2$

Peso trasversi intermedi (a metro lineare)  $P_{tra} = 25 \times A_{trasverso-campata} = 25 \times 1.13 \times 0.40 = 11.30 \text{ KN/m}$

Peso trasversi testata (a metro lineare)  $P_{tra} = 25 \times A_{trasverso-testata} = 25 \times 1.13 \times 1.10 = 31.07 \text{ KN/m}$

SEZIONE TRAVE IN CAMPATA



SEZIONE TRAVE SU APPOGGI

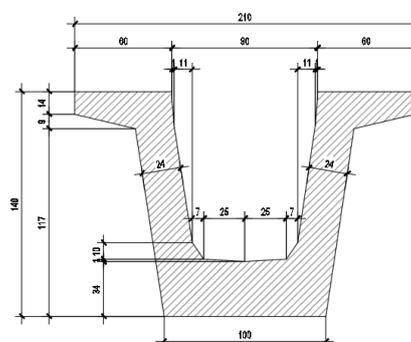


Figura 8 – Sezioni trave in c.a.p. Il peso delle travi e dei trasversi è calcolato automaticamente dal programma di calcolo.

Il peso della soletta è in parte calcolato dal programma, in ragione dello spessore, inserito ai fini delle verifiche, della soletta al netto delle predalle. I restanti 5 cm sono stati applicati come carico distribuito sull'impalcato.

### 6.2 Permanenti portati (G2)

#### Fase 2: travi prefabbricate + soletta collaborante

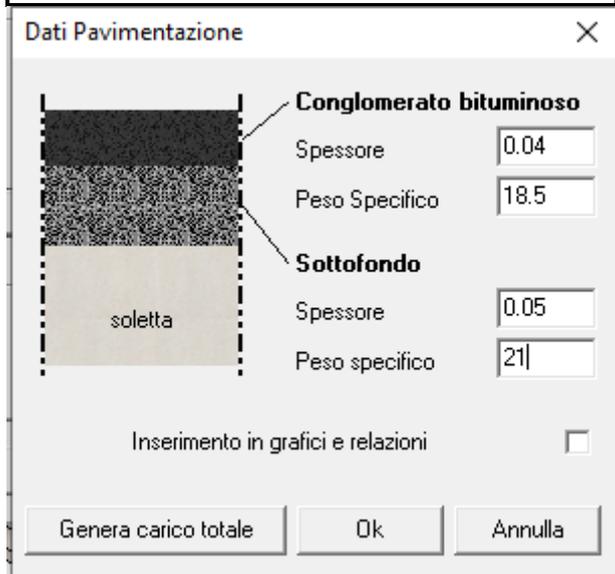
Sono stati considerati i seguenti contributi da applicare alle travi di competenza

##### 6.2.1 Pavimentazione – G2,1

Si considera il peso specifico medio della pavimentazione pari a 20 kN/m<sup>3</sup> e uno spessore di 9 cm, così definito:

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	22 di 189



**Dati Pavimentazione**

**Conglomerato bituminoso**  
 Spessore: 0.04  
 Peso Specifico: 18.5

**Sottofondo**  
 Spessore: 0.05  
 Peso specifico: 21

soletta

Inserimento in grafici e relazioni

Genera carico totale Ok Annulla

Il peso al metro quadrato è pari a  $21 \times 0.05 + 18.5 \times 0.04 = 1.8 \text{ kN/m}^2$ .

#### 6.2.2 Parapetto e cordolo e barriere di sicurezza – G2,2

Si considera il peso del parapetto pari a 1.0 kN/m, cui si aggiunge il peso del cordolo pari a  $A \times \gamma = 0.033 \times 25 = 0.825 \text{ kN/m}$ .

Si considera il peso della barriera di sicurezza pari a 2 kN/m.

#### 6.2.3 Veletta in c.a. – G2,3

Si considera il peso della veletta in c.a. pari a  $25 \times 0.1894 = 4.74 \text{ kN/m}$ .

#### 6.2.4 Impianti – G2,4

Si considera il carico degli impianti pari a 1.00 kN/m.

#### 6.2.5 Marciapiedi gettati in seconda fase – G2,5

I marciapiedi vengono realizzati con getto di seconda fase sulla soletta. Lo spessore del getto di seconda fase è indicato nella figura seguente.

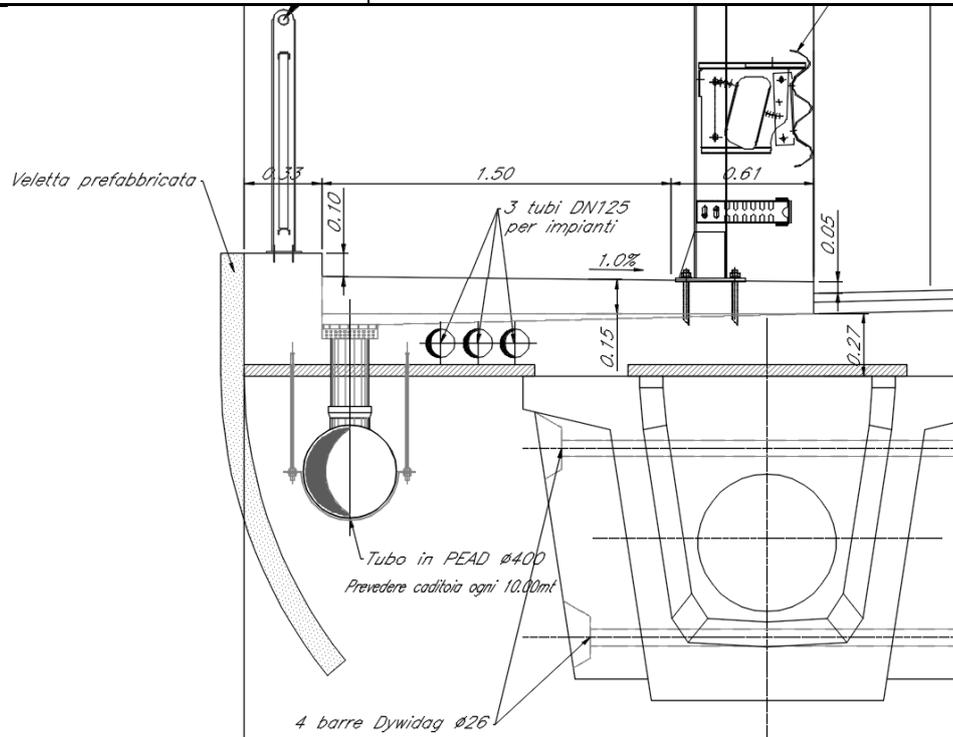
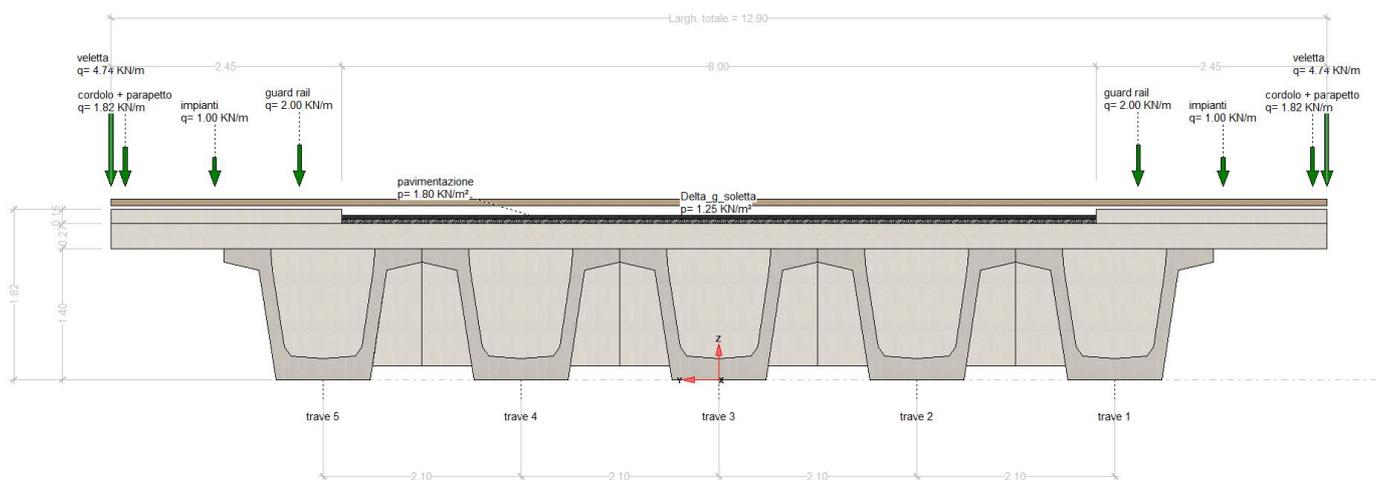


Figura 9 – Marciapiede gettato in seconda fase

Il carico dei marciapiedi :

$$F_{\text{marciapiede}} = 0.15 \times 25 = 3.75 \text{ kN/mq}$$

Nella figura seguente sono ricapitolati i carichi permanenti agenti:



### 6.3 Presollecitazioni di progetto (P)

La precompressione è data da 46 trefoli con sezione da 0,6" (1,39cmq) , alcuni opportunamente inguainati, tesi alla tensione iniziale di 1375 MPa.

trefoli : 6/10" area = 139.00 mm<sup>2</sup>

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	24 di 189

acciaio : prec.fpk=1860 MPa

tensione di tesatura = 1375.00 MPa

$A_p = 63.94 \text{ cm}^2$  ;  $N_p = 8791.75 \text{ kN}$

## 6.4 Ritiro ( $\epsilon_1$ ) e viscosità ( $\epsilon_4$ )

Il calcolo delle deformazioni da ritiro e viscosità nelle travi e nella soletta è stato eseguito secondo quanto specificato nel Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 e nella UNI EN 1992-1-1.

I valori di seguito calcolati sono utilizzati ai fini del calcolo sia delle perdite legate al ritiro che agli effetti del ritiro differenziale trave-soletta.

### Trave (sezione corrente)

#### CALCOLO VISCOSITA NEL TEMPO - EC 2-1-1 punto 3.1.4 e app.B

##### DATI

Resistenza cilindrica caratteristica a compressione a 28 giorni	$f_{ck}$	45 MPa
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 giorni	$f_{cm}$	53 MPa
Coefficiente funzione della resistenza del calcestruzzo	$\beta(f_{cm})$	2.31 -
Coefficiente funzione della resistenza del calcestruzzo	$\alpha_1$	0.75 -
Coefficiente funzione della resistenza del calcestruzzo	$\alpha_2$	0.92 -
Coefficiente funzione della resistenza del calcestruzzo	$\alpha_3$	0.81 -
Umidità relativa	RH	75 %
Dimensione convenzionale	$h_o$	325 mm
Coefficiente funzione dell'umidità relativa	$\varphi_{RH}$	1.25 -
Età del calcestruzzo al momento di applicazione del carico	$t_0$	7 gg
Coefficiente funzione del momento di applicazione del carico	$\beta(t_0)$	0.63 -
<b>Coefficiente nominale di viscosità</b>	$\varphi_0 = \varphi(\infty, t_0)$	<b>1.83 -</b>

##### SVILUPPO NEL TEMPO

Età del calcestruzzo al momento considerato	t	27'375 gg
Coefficiente funzione dell'umidità relativa e della dimensione fittiza	$\beta_H$	764 -
Coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo	$\beta_c(t, t_0)$	0.99 -
<b>Coefficiente di viscosità al tempo t</b>	$\phi(t, t_0)$	<b>1.82 -</b>
Percentuale sviluppo viscosità, al tempo considerato		99%

Modulo elastico secante	$E_{cm}$	36283 MPa
Modulo elastico ridotto	$E_{cm}(t, t_0)$	12885 MPa
	rapporto	0.36

**CALCOLO RITIRO NEL TEMPO - EC 2-1-1 punto 3.1.4 e app.B**

**DATI**

Resistenza cilindrica caratteristica a compressione a 28 giorni	$f_{ck}$	45 MPa
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 giorni	$f_{cm}$	53 MPa
Classe di resistenza del cemento	cl. cemento	52.5 N -
Classe del calcestruzzo	classe cls	R -
Coefficiente funzione del tipo di cemento	$\alpha_{ds1}$	6 -
Coefficiente funzione del tipo di cemento	$\alpha_{ds2}$	0.11 -
Umidità relativa	RH	75 %
Coefficiente funzione dell'umidità relativa	$\beta_{RH}$	0.90 -
	$\epsilon_{cd}$	0.37 x1000
Dimensione convenzionale	$h_o$	325 mm
Coefficiente che dipende dalla dimensione convenzionale	$k_h$	0.74 -
Deformazione totale da ritiro per essiccamento, a tempo infinito	$\epsilon_{cd}(\infty)$	0.278 x1000
Deformazione totale da ritiro per autogeno, a tempo infinito	$\epsilon_{ca}(\infty)$	0.09 x1000
<b>Deformazione totale da ritiro, a tempo infinito</b>	$\epsilon_{cs}(\infty)$	<b>0.37</b> x1000

**SVILUPPO NEL TEMPO**

Età del calcestruzzo all'inizio del ritiro per essiccamento	$t_s$	1 giorni
Età del calcestruzzo al momento considerato	t	27'375 giorni
	$\beta_{ds}(t, t_s)$	0.99 -
	$\beta_{as}(t)$	1.00 -
Deformazione da ritiro per essiccamento, al tempo considerato	$\epsilon_{cd}(t)$	0.28 x1000
Deformazione da ritiro autogeno, al tempo considerato	$\epsilon_{ca}(t)$	0.09 x1000
<b>Deformazione da ritiro, al tempo considerato</b>	$\epsilon_{cs}(t, t_s)$	<b>0.363</b> x1000
Percentuale sviluppo ritiro, al tempo considerato		99%
Variazione termica uniforme equivalente	$\Delta t_{rit}$	36 °C
Riduzione per rigidità fessurata		0.5
Variazione termica uniforme	$\Delta t_{rit}$	18 °C

## Soletta impalcato

### CALCOLO VISCOSITA NEL TEMPO - EC 2-1-1 punto 3.1.4 e app.B

#### DATI

Resistenza cilindrica caratteristica a compressione a 28 giorni	$f_{ck}$	32 MPa
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 giorni	$f_{cm}$	40 MPa
Coefficiente funzione della resistenza del calcestruzzo	$\beta(f_{cm})$	2.66 -
Coefficiente funzione della resistenza del calcestruzzo	$\alpha_1$	0.91 -
Coefficiente funzione della resistenza del calcestruzzo	$\alpha_2$	0.97 -
Coefficiente funzione della resistenza del calcestruzzo	$\alpha_3$	0.94 -
Umidità relativa	RH	75 %
Dimensione convenzionale	$h_o$	297 mm
Coefficiente funzione dell'umidità relativa	$\varphi_{RH}$	1.33 -
Età del calcestruzzo al momento di applicazione del carico	$t_0$	7 gg
Coefficiente funzione del momento di applicazione del carico	$\beta(t_0)$	0.63 -
<b>Coefficiente nominale di viscosità</b>	$\varphi_0 = \varphi(\infty, t_0)$	2.25 -

#### SVILUPPO NEL TEMPO

Età del calcestruzzo al momento considerato	t	27'375 gg
Coefficiente funzione dell'umidità relativa e della dimensione fittza	$\beta_H$	747 -
Coefficiente atto a descrivere l'evoluzione della viscosità nel tempo	$\beta_c(t-t_0)$	0.99 -
<b>Coefficiente di viscosità al tempo t</b>	$\phi(t, t_0)$	2.23 -
Percentuale sviluppo viscosità, al tempo considerato		99%
Modulo elastico secante	$E_{cm}$	33346 MPa
Modulo elastico ridotto	$E_{cm}(t, t_0)$	10331 MPa
	rapporto	0.31

### CALCOLO RITIRO NEL TEMPO - EC 2-1-1 punto 3.1.4 e app.B

#### DATI

Resistenza cilindrica caratteristica a compressione a 28 giorni	$f_{ck}$	32 MPa
Resistenza cilindrica media a compressione a 28 giorni	$f_{cm}$	40 MPa
Classe di resistenza del cemento	cl. cemento	52.5 N -
Classe del calcestruzzo	classe cls	R -
Coefficiente funzione del tipo di cemento	$\alpha_{ds1}$	6 -
Coefficiente funzione del tipo di cemento	$\alpha_{ds2}$	0.11 -
Umidità relativa	RH	75 %
Coefficiente funzione dell'umidità relativa	$\beta_{RH}$	0.90 -
	$\varepsilon_{cd}$	0.43 x1000
Dimensione convenzionale	$h_o$	297 mm
Coefficiente che dipende dalla dimensione convenzionale	$k_h$	0.75 -
Deformazione totale da ritiro per essiccamento, a tempo infinito	$\varepsilon_{cd}(\infty)$	0.325 x1000
Deformazione totale da ritiro per autogeno, a tempo infinito	$\varepsilon_{ca}(\infty)$	0.06 x1000
<b>Deformazione totale da ritiro, a tempo infinito</b>	<b><math>\varepsilon_{cs}(\infty)</math></b>	<b>0.38 x1000</b>

#### SVILUPPO NEL TEMPO

Età del calcestruzzo all'inizio del ritiro per essiccamento	$t_s$	1 giorni
Età del calcestruzzo al momento considerato	$t$	27'375 giorni
	$\beta_{ds}(t, t_s)$	0.99 -
	$\beta_{as}(t)$	1.00 -
Deformazione da ritiro per essiccamento, al tempo considerato	$\varepsilon_{cd}(t)$	0.32 x1000
Deformazione da ritiro autogeno, al tempo considerato	$\varepsilon_{ca}(t)$	0.05 x1000
<b>Deformazione da ritiro, al tempo considerato</b>	<b><math>\varepsilon_{cs}(t, t_s)</math></b>	<b>0.378 x1000</b>
Percentuale sviluppo ritiro, al tempo considerato		99%
Variazione termica uniforme equivalente	$\Delta t_{rit}$	38 °C
Riduzione per rigidità fessurata		0.5
Variazione termica uniforme	$\Delta t_{rit}$	19 °C

## 6.5 Azioni variabili da traffico

### 6.5.1 Carico mobile stradale(Q1)

In accordo con la normativa vigente le azioni variabili da traffico, comprensive degli effetti dinamici, sono definite dallo schema di carico 1 ovvero lo schema costituito da carichi concentrati su due assi in tandem, applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0.40m, e da carichi uniformemente distribuiti. Si considera un solo carico tandem (non segmentabile) per corsia disposto in asse alla stessa;

### 6.5.2 Entità dei carichi mobili – Schema di carico 1

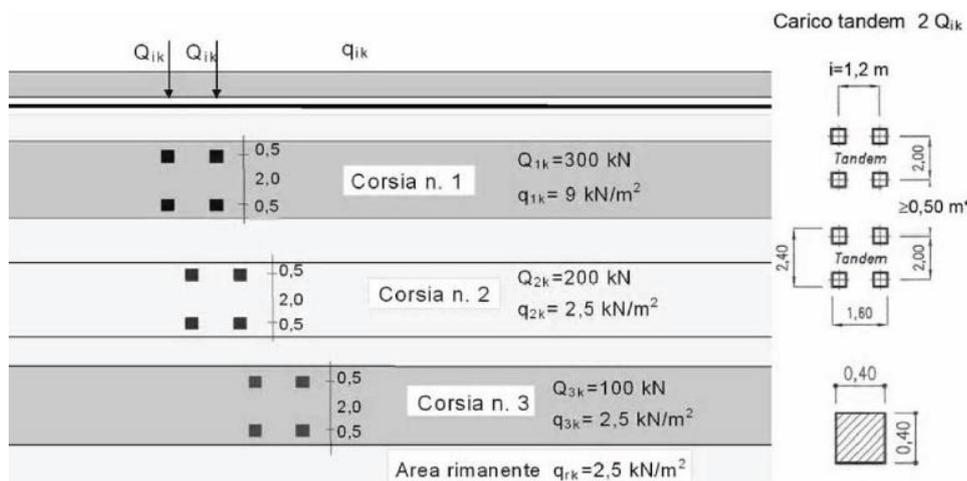
In accordo con la normativa vigente i carichi mobili associati allo schema di carico in esame sono:

- **Corsia 1** ⇒ colonna di carico costituita da un carico tandem “ $2 \times Q_{1k}$ ” da **600 kN** totali su due assi aventi le caratteristiche indicate nella figura sottostante e da uno o più tratti di carico superficiale uniformemente distribuito “ $q_{1,k}$ ” da **9.0 kPa** disposti, ai fini del calcolo delle strutture principali, in asse alla corsia nel modo più sfavorevole;

- **Corsia 2** ⇒ colonna di carico costituita da un carico tandem “ $2 \times Q_{2k}$ ” da **400 kN** totali su due assi aventi le caratteristiche indicate nella figura sottostante e da uno o più tratti di carico superficiale uniformemente distribuito “ $q_{2,k}$ ” da **2.5 kPa** disposti, ai fini del calcolo delle strutture principali, in asse alla corsia nel modo più sfavorevole;

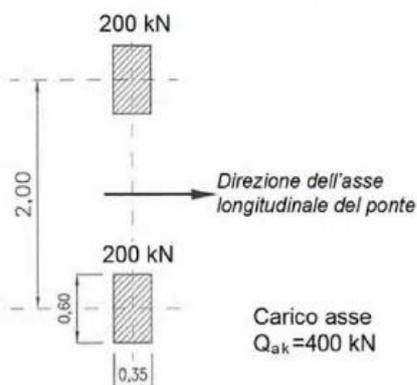
- **Corsia 3** ⇒ colonna di carico costituita da un carico tandem “ $2 \times Q_{3k}$ ” da **200 kN** totali su due assi aventi le caratteristiche indicate nella figura sottostante e da uno o più tratti di carico superficiale uniformemente distribuito “ $q_{3,k}$ ” da **2.5 kPa** disposti, ai fini del calcolo delle strutture principali, in asse alla corsia nel modo più sfavorevole;

- **Corsia 4** ⇒ area rimanente della carreggiata caricata solo con uno o più tratti di carico superficiale uniformemente distribuito “ $q_{4,k}$ ” da **2.5 kPa** disposto, ai fini del calcolo delle strutture principali, in asse all’area caricata nel modo più sfavorevole.



**Figura 10 – Corsie: Corsia n°1, corsia n°2 e corsia n°3 – Colonne di carico**

Esclusivamente per le verifiche locali, si utilizza lo Schema 2, costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m e di altezza 0,35 m. Nel caso sia più gravoso, si considera il peso di una singola ruota da 200 kN.



**Figura 11: Schema di carico 2 per verifiche locali**

### 6.5.3 Disposizione trasversale dei carichi mobili

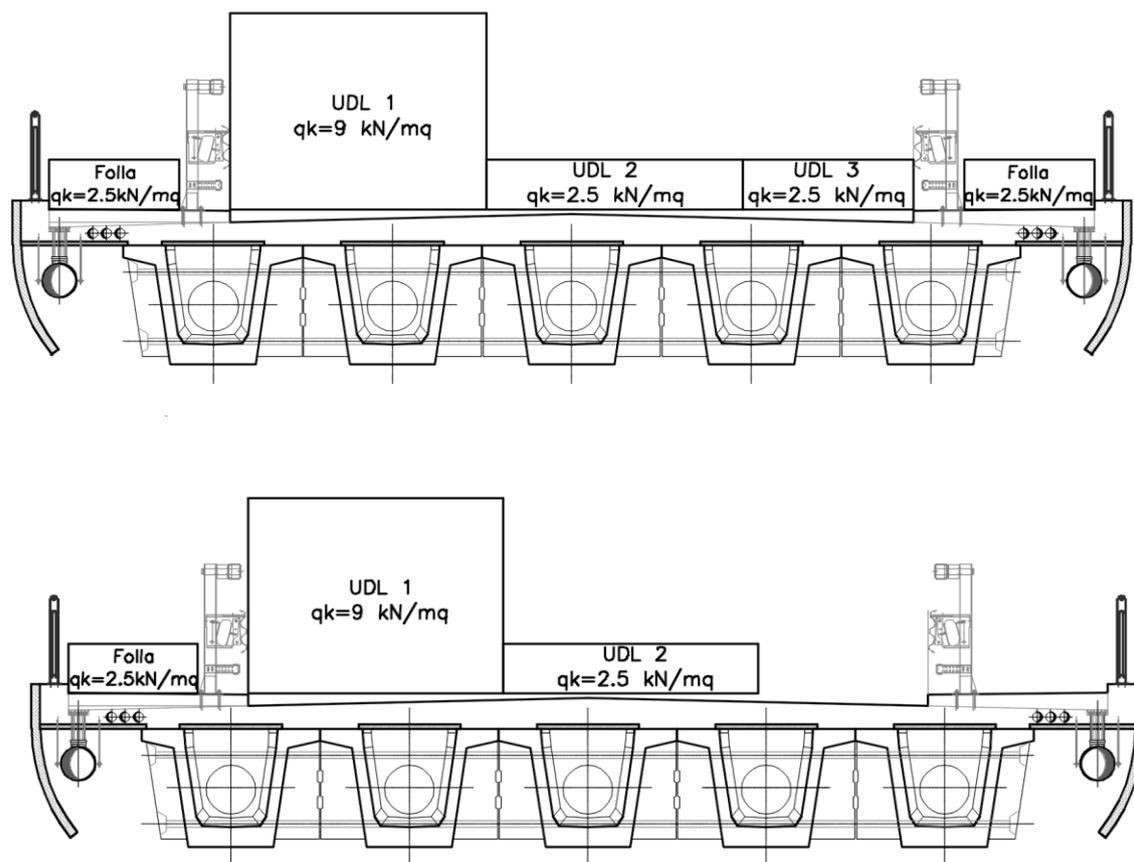
Il numero massimo delle colonne di carichi mobili considerato nel calcolo del ponte è quello massimo compatibile con la larghezza della carreggiata  $w$  secondo le indicazioni della tabella 5.1.I del DM 2008 di seguito riportata.

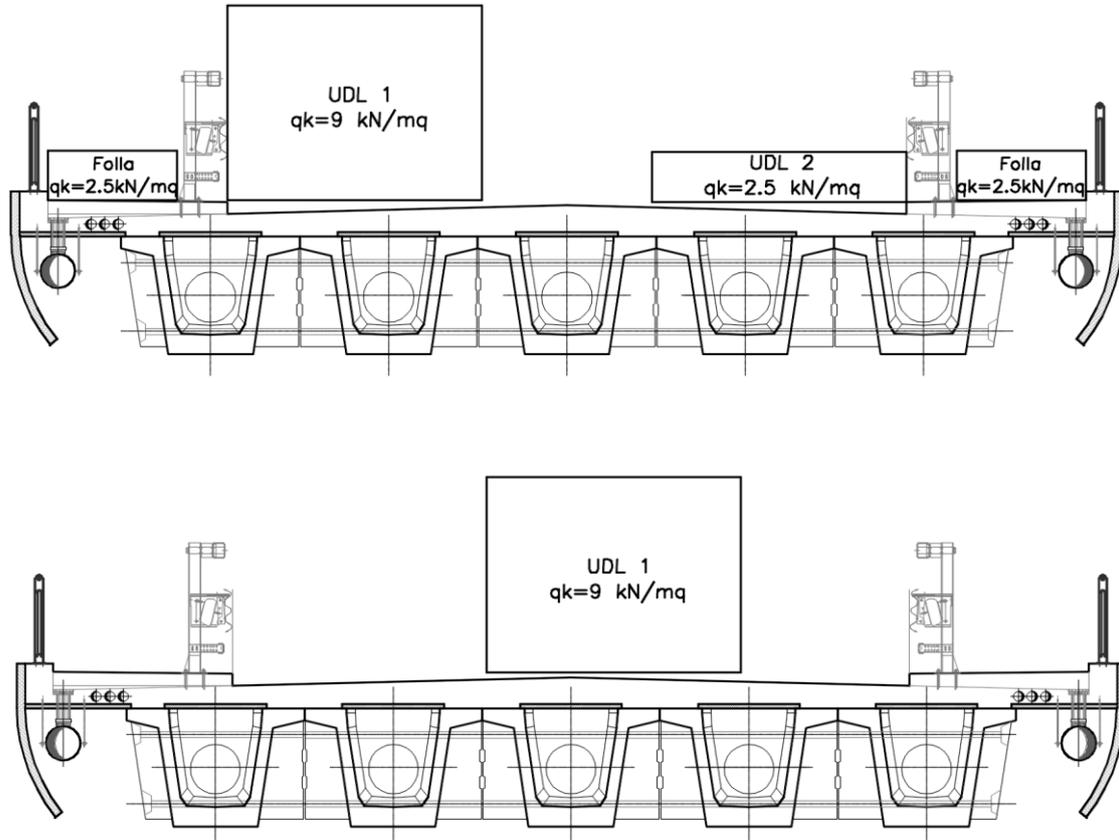
Tab. 5.1.I - Numero e larghezza delle corsie

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

La larghezza della carreggiata è pari a 8 metri, la larghezza di una corsia convenzionale è pari a 3.0 m pertanto il numero massimo delle corsie convenzionali è pari a 2. L'area rimanente ha larghezza 2.0m.

Definita la trave da verificare, le massime sollecitazioni sono calcolate, a partire dalla configurazione iniziale (Figura 12) traslando le corsie in senso trasversale con un passo pari a 10 cm, e disponendo nel modo più sfavorevole le colonne a disposizione. Alle configurazioni così ottenute si aggiungono i seguenti ulteriori casi:





Si riporta di seguito la disposizione più gravosa per la trave più sollecitata (indicata con una freccia rossa).

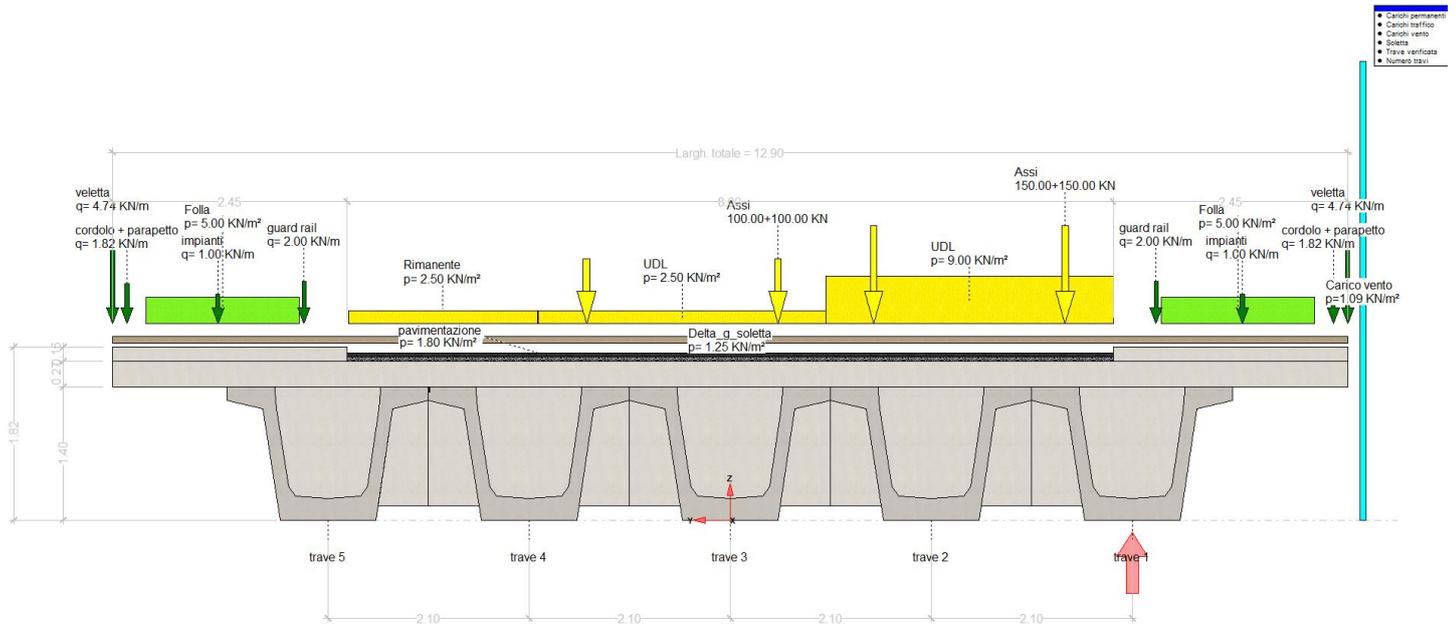


Figura 12 – Carichi agenti

#### 6.5.4 *Disposizione longitudinale dei carichi mobili*

Per il calcolo delle sollecitazioni massime sull'impalcato si considerano i carichi accidentali viaggianti secondo il criterio delle linee d'influenza.

#### 6.5.5 *Carichi sui marciapiedi*

I marciapiedi non aperti al pubblico sono utilizzati solo dal personale autorizzato. I carichi accidentali sono schematizzati da un carico uniformemente ripartito del valore di 5 kN/m<sup>2</sup> con valore di combinazione pari a 2.5 kN/m<sup>2</sup> (§ 5.1.3.3.3 NTC18).

#### 6.5.6 *Frenatura (Q3)*

In accordo al DM2018 (p.to 5.1.3.5) la forza di frenatura o accelerazione per i ponti di prima categoria è assumere pari a:

$$180 \text{ kN} \leq F_{\text{fren}} = 0.6 \times (2 \times Q_{1k}) + 0.1 \times (q_{1k} \times w_1 \times L) \cong 0.6 \times 2 \times 300 + 0.1 \times (9 \times 3 \times 25) = 427.5 \text{ kN} = 17.10 \text{ KN/m} < 900 \text{ kN}$$

con

$$Q_{1k} = 300 \text{ kN};$$

$$w_1 = 3.0 \text{ m};$$

$$q_{1k} = 9.0 \text{ kN/m}^2;$$

$$L = 25.0 \text{ m}.$$

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.

Tale forza applicata in asse all'impalcato e ad estradosso pavimentazione, genera sollecitazioni trascurabili sull'impalcato; per tale ragione è considerata solo per il dimensionamento degli apparecchi di appoggio.

#### 6.5.7 *Forza centrifuga (Q4)*

Non si considera la forza centrifuga poiché l'impalcato è in rettilineo.

#### 6.6 *Vento (Q5)*

L'azione del vento è valutata in accordo alla normativa vigente NTC-2018.

La risposta dinamica alle azioni del vento, le azioni e gli effetti dinamici e aeroelastici dovuti al distacco dei vortici e altri fenomeni aeroelastici non caratterizzano l'opera in esame e sono pertanto ritenuti trascurabili in relazione alla tipologia strutturale in esame di impalcato "standard" con un peso ragguardevole, sagoma "tozza" e staticamente ben vincolata.

L'azione del vento è assimilata ad un carico orizzontale statico, diretto ortogonalmente al piano longitudinale del ponte

In accordo con il *DM2018* ed in relazione alle seguenti figure tabelle si ha:

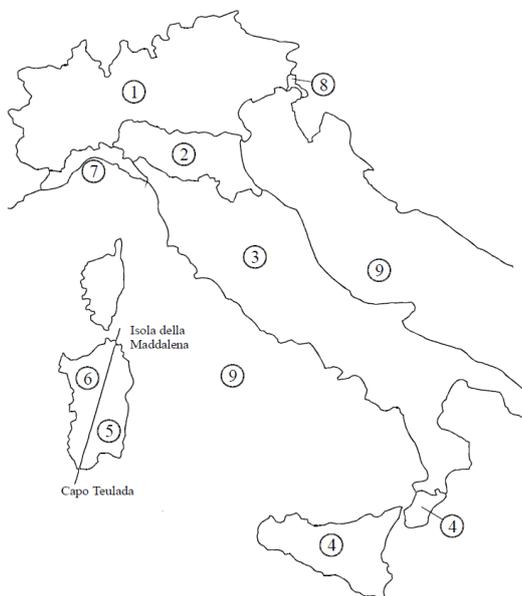


Tabella 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	$a_0$ [m]	$k_s$ [1/s]
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,010
2	Emilia Romagna	25	750	0,015
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,020
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,020
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,015
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,020
7	Liguria	28	1000	0,015
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,010
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,020

Tabella 3.3.II – Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

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

Tabella 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

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

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

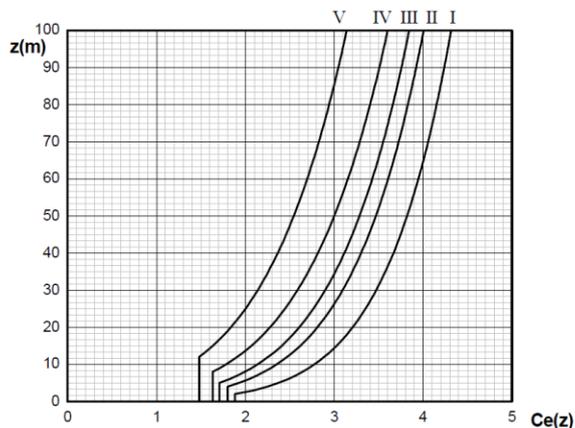
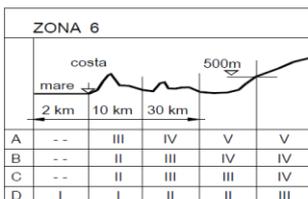
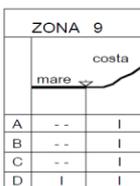
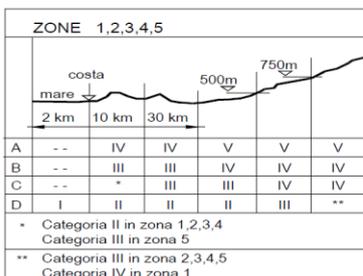


Figura 3.3.2 - Definizione delle categorie di esposizione

Figura 3.3.3 - Andamento del coefficiente di esposizione  $c_e$  con la quota (per  $c_t = 1$ )

**CALCOLO DELLA PRESSIONE DEL VENTO - DM08 e NORME ANAS**

altitudine sul livello del mare	as	28 m
zona		3
parametri	$v_{b,0}$	27 m/s
parametri	$a_0$	500 m
parametri	$k_a$	0.020 1/s
<b>velocità di riferimento (Tr=50 anni)</b>	$v_b = v_{b,0} + k_a * (a_s - a_0)$	<b>27 m/s</b>
Vita nominale	VN=	50
	$\alpha_r$	1.00
<b>velocità di riferimento</b>	$v_b$	<b>27.0 m/s</b>
densità dell'aria	$\rho$	1.25 kg/m <sup>3</sup>
<b>pressione cinetica di riferimento</b>	$q_b = 0.5 * \rho * v_b^2$	<b>0.46 kN/m<sup>2</sup></b>
Categoria di esposizione del sito	Cat	3
Altezza della costruzione rispetto al suolo	z	5 m
parametri	$k_r$	0.2
parametri	$z_0$	0.1 m
parametri	$z_{min}$	5 m
parametri	$z_{max}$	200 m
<b>Coefficiente di topografia</b>	$c_t$	<b>1</b>
coeff. di esposizione ( $z \leq z_{min}$ )	$c_e(z_{min})$	1.71
coeff. di esposizione (z)	$c_e(z)$	1.71
coeff. di esposizione	$c_e(z)$	1.71
<b>coefficiente di esposizione</b>	$c_e$	<b>1.71</b>
<b>coefficiente di forma</b>	$c_p$	<b>1.4</b>
<b>coefficiente dinamico</b>	$c_d$	1
<b>pressione del vento</b>	p	<b>1.09 kN/m<sup>2</sup></b>

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	35 di 189

Impalcato		PS	PC
Altezza totale impalcato		1.77	1.77
cordolo/pavimentazione		0.15	0.09
barriera sx		1	
barriera dx		1	
traffico			3
totale	H (m)	3.92	4.86
pressione	p (kPa)	1.09	1.09
forza statica equivalente	f (kN/ml)	<b>4.28</b>	<b>5.30</b>
momento statico equiv (+ concorde con f)	m (kN/ml)	<b>1.71</b>	<b>7.26</b>
altezza superficie investita		2.92	4.86
baricentro da intradosso impalcato		1.06	1.06
braccio azione del vento (+ se sopra baricen)		0.4	1.37

Il caso di ponte carico, per il quale l'altezza della superficie di impatto del vento è pari all'altezza dell'impalcato più tre metri, è evidentemente il più gravoso per gli effetti sulle travi che per le reazioni agli appoggi.

## 6.7 Azione della neve (Q2)

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC18. Il carico provocato dalla neve è definito dall'espressione seguente:

$$q_s = \mu_i C_e C_t q_{sk}$$

dove:

$\mu_i$  - Coefficiente di forma della superficie;

$C_e$  - Coefficiente di esposizione;

$C_t$  - Coefficiente termico;

$q_{sk}$  - Valore di riferimento del carico neve al suolo.

Per la valutazione di  $q_{sk}$  si è fatto riferimento ad un sito posto in zona III, con altezza sul livello del mare  $a_s < 200$ m e pari a 28 m s.l.m.m.:

$$q_{sk} = 0.60 \text{ kN/m}^2$$

Il coefficiente di esposizione  $C_e$  può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in tabella 3.4.I. NTC-2018. Per il caso in esame, si assume  $C_e = 1.0$ .

Il coefficiente termico  $C_t$  può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato sulla superficie. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato  $C_t = 1.0$  (3.4.4 – NTC-2018).

Il coefficiente di forma della superficie dipende dall'angolo di inclinazione della falda, i valori proposti dalla normativa vigente vengono riportati nella Tab.3.4.II (NTC-2018):

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
$\mu_1$	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Nel caso in esame si ha  $\alpha = 0^\circ$  circa, pertanto:

$$\mu_1(0^\circ) = 0.8$$

tuttavia, in virtù della presenza dei cordoli aggettanti rispetto alla pavimentazione, si tiene conto del fatto che la neve sia impedita di scivolare e, pertanto, si assume:

$$\mu_1(0^\circ) = 1.0$$

In definitiva, il carico da neve per la copertura piana risulta pari a:

$$q_s = 1 \cdot 0.60 \cdot 1.00 \cdot 1.00 = \mathbf{0.60 \text{ kN/m}^2}$$

Il carico da neve è da considerarsi non concomitante con i carichi da traffico, pertanto escluso dall'analisi in quanto mai dimensionante.

## 6.8 Azioni della temperatura (Q7)

### 6.8.1 Variazione termica uniforme ( $\epsilon_2$ )

La variazione termica uniforme è valutata secondo il § 5.2.2.5.2 delle NTC-2018. Si prevede una variazione termica pari a  $\pm 15^\circ\text{C}$ . Per l'escursione giunti e appoggi si incrementa la variazione termica del 50% (§2.5.1.4.4.1 MdP).

### 6.8.2 Variazione termica differenziale ( $\epsilon_3$ )

È stato considerato un gradiente di temperatura tra intradosso ed estradosso dell'impalcato pari a  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

## 6.9 Urto del veicolo in svio sulla barriera sicurvia (Q8)

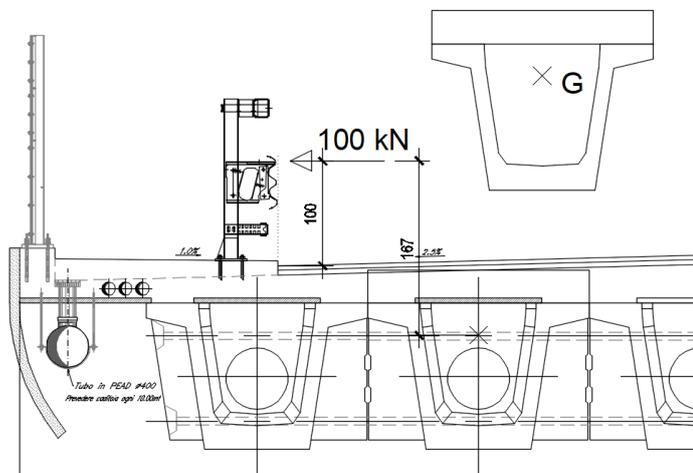
Sulla base delle prescrizioni normative (§ 5.1.3.10 e § 3.6.3.3.2 – NTC-2018), l'urto di un veicolo stradale sulle barriere sicurvia è stato modellato come un sistema di forze orizzontale applicate in corrispondenza delle barriere ad un'altezza pari alla minore tra:

$$h_1 = \text{altezza della barriera (pari a 1.5 m)} - 0.10 \text{ m} = 1.40 \text{ m};$$

$$h_2 = 1.0 \text{ m};$$

quindi  $h = 1.0 \text{ m}$ . La forza orizzontale è pari a 100 kN.

Il momento flettente riportato al baricentro delle travi è dato da  $100 \cdot 1.67 = 167 \text{ KNm}$



**Figura 13 - Schema per calcolo urto sulla barriera**

### 6.10 Azioni parassite dei vincoli ( $Q_9$ )

Le azioni parassite dei vincoli sono stimate come forze orizzontali pari allo 3% delle reazioni dovute ai carichi verticali:

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	38 di 189

**Calcolo resistenze passive dei vincoli  $q_9$** 
**Carichi di 1a fase**

Trave	peso trave [KN]	peso soletta+traversi [KN]
1	223.4	287.86
2	223.4	191.47
3	223.4	191.47
4	223.4	191.47
5	223.4	287.86

**Carichi permanenti di 2a fase**

Trave	peso marciapiedi [KN]	permanenti portati [KN]+extra2
1	48.13	123.2
2	41.38	115.39
3	38.9	112.68
4	41.38	115.39
5	48.13	123.2

**Carichi da traffico**

Trave	Tandem-TS [KN]	Distribuito-UDL [KN]	Folla Marciapiedi [KN]
1	239.95	110.9	42.03
2	226.16	103.66	35.96
3	202.1	91.97	33.74
4	170.03	78.67	35.96
5	136.37	65.41	42.03

**Carichi sugli appoggi**

Trave	Gk+0.2 Qk	$\gamma_G$ Gk+0.2	$\gamma_Q$ Qk	RPV ( $q_9$ )
1	761.2	1053.3		31.6
2	644.8	894.0		26.8
3	632.0	876.0		26.3
4	628.6	872.1		26.2
5	731.4	1013.0		30.4

**6.11 Azioni sismiche (E)**



LINEA SALERNO – PONTECAGNANO AEROPORTO  
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO  
TRATTA ARECHI – PONTECAGNANO AEROPORTO

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	39 di 189

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

## 7 COMBINAZIONI DI CARICO

Le azioni considerate sono le seguenti:

- g1: peso proprio degli elementi strutturali;
- g2: carichi permanenti portati;
- ε2: variazioni termiche uniformi
- ε3: variazioni termiche differenziali;
- q1: carichi mobili; q3: azione longitudinale di frenamento; q5: azione trasversale del vento;
- q9: resistenze passive dei vincoli;
- E: azioni sismiche;

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, in osservanza ai punti 5.1.3.12 e 5.2.3 delle NTC-2018, si dovranno considerare, generalmente, le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV, combinate considerando gli stati limite di esercizio, gli stati limite ultimi e le condizioni sismiche.

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

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

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

La Tab. 5.1.V fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi, il significato dei simboli è il seguente:

$\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, del terreno e dell'acqua, quando pertinente;

$\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

$\gamma_Q$  coefficiente parziale delle azioni variabili da traffico;

$\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a  $\gamma_P = 1$ .

I valori dei coefficienti  $\psi_{0j}$ ,  $\psi_{1j}$  e  $\psi_{2j}$  per le diverse categorie di azioni sono riportati nella Tab. 5.1.VI.

**Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\Psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\Psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\Psi_2$ (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
Vento $q_s$	Vento a ponte scarico			
	SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve $q_s$	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	$T_k$	0,6	0,6	0,5

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

		Coefficiente	EQU <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	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 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	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

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> 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.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

**SLU:**

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

**SLE RARA:**

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

**SLE QUASI PERMANENTE:**

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

**SLE FREQUENTE:**

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

Della simultaneità delle componenti uniforme e differenziale di temperatura si tiene conto mediante le seguenti combinazioni (cfr. UNIEN 1991-1-5):

$$\Delta T_{M,heat} \text{ (oppure } \Delta T_{M,cool}) + \omega_N \Delta T_{N,exp} \text{ (oppure } \Delta T_{N,con}) \quad (6.3)$$

oppure

$$\omega_N \Delta T_{M,heat} \text{ (oppure } \Delta T_{M,cool}) + \Delta T_{N,exp} \text{ (oppure } \Delta T_{N,con}) \quad (6.4)$$

i valori raccomandati per  $\omega_N$  e  $\omega_M$  sono:

$$\omega_N = 0,35$$

$$\omega_M = 0,75$$

In accordo con il paragrafo 7.3.5. delle NTC-2018, gli effetti sulla struttura (sollecitazioni, deformazioni, spostamenti, ecc.) sono combinati secondo le seguenti espressioni:

$$\text{- Sisma in direzione longitudinale "X"} \Rightarrow 1.0 \times E_X + 0.3 \times E_Y + 0.3 \times E_Z;$$

$$\text{- Sisma in direzione trasversale "Y"} \Rightarrow 0.3 \times E_X + 1.0 \times E_Y + 0.3 \times E_Z;$$

$$\text{- Sisma in direzione verticale "Z"} \Rightarrow 0.3 \times E_X + 0.3 \times E_Y + 1.0 \times E_Z.$$

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

In accordo con le NTC-2018 paragrafo 3.2.4, i carichi sismici vanno combinati con le altre azioni secondo la seguente espressione:

$$G_1 + G_2 + E + \sum_j \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

dove:

$G_1$   $\Rightarrow$  peso proprio degli elementi strutturali e non strutturali;

$G_2$   $\Rightarrow$  carichi permanenti portati;

$E$   $\Rightarrow$  azioni derivanti dai terremoti;

$Q_{kj}$   $\Rightarrow$  azioni variabili sulla struttura.

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \Psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

Nel caso in esame per i carichi dovuti al transito dei mezzi si assumerà  $\Psi_{2j} = 0.0$ .

Le possibili combinazioni sono definite dai coefficienti riportati nelle tabelle che seguono:

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	44 di 189

SLU:

Descrizione azione elementare	A1	$\psi 0$	sigla	SLU1	SLU2	SLU3	SLU4	SLU5	SLU6	SLU7	SLU8	SLU9	SLU10
<i>Peso proprio</i>	1.35	1	G1	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1
<i>Carichi permanenti portati</i>	1.35	1	G2	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1	1	1	1	1
<i>variazioni termiche</i>	1.5	0.6	Q7	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5	0.9	0.9	0.9	0.9	1.5
<i>azioni da traffico gruppo 1</i>	1.35	0	GR1	1.35	0	0	0	0	1.35	0	0	0	0
<i>azioni da traffico gruppo 2a frenatura</i>	1.35	0	GR2a	0	1.35	0	0	0	0	1.35	0	0	0
<i>azioni da traffico gruppo 1 frequente</i>	1.35	0.75	GR1Freq	0	0	0	1.0125	1.0125	0	0	0	1.0125	1.0125
<i>azione del vento</i>	1.5	0.6	Q5	0	0	1.5	0	0	0	0	1.5	0	0
<i>azione del vento con ponte carico</i>	1.5	0.6	Q5q	0.9	0.9	0	1.5	0.9	0.9	0.9	0	1.5	0.9
<i>resistenze passive dei vincoli</i>	1.35	0.6	Q9	0	1.35	0	0	0	0	1.35	0	0	0
<i>azione sismica X prevalente</i>	1	0	Sx_SLV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>azione sismica X prevalente</i>	1	0	Sy_SLV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>azione sismica Y prevalente</i>	1	0	Sz_SLV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

SISMICA:

Descrizione azione elementare	A1	$\psi 0$	sigla	SIS_SLV1	SIS_SLV2	SIS_SLV3	SIS_SLV4	SIS_SLV5	SIS_SLV6
<i>Peso proprio</i>	1.35	1	G1	1	1	1	1	1	1
<i>Carichi permanenti portati</i>	1.35	1	G2	1	1	1	1	1	1
<i>variazioni termiche differenziali impalcato</i>	1.5	0.6	$\varepsilon 2$	0.175	0.175	0.5	0.5	0.5	0.175
<i>variazioni termiche uniformi esercizio</i>	1.5	0.6	$\varepsilon 3$	0.5	0.5	0.375	0.375	0.375	0.5
<i>azioni da traffico gruppo 1</i>	1.35	0	GR1	0	0	0	0	0	0
<i>azioni da traffico gruppo 2a frenatura</i>	1.35	0	GR2a	0	0	0	0	0	0
<i>azioni da traffico gruppo 1 frequente</i>	1.35	0.75	GR1Freq	0	0	0	0	0	0
<i>azione del vento</i>	1.5	0.6	Q5	0	0	0	0	0	0
<i>azione del vento con ponte carico</i>	1.5	0.6	Q5q	0	0	0	0	0	0
<i>resistenze passive dei vincoli</i>	1.5	0.6	Q9	0	0	0	0	0	0
<i>azione sismica X prevalente</i>	1	0	Sx_SLV	0	1	0	1	0	0
<i>azione sismica X prevalente</i>	1	0	Sy_SLV	1	0	1	0	0	0
<i>azione sismica Y prevalente</i>	1	0	Sz_SLV	0	0	0	0	1	1

SLE:

Descrizione azione elementare	A1	$\psi 0$	sigla	SLE_r1	SLE_r2	SLE_r3	SLE_r4	SLE_r5	SLE_f1	SLE_f2	SLE_f3	SLE_f4	SLE_qp1
<i>peso proprio</i>	1	1	G1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>carichi permanenti portati</i>	1	1	G2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>variazioni termiche differenziali impalcato</i>	1	0.6	Q7	0.6	0.6	0.6	0.6	1	0.6	0.6	0.6	1	1
<i>azioni da traffico gruppo 1</i>	1	0	GR1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>azioni da traffico gruppo 2a frenatura</i>	1	0	GR2a	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>azioni da traffico gruppo 1 frequente</i>	1	0.75	GR1Freq	0	0	0	0.75	0.75	0	0	0	0.75	0
<i>azione del vento a ponte scarico</i>	1	0.6	Q5	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
<i>azione del vento con ponte carico</i>	1	0.6	Q5q	0.6	0.6	0	1	0.6	0	0	0	0	0
<i>resistenze passive dei vincoli</i>	1	0.6	Q9	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0

## 8 CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI

Nei paragrafi che seguono si descrive dettagliatamente l'iter di calcolo delle sollecitazioni, esplicitando input/output del software utilizzato ENG9, commercializzato dalla SIGMA c – ed. 9.4 – specificatamente dedicato al calcolo di impalcato con travi in c.a.p e soletta collaborante.

### 8.1 Unita' di misura e convenzioni di segno

Ove non sia diversamente specificato, le grandezze contenute nella presente relazione sono espresse nelle seguenti unità di misura:

lunghezza : m

forza : KN

I diametri delle barre di armatura lenta sono sempre espressi in millimetri, i diametri dei trefoli di precompressione sono invece espressi in pollici (=25.4 mm).

I carichi agenti sull'impalcato sono, come è naturale assumere, positivi se diretti verso il basso.

Le tensioni sono positive se di trazione, sia per quanto riguarda il calcestruzzo che l'acciaio.

### 8.2 Metodo ed ipotesi di calcolo

L'impalcato viene realizzato con travi in semplice appoggio collaboranti tra loro grazie all'azione della soletta.

Esso si presenta quindi come una lastra appoggiata sui lati opposti e che presenta 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 rigidità 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; graticcio 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 rigidità 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

$$2 \cdot B = n \cdot i$$

$n = n.\text{travi}$  ,  $i = \text{interasse travi}$

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

$$p(x;e) = P_m \text{ sen } (\pi x/l)$$

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

$$w(x,y;e) = w(1/2,y;e) \text{ sen } (\pi x/l)$$

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

$$p(x;e) = (P_m/2b) \text{ sen } (\pi x/l)$$

si avrà una deformata cilindrica che può assumere la forma

$$w(x) = w(1/2) \text{ sen } (\pi x/l)$$

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:

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

Si assume che l'azione orizzontale del vento produca non generi sollecitazioni flessionali sulle travi ma venga trasferita agli appoggi in termini di azioni orizzontali e incremento/decremento azioni verticali.

Gli effetti di ritiro, ritiro differenziale e variazione termica differenziale sono valutati per singola trave nel capitolo successivo.

### 8.3 Dati impalcato

Tipo di impalcato: travi prefabbricate più soletta collaborante

#### 8.3.1 Dati geometrici

Luce di calcolo	22.80
Larghezza marciapiede sinistro	2.45
Larghezza carreggiata	8.00
Larghezza marciapiede destro	2.45
Larghezza fuori tutto impalcato	12.90
Numero travi	5
Tipo trave	V140x210
Interasse travi	2.10
Larghezza travi	2.10
Lunghezza retrotrave	0.50
Lunghezza ringrosso	1.05
Lunghezza svasatura	0.50
Eccentricità travi-soletta	0.00
Spessore medio soletta	0.27
Spessore minimo soletta	0.22
Luce di calcolo soletta	1.25
Larghezza marciapiede sinistro	1.60
Dist. marciapiede sinistro	0.50
Larghezza marciapiede destro	1.60
Dist. marciapiede destro	0.50
Spessore medio cordoli	0.10

### 8.3.2 Traversi in campata

Numero traversi	2
Altezza sezione traversi	1.12
Spessore sezione traversi	0.40
n.	X [m]
1	7.60
2	15.20

### 8.3.3 Traversi in testata

Altezza sezione traversi	1.30
Spessore sezione traversi	1.00
n.	X [m]
1	0.00
2	22.80

### 8.3.4 Trave prefabbricata VI40x210

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.	Sezione in campata		Sezione in testata	
	x	y	x	y
1	-0.50	0.00	-0.50	0.00
2	-0.68	1.17	-0.68	1.17
3	-1.05	1.26	-1.05	1.26
4	-1.05	1.40	-1.05	1.40
5	-0.55	1.40	-0.45	1.40

Vertice n.	Sezione in campata		Sezione in testata	
	x	y	x	y
6	-0.55	1.35	-0.45	1.35
7	-0.53	1.17	-0.43	1.17
8	-0.41	0.35	-0.33	0.45
9	-0.34	0.25	-0.25	0.35
10	0.00	0.23	0.00	0.34
11	0.34	0.25	0.25	0.35
12	0.41	0.35	0.33	0.45
13	0.53	1.17	0.43	1.17
14	0.55	1.35	0.45	1.35
15	0.55	1.40	0.45	1.40
16	1.05	1.40	1.05	1.40
17	1.05	1.26	1.05	1.26
18	0.68	1.17	0.68	1.17
19	0.50	0.00	0.50	0.00

	in campata	in testata	
Altezza della sezione	1.40	1.40	[m]
Spessore complessivo anime	0.28	0.48	[m]
Area sezione di calcestruzzo	0.72	1.01	[m <sup>2</sup> ]
Ordinata y baricentro	0.66	0.68	[m]
Ascissa x baricentro	0.00	0.00	[m]
J baricentro	0.18	0.22	[m <sup>4</sup> ]
Coefficiente torsionale	0.14	0.19	[m <sup>4</sup> ]

### 8.3.5 Geometria getto in opera

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

dell'impalcato.

### 8.3.6 Sezione in campata

Vertice n.	Sezione in campata		Sezione in testata	
	x	y	x	y
1	6.45	1.40	6.45	1.40
2	6.45	1.67	6.45	1.67
3	0.00	1.67	0.00	1.67
4	-6.45	1.67	-6.45	1.67
5	-6.45	1.40	-6.45	1.40
6	-0.55	1.35	-0.45	1.35

TRATTO IN CAMPATA		
X iniziale	1.05	[m]
X finale	21.75	[m]
Lunghezza in direz. X	20.70	[m]
Altezza della sezione	0.27	[m]
Area sezione	3.48	[m <sup>2</sup> ]
Z baricentro	1.54	[m]
J baricentrico	0.02	[m <sup>4</sup> ]
TRATTI ALLE ESTREMITA'		
Lunghezza in direz. X (2 testate)	2.10	[m]
Altezza della sezione	0.27	[m]
Area sezione	3.48	[m <sup>2</sup> ]
Z baricentro	1.54	[m <sup>2</sup> ]
J baricentrico	0.02	[m <sup>4</sup> ]

## 8.4 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	0.00037	[-]
Coeff. omogen. E cls soletta / E cls trave	0.92	[-]
Modulo elastico trave e soletta (calcolo frecce)	3.6283E7	[KN/m <sup>2</sup> ]
Peso specifico trave prefabbricata	25.0000	[KN/m <sup>3</sup> ]
Peso specifico calcestruzzo getto in opera	25.0000	[KN/m <sup>3</sup> ]

## 8.5 Ripartizione trasversale dei carichi

### 8.5.1 Parametri di Massonnet

Eccentricità trave verificata (n.1)	Y	-4.20	[m]
Luce di calcolo travi principali	L	22.80	[m]
Interasse traversi	L1	7.60	[m]
Semilarghezza teorica impalcato	B	5.25	[m]
Interasse travi	B1	2.10	[m]

TRAVE			
area sezione cls trave+soletta	Ap	1.36	[m <sup>2</sup> ]
quota baricentro	Dp	1.07	[m]
momento d'inerzia flessionale	Jp	0.4369	[m <sup>4</sup> ]
coefficiente di torsione	Cp	0.1398	[m <sup>4</sup> ]

TRAVERSO			
area sezione cls traverso+soletta	Ae	1.15	[m <sup>2</sup> ]
quota baricentro da base sezione	De	0.98	[m]

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	52 di 189

momento d'inerzia flessionale	Je	0.1832	[m <sup>4</sup> ]
-------------------------------	----	--------	-------------------

coefficiente di torsione	Ce	0.0135	[m <sup>4</sup> ]
--------------------------	----	--------	-------------------

### 8.5.2 Coefficienti

Si calcolano i coefficienti d'influenza della 1<sup>a</sup> trave che ha una eccentricità  $Y = 4.2$  [m] e che risulta essere la più sollecitata:

<b>Y</b>	<b>5.25</b>	<b>3.94</b>	<b>2.63</b>	<b>1.31</b>	<b>0.00</b>	<b>-1.31</b>	<b>-2.63</b>	<b>-3.94</b>	<b>-5.25</b>
$K_0$	-1.247	-0.732	-0.210	0.329	0.901	1.517	2.178	2.872	3.569
$K_1$	0.570	0.643	0.726	0.828	0.952	1.098	1.261	1.426	1.575
$K_\alpha$	0.041	0.242	0.453	0.683	0.937	1.220	1.528	1.847	2.156

Vengono riportati di seguito i coefficienti  $\mu_a$  relativi alla sezione  $Y = 0.00$  del traverso, ed alla prima armonica.

<b>Y</b>	<b>5.25</b>	<b>3.94</b>	<b>2.63</b>	<b>1.31</b>	<b>0.00</b>	<b>-1.31</b>	<b>-2.63</b>	<b>-3.94</b>	<b>-5.25</b>
$\mu_\alpha$	-0.138	-0.077	-0.010	0.072	0.179	0.072	-0.010	-0.077	-0.138

## 8.6 Analisi dei carichi

In questo capitolo si valutano i carichi da ripartire secondo il metodo di Massonet; gli effetti di ritiro, ritiro differenziale e variazione termica differenziale sono valutati per singola trave nel capitolo successivo

### 8.6.1 Valori caratteristici delle azioni permanenti

#### 8.6.1.1 Fase 1

Pesi gravanti sulla trave singola:

Lunghezza trave in asse	23.80	[m]
Peso trave (sezione filante)	17.96	[KN/m]
Peso trave (sezione ringrossata)	25.36	[KN/m]
Peso totale trave prefabbricata	446.79	[KN]
Peso soletta gravante sulla trave	22.27	[KN/m]
Peso trasverso in testata	42.12	[KN]
Peso trasverso in campata	18.93	[KN]

#### 8.6.1.2 Fase 2

##### 8.6.1.2.1 Pavimentazione

La larghezza della carreggiata viene suddivisa in 20 intervalli uguali e per ciascuno di essi si determina il valore del coefficiente  $K_{\alpha}$  di Massonet 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 più sollecitata

Peso pavimentazione per unità di superficie	1.80	[KN/m <sup>2</sup> )
Carico gravante sulla trave da verificare	2.83	[KN/m]

##### 8.6.1.2.2 Delta\_g\_soletta

Questo carico viene considerato carico uniformemente ripartito tra le travi.

Delta_g_soletta	1.25	[KN/m <sup>2</sup> )
Carico gravante sulla trave da verificare	3.23	[KN/m]

##### 8.6.1.2.3 Peso del marciapiede

Il peso viene applicato al modello di calcolo come carico lineare uniforme distribuito su tutta la luce e posizionato in sezione trasversale con data eccentricità rispetto al baricentro dell'impalcato.

	peso lineare [KN/m]	ecc.Y [m]	peso totale [KN]
marciapiede sinistro	9.19	5.22	209.47
marciapiede destro	9.19	-5.22	209.47

#### 8.6.1.2.4 Carichi lineari di 2a fase sull'impalcato

A questi carichi viene applicato il metodo di Massonnet calcolandone il relativo coefficiente di ripartizione trasversale per la trave in esame.

n.	Descrizione	q [KN/m]	ecc.Y	X'i	Rif.X'i	X'f	Rif.X'f
1	guard rail	2.00	4.45	-0.50	Appoggio iniziale	-0.50	Appoggio finale
2	guard rail	2.00	-4.45	-0.50	Appoggio iniziale	-0.50	Appoggio finale
3	cordolo + parapetto	1.82	6.30	-0.50	Appoggio iniziale	-0.50	Appoggio finale
4	cordolo + parapetto	1.82	-6.30	-0.50	Appoggio iniziale	-0.50	Appoggio finale
5	veletta	4.74	-6.45	-0.50	Appoggio iniziale	-0.50	Appoggio finale
6	veletta	4.74	6.45	-0.50	Appoggio iniziale	-0.50	Appoggio finale
7	impianti	1.00	-5.35	-0.50	Appoggio iniziale	-0.50	Appoggio finale
8	impianti	1.00	5.35	-0.50	Appoggio iniziale	-0.50	Appoggio finale

#### 8.6.2 Valori caratteristici delle azioni variabili

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

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	55 di 189

<b>corsia</b>	<b>Nome</b>	<b>carico asse Q</b>	<b>p</b>	<b><math>\alpha_Q</math></b>	<b><math>\alpha_q</math></b>
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]

## 8.7 Applicazione del metodo di massonnet

### 8.7.1 peso marciapiede

Descrizione	[KN/m]	ecc.Y	K Massonnet	$\mu$ Massonnet
sinistro	9.19	5.22	-0.045	-0.154
destro	9.19	-5.22	2.198	-0.154

### 8.7.2 Lineari per trave

Vengono considerati concentrati in direzione y e uniformemente distribuiti in direzione x.

n.	Descrizione	q [KN/m]	ecc.Y	K Massonnet	$\mu$ Massonnet
1	guard rail	2.00	4.45	0.092	-0.113
2	guard rail	2.00	-4.45	2.011	-0.113
3	cordolo + parapetto	1.82	6.30	-0.235	-0.212
4	cordolo + parapetto	1.82	-6.30	2.457	-0.212
5	veletta	4.74	-6.45	2.493	-0.220
6	veletta	4.74	6.45	-0.262	-0.220
7	impianti	1.00	-5.35	2.228	-0.161
8	impianti	1.00	5.35	-0.067	-0.161

### 8.7.3 Carichi mobili per massimo effetto sulla trave 1

Descrizione	$Q \cdot \alpha$ [KN]	$q \cdot \alpha$ [KN/m]	ecc.Y	Larghezza	Ka
Corsia 1	300.00	27.00	-2.50	3.00	1.531
Corsia 2	200.00	7.50	0.50	3.00	0.844
Zona Rimanente	0.00	5.00	3.00	2.00	0.354

Descrizione	q [KN/m]	ecc.Y	Larghezza	Ka
Folla marc. dx	8.00	-5.30	1.60	2.216

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

#### 8.7.4 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	$\mu$
Corsia 1	300.00	27.00	0.00	3.00	0.191

#### 8.7.5 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	$Q \cdot \alpha$ [KN]	$q \cdot \alpha$ [KN/m]	ecc.Y	Larghezza	$\mu$
Corsia 1	300.00	27.00	-2.50	3.00	-0.001
Zona rimanente	0.00	5.00	3.00	2.00	-0.031

Descrizione	q [KN/m]	ecc.Y	Larghezza	$\mu$
Folla SX	8.00	5.30	1.60	-0.158
Folla DX	8.00	-5.30	1.60	-0.158

## 8.8 Coefficienti di combinazione

Le combinazioni di carico considerate sono quelle indicate dalle NTC-2018 al punto 5.1.3.

I coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU (A1 STR) valgono:

	$\gamma_{sup.}$	$\gamma_{inf.}$
Coeff. sicurezza carichi permanenti strutturali	1.35	1.00
Coeff. sicurezza carichi permanenti non strutturali	1.50	0.00
Coeff. sicurezza carichi traffico	1.35	0.00
Coeff. sicurezza carichi variabili	1.50	0.00

I coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali da utilizzare nelle combinazioni di carico agli SLE valgono:

Carico	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
gruppo 1 - Schema 1 - carichi distribuiti	0.40	0.40	0.00
gruppo 1 - Schema 1 - carichi tandem	0.75	0.75	0.00
gruppi 2 - frenatura/centrifuga	0.00	0.00	0.00
gruppo 3 - Schema 5	0.00	0.00	0.00
gruppo 4 - Schema 5 (folla)	0.00	0.75	0.00
gruppo 5 - veicoli speciali	0.00	0.00	0.00
gruppo 1 - Schema 2 (asse singolo)	0.00	0.75	0.00
vento a ponte scarico	0.60	0.20	0.00
termico	0.60	0.60	0.50

I coefficienti  $\psi$  si riferiscono ai gruppi di azioni 1,2a,2b come specificato dalla tabella 5.1.IV del D.M. 17 gennaio 2018.

Ai fini delle verifiche degli stati limite vengono prese in considerazione le seguenti combinazioni delle azioni:

#### Verifiche agli stati limite ultimi

situazioni persistenti e transitorie EQU/STR/GEO

$$F_d = \gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Qi} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

### Verifiche agli stati limite di esercizio

combinazione caratteristica (rara):

$$F_d = G_1 + G_2 + P + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

combinazione frequente:

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

combinazione quasi permanente:

$$F_d = G_1 + G_2 + P + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$F_d = E + G_1 + G_2 + P + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Le tabelle riepilogative dei coefficienti di combinazione sono espone al §40.

## 8.9 Sollecitazioni sulla trave esterna

In questo capitolo si valutano le sollecitazioni ripartire secondo il metodo di Massonet; gli effetti di precompressione, ritiro, ritiro differenziale e variazione termica differenziale sono valutati per singola trave nel capitolo successivo

### 8.9.1 Valori caratteristici

#### 8.9.1.1 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	210.72	0.00	270.24
1.00		198.01	186.92	258.80	247.97
2.00		375.70	168.87	495.43	225.69
3.00		535.51	150.90	709.89	203.42
4.00		677.44	132.94	902.19	181.14
5.00		801.50	114.97	1072.32	158.87
6.00		907.68	97.01	1220.28	136.59
7.00		995.80	79.04	1345.86	114.32

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	60 di 189

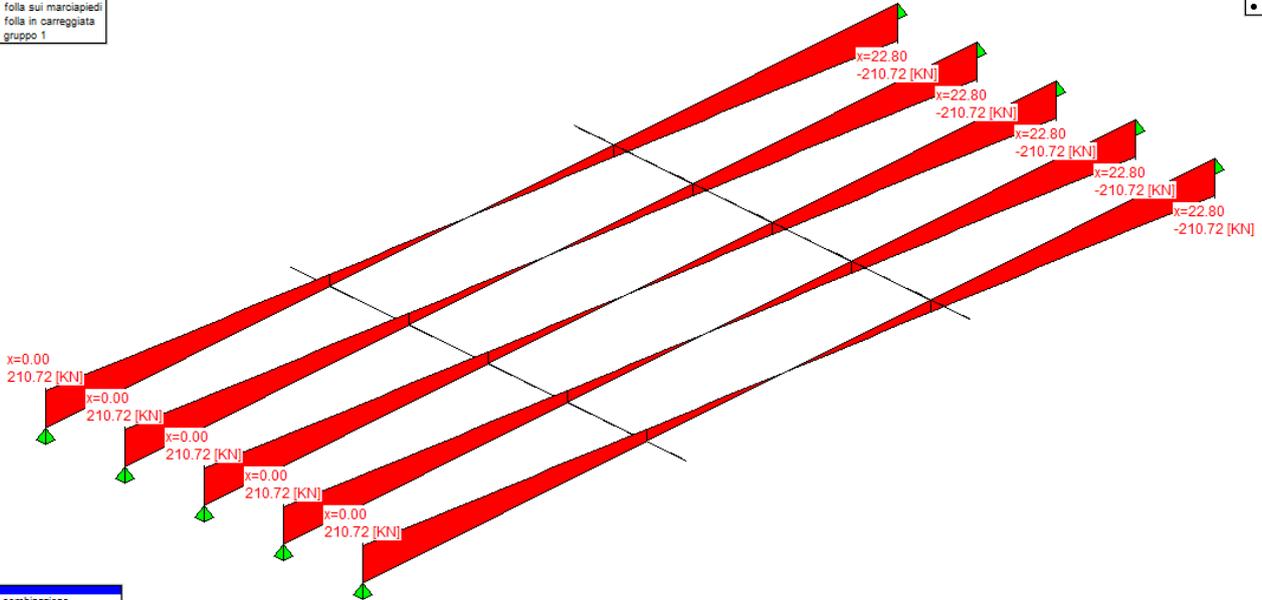
X	Descrizione	peso trave		peso soletta+traversi	
		M [KN·m]	V [KN]	M [KN·m]	V [KN]
8.00		1065.65	61.08	1442.24	75.74
9.00		1117.61	43.12	1506.67	53.46
10.00		1151.69	25.15	1548.93	31.19
11.00		1167.90	7.19	1569.03	8.91
11.40	mezzeria	1169.78	0.00	1571.36	0.00
12.00		1166.23	-10.78	1566.95	-13.36
13.00		1146.68	-28.74	1542.71	-35.64
14.00		1108.91	-46.71	1495.88	-57.91
15.00		1053.17	-64.67	1426.78	-80.19
16.00		979.26	-82.64	1322.08	-118.77
17.00		887.61	-100.60	1192.14	-141.05
18.00		778.09	-118.57	1040.03	-163.32
19.00		650.70	-136.53	865.76	-185.60
20.00		505.42	-154.50	669.32	-207.87
21.00		341.75	-172.46	450.07	-230.15
22.00		160.00	-191.27	208.58	-252.42
22.80	appoggio	0.00	-210.72	0.00	-270.24

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	61 di 189

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folia sui marciapiedi
- Traffico: folia in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

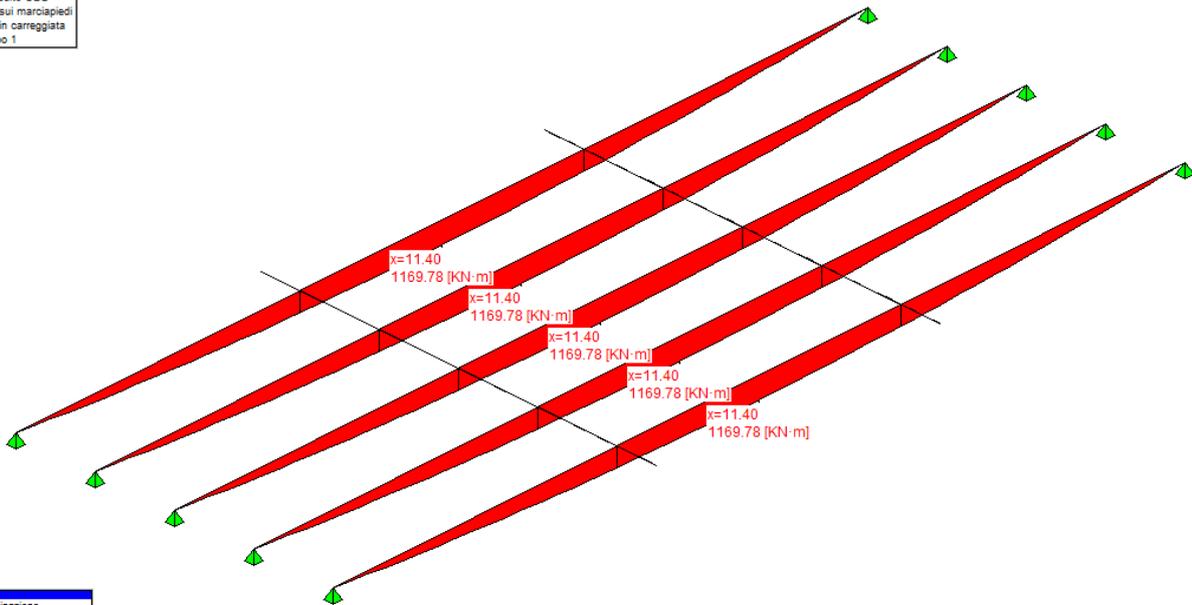
- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Frequente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Quasi permanente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.U. Sismica

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folia sui marciapiedi
- Traffico: folia in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



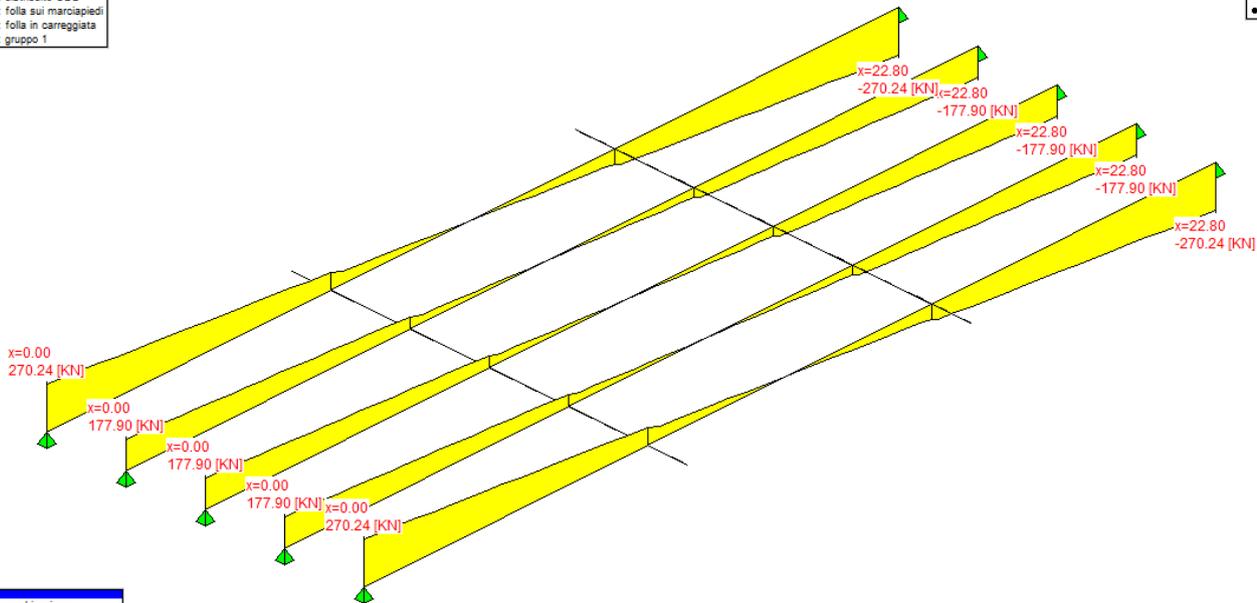
- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Frequente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Quasi permanente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.U. Sismica

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	62 di 189

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

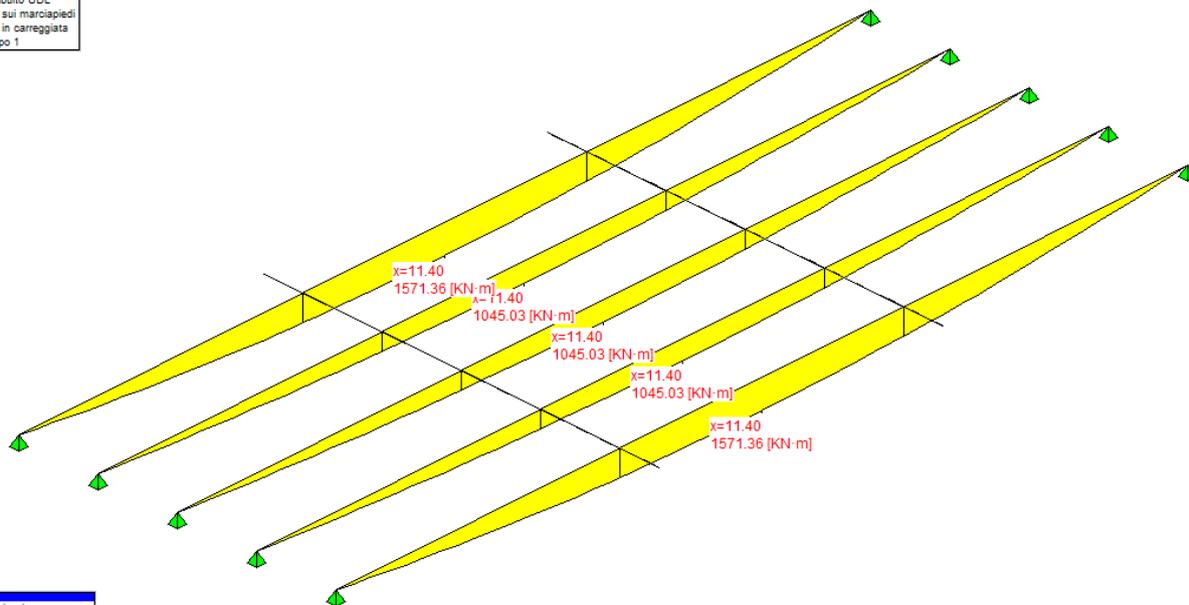
- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

8.9.1.2 Seconda fase - carichi permanenti

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	63 di 189

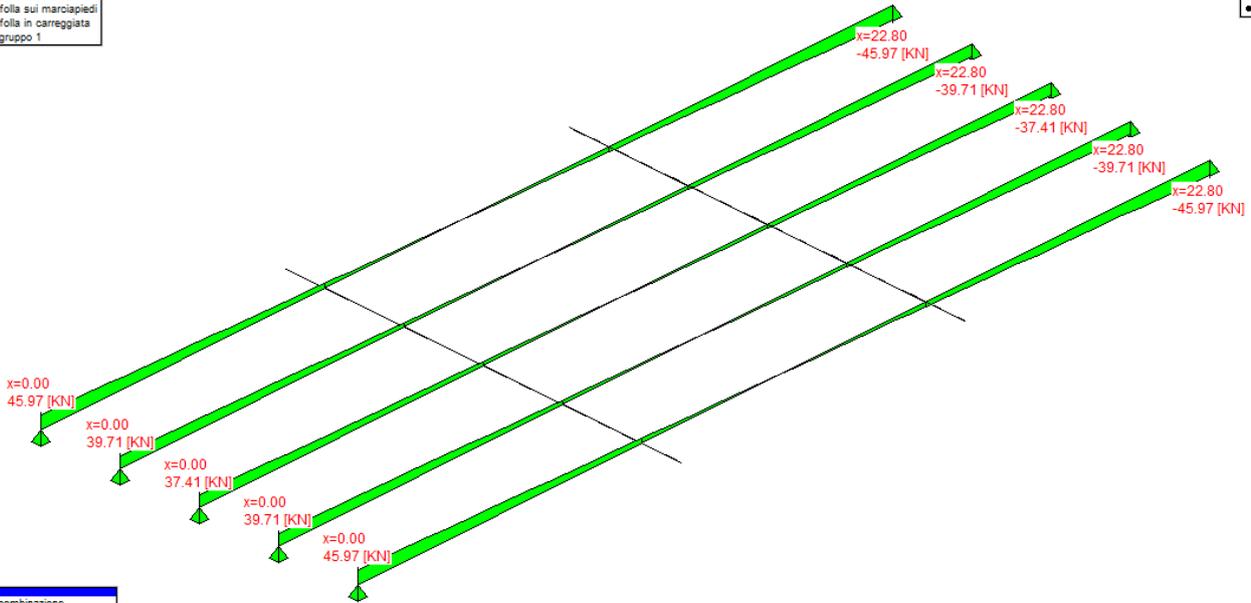
Sez.X	Descrizione	peso marciapiedi		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	45.97	-59.50
1.00		43.90	41.94	-58.36
2.00		83.79	37.91	-55.12
3.00		119.66	33.87	-50.11
4.00		151.53	29.84	-43.80
5.00		179.37	25.81	-36.75
6.00		203.21	21.78	-29.52
7.00		222.99	17.74	-22.59
8.00		238.67	13.71	-16.31
9.00		250.33	9.68	-10.79
10.00		257.98	5.65	-5.99
11.00		261.62	1.61	-1.67
11.40	mezzeria	262.05	0.00	0.00
12.00		261.25	-2.42	2.50
13.00		256.86	-6.45	6.89
14.00		248.38	-10.49	11.83
15.00		235.87	-14.52	17.50
16.00		219.28	-18.55	23.94
17.00		198.70	-22.58	30.96
18.00		174.12	-26.62	38.19
19.00		145.52	-30.65	45.15
20.00		112.91	-34.68	51.26
21.00		76.17	-38.71	55.94
22.00		35.40	-42.75	58.74
22.80	appoggio	0.00	-45.97	59.50

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	64 di 189

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

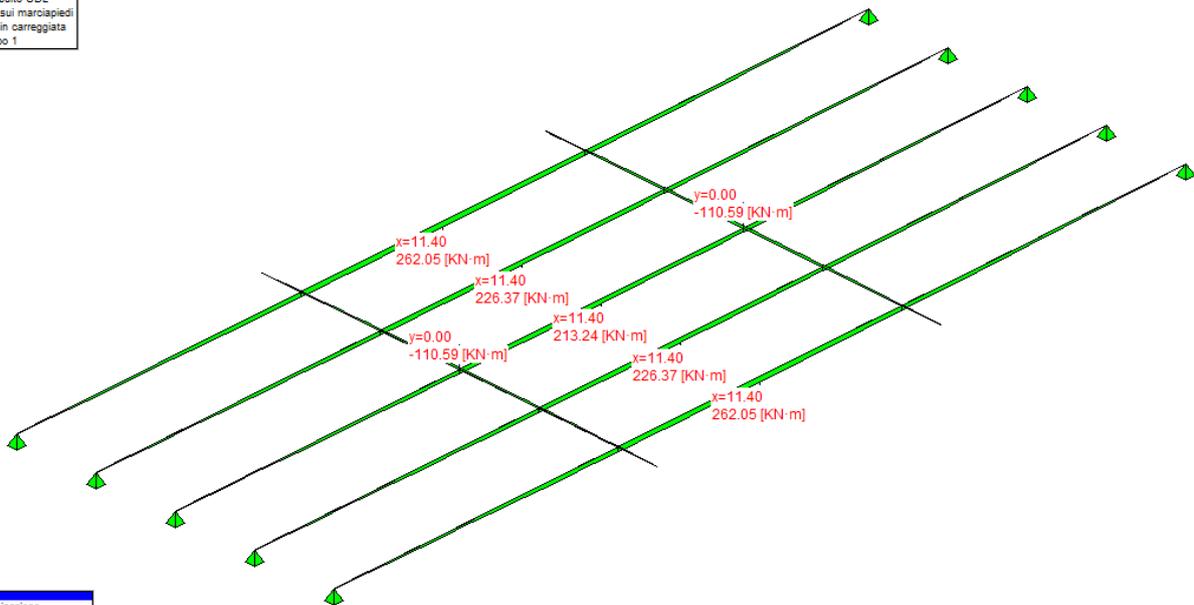
- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	65 di 189

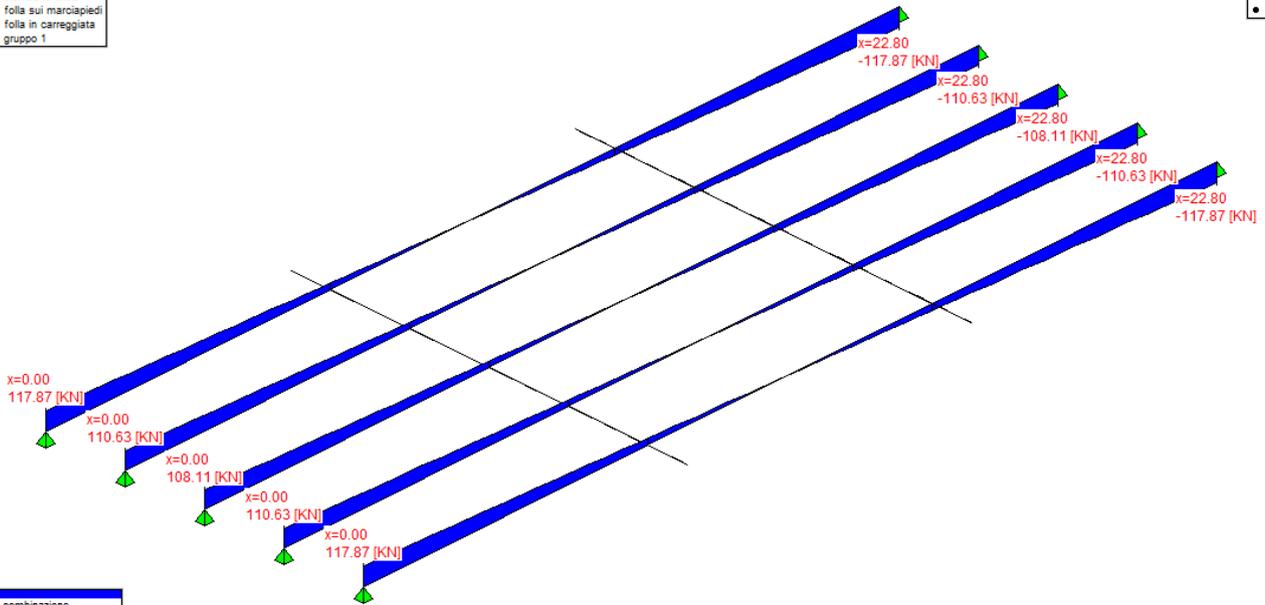
Sez.X	Descrizione	permanenti portati		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	117.87	-73.81
1.00		112.56	107.53	-72.35
2.00		214.83	97.19	-68.19
3.00		306.80	86.85	-61.78
4.00		388.49	76.51	-53.73
5.00		459.89	66.17	-44.78
6.00		521.00	55.83	-35.67
7.00		571.72	45.49	-27.03
8.00		611.92	35.15	-19.30
9.00		641.83	24.81	-12.64
10.00		661.44	14.48	-6.95
11.00		670.77	4.14	-1.93
11.40	mezzeria	671.86	0.00	0.00
12.00		669.81	-6.20	2.90
13.00		658.56	-16.54	8.01
14.00		636.82	-26.88	13.87
15.00		604.74	-37.22	20.76
16.00		562.20	-47.56	28.71
17.00		509.46	-57.90	37.48
18.00		446.42	-68.24	46.61
19.00		373.10	-78.58	55.45
20.00		289.48	-88.92	63.26
21.00		195.29	-99.26	69.24
22.00		90.76	-109.60	72.83
22.80	appoggio	0.00	-117.87	73.81

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	66 di 189

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folia sui marciapiedi
- Traffico: folia in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

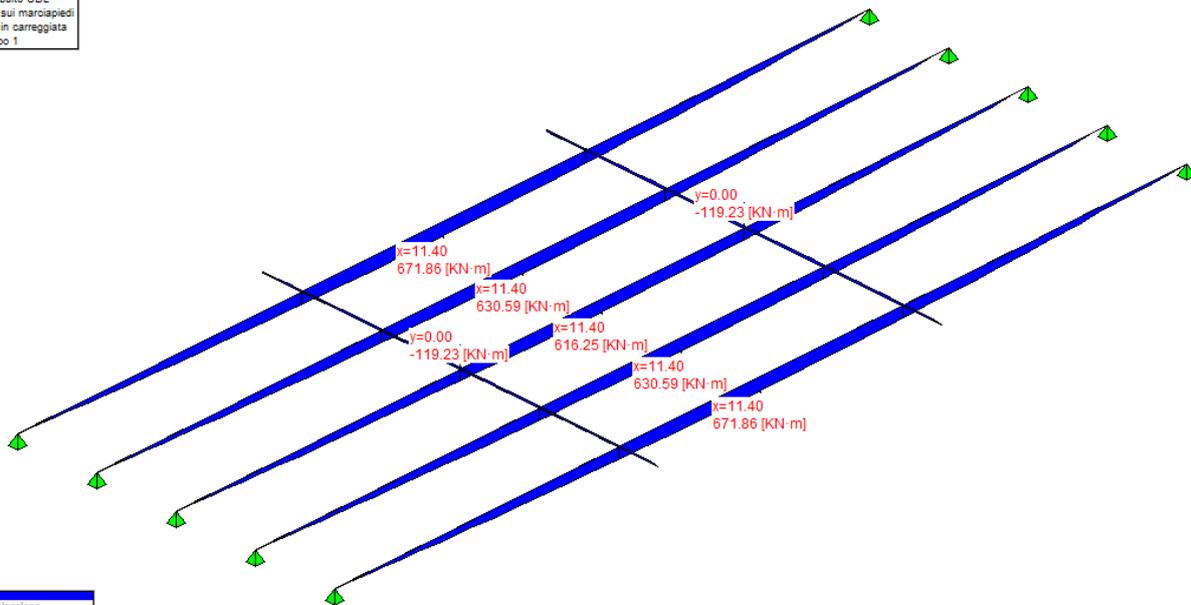
- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folia sui marciapiedi
- Traffico: folia in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

8.9.1.3 Seconda fase - carichi da traffico

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	67 di 189

Sez.X	Descrizione	Tandem-TS		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	240.21	7.98
1.00		229.09	229.39	20.02
2.00		436.65	218.57	28.11
3.00		622.66	207.75	25.95
4.00		787.15	196.93	10.14
5.00		930.09	186.11	-5.54
6.00		1051.50	175.29	-13.94
7.00		1151.17	164.47	-12.74
8.00		1228.81	153.65	-5.23
9.00		1284.91	142.83	2.49
10.00		1319.48	132.01	6.60
11.00		1332.51	121.19	6.10
11.40	mezzeria	1332.18	-116.86	5.62
12.00		1331.79	-123.35	-6.34
13.00		1314.74	-134.17	-6.04
14.00		1275.73	-144.99	-1.25
15.00		1215.09	-155.81	6.93
16.00		1132.54	-166.63	13.49
17.00		1028.64	-177.45	12.89
18.00		903.20	-188.27	2.79
19.00		756.22	-199.09	-13.61
20.00		587.71	-209.91	-28.61
21.00		397.05	-220.73	-26.94
22.00		184.77	-231.55	-17.82
22.80	appoggio	0.00	-240.21	-7.98

Sez.X	Descrizione	Distribuito-UDL		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	110.98	-3.21
1.00		105.98	101.47	-3.93
2.00		202.27	92.37	-5.62
3.00		288.88	83.71	-7.33
4.00		365.79	75.47	-8.05
5.00		433.02	67.65	-7.21
6.00		490.56	60.26	-4.93
7.00		538.31	53.30	-1.84
8.00		576.16	46.77	1.30
9.00		604.32	40.67	4.01
10.00		622.79	34.99	6.23
11.00		631.57	29.74	8.13
11.40	mezzeria	632.59	22.79	8.79
12.00		630.67	-30.75	-7.77
13.00		620.07	-36.08	-5.82
14.00		599.60	-41.85	-3.52
15.00		569.40	-48.04	-0.70
16.00		529.35	-54.66	2.48
17.00		479.68	-61.71	5.47
18.00		420.33	-69.18	7.51
19.00		351.29	-77.08	8.04
20.00		272.57	-85.40	7.06
21.00		183.88	-94.16	5.24
22.00		85.46	-103.34	3.69

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	69 di 189

Sez.X	Descrizione	Distribuito-UDL		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
22.80	appoggio	0.00	-110.98	3.21

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	40.14	-53.78
1.00		38.33	36.62	-52.74
2.00		73.16	33.10	-49.81
3.00		104.48	29.58	-45.28
4.00		132.30	26.06	-39.58
5.00		156.62	22.53	-33.20
6.00		177.43	19.01	-26.67
7.00		194.70	15.49	-20.40
8.00		208.39	11.97	-14.73
9.00		218.57	8.45	-9.75
10.00		225.25	4.93	-5.41
11.00		228.43	1.41	-1.50
11.40	mezzeria	228.80	0.00	0.00
12.00		228.10	-2.11	2.26
13.00		224.27	-5.63	6.22
14.00		216.87	-9.15	10.68
15.00		205.94	-12.68	15.80
16.00		191.46	-16.20	21.63
17.00		173.49	-19.72	27.97
18.00		152.03	-23.24	34.51
19.00		127.06	-26.76	40.80

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	70 di 189

Sez.X	Descrizione	Folla marciapiedi		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
20.00		98.58	-30.28	46.33
21.00		66.50	-33.80	50.55
22.00		30.91	-37.32	53.09
22.80	appoggio	0.00	-40.14	53.78

Sez.X		gruppo1 (tab. 5.1.IV)		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	371.26	-22.12
1.00		354.24	349.16	-10.28
2.00		675.50	327.49	-2.42
3.00		963.78	306.25	-4.02
4.00		1219.09	285.42	-17.70
5.00		1441.42	265.03	-29.36
6.00		1630.77	245.05	-32.21
7.00		1786.83	225.51	-24.78
8.00		1909.17	206.40	-11.29
9.00		1998.52	187.72	1.63
10.00		2054.90	169.46	10.13
11.00		2078.30	151.63	13.49
11.40	mezzeria	2079.18	-94.07	14.41
12.00		2076.51	-155.16	-12.98
13.00		2046.94	-173.07	-8.76
14.00		1983.77	-191.42	0.58
15.00		1887.46	-210.19	14.13
16.00		1757.61	-229.39	26.79

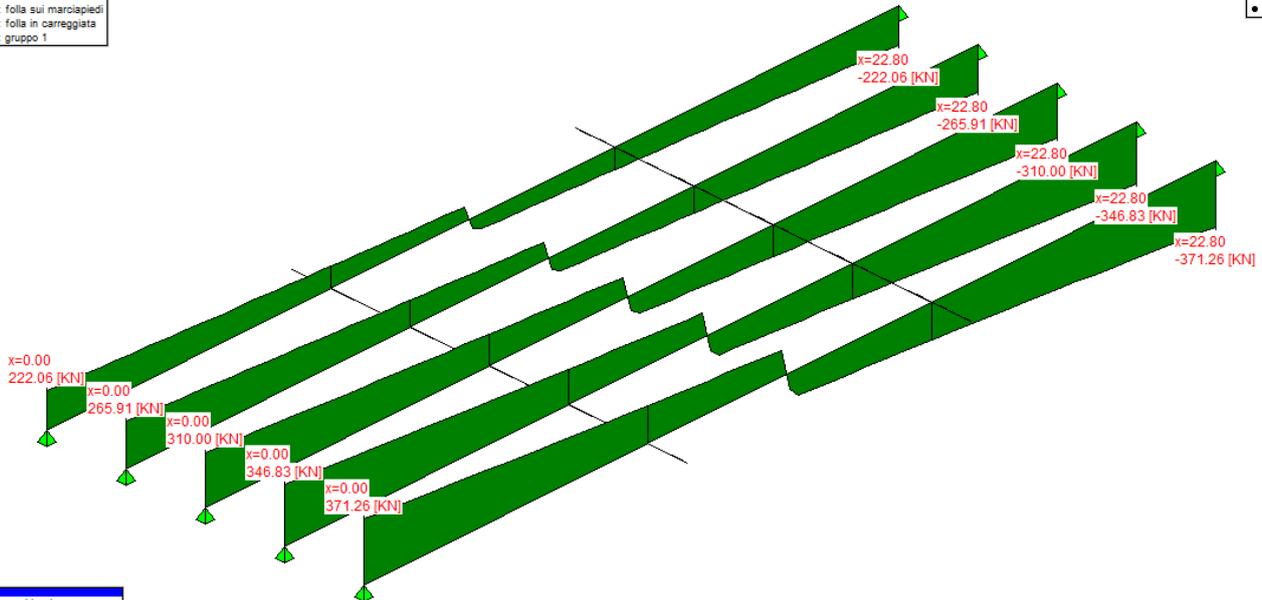
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	71 di 189

Sez.X		gruppo1 (tab. 5.1.IV)		
		M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
17.00		1595.07	-249.02	32.35
18.00		1399.55	-269.07	27.55
19.00		1171.05	-289.55	14.83
20.00		909.57	-310.45	1.62
21.00		614.18	-331.79	3.58
22.00		285.68	-353.55	12.42
22.80	appoggio	0.00	-371.26	22.12

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folia sui marciapiedi
- Traffico: folia in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

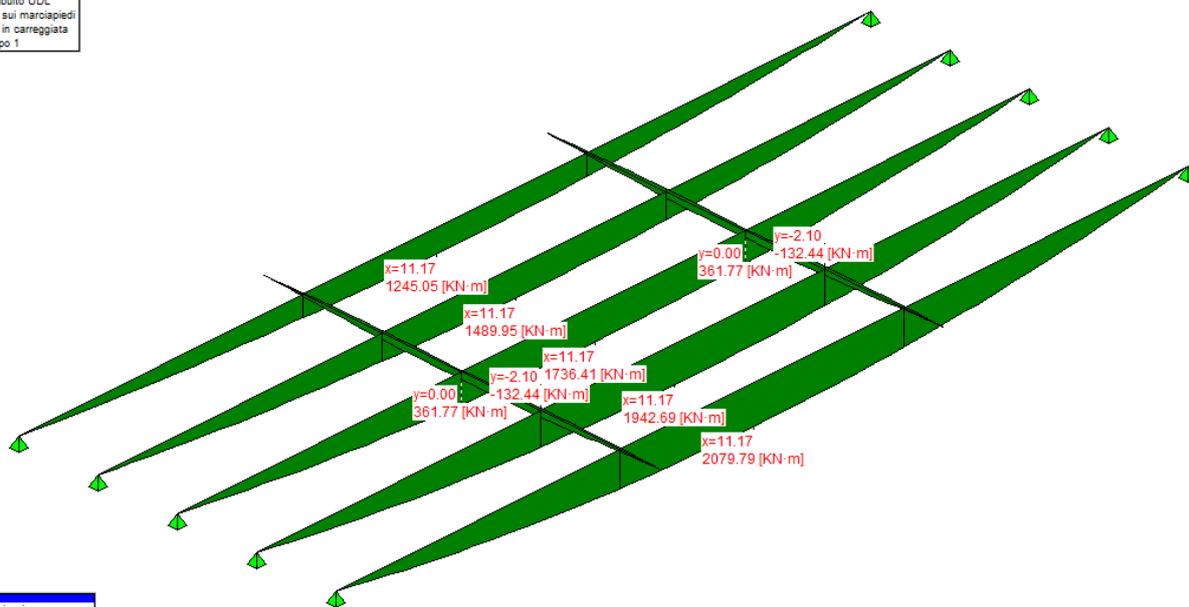
- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folia sui marciapiedi
- Traffico: folia in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

## 8.9.2 Valori di combinazione

### 8.9.2.1 Combinazioni SLU

#### 8.9.2.1.1 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	284.47
1.00		267.31	252.34
2.00		507.20	227.97
3.00		722.94	203.72
4.00		914.55	179.47

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	73 di 189

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]
5.00		1082.02	155.21
6.00		1225.36	130.96
7.00		1344.34	106.71
8.00		1438.62	82.46
9.00		1508.77	58.21
10.00		1554.78	33.95
11.00		1576.66	9.70
11.40	mezzeria	1579.21	0.00
12.00		1574.41	-14.55
13.00		1548.01	-38.80
14.00		1497.02	-63.06
15.00		1421.79	-87.31
16.00		1322.00	-111.56
17.00		1198.28	-135.81
18.00		1050.43	-160.06
19.00		878.44	-184.32
20.00		682.32	-208.57
21.00		461.37	-232.82
22.00		216.00	-258.22
22.80	appoggio	0.00	-284.47

### 8.9.2.1.2 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	649.29
1.00		616.69	587.10
2.00		1176.03	532.66
3.00		1681.30	478.33
4.00		2132.50	424.01
5.00		2529.65	369.68
6.00		2872.74	315.36
7.00		3161.24	261.04
8.00		3385.64	184.70
9.00		3542.77	130.38
10.00		3645.84	76.05
11.00		3694.85	21.73
11.40	mezzeria	3700.55	0.00
12.00		3689.79	-32.59
13.00		3630.68	-86.92
14.00		3516.47	-141.24
15.00		3347.93	-195.56
16.00		3106.80	-271.90
17.00		2807.67	-326.23
18.00		2454.47	-380.55
19.00		2047.22	-434.87
20.00		1585.90	-489.20
21.00		1068.97	-543.52
22.00		497.58	-598.99

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	75 di 189

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]
22.80	appoggio	0.00	-649.29

### 8.9.2.1.3 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	1389.36	-220.91
1.00		1323.01	1276.38	-201.18
2.00		2523.30	1171.73	-179.96
3.00		3604.15	1067.77	-165.74
4.00		4565.57	964.38	-163.61
5.00		5407.56	861.57	-156.42
6.00		6130.11	759.33	-136.84
7.00		6732.09	657.67	-104.48
8.00		7203.10	534.59	-66.21
9.00		7541.47	434.09	-33.53
10.00		7760.40	334.16	-18.51
11.00		7859.90	234.81	16.54
11.40	mezzeria	7868.99	-127.00	19.45
12.00		7850.48	-254.63	-15.02
13.00		7728.65	-354.09	21.32

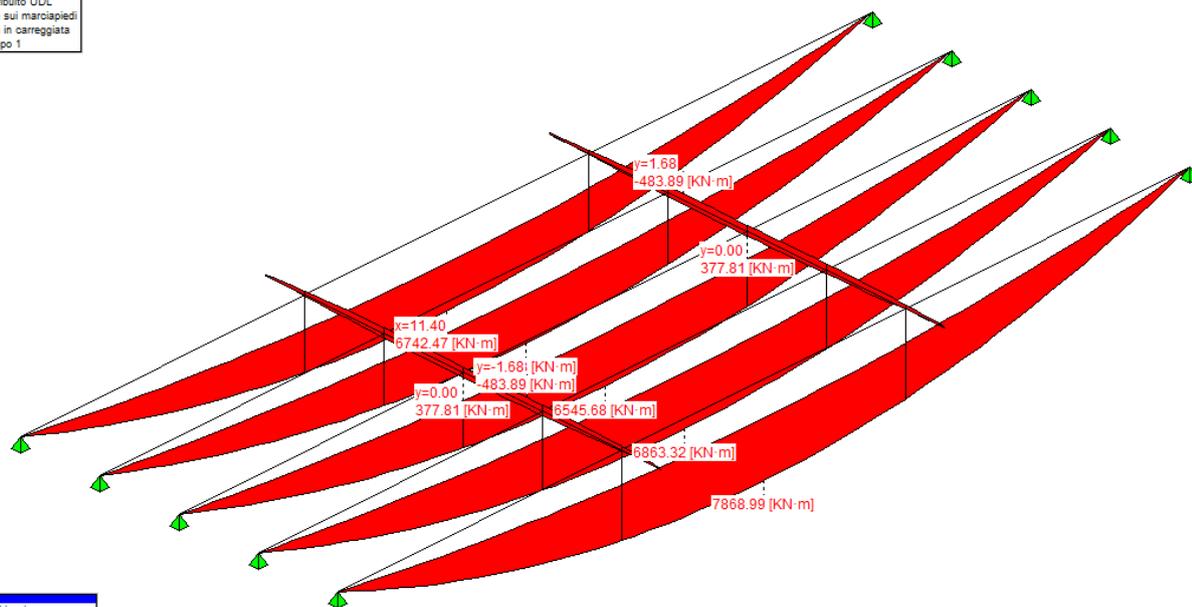
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	76 di 189

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
14.00		7485.10	-454.13	37.55
15.00		7121.55	-554.75	73.84
16.00		6618.90	-677.97	111.55
17.00		5993.44	-779.74	141.68
18.00		5248.55	-882.09	158.66
19.00		4384.23	-985.01	164.14
20.00		3400.47	-1088.50	166.28
21.00		2293.87	-1192.59	184.21
22.00		1067.18	-1298.39	205.31
22.80	appoggio	0.00	-1389.36	220.91

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

### 8.9.3 Combinazioni SLE

#### 8.9.3.1.1 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	210.72
1.00		198.01	186.92
2.00		375.70	168.87
3.00		535.51	150.90
4.00		677.44	132.94
5.00		801.50	114.97
6.00		907.68	97.01
7.00		995.80	79.04
8.00		1065.65	61.08
9.00		1117.61	43.12
10.00		1151.69	25.15
11.00		1167.90	7.19
11.40	mezzeria	1169.78	0.00
12.00		1166.23	-10.78
13.00		1146.68	-28.74
14.00		1108.91	-46.71
15.00		1053.17	-64.67
16.00		979.26	-82.64
17.00		887.61	-100.60
18.00		778.09	-118.57
19.00		650.70	-136.53
20.00		505.42	-154.50

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	78 di 189

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]
21.00		341.75	-172.46
22.00		160.00	-191.27
22.80	appoggio	0.00	-210.72

### 8.9.3.1.2 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	480.96
1.00		456.81	434.89
2.00		871.13	394.56
3.00		1245.40	354.32
4.00		1579.63	314.08
5.00		1873.82	273.84
6.00		2127.95	233.60
7.00		2341.66	193.36
8.00		2507.88	136.81
9.00		2624.28	96.58
10.00		2700.62	56.34
11.00		2736.93	16.10
11.40	mezzeria	2741.15	0.00
12.00		2733.18	-24.14
13.00		2689.39	-64.38
14.00		2604.79	-104.62
15.00		2479.95	-144.86
16.00		2301.33	-201.41
17.00		2079.75	-241.65
18.00		1818.13	-281.89

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	79 di 189

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]
19.00		1516.46	-322.13
20.00		1174.74	-362.37
21.00		791.83	-402.61
22.00		368.58	-443.69
22.80	appoggio	0.00	-480.96

### 8.9.3.1.3 Seconda fase - combinazione Caratteristica (Rara)

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

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
0.00	appoggio	0.00	535.10	-133.31
1.00		510.70	498.63	-130.70
2.00		974.11	462.59	-123.31
3.00		1390.25	426.97	-111.88
4.00		1759.11	391.78	-97.53
5.00		2080.68	357.01	-81.53
6.00		2354.98	322.66	-65.19
7.00		2581.55	288.75	-49.62
8.00		2759.75	255.27	-35.61
9.00		2890.68	222.21	-21.81
10.00		2974.33	189.58	-2.81
11.00		3010.69	157.38	9.89
11.40	mezzeria	3013.08	-94.07	14.41
12.00		3007.57	-163.78	5.40
13.00		2962.36	-196.07	14.90
14.00		2868.97	-228.78	26.27
15.00		2728.07	-261.93	52.39
16.00		2539.09	-295.51	79.44
17.00		2303.23	-329.51	100.79

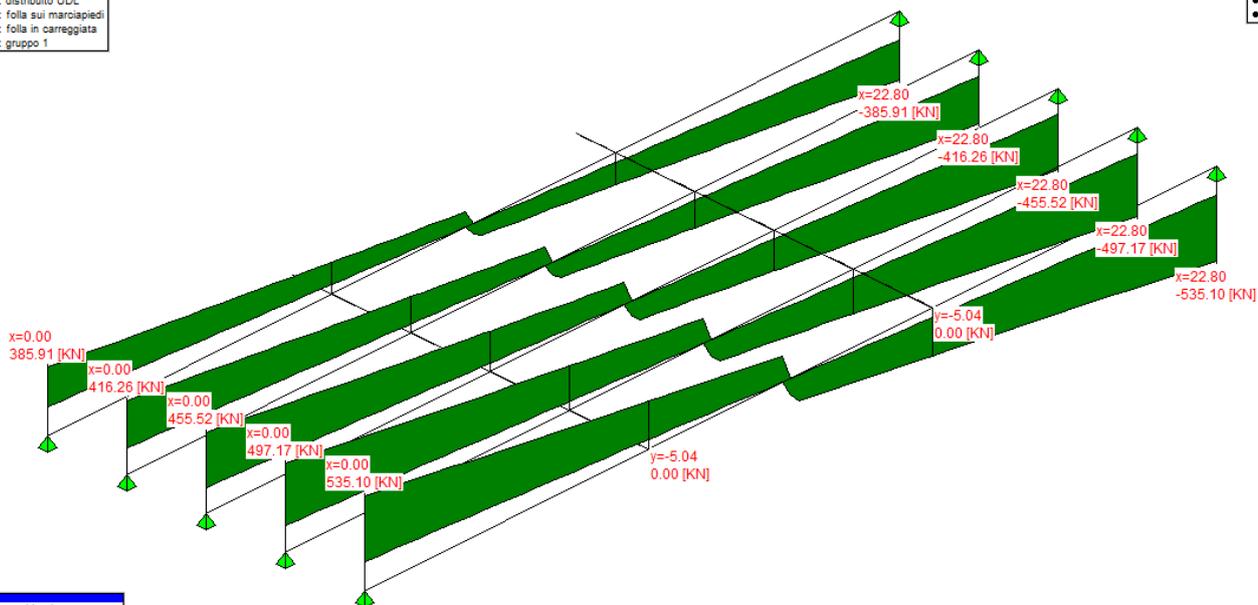
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	80 di 189

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
18.00		2020.09	-363.93	112.35
19.00		1689.67	-398.78	115.43
20.00		1311.97	-434.05	116.14
21.00		885.63	-469.76	128.76
22.00		411.84	-505.90	143.99
22.80	appoggio	0.00	-535.10	155.43

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

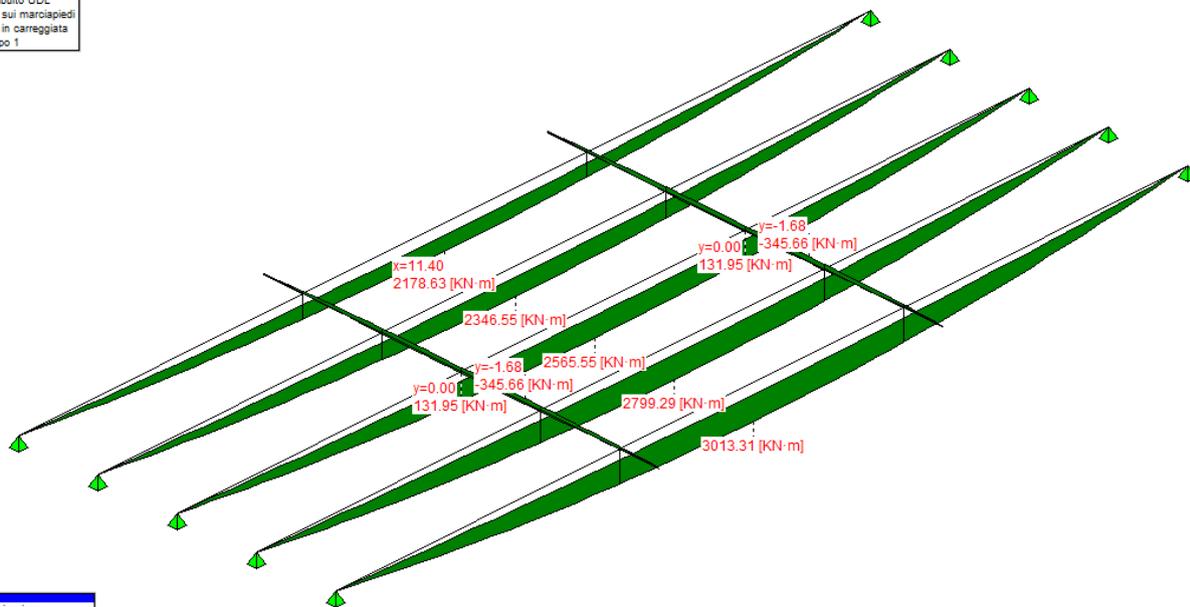
- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folia sui marciapiedi
- Traffico: folia in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Frequente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Quasi permanente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.U. Sismica

### 8.9.3.1.4 Seconda fase - combinazione Frequente

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

Sez.X	Descrizione	M [kN·m]	V [kN]	T [kN·m]
0.00	appoggio	0.00	408.46	-133.31
1.00		389.84	380.41	-130.70
2.00		743.59	352.52	-123.31
3.00		1061.26	324.81	-111.88
4.00		1342.85	297.26	-97.53
5.00		1588.35	269.89	-81.53
6.00		1797.77	242.69	-65.19
7.00		1970.77	215.65	-49.62
8.00		2106.86	188.79	-35.61
9.00		2206.86	162.11	-23.43
10.00		2270.78	135.59	-8.20
11.00		2298.62	109.24	3.49
11.40	mezzeria	2300.48	-78.53	7.73

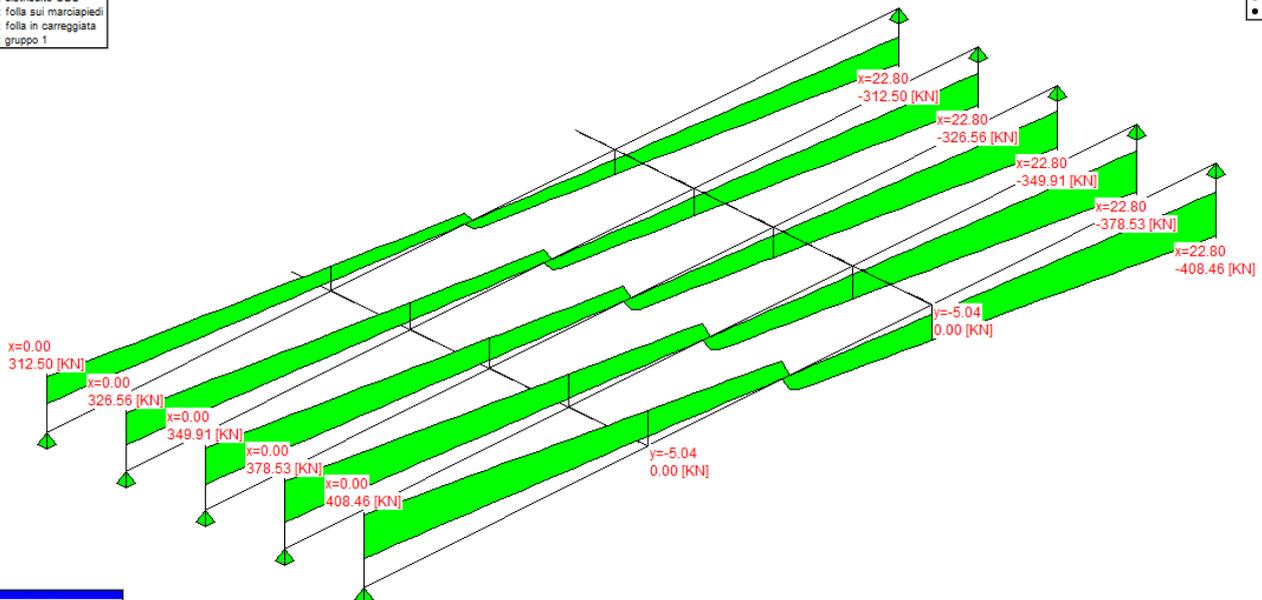
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOLGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	82 di 189

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
12.00		2296.22	-114.49	5.40
13.00		2261.63	-140.87	14.90
14.00		2190.27	-167.43	28.70
15.00		2082.66	-194.15	51.08
16.00		1938.35	-221.05	74.58
17.00		1758.26	-248.12	94.28
18.00		1542.09	-275.35	107.15
19.00		1289.83	-302.76	114.01
20.00		1001.50	-330.33	119.05
21.00		676.05	-358.09	132.34
22.00		314.37	-386.01	146.22
22.80	appoggio	0.00	-408.46	155.50

- peso trave
- peso soletta-traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

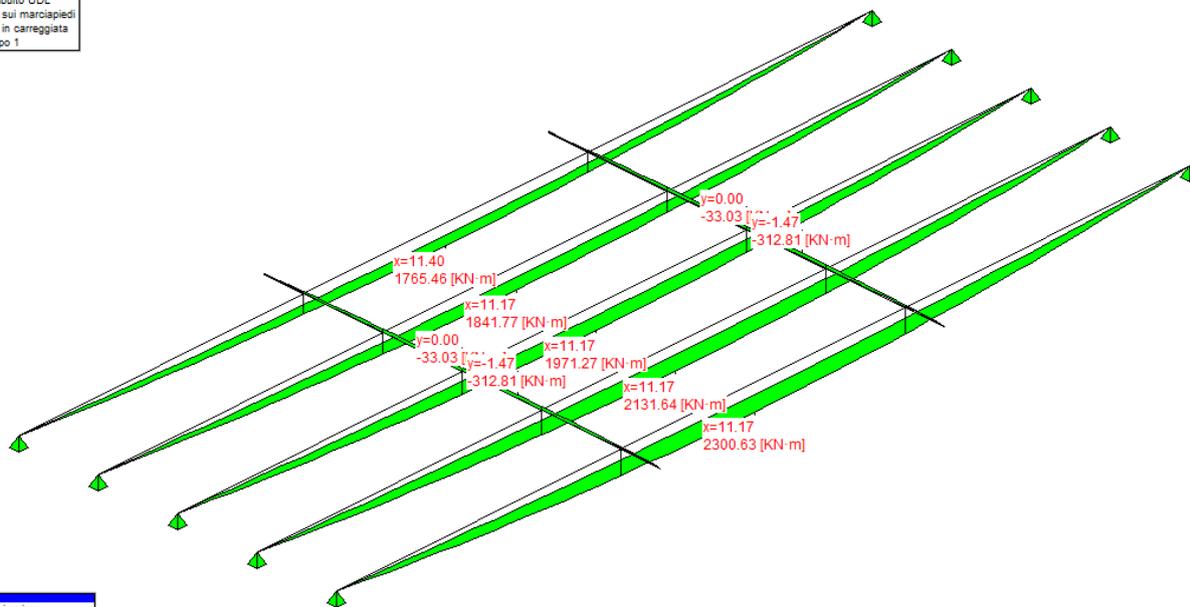
- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folia sui marciapiedi
- Traffico: folia in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Frequente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Quasi permanente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.U. Sismica

### 8.9.3.1.5 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	183.91	-133.31
1.00		175.62	167.78	-130.70
2.00		335.19	151.65	-123.31
3.00		478.71	135.51	-111.88
4.00		606.17	119.38	-97.53
5.00		717.57	103.25	-81.53
6.00		812.92	87.12	-65.19
7.00		892.06	70.98	-49.62
8.00		954.78	54.85	-35.61
9.00		1001.45	38.72	-23.43
10.00		1032.06	22.59	-12.94
11.00		1046.61	6.45	-3.59
11.40	mezzeria	1048.30	0.00	0.00

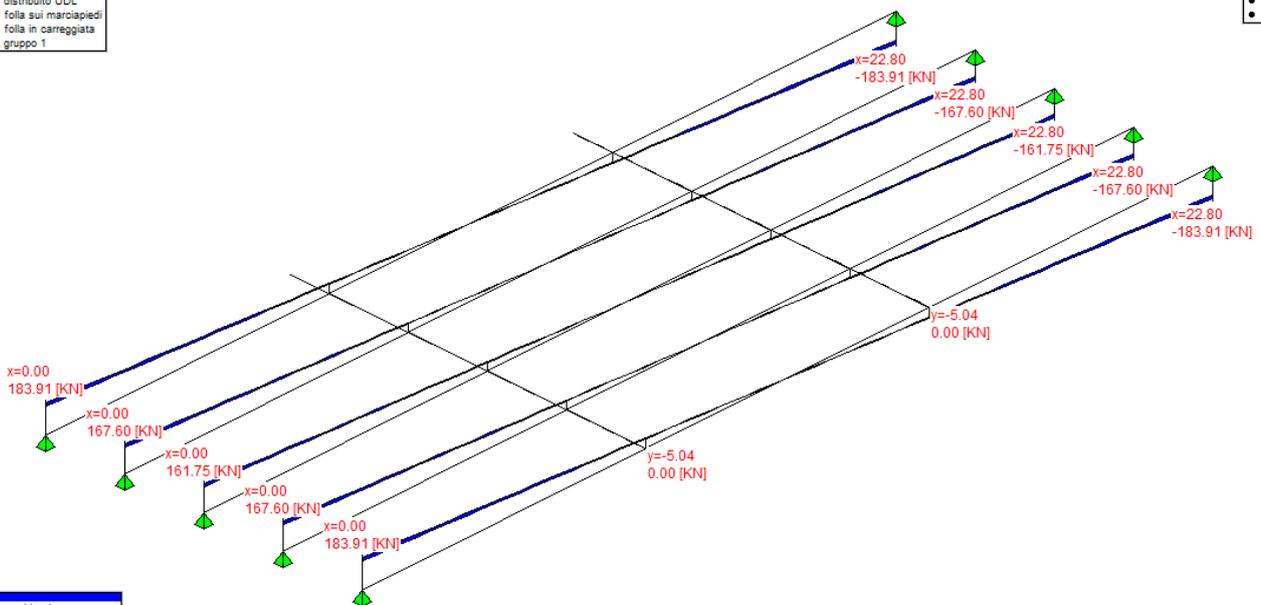
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	84 di 189

Sez.X	Descrizione	M [KN·m]	V [KN]	T [KN·m]
12.00		1045.11	-9.68	6.53
13.00		1027.55	-25.81	18.01
14.00		993.63	-41.94	31.04
15.00		943.58	-58.08	46.16
16.00		877.20	-74.21	63.47
17.00		794.91	-90.34	82.42
18.00		696.55	-106.48	102.05
19.00		582.15	-122.61	121.00
20.00		451.69	-138.74	137.69
21.00		304.71	-154.87	150.45
22.00		141.62	-171.01	158.11
22.80	appoggio	0.00	-183.91	160.20

- peso trave
- peso soletta-traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



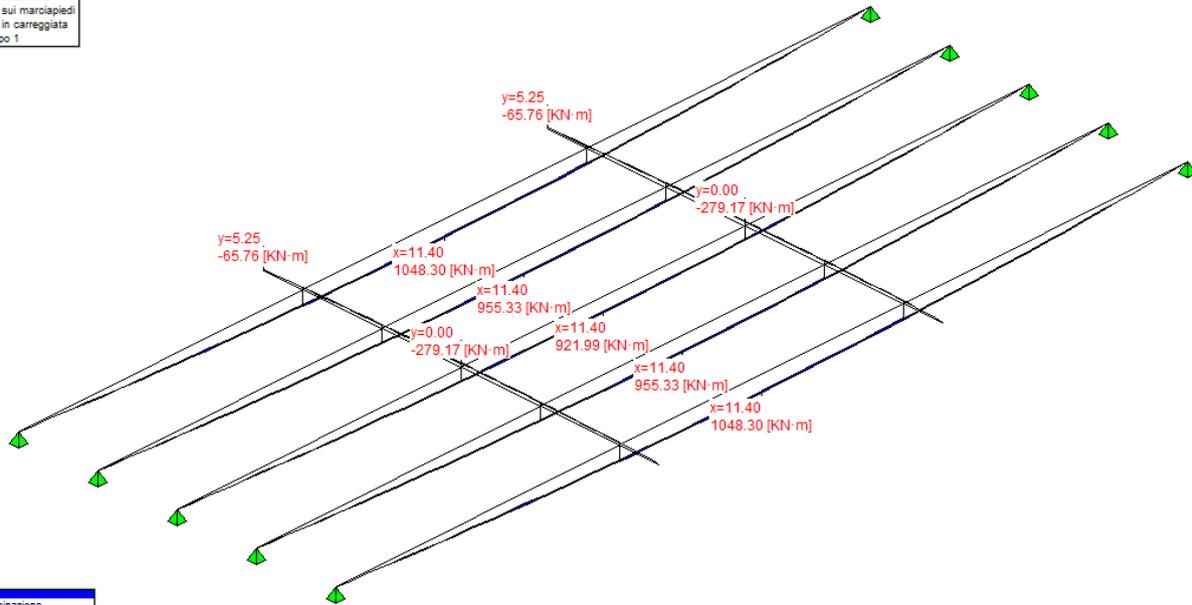
- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	85 di 189

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folia sui marciapiedi
- Traffico: folia in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Frequente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Quasi permanente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.U. Sismica

## 8.10 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.

### 8.10.1 Valori caratteristici momenti flettenti

#### 8.10.1.1 Carichi permanenti

Sez.	Descrizione	peso cordoli [KN·m]	Perm Portati [KN·m]
-5.25	estremità dx	-9.89	-75.19
-5.00		-11.53	-73.25
-4.50		-35.58	-84.70
-4.00		-56.12	-97.16
-3.50		-73.33	-106.92
-3.00		-87.68	-114.99
-2.50		-99.41	-121.54
-2.00		-108.66	-126.68
-1.50		-115.72	-130.59
-1.00		-120.64	-133.30
-0.50		-123.55	-134.89
0.00	asse travi	-124.56	-135.45
0.50		-123.55	-134.89
1.00		-120.64	-133.30
1.50		-115.72	-130.59
2.00		-108.66	-126.68
2.50		-99.41	-121.54
3.00		-87.68	-114.99
3.50		-73.33	-106.92
4.00		-56.12	-97.16
4.50		-35.58	-84.70

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	87 di 189

Sez.	Descrizione	peso cordoli [KN·m]	Perm Portati [KN·m]
5.00		-11.53	-73.25
5.25	estremità sx	0.00	-65.48

### 8.10.1.2 Carichi da traffico

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-5.25	estremità dx	6.18	-8.01
-5.00		7.46	-8.91
-4.50		30.96	-21.88
-4.00		65.94	-33.05
-3.50		110.44	-41.74
-3.00		136.05	-47.54
-2.50		114.16	-50.06
-2.00		136.15	-48.77
-1.50		150.05	-43.34
-1.00		152.42	-32.99
-0.50		160.96	-17.13
0.00	asse travi	163.94	4.86
0.50		160.96	-17.13
1.00		152.42	-32.99
1.50		150.05	-43.34
2.00		136.15	-48.77
2.50		114.16	-50.06
3.00		105.31	-47.54
3.50		106.29	-41.74

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	88 di 189

Sez.	Descrizione	Tandem-TS	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
4.00		65.94	-33.05
4.50		30.96	-21.88
5.00		7.46	-8.91
5.25	estremità sx	0.00	0.00

Sez.	Descrizione	Distribuito-UDL	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-5.25	estremità dx	3.99	-5.51
-5.00		4.86	-10.44
-4.50		20.99	-19.29
-4.00		45.71	-26.05
-3.50		77.78	-34.06
-3.00		97.67	-37.65
-2.50		178.78	-39.69
-2.00		197.71	-38.53
-1.50		210.32	-35.09
-1.00		218.13	-26.71
-0.50		224.40	-19.29
0.00	asse travi	226.58	-14.07
0.50		224.40	-23.49
1.00		218.13	-29.10
1.50		210.32	-37.11
2.00		197.71	-39.38
2.50		178.78	-39.48
3.00		124.22	-36.06

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	89 di 189

Sez.	Descrizione	Distribuito-UDL	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
3.50		79.66	-31.67
4.00		45.71	-22.92
4.50		20.99	-14.79
5.00		4.86	-5.51
5.25	estremità sx	0.00	0.00

Sez.	Descrizione	Folla Marciapiedi	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-5.25	estremità dx	0.00	-13.11
-5.00		0.00	-22.25
-4.50		0.00	-38.81
-4.00		0.00	-53.24
-3.50		0.00	-71.31
-3.00		0.00	-81.19
-2.50		0.00	-93.09
-2.00		0.00	-99.24
-1.50		0.00	-104.06
-1.00		0.00	-108.94
-0.50		0.00	-110.69
0.00	asse travi	0.00	-111.12
0.50		0.00	-109.96
1.00		0.00	-107.61
1.50		0.00	-101.81
2.00		0.00	-96.34
2.50		0.00	-89.49

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	90 di 189

Sez.	Descrizione	Folla Marciapiedi	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
3.00		0.00	-76.45
3.50		0.00	-65.74
4.00		0.00	-46.28
4.50		0.00	-30.81
5.00		0.00	-13.11
5.25	estremità sx	0.00	-3.35

Sez.	Descrizione	gruppo 1 (tab.5.1.IV)	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-5.25	estremità dx	10.18	-20.58
-5.00		12.32	-22.78
-4.50		51.95	-56.93
-4.00		111.65	-85.41
-3.50		188.22	-108.01
-3.00		233.72	-124.65
-2.50		292.94	-134.49
-2.00		333.86	-136.60
-1.50		360.36	-130.58
-1.00		370.55	-115.49
-0.50		385.36	-93.22
0.00	asse travi	390.53	-58.57
0.50		385.36	-93.22
1.00		370.55	-115.49
1.50		360.36	-130.58
2.00		333.86	-136.60

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	91 di 189

Sez.	Descrizione	gruppo 1 (tab.5.1.IV)	
		Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
2.50		292.94	-134.49
3.00		229.53	-124.65
3.50		185.95	-108.01
4.00		111.65	-85.41
4.50		51.95	-56.93
5.00		12.32	-22.78
5.25	estremità sx	0.00	-1.68

### 8.10.2 Valori di combinazione

Nelle combinazioni seguenti vengono sommati effetti globali ed effetti locali.

Nei grafici sono riportati solo gli effetti globali.

#### 8.10.2.1 Stati Limite Ultimi

##### 8.10.2.1.1 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]
-5.25	estremità dx	1.21	-103.42
-5.00		5.10	-156.20
-4.50		34.56	-251.94
-4.00		94.61	-336.79
-3.50		180.77	-405.18
-3.00		227.85	-459.13

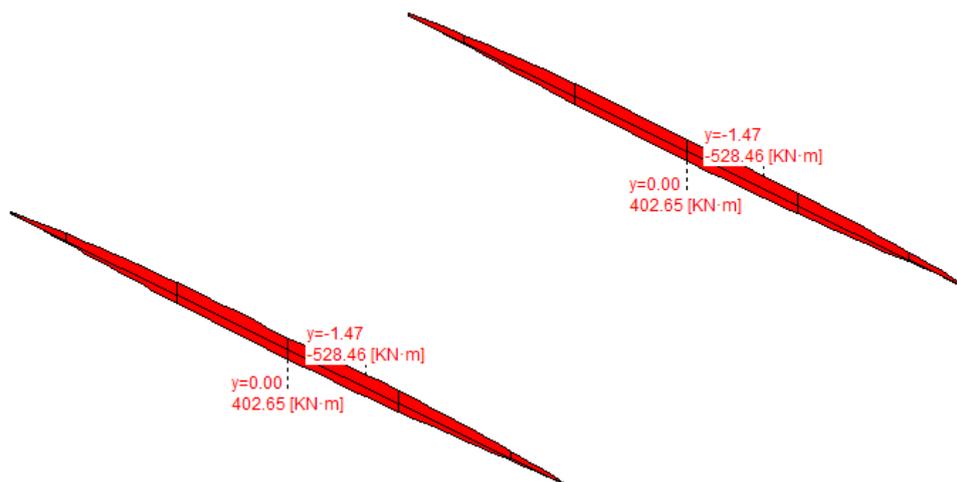
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	92 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-2.50		296.06	-498.08
-2.00		342.05	-521.12
-1.50		370.77	-528.39
-1.00		379.61	-518.72
-0.50		396.68	-494.98
0.00	asse travi	402.65	-450.39
0.50		396.68	-494.98
1.00		379.61	-518.72
1.50		370.77	-528.39
2.00		342.05	-521.12
2.50		296.06	-498.08
3.00		222.19	-459.13
3.50		177.71	-405.18
4.00		94.61	-336.79
4.50		34.56	-251.94
5.00		5.10	-156.20
5.25	estremità sx	0.00	-100.48

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica



- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi

### 8.10.2.2 Stati Limite di Esercizio

#### 8.10.2.2.1 Combinazioni Rare

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

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-5.25	estremità dx	-65.36	-69.21
-5.00		-72.46	-107.57
-4.50		-68.33	-177.21
-4.00		-41.63	-238.68
-3.50		7.98	-288.25
-3.00		31.05	-327.32
-2.50		71.99	-355.44
-2.00		98.52	-371.94
-1.50		114.06	-376.89
-1.00		116.62	-369.42
-0.50		126.91	-351.67
0.00	asse travi	130.52	-318.57
0.50		126.91	-351.67
1.00		116.62	-369.42
1.50		114.06	-376.89
2.00		98.52	-371.94
2.50		71.99	-355.44
3.00		26.86	-327.32
3.50		5.71	-288.25
4.00		-41.63	-238.68
4.50		-68.33	-177.21
5.00		-72.46	-107.57

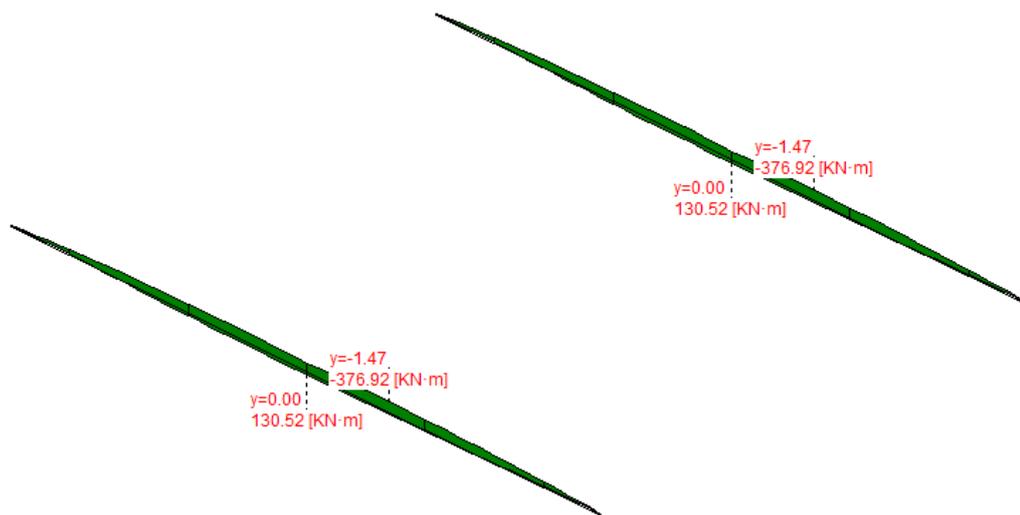
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	94 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
5.25	estremità sx	-65.48	-67.15

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

### 8.10.2.2.2 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]
-5.25	estremità dx	-65.36	-68.54
-5.00		-77.24	-101.47
-4.50		-88.66	-161.33
-4.00		-85.54	-214.88
-3.50		-66.30	-258.33
-3.00		-61.56	-293.12
-2.50		-63.82	-319.22
-2.00		-54.14	-336.37
-1.50		-49.65	-344.83
-1.00		-52.37	-344.06
-0.50		-47.97	-334.85
0.00	asse travi	-46.41	-315.11

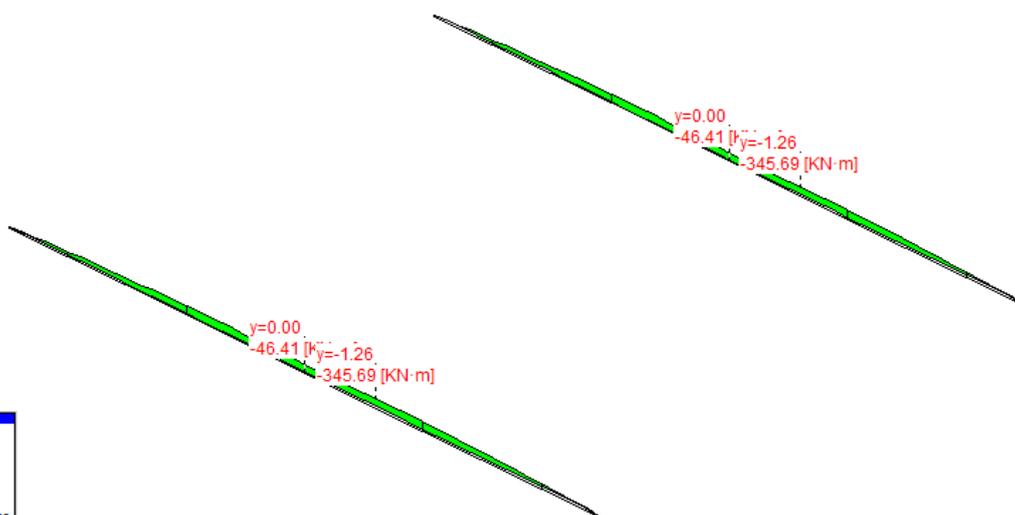
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	95 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
0.50		-47.97	-334.85
1.00		-52.37	-344.06
1.50		-49.65	-344.83
2.00		-54.14	-336.37
2.50		-63.82	-319.22
3.00		-74.00	-293.12
3.50		-68.66	-258.33
4.00		-85.54	-214.88
4.50		-88.66	-161.33
5.00		-77.24	-101.47
5.25	estremità sx	-65.48	-67.15

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi



- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ªfase
- S.L.E. Frequente 2ªfase
- S.L.E. Quasi permanente 2ªfase
- S.L.U. Sismica

### 8.10.2.2.3 Combinazioni Quasi Permanenti

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

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-5.25	estremità dx	-65.36	-67.34

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	96 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
-5.00		-84.78	-92.20
-4.50		-120.28	-137.97
-4.00		-153.28	-179.73
-3.50		-180.25	-214.04
-3.00		-202.67	-242.59
-2.50		-220.95	-265.87
-2.00		-235.34	-284.20
-1.50		-246.31	-298.18
-1.00		-253.94	-307.90
-0.50		-258.45	-313.65
0.00	asse travi	-260.01	-315.64
0.50		-258.45	-313.65
1.00		-253.94	-307.90
1.50		-246.31	-298.18
2.00		-235.34	-284.20
2.50		-220.95	-265.87
3.00		-202.67	-242.59
3.50		-180.25	-214.04
4.00		-153.28	-179.73
4.50		-120.28	-137.97
5.00		-84.78	-92.20
5.25	estremità sx	-65.48	-67.15

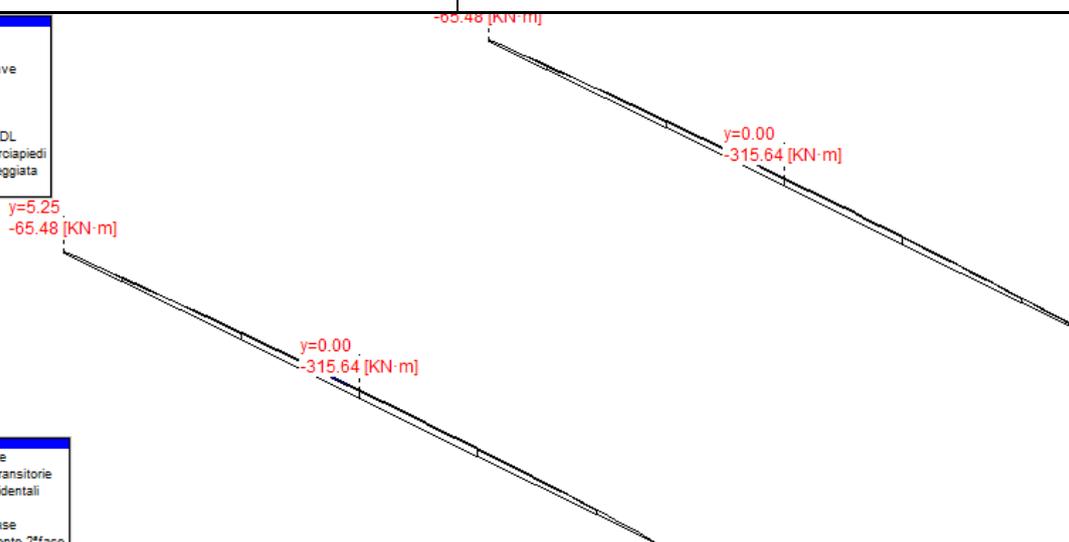
IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	97 di 189

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi

- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Frequente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.E. Quasi permanente 2<sup>a</sup> fase
- S.L.U. Sismica



## 8.11 Sollecitazioni sulla soletta

### 8.11.1 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), più Delta\_g\_soletta (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. In ragione della geometria dell'impalcato si può assumere che l'urto del veicolo in svio non interessi lo sbalzo laterale.

A favore di sicurezza si considerano i carichi puntuali applicati all'estremità dello sbalzo e la folla distribuita su tutta la luce.

Luce Soletta	1.25
Carico per ruota - schema 2	200.00
Interasse ruote	2.00

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	98 di 189

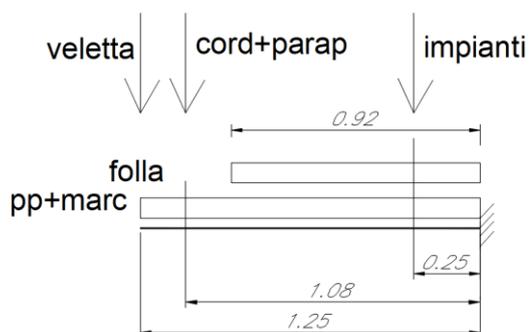
Dimensioni impronta ruota LX x BY	0.35x0.60
Larghezza impronta a metà spessore soletta	1.00
Lunghezza influenza	2.00

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

	M max	M min
effetto locale permanenti strutturali	1.32	-0.88
effetto locale permanenti non strutturali	0.60	-0.40
effetto locale LM2	12.60	-12.29

Sbalzo:

$L_{\text{calcolo}} = 1.25 \text{ m}$



	Carico	Tmax	M min
permanenti strutturali	$(0.27+0.15) \times 25 = 10.5 \text{ kN/m/m}$	13.13	-8.20
permanenti non strutturali – parapetto + cordolo	1.82 kN/m (braccio = 1.09m)	1.82	-1.98
permanenti non strutturali – veletta	4.74 kN/m (braccio = 1.25m)	4.74	-5.93
permanenti non strutturali – impianti	1.00 kN/m (braccio = 0.25m)	1.00	-0.25
folla (5kN/mq)	5 kN/m (l = 0.92m)	4.60	-2.12

## 8.12 Combinazioni SLU

### 8.12.1 Persistenti/Transitorie

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

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

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

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

$$M_{max} = 19.69 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M_{min} = -18.38 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

#### Sbalzo:

$$T_{max} = 35.28 \text{ [KN/m]}$$

$$M_{min} = -26.17 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

## 8.13 Combinazioni SLE

### 8.13.1 Combinazioni Rare

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

$$M_{max} = 14.52 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M_{min} = -13.57 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

#### Sbalzo:

$$M_{min} = -18.48 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

### 8.13.2 Combinazioni Frequenti

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

$M_{max} = 11.37 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$

$M_{min} = -10.49 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$

Sbalzo:

$M_{min} = -17.95 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$

### 8.13.3 Combinazioni Quasi Permanenti

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

$M_{max} = 1.91 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$

$M_{min} = -1.28 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$

Sbalzo:

$M_{min} = -16.36 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$

### 8.14 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.

#### 8.14.1 Valori caratteristici reazioni verticali

##### 8.14.1.1 Carichi di 1a fase

Trave	peso trave [KN]	peso soletta+traversi [KN]
1	223.40	303.15
2	223.40	206.76
3	223.40	206.76
4	223.40	206.76
5	223.40	303.15

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	101 di 189

#### 8.14.1.2 Carichi permanenti di 2a fase

Trave	peso marciapiedi [KN]	permanenti portati [KN]+extra2
1	47.99	123.04
2	41.46	115.48
3	39.05	112.86
4	41.46	115.48
5	47.99	123.04

#### 8.14.1.3 Carichi da traffico

Trave	Tandem-TS [KN]	Distribuito-UDL [KN]	Folla Marciapiedi [KN]
1	240.21	110.98	41.90
2	225.99	103.58	36.03
3	201.85	91.91	33.88
4	169.99	78.67	36.03
5	136.54	65.45	41.90

Riepilogo pesi complessivi impalcato [KN] :

Peso totale travi	2233.97
Peso totale traversi	380.80
Peso totale soletta	2072.39
Peso totale marciapiedi	435.89
Peso totale pavimentazione e Delta_g_soletta	726.72
Peso totale baraccature	453.07

**Peso strutturale complessivo impalcato -  $G_1 = 5123.04$  [KN]**

**Peso non strutturale complessivo impalcato -  $G_2 = 1179.79$  [KN]**

#### 8.14.2 Valori caratteristici reazioni orizzontali

##### 8.14.2.1 Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione

Trattandosi di un ponte di 1<sup>a</sup> categoria la forza vale [KN] :

limitazione inferiore frenatura	180.00
limitazione superiore frenatura	900.00
Azione di Frenamento - valore di confronto	421.56

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	102 di 189

**Azione longitudinale totale di frenamento = 421.56 [KN]**

Azione del vento :		
Altezza barriera	3.00	[m]
Pressione cinetica	1.09	[KN/m <sup>2</sup> ]
Forza totale sull'impalcato Fyw	125.04	[KN]
Azione longitudinale di frenamento q3 :		
Forza totale sull'impalcato Fxq	421.56	[KN]
Azione centrifuga: (q4 - D.M. 17 gennaio 2018 - 5.1.3.6)		
Raggio di curvatura	0.00	[m]
Forza totale sull'impalcato Fyq	0.00	[KN]

### 8.14.3 Combinazioni

#### 8.14.3.1 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	1462.58	960.19
2	1279.14	809.90
3	1222.17	802.72
4	1169.91	809.90
5	1261.16	960.19

Reazione laterale su spalla Ry = 93.78

Reazione longitudinale totale Rx = 569.11

#### 8.14.3.2 SLE Rare

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + Q_{k,gruppo 1} + \psi_0 \cdot W \cdot W_k \}$$

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	103 di 189

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

$$Ed = E\{ \Sigma G_{k,i} + Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_0 \cdot W \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	1069.72	697.58
2	934.68	587.10
3	892.77	582.07
4	853.77	587.10
5	920.52	697.58

Reazione laterale su spalla  $R_y = 62.52$

Reazione longitudinale totale  $R_x = 421.56$

#### 8.14.3.3 SLE Frequenti

$$Ed = E\{ \Sigma G_{k,i} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_2 \cdot W \cdot W_k \}$$

$$Ed = E\{ \Sigma G_{k,i} + \psi_1 \cdot W \cdot W_k + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} \}$$

$$Ed = E\{ \Sigma G_{k,i} + \psi_1 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_2 \cdot W \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	930.51	697.58
2	805.23	587.10
3	777.00	582.07
4	753.26	587.10
5	834.54	697.58

Reazione laterale su spalla  $R_y = 12.50$

Reazione longitudinale totale  $R_x = 0.00$

#### 8.14.3.4 SLE Quasi permanenti

$$Ed = E\{ \Sigma G_{k,i} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 1} + \psi_2 \cdot W \cdot W_k \}$$

$$Ed = E\{ \Sigma G_{k,i} + \psi_2 \cdot Q_{k,gruppo\ 2} + \psi_2 \cdot W \cdot W_k \}$$

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
-------	-------------	-------------

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	104 di 189

Trave	Rz max [KN]	Rz min [KN]
1	697.58	697.58
2	587.10	587.10
3	582.07	582.07
4	587.10	587.10
5	697.58	697.58

Reazione laterale su spalla  $R_y = 0.00$

Reazione longitudinale totale  $R_x = 0.00$

### 8.15 Deformazioni

Si calcolano gli abbassamenti in mezzeria delle travi e le rotazioni in asse appoggi per effetto del peso proprio e dei carichi; i valori sono concordi all'asse Z, cioè valori negativi indicano abbassamenti.

I carichi mobili sono disposti come riportato al paragrafo *Carichi mobili per massimo effetto sulla trave 1*.

Le deformazioni sono calcolate in base a:

E calcestruzzo trave 1a fase	35000000.000	[KN/m <sup>2</sup> ]
J sezione sola trave	0.176	[m <sup>4</sup> ]
E calcestruzzo trave + getto in opera	36283000.000	[KN/m <sup>2</sup> ]
J sezione trave + getto in opera	0.437	[m <sup>4</sup> ]

I carichi permanenti portati di seconda fase comprendono:

- pavimentazione stradale;
- lineare di 2a fase: guard rail;
- lineare di 2a fase: guard rail;
- lineare di 2a fase: cordolo + parapetto;
- lineare di 2a fase: cordolo + parapetto;
- lineare di 2a fase: veletta;
- lineare di 2a fase: veletta;
- lineare di 2a fase: impianti;
- lineare di 2a fase: impianti;
- distribuito aggiuntivo di 2a fase: Delta\_g\_soletta;

#### 8.15.1 Abbassamenti - Prima fase

Trave	peso trave	peso soletta+traversi	carichi aggiuntivi
1	-0.0103	-0.0138	0.0000
2	-0.0103	-0.0092	0.0000
3	-0.0103	-0.0092	0.0000
4	-0.0103	-0.0092	0.0000
5	-0.0103	-0.0138	0.0000

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	106 di 189

### 8.15.2 Abbassamenti - Seconda fase

#### 8.15.2.1 Carichi permanenti

Trave	peso marciapiedi	permanenti portati
1	-0.0009	-0.0023
2	-0.0008	-0.0023
3	-0.0007	-0.0023
4	-0.0008	-0.0023
5	-0.0009	-0.0023

#### 8.15.2.2 Carichi da traffico

Trave	Tandem-TS	Distribuito-UDL	Folla marciapiedi	gruppo 1 (tab.5.1.IV)
1	-0.0038	-0.0022	-0.0008	-0.0064
2	-0.0036	-0.0020	-0.0007	-0.0060
3	-0.0032	-0.0018	-0.0006	-0.0053
4	-0.0027	-0.0015	-0.0007	-0.0046
5	-0.0022	-0.0013	-0.0008	-0.0038

Freccia massima dovuta ai carichi da traffico  $F_{\max,gr1} = -0.0064$  [m] (= L/3574)

#### 8.15.2.3 Combinazione SLE rara - frecce totali di 2a fase

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

Trave	F max	F min
1	-0.0032	-0.0096
2	-0.0031	-0.0090
3	-0.0031	-0.0084
4	-0.0031	-0.0077
5	-0.0032	-0.0070

- peso trave
- peso soletta+traversi
- fase 1 - lineari per trave
- peso cordoli
- permanenti portati
- Traffico: tandem TS
- Traffico: distribuito UDL
- Traffico: folla sui marciapiedi
- Traffico: folla in carreggiata
- Traffico: gruppo 1

- Trave 1
- Trave 2
- Trave 3
- Trave 4
- Trave 5
- Traverso 1
- Traverso 2
- Appoggi

- nessuna combinazione
- S.L.U. Persistenti e transitorie
- S.L.U. Situazioni Accidentali
- S.L.E. Rara 2ª fase
- S.L.E. Frequente 2ª fase
- S.L.E. Quasi permanente 2ª fase
- S.L.U. Sismica

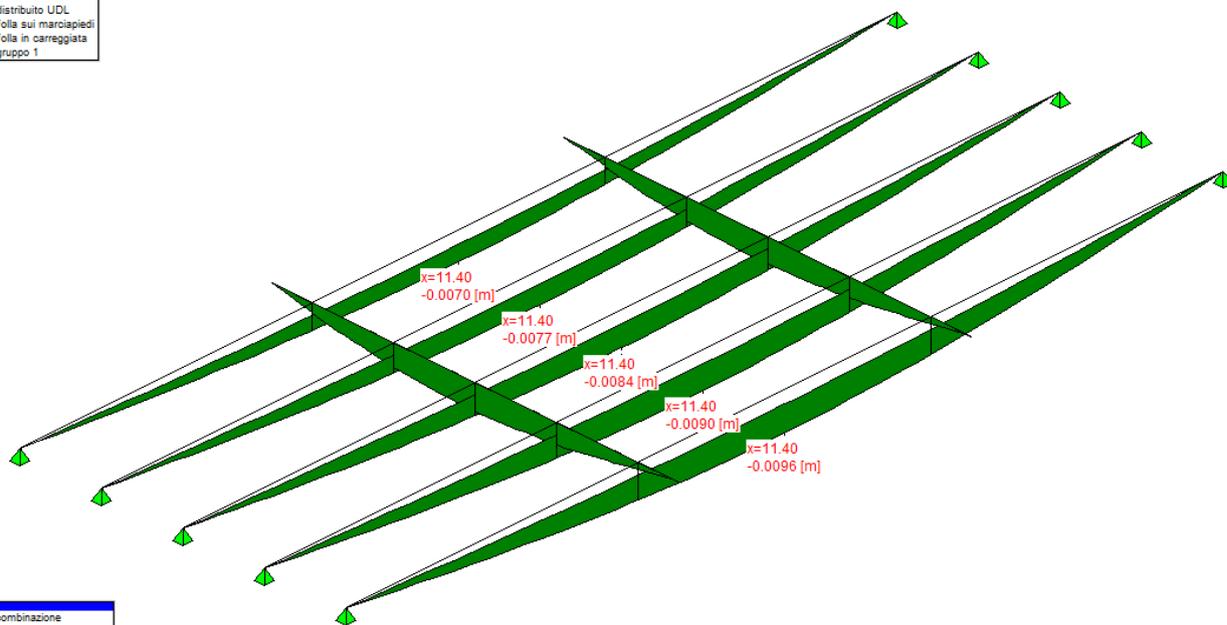


Figura 14 - Frecche SLE rara

Freccia massima in combinazioni SLE rara = -0.0096 [m] (= L/2375)

Il valore di confronto è 0.0326 m pari a 1/700 della luce.

### 8.15.3 Rotazioni agli appoggi

Le rotazioni positive sono orarie.

	carico	rotazione X=0 [DEG]	rotazione X=L [DEG]
1a fase	peso trave	0.001436	-0.001436
	peso soletta+traversi+traversi	0.001934	-0.001934
2a fase	peso marciapiedi	0.000125	-0.000125
	permanentemente portati	0.000288	-0.000288
	Traffico: tandem TS	0.000504	-0.000504
	Traffico: distribuito UDL	0.000227	-0.000227
	Traffico: folla in carreggiata	0.000183	-0.000183
	Traffico: folla sui marciapiedi	0.003542	-0.003542

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	108 di 189

	<b>carico</b>	<b>rotazione X=0 [DEG]</b>	<b>rotazione X=L [DEG]</b>
	Traffico: gruppo 1	0.002503	-0.002503
	Traffico: gruppo 2	0.000469	-0.000469
	Traffico: gruppo 3	0.003542	-0.003542
	Traffico: gruppo 4	0.003724	-0.003724
	Delta T	0.000000	0.000000

## 8.16 Azione sismica

### 8.16.1 Parametri per la determinazione dell'azione sismica

Categoria di sottosuolo C

Categoria topografica T1

Coeff. di combinazione sismica carichi da traffico  $\psi_E = 0.2$

q Coefficiente di struttura

$\eta$  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 :

	$\eta$	$a_g/g$	$T_c^*$	$F_0$
SLE	1.00	0.063	0.370	2.511
SLU	1.00	0.130	0.477	2.710

Forze verticali :

	$\eta$
SLE	1.00
SLU	1.00

Coefficiente di struttura  $q = 1.00$

### 8.16.2 Spettro di risposta in accelerazione

Lo spettro di risposta elastico alle forze orizzontali, trasversali e longitudinali, viene assunto al valore massimo previsto dalla normativa, corrispondente al periodo  $T_B$ .

Valore max coeff. amplificazione topografica  $S_t = 1.00$  (Tab. 3.2.VI)

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

#### 8.16.2.1 Forze orizzontali

Valori per SLE :

$S_s$	$C_c$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
1.500	1.458	0.180	0.539	1.852

Spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_{e,SLE,y} = 0.2373$

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	110 di 189

Forza sismica totale esercitata sugli appoggi  $F_{E\ SLE,y} = \pm 1592.98$

Valori per SLU :

$S_s$	$C_c$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
1.489	1.341	0.213	0.639	2.120

Spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_{e\ SLU,y} = 0.5244$

Forza sismica totale esercitata sugli appoggi  $F_{E\ SLU,y} = \pm 3520.70$

#### 8.16.2.2 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  $F_v = 0.851$

Spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_{ve} = 0.0536$

Valori per SLU

$S_s = 1.000$

Fattore di amplificazione spettrale massima  $F_v = 1.319$

Spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_{ve} = 0.1715$

### 8.16.3 Azioni sismiche SLE

#### 8.16.3.1 Trave 1

##### 8.16.3.1.1 Azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0.00	appoggio	0.00	38.54	-7.38
1.00		36.67	35.07	-7.12
2.00		69.94	31.90	-6.64
3.00		99.95	28.75	-6.04
4.00		126.69	25.60	-5.42
5.00		150.16	22.45	-4.69
6.00		170.37	19.31	-3.84

## IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	111 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
7.00		187.28	16.17	-2.93
8.00		200.49	12.17	-2.03
9.00		209.92	9.04	-1.24
10.00		216.08	5.92	-0.59
11.00		218.97	2.80	-0.05
11.40	mezzeria	219.28	-1.01	0.15
12.00		218.68	-3.42	0.15
13.00		215.17	-6.54	0.70
14.00		208.34	-9.66	1.38
15.00		198.23	-12.79	2.20
16.00		184.09	-16.80	3.11
17.00		166.54	-19.94	4.02
18.00		145.72	-23.08	4.84
19.00		121.64	-26.23	5.55
20.00		94.29	-29.38	6.16
21.00		63.58	-32.53	6.75
22.00		29.58	-35.74	7.19
22.80	appoggio	0.00	-38.54	7.38

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0.00	appoggio	0.00	-34.56	7.15
1.00		-32.87	-31.32	7.01
2.00		-62.70	-28.39	6.61
3.00		-89.62	-25.46	6.00
4.00		-113.62	-22.54	5.23
5.00		-134.71	-19.61	4.37
6.00		-152.89	-16.68	3.49
7.00		-168.12	-13.75	2.66
8.00		-180.03	-9.95	1.91

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	112 di 189

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
9.00		-188.49	-7.03	1.26
10.00		-194.05	-4.10	0.69
11.00		-196.69	-1.17	0.19
11.40	mezzeria	-196.99	0.00	0.00
12.00		-196.42	1.76	-0.29
13.00		-193.23	4.68	-0.80
14.00		-187.07	7.61	-1.38
15.00		-177.99	10.54	-2.05
16.00		-165.25	14.34	-2.82
17.00		-149.44	17.27	-3.67
18.00		-130.72	20.19	-4.55
19.00		-109.09	23.12	-5.39
20.00		-84.54	26.05	-6.14
21.00		-57.00	28.98	-6.71
22.00		-26.52	31.95	-7.05
22.80	appoggio	0.00	34.56	-7.15

### 8.16.3.1.2 Combinazione sismica

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

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0.00	appoggio	0.00	224.58	-141.34
1.00		214.33	204.83	-138.60
2.00		409.01	185.48	-131.07
3.00		584.19	166.21	-119.39
4.00		739.87	147.04	-104.55
5.00		876.03	127.96	-87.66
6.00		992.69	108.97	-70.02
7.00		1089.65	90.07	-52.91

## IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	113 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
8.00		1166.31	70.39	-37.64
9.00		1222.94	51.66	-24.67
10.00		1260.06	33.03	-13.53
11.00		1277.68	14.49	-3.64
11.40	mezzeria	1279.71	3.55	1.91
12.00		1275.87	-18.19	5.55
13.00		1254.61	-36.75	15.60
14.00		1213.46	-55.40	27.08
15.00		1152.72	-74.14	40.46
16.00		1071.44	-93.84	56.26
17.00		970.64	-112.76	73.55
18.00		850.33	-131.77	91.14
19.00		710.52	-150.87	107.76
20.00		551.20	-170.06	122.09
21.00		371.81	-189.34	132.97
22.00		172.83	-208.75	139.49
22.80	appoggio	0.00	-224.58	141.34

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0.00	appoggio	0.00	129.28	-126.17
1.00		123.59	118.15	-123.70
2.00		235.91	106.71	-116.70
3.00		336.85	95.26	-105.89
4.00		426.40	83.82	-92.30
5.00		504.56	72.37	-77.16
6.00		571.32	60.93	-61.69
7.00		626.59	49.48	-46.96
8.00		670.56	38.91	-33.70
9.00		703.67	27.47	-22.18

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	114 di 189

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
10.00		725.38	16.02	-12.25
11.00		735.71	4.58	-2.01
11.40	mezzeria	736.91	-1.01	0.00
12.00		734.64	-6.87	4.00
13.00		722.19	-18.31	14.10
14.00		698.13	-29.76	24.32
15.00		662.62	-41.20	36.21
16.00		616.23	-51.77	49.83
17.00		558.72	-63.22	64.77
18.00		489.82	-74.66	80.26
19.00		409.53	-86.11	95.20
20.00		317.85	-97.55	108.38
21.00		214.46	-109.00	118.47
22.00		99.64	-120.40	124.52
22.80	appoggio	0.00	-129.28	126.17

### 8.16.3.2 Traverso

#### 8.16.3.2.1 Azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-5.25	estremità dx	-4.36	-4.69
-5.00		-4.31	-4.68
-4.00		-6.47	-8.52
-3.00		-7.47	-11.14
-2.00		-7.94	-12.69
-1.00		-8.36	-13.26
0.00	asse travi	-8.44	-12.93
1.00		-8.36	-13.26
2.00		-7.94	-12.69
3.00		-7.53	-11.14

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	115 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
4.00		-6.47	-8.52
5.00		-4.31	-4.68
5.25	estremità sx	-3.52	-3.54

### 8.16.3.2.2 Combinazione sismica

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

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-5.25	estremità dx	-69.19	-69.49
-5.00		-86.14	-88.74
-4.00		-139.98	-155.98
-3.00		-172.75	-202.24
-2.00		-180.59	-230.81
-1.00		-192.20	-244.26
0.00	asse travi	-195.66	-244.78
1.00		-192.20	-244.26
2.00		-180.59	-230.81
3.00		-167.50	-202.24
4.00		-139.98	-155.98
5.00		-86.14	-88.74
5.25	estremità sx	-69.28	-69.30

### 8.16.3.3 Appoggi

Le forze riportate in questo paragrafo devono essere intese come reazioni degli appoggi e non come azione sismica sugli stessi.

#### 8.16.3.3.1 Azione sismica caratteristica

Azione verticale [KN]

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$
1	37.39	3.99	-37.39	0.00

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	116 di 189

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$
2	31.47	3.73	-31.47	0.00
3	31.20	3.33	-31.20	0.00
4	31.47	2.86	-31.47	0.00
5	37.39	2.39	-37.39	0.00

Azione orizzontale [KN]

	trasversale su ogni spalla		longitudinale intero impalcato	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$
	747.80	72.14	1495.60	101.11

### 8.16.3.3.2 Combinazione sismica

Azione verticale [KN]

Trave	Rz vert.max	Rz vert. min
1	813.39	660.19
2	691.81	555.63
3	678.74	550.87
4	674.76	555.63
5	781.95	660.19

Azione orizzontale [KN]

	reazioni massime	reazioni minime
Reazione longitudinale totale	1596.70	-1596.70
Reazione trasversale su ogni pila	819.94	-819.94

### 8.16.4 Azioni sismiche SLU

#### 8.16.4.1 Trave 1

##### 8.16.4.1.1 Azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0.00	appoggio	0.00	123.30	-23.62

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	117 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
1.00		117.31	112.18	-22.77
2.00		223.76	102.06	-21.23
3.00		319.75	91.96	-19.32
4.00		405.29	81.89	-17.33
5.00		480.38	71.82	-14.99
6.00		545.02	61.77	-12.28
7.00		599.11	51.74	-9.36
8.00		641.39	38.92	-6.49
9.00		671.55	28.91	-3.96
10.00		691.25	18.92	-1.87
11.00		700.50	8.95	-0.15
11.40	mezzeria	701.51	-3.23	0.49
12.00		699.57	-10.94	0.48
13.00		688.36	-20.92	2.25
14.00		666.51	-30.91	4.43
15.00		634.15	-40.92	7.05
16.00		588.93	-53.74	9.95
17.00		532.78	-63.78	12.85
18.00		466.19	-73.83	15.49
19.00		389.14	-83.90	17.76
20.00		301.64	-93.98	19.69
21.00		203.40	-104.08	21.59
22.00		94.64	-114.34	22.99
22.80	appoggio	0.00	-123.30	23.62

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0.00	appoggio	0.00	-110.57	22.86
1.00		-105.16	-100.21	22.41
2.00		-200.59	-90.83	21.15

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	118 di 189

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
3.00		-286.70	-81.46	19.19
4.00		-363.48	-72.10	16.72
5.00		-430.95	-62.73	13.98
6.00		-489.09	-53.37	11.18
7.00		-537.83	-44.00	8.51
8.00		-575.92	-31.84	6.11
9.00		-603.01	-22.48	4.02
10.00		-620.77	-13.11	2.22
11.00		-629.22	-3.75	0.62
11.40	mezzeria	-630.20	0.00	0.00
12.00		-628.35	5.62	-0.93
13.00		-618.16	14.98	-2.56
14.00		-598.47	24.35	-4.41
15.00		-569.42	33.71	-6.56
16.00		-528.65	45.88	-9.03
17.00		-478.08	55.24	-11.74
18.00		-418.19	64.60	-14.54
19.00		-348.98	73.97	-17.25
20.00		-270.45	83.33	-19.64
21.00		-182.33	92.70	-21.47
22.00		-84.84	102.21	-22.56
22.80	appoggio	0.00	110.57	-22.86

#### 8.16.4.1.2 Combinazione sismica

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \Psi_{2,E} \cdot Q_{k,gruppo 1} \pm E_{SLU} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
0.00	appoggio	0.00	790.30	-157.57
1.00		751.78	716.83	-154.25
2.00		1433.96	650.19	-145.66

## IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	119 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax	Vmax	Tmax
3.00		2049.40	583.75	-132.67
4.00		2598.10	517.41	-116.47
5.00		3080.07	451.17	-97.96
6.00		3495.30	385.03	-78.46
7.00		3843.15	318.99	-59.34
8.00		4115.10	233.95	-42.10
9.00		4308.85	168.12	-27.40
10.00		4435.86	102.38	-14.81
11.00		4496.13	36.74	-3.75
11.40	mezzeria	4503.08	-3.23	2.25
12.00		4489.94	-49.86	5.88
13.00		4417.18	-115.51	17.15
14.00		4276.42	-181.27	30.12
15.00		4068.59	-247.13	45.30
16.00		3777.61	-332.20	63.10
17.00		3416.63	-398.26	82.38
18.00		2988.92	-464.41	101.79
19.00		2494.47	-530.67	119.96
20.00		1933.29	-597.03	135.63
21.00		1303.46	-663.49	147.81
22.00		606.46	-731.04	155.30
22.80	appoggio	0.00	-790.30	157.57

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
0.00	appoggio	0.00	534.23	-110.45
1.00		508.10	484.15	-108.29
2.00		969.16	438.83	-102.17
3.00		1385.18	393.58	-92.70
4.00		1756.17	348.34	-80.80

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	120 di 189

Sez.	Descrizione	Mmin	Vmin	Tmin
5.00		2082.13	303.09	-67.55
6.00		2363.07	257.84	-54.01
7.00		2598.54	212.60	-41.11
8.00		2782.56	153.84	-29.50
9.00		2913.43	108.59	-19.42
10.00		2999.28	63.35	-10.72
11.00		3040.10	18.10	-2.12
11.40	mezzeria	3044.85	1.33	0.00
12.00		3035.89	-27.15	4.33
13.00		2986.65	-72.39	12.34
14.00		2891.52	-117.64	21.29
15.00		2751.15	-162.89	31.70
16.00		2554.16	-221.65	43.63
17.00		2309.84	-266.89	56.70
18.00		2020.48	-312.14	70.26
19.00		1686.10	-357.39	83.35
20.00		1306.68	-402.63	94.88
21.00		880.95	-447.88	103.71
22.00		409.90	-493.83	109.01
22.80	appoggio	0.00	-534.23	110.45

#### 8.16.4.2 Traverso

##### 8.16.4.2.1 Azione sismica caratteristica

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-5.25	estremità dx	-13.96	-15.00
-5.00		-13.79	-14.98
-4.00		-20.71	-27.26
-3.00		-23.89	-35.64
-2.00		-25.39	-40.58

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	121 di 189

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-1.00		-26.75	-42.43
0.00	mezzeria	-27.00	-41.37
1.00		-26.75	-42.43
2.00		-25.39	-40.58
3.00		-24.10	-35.64
4.00		-20.71	-27.26
5.00		-13.79	-14.98
5.25	estremità sx	-11.28	-11.33

#### 8.16.4.2.2 Combinazione sismica

$$E_d = E\{ \sum G_{k,i} + \Psi_{2,E} \cdot Q_{k,gruppo 1} \pm E_{SLU} \}$$

Sez.	Descrizione	Mmax	Mmin
-5.25	estremità dx	-77.00	-77.31
-5.00		-95.62	-99.04
-4.00		-154.21	-174.72
-3.00		-189.17	-226.73
-2.00		-198.04	-258.71
-1.00		-210.59	-273.43
0.00	mezzeria	-214.23	-273.22
1.00		-210.59	-273.43
2.00		-198.04	-258.71
3.00		-184.06	-226.73
4.00		-154.21	-174.72
5.00		-95.62	-99.04
5.25	estremità sx	-77.03	-77.09

#### 8.16.4.3 Appoggi

Le forze riportate in questo paragrafo devono essere intese come reazioni degli appoggi e non come azione sismica sugli stessi.

### 8.16.4.3.1 Azione sismica caratteristica

Azione verticale [KN]

Trave	valori massimi		valori minimi	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$
1	119.62	12.76	-119.62	0.00
2	100.68	11.92	-100.68	0.00
3	99.81	10.66	-99.81	0.00
4	100.68	9.15	-100.68	0.00
5	119.62	7.65	-119.62	0.00

Azione orizzontale [KN]

	trasversale su ogni spalla		longitudinale intero impalcato	
	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$	Permanenti	Traff. $\psi_E=0.20$
	1652.73	159.44	3305.46	223.46

### 8.16.4.3.2 Combinazione sismica

Azione verticale [KN]

Trave	Rz vert.max	Rz vert. min
1	904.39	577.96
2	769.21	486.42
3	754.68	482.25
4	750.25	486.42
5	869.43	577.96

Azione orizzontale [KN]

	reazioni massime	reazioni minime
Reazione longitudinale totale	3528.93	-3528.93
Reazione trasversale su ogni pila	1812.17	-1812.17

## 9 VERIFICA TRAVE ESTERNA

Si riporta la verifica della trave esterna, che presenta tra tutte il coefficiente di sicurezza minimo.

Ove non sia diversamente specificato, le grandezze contenute nel presente paragrafo sono espresse nelle seguenti unità di misura:

lunghezza	[m]
forza	[kN]
angolo	[rad]

I diametri delle barre di armatura lenta sono sempre espressi in [mm], i diametri dei trefoli di precompressione sono invece espressi in [inch] (= 25.4 [mm] ).

### 9.1 Modello di calcolo

Il codice di calcolo TCAP riceve le combinazioni di carico della struttura dal programma di calcolo delle sollecitazioni ed esegue le verifiche nelle situazioni agli Stati Limite Ultimi e agli Stati Limite di Esercizio inserendo nelle combinazioni l'effetto della precompressione.

Per valutare l'effetto della precompressione nelle varie sezioni viene assunto un modello di calcolo appropriato che riproduce le condizioni iperstatiche della struttura reale.

La struttura è considerata lineare e rettilinea, soggetta a deformazione longitudinale assiale generata dalla precompressione e deformazione trasversale per inflessione nel piano verticale. Essa viene schematizzata come una struttura a telaio piano che discretizza i tratti a sezione (e quindi baricentro) costante con aste orizzontali e i tratti a geometria variabile con aste inclinate.

Le forze di precompressione sono rappresentate da forze longitudinali e da coppie di trasporto delle forze stesse alla quota del baricentro locale.

Per il calcolo dei momenti flettenti resistenti a rottura viene utilizzata la procedura FindLim ed. TCAP/1.0 05/10 - SIGMAcSOFT che tiene conto, oltre al contributo del calcestruzzo, del contributo delle armature lente (stesso stato deformativo del calcestruzzo) e del contributo delle armature di precompressione nello stato deformativo effettivo (pretensione).

### 9.2 Codice di calcolo

La verifica è stata condotta con il codice di calcolo automatico TCAP ed. 9.4 - 02/2019 sviluppato da SIGMAc SOFT - Padova.

Procedura di calcolo tensionale per flessione: PREFLErett vers. TCAP/3.0 09/11 - SIGMAcSOFT

Procedura di calcolo a rottura per flessione: FindLim ed. TCAP/1.0 05/10 - SIGMAcSOFT

Procedura di calcolo a rottura per taglio: VrdCalc ed. TCAP/1.0 06/10 - SIGMAcSOFT

Modello iperstatico: TRSP ed. TCAP/1.0 04/10 - SIGMAcSOFT

### 9.3 Dati di calcolo

#### 9.3.1 Dati geometrici

##### 9.3.1.1 Schemi statici

L'impalcato viene realizzato con travi prefabbricate in c.a.p. e getto eseguito in opera di traversi e soletta collaborante. Si distinguono due fasi successive di lavoro:

**PRIMA FASE:** Le travi semplicemente appoggiate agli estremi resistono al peso proprio ed a quello del getto eseguito in opera.

**SECONDA FASE:** Il sistema misto, travi prefabbricate e soletta gettata in opera, divenuto solidale dopo la maturazione del calcestruzzo, resiste al peso delle sovrastrutture e dei carichi accidentali.

##### 9.3.1.1.1 Prima fase

Nella prima fase i prefabbricati sono soggetti alle seguenti condizioni di vincolo:

In opera al momento del getto di 2a fase:

Sbalzo sinistro = 0.50

Sbalzo destro = 0.50

##### 9.3.1.1.2 Seconda fase

In seconda fase la struttura è vincolata sugli appoggi definitivi:

appoggio	descrizione	X	luce campata
1	Spalla iniziale	0.00	
2	Spalla finale	22.80	22.80

#### 9.3.2 Armature trave prefabbricata

##### 9.3.2.1 Armature di precompressione pretesate

trefoli :	6/10"	
area trefolo =	139.000	[mm <sup>2</sup> ]
acciaio :	prec.fpk=1860	
tensione di tesatura =	1375000.00	[KN/m <sup>2</sup> ]
area totale A <sub>p</sub> =	0.006	[m <sup>2</sup> ]
precompressione totale N <sub>p</sub> =	7645.00	[KN]

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	125 di 189

quota baricentro  $Z_{g,p} =$

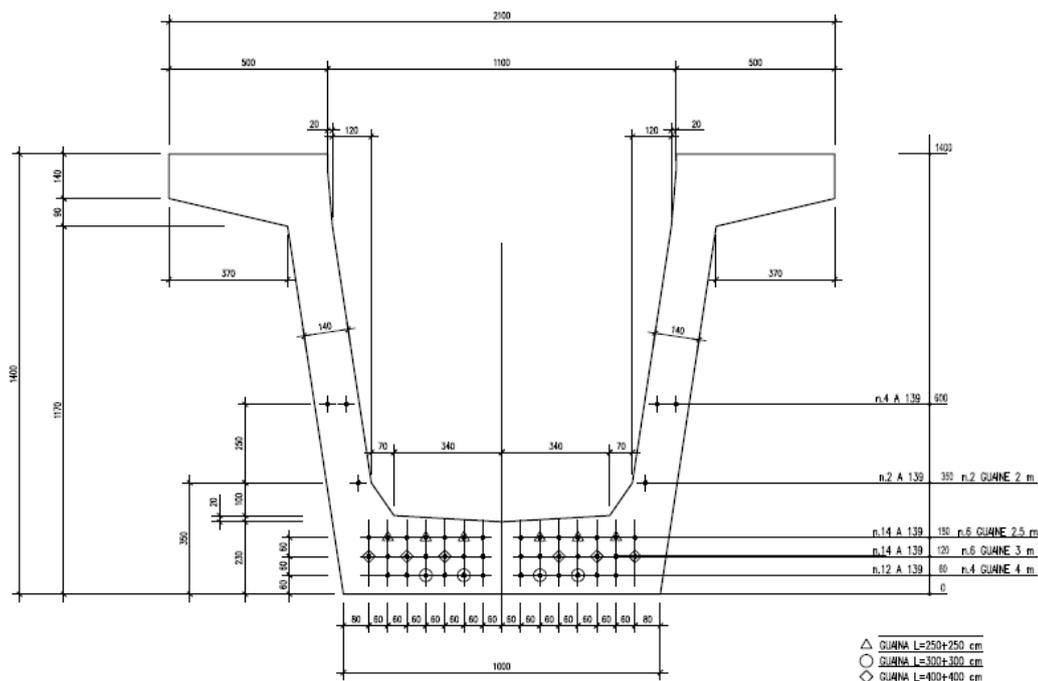
0.12 [m]

quota Z	n. trefoli	n. guaine	L guaine
0.18	14	6	2.50
0.12	14	6	3.00
0.06	12	4	4.00
N. trefoli=	40	L tot guaine=	49.00

La verifica è effettuata considerando i soli 40 trefoli in controsoletta. Si aggiungono, tuttavia, in fase costruttiva, 3+3 trefoli baricentrici, al fine di evitare fessurazioni all'estradosso in fase di precompressione della trave.

**TRAVE TIPO V 140/210/100**  
**n° 46 TREFOLI DA 0.6" (SC 1:10)**

DIMA POSIZIONAMENTO TREFOLI



9.3.2.2 Armatura lenta

Armatura trasversale :

pos.	armatura	x iniziale	x finale	
P1-S1	4Ø10/0.10	0.00	4.00	trave+colleg. con soletta

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	126 di 189

pos.		armatura	x iniziale	x finale	
P1-S1	(simmetrica)		19.80	23.80	
P1-S2		4Ø10/0.20	4.00	19.80	trave+colleg. con soletta

armatura longit. appoggio :

n. barre	Ø	lunghezza	quota z
10	16	1.92	0.03

### 9.3.3 Armature getto in opera

#### 9.3.3.1 Armatura lenta

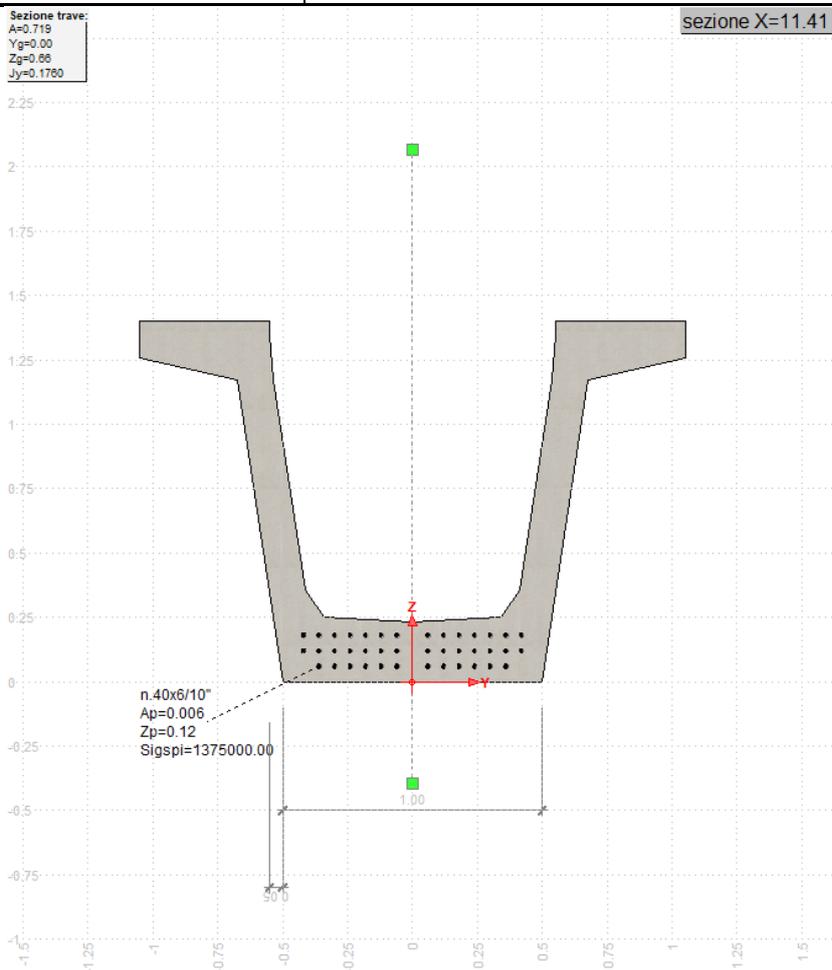
Armatura longitudinale :

pos.		armatura	Y	Z	X iniziale	X finale
S-L1		1Ø16	-2.20	1.45	0.14	21.66
S-L2		1Ø16	-2.00	1.45	0.14	21.66
S-L3		1Ø16	-1.80	1.45	0.14	21.66
S-L4		1Ø16	-1.60	1.45	0.14	21.66
S-L5		1Ø16	-1.40	1.45	0.14	21.66
S-L6		1Ø16	-1.20	1.45	0.14	21.66
S-L7		1Ø16	-1.00	1.45	0.14	21.66
S-L8		1Ø16	-0.80	1.45	0.14	21.66
S-L9		1Ø16	-0.60	1.45	0.14	21.66
S-L10		1Ø16	-0.40	1.45	0.14	21.66
S-L11		1Ø16	-0.20	1.45	0.14	21.66
S-L12		1Ø16	0.00	1.45	0.14	21.66
S-L13		1Ø16	0.20	1.45	0.14	21.66
S-L14		1Ø16	0.40	1.45	0.14	21.66
S-L15		1Ø16	0.60	1.45	0.14	21.66
S-L16		1Ø16	0.80	1.45	0.14	21.66
S-L17		1Ø16	1.00	1.45	0.14	21.66
S-L18		1Ø16	-2.20	1.64	0.14	21.66
S-L19		1Ø16	-2.00	1.64	0.14	21.66

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	127 di 189

pos.	armatura	Y	Z	X iniziale	X finale
S-L20	1Ø16	-1.80	1.64	0.14	21.66
S-L21	1Ø16	-1.60	1.64	0.14	21.66
S-L22	1Ø16	-1.40	1.64	0.14	21.66
S-L23	1Ø16	-1.20	1.64	0.14	21.66
S-L24	1Ø16	-1.00	1.64	0.14	21.66
S-L25	1Ø16	-0.80	1.64	0.14	21.66
S-L26	1Ø16	-0.60	1.64	0.14	21.66
S-L27	1Ø16	-0.40	1.64	0.14	21.66
S-L28	1Ø16	-0.20	1.64	0.14	21.66
S-L29	1Ø16	0.00	1.64	0.14	21.66
S-L30	1Ø16	0.20	1.64	0.14	21.66
S-L31	1Ø16	0.40	1.64	0.14	21.66
S-L32	1Ø16	0.60	1.64	0.14	21.66
S-L33	1Ø16	0.80	1.64	0.14	21.66
S-L34	1Ø16	1.00	1.64	0.14	21.66



**Figura 15 – Sezione corrente**

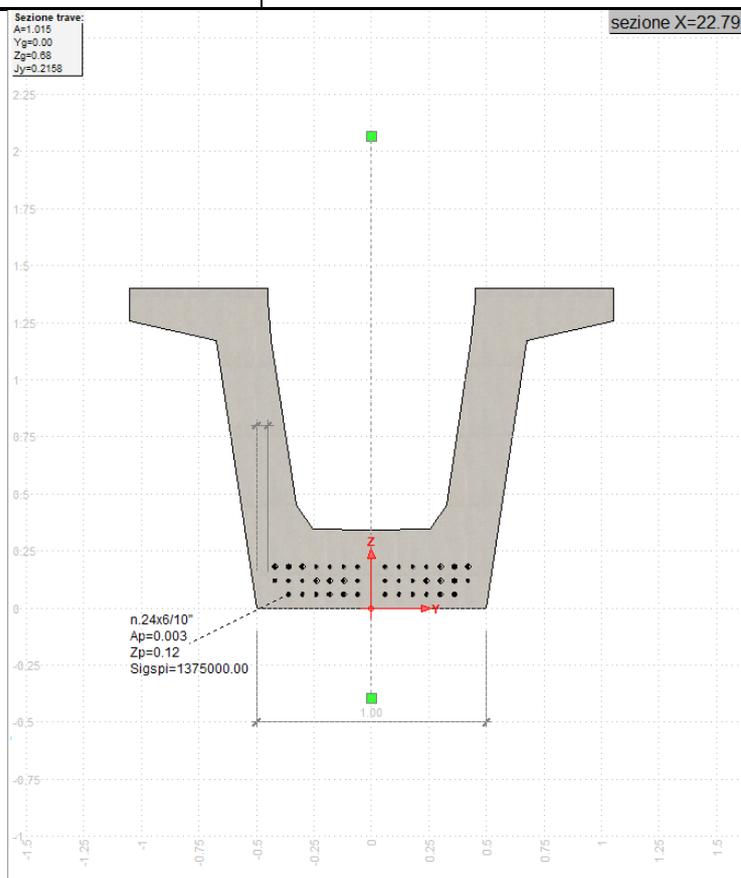


Figura 16 – Sezione ringrossata all'appoggio

### 9.3.4 Materiali - resistenze di calcolo

In questo paragrafo non valgono le convezioni di segno precedentemente riportate: per il calcestruzzo tutte le grandezze sono indicate con segno positivo e contestualmente viene specificato se si tratta di valori di compressione o di trazione.

#### 9.3.4.1 Calcestruzzo delle travi prefabbricate

Ai fini del calcolo le caratteristiche rilevanti del calcestruzzo sono date dalla resistenza a rottura, dal modulo elastico e dall'entità dei fenomeni differiti nel tempo.

Le travi prefabbricate in c.a.p. sono precomprese a trefoli aderenti e devono perciò rispettare delle limitazioni tensionali già in fase iniziale, al rilascio dei trefoli.

Data l'entità delle sollecitazioni iniziali si raccomanda di eseguire il trasferimento della precompressione con opportuna gradualità. Nel seguito della relazione si indicherà sinteticamente tale operazione come "taglio dei trefoli".

Calcestruzzo	C45/55
resistenza caratteristica $R_{ck28,cub}$	55000.00
resistenza al taglio dei trefoli $R_{ckj,cub}$	38500.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.500
modulo elastico	36283000.00

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	130 di 189

peso specifico	25.0000
ritiro totale	-0.00036
% 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	1.820
% viscosità taglio trefoli-getto soletta	33%
% viscosità da getto soletta a t=inf.	67%

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione :

a tempo infinito	$f_{ck}$	$= 0.83 \cdot R_{ck}$	$= 0.83 \cdot 55000.00 = 45650.00$	KN/m <sup>2</sup>
al taglio dei trefoli	$f_{ckj}$	$= 0.83 \cdot R_{ckj}$	$= 0.83 \cdot 38500.00 = 31955.00$	KN/m <sup>2</sup>

Resistenza di calcolo a compressione :

a tempo infinito	$f_{cd}$	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 45650.00 / 1.5 = 25868.33$	KN/m <sup>2</sup>
al taglio dei trefoli	$f_{cdj}$	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ckj} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 31955.00 / 1.5 = 18107.83$	KN/m <sup>2</sup>

Nel calcolo a rottura delle sezioni si utilizza il diagramma parabola-rettangolo con tensione massima a tempo infinito pari a :

$$f_{cd} = 25868.33 \text{ KN/m}^2$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione (formazione delle fessure) :

a tempo infinito	$f_{ct}$	$= f_{ctm} / 1.2$	$= 3831.91 / 1.2 = 3193.26$
al taglio dei trefoli	$f_{ctj}$	$= f_{ctmj} / 1.2$	$= 3020.98 / 1.2 = 2517.48$

Nelle condizioni di esercizio la massima tensione di compressione nel calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

al taglio dei trefoli :

$\sigma_{cj}$	$< 0.70 \cdot f_{ckj}$	$= 22368.50$	KN/m <sup>2</sup>
---------------	------------------------	--------------	-------------------

a cadute avvenute :

$\sigma_c$	$< 0.6 \cdot f_{ck}$	$= 27390.00$	KN/m <sup>2</sup>	(per comb. caratteristica rara)
$\sigma_c$	$< 0.45 \cdot f_{ck}$	$= 20542.50$	KN/m <sup>2</sup>	(per comb. quasi permanente)

9.3.4.2 Calcestruzzo gettato in opera

Calcestruzzo	C32/40
resistenza caratteristica $R_{ck,cub}$	40000.00

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	131 di 189

coefficiente sicurezza del materiale	1.5
modulo elastico	33346000.00
peso specifico	25.0000
coeff. di omogeneizzazione con cls travi	0.919

Resistenza caratteristica cilindrica a compressione :

a tempo infinito	$f_{ck}$	$= 0.83 \cdot R_{ck}$	$= 0.83 \cdot 40000.00 = 33200.00$	KN/m <sup>2</sup>
------------------	----------	-----------------------	------------------------------------	-------------------

Resistenza di calcolo a compressione :

a tempo infinito	$f_{cd}$	$= \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$	$= 0.85 \cdot 33200.00 / 1.5 = 18813.33$	KN/m <sup>2</sup>
------------------	----------	---	--	-------------------

Nel diagramma parabola-rettangolo la tensione massima è pari a :

$$f_{cd} = 18813.33$$

Resistenza di calcolo a trazione per flessione (formazione delle fessure) :

a tempo infinito	$f_{ct}$	$= f_{ctm} / 1.2$	$= 3098.94 / 1.2 = 2582.45$
------------------	----------	-------------------	-----------------------------

Nelle condizioni di esercizio la massima tensione di compressione del calcestruzzo deve rispettare le seguenti limitazioni:

$\sigma_c$	$< 0.6 \cdot f_{ck}$	$= 19920.00$	KN/m <sup>2</sup>	(per comb. caratteristica rara)
$\sigma_c$	$< 0.45 \cdot f_{ck}$	$= 14940.00$	KN/m <sup>2</sup>	(per comb. quasi permanente)

#### 9.3.4.3 Acciaio per c.a.p.

Acciaio prec.fpk=1860 :

tensione all'1% deform. residua $f_{p(1)k}$	1674000.00
Modulo elastico	195000000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6
coefficiente di sicurezza	1.15
% rilassam. prima del taglio trefoli	41.4%
% rilassam. taglio trefoli-getto soletta	25.9%
% rilassam. da getto soletta a t=inf.	32.7%

In base al punto 4.1.8.1.5 DM 17/01/2018 le tensioni iniziali all'atto della tesatura dei cavi pre-tesi deve rispettare la più restrittiva delle seguenti limitazioni:

$\sigma_{spi}$	$\leq 0.80 \cdot f_{ptk}$	$= 0.80 \cdot 1841400.00 = 1473120.00$	KN/m <sup>2</sup>
$\sigma_{spi}$	$\leq 0.90 \cdot f_{p(1)k}$	$= 0.90 \cdot 1674000.00 = 1506600.00$	KN/m <sup>2</sup>

 E' ammessa una sovratensione iniziale pari a  $0.05 f_{p(1)k}$ .

La tensione massima in esercizio nella combinazione caratteristica (rara) deve rispettare la seguente limitazione (DM

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	132 di 189

17/01/2018- 4.1.8.1.2 e 4.1.2.2.5.2):

$\sigma_{sp}$	$\leq 0.80 \cdot f_{p(1)k}$	1339200.00	KN/m <sup>2</sup>
---------------	-----------------------------	------------	-------------------

Nel calcolo a rottura si utilizza il diagramma triangolo-rettangolo con tensione massima pari a:

$f_{ptd}$	$= f_{p(1)k} / \gamma_s$	$= 1674000.00 / 1.15$	$= 1455652.17$	KN/m <sup>2</sup>
-----------	--------------------------	-----------------------	----------------	-------------------

#### 9.3.4.4 Acciaio per armatura lenta

Questo tipo di acciaio costituisce l'armatura destinata ad assorbire gli sforzi di taglio (staffe) ed altri sforzi locali di trazione nel calcestruzzo.

tipo acciaio	B450C
tensione di snervamento $f_{yk}$	450000.00
coefficiente sicurezza verifiche a rottura	1.15
modulo elastico	210000000.00
coeff. di omogeneizzazione a cls travi	6

La tensione massima consentita (4.1.2.2.5.2 DM 17/01/2018) nella combinazione rara deve rispettare la seguente limitazione:

$\sigma_s$	$\leq 0.80 \cdot f_{yk}$	$= 0.80 \cdot 450000.00 = 360000.00$	KN/m <sup>2</sup>
------------	--------------------------	--------------------------------------	-------------------

Nel calcolo a rottura si utilizza il diagramma triangolo-rettangolo con tensione massima pari a:

$f_{yd}$	$= f_{yk} / \gamma_s$	$= 450000.00 / 1.15 = 391304.35$	KN/m <sup>2</sup>
----------	-----------------------	----------------------------------	-------------------

#### 9.3.5 Cadute di tensione

##### 9.3.5.1 Rilassamento dell'acciaio da precompressione

La valutazione del rilassamento dell'acciaio da precompressione avviene con la formulazione indicata dalla normativa e con i dati forniti dal produttore.

 Ad una temperatura costante di 20 [°C] la caduta di tensione  $\Delta\sigma_{pr}$  per rilassamento al tempo  $t$  è:

classe	tipo	caduta
2	trecce e trefoli stabilizzati	$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{pi} \cdot [0.66 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{9.1\mu} \cdot (t/1000)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}]$

dove:

 -  $\sigma_{pi}$  è la tensione iniziale nel cavo;

 -  $\rho_{1000}$  è la perdita per rilassamento (in percentuale) a 1000 ore dopo la messa in tensione, a 20 [°C] e a partire da una tensione iniziale pari a 0.7 della resistenza  $f_p$  del campione provato:

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	133 di 189

Acciaio	classe	$\rho_{1000}$
1	2	2.5

$$-\mu = \sigma_{pi}/f_{pk};$$

-  $f_{pk}$  è la resistenza caratteristica a trazione dell'acciaio;

-  $t$  è il tempo misurato in ore dalla messa in tensione.

La caduta finale per rilassamento può essere valutata con le formule sopra scritte ed inserendo un tempo di 500000 ore. Si ottiene così:

Armatura	classe	$\mu$	$\Delta\sigma_{pr}/\sigma_{pi}$	
Trave 1 - gruppo 1	2	0.747	0.048	4.80%

### 9.3.5.2 Ritiro del calcestruzzo

L'accorciamento dovuto al ritiro viene assunto pari a :

$$\text{prefabbricati } \varepsilon_{cs1} = -0.00036$$

$$\text{getto in opera } \varepsilon_{cs2} = -0.00037$$

e la conseguente caduta di tensione nell'acciaio da precompressione viene calcolata in base al modulo elastico dell'acciaio stesso:

Armatura	$\Delta\sigma_{ps}$		
Trave 1 - gruppo 1	$-0.00036 \cdot 195000000.00 =$	-70200.00	5.11%

### 9.3.5.3 Viscosità del calcestruzzo

Il valore della deformazione lenta del calcestruzzo (viscosità) si assume, ai fini del calcolo delle cadute di tensione nell'acciaio, secondo quanto indicato dalle norme (DM 17/01/2018- 11.2.10.7), pari a :

$$\phi_{inf,1} = 1.82 \quad (\text{cavi pretesi nei prefabbricati})$$

### 9.3.5.4 Sviluppo nel tempo delle cadute di tensione

Per i cavi pretesi, che agiscono sugli elementi prefabbricati, i valori totali dei fenomeni differiti esposti ai paragrafi precedenti vengono ripartiti nelle diverse fasi tenendo conto delle diverse condizioni ambientali e tensionali.

	% rilassamento	% ritiro	% viscosità
dalla posa in tensione al taglio trefoli	0.00	0.00	0.00
dal taglio trefoli al getto in opera	100.00	100.00	100.00
dal getto in opera a tempo infinito	0.00	0.00	0.00

## 9.4 Stati limite di esercizio

### 9.4.1 Stato Limite delle tensioni in esercizio - procedimento di calcolo

Per valutare lo stato tensionale nelle sezioni di verifica distingueremo le seguenti fasi:

#### PRIMA FASE

- a) al manifestarsi della precompressione
- b) prima del getto in opera
- c) subito dopo il getto in opera

#### SECONDA FASE

- d) impalcato scarico
- e) impalcato carico

In tutte le fasi la determinazione dello stato tensionale degli elementi da verificare avviene in base alla combinazione caratteristica (rara) :

$$S = G_1 + G_2 + P + Q$$

dove:

$G_1$  = permanenti strutturali

$G_2$  = permanenti non strutturali

P = precompressione

Q = azioni variabili

### 9.4.2 Stato limite di fessurazione travi prefabbricate

Per garantire la durabilità della struttura il calcolo di verifica tensionale agli Stati Limite di esercizio viene condotto con opportune limitazioni che preservano le travi principali da una eccessiva fessurazione.

A questo scopo, facendo riferimento alla normativa (tab. 4.1.IV) ed adottando le limitazioni relative alle armature *sensibili* nel caso di ambiente molto aggressivo, andrebbero verificate le seguenti condizioni:

classi di esposizione	comb. rare	comb. frequenti	comb. quasi perm.
-----------------------	------------	-----------------	-------------------

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	135 di 189

classi di esposizione	comb. rare	comb. frequenti	comb. quasi perm.
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	<nessuna verifica>	formazione fessure	decompressione

Per una maggiore tutela della durabilità dell'opera vengono invece rispettate nelle verifiche le seguenti limitazioni:

classi di esposizione	comb. rare	comb. frequenti	comb. quasi perm.
XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4	formazione fessure	decompressione	<nessuna verifica>
	$\sigma_{\text{traz.}} \leq f_{\text{ctm}}/1.2$		

#### 9.4.3 Stato Limite di deformazione

Viene valutata l'entità delle deformazioni significative degli elementi inflessi nelle varie fasi.

La valutazione di tali deformazioni viene fatta assumendo per il modulo elastico del calcestruzzo il valore:

$$E_{\text{travi}} = 36283000.00$$

$$E_{\text{soletta}} = 33346000.00$$

e, per determinare gli effetti sotto l'azione dei carichi permanenti, viene assunto un coefficiente di viscosità pari a:

$$\varphi_{\text{inf}} = 1.82$$

L'effetto della viscosità viene poi ridotto moltiplicando tutte le deformazioni conseguenti per il valore 0.5

Le frecce calcolate sono positive se rappresentano uno spostamento verso l'alto, negative se verso il basso.

##### 9.4.3.1 Prima fase

V140x210 :

	accorciamento	rotaz. testata	rotaz. testata	freccia in
	[m]	sinistra [rad]	destra [rad]	mezzeria [m]
al taglio trefoli	-0.0055	0.00489	-0.00489	0.0305
prima del getto in opera	-0.0178	0.00790	-0.00790	0.0485
al getto soletta	-0.0178	0.00618	-0.00618	0.0362
dopo maturazione	-0.0178	0.00618	-0.00618	0.0362

#### 9.4.3.2 Seconda fase

Spostamenti X in asse appoggi [m] :

	dopo maturazione	postesi e	
	soletta	cambio vincoli	t=inf.
Spalla iniziale	0.0000	0.0000	0.0000
Spalla finale	0.0000	0.0000	0.0000

Rotazioni in asse appoggi [rad] :

	dopo maturazione	postesi e	
	soletta	cambio vincoli	t=inf.
Spalla iniziale	0.00000	0.00000	0.00000
Spalla finale	0.00000	0.00000	0.00000

Frecce in mezzzeria [m] :

campata		dopo maturazione	postesi e	t=inf.	t=inf.
	X	soletta	cambio vincoli	comb. rara max	comb. rara min
1	11.40	0.0362	0.0362	0.0362	0.0267

## 9.5 Stati limite ultimi

### 9.5.1 Stato Limite Ultimo per sollecitazioni flettenti

Il calcolo dei momenti ultimi delle sezioni viene eseguito tenendo conto del diagramma  $\sigma$ - $\varepsilon$  parabola-rettangolo per il calcestruzzo, con deformazione limite pari a -0.0035 in compressione, e deformazione indefinita a trazione con tensione nulla (sezione fessurata).

Per gli acciai si utilizza un diagramma tensioni-deformazioni linearmente elastico fino alla tensione di rottura e lineare orizzontale fino alla deformazione 0.01, sia in trazione che in compressione.

Si rimanda al capitolo dei materiali per i valori dei moduli elastici e delle tensioni di calcolo.

Nel calcolo del momento ultimo si tiene conto del delta di deformazione  $\varepsilon_{sp}$  dell'acciaio da precompressione rispetto agli altri materiali.

### 9.5.2 Stato Limite Ultimo per sollecitazioni taglianti e torcenti

Per valutare i tagli e momenti torcenti resistenti viene utilizzata la formulazione indicata dalle norme:

$$V_{Rd} = [0.18/\gamma_c \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \quad (\text{taglio ultimo in assenza di armatura trasversale})$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot (\cotan\alpha + \cotan\theta) / (1 + \cotan^2\theta) \quad (\text{taglio ultimo per rottura delle bielle compresse})$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot (A_{sw}/s) \cdot f_{yd} \cdot (\cotan\alpha + \cotan\theta) \cdot \sin\alpha \quad (\text{taglio ultimo per rottura delle staffe})$$

$$T_{Rcd} = 2 \cdot A_k \cdot 0.5 \cdot f_{cd} \cdot \cotan\theta / (1 + \cotan^2\theta) \quad (\text{momento torcente ultimo per rottura delle bielle compresse})$$

$$T_{Rsd} = 2 \cdot A_k \cdot (A_{sw,parete}/s) \cdot f_{yd} \cdot \cotan\theta \quad (\text{momento torcente ultimo per rottura delle staffe})$$

Dove:

d: altezza utile della sezione

$b_w$ : larghezza minima della sezione

$A_{sw}$ : area armatura trasversale nella sezione

$A_{sw,parete}$ : area armatura trasversale minima nelle pareti

s: passo staffe

$\alpha$ : inclinazione risp. all'orizzontale delle armature trasversali (90 [deg])

$\theta$ : inclinazione bielle compresse in cls

$\alpha_c$ : coeff. maggiorativo dovuto alla presenza dello sforzo assiale

$A_{sl}$ : area acciaio in zona tesa

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

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

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \cdot d)$$

$A_k$ : area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico della sezione

Nel modello a traliccio a rottura si considerano inclinate a 45 [deg] le bielle compresse di calcestruzzo in sezioni non precomprese, mentre si tiene conto dell'effetto benefico della precompressione valutando una minore inclinazione delle bielle in base alla tensione principale di trazione presente nella sezione a quota baricentrica.

L'inclinazione così determinata viene comunque limitata come indicato nelle norme citate.

### 9.5.3 Stato Limite Ultimo per scorrimento tra i getti

Viene calcolato lo sforzo di scorrimento di progetto  $S_{Edi}$  tra il calcestruzzo delle travi prefabbricate e quello gettato in opera, e viene confrontato con quello ultimo di interfaccia  $S_{Rdi}$ , utilizzando le indicazioni della normativa EN1991-1-1-6.2.5

$$S_{Edi} = \beta \cdot V_{Ed}/z$$

in cui:

- $\beta$  è il rapporto tra la forza longitudinale nell'ultimo getto di calcestruzzo e la forza longitudinale totale in zona compressa o tesa, entrambe calcolate nella sezione considerata, assunto = 1.0
- $V_{Ed}$  è la forza di taglio trasversale di 2<sup>a</sup> fase
- $z$  è il braccio della coppia interna della sezione composta

$$S_{Rdi} = b_i \cdot (c \cdot f_{ctd} + \mu \cdot \sigma_n) + A_{sw}/s \cdot f_{yd} \cdot \mu \leq 0.5 \cdot b_i \cdot v \cdot f_{cd}$$

in cui:

Larghezza superficie contatto / spess. tot. anime	$b_i/b_w$	1.000	[-]
Fattore di coesione tra le superfici	$c$	0.350	[-]
Resistenza a trazione di progetto	$f_{ctd}$	1446.17	[KN/m <sup>2</sup> ]
Coefficiente di attrito tra le superfici	$\mu$	0.600	[-]
Compressione normale alle superfici di contatto	$\sigma_n$	140.00	[KN/m <sup>2</sup> ]
Area complessiva staffa di collegamento	$A_{sw}$	<variabile>	[m <sup>2</sup> ]
Passo staffe di collegamento	$s$	<variabile>	[m]
Resistenza calcestruzzo più debole	$f_{cd}$	18813.33	[KN/m <sup>2</sup> ]

### 9.6 Verifica delle sezioni

**9.6.1 Verifica sezione  $X=0.00$  - Sezione all'appoggio**

9.6.1.1 Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-0.50	0.00	prefabb.:
2	-0.68	1.17	non reag.trazione
3	-1.05	1.26	
4	-1.05	1.40	
5	-0.45	1.40	
6	-0.45	1.35	
7	-0.43	1.17	
8	-0.33	0.45	
9	-0.25	0.35	
10	0.00	0.34	
11	0.25	0.35	
12	0.33	0.45	
13	0.43	1.17	
14	0.45	1.35	
15	0.45	1.40	
16	1.05	1.40	
17	1.05	1.26	
18	0.68	1.17	
19	0.50	0.00	fine prefabb.

A	$J_f$	$Z_g$
1.015	0.2158	0.68

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	140 di 189

&lt;nessuna armatura di precompressione pretesa&gt;

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	0.03	0.002	armatura longit. appoggio 10Ø16

Sezione ideale (n=15.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f, id</sub>	Z <sub>g, id</sub>
	1.045	0.2281	0.66

Sollecitazioni	M <sub>esterno</sub>
prima del getto in opera	141.09
dopo getto 2a fase	0.00

#### 9.6.1.1.1 Tensioni nei materiali in prima fase

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	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{long, max}$	pos.	$\sigma_{long, min}$	pos.
prima del getto in opera	0.00	0.00		0.00	
dopo getto 2a fase	0.00	0.00		0.00	

#### 9.6.1.1.2 Verifica a rottura per flessione dopo getto 2a fase

&lt;sollecitazioni flettenti nulle&gt;

### 9.6.1.1.3 Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$
	0.785	0.48		0.00314

d	K	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
1.37	1.382	0.002	0.0031	0.00	1.000

$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$
262.59	1515.75	3827.48

$$V_{Ed,max} = 649.29 < 1515.75$$

### 9.6.1.2 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

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

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.0%	0.00	0.0%
rilassamento acciaio	0.0%	0.00	0.0%
viscosità cls	-	0.00	0.0%

### 9.6.1.2.1 Verifiche in esercizio

#### 9.6.1.2.1.1 Verifica tensionale

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-0.50	0.00	prefabb.:
2	-0.68	1.17	non reag.trazione
3	-1.05	1.26	
4	-1.05	1.40	
5	-0.45	1.40	
6	-0.45	1.35	
7	-0.43	1.17	
8	-0.33	0.45	
9	-0.25	0.35	
10	0.00	0.34	
11	0.25	0.35	
12	0.33	0.45	
13	0.43	1.17	
14	0.45	1.35	
15	0.45	1.40	
16	1.05	1.40	
17	1.05	1.26	
18	0.68	1.17	
19	0.50	0.00	fine prefabb.
20	-0.50	0.00	
21	-2.25	1.67	getto in opera
22	1.05	1.67	(m=0.919)
23	1.05	1.40	non reag.trazione

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	143 di 189

n.	Y	Z
24	-2.25	1.40
25	-2.25	1.67

A	J <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
1.833	0.5539	1.06

<nessuna armatura di precompressione pretesa>

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	0.03	0.002	armatura longit. appoggio 10Ø16

Sezione ideale (n=15.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f, id</sub>	Z <sub>g, id</sub>
	1.864	0.5854	1.04

Tensioni sul cls - V140x210 :

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

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	144 di 189

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00	0.00	0.00

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-senza carichi	0.00	0.00		0.00	
t=inf.-SLE Rare	0.00	0.00		0.00	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00		0.00	

#### 9.6.1.2.1.2 Verifica a rottura per flessione t=inf.

<sollecitazioni flettenti nulle>

#### 9.6.1.2.1.3 Verifica rottura per taglio t=inf.

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	b <sub>w</sub>	Staffe:	A <sub>sw</sub>
	0.785	0.48		0.00314

d	K	A <sub>sl</sub>	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
1.64	1.349	0.002	0.0026	0.00	1.000

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
291.74	1814.47	4581.80

$$V_{Ed,max} = 1389.36 < 1814.47$$

Trazione per taglio (V=1389.36) = 694.68 [KN]

#### 9.6.1.2.1.4 Verifica rottura per torsione t=inf.

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	145 di 189

<b>Calcestruzzo:</b>	$\theta$ [rad]	$f'_{cd}$	<b>Staffe parete:</b>	$A_{sw}$
	0.785	12934.17		0.00157

$A_k$	$t_{min}$	$u_k$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
2.378	0.24	6.43	0.00	1.000

$T_{Rcd}$	$T_{Rsd}$
7382.10	2923.44

$$T_{Ed,max} = 220.91 < 2923.44$$

$$\text{Trazione per torsione (T=2923.44)} = 3952.26 \text{ [KN]}$$

$$\text{Trazione per torsione (T=220.91)} = 298.65 \text{ [KN]}$$

$$\text{Sforzo di precompressione presente} = 0.00 \text{ [KN]}$$

$$\text{armatura longitudinale minima (T=T}_{Ed,max}=220.91) = 0.001 \text{ [m}^2\text{]}$$

#### 9.6.1.2.1.5 Verifica a taglio/torsione $t=inf$ .

L'azione combinata di taglio e torsione impegna i materiali (bielle di calcestruzzo e staffe di acciaio) in misura superiore a quella delle azioni singole dei due parametri di sollecitazione.

Viene perciò eseguita la verifica secondo il punto 4.1.2.3.6 - [4.1.40] nella combinazione più sfavorevole.

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |-220.91/2923.44| + |1389.36/1814.47| = 0.841$$

#### 9.6.1.2.1.6 Forze di scorrimento tra i getti

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di 0.480 [m<sup>2</sup>] (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione X=0.00 risultano:

--	--	--

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	146 di 189

max valore di progetto scorrimento interfaccia	547.85	[KN/m]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	0.00	[KN/m]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	±283.28	[KN/m]
staffe di collegamento	0.0031	[m <sup>2</sup> /m]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	±1020.87	[KN/m]

## 9.6.2 Verifica sezione X=11.40 - Sezione di mezzeria

### 9.6.2.1 Prima fase: sola trave

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-0.50	0.00	prefabb.:
2	-0.68	1.17	reag.trazione
3	-1.05	1.26	
4	-1.05	1.40	
5	-0.55	1.40	
6	-0.55	1.35	
7	-0.53	1.17	
8	-0.41	0.35	
9	-0.34	0.25	
10	0.00	0.23	
11	0.34	0.25	
12	0.41	0.35	
13	0.53	1.17	
14	0.55	1.35	
15	0.55	1.40	
16	1.05	1.40	

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	147 di 189

n.	Y	Z	
17	1.05	1.26	
18	0.68	1.17	
19	0.50	0.00	fine prefabb.

A	J <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
0.719	0.1760	0.66

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	0.18	0.002
2	0.12	0.002
3	0.06	0.002

Z <sub>g,p</sub>	A <sub>p</sub>
0.12	0.006

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
	0.752	0.1854	0.64

Cadute di tensione prima del taglio trefoli :

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.0%	0.00	0.0%
rilassamento acciaio	0.0%	0.00	0.0%

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	148 di 189

Sollecitazioni	$M_{\text{esternò}}$	$N_{\text{precomp.}}$	$M_{\text{precomp.}}$
t=0 dopo taglio trefoli	1169.78	-7645.00	-4135.70
prima del getto in opera	1661.80	-5799.27	-3137.22
dopo getto 2a fase	2741.15	-5799.27	-3137.22

### 9.6.2.1.1 Tensioni nei materiali in prima fase

Tensioni sul calcestruzzo	$\sigma_{e,\text{max}}$	$\sigma_{i,\text{max}}$
t=0 dopo taglio trefoli	1241.50	-19773.24
prima del getto in opera	0.00	0.00
dopo getto 2a fase	-6659.09	-8599.26

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{\text{sp}}$	$\sigma_{\text{long,max}}$	pos.	$\sigma_{\text{long,min}}$	pos.
t=0 dopo taglio trefoli	1267438.3 2	0.00		0.00	
prima del getto in opera	0.00	0.00		0.00	
dopo getto 2a fase	992461.05	0.00		0.00	

Cadute di tensione dal taglio trefoli al getto soletta :

	%	$\Delta\sigma_{\text{sp}}$	$\Delta\sigma_{\text{sp}}/\sigma_{\text{spi}}$
ritiro cls	100.0 %	70200.00	5.1%
rilassamento acciaio	100.0 %	66003.86	4.8%
viscosità cls	100.0 %	195762.25	14.2%

Cadute di tensione durante maturazione soletta :

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	149 di 189

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.0%	0.00	0.0%
rilassamento acciaio	0.0%	0.00	0.0%
viscosità cls	-	0.00	0.0%

### 9.6.2.1.2 Verifica a rottura per flessione dopo getto 2a fase

 Presollecitazione armature pretese :  $\varepsilon_{sp,z=0.12}=0.00535$ 

fless.	Z asse neutro	Mr	$\varepsilon_{sup}$	$Z_{\varepsilon_{sup}}$	$\varepsilon_{inf}$	$Z_{\varepsilon_{inf}}$
(+)	0.62	8512.58	-0.00350	1.40	0.00253	0.06
(-)	0.26	-111.35	-0.00110	0.18	-0.00350	0.00

 $M_{d,max} = 3700.55 < 8512.58 \quad K_r=2.300$ 

### 9.6.2.1.3 Verifica a rottura per taglio dopo getto 2a fase

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	$b_w$	Staffe:	$A_{sw}$
	0.381	0.28		0.00157

d	K	$A_{sl}$	$\rho_l$	$\sigma_{cp}$	$\alpha_c$
1.34	1.386	0.004	0.0104	-8070.42	1.250

$V_{Rd}$	$V_{Rsd}$	$V_{Rcd}$
680.02	1853.19	1882.59

 $V_{Ed,max} = 0.00 < 1853.19$

### 9.6.2.2 Seconda fase: trave + getto in opera

Tensioni sul calcestruzzo dopo 28gg dal getto :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{i,max}$
trave prefabbricata	-6659.09	-8599.26
getto in opera	0.00	0.00

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

	%	$\Delta\sigma_{sp}$	$\Delta\sigma_{sp}/\sigma_{spi}$
ritiro cls	0.0%	0.00	0.0%
rilassamento acciaio	0.0%	0.00	0.0%
viscosità cls	-	0.00	0.0%

### 9.6.2.2.1 Verifiche in esercizio

#### 9.6.2.2.1.1 Verifica tensionale

Sezione di calcestruzzo :

n.	Y	Z	
1	-0.50	0.00	prefabb.:
2	-0.68	1.17	reag.trazione
3	-1.05	1.26	
4	-1.05	1.40	
5	-0.55	1.40	
6	-0.55	1.35	
7	-0.53	1.17	
8	-0.41	0.35	
9	-0.34	0.25	
10	0.00	0.23	

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	151 di 189

n.	Y	Z	
11	0.34	0.25	
12	0.41	0.35	
13	0.53	1.17	
14	0.55	1.35	
15	0.55	1.40	
16	1.05	1.40	
17	1.05	1.26	
18	0.68	1.17	
19	0.50	0.00	fine prefabb.
20	-0.50	0.00	
21	-2.25	1.67	getto in opera
22	1.05	1.67	(m=0.919)
23	1.05	1.40	non reag.trazione
24	-2.25	1.40	
25	-2.25	1.67	

A	J <sub>f</sub>	Z <sub>g</sub>
1.537	0.4713	1.13

Armature di precompressione :

n.	Z	area
1	0.18	0.002
2	0.12	0.002
3	0.06	0.002

Z <sub>g,p</sub>	A <sub>p</sub>

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	152 di 189

$Z_{g,p}$	$A_p$
0.12	0.006

Armature lente longitudinali :

n.	Z	area	
1	1.45	0.000	1Ø16
2	1.45	0.000	1Ø16
3	1.45	0.000	1Ø16
4	1.45	0.000	1Ø16
5	1.45	0.000	1Ø16
6	1.45	0.000	1Ø16
7	1.45	0.000	1Ø16
8	1.45	0.000	1Ø16
9	1.45	0.000	1Ø16
10	1.45	0.000	1Ø16
11	1.45	0.000	1Ø16
12	1.45	0.000	1Ø16
13	1.45	0.000	1Ø16
14	1.45	0.000	1Ø16
15	1.45	0.000	1Ø16
16	1.45	0.000	1Ø16
17	1.45	0.000	1Ø16
18	1.64	0.000	1Ø16
19	1.64	0.000	1Ø16
20	1.64	0.000	1Ø16
21	1.64	0.000	1Ø16

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	153 di 189

n.	Z	area	
22	1.64	0.000	1Ø16
23	1.64	0.000	1Ø16
24	1.64	0.000	1Ø16
25	1.64	0.000	1Ø16
26	1.64	0.000	1Ø16
27	1.64	0.000	1Ø16
28	1.64	0.000	1Ø16
29	1.64	0.000	1Ø16
30	1.64	0.000	1Ø16
31	1.64	0.000	1Ø16
32	1.64	0.000	1Ø16
33	1.64	0.000	1Ø16
34	1.64	0.000	1Ø16

Sezione ideale (n=6.000)	A <sub>id</sub>	J <sub>f,id</sub>	Z <sub>g,id</sub>
	1.612	0.5124	1.12

Tensioni sul cls - V140x210 :

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	-6659.09	-6659.09	-8599.26	-8599.26
t=inf.-SLE Rare	-6659.09	-8319.01	-2026.93	-8599.26
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	-6659.09	-7236.61	-6312.64	-8599.26

Tensioni sul cls - getto in opera :

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

## IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	154 di 189

	$\sigma_{e,max}$	$\sigma_{e,min}$	$\sigma_{i,max}$	$\sigma_{i,min}$
t=inf.-senza carichi	0.00	0.00	0.00	0.00
t=inf.-SLE Rare	0.00	-2984.69	0.00	-1525.55
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	-1038.42	0.00	-530.77

Tensioni sugli acciai	$\sigma_{sp}$	$\sigma_{sl,max}$	pos.	$\sigma_{sl,min}$	pos.
t=inf.-senza carichi	941888.21	0.00		0.00	
t=inf.-SLE Rare	926409.83	0.00		-18426.98	
t=inf.-SLE Quasi Permanenti	0.00	0.00		-6411.06	

## 9.6.2.2.1.2 Verifica a rottura per flessione t=inf.

presollecitazione nelle armature di precompressione :

	Z cavo risult.	$\Delta \epsilon_{sp}$
Armature pretese	0.12	0.00509

fless.	Z asse neutro	Mr	$\epsilon_{sup}$	$Z_{\epsilon_{sup}}$	$\epsilon_{inf}$	$Z_{\epsilon_{inf}}$
(+)	1.46	11961.72	-0.00149	1.67	0.01000	0.06
(-)	0.35	-3817.31	0.01000	1.64	-0.00268	0.00

$$M_{d,max} = 7868.99 < 11961.72 \quad K_r=1.520$$

## 9.6.2.2.1.3 Verifica rottura per taglio t=inf.

Calcestruzzo:	$\theta$ [rad]	bw	Staffe:	$A_{sw}$
	0.381	0.28		0.00157

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	155 di 189

d	K	A <sub>sl</sub>	ρ <sub>l</sub>	σ <sub>cp</sub>	α <sub>c</sub>
1.64	1.349	0.009	0.0196	-3771.98	1.146

V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>
592.07	2268.09	2112.03

$$V_{Ed,max} = 127.00 < 2112.03$$

Trazione per taglio (V=127.00) = 158.75 [KN]

#### 9.6.2.2.1.4 Verifica rottura per torsione $t=inf.$

Calcestruzzo:	θ [rad]	f' <sub>cd</sub>	Staffe parete:	A <sub>sw</sub>
	0.381	12934.17		0.00079

A <sub>k</sub>	t <sub>min</sub>	u <sub>k</sub>	σ <sub>cp</sub>	α <sub>c</sub>
2.607	0.14	6.68	-3771.98	1.146

T <sub>Rcd</sub>	T <sub>Rsd</sub>
3730.82	4006.50

$$T_{Ed,max} = 19.45 < 3730.82$$

Trazione per torsione (T=3730.82) = 11948.11 [KN]

Trazione per torsione (T=19.45) = 62.30 [KN]

Sforzo di precompressione presente = -5799.27 [KN]

<armatura longitudinale non necessaria>

9.6.2.2.1.5 *Verifica a taglio/torsione t=inf.*

L'azione combinata di taglio e torsione impegna i materiali (bielle di calcestruzzo e staffe di acciaio) in misura superiore a quella delle azioni singole dei due parametri di sollecitazione.

Viene perciò eseguita la verifica secondo il punto 4.1.2.3.6 - [4.1.40] nella combinazione più sfavorevole.

$$T_{Ed}/T_{Rd} + V_{Ed}/V_{Rd} = |19.45/3730.82| + |-127.00/2112.03| = 0.065$$

9.6.2.2.1.6 *Forze di scorrimento tra i getti*

Con riferimento ad una area di interfaccia tra i getti di 0.280 [m<sup>2</sup>] (lunghezza unitaria), gli sforzi di scorrimento tra i getti alla sezione X=11.40 risultano:

max valore di progetto scorrimento interfaccia	4.63	[KN/m]
min valore di progetto scorrimento interfaccia	-89.77	[KN/m]
scorrimento ultimo per coesione ed attrito	±165.24	[KN/m]
staffe di collegamento	0.0016	[m <sup>2</sup> /m]
scorrimento ultimo per coesione, attrito, staffe	±534.04	[KN/m]

### 9.6.3 Diagrammi

#### 9.6.3.1 SLU

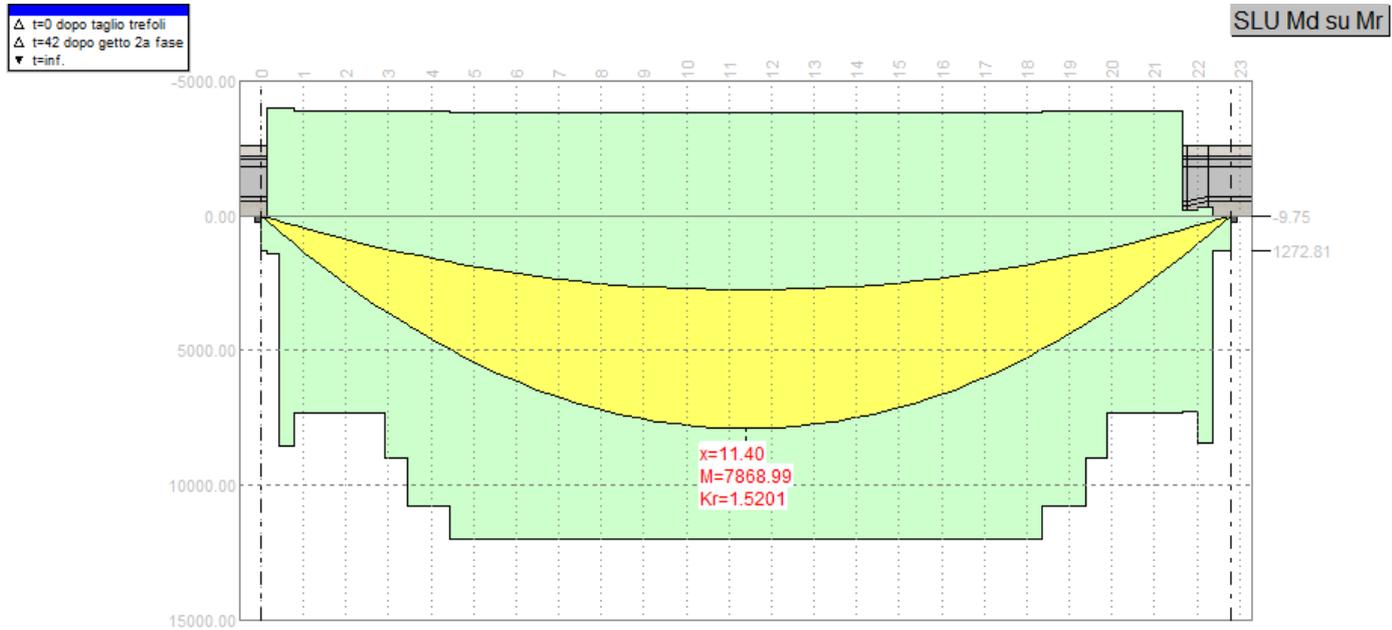


Figura 17 - Momento flettente SLU a t inf.

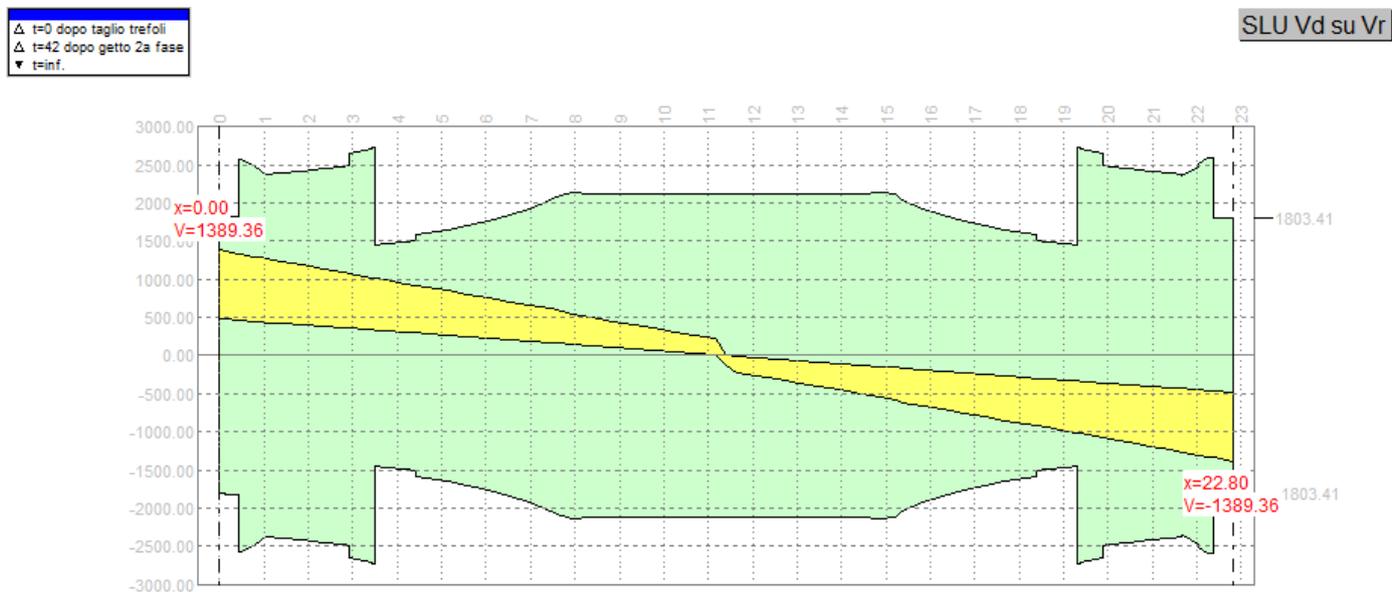


Figura 18 - Taglio SLU a t inf.

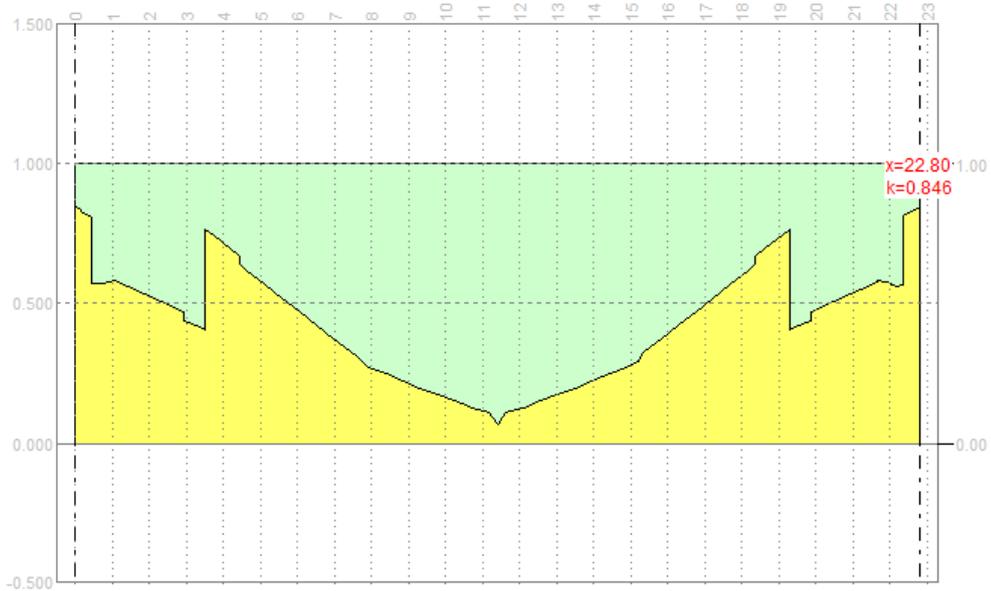


Figura 19 - Taglio – torsione SLU



Figura 20 - Scorrimento interfaccia trave-soletta SLU

9.6.3.2 SLE

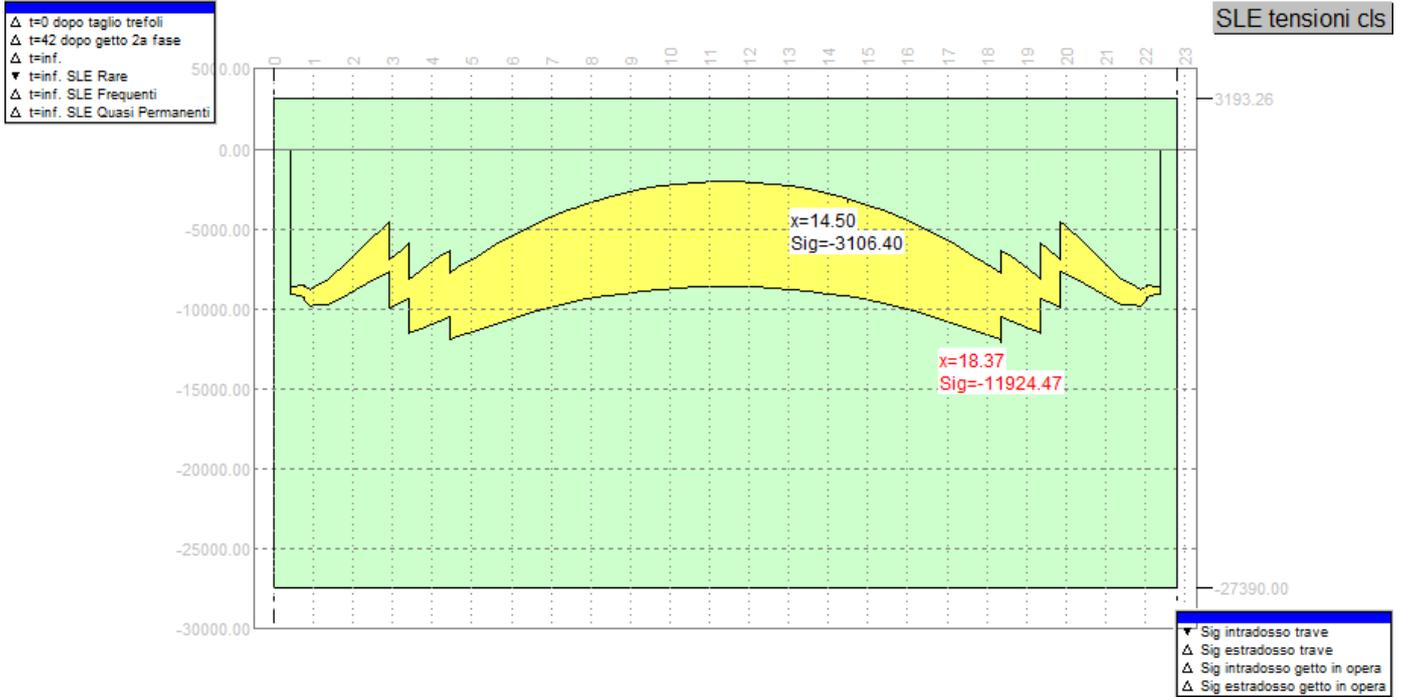


Figura 21 Tensioni cls – SLE RARA - t inf.

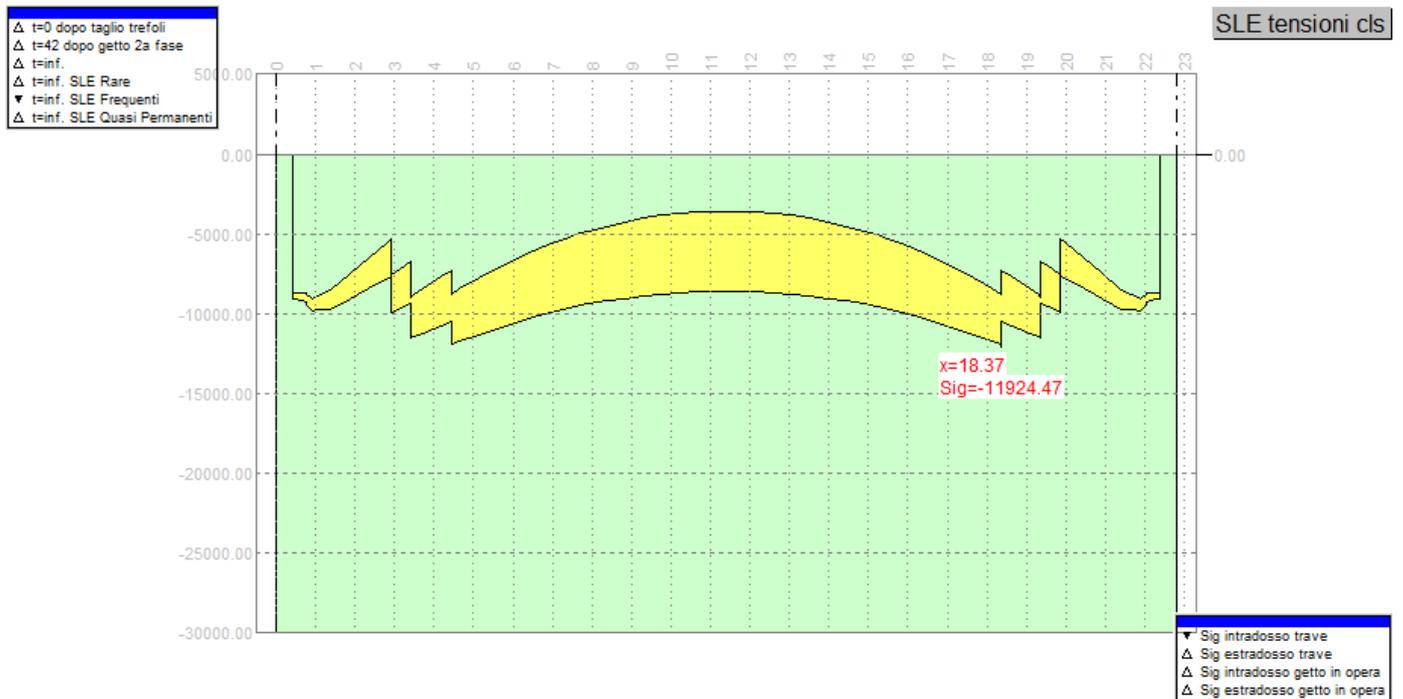
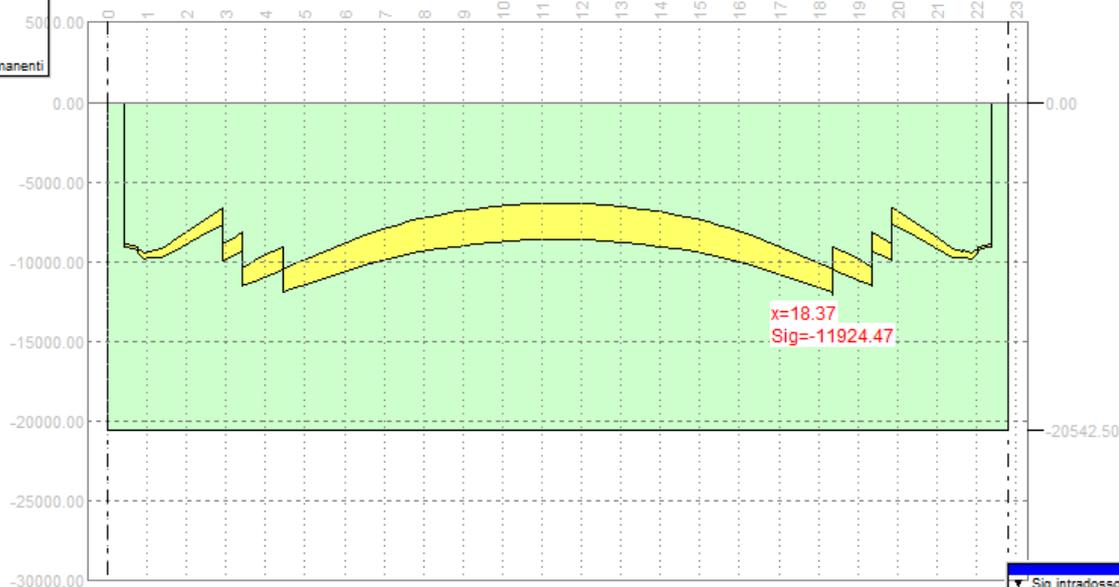


Figura 22 – Tensioni cls – SLE FREQUENTE - t inf.

Δ t=0 dopo taglio trefoli  
 Δ t=42 dopo getto 2a fase  
 Δ t=inf.  
 Δ t=inf. SLE Rare  
 Δ t=inf. SLE Frequenti  
 ▼ t=inf. SLE Quasi Permanenti

SLE tensioni cls



▼ Sig intradosso trave  
 Δ Sig estradosso trave  
 Δ Sig intradosso getto in opera  
 Δ Sig estradosso getto in opera

Figura 23 – Tensioni cls – SLE QUASI PERMANENTE - t inf.

### 9.6.3.3 Effetto del ritiro differenziale trave soletta

Il ritiro differenziale trave – soletta apporta variazioni tensionali poco significative, che, sommate alle tensioni dovute alle altre azioni, conducono a tensioni complessive compatibili con i limiti a compressione del cls in zona compressa:

#### Ritiro da essiccamento trave

#### ritiro diff soletta

fck=	45 MPa		32 MPa
U.R.=	75 %		75 %
ec0=	-0.00026		-0.00030
h0=	326 mm	dimensione fittizia	540 mm
kh=	0.744		0.700
valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento			
ecd,∞=	-0.00019 MPa		-0.000213
		rit diff	-0.000136

Sviluppo nel tempo della deformazione ecd

t=	360 giorni		36500 giorni
ts=	1 giorni		28 giorni
bds(t-ts)=	0.60398		0.986425
ecd(t)=	-0.00012		-0.000210
resto a t inf	-0.000077		

Il ritiro autogeno avviene contestualmente alla presa, pertanto non è considerato.

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	161 di 189

**G) Ritiro differenziale trave - soletta**

Soletta - $f_{ck}$ =	32.0 MPa		
U.R.=	75 %		
$\epsilon_{c0}$ =	-0.00030		
$h_0$ =	540 mm		
$kh$ =	0.7		
Coeff ritiro soletta a $t=\text{inf}$	-0.00021		
Coeff ritiro trave a $t=\text{inf}$	-0.00019		
Coeff ritiro trave a $t=360$ gg	-0.00012		
Ritiro differenziale $\epsilon_{rd}$ =	-0.00014		
Modulo ridotto $E_{sr} = E_s / (1+2.3) =$	10104777 kN/mq	Area soletta=	0.79 mq
$N = \epsilon_{rd} \times E_{sr} \times A_s =$	-1086 kN	eccentricità $e =$	0.46 m
$M = N \times e =$	497 kNm		
Tensioni parziali: $\sigma_s =$	-1.1 MPa		
$\sigma_i =$	0.4 MPa		
$\sigma_{sss} =$	0.1 MPa		
$\sigma_{ssi} =$	0.4 MPa		

## 10 VERIFICA DEL TRAVERSO DI CAMPATA

Le sollecitazioni agenti sono desunte dal par. 8.10 e di seguito sintetizzate:

### SLU

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
0.00	asse travi	402.65	-450.39
1.50		370.77	-528.46

### SLE RARA

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
0.00	asse travi	130.52	-318.57
1.00		116.62	-369.42
1.50		114.06	-376.92

### SLE FREQUENTE

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
1.50		-49.65	-345.69

### SLE QUASI PERMANENTE

Sez.	Descrizione	Mmax [KN·m]	Mmin [KN·m]
0.00	asse travi	-260.01	-315.64
1.00		-253.94	-307.90

Si verifica la sezione composta a T trasverso+soletta collaborante. La sezione in corrispondenza dell'asse travi presenta il passo d'uomo e risulta in una sezione a doppio T forata con la controsoletta collaborante del cassoncino. Ne deriva che la verifica più sfavorevole è relativa alla sezione piena del trasverso appena al di fuori del cassone. In favore di sicurezza, per detta sezione si assume, come sollecitazione flettente positiva, quella risultante in mezzzeria.

La parte di soletta collaborante è pari a  $b = b_0 + b_1 + b_2$ ,  $b_1 = b_2 = (0.25 (L_1 + L_2)) / 8 = 45 \text{ cm} \Rightarrow b = 40 + 2 \cdot 45 = 130 \text{ cm}$ .

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	163 di 189

Si dispone una barra Dywidag Ø 36 per ciascuna asola, mentre in soletta sono presenti Ø 12/20 inferiori e superiori.

La verifica è effettuata con un acciaio B450C, pertanto il diametro delle barre è un diametro equivalente ottenuto dall'omogeneizzazione delle barre stesse in acciaio B450C:

$$d' = d \text{ radq}(f_{yd}/f_{yd}')$$

Si assume, cautelativamente, un cls C32/40 per l'intera sezione.

#### DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.

##### NOME SEZIONE: Trasverso\_campata

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

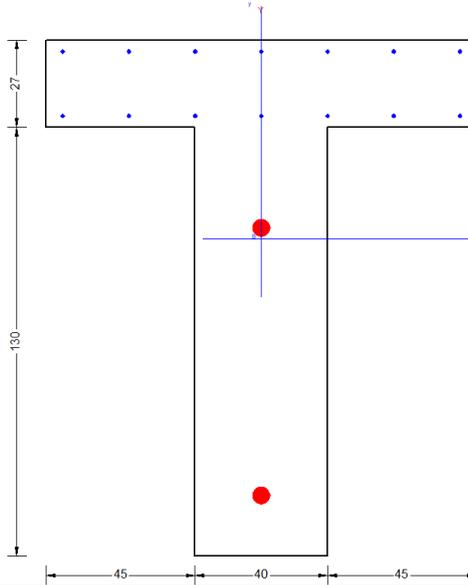
#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	192.00	daN/cm <sup>2</sup>
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2100000	daN/cm <sup>2</sup>
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo β1*β2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito β1*β2 :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
NN1X 00 D78CL NW 01 00 003 A 164 di 189

Nome sezione: Trasverso\_campata  
Capitolo: Impalcato (semplice) - 20 cm - Coprigliata staffe: 1,9 cm



**Legenda barre**

- 14 Ø 12
- 2 Ø 52.3

**Dati sezione solo conglom.**

ASST X-Y: Max Sezione  
Area = 8673 cm<sup>2</sup>  
X\_barric = 0.000 cm  
Y\_barric = 0.000 cm  
Sx = 0 cm<sup>3</sup>  
Sy = 0 cm<sup>3</sup>  
Ix = 20388354 cm<sup>4</sup>  
Iy = 5567950 cm<sup>4</sup>

Al tot = 58.80 ( 0.68 %)

**Visualizza**

- Asse riferimento sezione
- Quotatura sezione
- Numer. vertici congl.
- Numerazione barre
- Griglia di riferimento
- Passo griglia (cm) 100.0

Dati generali | **Dati sezione** | Sforzi | Risultati

**Modalità di calcolo**

Verifica: Resist. - Duttibilità  Progetto armature

**CALCESTRUZZO**

N° Domini Conglomerato: 1 | Dominio corr.: N° 1

Tipo congl. corr.: C32/40

Forma Dominio Corrente:  Poligonale Pieno  Poligonale Vuoto  Circolare Pieno  Circolare Vuoto

**Coordinate Vertici Dom. (ordinati con verso orario)**

N° Vertice	X vertice (cm)	Y vertice (cm)
4	20.00	-96.47
5	-20.00	-96.47
6	-20.00	33.86
7	20.00	33.86

Shift Origine

**ARMATURE**

Acciaio barre longitudinali: B450C

Barre nei vertici dei domini poligonali (cm):  Nessuna  1 barra per ogni vertice  3 barre per ogni vertice

Diam. (mm) 16 Coprif. 3.5 Interf. netto 2

**Barre nei Vertici + Barre Isolate**

N°	X (cm)	Y (cm)	Ø (mm)
15	0.00	3.33	52
16	0.00	-78.17	52
17			
18			

**Generazioni lineari di barre**

N°gen	Barra Iniz.	Barra Finale	N° barre	Ø (mm)
1				
2				
3				

**Generazioni circolari di barre**

N°gen	X centro	Y centro	Raggio	N° barre	Ø (mm)
1					
2					

Staffe [ponendo Diam=0 (o Passo=0): calcolo autom. staffe]

Acciaio St. B450C Ø (mm) 10 Passo (cm) 20.0

X= 50.4; Y= -70.8 RC-SEC 2018.10.0.758 NUM

## CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale  
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	65.0	60.5
2	65.0	33.9
3	20.0	33.9
4	20.0	-96.5
5	-20.0	-96.5
6	-20.0	33.9
7	-65.0	33.9
8	-65.0	60.5

## DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam Ø [mm]
1	60.0	37.4	12
2	40.0	37.4	12
3	20.0	37.4	12
4	0.0	37.4	12
5	-20.0	37.4	12
6	-40.0	37.4	12
7	-60.0	37.4	12
8	60.0	57.0	12
9	40.0	57.0	12
10	20.0	57.0	12
11	0.0	57.0	12
12	-20.0	57.0	12
13	-40.0	57.0	12
14	-60.0	57.0	12
15	0.0	3.3	52.3
16	0.0	-78.2	52.3

## CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	165 di 189

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	402.65	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-528.46	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	130.52	0.00
2	0.00	-376.92	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-345.69 (-1118.32)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione  
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-315.64 (-1118.32)	0.00 (0.00)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.9 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 18.4 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia

**IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	166 di 189

Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r, Mx Res, My Res) e (N, Mx, My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	402.65	0.00	0.00	1644.92	0.00	4.09	50.9(13.6)
2	S	0.00	-528.46	0.00	0.00	-1579.77	0.00	2.99	37.3(15.4)

**METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO**

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione  
x/d Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere  $< 0.45$   
Xc max Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es min Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)  
Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)  
es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)  
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)  
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.064	-65.0	60.5	0.00213	-60.0	57.0	-0.05089	0.0	-78.2
2	0.00350	0.138	20.0	-96.5	0.00048	0.0	-78.2	-0.02181	-60.0	57.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro  $aX+bY+c=0$  nel rif. X,Y,O gen.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000392292	-0.020222295	0.064	0.700
2	0.000000000	-0.000164937	-0.012410660	0.138	0.700

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata  
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]  
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)  
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]  
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)  
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerata aderente alle barre  
As eff. Area barre [cm<sup>2</sup>] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	0.65	-65.0	60.5	-42.3	0.0	-78.2	1771	21.5
2	S	3.35	20.0	-96.5	-133.5	-60.0	57.0	2330	15.8

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	3.07	20.0	-96.5	-122.5	-60.0	57.0	2330	15.8

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a  $f_{ctm}$   
e1 Esito della verifica  
e2 Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
k1 Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata  
kt = 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]  
= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb. frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]

**IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	167 di 189

k2	= 0.5 per flessione; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= 1.750 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= 0.425 Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = $0.6 S_{max} / E_s$ [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = $sr_{max} * (e_{sm} - e_{cm})$ [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00060	0	0.500	12.0	29	0.00035 (0.00035)	351	0.123 (0.40)	-1118.32	0.00

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	2.80	20.0	-96.5	-111.8	-60.0	57.0	2330	15.8

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]**

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.00055	0	0.500	12.0	29	0.00032 (0.00032)	351	0.112 (0.30)	-1118.32	0.00

**Verifica della sezione di giunto**

Precompressione superiore : 1Ø36 barre  $A_p = 10.17 \text{ cm}^2$

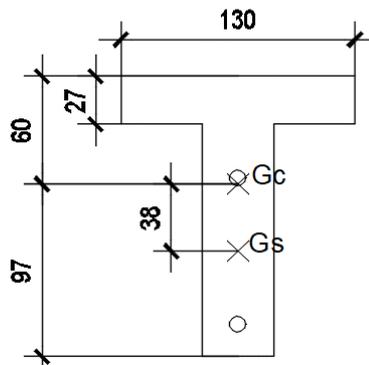
Precompressione inferiore : 1Ø36 barre  $A_p = 10.17 \text{ cm}^2$

Sezione del trasverso: b = 0.4 m

H = 1.57 m

Area: 0.8710

Principal moments and X-Y directions about centroid:  
I: 0.2045 along [1.0000 0.0000]



IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	168 di 189

**Verifica tensioni per  $t=0$** 

Le verifiche sono soddisfatte in quanto la sezione è sempre compressa e le tensioni sono inferiori ai limiti ammessi dalla normativa.

$\varnothing_{bar}$ =	36	mm	diametro barra
$A_{bar}$ =	1018	mmq	area barra
$f_{ptk}$ =	1050	MPa	tensione di rottura barra
$f_{pyk}$ =	950	MPa	tensione di snervamento barra
$\sigma_{sp0}$ =	840	MPa	tensione iniziale
$n_{bar}$ =	2		numero barre
$N_p$ =	1710	kN	Forza di tiro iniziale

**Sollecitazioni di calcolo SLE rara:**

P	Mx
kN	kNm
0.0	116.6
0.0	-369.4

**Calcolo tensioni sulla sezione completa trasverso+soletta:**

Ht	Hs	H	B	Lc	Ac	Jc,x	ys	yi	$\sigma_{s,s}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$
m	m	m	m	m	mq	m <sup>4</sup>	m	m	MPa	MPa	MPa
1.3	0.27	1.57	0.4	1.3	0.871	0.205	0.60	0.97	0.34	0.19	-0.55
1.3	0.27	1.57	0.4	1.3	0.871	0.2045	0.6	0.97	-1.08	-0.60	1.75

**Sollecitazioni da Precompressione agenti sulla sezione del solo trasverso** (con rif. alle fasi costruttive, la precompressione del trasverso è applicata prima del getto di completamento della soletta):

$e_{cc}$  (m) = 0.06

P	Mx
kN	kNm
1710.0	-102.6
1710.0	-102.6

**Calcolo tensioni sulla sezione di solo trasverso:**

Ht	Hs	H	B	Lc	Ac	Jc,x	ys	yi	$\sigma_{s,s}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$
m	m	m	m	m	mq	m <sup>4</sup>	m	m	MPa	MPa	MPa
1.3	0	1.3	0.4	0	0.520	0.073	0.65	0.65		2.38	4.20
1.3	0	1.3	0.4	0	0.52	0.073	0.65	0.65		2.38	4.20

**Tensioni risultanti SLE + Prec:**

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	169 di 189

$\sigma_{s,s}$ MPa	$\sigma$ MPa	$\sigma_i$ MPa
0.97	2.57	3.65
0.97	1.78	5.95

 $\sigma_{s,s}$  : tensione al lembo superiore della soletta

 $\sigma$  : tensione al lembo inferiore della soletta

 $\sigma_i$  : tensione al lembo inferiore del trasverso

(-) tensione

(+) compressione

### Verifica tensioni per $t=inf$

Le verifiche sono soddisfatte in quanto la sezione è sempre compressa e le tensioni sono inferiori ai limiti ammessi dalla normativa.

### Dati precompressione

$\varnothing_{bar}$ =	36	mm	diametro barra
$A_{bar}$ =	1018	mmq	area barra
$f_{ptk}$ =	1050	MPa	tensione di rottura barra
$f_{pyk}$ =	950	MPa	tensione di snervamento barra
$\sigma_{spi} \leq$	787.5	MPa	massima tensione in esercizio a perdite avvenute
%perdite=	20%		percentuale perdite di tiro
$\sigma_{spi} =$	672	MPa	tensione in esercizio a tempo infinito
$n_{bar}$ =	2		numero barre
$N_p$ =	1368	kN	Forza di tiro a tempo infinito

### Sollecitazioni di calcolo SLE rara:

P	Mx
kN	kNm
0.0	116.6
0.0	-369.4

### Calcolo tensioni sulla sezione completa trasverso+soletta:

Ht	Hs	H	B	Lc	Ac	Jc,x	ys	yi	$\sigma_{s,s}$	$\sigma$	$\sigma_i$
m	m	m	m	m	mq	m <sup>4</sup>	m	m	MPa	MPa	MPa
1.3	0.27	1.57	0.4	1.3	0.871	0.205	0.60	0.97	0.34	0.19	-0.55
1.3	0.27	1.57	0.4	1.3	0.871	0.2045	0.6	0.97	-1.08	-0.60	1.75

**Sollecitazioni da Precompressione agenti sulla sezione del solo trasverso** (con rif. alle fasi costruttive, la precompressione del trasverso è applicata prima del getto di completamento della soletta):

ecc (m) = 0.06

P	Mx
kN	kNm
1368.0	-82.1
1368.0	-82.1

### Calcolo tensioni sulla sezione di solo trasverso:

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	170 di 189

Ht	Hs	H	B	Lc	Ac	Jc,x	ys	yi	$\sigma_{s,s}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$
m	m	m	m	m	mq	m <sup>4</sup>	m	m	MPa	MPa	MPa
1.3	0	1.3	0.4	0	0.520	0.073	0.65	0.65		1.90	3.36
1.3	0	1.3	0.4	0	0.52	0.073	0.65	0.65		1.90	3.36

**Tensioni risultanti SLE + Prec:**

$\sigma_{s,s}$	$\sigma_s$	$\sigma_i$
MPa	MPa	MPa
0.97	2.09	2.81
0.97	1.31	5.11

$\sigma_{s,s}$  : tensione al lembo superiore della soletta

$\sigma_s$  : tensione al lembo inferiore della soletta

$\sigma_i$  : tensione al lembo inferiore del trasverso

(-) tensione

(+) compressione

## 11 VERIFICA DEL TRAVERSO DI TESTATA

Il trasverso di testata è dimensionato per il sollevamento dell'impalcato.

L'ipotesi è di utilizzare n 4 martinetti nella posizione indicata.

Le azioni agenti sono desunte dalle reazioni di cui al par. 8.14.

Per la valutazione delle sollecitazioni in tale fase si è realizzato un modello di calcolo monodimensionale in cui il trasverso risulta appoggiato in corrispondenza dei martinetti e sollecitato da azioni concentrate rappresentanti i carichi trasmessi dalle travi.

Dette azioni, dovute ai soli permanenti, sono moltiplicate per il fattore 1.35 (cfr. prospetto seguente):

Trave	peso trave [KN]	peso soletta+traversi [KN]	Pk [KN]	Pd [KN]
1	223.4	303.15	526.55	710.84
2	223.4	206.76	430.16	580.72
3	223.4	206.76	430.16	580.72
4	223.4	206.76	430.16	580.72
5	223.4	303.15	526.55	710.84

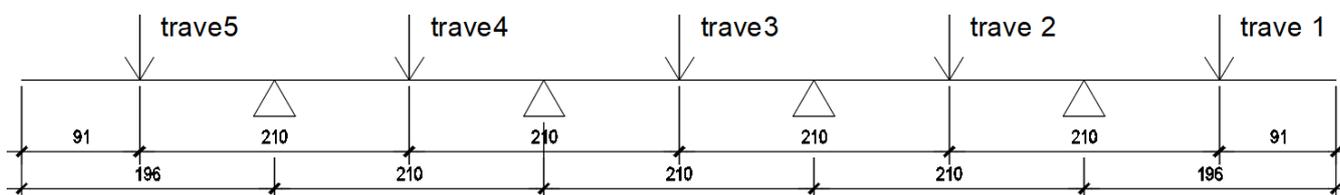


Figura 24 - Schema per il sollevamento

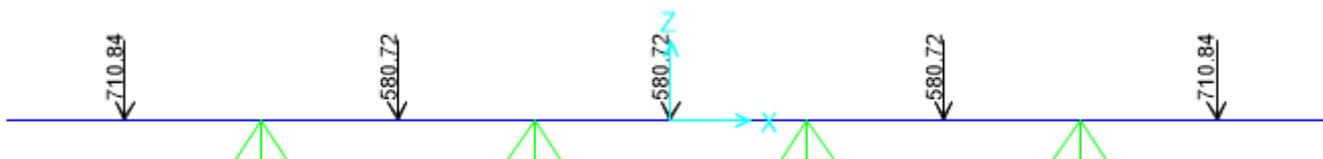


Figura 25 - Modello di calcolo

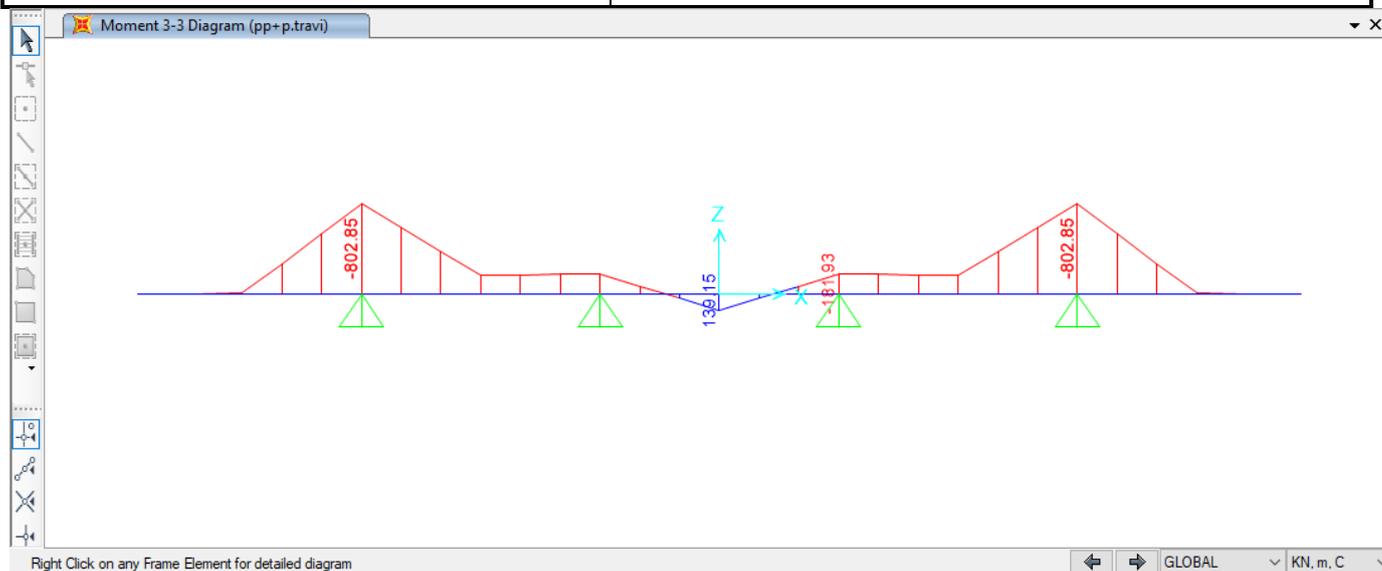


Figura 26 – Diagramma del momento flettente

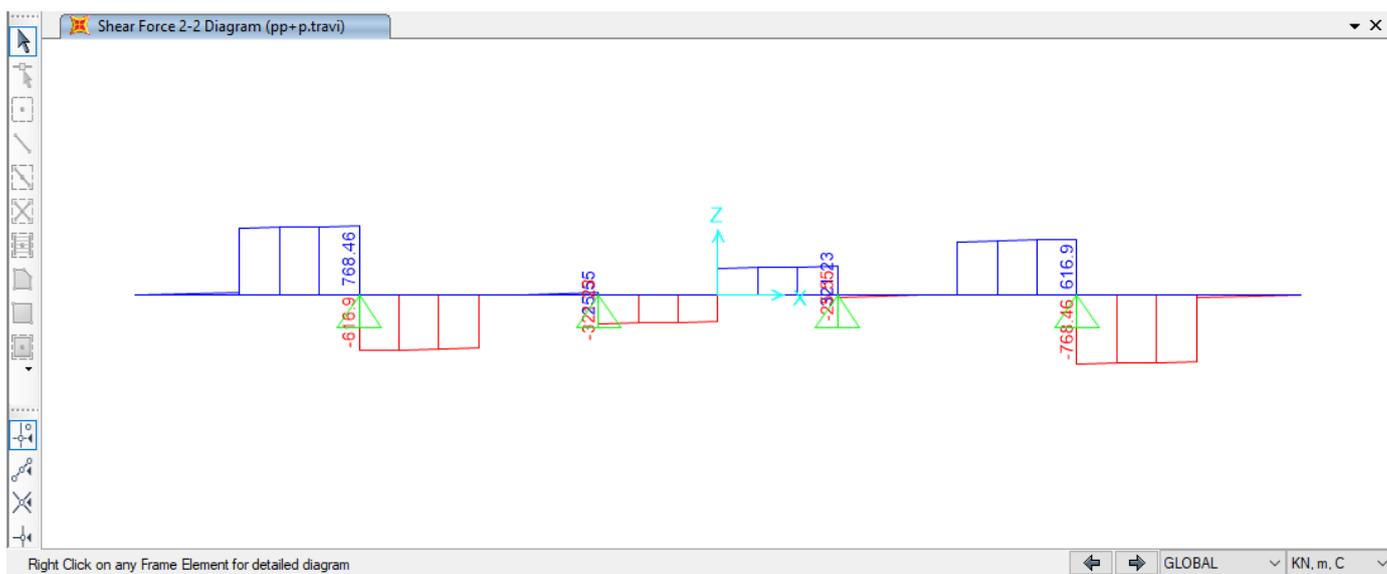


Figura 27 – Diagramma del taglio

## SLU

$M_{min} = -802.8 \text{ kNm}$

$M_{max} = 139.1 \text{ kNm}$

$T_{max} = 768.5 \text{ kN}$

Si verifica la sezione composta a T trasverso+soletta collaborante. In favore di sicurezza, per detta sezione si assume, come sollecitazione flettente positiva, quella risultante in mezzeria.

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	173 di 189

La parte di soletta collaborante è assunta pari a  $b = b_0 + \beta_1 b_{e,1} + \beta_2 b_{e,2}$ ,  $b_{e,1} = b_{e,2} = \min(L_e/8; c) = 13$  cm;  $L_e = 0.25(L_1 + L_2) = 1.05$  m;  $\beta_i = 0.55 + 0.025 L_e/b_{e,i} = 0.75 \Rightarrow b = 40 + 2 \cdot 13 \cdot 0.75 = 60$  cm, avendo indicato con c la lunghezza della soletta in corrispondenza del retrotrave.

Si dispone una barra Dywidag  $\varnothing 36$  per ciascuna asola, mentre in soletta sono presenti  $\varnothing 12/20$  inferiori e superiori.

**DATI GENERALI SEZIONE GENERICA IN C.A.**

**NOME SEZIONE:** Trasverso\_testata\_beff2

(Percorso File: \\FILE-SERVER\archivio\Archivio Disegni\MPA373 IF AQIA\_001 - Metro Salerno\3731-2\_lavi\3731-3\_NW-IV\Ponte Frestola\Analisi\Verifiche\rcsec\Trasverso\_testata\_beff2.sez)

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:	Resistenze agli Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica di Trave
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40	
	Resis. compr. di progetto fcd:	18.130	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	9.065	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0	MPa
Resis. media a trazione fctm:	3.020	MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2100000	daN/cm <sup>2</sup>
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito		

**CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO**

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	30.0	60.5
2	30.0	33.9
3	20.0	33.9
4	20.0	-96.5
5	-20.0	-96.5
6	-20.0	33.9
7	-30.0	33.9
8	-30.0	60.5

**DATI BARRE ISOLATE**

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	Diam $\varnothing$ [mm]
1	20.0	37.4	12
2	0.0	37.4	12
3	-20.0	37.4	12
4	20.0	57.0	12
5	0.0	57.0	12
6	-20.0	57.0	12

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	174 di 189

7	0.0	3.3	52.3
8	0.0	-78.2	52.3
9	-16.0	-90.0	12
10	16.0	-90.0	12
11	-16.0	-70.0	12
12	16.0	-70.0	12
13	-16.0	-50.0	12
14	16.0	-50.0	12
15	-16.0	-30.0	12
16	16.0	-30.0	12
17	-16.0	-10.0	12
18	16.0	-10.0	12
19	-16.0	10.0	12
20	16.0	10.0	12
21	-16.0	27.0	12
22	16.0	27.0	12

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm  
Passo staffe: 10.0 cm  
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)  
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.  
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.  
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y  
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	139.10	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-802.80	0.00	768.50	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 2.9 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 9.9 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 1.7 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)  
Mx Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
N Res Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)  
Mx Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia  
My Res Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
As Tesa Area armature trave [cm<sup>2</sup>] in zona tesa. [Tra parentesi l'area minima ex (4.1.15)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	139.10	0.00	0.00	1978.37	0.00	14.22	58.8(10.8)
2	S	0.00	-802.80	0.00	0.00	-1448.56	0.00	1.80	41.8(11.7)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max Deform. unit. massima del conglomerato a compressione

**IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	175 di 189

x/d	Rapporto di duttilità [§ 4.1.2.1.2.1 NTC] deve essere < 0.45
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	x/d	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.161	-30.0	60.5	0.00299	-20.0	57.0	-0.01828	16.0	-90.0
2	0.00350	0.140	20.0	-96.5	0.00245	16.0	-90.0	-0.02146	-20.0	57.0

**POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA**

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000144732	-0.005252088	0.161	0.700
2	0.000000000	-0.000162705	-0.012195428	0.140	0.700

**VERIFICHE A TAGLIO**

Diam. Staffe: 12 mm  
Passo staffe: 10.0 cm [Passo massimo di normativa = 33.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di $V_x$ e $V_y$ sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.28) NTC]
Vvd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
Dmed	Altezza utile media pesata [cm] valutata lungo strisce ortog. all'asse neutro. Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm <sup>2</sup> /m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm <sup>2</sup> /m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore $L/d_{max}$ con $L$ =lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e $d_{max}$ = massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vvd	Dmed	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
2	S	768.50	1726.64	3055.65	153.4	40.0	2.500	1.000	5.7	22.6(0.0)

## 12 SOLETTA

L'analisi delle sollecitazioni flettenti e taglianti nella direzione trasversale della soletta è stata sviluppata considerando una striscia di soletta di larghezza unitaria.

### 12.1 Campo intermedio

La soletta è interamente posizionata sul martello superiore delle travi, tuttavia per un calcolo degli effetti locali nel campo intermedio si considera uno schema semplificato di trave semi incastrata.

La verifica è condotta con riferimento alle sollecitazioni già calcolate al §8.11 e di seguito riepilogate:

#### Combinazioni SLU

$$M_{\max} = 19.69 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M_{\min} = -18.38 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

#### Combinazioni SLE

##### Rare

$$M_{\max} = 14.52 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M_{\min} = -13.57 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

##### Frequenti

$$M_{\max} = 11.37 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M_{\min} = -10.49 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

##### Quasi Permanenti

$$M_{\max} = 1.91 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

$$M_{\min} = -1.28 \text{ [KN}\cdot\text{m/m]}$$

Si dispone armatura trasversale costituita da  $\varnothing 16/20$  in zona tesa ed in zona compressa.

## DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: soletta\_intermedio

Descrizione Sezione:

Metodo di calcolo resistenza:

Normativa di riferimento:

Tipologia sezione:

Forma della sezione:

Stati Limite Ultimi

N.T.C.

Sezione predefinita di Trave

Rettagonolare

**IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	177 di 189

Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

**CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI**

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.13 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.200 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.200 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.400 MPa
Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm	

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	210000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
Comb.Rare - Sf Limite:	360.00 MPa	

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0	cm
Altezza:	22.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	19.69	0.00	0.00
2	0.00	-18.38	0.00	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-13.57
2	0.00	14.52

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	178 di 189

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	11.37 (27.34)
2	0.00	-10.49 (-27.34)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	1.91 (27.34)
2	0.00	-1.28 (-27.34)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.2 cm  
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.4 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000  
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45  
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	19.69	0.04	66.43	3.374	18.1	0.23	0.73	20.1 (3.0)
2	S	0.00	-18.38	0.04	-66.43	3.614	3.9	0.23	0.73	20.1 (3.0)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	22.0	-0.00097	17.0	-0.01170	5.0
2	0.00350	0.0	-0.00097	5.0	-0.01170	17.0

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)

**IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	179 di 189

Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata [Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm <sup>2</sup> ] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm <sup>2</sup> ] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.02	0.0	0.00	5.7	-90.4	5.0	5.4	544	10.1	22.5
2	S	3.23	22.0	0.00	16.3	-96.8	17.0	5.4	544	10.1	22.5

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2) in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00062	0.00022	0.50	0.60	0.000258 (0.000258)	221	0.057 (990.00)	-27.34
2	S	-0.00066	0.00023	0.50	0.60	0.000276 (0.000276)	221	0.061 (990.00)	27.34

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.53	22.0	0.00	16.3	-75.8	17.0	5.4	544	10.1	22.5
2	S	2.33	0.0	0.00	5.7	-69.9	5.0	5.4	544	10.1	22.5

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00052	0.00018	0.50	0.60	0.000216 (0.000216)	221	0.048 (0.40)	27.34
2	S	-0.00048	0.00017	0.50	0.60	0.000200 (0.000200)	221	0.044 (0.40)	-27.34

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.43	22.0	0.00	16.3	-12.7	17.0	5.4	544	10.1	22.5
2	S	0.29	0.0	0.00	6.7	-8.5	5.0	5.4	543	10.1	22.5

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00009	0.00003	0.50	0.40	0.000036 (0.000036)	221	0.008 (0.30)	27.34
2	S	-0.00006	0.00002	0.50	0.40	0.000024 (0.000024)	220	0.005 (0.30)	-27.34

**12.2 Sbalzo**

Per la verifica sullo sbalzo laterale si considerano lo schema di trave incastrata in corrispondenza del filo della predalle sul martello della trave di bordo.

Luce L=1,25 m

Le sollecitazioni di calcolo sono riportate al §8.11 e di seguito riepilogate:

### Combinazioni SLU

T max = 35.28 [KN/m]

M min = -26.17 [KN·m/m]

### Combinazioni SLE

#### Rare

M min = -18.48 [KN·m/m]

#### Frequenti

M min = -17.95 [KN·m/m]

#### Quasi permanenti

M min = -16.36 [KN·m/m]

Si dispone armatura trasversale costituita da  $\varnothing 16/20$  in zona tesa ed in zona compressa.

### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: soletta\_sbalzo

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Poco aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto fcd:	18.13 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	32308.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.020 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.200 MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.200 MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.400 MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300 mm

**IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	181 di 189

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	210000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$ :	0.50
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00 MPa

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0	cm
Altezza:	37.0	cm
Barre inferiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø16	(10.1 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	-26.17	35.28	0.00

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-18.48

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-17.95 (-77.88)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	-16.36 (-77.88)

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 3.2 cm

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	182 di 189

Interfero netto minimo barre longitudinali: 21.4 cm  
Copriferro netto minimo staffe: 3.2 cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
N Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)  
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
N Ult Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)  
Mx rd Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico  
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd, Mx rd) e (N, Mx)  
Verifica positiva se tale rapporto risulta  $\geq 1.000$   
Yn Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X, Y, O sez.  
x/d Rapp. di duttilità (travi e solette) [§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere  $< 0.45$   
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	-26.17	0.08	-125.35	4.790	3.9	0.12	0.70	20.1 (5.6)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	0.0	-0.00097	5.0	-0.02511	32.0

**VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

Ver S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata  
Ved Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
Vwct Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
d Altezza utile sezione [cm]  
bw Larghezza minima sezione [cm]  
Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [ $< 0.02$ ]  
Scp Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	35.28	186.97	32.0	100.0	0.0063	0.00

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata  
Sc max Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
Yc max Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X, Y, O)  
Sc min Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])  
Yc min Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X, Y, O)  
Sf min Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]  
Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X, Y, O)  
Dw Eff. Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre  
Ac eff. Area di congl. [cm<sup>2</sup>] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)  
As eff. Area Barre tese di acciaio [cm<sup>2</sup>] ricadente nell'area efficace (verifica fess.)  
D barre Distanza in cm tra le barre tese efficaci.  
(D barre = 0 indica spaziatura superiore a  $5(c+\varnothing/2)$  e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	---------

**IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN1X	00	D78CL	NW 01 00 003	A	183 di 189

1	S	1.40	0.0	0.00	8.0	-63.3	5.0	9.7	968	10.1	22.5
---	---	------	-----	------	-----	-------	-----	-----	-----	------	------

**COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; $=(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00036	0.00010	0.50	0.60	0.000181 (0.000181)	335	0.061 (990.00)	-77.88

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.36	0.0	0.00	8.0	-61.5	5.0	9.7	968	10.1	22.5

**COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00035	0.00010	0.50	0.60	0.000176 (0.000176)	335	0.059 (0.40)	-77.88

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI**

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.24	0.0	0.00	8.0	-56.0	5.0	9.7	968	10.1	22.5

**COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)**

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00032	0.00009	0.50	0.40	0.000160 (0.000160)	335	0.054 (0.30)	-77.88

### 12.3 Verifica sbalzo longitudinale

Si riporta la verifica dello sbalzo longitudinale della soletta in corrispondenza del giunto tra impalcato e spalla. Come indicato nel punto 2.6.2.7.6 del manuale di progettazione RFI DTC SI PS MA IFS 001 B in corrispondenza delle interruzioni della continuità strutturale della soletta, come ad esempio i giunti trasversali, le verifiche locali degli sbalzi longitudinali dell'impalcato andranno effettuate adottando per il coefficiente di incremento dinamico  $q_2$  citato al punto 5.1.3.4 delle NTC2018, un valore pari ad almeno 1.5. Lo schema di carico mobile considerato nelle verifiche è lo "schema di carico 2" che prevede due impronte di carico da 200 kN su area  $0.35 \times 0.6$  m. Il carico considerato agente, a favore di sicurezza, interamente all'estremità della mensola longitudinale è pari quindi a  $200 \times 1.5 = 300$  kN.

Nella figura seguente si riporta la geometria della mensola con il carico applicato. La larghezza della mensola direttamente interessata dal carico è assunta pari alla larghezza dell'impronta più la diffusione a  $45^\circ$  attraverso la pavimentazione di spessore 9 cm ( $60 + 18 = 78$  cm). Inoltre, si ipotizza una diffusione del carico nel piano a  $45^\circ$  per la lunghezza della mensola fino alla sezione di incastro; la larghezza della mensola ideale è quindi  $78 + 2 \times 55 = 188$  cm. Si effettua la verifica della mensola con altezza pari a 31 cm.

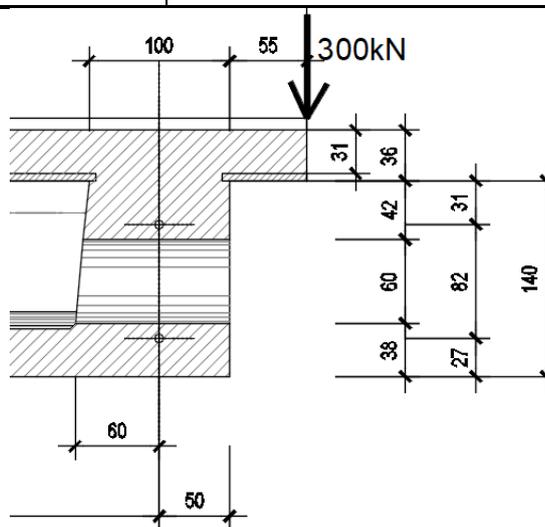


Figura 28 – Sbalzo longitudinale della soletta

$$T_d = 300 \text{ kN}$$

$$M_d = 300 \times 0.55 = 165 \text{ kNm}$$

$$B \text{ sezione} = 1.88 \text{ m}$$

$$T_d = 300/1.88 = 159 \text{ kN/m}$$

$$M_d = 165/1.88 = 88 \text{ kNm/m}$$

Si dispongono  $\varnothing 20/20$  in zona tesa ed in zona compressa.

#### DATI GENERALI SEZIONE RETTANGOLARE DI PILASTRO IN C.A.

NOME SEZIONE: soletta\_sbalzo longitud

Descrizione Sezione:	Stati Limite Ultimi
Metodo di calcolo resistenza:	N.T.C.
Normativa di riferimento:	Sezione predefinita di trave (solette, nervature solai) senza staffe
Tipologia sezione:	Rettangolare
Forma della sezione:	A Sforzo Norm. costante
Percorso sollecitazione:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento Sforzi assegnati:	Zona non sismica
Riferimento alla sismicit�:	

#### CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resistenza compress. di progetto $f_{cd}$ :	18.13 MPa
	Deform. unitaria max resistenza $\epsilon_{c2}$ :	0.0020
	Deformazione unitaria ultima $\epsilon_{cu}$ :	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale $E_c$ :	32308.0 MPa

**IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	185 di 189

Resis. media a trazione fctm: 3.020 MPa

ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	210000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

**CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE**

Base:	100.0	cm
Altezza:	31.0	cm
Barre inferiori:	5Ø20	(15.7 cm <sup>2</sup> )
Barre superiori:	5Ø20	(15.7 cm <sup>2</sup> )
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

**CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA**

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	88.00	159.00	0.00

**RISULTATI DEL CALCOLO**

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	19.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.0	cm

**VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	88.00	-0.20	149.87	1.703	26.3	0.18	0.70	31.4 (4.5)

**DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO**

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

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	186 di 189

1                      0.00350                      31.0                      -0.00022                      26.0                      -0.01586                      5.0

**VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)**

Ver                      S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata  
Ved                      Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)  
Vwct                      Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]  
d                              Altezza utile sezione [cm]  
bw                              Larghezza minima sezione [cm]  
Ro                              Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]  
Scp                              Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	159.00	198.03	26.0	100.0	0.0121	0.00

### 13 VALUTAZIONE ESCURSIONE GIUNTO DI DILATAZIONE

Gli spostamenti in corrispondenza dei giunti sono valutati secondo quanto previsto nel punto 2.5.2.1.5.1 delle norme RFI DTC SI PS MA IFS 001 C. Si riporta di seguito il dettaglio del calcolo.

#### ESCURSIONE APPOGGI

$k_1 =$	0.45	
$k_2 =$	0.55	$L_{campata} = 24.9 \text{ m}$
$\alpha =$	1.00E-05	1/°C
$\Delta T =$	22.5	°C
$Dt =$	<b>0.0056</b>	m

#### PARAMETRI SISMICI

$a_g =$	0.131	g
$a_g =$	1.2851	m/sq
$S =$	1.487	
$T_c =$	0.641	s
$T_d =$	2.124	s

#### CALCOLO SPOSTAMENTI

$d_{g,i} =$	0.0650	m	spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo nel punto i
$d_{g,j} =$	0.0650	m	spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo nel punto j
$d_{ij,max} =$	0.1150	m	spostamento relativo massimo tra i punti i e j dovuto agli spostamenti del terreno
$d_{ij,0} =$	0.0000	m	spostamento relativo tra i punti i e j a piccola distanza
$v_s =$	180	m/s	velocità delle onde di taglio per terreno di cat.C (valore minimo)
$d_{ij,L} =$	0.0309	m	spostamento tra i punti i e j dovuto agli spostamenti relativi del terreno
$d_{Eg} =$	0.0309	m	
$E_{Lmin} =$	0.1303	m	
$E_1 =$	0.0112	m	
$E_2 =$	0.0680	m	
$E_3 =$	0.0618	m	
$E_L =$	0.0634	m	
$\max E_i =$	0.0680	m	
$E_{Ld} =$	<b>0.1303</b>	m	

IMPALCATO – RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
<b>NN1X</b>	00	D78CL	NW 01 00 003	A	188 di 189

**CORSA APPARECCHI D'APPOGGIO MOBILI**

+/- 0.081 m  
con increm 10% **0.090** m

**ESCURSIONE DEI GIUNTI**

+/- 0.075 m  
con increm 10% **0.083** m

**AMPIEZZA DEI VARCHI**

≥ 0.085 m  
con increm 10% **0.094** m

## 14 INCIDENZA ARMATURE

La valutazione dell'incidenza dell'armatura lenta è sintetizzata di seguito:

- Armatura lenta travi 160kg/mc
- Armatura soletta 180 kg/mc
- Armatura lenta traverso 350 kg a trave