



REGIONE DEL VENETO

AREA TUTELA E SVILUPPO DEL TERRITORIO - DIREZIONE INFRASTRUTTURE TRASPORTI E LOGISTICA

UO INFRASTRUTTURE STRADE E CONCESSIONI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Ing. Marco d'Elia

SISTEMA FERROVIARIO METROPOLITANO REGIONALE

S. F. M. R.

(Atto del 06/12/2016)

LINEE VENEZIA-QUARTO D'ALTINO e MESTRE-TREVISO

ELIMINAZIONE DEI P.L. AL km 1+337 e km 1+445

VENEZIA - Via Gazzera Alta

PROGETTO ESECUTIVO

INTERVENTO 1.09bis				N° ELABORATO	
OPERE D'ARTE Copertura su allacciante di levante Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali Relazione di calcolo				08.04.00.00	
				SCALA	
				-	
				NOME FILE	
				0409E02-08040000-RR004_E00	
E00	Emissione		08/2019	KFC	R. Zanon
Revisione	Descrizione		Data	Redatto	Verificato
COMMESSA		DOCUMENTO	REV.	TAVOLA	
0409E02		R RC 004	E00	1 di 1	
Il Direttore Tecnico Ing. Stefano Susani		Il Responsabile dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche Ing. Michele Fioratti		Il Progettista Ing. Roberto Zanon	
 Via Squero, 12 - 35043 Monselice (PD)					

INDICE

1	PREMESSA	4
2	NORMATIVE E CODICI DI RIFERIMENTO.....	7
2.1	NORMATIVA NAZIONALE COGENTE.....	7
2.2	NORME DI RIFERIMENTO.....	7
2.2.1	Norme UNI.....	7
2.2.2	Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN.....	7
2.2.3	Norme CNR	8
3	VITA NOMINALE E CLASSI D'USO	9
4	MATERIALI.....	10
4.1	CALCESTRUZZO SOLETTA IMPALCATO	10
4.1.1	Prescrizioni di durabilità.....	10
4.1.2	Copriferro	11
4.1.3	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto.....	12
4.1.4	Requisiti di limitazione della fessurazione	13
4.2	CALCESTRUZZO SPALLE ED ELEVAZIONI.....	13
4.2.1	Prescrizioni di durabilità.....	14
4.2.2	Copriferro	14
4.2.3	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto.....	15
4.2.4	Requisiti di limitazione della fessurazione	16
4.3	CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE	16
4.3.1	Prescrizioni di durabilità.....	16
4.3.2	Copriferro	17
4.3.3	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto.....	18
4.3.4	Requisiti di limitazione della fessurazione	18
4.4	CALCESTRUZZO TRAVI PREFABBRICATE.....	19
4.4.1	Prescrizioni di durabilità.....	19
4.4.2	Copriferro	20
4.4.3	Caratteristiche meccaniche e valori di progetto.....	20
4.4.4	Requisiti di limitazione della fessurazione	21
4.5	ACCIAIO PER ARMATURA LENTA	22
4.5.1	Caratteristiche meccaniche	22
4.5.2	Valori di progetto.....	22
4.6	ACCIAIO PER ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE	22
4.6.1	Caratteristiche meccaniche	22

4.6.2	Valori di progetto	22
5	STRUMENTI.....	23
5.1	SOFTWARE IMPIEGATI	23
5.2	MODELLAZIONE FEM	23
5.2.1	Caratteristiche del modello	23
5.2.2	Condizioni al contorno (schema statico).....	25
6	ANALISI DEI CARICHI	28
6.1	PESI PROPRI STRUTTURALI.....	28
6.1.1	Peso proprio delle travi prefabbricate	28
6.1.2	Calcestruzzo di soletta.....	28
6.2	CARICHI PERMANENTI PORTATI	29
6.3	SPINTA DELLE TERRE	30
6.4	RITIRO E VISCOSITÀ DEL CALCESTRUZZO.....	30
6.5	CARICO DA TRAFFICO SUL RILEVATO.....	31
6.6	AZIONE SISMICA	32
6.7	SPINTA SISMICA DEL RILEVATO	37
6.8	AZIONI TERMICHE.....	37
6.9	AZIONE DEL VENTO	38
6.10	ATTRITO DEGLI APPOGGI.....	41
6.11	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO	41
6.11.1	Schema di carico 1	41
6.12	SCHEMA DI CARICO 2.....	42
6.12.1	Schema di carico 5	42
6.12.2	Diffusione dei carichi.....	43
6.12.3	Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q3	43
6.13	RIPARTIZIONE DEI CARICHI DA TRAFFICO	44
7	COMBINAZIONI DI CARICO	49
7.1	COMBINAZIONI S.L.U.	49
7.2	COMBINAZIONI S.L.E.	49
7.2.1	Coefficienti parziali.....	49
7.3	COMBINAZIONI IMPLEMENTATE	51
8	SOLLECITAZIONI.....	53
9	VERIFICHE DELL'IMPALCATO.....	59
9.1	TRAVI PREFABBRICATE	59
9.1.1	Verifiche tensionali in esercizio.....	59

9.1.2	Verifiche allo stato limite ultimo	59
9.2	SOLETTA (DIREZIONE TRASVERSALE).....	62
9.3	ELEVAZIONI E FONDAZIONI GETTATE IN OPERA.....	68
9.3.1	Paramento di spalla	68
9.3.2	Batolo di spalla.....	79
9.3.3	Paraghiaia.....	90
10	VERIFICHE DELLE SOTTOSTRUTTURE	93
10.1	PALO DI FONDAZIONE.....	93
10.1.1	Verifica di capacità portante verticale	93
10.1.2	Verifica di capacità portante orizzontale.....	96
10.1.3	Verifica strutturale	99
11	ALLEGATO 01 – VERIFICA DELLA TRAVE PRECOMPRESSA	112
11.1	VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE DI ESTREMITÀ L=12.70	112
11.2	VERIFICA DELLA TRASMISSIONE DEL TAGLIO FRA SOLETTA E TRAVE L=12.70	114
11.3	VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE DI ESTREMITÀ L=11.50	116
11.4	VERIFICA DELLA TRASMISSIONE DEL TAGLIO FRA SOLETTA E TRAVE L=11.50	117
11.5	VERIFICA TENSIONALE IN ESERCIZIO E PER FASI	119

1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo si riferisce ad alcune opere d'arte necessarie per la copertura dei canali consortili interferenti, da realizzare nell'ambito **dell'intervento 1.09bis** della 1^a fase SFMR. L'intervento, nel suo complesso, prevede il completamento delle opere viarie denominate "Raccordo Via Brendole – Castellana, necessarie per l'eliminazione dei PL posti alle progressive km 1+337 della linea Venezia – Quarto d'Altino e km 1+445 della linea Mestre - Treviso ricadenti nel territorio del comune di Venezia.



Figura 1.1 – Vista planimetrica della zona oggetto di intervento

In particolare, oggetto della presente relazione è il calcolo delle strutture relative alle coperture 8 e 9 collocate lungo l'Allacciante di Levante in prossimità del sifone del canale Marzenego. Si tratta di un ponte di 1a categoria scomposto da due impalcati. L'impalcato 8 (lato rotatoria via Olimpia) è di forma rettangolare, costituito da travi in c.a.p. a sezione trapezia di altezza pari a 40 cm, luce di calcolo pari a 11,50 m; le travi sono accostate ad interasse di 62 cm e collaboranti con la soletta in c.a. di spessore 26 cm.

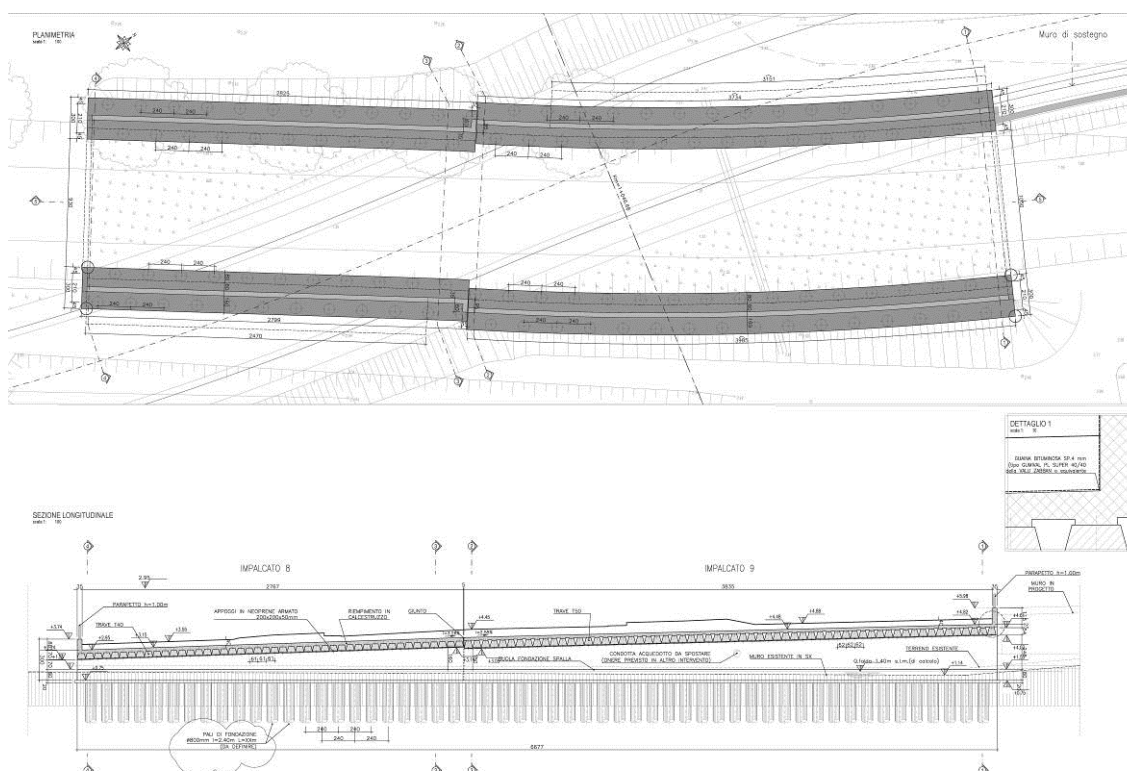


Figura 1 – Impalcato 8 e 9 – Pianta e sezione longitudinale

L'impalcato 9 (lato canale Marzenego) è anch'esso di forma rettangolare, costituito da travi in c.a.p. a sezione trapezia di altezza pari a 50 cm; la luce in questo, caso è pari a 12,70 m; le travi sono accostate sempre ad interasse di 62 cm e collaboranti con la soletta.

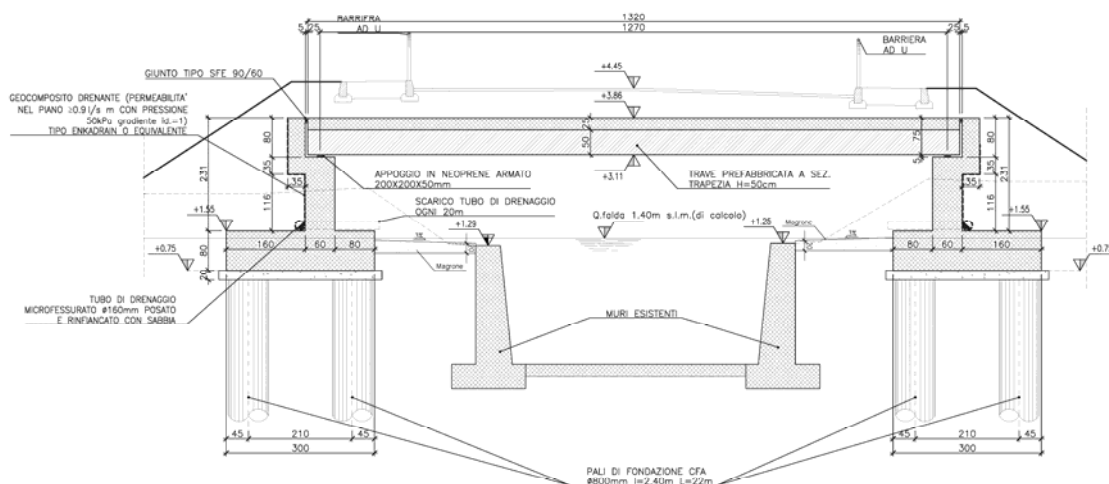


Figura 2 – Impalcati 8 e 9 –Sezione trasversale

Le quote degli estradossi degli impalcati sono variabili rispetto alla quota di imposta delle fondazioni, di conseguenza le spalle, in c.a., presentano un paramento con spessore 60 cm di altezza variabile da 70 cm a 250 cm circa, il paramento è impostato su un batolo di fondazione con spessore 80 cm e larghezza 300 cm; esso è supportato da pali ad elica (CFA) Ø800 mm, disposti a quinconce ad interasse 240 cm e aventi lunghezza 22.00 m.

L'appoggio delle travi in c.a.p. sui muri di spalla è risolto mediante appoggi elastomerici disposti nella testata di ogni trave prefabbricata.

Per le caratteristiche strutturali e ulteriori dettagli, si rimanda alla documentazione grafica del progetto.

2 NORMATIVE E CODICI DI RIFERIMENTO

I seguenti codici sono presi a riferimento per la progettazione.

2.1 NORMATIVA NAZIONALE COGENTE

- [1] Legge 5 Novembre 1971, N. 1086 – Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica
- [2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC)
- [3] C.M. 02/02/2009 n.617 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008

La progettazione delle opere è stata redatta secondo il Decreto Ministeriale delle Infrastrutture del 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e non secondo il nuovo D.M. delle Infrastrutture del 17/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni" essendo l'affidamento alla progettazione antecedente a tale data come espressamente indicato all'Art.2 del D.M. 17/01/2018.

2.2 NORME DI RIFERIMENTO

In ottemperanza a NTC §12, per riferimenti di calcolo o in mancanza di specifiche indicazioni si farà inoltre riferimento alle seguenti:

2.2.1 *Norme UNI*

- [4] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206
- [5] UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

2.2.2 *Eurocodici strutturali pubblicati dal CEN*

(Con le precisazioni riportate nelle Appendici Nazionali, la liste che segue è indicativa e non esaustiva dei codici eventualmente utilizzati nel seguito)

- [6] UNI EN 1991-1-5:2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
- [7] UNI EN 1992-1-1:2015 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [8] UNI EN 1993-1-1:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [9] UNI EN 1993-1-5:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- [10] UNI EN 1993-1-8:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
- [11] UNI EN 1993-2:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 2: Ponti di acciaio
- [12] UNI EN 1993-1-10:2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
- [13] UNI EN 1993-1-11:2007 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
- [14] UNI EN 1994-1-1:2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [15] UNI EN 1994-2:2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti

2.2.3 Norme CNR

Per eventuali ulteriori riferimenti si sono considerate anche le Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.):

- [16] CNR-DT207-2008 Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni
- [17] CNR-UNI 10011/97 Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione;
- [18] CNR-UNI 10016/98 Travi composte acciaio-calcestruzzo: istruzioni per il calcolo e l'esecuzione;
- [19] CNR-UNI 10030/87 Anime irrigidite di travi in parete piena

3 VITA NOMINALE E CLASSI D'USO

Data l'appartenenza delle opere a lavori di tipo ferroviario legati alla soppressione di passaggi a livello, con riferimento al D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) si definiscono i seguenti parametri per le azioni ambientali.

TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾	Vita Nominale V _N [ANNI] ⁽¹⁾
OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITA' CONVENZIONALE (V<250 Km/h)	50
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' V<250 Km/h	75
ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITA' V ≥ 250 km/h	100
OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m	≥ 100 ⁽²⁾
(1) – La stessa V _N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprighiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere.	
(2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE.	

TIPO DI COSTRUZIONE	Classe d'uso	Coefficiente d'uso [CU]
GRANDI STAZIONI	C IV	2,0
OPERE D'ARTE DEL SISTEMA DI GRANDE VIABILITA' FERROVIARIA	C III	1,5
ALTRE OPERE D'ARTE	C II	1,0

Da cui: $V_r = V_n \times C_u = 75 \times 1.00 = 75$ anni.

4 MATERIALI

4.1 CALCESTRUZZO SOLETTA IMPALCATO

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

In considerazione della protezione della soletta rispetto all'ambiente (impermeabilizzazione), si adottano le seguenti prescrizioni.

4.1.1 *Prescrizioni di durabilità*

Con riferimento a:

- [4] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e [5] UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC4 Ciclicamente asciutto e bagnato.
- Nei confronti della corrosione indotta da gelo e disgelo: XF4 Elevata saturazione d'acqua, con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare.
- Classe di resistenza: C32/40
- Classe di lavorabilità: S4
- Massimo rapporto a/c: 0.45
- Contenuto minimo in aria 3%
- Minimo contenuto in cemento 360 kg/m³
- Diametro massimo inerte: 25 mm

4.1.2 Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

(ai fini della valutazione dell'ambiente si considera ambiente ordinario per effetto delle condizioni di protezione esterna applicate ai getti di calcestruzzo)

Elementi a piastra

Classe Calcestruzzo: C32/40

Condizioni ambientali: ordinarie

Vita nominale costruzione: 75 [anni]

Riduzione per elementi a piastra o per pareti: 5 [mm] Tabella C4.1.IV

Tolleranza di posa: 10 [mm]

$$c = 20 (C > C_{min}) + 10 (\text{tolleranza}) + 10 (V_n > 50 \text{ anni}) = 40 \text{ mm}$$

4.1.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		C32/40	MPa
Classe di resistenza cubica:	$R_{ck} =$	40	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	33.2	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.2	MPa
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{cm}^{2/3} =$	3.10	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.17	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$\sigma_t = f_{ctm}/1.2 =$	1.81	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} =$	33600	MPa
	$22000 \times [f_{cm}/10]^{0.3} =$		
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_c =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_c \times f_{ck} / \gamma_M =$	18.81	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.45	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2.25 \times n \times f_{ctk} =$	4.88	MPa
Tens. ader. di progetto (cls teso):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1.50 =$	2.17	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	3.25	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} =$	19.92	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} =$	14.94	MPa

4.1.4 Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.

Scelta dello stato limite di fessurazione ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

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

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti:

- quasi permanente $w_1 = 0,2$ mm;
- frequente $w_2 = 0,3$ mm.

4.2 CALCESTRUZZO SPALLE ED ELEVAZIONI

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

4.2.1 Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- [4] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e
- [5] UNI EN 206: 2017 “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC4 Ciclicamente asciutto e bagnato.
- Nei confronti della corrosione indotta da gelo e disgelo: XF2 Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante.
- Classe di resistenza: C32/40
- Classe di lavorabilità: S3
- Massimo rapporto a/c: 0.50
- Contenuto minimo in aria 3%
- Minimo contenuto in cemento 340 kg/m³
- Diametro massimo inerte: 30 mm

4.2.2 Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C_{\geq C_o}$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C_{\geq C_o}$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C_{\geq C_o}$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C_{\geq C_o}$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

(ai fini della valutazione dell'ambiente si considera ambiente ordinario per effetto delle condizioni di protezione esterna applicate ai getti di calcestruzzo)

Elementi a piastra

Classe Calcestruzzo: C32/40

Condizioni ambientali: ordinarie

Vita nominale costruzione: 75 [anni]

Tolleranza di posa: 10 [mm]

$$c = 20 (C > C_{min}) + 10 (\text{tolleranza}) + 10 (V_n > 50 \text{ anni}) = 50 \text{ mm}$$

4.2.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		C32/40	MPa
Classe di resistenza cubica:	$R_{ck} =$	40	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	33.2	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	41.2	MPa
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.10	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.17	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 =$	1.81	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} =$	33600	MPa
	$22000 \times [f_{cm} / 10]^{0.3} =$		
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_c =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_c \times f_{ck} / \gamma_M =$	18.81	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.45	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2.25 \times n \times f_{ctk} =$	4.88	MPa
Tens. ader. di progetto (cls teso):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1.50 =$	2.17	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	3.25	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$\sigma_c = 0.60 \times f_{ck} =$	19.92	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$\sigma_c = 0.45 \times f_{ck} =$	14.94	MPa

4.2.4 Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.

Scelta dello stato limite di fessurazione ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

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

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti:

- quasi permanente $w_1 = 0,2$ mm;
- frequente $w_2 = 0,3$ mm.

4.3 CALCESTRUZZO PALI DI FONDAZIONE

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

4.3.1 Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- [4] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e

[5] UNI EN 206: 2017 “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC2 Bagnato, raramente asciutto.
- Classe di resistenza: C25/30
- Classe di lavorabilità: SCC-SF1
- Massimo rapporto a/c: 0.60
- Minimo contenuto in cemento 300 kg/m³
- Diametro massimo inerte: 35 mm

4.3.2 Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Elementi non a piastra

Classe Calcestruzzo: C25/30

Condizioni ambientali: Ordinarie

Vita nominale costruzione: 75 [anni]

Tolleranza di posa: 25 [mm] per pali di fondazione trivellati

$$c = 25 (C > C_{min}) + 25 (\text{tolleranza}) + 10 (V_n > 50 \text{ anni}) = 60 \text{ mm}$$

4.3.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		25/30	MPa
Classe di resistenza cubica:	$R_{ck} =$	30	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	24.9	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	32.9	MPa
Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{cm}^{2/3} =$	2.56	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	1.79	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$st = f_{ctm} / 1.2 =$	1.49	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm} / 10]^{0.3} =$	31400	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$\alpha_c =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = \alpha_c \times f_{ck} / \gamma_M =$	14.11	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_M =$	1.19	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2.25 \times n \times f_{ctk} =$	4.03	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M / 1.50 =$	1.79	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_M =$	2.69	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$sc = 0.60 \times f_{ck} =$	14.94	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$sc = 0.45 \times f_{ck} =$	11.21	MPa

4.3.4 Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.

Scelta dello stato limite di fessurazione ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

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

Limitazioni:

- quasi permanente $w_2 = 0,3$ mm;
- frequente $w_3 = 0,4$ mm.

Le verifiche di fessurazione possono essere condotte in favore della sicurezza con le limitazioni previste per l'ambiente aggressivo:

- quasi permanente $w_1 = 0,2$ mm;
- frequente $w_2 = 0,3$ mm.

4.4 CALCESTRUZZO TRAVI PREFABBRICATE

Il calcestruzzo strutturale deve essere prodotto secondo i criteri proposti nella UNI EN 11104:2016 (aggregati EN 12620 ed acqua d'impasto EN 1008).

4.4.1 Prescrizioni di durabilità

Con riferimento a:

- [4] UNI 11104:2016 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206 e
- [5] UNI EN 206: 2017 "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità".

Si hanno le seguenti caratteristiche del conglomerato:

- Nei confronti della corrosione indotta da carbonatazione: XC4 Ciclicamente asciutto e bagnato.
- Classe di resistenza: C45/55
- Classe di lavorabilità: S5 (o in conformità a specifiche di produzione)

- Massimo rapporto a/c: 0.50 (o in conformità a specifiche di produzione)
- Minimo contenuto in cemento 340 kg/m³ (o in conformità a specifiche di produzione)
- Diametro massimo inerte: 20 mm (o in conformità a specifiche di produzione)

4.4.2 Copriferro

Calcolo copriferro - § C4.1.6.1.3 ISTRUZIONI NTC

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Elementi non a piastra

Classe Calcestruzzo: C45/55

Condizioni ambientali: Ordinarie

Vita nominale costruzione: 75 [anni]

Tolleranza di posa: 10 [mm]

$$c = 20 (C > C_{min}) + 10 (\text{tolleranza}) + 10 (V_n > 50 \text{ anni}) = 40 \text{ mm}$$

4.4.3 Caratteristiche meccaniche e valori di progetto

Con riferimento alla resistenza meccanica sono considerati nella progettazione i seguenti valori.

Classe normata:		45/55	MPa
Classe di resistenza cubica:	$R_{ck} =$	55	MPa
Resist. a compr. cilindrica caratteristica:	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} =$	45.65	MPa
Resist. a compr. cilindrica media:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53.65	MPa

Resist. a trazione media:	$f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.83	MPa
Resist. a trazione caratteristica:	$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.68	MPa
Resist. a trazione ap. fessure:	$st = f_{ctm} / 1,2 =$	2.24	MPa
Modulo elastico:	$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm} / 10]^{0.3} =$	36400	MPa
Coeff. sicurezza materiali:	$g_M =$	1.50	
Coeff. riduttivo carichi lunga durata:	$ac =$	0.85	
Resistenza a compr. di progetto:	$f_{cd} = ac \times f_{ck} / g_M =$	25.87	MPa
Resistenza a traz. di progetto:	$f_{ctd} = f_{ctk} / g_M =$	1.79	MPa
Tensione di aderenza caratteristica:	$f_{bk} = 2,25 \times n \times f_{ctk} =$	6.04	MPa
Tens. ader. di progetto (cls tesoro):	$f_{bd} = f_{bk} / g_M / 1,50 =$	2.68	MPa
Tens. ader. di progetto (cls compr.):	$f_{bd} = f_{bk} / g_M =$	4.02	MPa
Tens. massima compressione comb. rara:	$sc = 0.60 \times f_{ck} =$	27.39	MPa
Tens. massima compressione comb. quasi perm.:	$sc = 0.45 \times f_{ck} =$	20.54	MPa

4.4.4 Requisiti di limitazione della fessurazione

Condizioni ambientali ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.3).

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Gruppo di armature ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.4): poco sensibile.

Scelta dello stato limite di fessurazione ([2] D.M. 14/01/2008 – Norme tecniche per le Costruzioni (NTC) §4.1.2.2.4.5):

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

Le verifiche di fessurazione sono condotte con le limitazioni seguenti:

- quasi permanente $w_2 = 0,3$ mm
- frequente $w_3 = 0,4$ mm.

4.5 ACCIAIO PER ARMATURA LENTA

Tipo B450C

4.5.1 Caratteristiche meccaniche

Modulo elastico:	$E_s = 210000 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	$f_{yk} = f_{ynom} = 450 \text{ MPa}$
Tensione di rottura	$f_{tk} = f_{tnom} = 540 \text{ MPa}$

4.5.2 Valori di progetto

Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_{s,M} = 1.15$
Snervam. progetto materiali:	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{s,M} = 391.3 \text{ MPa}$

4.6 ACCIAIO PER ARMATURA DI PRECOMPRESSIONE

4.6.1 Caratteristiche meccaniche

Modulo elastico:	$E_s = 195000 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	0.1% allungamento $f_{p(0.1)k} = 1600 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento	1.0% allungamento $f_{p(1)k} = 1670 \text{ MPa}$
Tensione di rottura	$f_{ptk} = 1860 \text{ MPa}$

4.6.2 Valori di progetto

Coeff. sicurezza materiali:	$\gamma_{s,M} = 1.15$
Snervam. progetto materiali:	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_{s,M} = 1391.3 \text{ MPa}$

5 STRUMENTI

5.1 SOFTWARE IMPIEGATI

Per la modellazione è impiegato il software FEM Straus7 le cui caratteristiche sono disponibili al sito:

<http://www.straus7.com/>



Per il preprocessing e postprocessing dei risultati sono impiegati fogli di calcolo Microsoft Excel ®.

Per le verifiche delle sezioni in c.a. sono impiegati fogli di calcolo Microsoft Excel ® autoprodotti.

Per le verifiche delle membrane metalliche è impiegato il software in ambiente Microsoft Excel ® di seguito descritto:

<https://sites.google.com/site/compositesection/>



5.2 MODELLAZIONE FEM

Lo studio degli effetti globali e locali del ponte è svolto tramite modellazioni distinte effettuate con lo stesso software Straus7.

5.2.1 Caratteristiche del modello

Le figure che seguono illustrano la geometria e le caratteristiche principali del modello adottato:

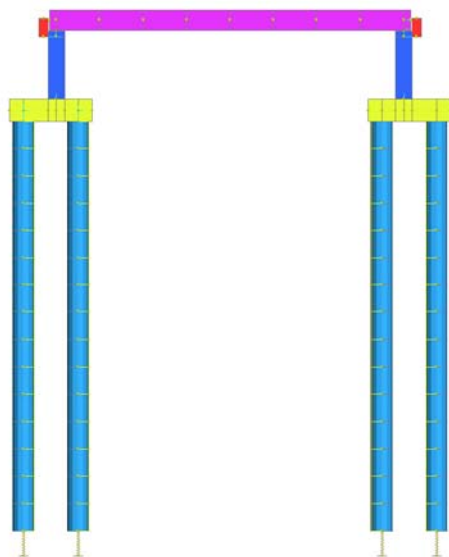


Figura 2: aspetto generale - volumi e sezioni

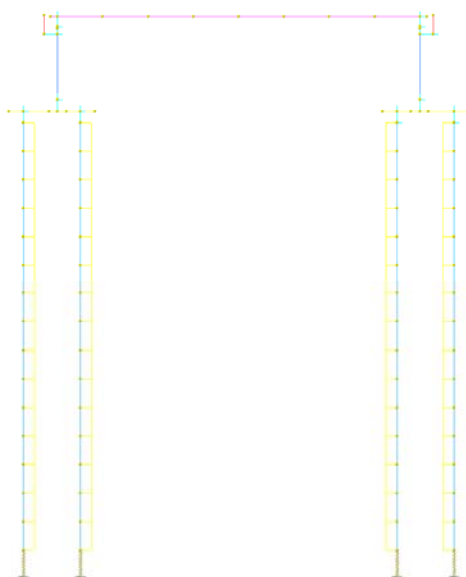


Figura 3: aspetto generale – unifilare con links



Figura 4: aspetto generale – prospetto laterale tratto sommitale

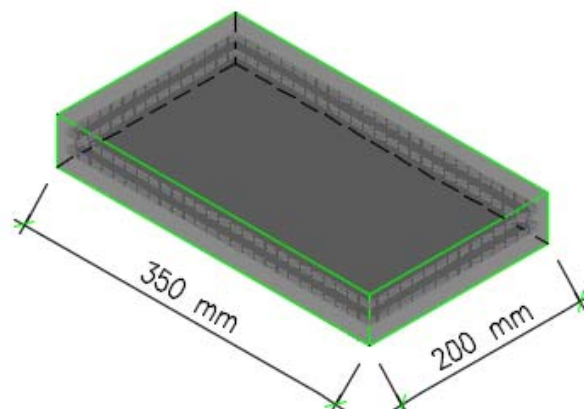
Note:

1. Data la natura dell'opera dal punto di vista ingegneristico il problema si presta ad essere schematizzato in modo bidimensionale ai fini del calcolo delle sollecitazioni ed effetti globali.
2. Nella modellazione tutto è riferito a unità di profondità (azioni, proprietà statiche, rigidezze)
3. Per la schematizzazione delle azioni non uniformemente distribuite (carichi variabili da traffico) si utilizza una separata modellazione piana per lo studio della ripartizione dei carichi. Gli effetti sono poi modellati nello schema bidimensionale mediante azioni distribuite con effetti equivalenti sulle sottostrutture.

5.2.2 Condizioni al contorno (schema statico)

Lo schema statico dell'impalcato è di semplice appoggio a entrambe le spalle, conforme agli elaborati grafici.

Le rigidezze orizzontali elastiche date dalla presenza degli appoggi elastomerici sono valutate sulle caratteristiche dei dispositivi previsti:



Per un dispositivo con $h = 39 \text{ mm}$:

$$K_{\text{orizz}} = 2.17 \text{ kN/mm}$$

Da cui sull'interasse di 0.60 m:

$$k_{\text{orizz}} = 3.7 \text{ kN/mm}$$

Nel modello l'interazione fra terreno e struttura è stata tenuta in conto:

- Modellando i pali fino a una lunghezza per la quale gli effetti flettenti sono completamente esauriti
- Inserendo molle distribuite, per tenere conto della cedevolezza del contatto laterale del palo con il terreno (sono state valutate le caratteristiche degli strati come da tabella seguente):

Mestre Gazzera - 1.09 bis
Spalla sud - CPTU2/2017

Strato	da	a	Prof. media (z)	kh
	[m]	[m]	[m]	[kN/m ³]
1	0	3	1.5	2250
2	3	7.5	5.25	2800
3	7.5	15.5	11.5	46000
4	15.5	17	16.25	9700
5	17	21	19	38000
6	21	25	23	11500
7	25	27	26	78000
8	27	30	28.5	17000

Ai fini della modellazione bidimensionale:

k oriz palo =	750 kN/m/m	(0÷-3)
	933 kN/m/m	(-3÷-8)
	15333 kN/m/m	(-8÷-15)
	(...) kN/m/m	(...)

Nota: viene applicata una riduzione del 50% della rigidezza per la fila di pali lato canale, da testa palo fino alla quota di fondo canale per tenere conto del minore effetto di confinamento dovuto alla sezione del corso d'acqua.

- Inserendo molle concentrate al fondo del palo per tenere conto del contatto non rigido del palo di punta (la stima del valore è stata eseguita sulla base del range di carico e di comportamento dei carichi di servizio come evidenziato dalla scheda che segue:

OPERA: Copertura

DATI DI IMPUT:

Diametro del Palo (D):	0.80	(m)
Carico sul palo (P):	900.0	(kN)
Lunghezza del Palo (L):	22.00	(m)
Lunghezza Utile del Palo (Lu):	22.00	(m)
Modulo di Deformazione (E):	40.54	(MPa)
Numero di pali della Palificata (n):	1	(-)
Spaziatura dei pali (s)	2.4	(m)

CEDIMENTO DEL PALO SINGOLO:

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile}$$

Coefficiente di forma

$$\beta = 0,5 + \text{Log}(L_{utile} / D): 1.94 \quad (-)$$

Cedimento del palo

$$\delta = \beta * P / E * L_{utile} = 1.96 \text{ (mm)}$$

Da cui per il singolo palo:

$$K \text{ vert palo} = 460000 \text{ kN/m}$$

$i \text{ pali} = 2.4 \text{ m}$

$\varnothing \text{ palo} = 0.8 \text{ m}$

$k \text{ vert allineamento palo} = 192000 \text{ kN/m/m}$

Si considera in favore della sicurezza:

$k \text{ vert allineamento palo} = 150000 \text{ kN/m/m}$

6 ANALISI DEI CARICHI

Nota: tutte le considerazioni e i carichi seguenti sono riferiti alla sezione di maggiore altezza del manufatto, con interasse fra gli appoggi delle travi di ampiezza maggiore.

6.1 PESI PROPRI STRUTTURALI

6.1.1 *Peso proprio delle travi prefabbricate*

Il peso degli elementi in calcestruzzo è calcolato con il seguente valore per unità di volume:

$$\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3.$$

Il peso per unità di lunghezza / ampiezza delle superfici degli elementi è derivato in base alle aree / spessori delle sezioni trasversali definite.

6.1.2 *Calcestruzzo di soletta*

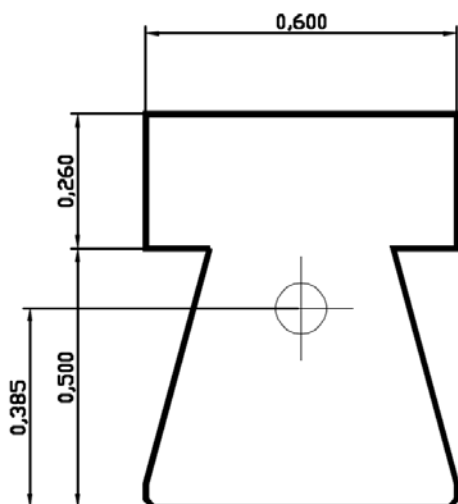
Il peso degli elementi in calcestruzzo è calcolato con il seguente valore per unità di volume:

$$\gamma = 25.00 \text{ kN/m}^3.$$

Il peso per unità di lunghezza / ampiezza delle superfici degli elementi è derivato in base alle aree / spessori delle sezioni trasversali definite.

Il valore per unità di lunghezza ottenuto dalla somma dei contributi delle travi e della soletta è diviso per l'interasse fra le travi in modo da ottenere il valore per metro di profondità:

$$\text{travi d'impalcato} = 25.00 \cdot (0.238 + 0.6 \cdot 0.26) / 0.6 = 16,7 \text{ kN/m/m} = 1670 \text{ kg/m/m}$$



Area: 0.3998

Moments of inertia:

I: 0.0099 along [0.0000 -1.0000]

J: 0.0212 along [1.0000 0.0000]"

Sull'interasse delle travi:

$$A = 0,6667 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$J = 0,0353 \text{ m}^4/\text{m}$$

6.2 CARICHI PERMANENTI PORTATI

Sono di seguito riassunti i carichi permanenti portati sull'impalcato.

Data la variabilità trasversale delle sezioni stradali sulla struttura, si considera applicato su tutta l'estensione il carico dato dal massimo ricoprimento che include anche il pacchetto stradale laddove presente.

Nota: si tiene in conto in favore della sicurezza un'altezza di ricoprimento di 1 m in considerazione di diversi ricoprimenti per la carreggiata (future configurazioni della strada, sezioni intermedie fra 1-1 e 2-2 con riferimento agli elaborati grafici).

Ricoprimento + pavimentazione = $(0.30 \div 1.00) \times 20 \rightarrow 20,00 \text{ kN/m/m} = 2000 \text{ kg/m/m}$.

6.3 SPINTA DELLE TERRE

La spinta delle terre a tergo delle spalle è tenuta in conto con il seguente schema.

spinta geostatica - fh	=	$19 \cdot (1 - \text{SEN}(\text{RADIANTI}(30))) \cdot (1.55 + 4.18 - Z)$	=	...	KN/m/m	applicato muro	paramento
spinta geostatica - fh	=	$19 \cdot (1 - \text{SEN}(\text{RADIANTI}(30))) \cdot (1.55 + 4.18 - 1.55 + 0.8/2) \cdot 0.8$	=	34,81	KN/m	applicato batolo	baricentro fondazione
spinta geostatica - fv	=	$-19 \cdot (1.55 + 4.18 - 1.55)$	=	-79,42	KN/m/m	peso sopra batolo	volume terreno

6.4 RITIRO E VISCOSITÀ DEL CALCESTRUZZO

L'azione è introdotta nella modellazione per tenere conto degli effetti in direzione longitudinale (globali) dell'impalcato.

Per gli effetti d'interazione fra soletta e traversi l'azione è tenuta in conto direttamente nelle schede di verifica delle sezioni composte (effetto locale di scambio di forze interne).

ecs = ecd + eca	
u =	2480 mm
h0 = $2 \times A_c / u$	323 mm
kh =	0,744
UR =	75%
ec0 =	-0,00026
ecd,inf = kh \times ec0	-0,00019

$eca_{inf} = -2,5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} =$	-0,00009	
$ecs_{inf} = ecd_{inf} + eca_{inf} =$	-0,00028	
$t_0 =$	30	gg
$h_0 =$	322,58	mm
$\Phi_i (inf, t_0) =$	1,89	
$D_{Teq, inf} =$	-9,7321	°C

6.5 CARICO DA TRAFFICO SUL RILEVATO

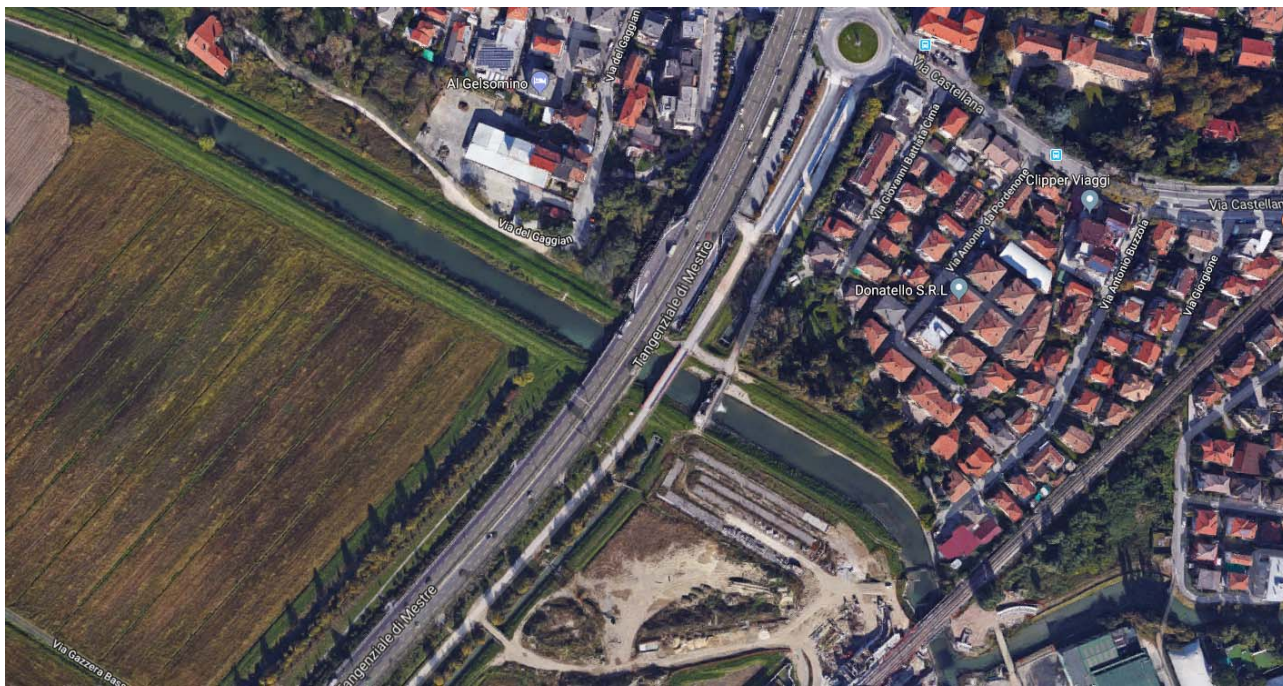
La spinta delle terre a tergo delle spalle è tenuta in conto con il seguente schema (si considera un sovraccarico distribuito pari a 20 kN/m², parzializzabile sulla larghezza)

spinta sovrac - fh	$= 20 \cdot (1 - \text{SEN}(\text{RADIANTI}(30))) = 10,0$	KN/m/m	applicato paramento muro
spinta sovrac - fh	$= 20 \cdot (1 - \text{SEN}(\text{RADIANTI}(30))) \cdot 0.8 = 8,0$	KN/m	applicato baricentro batolo fondazione
spinta sovrac - fv	$= -20$	$= -20,0$ KN/m/m	applicato sopra batolo

NB Si tiene conto delle spinte separandone gli effetti orizzontali e verticali per poter contemplare il caso di carico in cui il traffico veicolare si trova sopra il batolo di fondazione a tergo del muro (massima forza orizzontale e verticale) oppure si trova solo a tergo della fine del batolo (massima forza orizzontale).

6.6 AZIONE SISMICA

Coordinate del sito: 45,496942 12,229632



Vita nominale:

$V_n = 75$ anni

Classe d'uso:

II - Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

$V_r = V_n \times C_u = 75 \times 1.00 = 75$ anni.



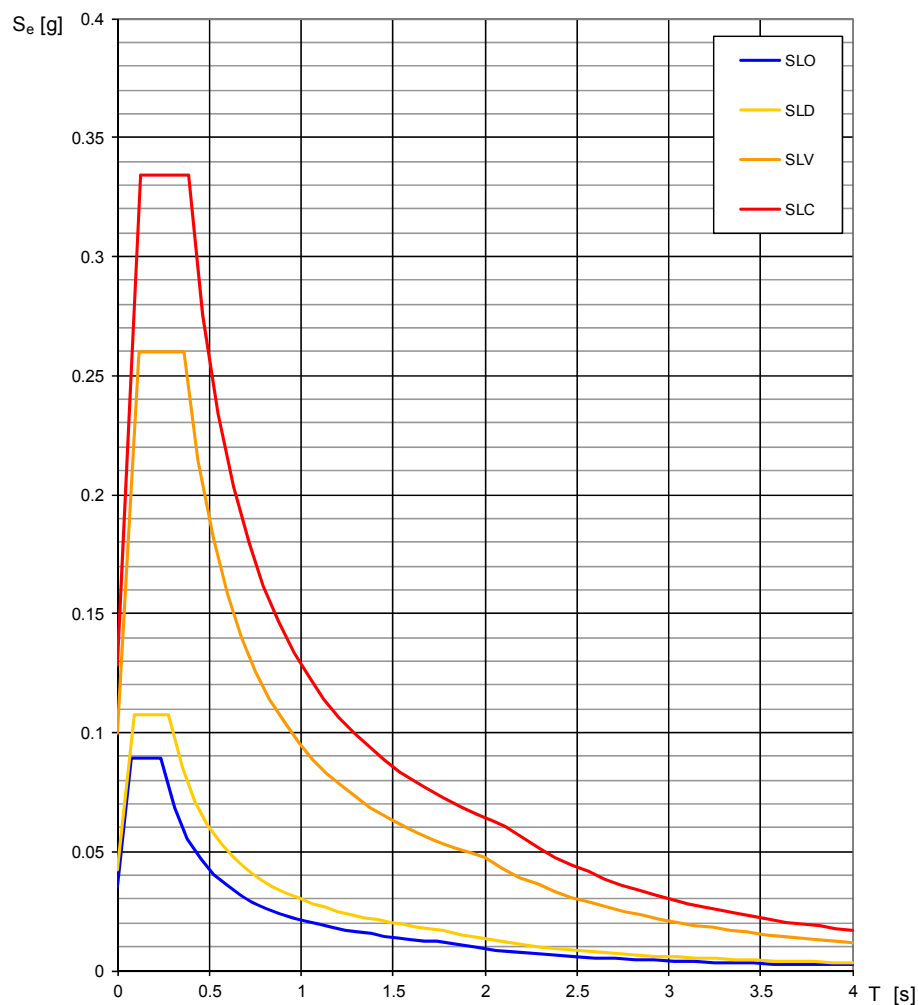
Categoria del sottosuolo:

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica:

T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati agli SL

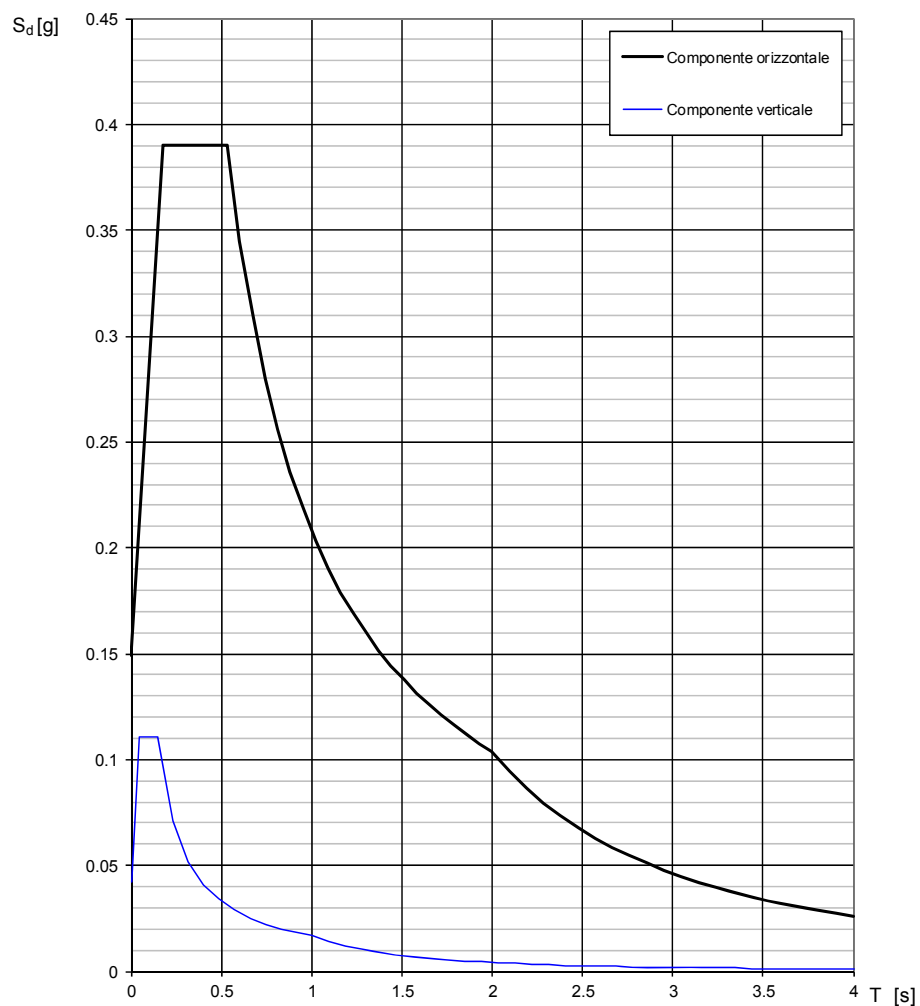
SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0.035	2.551	0.238
SLD	75	0.042	2.546	0.279
SLV	712	0.100	2.610	0.363
SLC	1462	0.128	2.605	0.385

Si assume fattore di struttura unitario:

$$q = 1.00$$

(permanenza completa in campo elastico per il sisma di progetto in tutti gli stati limite considerati)

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



Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.100 g
F_o	2.610
T_C	0.363 s
S_S	1.500
C_C	1.466
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.178 s
T_C	0.533 s
T_D	1.998 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.149
T_B	0.178	0.390
T_C	0.533	0.390
	0.603	0.345
	0.673	0.309
	0.742	0.280
	0.812	0.256
	0.882	0.236
	0.952	0.218
	1.021	0.203
	1.091	0.190
	1.161	0.179
	1.231	0.169
	1.301	0.160
	1.370	0.152
	1.440	0.144
	1.510	0.138
	1.580	0.132
	1.649	0.126
	1.719	0.121
	1.789	0.116
	1.859	0.112
	1.929	0.108
T_D	1.998	0.104
	2.094	0.095
	2.189	0.087
	2.284	0.080
	2.380	0.073
	2.475	0.068
	2.570	0.063
	2.666	0.058
	2.761	0.054
	2.856	0.051
	2.952	0.048
	3.047	0.045
	3.142	0.042
	3.237	0.040
	3.333	0.037
	3.428	0.035
	3.523	0.033
	3.619	0.032
	3.714	0.030
	3.809	0.029
	3.905	0.027
	4.000	0.026

In base alle azioni sopra individuate le forze inerziali dovute alla massa dell'impalcato sono introdotte mediante una forza applicata ad altezza delle travi:

$$\begin{aligned} M_{\text{imp.}} &= 37840 && \text{kg/m} \\ K_{\text{oriz}} &= 7333 && \text{kN/m/m} \\ T &= 0,45 && \text{s} \\ S_e(T) &= 0,39 && \text{g} \\ F_{\text{oriz}} &= 148 && \text{kN/m} \end{aligned}$$

6.7 SPINTA SISMICA DEL RILEVATO

L'azione è valutata nell'ipotesi d'interfaccia rigida col terreno (manufatto che non matura spostamenti), secondo la formula di Woods:

$$\Delta p_d = (a_g/g) S \gamma H$$

(applicata su tutta l'estensione in altezza del paramento della spalla)

$$\text{spinta sismica} - f_h = 0.100 \cdot 1.500 \cdot 19 \cdot (4.2 + 0.8/2) = 13,1 \text{ KN/m/m}$$

6.8 AZIONI TERMICHE

Ai fini degli effetti globali è considerata la variazione termica uniforme pari a:

$$DT = \pm 25 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (impalcato con strutture di acciaio)}$$

La variazione termica non uniforme è presa in considerazione nella determinazione degli effetti globali per l'impalcato e le sottostrutture.

Per quanto riguarda invece gli effetti locali sulla struttura mista acciaio-calcestruzzo dell'impalcato, e limitatamente alle relative membrature, si considera una differenza di temperatura di $\pm 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ tra la soletta in calcestruzzo e la trave in acciaio.

Nota: siccome l'azione non comporta effetti globali sulla struttura, l'azione viene considerata direttamente in sede di verifica delle membrature.

6.9 AZIONE DEL VENTO

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

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_a [1/s]
1	25	1000	0.01
a_s (altitudine sul livello del mare [m])			10
T_R (Tempo di ritorno)			75
$v_b = v_{b,0}$ per $a_s \leq a_0$			
$v_b = v_{b,0} + k_a (a_s - a_0)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m			
v_b ($T_R = 50$ [m/s])			25.000
α_R (T_R)			1.02346
v_b (T_R) = $v_b \times \alpha_R$ [m/s])			25.586

p (pressione del vento [N/mq]) = $q_b c_e c_p c_d$

q_b (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

c_e (coefficiente di esposizione)

c_p (coefficiente di forma)

c_d (coefficiente dinamico)



Pressione cinetica di riferimento

$$q_b = 1/2 \cdot \rho \cdot v_b^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/mc})$$

q_b [N/mq]	409.17
--------------	--------

Coefficiente di forma

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

Coefficiente dinamico

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

Coefficiente di esposizione

Classe di rugosità del terreno

B) Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

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

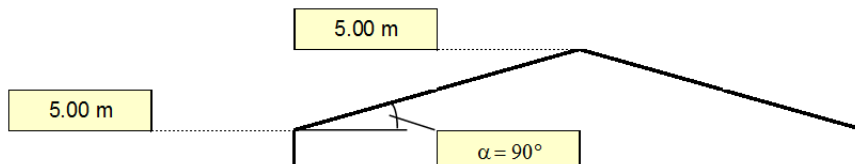
Zona	Classe di rugosità	a_s [m]
1	B	10

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

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

Cat. Esposiz.	k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]	c_t
III	0.2	0.1	5	1

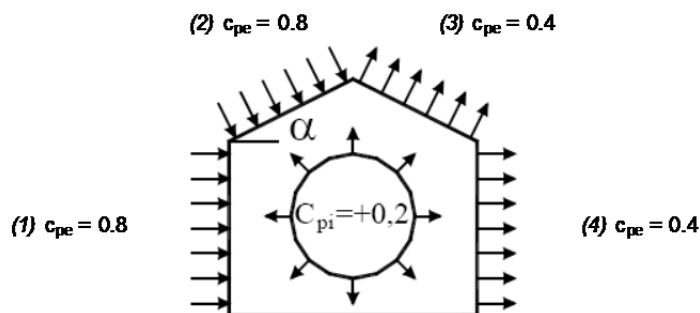
z [m]	c_e
$z \leq 5$	1.708
$z = 5$	1.708
$z = 5$	1.708



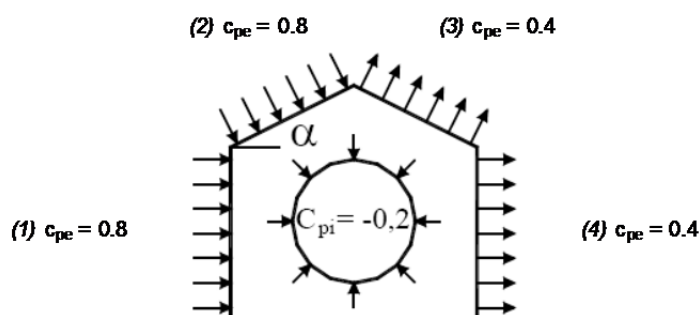
Coefficiente di forma (Edificio aventi una parete con aperture di superficie < 33% di quella totale)

Strutture non stagne

(1)	c_p	p [kN/mq]
	0.60	0.419
(2)	c_p	p [kN/mq]
	0.60	0.419
(3)	c_p	p [kN/mq]
	0.60	0.419
(4)	c_p	p [kN/mq]
	0.60	0.419

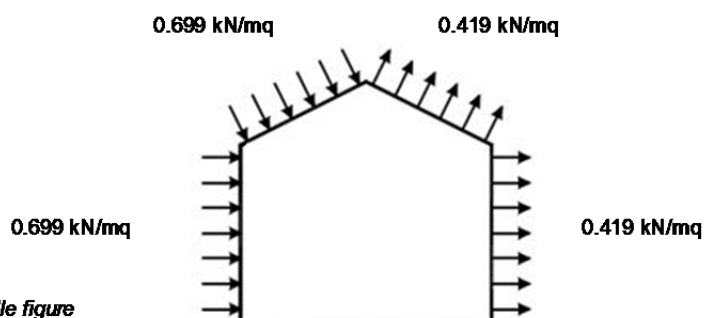


(1)	c_p	p [kN/mq]
	1.00	0.699
(2)	c_p	p [kN/mq]
	1.00	0.699
(3)	c_p	p [kN/mq]
	0.20	0.140
(4)	c_p	p [kN/mq]
	0.20	0.140



Combinazione più sfavorevole:

	p [kN/mq]
(1)	0.699
(2)	0.699
(3)	0.419
(4)	0.419



N.B. Se p (o c_{pe}) è > 0 il verso è concorde con le frecce delle figure

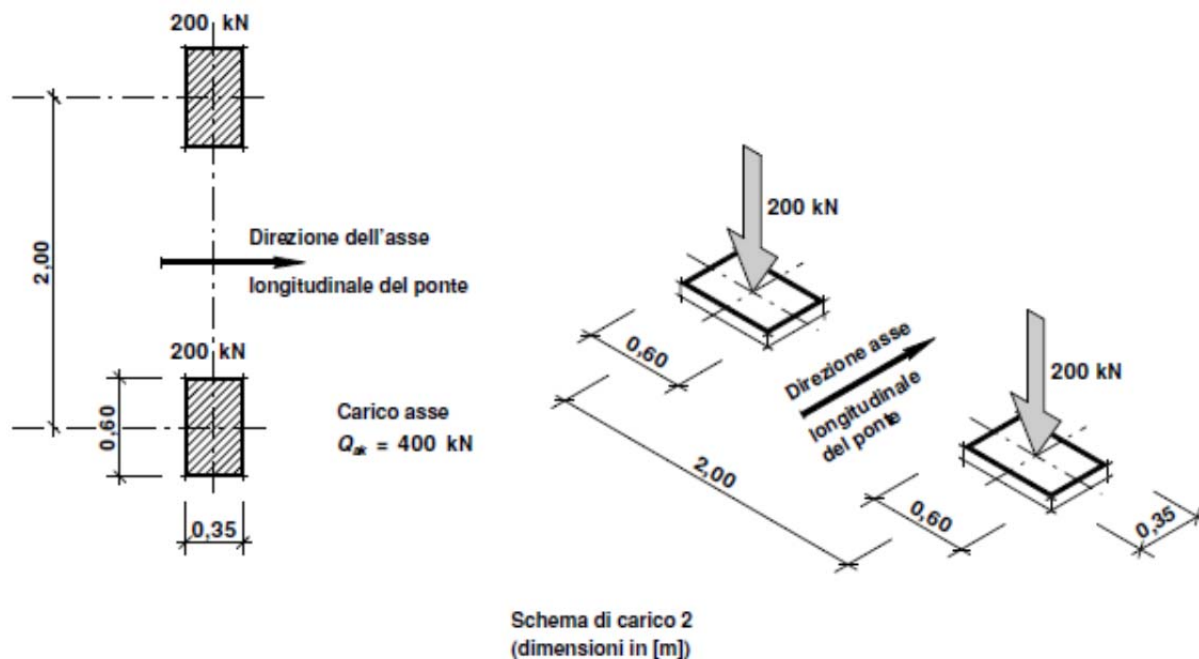
Data la conformazione del ponte la pressione del vento può essere applicata alla superficie di riferimento del traffico pari a 3 m:

$$q_{\text{vento trasversale impalcato}} = (0.7 + 0.42) \cdot 3 = 3.36 \text{ KN/m}$$

Il carico si ritiene trascurabile agli effetti della progettazione.

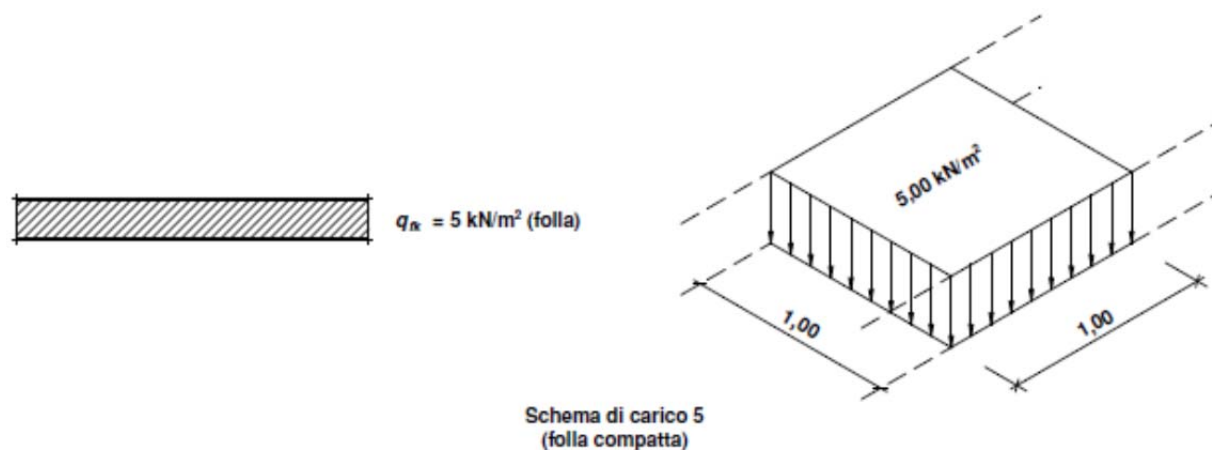
6.12 SCHEMA DI CARICO 2

- Un solo asse con peso complessivo $Q_k = 400$ kN, disposto in asse alla corsia; il carico Q_k di ogni pneumatico grava su un'impronta rettangolare di $0,60 \times 0,35$ m²; questo schema è utilizzato per verifiche locali.



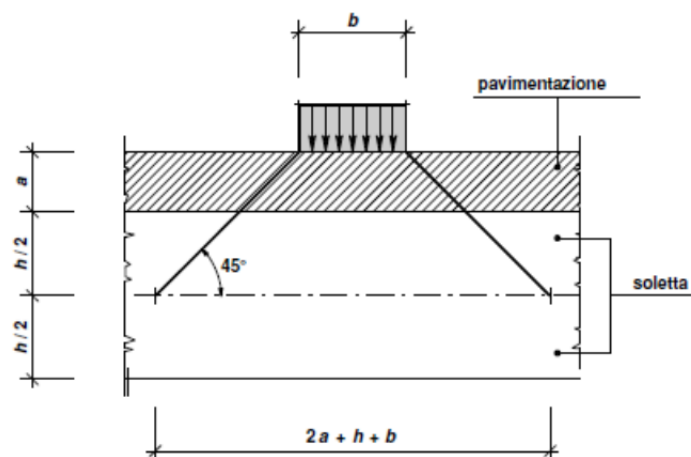
6.12.1 Schema di carico 5

- Schema di carico 5 (fig. 6): folla compatta considerata come carico ripartito uniforme con intensità nominale $q_k = 5,00$ kN/m², compresi gli effetti dinamici, e con valore di combinazione $q_k = 2,50$ kN/m².



6.12.2 Diffusione dei carichi

I carichi concentrati si considerano uniformemente ripartiti sulla relativa impronta con una diffusione a 45° fino al piano medio della soletta; nel caso di elementi monodimensionali il carico si diffonde solo nel senso del suo asse



6.12.3 Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione q_3

Si considera uniformemente distribuita sulla lunghezza L della zona caricata e dipende dal carico verticale che grava sulla corsia convenzionale n. 1.

Agisce a livello della pavimentazione e lungo l'asse della corsia con intensità fornita da (ponti di 1a categoria):

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

dove:

w_l = larghezza della corsia

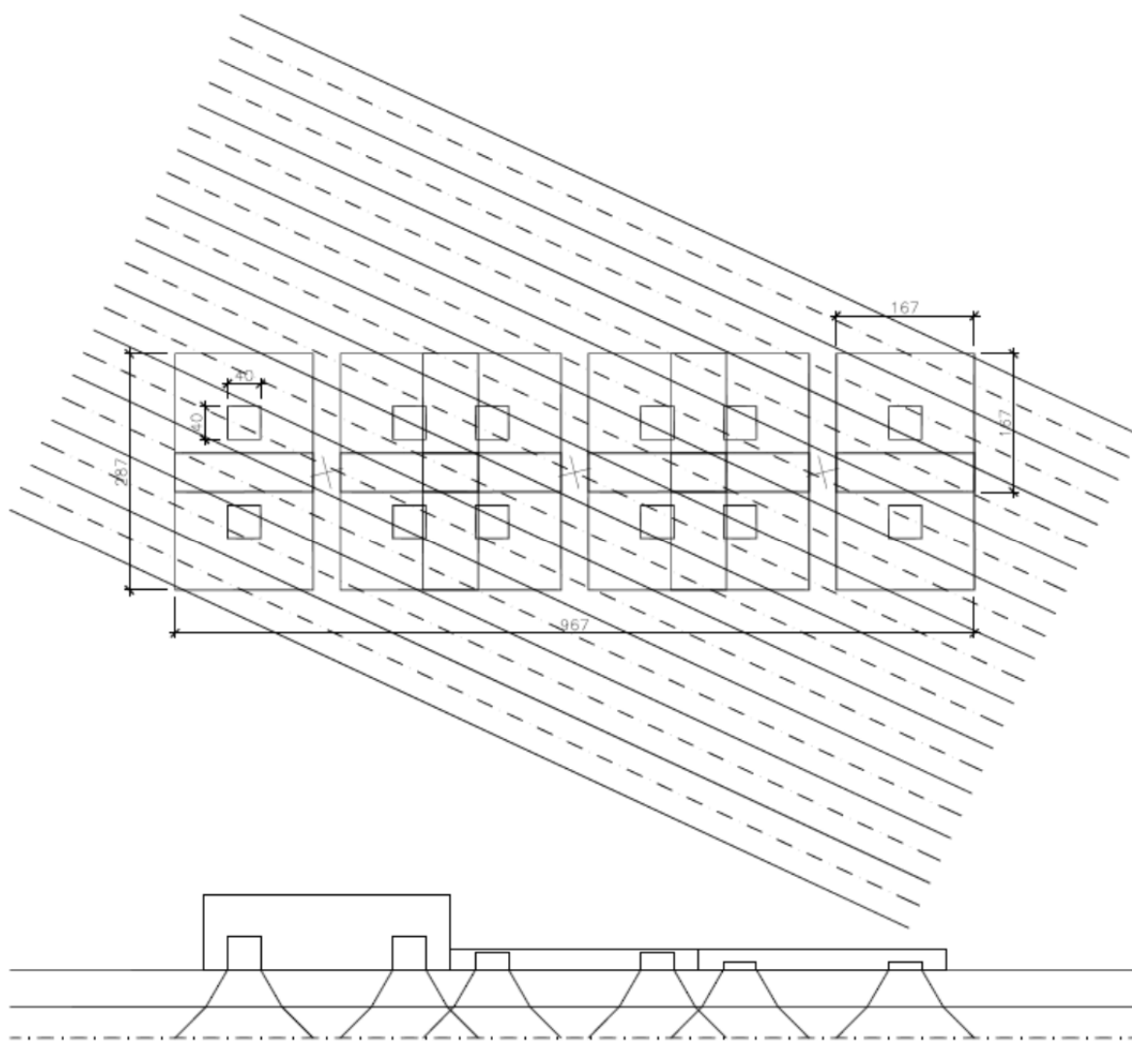
l'azione di frenamento/accelerazione si esplica in direzione pseudo-longitudinale dell'impalcato, pertanto non produce effetti sensibili sulla struttura e viene trascurata.

6.13 RIPARTIZIONE DEI CARICHI DA TRAFFICO

La ripartizione dei carichi da traffico è studiata mediante apposito modello FEM della soletta in cui è implementata la distribuzione di carichi mostrata in figura.

I carichi tandem sono paralleli alle corsie di carico di normativa, le quali sono disposte secondo un angolo di sghembo nei confronti della travata che compone l'impalcato.

La figura che segue rappresenta lo schema di applicazione del carico nei confronti degli elementi del modello:



Le immagini seguenti mostrano la modellazione implementata e i risultati in termini di distribuzione del momento flettente.

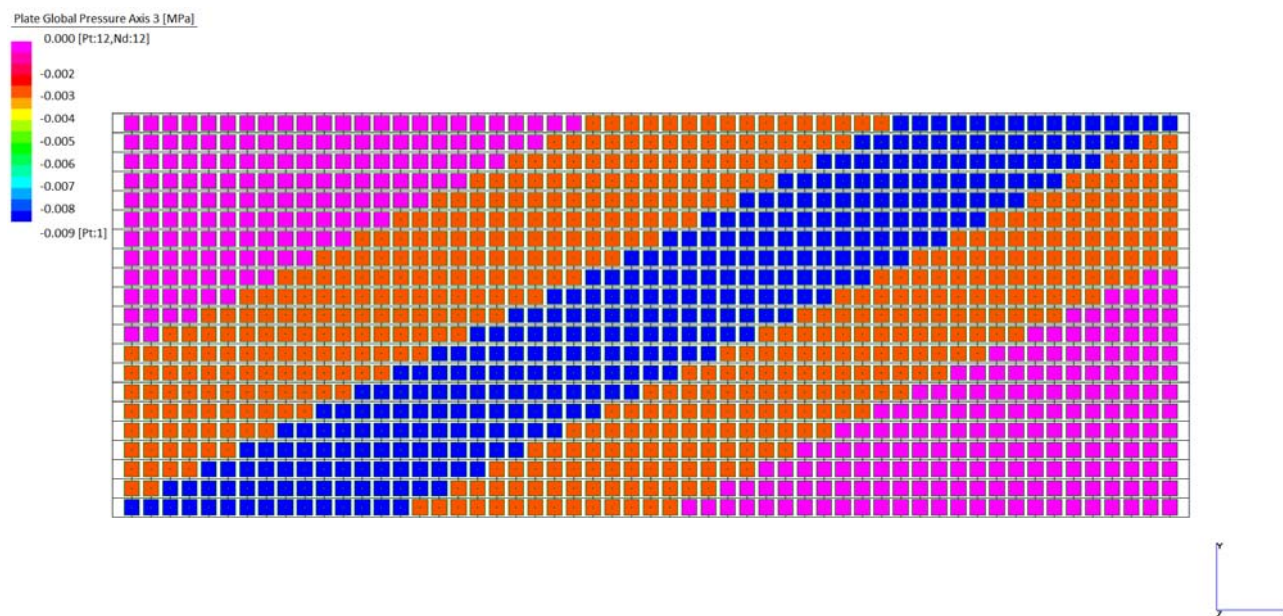


Figura 5: Distribuzione di pressione – colonne di carico – carico distribuito

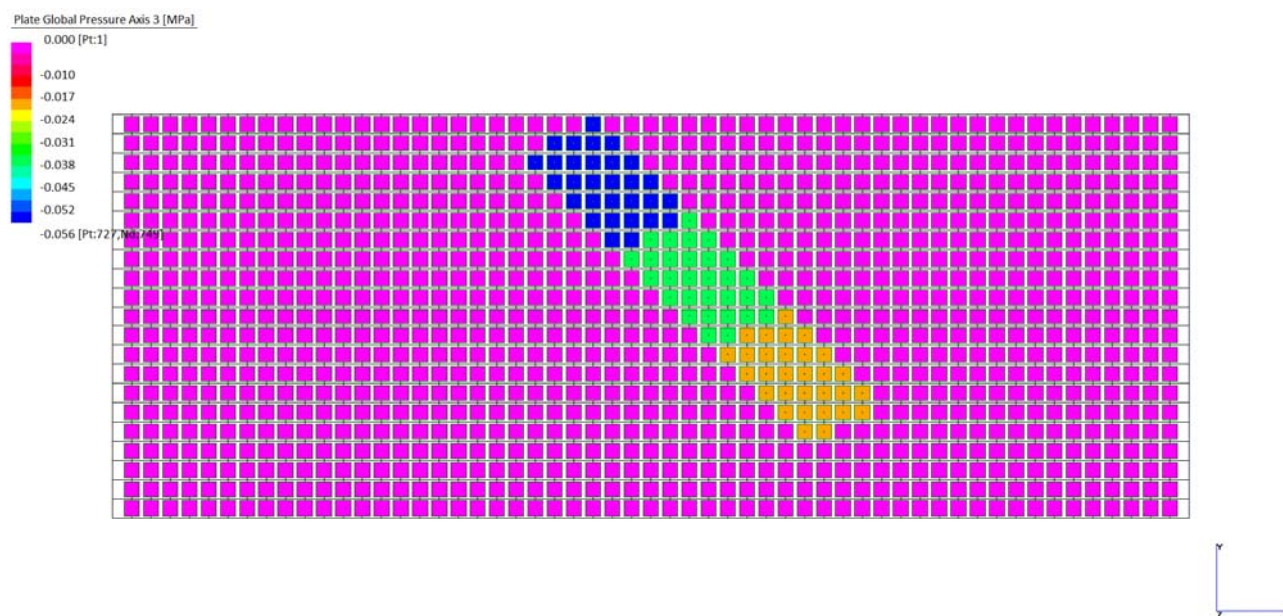


Figura 6: Distribuzione di pressione – colonne di carico – carico concentrato posizione per massimo taglio all'estremità delle travi

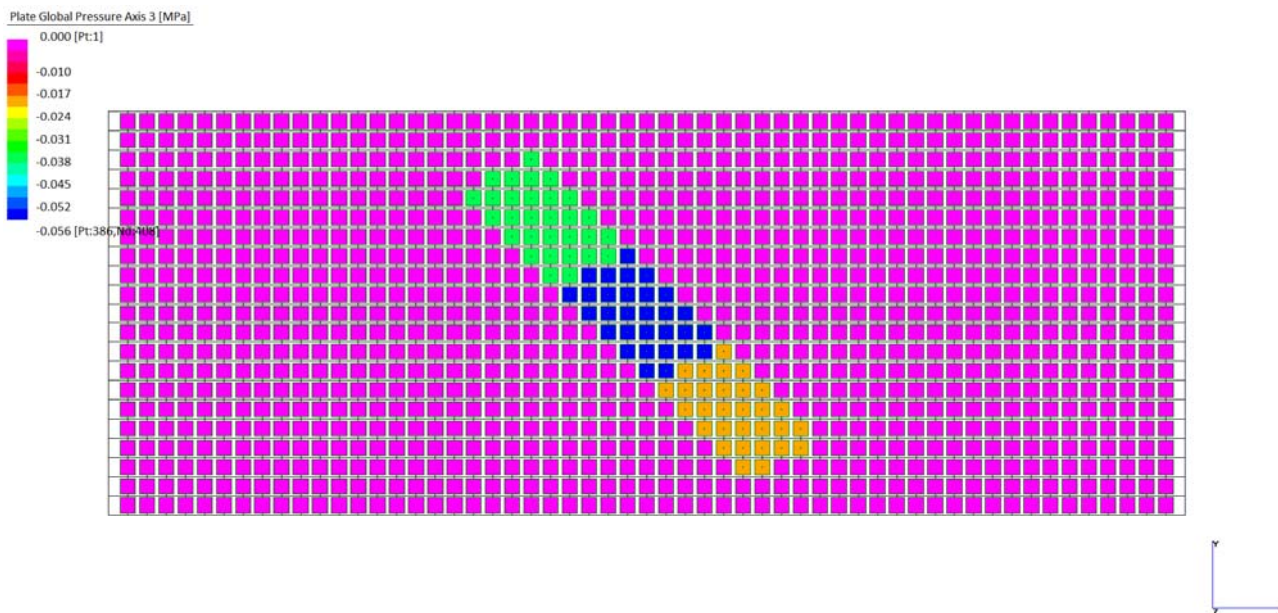


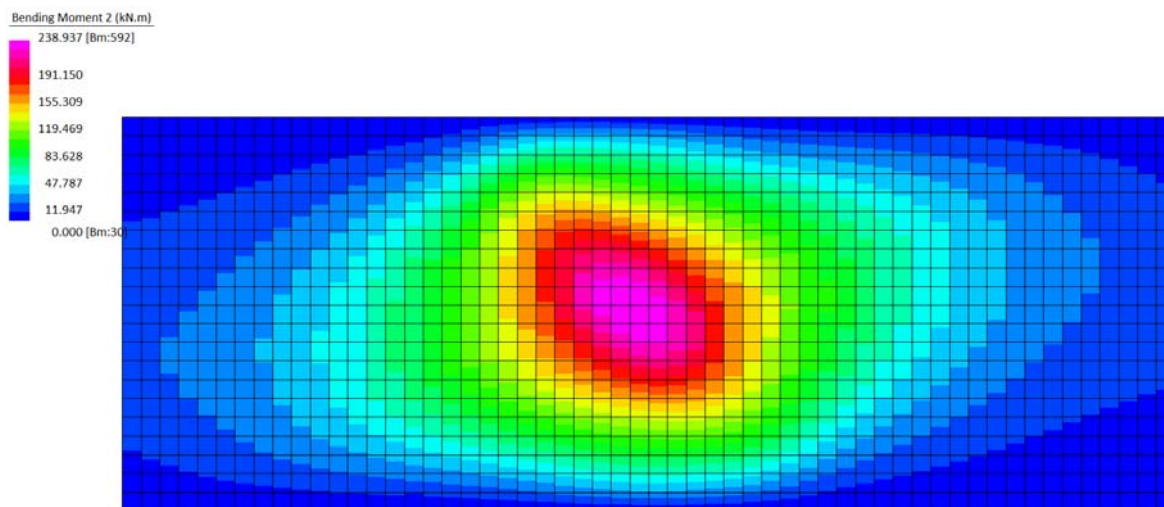
Figura 7: Distribuzione di pressione – colonne di carico – carico concentrato posizione per massimo momento flettente in mezzera delle travi

Nota: la soletta è implementata come piastra ortotropa con rigidezza trascurabile nella direzione delle travi, in modo da non sovrapporre il funzionamento locale con quello globale che viene trattato negli appositi moduli di verifica.

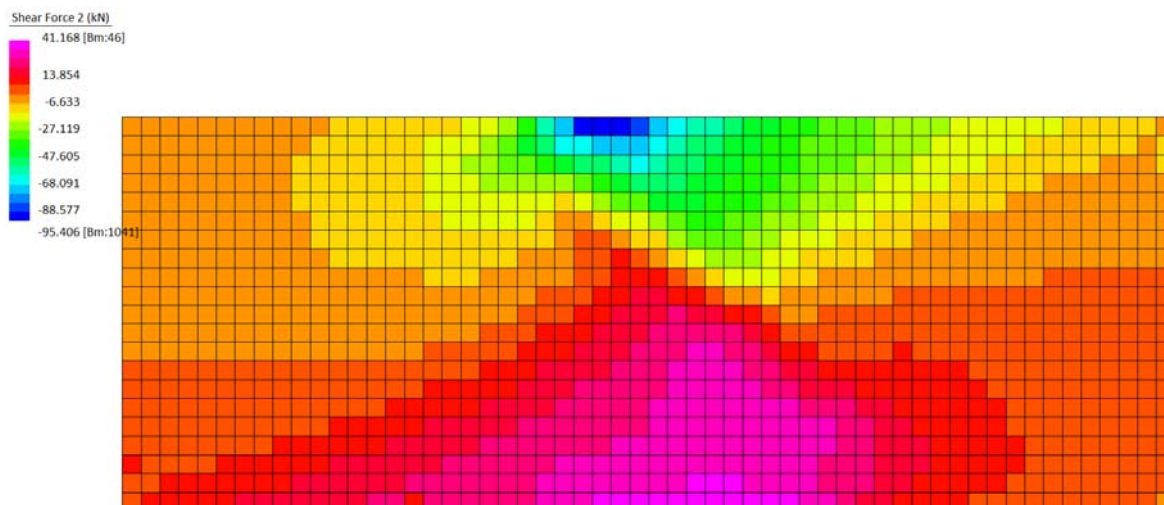
I risultati della modellazione sono riportati di seguito per le combinazioni:

1. Colonne di carico distribuito + carico concentrato posizione per massimo taglio all'estremità delle travi
2. Colonne di carico distribuito + carico concentrato posizione per massimo momento flettente in mezzera delle travi.

Massimo momento in mezzeria delle travi:



Massimo taglio in appoggio delle travi:



Dai risultati sopra vengono ricavati carichi uniformemente distribuiti, riferiti all'unità di profondità del problema bidimensionale, da applicare al modello FEM in 2D:

- $q_m \text{ equiv} = 8 \cdot (240/0.6) / 12.7^2 = 19.8 \text{ KN/m/m}$
- $q_v \text{ equiv} = 2 \cdot (96/0.6) / 12.7 = 25.2 \text{ KN/m/m}$



il carico equivalente per momento flettente viene utilizzato ai fini della verifica della flessione della trave, mentre quello equivalente per taglio viene usato ai fini della verifica delle sottostrutture e dell'estremità delle travi per taglio.

7 COMBINAZIONI DI CARICO

7.1 COMBINAZIONI S.L.U.

Si adottano le combinazioni di carico tipo:

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

dove:

- G_1 valore caratt. delle azioni da peso proprio;
- G_2 valore caratt. delle azioni da carichi permanenti portati;
- Q_{k1} valore caratt. dell'azione variabile di base di ogni combinazione;
- Q_{ki} valore caratt. delle azioni variabili tra loro indipendenti;
- P valore caratt. delle deformazioni impresse;
- $\gamma_G, \gamma_Q, \gamma_P$ coefficienti parziali per le azioni;
- ψ_{0i} coefficienti di comb. per le verifiche allo stato limite ultimo.

7.2 COMBINAZIONI S.L.E.

Combinazione caratteristica (rara)

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

Combinazione frequente

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

Combinazione quasi permanente

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

7.2.1 Coefficienti parziali

- Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU

DM 14/01/2008 § 5.1.3.12 - Tabella 5.1.V:

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁴⁾ 1,20 per effetti locali

- Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali

DM 14/01/2008 § 5.1.3.12 - Tabella 5.1.VI:

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente Ψ_0 di combinazione	Coefficiente Ψ_1 (valori frequent)	Coefficiente Ψ_2 (valori quasi permanent)
Azioni da traffico (Tabella 5.1.IV)	Schema 1 (Carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (Carichi distribuiti)	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	----	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

7.3 COMBINAZIONI IMPLEMENTATE

Le combinazioni sono implementate direttamente nel software attraverso la massimizzazione dei parametri di volta in volta ricercati sulla base degli involuppi seguenti:

Set	Name	Type	Group
1	traff impalcato	Additive (AND)	car traffico
2	traff rilevato	Additive (AND)	car traffico

SLU

Case	Factor 1	Factor 2	Set
1 1: pesi propri strutturali	1,35	1,00	<None>
2 2: permanenti portati	1,50	0,00	<None>
3 3: spinta geostatica	1,50	1,00	<None>
4 4: ritiro e viscosità	1,20	0,00	<None>
5 5: variazione termica uniforme	0,72	-0,72	<None>
6 6: car traffico rilevato fh	1,35	0,00	AND {traff rilevato} : GRP {car traffico}
7 7: car traffico rilevato fv	1,35	0,00	AND {traff rilevato} : GRP {car traffico}
8 9: car traffico q equiv - v	1,35	0,00	AND {traff impalcato} : GRP {car traffico}

SLV

Case	Factor 1	Factor 2	Set
1 1: pesi propri strutturali	1,00	1,00	<None>
2 2: permanenti portati	1,00	0,00	<None>
3 3: spinta geostatica	1,00	1,00	<None>
4 4: ritiro e viscosità	1,00	0,00	<None>
5 5: variazione termica uniforme	0,50	-0,50	<None>
6 10: sisma impalcato	1,00	-1,00	<None>
7 11: sisma rilevato	1,00	0,00	<None>

SLEr

a

Case	Factor 1	Factor 2	Set
1 1: pesi propri strutturali	1,00	1,00	<None>
2 2: permanenti portati	1,00	0,00	<None>
3 3: spinta geostatica	1,00	1,00	<None>
4 4: ritiro e viscosità	1,00	0,00	<None>
5 5: variazione termica uniforme	0,60	-0,60	<None>
6 6: car traffico rilevato fh	1,00	0,00	AND {traff rilevato} : GRP {car traffico}
7 7: car traffico rilevato fv	1,00	0,00	AND {traff rilevato} : GRP {car traffico}
8 9: car traffico q equiv - v	1,00	0,00	AND {traff impalcato} : GRP {car traffico}

SLEf

r

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcato 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

Case	Factor 1	Factor 2	Set
1 1: pesi propri strutturali	1,00	1,00	<None>
2 2: permanenti portati	1,00	0,00	<None>
3 3: spinta geostatica	1,00	1,00	<None>
4 4: ritiro e viscosità	1,00	0,00	<None>
5 5: variazione termica uniforme	0,60	-0,60	<None>
6 6: car traffico rilevato fh	0,75	0,00	AND {traff rilevato} : GRP {car traffico}
7 7: car traffico rilevato fv	0,75	0,00	AND {traff rilevato} : GRP {car traffico}
8 9: car traffico q equiv - v	0,75	0,00	AND {traff impalcato} : GRP {car traffico}

SLEq

p

Case	Factor 1	Factor 2	Set
1 1: pesi propri strutturali	1,00	1,00	<None>
2 2: permanenti portati	1,00	0,00	<None>
3 3: spinta geostatica	1,00	1,00	<None>
4 4: ritiro e viscosità	1,00	0,00	<None>
5 5: variazione termica uniforme	0,50	-0,50	<None>
6 6: car traffico rilevato fh	0,00	0,00	AND {traff rilevato} : GRP {car traffico}
7 7: car traffico rilevato fv	0,00	0,00	AND {traff rilevato} : GRP {car traffico}
8 9: car traffico q equiv - v	0,00	0,00	AND {traff impalcato} : GRP {car traffico}

8 SOLLECITAZIONI

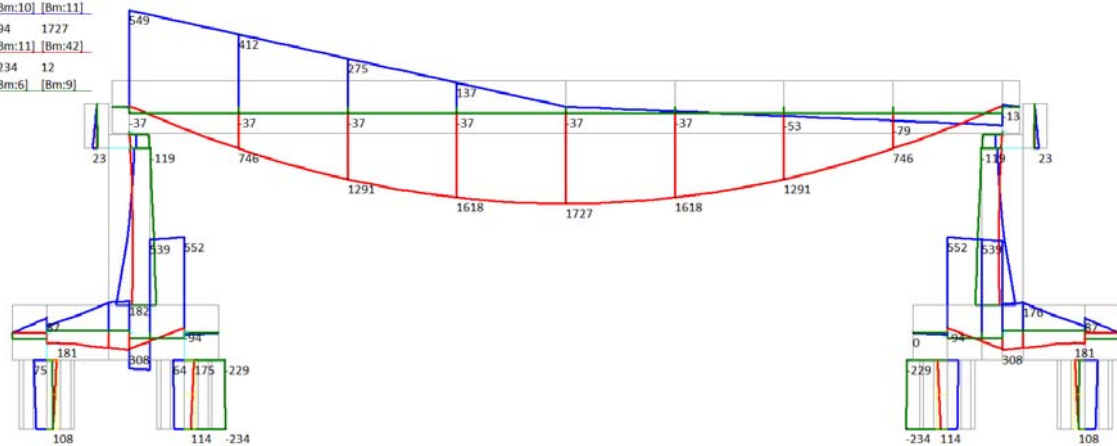
Sono di seguito riportati i diagrammi d'involuppo delle sollecitazioni per le combinazioni evidenziate.

Per quanto riguarda gli elementi dell'impalcato, le sollecitazioni sono riferite alla sezione composta trave c.a.p. + soletta (riferita a unità di profondità).

Nel seguito (schede di verifica tensionale delle travi) le sollecitazioni relative ai pesi propri di trave in c.a.p. e soletta sono ricavati da quello complessivo in ragione del rapporto fra ciascuna area e quella della sezione composta.

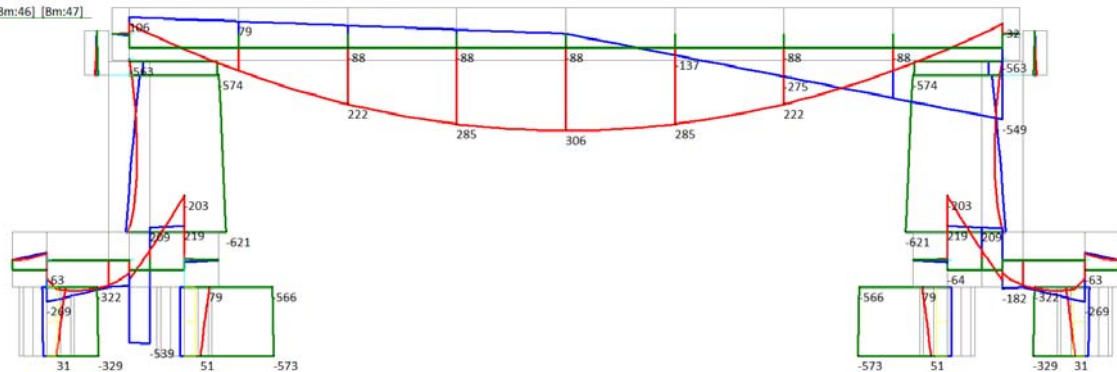
SLUmax

	MIN	MAX
SF2(kN)	-209	552
	[Bm:10]	[Bm:11]
BM2(kN.m)	-94	1727
	[Bm:11]	[Bm:42]
Force(kN)	-234	12
	[Bm:6]	[Bm:9]

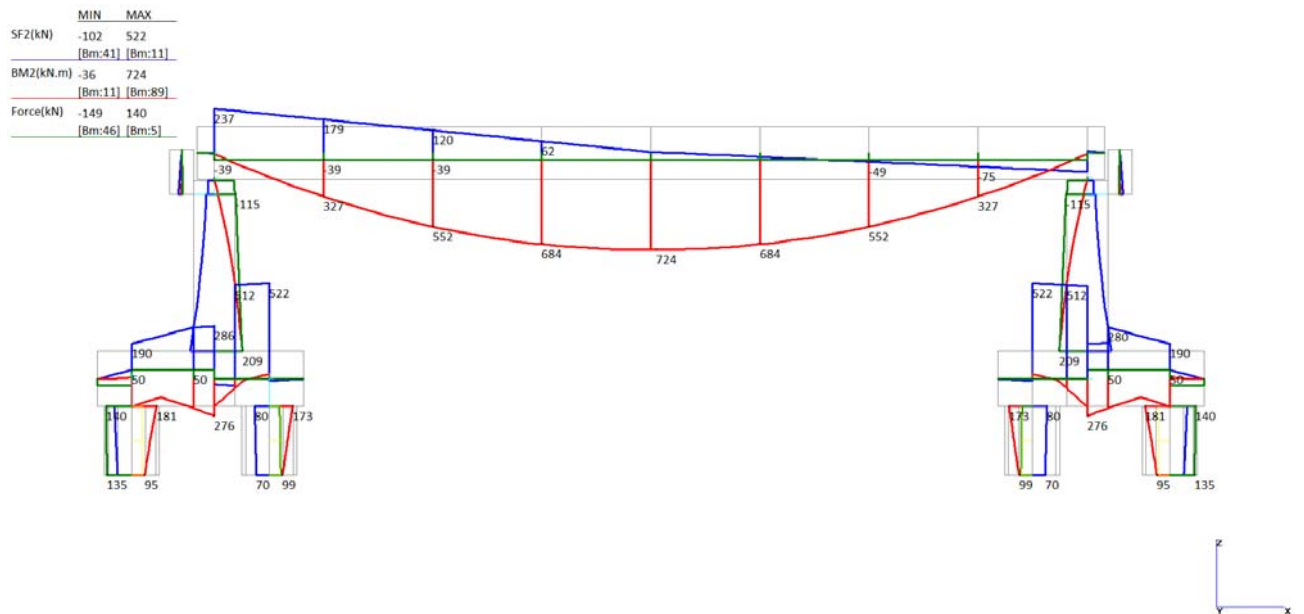


SLUmin

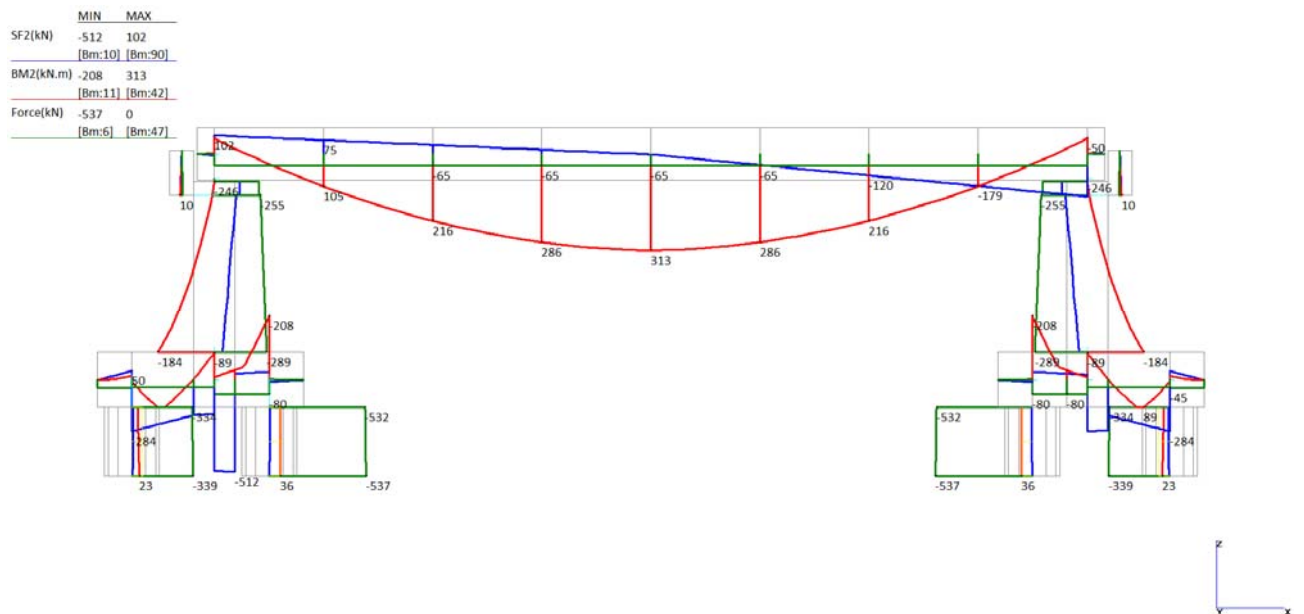
	MIN	MAX
SF2(kN)	-549	219
	[Bm:41]	[Bm:11]
BM2(kN.m)	-203	306
	[Bm:11]	[Bm:42]
Force(kN)	-621	0
	[Bm:46]	[Bm:47]



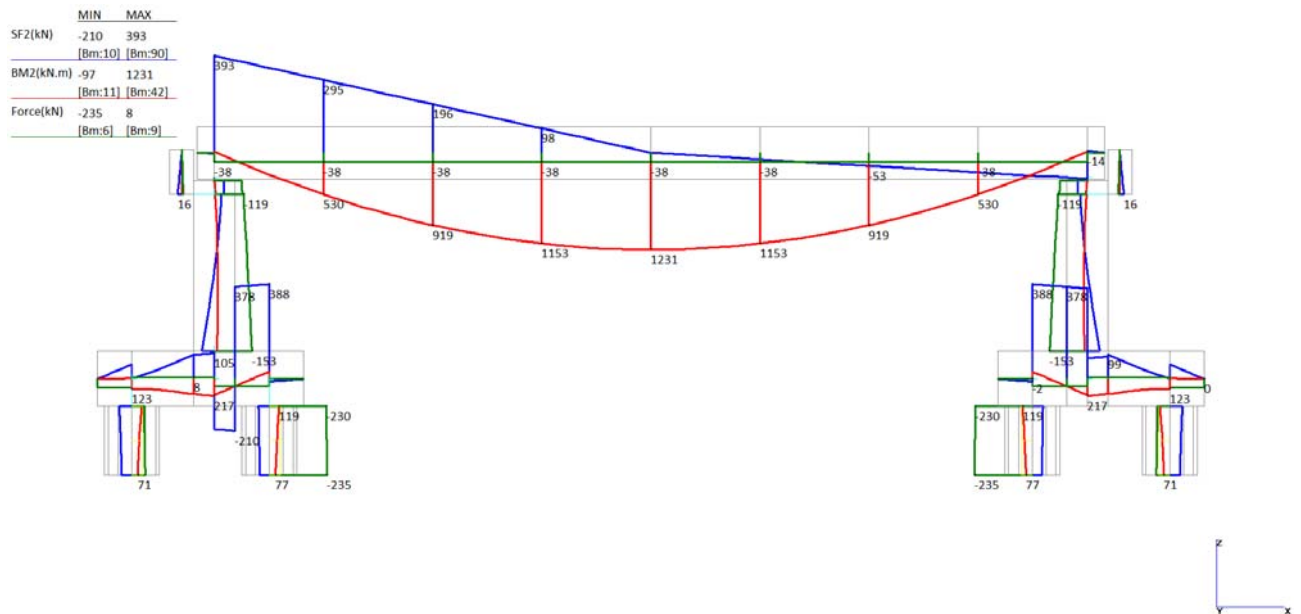
SLVmax



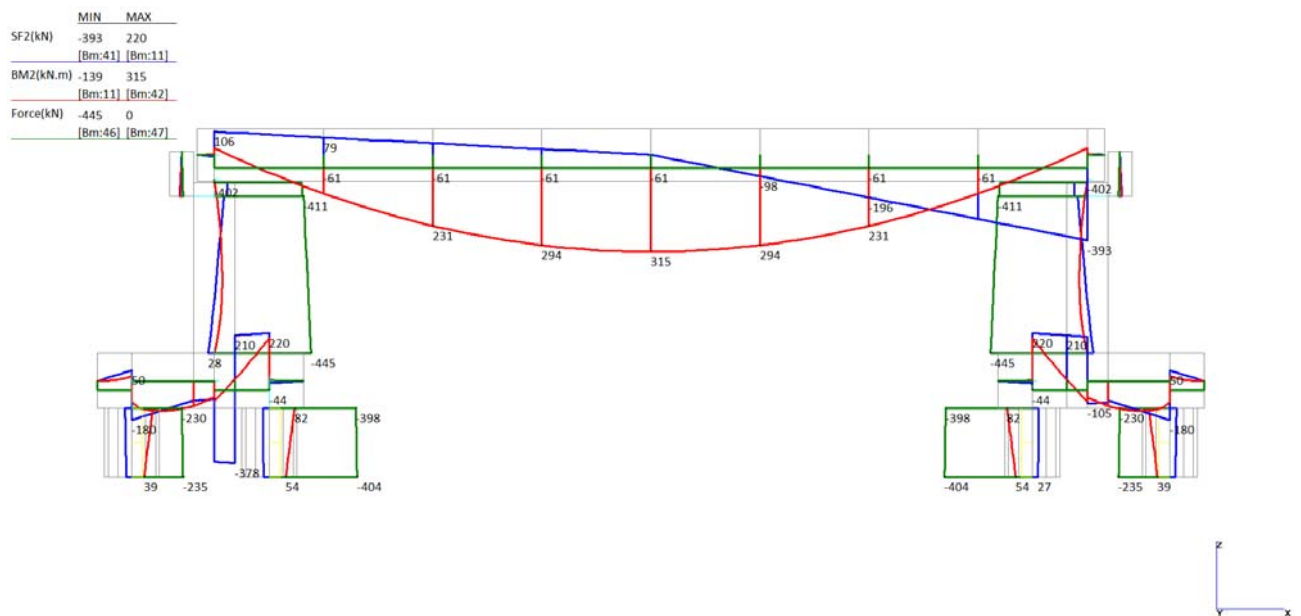
SLVmin



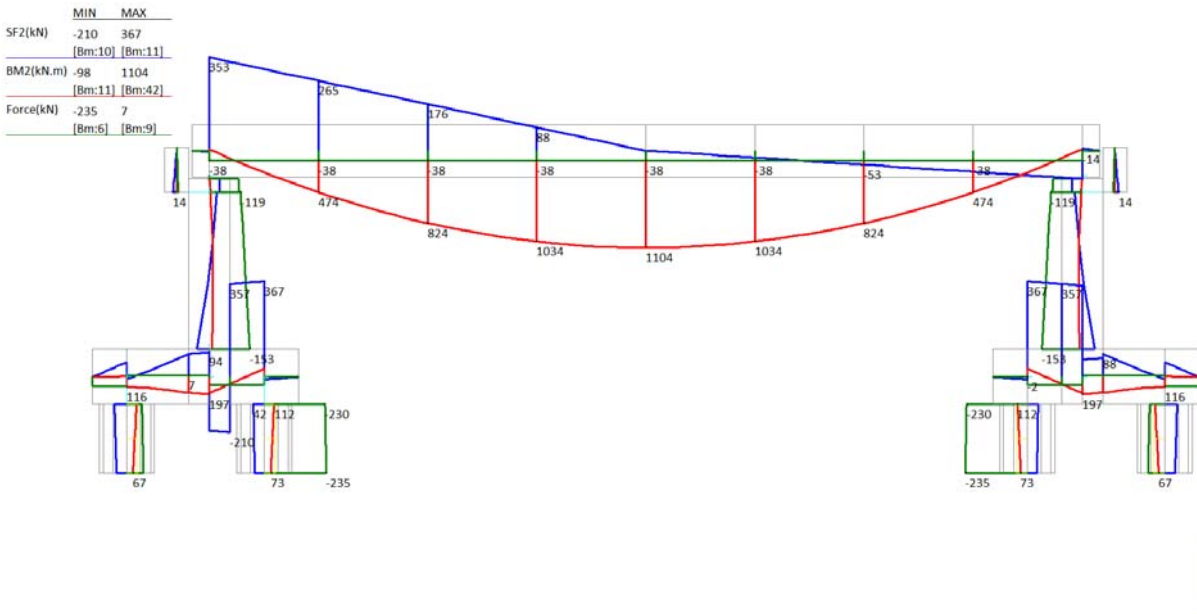
SLeramax



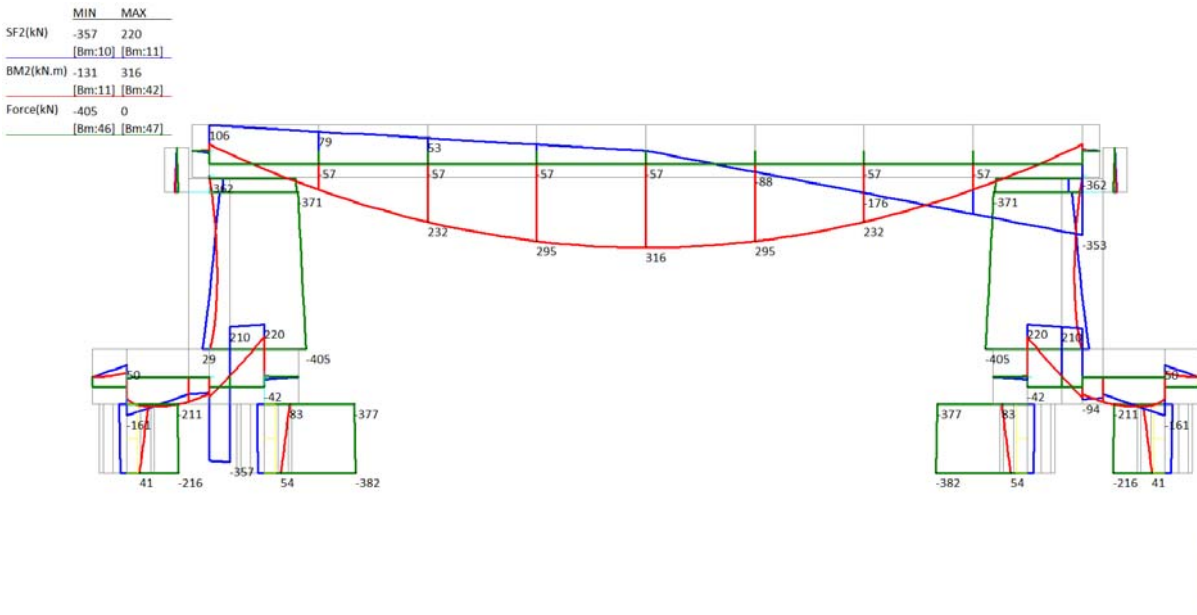
SLeramin



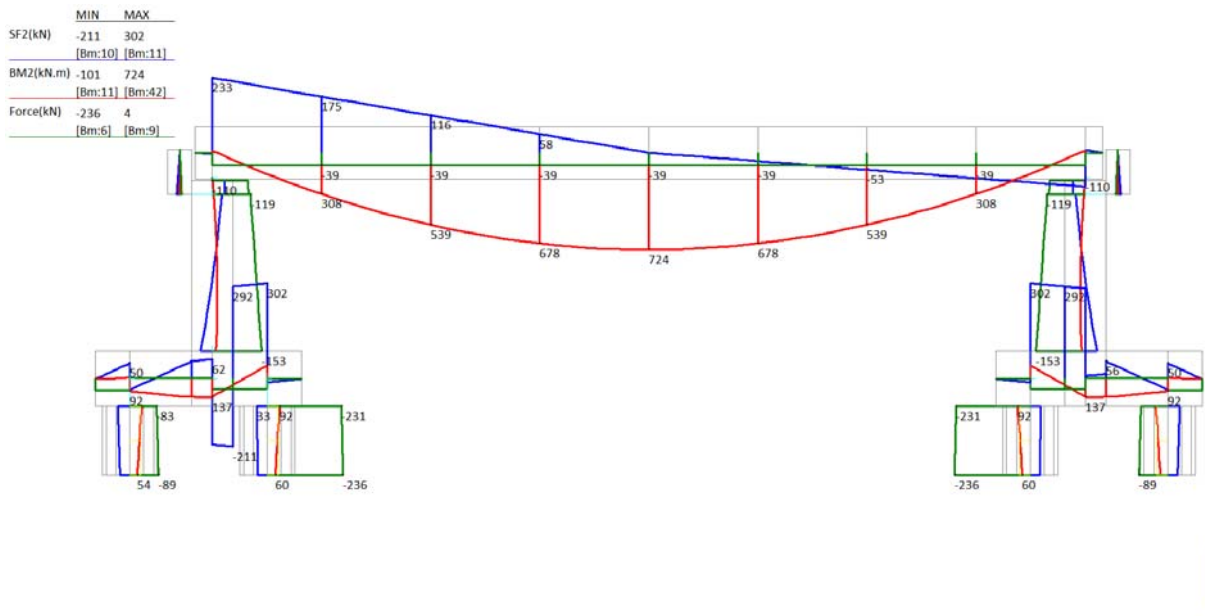
SLEfrmax



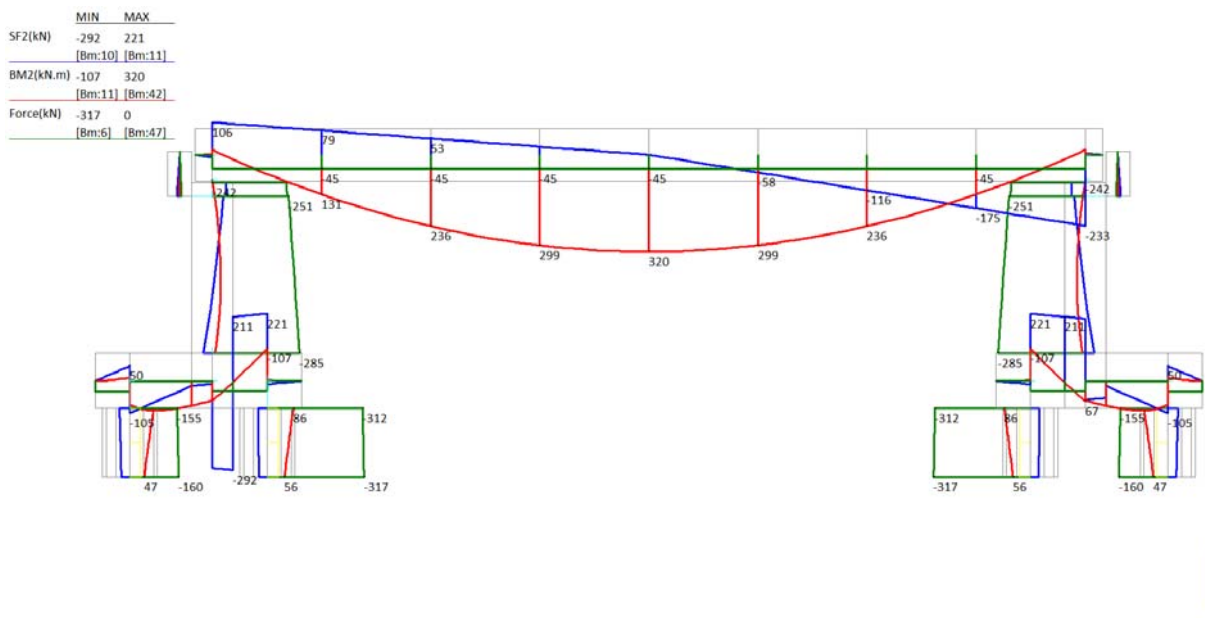
SLEfrmin



SLEqpmax



SLEqpmin



9 VERIFICHE DELL'IMPALCATO

9.1 TRAVI PREFABBRICATE

9.1.1 Verifiche tensionali in esercizio

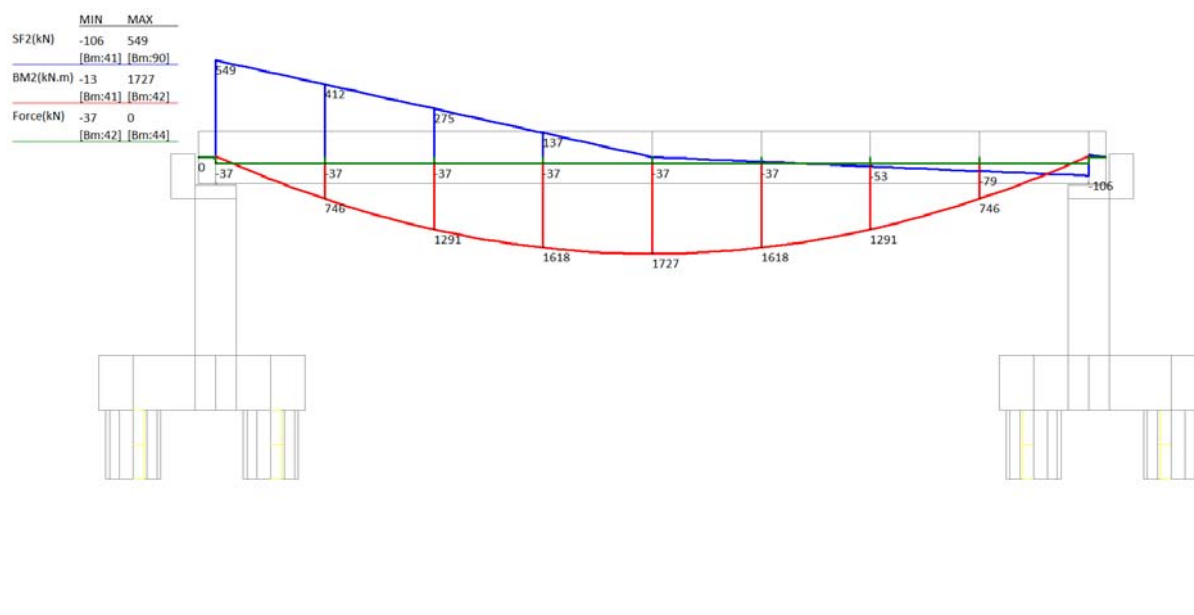
La verifica della trave prefabbricata è riportata in allegato.

9.1.2 Verifiche allo stato limite ultimo

Sono di seguito riportate le verifiche in condizioni ultime per le sezioni tipologiche H40 e H50 delle travi d'impalcato.

9.1.2.1 TRAVE H50 – IMPALCATO L=12.70 M

Combinazione SLU_{max} – massimo momento flettente in mezzeria:



Sulla singola trave:

$$M_{Ed,SLU} = 1036 \text{ kNm}$$

Titolo : _____

N° figure elementari **Zoom** N° strati barre **Zoom**

N°	sup [cm]	b inf [cm]	h [cm]
1	60	60	26
2	35.4	60	45
3	60	60	5

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4.62	5
2	4.62	21
3	3.08	31
4	3.08	54
5	4.62	71

Sollecitazioni
S.L.U.

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Cavo snervato

Materiali
B450C C45/55
ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
E_s N/mm² f_{cd} ‰
E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
ε_{syd} ‰ σ_{c,adm}
σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
τ_{c1}

M_{xRd} kN m
σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ

Tipo Sezione
☐ Rettan.re ☒ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Armatura Precompressione
N° strati cavi **Zoom**

N°	As [cm²]	d [cm]	σ _{sp} [MPa]
1	2.78	33	1250
2	5.56	64	1250
3	11.12	69	1250

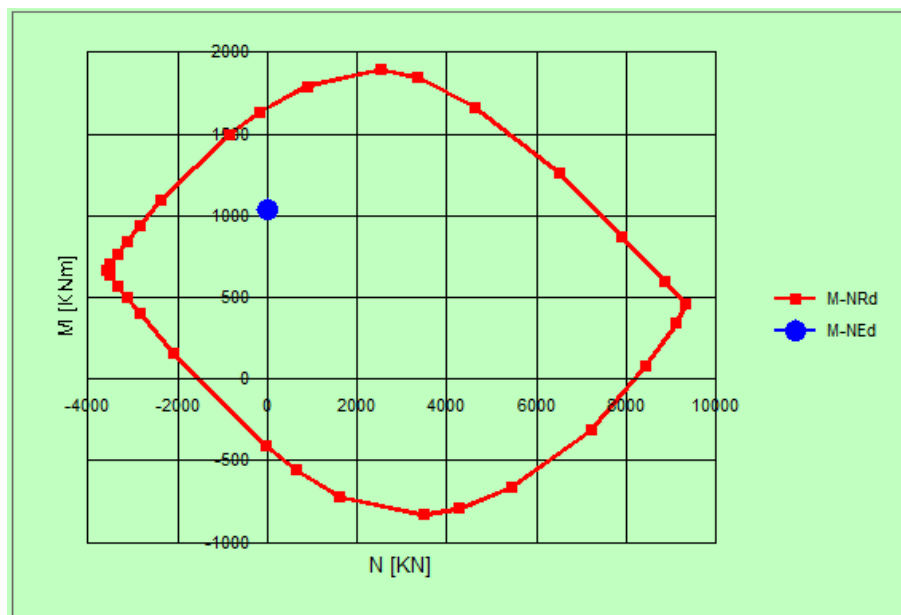
Tipo cavo
ε_{su} ‰
f_{yd} N/mm²
E_s/E_c
ε_{syd} ‰
σ_{s,adm} N/mm²

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.
Calcola MRd
L₀ cm Col. modello

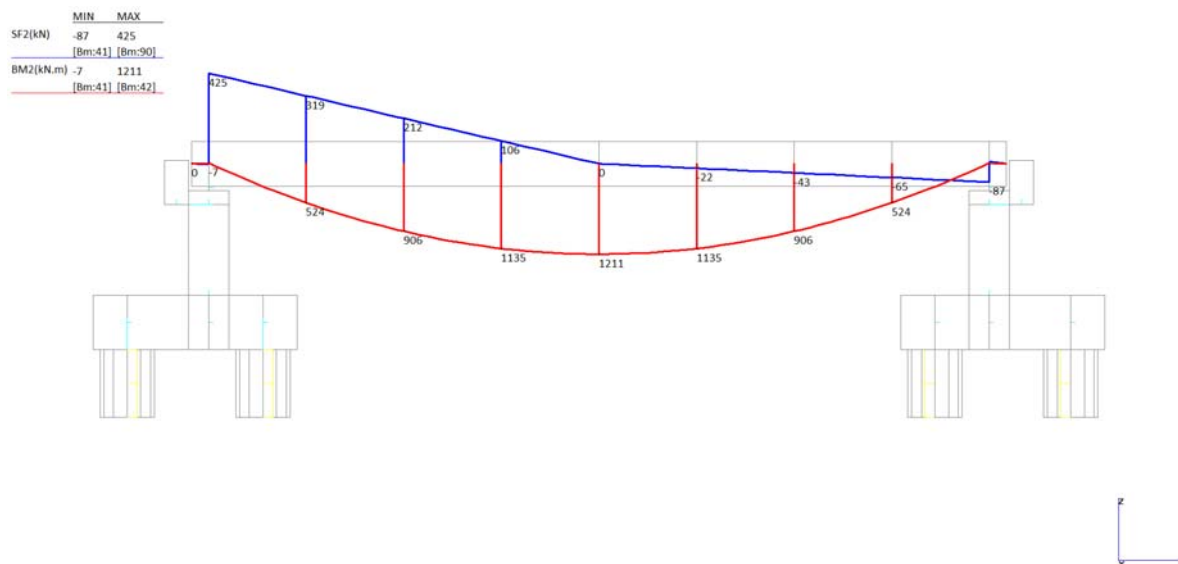
σ_{sp} N/mm²
ε_{sp} ‰ compressa predef.



$$M_{Ed} / M_{Rd} = 1036 / 1662 = 0.62 < 1.00$$

9.1.2.2 TRAVE H40 – IMPALCATO L=11.50 M

Combinazione SLU_{max} – massimo momento flettente in mezzeria:



Sulla singola trave:

$$M_{Ed,SLU} = 727 \text{ kNm}$$

Titolo :

N° figure elementari 3 **Zoom** **N° strati barre** 5 **Zoom**

N°	sup [cm]	inf [cm]	h [cm]
1	60	60	26
2	40.8	60	35
3	60	60	5

N°	As [cm²]	d [cm]
1	4.62	5
2	4.62	21
3	3.08	31
4	3.08	44
5	4.62	61

Tipo Sezione
☐ Rettan.re ☒ Trapezi
☐ a T ☐ Circolare
☐ Rettangoli ☐ Coord.

Armatura Precompressione
N° strati cavi 3 **Zoom**

N°	As [cm²]	d [cm]	σ_{sp} [MPa]
1	2.78	33	1250
2	5.56	54	1250
3	11.12	59	1250

Sollecitazioni
S.L.U. **Metodo n**

N° 0 **kN**
M 727 **kNm**
M 0 **kNm**

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

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Cavo snervato

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ 0 cm **Col. modello**

Materiali
B450C **C45/55**

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200,000 N/mm² f_{cd} 25.5 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 16 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.9333
 τ_{c1} 2.543

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

Tipo flessione
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100
Calcola MRd **Dominio M-N**
L₀ 0 cm **Col. modello**

Precompresso

Tipo cavo Trefolo
 ϵ_{su} 67.5 ‰
 f_{yd} 1,450 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.25 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1113 N/mm²

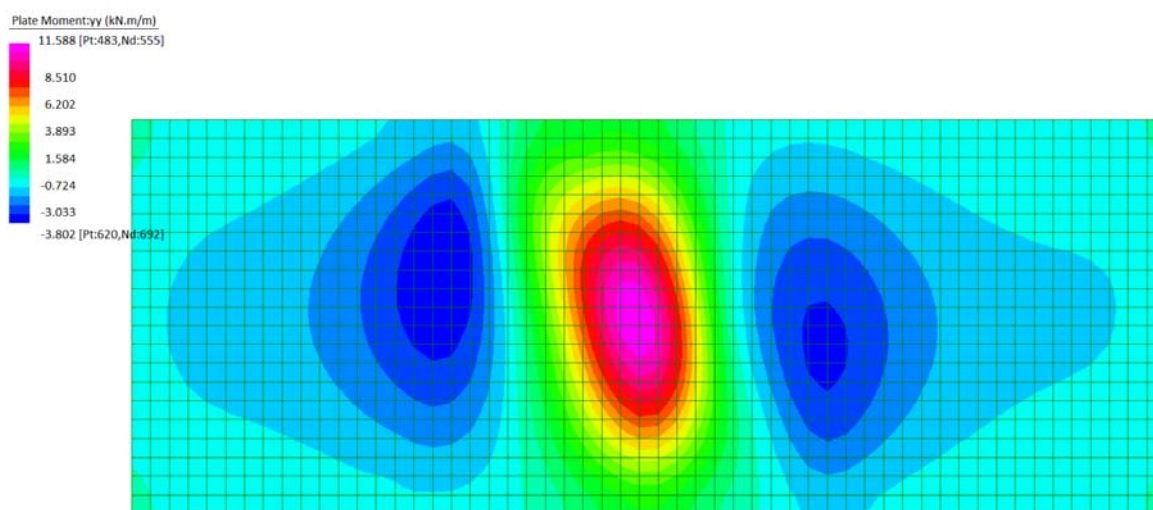
σ_{sp} 1,450 N/mm²
 ϵ_{sp} 11.37 ‰ compressa predef.

$$M_{Ed} / M_{Rd} = 727 / 1390 = 0.52 < 1.00$$

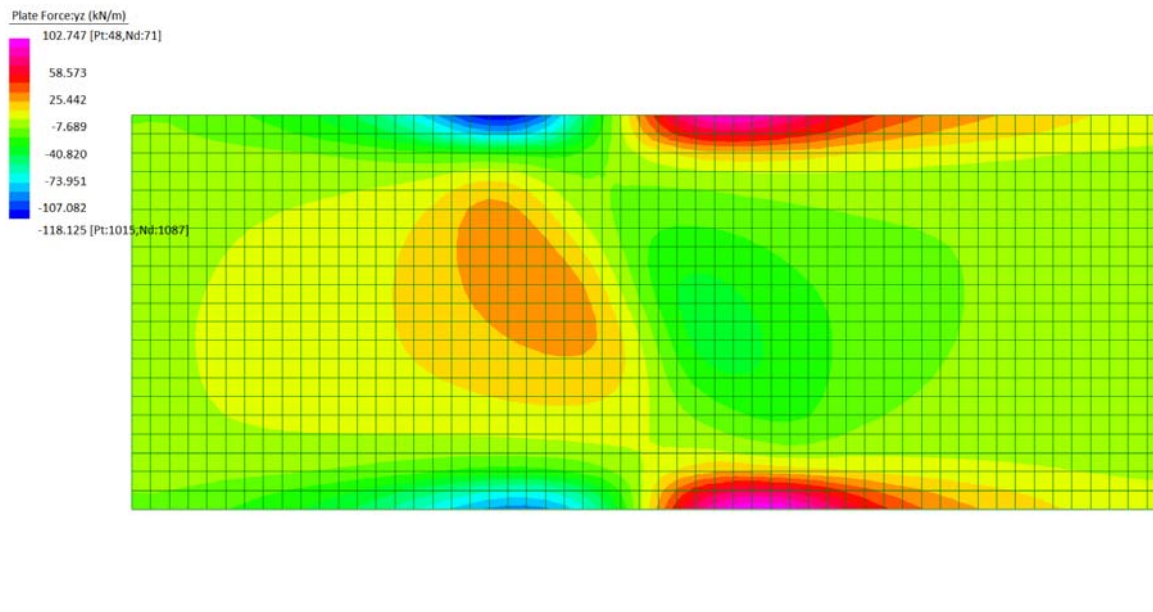
9.2 SOLETTA (DIREZIONE TRASVERSALE)

Dalla modellazione piana della ripartizione dei carichi si ricavano momenti flettenti e taglio in direzione ortogonale alle travi dovuti ai carichi non uniformemente distribuiti sull'impalcato (carichi da traffico distribuito e concentrati):

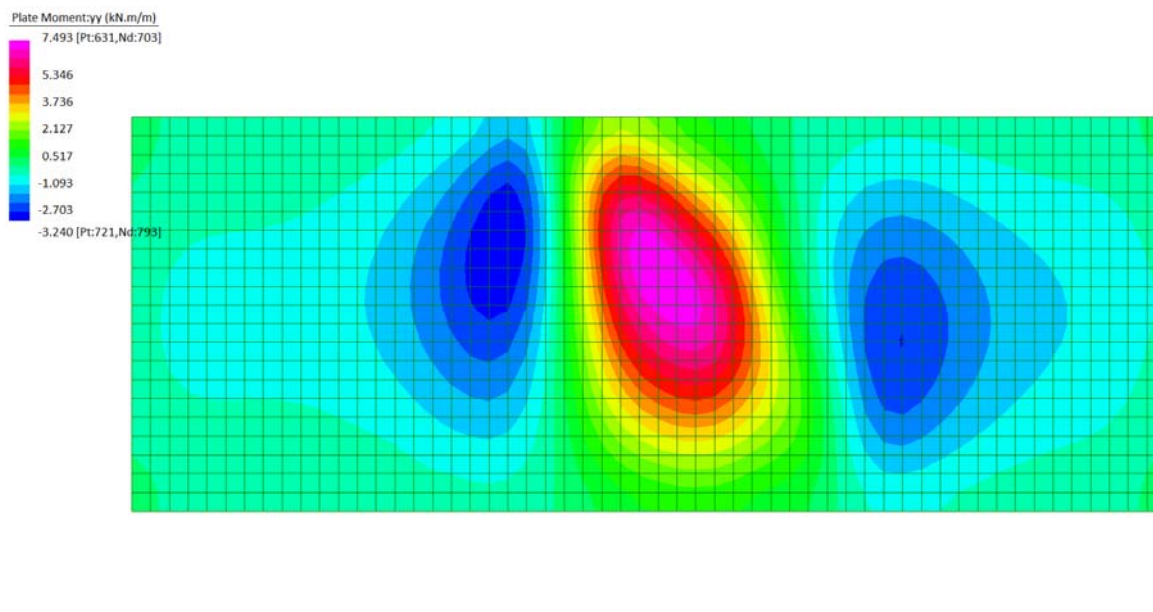
- **Combinazione $g+Q$ max m – momento distribuito in direzione trasversale alle travi**



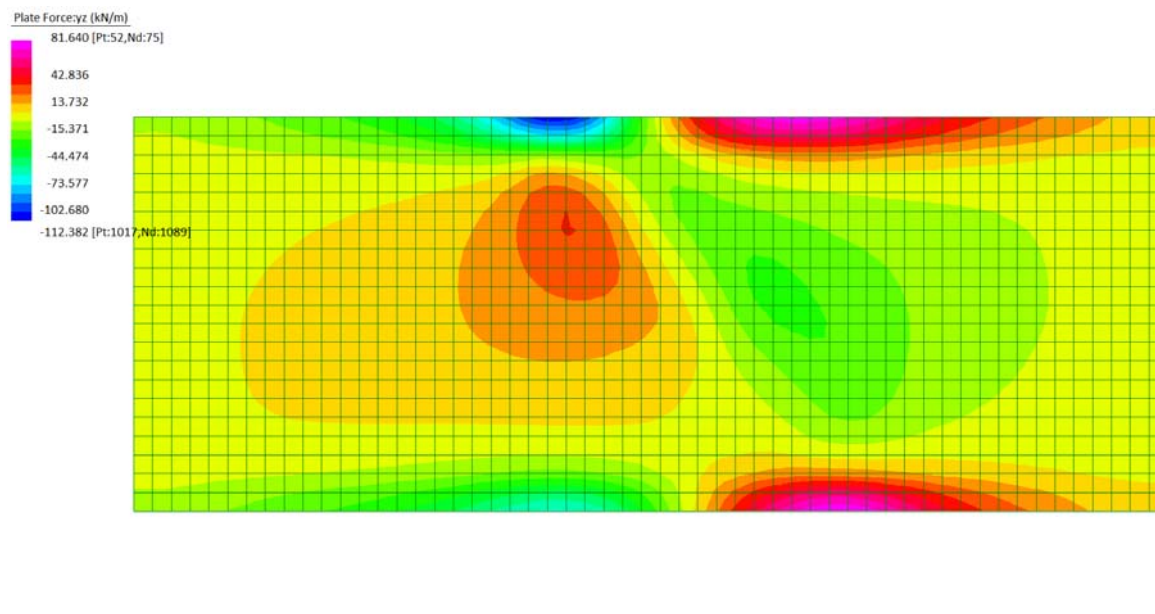
- **Combinazione g+Q max m – taglio distribuito in direzione trasversale alle travi**



- **Combinazione g+Q max v – momento distribuito in direzione trasversale alle travi**



- **Combinazione g+Q max v – taglio distribuito in direzione trasversale alle travi**

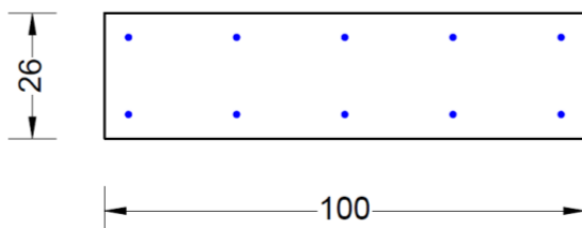


In favore della sicurezza la generica sezione di soletta è verificata per i massimi momenti di sollecitazione trasversale di momento e taglio anche se non concomitanti:

$$m = 15 \text{ kNm/m}$$

$$v = 85 \text{ kN/m}$$

(valori caratteristici, medianti su un tratto considerato per la distribuzione; vengono applicati in combinazione SLU con fattore 1.35)



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: SEZ_soletta_trasversale

(Percorso File: I:\I mio Drive\NetEng_Gazzera\04.COP\SEZ_soletta_trasversale\SEZ_soletta_trasversale.sez)

Descrizione Sezione:	SEZ_paraghiaia
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. 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 calcolo fcd:	18.81	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33600.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	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 calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0cm
Altezza:	26.0cm
Barre inferiori:	5Ø14 (7.7 cm²)
Barre superiori:	5Ø14 (7.7 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	5.0cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	5.0cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N° Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	20.25	114.75	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	15.00

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	11.25 (38.45)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	4.3	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	14.6	cm
Copriferro netto minimo staffe:	4.2	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata										
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)										
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
N Ult	Sforzo normale ultimo [kN] nella sezione (positivo se di compress.)										
Mx Ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico										
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000										
Yneutro	Ordinata [cm] dell'asse neutro a rottura nel sistema di rif. X,Y,O sez.										
Mx sn.	Momento flettente allo snervamento [kNm]										
x/d	Rapp. di duttilità a rottura solo se N = 0 (travi)										
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]										
N°Comb	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	0.00	20.25	0.12	67.07	3.312	22.5	57.53	0.17	0.70	7.7 (3.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione						
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace						
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)						
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)						
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)						
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)						
N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.00767	26.0	-0.00151	21.0	-0.01754	5.0

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcato 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

bw Larghezza minima sezione [cm]
 Ro Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
 Scp Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	114.75	117.63	21.0	100.0	0.0037	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. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
 As eff. Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
 D barre Distanza media in cm tra le barre tese efficaci utilizzata nel calcolo di fessurazione
 (se Dbarre >14Ø viene posto Dbarre=14Ø nel calcolo di fess. [B.6.6.3 Circ. 252/96])

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	2.61	26.0	0.00	20.2	-103.0	21.0	10.1	1011	7.7	22.5

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 Sclmax Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
 Sclmin Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
 Sc Eff Tensione al limite dello spessore teso efficace nello STATO I [Mpa]
 K3 Coeff. di normativa = $0.25 (Sclmin + ScEff) / (2 Sclmin)$
 Beta12 Prodotto dei Coeff. di aderenza $Beta1 \cdot Beta2$
 Psi $= 1 - Beta12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12 \cdot (fctm/Sclmin)^2 = 1 - Beta12 \cdot (Mfess/M)^2$ [B.6.6 DM96]
 e sm Deformazione unitaria media tra le fessure. Tra parentesi il valore minimo = $0.4 Ss/Es$
 srm Distanza media in mm tra le fessure
 wk Apertura delle fessure in mm = $1.7 \cdot Eps \cdot Srm$. Tra parentesi è indicato il valore limite.
 M fess. Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	1.21	-1.21	-2.7	0.153	1.00	0.400	0.000206 (0.000206)	243	0.085	38.45

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	1.95	26.0	0.00	20.2	-77.3	21.0	10.1	1011	7.7	22.5

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.91	-0.91	-2.0	0.153	1.00	0.400	0.000155 (0.000155)	243	0.064 (0.30)	38.45

9.3 ELEVAZIONI E FONDAZIONI GETTATE IN OPERA

9.3.1 Paramento di spalla

SLU_{max}

	MIN	MAX
SF2(kN)	-88	25
	[Bm:45]	[Bm:2]
BM2(kN.m)	-4	24
	[Bm:2]	[Bm:46]
Force(kN)	-621	-563
	[Bm:46]	[Bm:1]



SLU_{min}

	MIN	MAX
SF2(kN)	-37	76
	[Bm:45]	[Bm:2]
BM2(kN.m)	0	59
	[Bm:1]	[Bm:46]
Force(kN)	-153	-110
	[Bm:46]	[Bm:1]



SLVmax

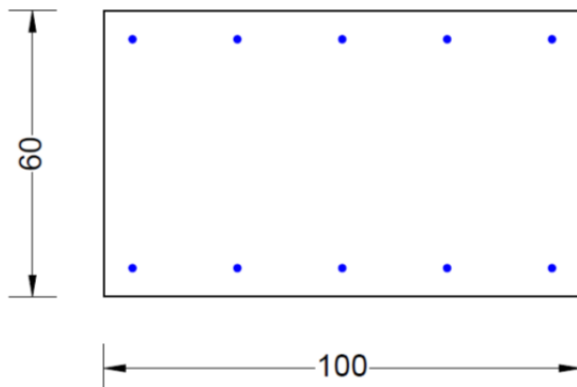
	MIN	MAX
SF2(kN)	35	130
	[Bm:45]	[Bm:2]
BM2(kN.m)	0	209
	[Bm:45]	[Bm:46]
Force(kN)	-149	-106
	[Bm:46]	[Bm:1]



SLVmin

	MIN	MAX
SF2(kN)	-139	-43
	[Bm:45]	[Bm:2]
BM2(kN.m)	-184	0
	[Bm:2]	[Bm:45]
Force(kN)	-289	-246
	[Bm:46]	[Bm:1]





DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: SEZ_spalla_paramento

(Percorso File: I:\Il mio Drive\NetEng_Gazzera\04.COP\SEZ_paramento\SEZ_spalla_paramento.sez)

Descrizione Sezione:	SEZ_spalla_batolo
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. 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 calcolo fcd:	18.81	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33600.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0cm
Altezza:	60.0cm

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcato 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

Barre inferiori: 5Ø16 (10.1 cm²)
 Barre superiori: 5Ø16 (10.1 cm²)
 Coprif.Inf.(dal baric. barre): 6.0cm
 Coprif.Sup.(dal baric. barre): 6.0cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	153.00	0.00	76.00	0.00
2	119.00	7.00	-27.00	0.00
3	153.00	0.00	76.00	0.00
4	119.00	7.00	-27.00	0.00
5	153.00	0.00	76.00	0.00
6	119.00	11.00	-54.00	0.00
7	621.00	42.00	43.00	0.00
8	358.00	14.00	-65.00	0.00
9	621.00	42.00	43.00	0.00
10	358.00	14.00	-65.00	0.00
11	0.00	0.00	0.00	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.00
13	621.00	38.00	25.00	0.00
14	574.00	13.00	-56.00	0.00
15	621.00	38.00	25.00	0.00
16	358.00	14.00	-65.00	0.00
17	621.00	38.00	25.00	0.00
18	574.00	11.00	-41.00	0.00
19	153.00	-4.00	58.00	0.00
20	119.00	7.00	-27.00	0.00
21	153.00	-4.00	58.00	0.00
22	119.00	7.00	-27.00	0.00
23	0.00	0.00	0.00	0.00
24	0.00	0.00	0.00	0.00
25	149.00	-184.00	130.00	0.00
26	115.00	-7.00	45.00	0.00
27	149.00	-184.00	130.00	0.00
28	115.00	-7.00	45.00	0.00
29	149.00	-184.00	130.00	0.00
30	115.00	-6.00	33.00	0.00
31	289.00	209.00	-43.00	0.00
32	255.00	25.00	-121.00	0.00
33	289.00	209.00	-43.00	0.00
34	255.00	25.00	-121.00	0.00
35	0.00	0.00	0.00	0.00
36	0.00	0.00	0.00	0.00
37	289.00	209.00	-43.00	0.00
38	255.00	25.00	-121.00	0.00
39	289.00	209.00	-43.00	0.00
40	255.00	25.00	-121.00	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	153.00	0.00
2	119.00	7.00
3	153.00	0.00
4	119.00	7.00
5	153.00	0.00
6	119.00	8.00
7	445.00	30.00
8	251.00	10.00
9	445.00	30.00
10	251.00	10.00
11	445.00	30.00
12	411.00	9.00
13	445.00	30.00
14	251.00	10.00
15	445.00	30.00
16	411.00	9.00
17	153.00	0.00
18	119.00	7.00
19	153.00	0.00
20	119.00	7.00

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	153.00	2.00 (0.00)
2	119.00	7.00 (0.00)
3	153.00	2.00 (0.00)
4	119.00	7.00 (0.00)
5	153.00	2.00 (0.00)
6	119.00	8.00 (0.00)
7	405.00	29.00 (0.00)
8	251.00	10.00 (0.00)
9	405.00	29.00 (0.00)
10	251.00	10.00 (0.00)
11	405.00	29.00 (0.00)
12	371.00	9.00 (0.00)
13	405.00	29.00 (0.00)
14	251.00	10.00 (0.00)
15	405.00	29.00 (0.00)
16	371.00	9.00 (0.00)
17	153.00	2.00 (0.00)
18	119.00	7.00 (0.00)
19	153.00	2.00 (0.00)
20	119.00	7.00 (0.00)

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

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

N°Comb.	N	Mx
1	153.00	8.00 (0.00)
2	119.00	8.00 (0.00)
3	153.00	8.00 (0.00)
4	119.00	8.00 (0.00)

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcato 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

5	153.00	8.00 (0.00)
6	119.00	8.00 (0.00)
7	285.00	24.00 (0.00)
8	251.00	9.00 (0.00)
9	285.00	24.00 (0.00)
10	251.00	9.00 (0.00)
11	285.00	24.00 (0.00)
12	251.00	9.00 (0.00)
13	285.00	24.00 (0.00)
14	251.00	9.00 (0.00)
15	285.00	24.00 (0.00)
16	251.00	9.00 (0.00)
17	153.00	8.00 (0.00)
18	119.00	8.00 (0.00)
19	153.00	8.00 (0.00)
20	119.00	8.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	20.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	5.1	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	153.00	0.00	152.87	254.66	9999.000	55.2	236.27	---	---	---
2	S	119.00	7.00	119.17	246.27	35.182	55.3	228.00	---	---	---
3	S	153.00	0.00	152.87	254.66	9999.000	55.2	236.27	---	---	---
4	S	119.00	7.00	119.17	246.27	35.182	55.3	228.00	---	---	---
5	S	153.00	0.00	152.87	254.66	9999.000	55.2	236.27	---	---	---
6	S	119.00	11.00	119.17	246.27	22.388	55.3	228.00	---	---	---
7	S	621.00	42.00	621.05	370.36	8.818	53.6	345.48	---	---	---
8	S	358.00	14.00	358.24	305.70	21.836	54.6	285.18	---	---	---
9	S	621.00	42.00	621.05	370.36	8.818	53.6	345.48	---	---	---
10	S	358.00	14.00	358.24	305.70	21.836	54.6	285.18	---	---	---
11	S	0.00	0.00	-0.20	-216.48	9999.000	4.3	-198.67	0.08	0.70	10.1 (12.0)
12	S	0.00	0.00	-0.20	-216.48	9999.000	4.3	-198.67	0.08	0.70	10.1 (12.0)
13	S	621.00	38.00	621.05	370.36	9.746	53.6	345.48	---	---	---
14	S	574.00	13.00	574.10	358.90	27.608	53.8	334.95	---	---	---
15	S	621.00	38.00	621.05	370.36	9.746	53.6	345.48	---	---	---
16	S	358.00	14.00	358.24	305.70	21.836	54.6	285.18	---	---	---
17	S	621.00	38.00	621.05	370.36	9.746	53.6	345.48	---	---	---
18	S	574.00	11.00	574.10	358.90	32.627	53.8	334.95	---	---	---
19	S	153.00	-4.00	152.87	-254.66	63.666	4.8	-236.27	---	---	---
20	S	119.00	7.00	119.17	246.27	35.182	55.3	228.00	---	---	---
21	S	153.00	-4.00	152.87	-254.66	63.666	4.8	-236.27	---	---	---
22	S	119.00	7.00	119.17	246.27	35.182	55.3	228.00	---	---	---
23	S	0.00	0.00	-0.20	-216.48	9999.000	4.3	-198.67	0.08	0.70	10.1 (12.0)
24	S	0.00	0.00	-0.20	-216.48	9999.000	4.3	-198.67	0.08	0.70	10.1 (12.0)

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

25	S	149.00	-184.00	149.17	-253.74	1.379	4.8	-235.36	---	---	---
26	S	115.00	-7.00	114.86	-245.20	35.028	4.7	-227.02	---	---	---
27	S	149.00	-184.00	149.17	-253.74	1.379	4.8	-235.36	---	---	---
28	S	115.00	-7.00	114.86	-245.20	35.028	4.7	-227.02	---	---	---
29	S	149.00	-184.00	149.17	-253.74	1.379	4.8	-235.36	---	---	---
30	S	115.00	-6.00	114.86	-245.20	40.866	4.7	-227.02	---	---	---
31	S	289.00	209.00	288.94	288.52	1.380	54.8	268.89	---	---	---
32	S	255.00	25.00	254.92	280.07	11.203	54.9	260.87	---	---	---
33	S	289.00	209.00	288.94	288.52	1.380	54.8	268.89	---	---	---
34	S	255.00	25.00	254.92	280.07	11.203	54.9	260.87	---	---	---
35	S	0.00	0.00	-0.20	-216.48	9999.000	4.3	-198.67	0.08	0.70	10.1 (12.0)
36	S	0.00	0.00	-0.20	-216.48	9999.000	4.3	-198.67	0.08	0.70	10.1 (12.0)
37	S	289.00	209.00	288.94	288.52	1.380	54.8	268.89	---	---	---
38	S	255.00	25.00	254.92	280.07	11.203	54.9	260.87	---	---	---
39	S	289.00	209.00	288.94	288.52	1.380	54.8	268.89	---	---	---
40	S	255.00	25.00	254.92	280.07	11.203	54.9	260.87	---	---	---

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.01533	60.0	-0.00089	54.0	-0.03604	6.0
2	0.00350	-0.01574	60.0	-0.00099	54.0	-0.03690	6.0
3	0.00350	-0.01533	60.0	-0.00089	54.0	-0.03604	6.0
4	0.00350	-0.01574	60.0	-0.00099	54.0	-0.03690	6.0
5	0.00350	-0.01533	60.0	-0.00089	54.0	-0.03604	6.0
6	0.00350	-0.01574	60.0	-0.00099	54.0	-0.03690	6.0
7	0.00350	-0.01060	60.0	0.00021	54.0	-0.02611	6.0
8	0.00350	-0.01310	60.0	-0.00037	54.0	-0.03136	6.0
9	0.00350	-0.01060	60.0	0.00021	54.0	-0.02611	6.0
10	0.00350	-0.01310	60.0	-0.00037	54.0	-0.03136	6.0
11	0.00350	-0.01722	0.0	-0.00133	6.0	-0.04000	54.0
12	0.00350	-0.01722	0.0	-0.00133	6.0	-0.04000	54.0
13	0.00350	-0.01060	60.0	0.00021	54.0	-0.02611	6.0
14	0.00350	-0.01100	60.0	0.00012	54.0	-0.02695	6.0
15	0.00350	-0.01060	60.0	0.00021	54.0	-0.02611	6.0
16	0.00350	-0.01310	60.0	-0.00037	54.0	-0.03136	6.0
17	0.00350	-0.01060	60.0	0.00021	54.0	-0.02611	6.0
18	0.00350	-0.01100	60.0	0.00012	54.0	-0.02695	6.0
19	0.00350	-0.01533	0.0	-0.00089	6.0	-0.03604	54.0
20	0.00350	-0.01574	60.0	-0.00099	54.0	-0.03690	6.0
21	0.00350	-0.01533	0.0	-0.00089	6.0	-0.03604	54.0
22	0.00350	-0.01574	60.0	-0.00099	54.0	-0.03690	6.0
23	0.00350	-0.01722	0.0	-0.00133	6.0	-0.04000	54.0
24	0.00350	-0.01722	0.0	-0.00133	6.0	-0.04000	54.0
25	0.00350	-0.01537	0.0	-0.00090	6.0	-0.03613	54.0
26	0.00350	-0.01580	0.0	-0.00100	6.0	-0.03702	54.0
27	0.00350	-0.01537	0.0	-0.00090	6.0	-0.03613	54.0
28	0.00350	-0.01580	0.0	-0.00100	6.0	-0.03702	54.0
29	0.00350	-0.01537	0.0	-0.00090	6.0	-0.03613	54.0
30	0.00350	-0.01580	0.0	-0.00100	6.0	-0.03702	54.0
31	0.00350	-0.01381	60.0	-0.00054	54.0	-0.03285	6.0
32	0.00350	-0.01420	60.0	-0.00063	54.0	-0.03367	6.0

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcato 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

33	0.00350	-0.01381	60.0	-0.00054	54.0	-0.03285	6.0
34	0.00350	-0.01420	60.0	-0.00063	54.0	-0.03367	6.0
35	0.00350	-0.01722	0.0	-0.00133	6.0	-0.04000	54.0
36	0.00350	-0.01722	0.0	-0.00133	6.0	-0.04000	54.0
37	0.00350	-0.01381	60.0	-0.00054	54.0	-0.03285	6.0
38	0.00350	-0.01420	60.0	-0.00063	54.0	-0.03367	6.0
39	0.00350	-0.01381	60.0	-0.00054	54.0	-0.03285	6.0
40	0.00350	-0.01420	60.0	-0.00063	54.0	-0.03367	6.0

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)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	Vsdu	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	76.00	224.24	54.0	100.0	0.0019	0.03
2	S	-27.00	223.78	54.0	100.0	0.0019	0.02
3	S	76.00	224.24	54.0	100.0	0.0019	0.03
4	S	-27.00	223.78	54.0	100.0	0.0019	0.02
5	S	76.00	224.24	54.0	100.0	0.0019	0.03
6	S	-54.00	223.78	54.0	100.0	0.0019	0.02
7	S	43.00	275.13	54.0	100.0	0.0019	0.10
8	S	-65.00	239.62	54.0	100.0	0.0019	0.06
9	S	43.00	275.13	54.0	100.0	0.0019	0.10
10	S	-65.00	239.62	54.0	100.0	0.0019	0.06
11	S	0.00	222.17	54.0	100.0	0.0019	0.00
12	S	0.00	222.17	54.0	100.0	0.0019	0.00
13	S	25.00	275.13	54.0	100.0	0.0019	0.10
14	S	-56.00	268.78	54.0	100.0	0.0019	0.10
15	S	25.00	275.13	54.0	100.0	0.0019	0.10
16	S	-65.00	239.62	54.0	100.0	0.0019	0.06
17	S	25.00	275.13	54.0	100.0	0.0019	0.10
18	S	-41.00	268.78	54.0	100.0	0.0019	0.10
19	S	58.00	224.24	54.0	100.0	0.0019	0.03
20	S	-27.00	223.78	54.0	100.0	0.0019	0.02
21	S	58.00	224.24	54.0	100.0	0.0019	0.03
22	S	-27.00	223.78	54.0	100.0	0.0019	0.02
23	S	0.00	222.17	54.0	100.0	0.0019	0.00
24	S	0.00	222.17	54.0	100.0	0.0019	0.00
25	S	130.00	224.19	54.0	100.0	0.0019	0.02
26	S	45.00	223.73	54.0	100.0	0.0019	0.02
27	S	130.00	224.19	54.0	100.0	0.0019	0.02
28	S	45.00	223.73	54.0	100.0	0.0019	0.02
29	S	130.00	224.19	54.0	100.0	0.0019	0.02
30	S	33.00	223.73	54.0	100.0	0.0019	0.02
31	S	-43.00	230.31	54.0	100.0	0.0019	0.05
32	S	-121.00	225.72	54.0	100.0	0.0019	0.04
33	S	-43.00	230.31	54.0	100.0	0.0019	0.05
34	S	-121.00	225.72	54.0	100.0	0.0019	0.04
35	S	0.00	222.17	54.0	100.0	0.0019	0.00
36	S	0.00	222.17	54.0	100.0	0.0019	0.00
37	S	-43.00	230.31	54.0	100.0	0.0019	0.05
38	S	-121.00	225.72	54.0	100.0	0.0019	0.04
39	S	-43.00	230.31	54.0	100.0	0.0019	0.05
40	S	-121.00	225.72	54.0	100.0	0.0019	0.04

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	0.24	60.0	0.24	0.0	3.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
2	S	0.30	60.0	0.08	0.0	1.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
3	S	0.24	60.0	0.24	0.0	3.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
4	S	0.30	60.0	0.08	0.0	1.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
5	S	0.24	60.0	0.24	0.0	3.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
6	S	0.31	60.0	0.07	0.0	1.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
7	S	1.16	60.0	0.25	0.0	5.1	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
8	S	0.55	60.0	0.25	0.0	4.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
9	S	1.16	60.0	0.25	0.0	5.1	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
10	S	0.55	60.0	0.25	0.0	4.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
11	S	1.16	60.0	0.25	0.0	5.1	54.0	0.0	227	0.0	0.0
12	S	0.79	60.0	0.52	0.0	8.1	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
13	S	1.16	60.0	0.25	0.0	5.1	54.0	0.0	227	0.0	0.0
14	S	0.55	60.0	0.25	0.0	4.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
15	S	1.16	60.0	0.25	0.0	5.1	54.0	0.0	227	0.0	0.0
16	S	0.79	60.0	0.52	0.0	8.1	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
17	S	0.24	60.0	0.24	0.0	3.6	54.0	0.0	56	0.0	0.0
18	S	0.30	60.0	0.08	0.0	1.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
19	S	0.24	60.0	0.24	0.0	3.6	54.0	0.0	56	0.0	0.0
20	S	0.30	60.0	0.08	0.0	1.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sclmax	Massima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
Sclmin	Minima tensione nel conglomerato nello STATO I non fessurato [Mpa]
Sc Eff	Tensione al limite dello spessore teso efficace nello STATO I [Mpa]
K3	Coeff. di normativa = 0,25 (Sclmin + ScEff)/(2 Sclmin)
Beta12	Prodotto dei Coeff. di aderenza Beta1*Beta2
Psi	$= 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Ssr}/\text{Ss})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{fctm}/\text{Sclmin})^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (\text{Mfess}/\text{M})^2$ [B.6.6 DM96]
e sm	Deformazione unitaria media tra le fessure . Tra parentesi il valore minimo = 0.4 Ss/Es
srm	Distanza media in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm = $1,7 \cdot \text{Eps} \cdot \text{Srm}$. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.24	0.24	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
2	S	0.30	0.08	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
3	S	0.24	0.24	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
4	S	0.30	0.08	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
5	S	0.24	0.24	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
6	S	0.31	0.07	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
7	S	1.16	0.25	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
8	S	0.55	0.25	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
9	S	1.16	0.25	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
10	S	0.55	0.25	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
11	S	1.16	0.25	0.0	----	----	-18.665	----	0	----	-----

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

12	S	0.79	0.52	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
13	S	1.16	0.25	0.0	----	----	-18.665	----	0	----	-----
14	S	0.55	0.25	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
15	S	1.16	0.25	0.0	----	----	-18.665	----	0	----	-----
16	S	0.79	0.52	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
17	S	0.24	0.24	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
18	S	0.30	0.08	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
19	S	0.24	0.24	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
20	S	0.30	0.08	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----

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	0.27	60.0	0.21	0.0	3.3	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
2	S	0.30	60.0	0.08	0.0	1.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
3	S	0.27	60.0	0.21	0.0	3.3	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
4	S	0.30	60.0	0.08	0.0	1.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
5	S	0.27	60.0	0.21	0.0	3.3	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
6	S	0.31	60.0	0.07	0.0	1.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
7	S	1.08	60.0	0.20	0.0	4.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
8	S	0.55	60.0	0.25	0.0	4.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
9	S	1.08	60.0	0.20	0.0	4.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
10	S	0.55	60.0	0.25	0.0	4.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
11	S	1.08	60.0	0.20	0.0	4.4	54.0	0.0	443	0.0	0.0
12	S	0.73	60.0	0.45	0.0	7.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
13	S	1.08	60.0	0.20	0.0	4.4	54.0	0.0	443	0.0	0.0
14	S	0.55	60.0	0.25	0.0	4.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
15	S	1.08	60.0	0.20	0.0	4.4	54.0	0.0	443	0.0	0.0
16	S	0.73	60.0	0.45	0.0	7.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
17	S	0.27	60.0	0.21	0.0	3.3	54.0	0.0	443	0.0	0.0
18	S	0.30	60.0	0.08	0.0	1.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
19	S	0.27	60.0	0.21	0.0	3.3	54.0	0.0	443	0.0	0.0
20	S	0.30	60.0	0.08	0.0	1.6	54.0	0.0	1720	0.0	0.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	ScI max	ScI min	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.27	0.21	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
2	S	0.30	0.08	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
3	S	0.27	0.21	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
4	S	0.30	0.08	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
5	S	0.27	0.21	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
6	S	0.31	0.07	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
7	S	1.08	0.20	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
8	S	0.55	0.25	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
9	S	1.08	0.20	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
10	S	0.55	0.25	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
11	S	1.08	0.20	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	-----
12	S	0.73	0.45	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
13	S	1.08	0.20	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	-----
14	S	0.55	0.25	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
15	S	1.08	0.20	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	-----
16	S	0.73	0.45	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
17	S	0.27	0.21	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	-----
18	S	0.30	0.08	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
19	S	0.27	0.21	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	-----
20	S	0.30	0.08	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----



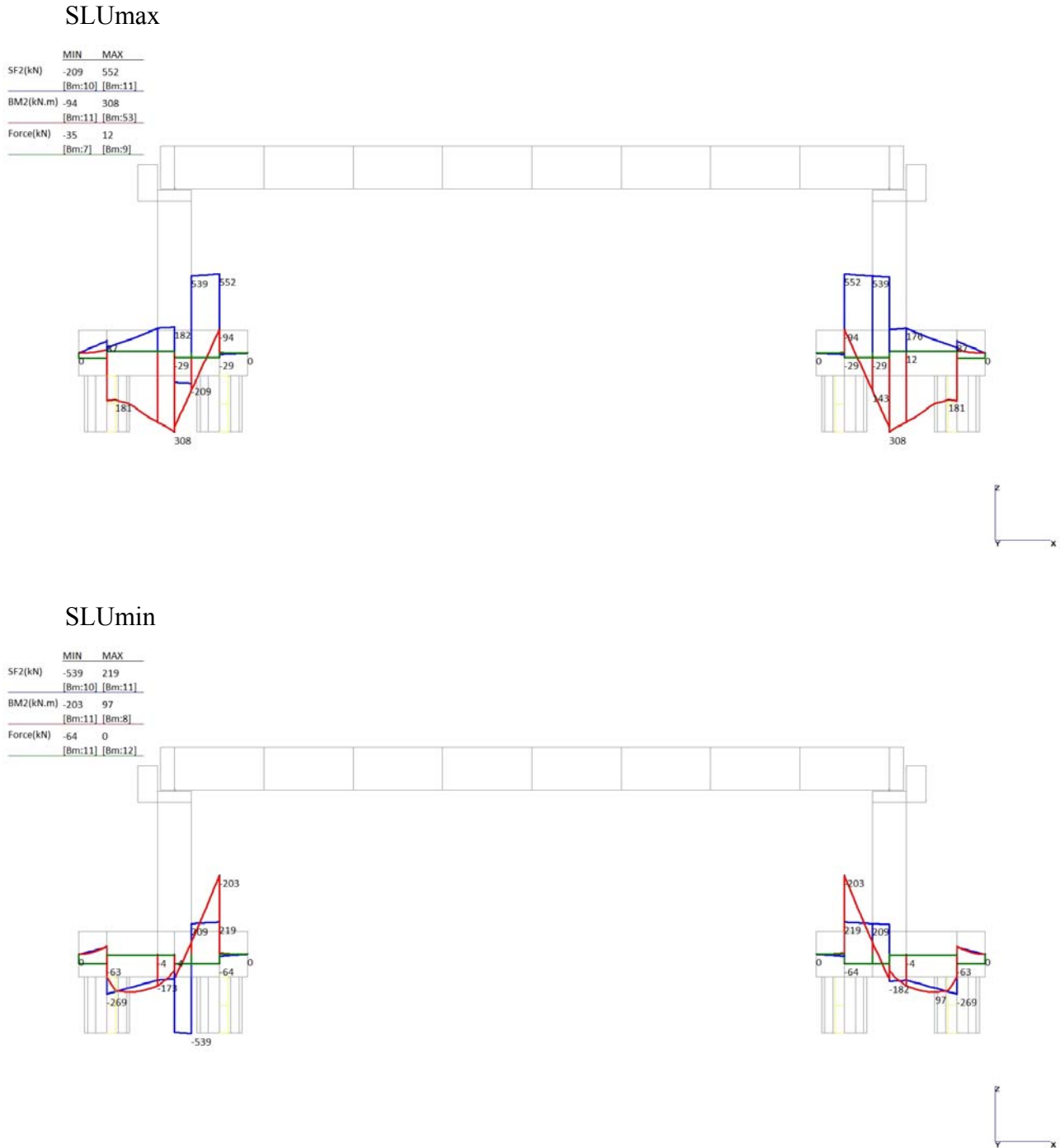
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

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	0.36	60.0	0.12	0.0	2.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
2	S	0.31	60.0	0.07	0.0	1.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
3	S	0.36	60.0	0.12	0.0	2.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
4	S	0.31	60.0	0.07	0.0	1.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
5	S	0.36	60.0	0.12	0.0	2.2	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
6	S	0.31	60.0	0.07	0.0	1.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
7	S	0.82	60.0	0.09	0.0	2.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
8	S	0.54	60.0	0.26	0.0	4.3	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
9	S	0.82	60.0	0.09	0.0	2.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
10	S	0.54	60.0	0.26	0.0	4.3	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
11	S	0.82	60.0	0.09	0.0	2.4	54.0	0.0	880	0.0	0.0
12	S	0.54	60.0	0.26	0.0	4.3	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
13	S	0.82	60.0	0.09	0.0	2.4	54.0	0.0	880	0.0	0.0
14	S	0.54	60.0	0.26	0.0	4.3	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
15	S	0.82	60.0	0.09	0.0	2.4	54.0	0.0	593	0.0	0.0
16	S	0.54	60.0	0.26	0.0	4.3	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
17	S	0.36	60.0	0.12	0.0	2.2	54.0	0.0	880	0.0	0.0
18	S	0.31	60.0	0.07	0.0	1.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0
19	S	0.36	60.0	0.12	0.0	2.2	54.0	0.0	880	0.0	0.0
20	S	0.31	60.0	0.07	0.0	1.4	54.0	0.0	1720	0.0	0.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

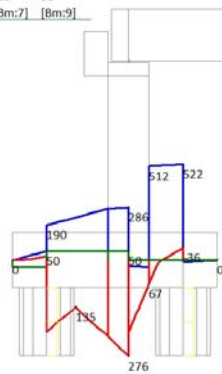
N°Comb	Ver	ScI max	ScI min	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.36	0.12	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
2	S	0.31	0.07	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
3	S	0.36	0.12	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
4	S	0.31	0.07	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
5	S	0.36	0.12	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
6	S	0.31	0.07	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
7	S	0.82	0.09	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
8	S	0.54	0.26	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
9	S	0.82	0.09	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
10	S	0.54	0.26	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
11	S	0.82	0.09	0.0	----	----	-1.266	----	0	----	-----
12	S	0.54	0.26	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
13	S	0.82	0.09	0.0	----	----	-1.266	----	0	----	-----
14	S	0.54	0.26	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
15	S	0.82	0.09	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
16	S	0.54	0.26	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
17	S	0.36	0.12	0.0	----	----	-1.266	----	0	----	-----
18	S	0.31	0.07	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----
19	S	0.36	0.12	0.0	----	----	-1.266	----	0	----	-----
20	S	0.31	0.07	0.0	----	----	0.400	----	0	----	-----

9.3.2 Batolo di spalla



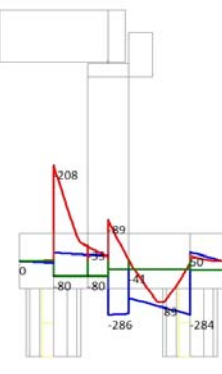
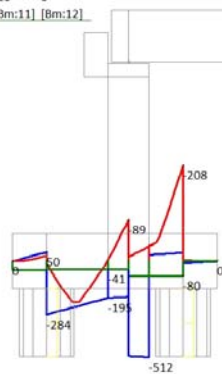
SLVmax

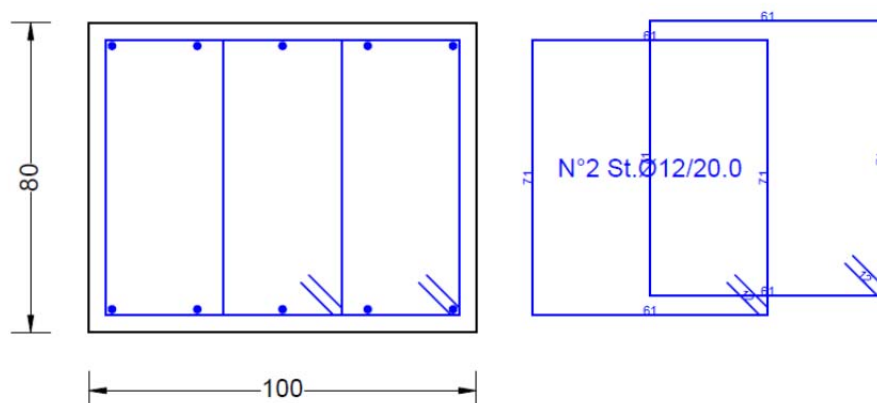
	MIN	MAX
SF2(kN)	-36	522
	[Bm:10]	[Bm:11]
BM2(kN.m)	-36	276
	[Bm:11]	[Bm:53]
Force(kN)	-35	50
	[Bm:7]	[Bm:9]



SLVmin

	MIN	MAX
SF2(kN)	-512	50
	[Bm:10]	[Bm:51]
BM2(kN.m)	-208	89
	[Bm:11]	[Bm:52]
Force(kN)	-80	0
	[Bm:11]	[Bm:12]





DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: SEZ_spalla_batolo

(Percorso File: I:\mio Drive\NetEng_Gazzera\04.COP\SEZ_spalla_batolo\SEZ_spalla_batolo.sez)

Descrizione Sezione:	SEZ_spalla_batolo
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita
Forma della sezione:	Rettangolare
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. 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 calcolo fcd:	18.81	MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	9.405	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33600.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Rare:	19.920	MPa
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	19.920	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.300	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	14.940	MPa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
	Comb.Rare - Sf Limite:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0cm
Altezza:	80.0cm
Barre inferiori:	5Ø20 (15.7 cm²)
Barre superiori:	5Ø20 (15.7 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	6.0cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	6.0cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

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

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	48.00	121.00	539.00	0.00
2	48.00	282.00	531.00	0.00
3	48.00	121.00	539.00	0.00
4	48.00	282.00	531.00	0.00
5	29.00	141.00	464.00	0.00
6	29.00	279.00	456.00	0.00
7	32.00	143.00	478.00	0.00
8	32.00	285.00	470.00	0.00
9	32.00	143.00	478.00	0.00
10	32.00	285.00	470.00	0.00
11	31.00	4.00	209.00	0.00
12	31.00	66.00	203.00	0.00
13	31.00	4.00	209.00	0.00
14	31.00	66.00	203.00	0.00
15	64.00	-30.00	341.00	0.00
16	64.00	71.00	335.00	0.00
17	62.00	-32.00	327.00	0.00
18	61.00	62.00	310.00	0.00
19	62.00	-32.00	327.00	0.00
20	61.00	62.00	310.00	0.00
21	79.00	53.00	512.00	0.00
22	79.00	206.00	506.00	0.00
23	79.00	53.00	512.00	0.00
24	79.00	206.00	506.00	0.00
25	-2.00	19.00	106.00	0.00
26	-2.00	51.00	100.00	0.00
27	66.00	67.00	467.00	0.00
28	66.00	206.00	461.00	0.00
29	66.00	67.00	467.00	0.00
30	66.00	206.00	461.00	0.00
31	-1.00	-19.00	36.00	0.00
32	-1.00	-9.00	30.00	0.00
33	-1.00	-19.00	36.00	0.00
34	-1.00	-9.00	30.00	0.00
35	80.00	15.00	441.00	0.00
36	80.00	146.00	435.00	0.00
37	12.00	-33.00	80.00	0.00
38	12.00	-9.00	74.00	0.00
39	12.00	-33.00	80.00	0.00
40	12.00	-9.00	74.00	0.00
41	289.00	0.10	-43.00	0.00
42	255.00	0.10	-109.00	0.00
43	149.00	0.10	130.00	0.00

44	115.00	0.10	45.00	0.00
45	149.00	0.10	130.00	0.00
46	115.00	0.10	45.00	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	32.00	91.00
2	32.00	203.00
3	32.00	91.00
4	32.00	203.00
5	30.00	89.00
6	30.00	198.00
7	32.00	91.00
8	32.00	203.00
9	32.00	91.00
10	32.00	203.00
11	31.00	4.00
12	31.00	66.00
13	31.00	4.00
14	31.00	66.00
15	44.00	-5.00
16	44.00	73.00
17	42.00	-6.00
18	42.00	66.00
19	42.00	-6.00
20	42.00	66.00

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	33.00	79.00 (396.40)
2	33.00	185.00 (382.57)
3	33.00	79.00 (396.40)
4	33.00	185.00 (382.57)
5	30.00	77.00 (394.72)
6	30.00	180.00 (381.92)
7	33.00	79.00 (396.40)
8	33.00	185.00 (382.57)
9	33.00	79.00 (396.40)
10	33.00	185.00 (382.57)
11	31.00	4.00 (0.00)
12	31.00	66.00 (399.53)
13	31.00	4.00 (0.00)
14	31.00	66.00 (399.53)
15	42.00	-2.00 (0.00)
16	42.00	73.00 (406.06)
17	39.00	-4.00 (0.00)
18	39.00	66.00 (407.04)
19	39.00	-4.00 (0.00)
20	39.00	66.00 (407.04)

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	33.00	44.00 (417.33)
2	33.00	131.00 (386.72)
3	33.00	44.00 (417.33)
4	33.00	131.00 (386.72)
5	31.00	43.00 (415.41)
6	31.00	126.00 (386.38)
7	33.00	44.00 (417.33)
8	33.00	131.00 (386.72)
9	33.00	44.00 (417.33)
10	33.00	131.00 (386.72)
11	32.00	4.00 (0.00)
12	32.00	67.00 (400.01)
13	32.00	4.00 (0.00)
14	32.00	67.00 (400.01)
15	33.00	6.00 (1702.36)
16	33.00	71.00 (399.23)
17	32.00	4.00 (0.00)
18	32.00	67.00 (400.01)
19	32.00	4.00 (0.00)
20	32.00	67.00 (400.01)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	5.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	20.0	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.8	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N° Comb.	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	48.00	121.00	47.98	464.89	3.842	74.7	440.91	---	---	---
2	S	48.00	282.00	47.98	464.89	1.649	74.7	440.91	---	---	---
3	S	48.00	121.00	47.98	464.89	3.842	74.7	440.91	---	---	---
4	S	48.00	282.00	47.98	464.89	1.649	74.7	440.91	---	---	---
5	S	29.00	141.00	29.05	458.34	3.251	74.7	434.60	---	---	---
6	S	29.00	279.00	29.05	458.34	1.643	74.7	434.60	---	---	---
7	S	32.00	143.00	32.03	459.37	3.212	74.7	435.59	---	---	---
8	S	32.00	285.00	32.03	459.37	1.612	74.7	435.59	---	---	---
9	S	32.00	143.00	32.03	459.37	3.212	74.7	435.59	---	---	---
10	S	32.00	285.00	32.03	459.37	1.612	74.7	435.59	---	---	---
11	S	31.00	4.00	31.29	459.11	114.777	74.7	435.19	---	---	---
12	S	31.00	66.00	31.29	459.11	6.956	74.7	435.19	---	---	---
13	S	31.00	4.00	31.29	459.11	114.777	74.7	435.19	---	---	---

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

14	S	31.00	66.00	31.29	459.11	6.956	74.7	435.19	---	---	---
15	S	64.00	-30.00	63.82	-470.37	15.679	5.3	-446.19	---	---	---
16	S	64.00	71.00	63.82	470.37	6.625	74.7	446.19	---	---	---
17	S	62.00	-32.00	61.98	-469.74	14.679	5.3	-445.48	---	---	---
18	S	61.00	62.00	60.88	469.36	7.570	74.7	445.14	---	---	---
19	S	62.00	-32.00	61.98	-469.74	14.679	5.3	-445.48	---	---	---
20	S	61.00	62.00	60.88	469.36	7.570	74.7	445.14	---	---	---
21	S	79.00	53.00	79.18	475.69	8.975	74.6	451.07	---	---	---
22	S	79.00	206.00	79.18	475.69	2.309	74.6	451.07	---	---	---
23	S	79.00	53.00	79.18	475.69	8.975	74.6	451.07	---	---	---
24	S	79.00	206.00	79.18	475.69	2.309	74.6	451.07	---	---	---
25	S	-2.00	19.00	-2.23	447.50	23.553	74.8	424.33	0.00	0.00	15.7 (16.0)
26	S	-2.00	51.00	-2.23	447.50	8.775	74.8	424.33	0.00	0.00	15.7 (16.0)
27	S	66.00	67.00	66.02	471.13	7.032	74.7	446.86	---	---	---
28	S	66.00	206.00	66.02	471.13	2.287	74.7	446.86	---	---	---
29	S	66.00	67.00	66.02	471.13	7.032	74.7	446.86	---	---	---
30	S	66.00	206.00	66.02	471.13	2.287	74.7	446.86	---	---	---
31	S	-1.00	-19.00	-0.94	-447.95	23.576	5.2	-424.73	0.00	0.00	15.7 (16.0)
32	S	-1.00	-9.00	-0.94	-447.95	49.772	5.2	-424.73	0.00	0.00	15.7 (16.0)
33	S	-1.00	-19.00	-0.94	-447.95	23.576	5.2	-424.73	0.00	0.00	15.7 (16.0)
34	S	-1.00	-9.00	-0.94	-447.95	49.772	5.2	-424.73	0.00	0.00	15.7 (16.0)
35	S	80.00	15.00	79.91	475.94	31.730	74.6	451.43	---	---	---
36	S	80.00	146.00	79.91	475.94	3.260	74.6	451.43	---	---	---
37	S	12.00	-33.00	11.89	-452.39	13.709	5.2	-428.95	---	---	---
38	S	12.00	-9.00	11.89	-452.39	50.266	5.2	-428.95	---	---	---
39	S	12.00	-33.00	11.89	-452.39	13.709	5.2	-428.95	---	---	---
40	S	12.00	-9.00	11.89	-452.39	50.266	5.2	-428.95	---	---	---
41	S	289.00	0.10	288.99	548.17	5481.659	74.0	519.03	---	---	---
42	S	255.00	0.10	254.98	536.44	5364.397	74.1	508.11	---	---	---
43	S	149.00	0.10	148.80	499.77	4997.731	74.4	473.97	---	---	---
44	S	115.00	0.10	114.98	488.08	4880.788	74.5	462.78	---	---	---
45	S	149.00	0.10	148.80	499.77	4997.731	74.4	473.97	---	---	---
46	S	115.00	0.10	114.98	488.08	4880.788	74.5	462.78	---	---	---

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.01912	80.0	-0.00046	74.0	-0.04532	6.0
2	0.00350	-0.01912	80.0	-0.00046	74.0	-0.04532	6.0
3	0.00350	-0.01912	80.0	-0.00046	74.0	-0.04532	6.0
4	0.00350	-0.01912	80.0	-0.00046	74.0	-0.04532	6.0
5	0.00350	-0.01932	80.0	-0.00049	74.0	-0.04575	6.0
6	0.00350	-0.01932	80.0	-0.00049	74.0	-0.04575	6.0
7	0.00350	-0.01929	80.0	-0.00049	74.0	-0.04568	6.0
8	0.00350	-0.01929	80.0	-0.00049	74.0	-0.04568	6.0
9	0.00350	-0.01929	80.0	-0.00049	74.0	-0.04568	6.0
10	0.00350	-0.01929	80.0	-0.00049	74.0	-0.04568	6.0
11	0.00350	-0.01929	80.0	-0.00049	74.0	-0.04570	6.0
12	0.00350	-0.01929	80.0	-0.00049	74.0	-0.04570	6.0
13	0.00350	-0.01929	80.0	-0.00049	74.0	-0.04570	6.0
14	0.00350	-0.01929	80.0	-0.00049	74.0	-0.04570	6.0
15	0.00350	-0.01896	0.0	-0.00043	6.0	-0.04497	74.0

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

16	0.00350	-0.01896	80.0	-0.00043	74.0	-0.04497	6.0
17	0.00350	-0.01898	0.0	-0.00043	6.0	-0.04501	74.0
18	0.00350	-0.01899	80.0	-0.00044	74.0	-0.04503	6.0
19	0.00350	-0.01898	0.0	-0.00043	6.0	-0.04501	74.0
20	0.00350	-0.01899	80.0	-0.00044	74.0	-0.04503	6.0
21	0.00350	-0.01880	80.0	-0.00040	74.0	-0.04462	6.0
22	0.00350	-0.01880	80.0	-0.00040	74.0	-0.04462	6.0
23	0.00350	-0.01880	80.0	-0.00040	74.0	-0.04462	6.0
24	0.00350	-0.01880	80.0	-0.00040	74.0	-0.04462	6.0
25	0.00350	-0.01968	80.0	-0.00056	74.0	-0.04654	6.0
26	0.00350	-0.01968	80.0	-0.00056	74.0	-0.04654	6.0
27	0.00350	-0.01893	80.0	-0.00043	74.0	-0.04492	6.0
28	0.00350	-0.01893	80.0	-0.00043	74.0	-0.04492	6.0
29	0.00350	-0.01893	80.0	-0.00043	74.0	-0.04492	6.0
30	0.00350	-0.01893	80.0	-0.00043	74.0	-0.04492	6.0
31	0.00350	-0.01967	0.0	-0.00055	6.0	-0.04651	74.0
32	0.00350	-0.01967	0.0	-0.00055	6.0	-0.04651	74.0
33	0.00350	-0.01967	0.0	-0.00055	6.0	-0.04651	74.0
34	0.00350	-0.01967	0.0	-0.00055	6.0	-0.04651	74.0
35	0.00350	-0.01879	80.0	-0.00040	74.0	-0.04460	6.0
36	0.00350	-0.01879	80.0	-0.00040	74.0	-0.04460	6.0
37	0.00350	-0.01952	0.0	-0.00053	6.0	-0.04618	74.0
38	0.00350	-0.01952	0.0	-0.00053	6.0	-0.04618	74.0
39	0.00350	-0.01952	0.0	-0.00053	6.0	-0.04618	74.0
40	0.00350	-0.01952	0.0	-0.00053	6.0	-0.04618	74.0
41	0.00350	-0.01661	80.0	-0.00002	74.0	-0.03991	6.0
42	0.00350	-0.01694	80.0	-0.00008	74.0	-0.04062	6.0
43	0.00350	-0.01805	80.0	-0.00027	74.0	-0.04302	6.0
44	0.00350	-0.01842	80.0	-0.00034	74.0	-0.04380	6.0
45	0.00350	-0.01805	80.0	-0.00027	74.0	-0.04302	6.0
46	0.00350	-0.01842	80.0	-0.00034	74.0	-0.04380	6.0

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER TUTTE LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	12	mm	
Passo staffe:	20.0	cm	[Passo massimo di normativa = 24.0 cm]
N.Bracci staffe:	4		
Area staffe/m :	22.6	cm ² /m	[Area Staffe Minima NTC = 2.4 cm ² /m]

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.19)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.18)NTC]
bw	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro
Teta	Angolo [gradi sessadec.] di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm ² /m]

N°Comb	Ver	Vsdu	Vrd	Vcd	Vwd	bw	Teta	Acw	ASt
1	S	539.00	280.29	3141.87	589.48	100.0	45.00	1.003	20.7
2	S	531.00	280.29	3141.87	589.48	100.0	45.00	1.003	20.4
3	S	539.00	280.29	3141.87	589.48	100.0	45.00	1.003	20.7
4	S	531.00	280.29	3141.87	589.48	100.0	45.00	1.003	20.4
5	S	464.00	280.03	3137.91	589.48	100.0	45.00	1.002	17.8
6	S	456.00	280.03	3137.91	589.48	100.0	45.00	1.002	17.5
7	S	478.00	280.07	3138.54	589.48	100.0	45.00	1.002	18.3
8	S	470.00	280.07	3138.54	589.48	100.0	45.00	1.002	18.0
9	S	478.00	280.07	3138.54	589.48	100.0	45.00	1.002	18.3

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

10	S	470.00	280.07	3138.54	589.48	100.0	45.00	1.002	18.0
11	S	209.00	280.06	3138.33	589.48	100.0	45.00	1.002	8.0
12	S	203.00	280.06	3138.33	589.48	100.0	45.00	1.002	7.8
13	S	209.00	280.06	3138.33	589.48	100.0	45.00	1.002	8.0
14	S	203.00	280.06	3138.33	589.48	100.0	45.00	1.002	7.8
15	S	341.00	280.52	3145.20	589.48	100.0	45.00	1.004	13.1
16	S	335.00	280.52	3145.20	589.48	100.0	45.00	1.004	12.9
17	S	327.00	280.49	3144.78	589.48	100.0	45.00	1.004	12.5
18	S	310.00	280.47	3144.57	589.48	100.0	45.00	1.004	11.9
19	S	327.00	280.49	3144.78	589.48	100.0	45.00	1.004	12.5
20	S	310.00	280.47	3144.57	589.48	100.0	45.00	1.004	11.9
21	S	512.00	280.72	3148.32	589.48	100.0	45.00	1.005	19.6
22	S	506.00	280.72	3148.32	589.48	100.0	45.00	1.005	19.4
23	S	512.00	280.72	3148.32	589.48	100.0	45.00	1.005	19.6
24	S	506.00	280.72	3148.32	589.48	100.0	45.00	1.005	19.4
25	S	106.00	0.00	3131.88	589.48	100.0	45.00	1.000	4.1
26	S	100.00	0.00	3131.88	589.48	100.0	45.00	1.000	3.8
27	S	467.00	280.54	3145.61	589.48	100.0	45.00	1.004	17.9
28	S	461.00	280.54	3145.61	589.48	100.0	45.00	1.004	17.7
29	S	467.00	280.54	3145.61	589.48	100.0	45.00	1.004	17.9
30	S	461.00	280.54	3145.61	589.48	100.0	45.00	1.004	17.7
31	S	36.00	0.00	3131.88	589.48	100.0	45.00	1.000	1.4
32	S	30.00	0.00	3131.88	589.48	100.0	45.00	1.000	1.2
33	S	36.00	0.00	3131.88	589.48	100.0	45.00	1.000	1.4
34	S	30.00	0.00	3131.88	589.48	100.0	45.00	1.000	1.2
35	S	441.00	280.74	3148.53	589.48	100.0	45.00	1.005	16.9
36	S	435.00	280.74	3148.53	589.48	100.0	45.00	1.005	16.7
37	S	80.00	279.79	3134.37	589.48	100.0	45.00	1.001	3.1
38	S	74.00	279.79	3134.37	589.48	100.0	45.00	1.001	2.8
39	S	80.00	279.79	3134.37	589.48	100.0	45.00	1.001	3.1
40	S	74.00	279.79	3134.37	589.48	100.0	45.00	1.001	2.8
41	S	-43.00	298.86	3192.02	589.48	100.0	45.00	1.019	1.7
42	S	-109.00	294.14	3184.95	589.48	100.0	45.00	1.017	4.2
43	S	130.00	281.70	3162.89	589.48	100.0	45.00	1.010	5.0
44	S	45.00	281.22	3155.81	589.48	100.0	45.00	1.008	1.7
45	S	130.00	281.70	3162.89	589.48	100.0	45.00	1.010	5.0
46	S	45.00	281.22	3155.81	589.48	100.0	45.00	1.008	1.7

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

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	1.49	80.0	0.00	63.0	-74.6	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
2	S	3.29	80.0	0.00	63.9	-178.2	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
3	S	1.49	80.0	0.00	63.0	-74.6	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
4	S	3.29	80.0	0.00	63.9	-178.2	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
5	S	1.45	80.0	0.00	63.0	-73.4	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
6	S	3.21	80.0	0.00	64.0	-174.2	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
7	S	1.49	80.0	0.00	63.0	-74.6	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
8	S	3.29	80.0	0.00	63.9	-178.2	74.0	20.0	2000	15.7	22.0

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcato 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

9	S	1.49	80.0	0.00	63.0	-74.6	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
10	S	3.29	80.0	0.00	63.9	-178.2	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
11	S	0.07	80.0	0.00	0.0	0.1	74.0	0.0	227	0.0	0.0
12	S	1.08	80.0	0.00	62.3	-51.8	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
13	S	0.07	80.0	0.00	0.0	0.1	74.0	0.0	227	0.0	0.0
14	S	1.08	80.0	0.00	62.3	-51.8	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
15	S	0.09	0.0	0.01	80.0	0.2	6.0	0.0	227	0.0	0.0
16	S	1.20	80.0	0.00	61.6	-54.5	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
17	S	0.10	0.0	0.00	79.8	0.1	6.0	0.1	12	15.7	22.0
18	S	1.09	80.0	0.00	61.4	-48.6	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
19	S	0.10	0.0	0.00	79.8	0.1	6.0	0.1	12	15.7	22.0
20	S	1.09	80.0	0.00	61.4	-48.6	74.0	20.0	2000	15.7	22.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

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

N°Comb	Ver	Sclmax	Sclmin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.79	-0.72	-3.4	0.184	1.00	0.400	0.000149 (0.000149)	332	0.084	392.48
2	S	1.73	-1.65	-8.1	0.186	1.00	0.400	0.000356 (0.000356)	334	0.202	381.42
3	S	0.79	-0.72	-3.4	0.184	1.00	0.400	0.000149 (0.000149)	332	0.084	392.48
4	S	1.73	-1.65	-8.1	0.186	1.00	0.400	0.000356 (0.000356)	334	0.202	381.42
5	S	0.78	-0.70	-3.3	0.184	1.00	0.400	0.000147 (0.000147)	332	0.083	391.63
6	S	1.68	-1.61	-7.9	0.186	1.00	0.400	0.000348 (0.000348)	334	0.198	381.08
7	S	0.79	-0.72	-3.4	0.184	1.00	0.400	0.000149 (0.000149)	332	0.084	392.48
8	S	1.73	-1.65	-8.1	0.186	1.00	0.400	0.000356 (0.000356)	334	0.202	381.42
9	S	0.79	-0.72	-3.4	0.184	1.00	0.400	0.000149 (0.000149)	332	0.084	392.48
10	S	1.73	-1.65	-8.1	0.186	1.00	0.400	0.000356 (0.000356)	334	0.202	381.42
11	S	0.07	0.00	0.0	----	----	-18.665	----	0	----	-----
12	S	0.59	-0.51	-2.4	0.183	1.00	0.400	0.000104 (0.000104)	330	0.058	399.53
13	S	0.07	0.00	0.0	----	----	-18.665	----	0	----	-----
14	S	0.59	-0.51	-2.4	0.183	1.00	0.400	0.000104 (0.000104)	330	0.058	399.53
15	S	0.09	0.01	0.0	----	----	-18.665	----	0	----	-----
16	S	0.66	-0.55	-2.5	0.182	1.00	0.400	0.000109 (0.000109)	329	0.061	407.79
17	S	0.10	0.00	0.0	0.187	1.00	0.400	0.000000 (0.000000)	145	0.000	-61627.93
18	S	0.60	-0.50	-2.2	0.181	1.00	0.400	0.000097 (0.000097)	329	0.054	409.93
19	S	0.10	0.00	0.0	0.187	1.00	0.400	0.000000 (0.000000)	145	0.000	-61627.93
20	S	0.60	-0.50	-2.2	0.181	1.00	0.400	0.000097 (0.000097)	329	0.054	409.93

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	1.29	80.0	0.00	62.6	-63.2	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
2	S	3.00	80.0	0.00	63.8	-161.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
3	S	1.29	80.0	0.00	62.6	-63.2	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
4	S	3.00	80.0	0.00	63.8	-161.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
5	S	1.26	80.0	0.00	62.8	-62.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
6	S	2.92	80.0	0.00	63.9	-157.6	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
7	S	1.29	80.0	0.00	62.6	-63.2	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
8	S	3.00	80.0	0.00	63.8	-161.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
9	S	1.29	80.0	0.00	62.6	-63.2	74.0	20.0	2000	15.7	22.0

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcato 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

10	S	3.00	80.0	0.00	63.8	-161.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
11	S	0.07	80.0	0.00	0.0	0.1	74.0	0.0	443	0.0	0.0
12	S	1.08	80.0	0.00	62.3	-51.8	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
13	S	0.07	80.0	0.00	0.0	0.1	74.0	0.0	443	0.0	0.0
14	S	1.08	80.0	0.00	62.3	-51.8	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
15	S	0.07	0.0	0.03	80.0	0.5	6.0	0.0	443	0.0	0.0
16	S	1.20	80.0	0.00	61.7	-55.1	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
17	S	0.08	0.0	0.01	80.0	0.3	6.0	0.0	443	0.0	0.0
18	S	1.09	80.0	0.00	61.7	-49.5	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
19	S	0.08	0.0	0.01	80.0	0.3	6.0	0.0	443	0.0	0.0
20	S	1.09	80.0	0.00	61.7	-49.5	74.0	20.0	2000	15.7	22.0

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	ScImax	ScImin	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.70	-0.62	-2.9	0.184	1.00	0.400	0.000126 (0.000126)	331	0.071 (0.30)	396.40
2	S	1.58	-1.50	-7.3	0.186	1.00	0.400	0.000323 (0.000323)	333	0.183 (0.30)	382.57
3	S	0.70	-0.62	-2.9	0.184	1.00	0.400	0.000126 (0.000126)	331	0.071 (0.30)	396.40
4	S	1.58	-1.50	-7.3	0.186	1.00	0.400	0.000323 (0.000323)	333	0.183 (0.30)	382.57
5	S	0.68	-0.60	-2.8	0.184	1.00	0.400	0.000125 (0.000125)	331	0.070 (0.30)	394.72
6	S	1.53	-1.46	-7.1	0.186	1.00	0.400	0.000315 (0.000315)	333	0.179 (0.30)	381.92
7	S	0.70	-0.62	-2.9	0.184	1.00	0.400	0.000126 (0.000126)	331	0.071 (0.30)	396.40
8	S	1.58	-1.50	-7.3	0.186	1.00	0.400	0.000323 (0.000323)	333	0.183 (0.30)	382.57
9	S	0.70	-0.62	-2.9	0.184	1.00	0.400	0.000126 (0.000126)	331	0.071 (0.30)	396.40
10	S	1.58	-1.50	-7.3	0.186	1.00	0.400	0.000323 (0.000323)	333	0.183 (0.30)	382.57
11	S	0.07	0.00	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	----
12	S	0.59	-0.51	-2.4	0.183	1.00	0.400	0.000104 (0.000104)	330	0.058 (0.30)	399.53
13	S	0.07	0.00	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	----
14	S	0.59	-0.51	-2.4	0.183	1.00	0.400	0.000104 (0.000104)	330	0.058 (0.30)	399.53
15	S	0.07	0.03	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	----
16	S	0.66	-0.56	-2.5	0.182	1.00	0.400	0.000110 (0.000110)	329	0.062 (0.30)	406.06
17	S	0.08	0.01	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	----
18	S	0.59	-0.50	-2.3	0.182	1.00	0.400	0.000099 (0.000099)	329	0.055 (0.30)	407.04
19	S	0.08	0.01	0.0	----	----	-11.539	----	0	----	----
20	S	0.59	-0.50	-2.3	0.182	1.00	0.400	0.000099 (0.000099)	329	0.055 (0.30)	407.04

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	0.73	80.0	0.00	60.7	-31.0	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
2	S	2.13	80.0	0.00	63.5	-111.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
3	S	0.73	80.0	0.00	60.7	-31.0	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
4	S	2.13	80.0	0.00	63.5	-111.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
5	S	0.71	80.0	0.00	60.9	-30.6	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
6	S	2.05	80.0	0.00	63.5	-107.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
7	S	0.73	80.0	0.00	60.7	-31.0	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
8	S	2.13	80.0	0.00	63.5	-111.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
9	S	0.73	80.0	0.00	60.7	-31.0	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
10	S	2.13	80.0	0.00	63.5	-111.3	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
11	S	0.07	80.0	0.00	0.0	0.1	74.0	0.0	880	0.0	0.0
12	S	1.10	80.0	0.00	62.3	-52.4	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
13	S	0.07	80.0	0.00	0.0	0.1	74.0	0.0	880	0.0	0.0
14	S	1.10	80.0	0.00	62.3	-52.4	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
15	S	0.09	80.0	0.00	8.8	-0.1	74.0	5.4	537	15.7	22.0
16	S	1.17	80.0	0.00	62.4	-55.8	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
17	S	0.07	80.0	0.00	0.0	0.1	74.0	0.0	880	0.0	0.0
18	S	1.10	80.0	0.00	62.3	-52.4	74.0	20.0	2000	15.7	22.0
19	S	0.07	80.0	0.00	0.0	0.1	74.0	0.0	880	0.0	0.0
20	S	1.10	80.0	0.00	62.3	-52.4	74.0	20.0	2000	15.7	22.0

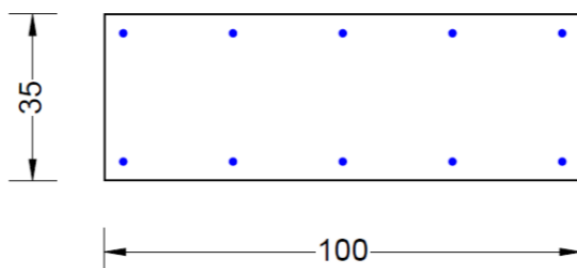
COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	ScI _{max}	ScI _{min}	Sc Eff	K3	Beta12	Psi	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	0.40	-0.33	-1.4	0.180	0.50	0.400	0.000062 (0.000062)	327	0.034 (0.20)	417.33
2	S	1.13	-1.05	-5.1	0.185	0.50	0.400	0.000223 (0.000223)	333	0.126 (0.20)	386.72
3	S	0.40	-0.33	-1.4	0.180	0.50	0.400	0.000062 (0.000062)	327	0.034 (0.20)	417.33
4	S	1.13	-1.05	-5.1	0.185	0.50	0.400	0.000223 (0.000223)	333	0.126 (0.20)	386.72
5	S	0.39	-0.32	-1.4	0.180	0.50	0.400	0.000061 (0.000061)	328	0.034 (0.20)	415.41
6	S	1.08	-1.01	-4.9	0.185	0.50	0.400	0.000215 (0.000215)	333	0.121 (0.20)	386.38
7	S	0.40	-0.33	-1.4	0.180	0.50	0.400	0.000062 (0.000062)	327	0.034 (0.20)	417.33
8	S	1.13	-1.05	-5.1	0.185	0.50	0.400	0.000223 (0.000223)	333	0.126 (0.20)	386.72
9	S	0.40	-0.33	-1.4	0.180	0.50	0.400	0.000062 (0.000062)	327	0.034 (0.20)	417.33
10	S	1.13	-1.05	-5.1	0.185	0.50	0.400	0.000223 (0.000223)	333	0.126 (0.20)	386.72
11	S	0.07	0.00	0.0	----	----	-1.266	----	0	----	-----
12	S	0.59	-0.52	-2.4	0.183	0.50	0.400	0.000105 (0.000105)	330	0.059 (0.20)	400.01
13	S	0.07	0.00	0.0	----	----	-1.266	----	0	----	-----
14	S	0.59	-0.52	-2.4	0.183	0.50	0.400	0.000105 (0.000105)	330	0.059 (0.20)	400.01
15	S	0.09	-0.01	0.0	0.173	0.50	0.400	0.000000 (0.000000)	191	0.000 (0.20)	1702.36
16	S	0.63	-0.55	-2.6	0.183	0.50	0.400	0.000112 (0.000112)	330	0.063 (0.20)	399.23
17	S	0.07	0.00	0.0	----	----	-1.266	----	0	----	-----
18	S	0.59	-0.52	-2.4	0.183	0.50	0.400	0.000105 (0.000105)	330	0.059 (0.20)	400.01
19	S	0.07	0.00	0.0	----	----	-1.266	----	0	----	-----
20	S	0.59	-0.52	-2.4	0.183	0.50	0.400	0.000105 (0.000105)	330	0.059 (0.20)	400.01

9.3.3 Paraghiaia

Nota: la verifica del paraghiaia è condotta per l'azione locale data dalla presenza del carico transitante di normativa come da NTC, inclusa la relativa azione di accelerazione/frenamento in sommità e concomitante azione verticale.

L'azione è ripartita su una larghezza collaborante del paraghiaia per un angolo di trasmissione degli sforzi pari a 45° dal punto di applicazione.



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: SEZ_paraghiaia

(Percorso File: I:\mio Drive\NetEng_Gazzera\04.COP\SEZ_paraghiaia\SEZ_paraghiaia.sez)

Descrizione Sezione:	SEZ_paraghiaia
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Tipologia sezione:	Sezione predefinita
Forma della sezione:	Rettangolare
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	
	Resistenza compress. di calcolo fcd:	18.81	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	33600.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	3.100	MPa
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0cm
Altezza:	35.0cm
Barre inferiori:	5Ø16 (10.1 cm²)
Barre superiori:	5Ø16 (10.1 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	4.0cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.0cm

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)			
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione			
Vy	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale			
MT	Momento torcente [kN m]			
N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	175.00	105.00	135.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	21.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.1	cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	N Ult	Mx Ult	Mis.Sic.	Yn	M sn	x/d	C.Rid.	As Tesa
1	S	175.00	105.00	175.04	143.91	1.371	31.1	135.43	---	---	---

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	-0.01004	35.0	-0.00011	31.0	-0.02449	4.0

METODO SLU - VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Vsdu	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.14)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	Vsdu	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	135.00	171.37	31.0	100.0	0.0032	0.05

10 VERIFICHE DELLE SOTTOSTRUTTURE

10.1 PALO DI FONDAZIONE

10.1.1 Verifica di capacità portante verticale

Il massimo valore di compressione si verifica al palo fronte canale di ciascuna spalla:

SLU_{min}

	MIN	MAX
Force(kN)	-573	-322
[8m:6]	[8m:6]	[8m:5]



SLVmin

	MIN	MAX
Force(kN)	-537	-334
[Bm:S]	[Bm:S]	[Bm:S]



Si ha lo sforzo massimo sui pali:

$N_{Ed \text{ max compr}} = 566 \text{ kN/m}$

$N_{Ed \text{ max compr palo}} = 1358 \text{ kN}$

La portata massima di progetto del palo è stimata come segue:

Alla resistenza laterale dei terreni coesivi è stata applicata un'efficienza pari a 0.75 calcolata con la formula di Converse Labarre.



Calcolo pali trivellati in compressione agli stati limite ultimi testo unico

Diametro palo 0.8 m

Lunghezza di calcolo palo= 22 m

Lunghezza effettiva palo = 22 m

Falda = 1.5 m da quota terreno

ξ₃ = 1.7 R3 laterale R3 base 1.15 1.35

compressione

Resistenza laterale

Terreno= A Coerenti ; S incoerenti

		Condizioni non drenate		Condizioni drenate		Condizioni non drenate		Condizioni drenate		Condizioni non drenate		Condizioni drenate		Condizioni non drenate		Condizioni drenate		Condizioni non drenate		Condizioni drenate		Condizioni non drenate		Condizioni drenate					
		τ		τ		τ		τ		τ		τ		τ		τ		τ		τ		τ		τ		τ			
		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato		σ (kN/m²) a meta strato			
		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR		OCR	
		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)		α (palo inellato)	
		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)		φ (°)	
		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)		Cu (kPa)	
		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)		γ (kN/m³)	
		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)		H(m)	
		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno		Terreno	
		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati		N-Strati	
0	S	3	19	28	1	28.50	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.0	1.50	0	28.5	0	15	57	42	81.7	53.7	σ (kN/m²) inferiore	
1	A	1.3	19	26	1	47.85	0.00	0.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.3	3.65	57	69.35	21.5	28	81.7	53.7	142.5	82.5	σ (kN/m²) inferiore	
2	A	3.2	19	60	26	0	1	68.10	0.70	0.49	33.00	23.25	79.20	55.80	55.80	55.80	55.80	7.5	5.90	81.7	112.1	44	60	142.5	82.5	294.5	154.5	σ (kN/m²) inferiore	
3	S	8	19	34	3	118.50	0.70	0.57	55.95	55.95	447.60	447.60	447.60	447.60	447.60	447.60	15.5	11.50	142.5	218.5	100	140	294.5	154.5	323	168	σ (kN/m²) inferiore		
4	A	1.5	19	70	26	0.55	1	161.25	0.70	0.49	38.50	55.05	43.31	61.93	61.93	61.93	17.0	16.25	294.5	308.75	147.5	155	323	168	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore		
5	S	4	19	30	3	186.00	0.70	0.58	75.17	75.17	300.68	300.68	300.68	300.68	300.68	300.68	21.0	19.00	323	361	175	195	399	240	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore		
6	A	4	19	55	26	0.55	1	222.00	0.70	0.49	30.25	75.79	90.75	227.38	227.38	227.38	25.0	23.00	399	437	215	235	475	240	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore		
7	S	1.3	19	32	3	245.85	0.70	0.52	107.54	107.54	139.80	139.80	139.80	139.80	139.80	139.80	26.3	25.65	475	487.35	241.5	248	495.7	251.7	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore		
8	A	0	19	70	26	0.55	1	251.70	0.70	0.49	38.50	85.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.3	26.30	495.7	499.7	248	248	495.7	251.7	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore	
9	A	0	0	0	0	251.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.3	26.30	499.7	499.7	248	248	499.7	251.7	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore	
10	A	0	0	0	0	251.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.3	26.30	499.7	499.7	248	248	499.7	251.7	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore	
11	A	0	0	0	0	251.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.3	26.30	499.7	499.7	248	248	499.7	251.7	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore	
12	A	0	0	0	0	251.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.3	26.30	499.7	499.7	248	248	499.7	251.7	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore	
13	A	0	0	0	0	251.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.3	26.30	499.7	499.7	248	248	499.7	251.7	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore	
14	A	0	0	0	0	251.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	26.3	26.30	499.7	499.7	248	248	499.7	251.7	495.7	251.7	σ (kN/m²) inferiore	
										1101.35										1233.20									

Resistenza laterale limite condizioni non drenate	2767	kN
Resistenza laterale limite condizioni drenate	3098	kN

Resistenza di punta

Caratteristiche strato di base

Terreno	Lunghezza palo H(m)	Cu (kPa)	φ (°)	σ'(kN/m²)	σ (kN/m²)
A	22	70	28	252	500

Area di punta del palo= 0.50 m²

Nq* = 7

Resistenza di punta condizioni drenate	885	kN
Resistenza di punta condizioni non drenate	568	kN

Calcolo del palo in compressione agli stati limite

Combinazione A1		
Carico limite di progetto in condizioni non drenate	1662	kN
Carico limite di progetto in condizioni drenate	1832	kN
Portata palo	1662	kN

Peso del palo = -206 kN

Portata utile in testa = 1457 kN

$n_{Ed} = 566 \text{ kN/m}$

$i_{\text{palo}} = 2.40 \text{ m}$

$N_{Ed \text{ palo}} = 1358 \text{ kN}$

$c.s = 1.07$

10.1.2 Verifica di capacità portante orizzontale

Si riporta il calcolo di capacità portante orizzontale in condizioni drenate e non drenate .

Armatura palo 16Ø26+ 8Ø26

$M_{\text{plastico}} = 1390 \text{ kNm}$

Efficienza orizzontale calcolata con la formula di Reese VanImpe = 0.65

Tensioni efficaci

CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

OPERA: Copertura canale

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

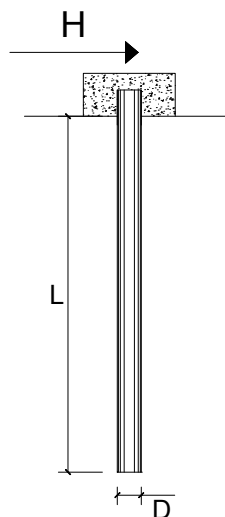
M_y = momento di plasticizzazione della sezione

F_s = coefficiente di sicurezza

φ' = angolo di attrito del terreno

k_p = coeff. di spinta passiva (k_p = (1+sinφ')/(1-sinφ'))

γ = peso di unità di volume del terreno (se è presente la falda γ = γ')



Palo corto:
$$H = 1.5k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2$$

Palo intermedio:
$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4} \right)^2}$$

DATI DI IMPUT:

L =	20.00	(m)
D =	0.80	(m)
M _y =	1390.00	(kN m)
F _s =	2.21	(-)
φ' =	26.00	(°)
k _p =	2.56	(-)
γ =	9.00	(kN/m ³)

Palo corto:

H1 =	11063.83	(kN)	H1/F _s =	5006.26	(kN)
------	----------	------	---------------------	---------	------

Palo intermedio:

H2 =	3757.44	(kN)	H2/F _s =	1700.20	(kN)
------	---------	------	---------------------	---------	------

Palo lungo:

H3 =	783.75	(kN)	H3/F _s =	354.64	(kN)
------	--------	------	---------------------	--------	------

H = min(H1, H2, H3) = 783.75 (kN) palo lungo

Tensioni totali

CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI COESIVI PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA

OPERA: Copertura canale

TEORIA DI BASE:

(Broms, 1964)

H = carico limite orizzontale

L = lunghezza del palo

D = diametro del palo

M_y = momento di plasticizzazione della sezione

F_s = coefficiente di sicurezza

c_u = resistenza al taglio non-drenata

Palo corto:

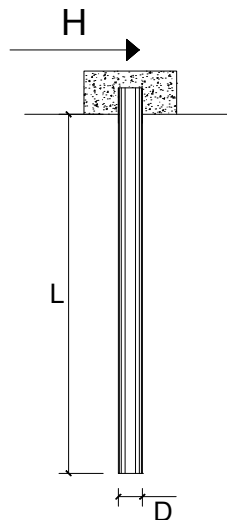
$$H = 9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} - 1.5 \right)$$

Palo intermedio:

$$H = -9c_u d^2 \left(\frac{L}{d} + 1.5 \right) + 9c_u d^2 \sqrt{2 \left(\frac{L}{d} \right)^2 + \frac{4}{9} \frac{M_y}{c_u d^3} + 4.5}$$

Palo lungo:

$$H = -13.5c_u d^2 + c_u d^2 \sqrt{182.25 + 36 \frac{M_y}{c_u d^3}}$$



DATI DI INPUT:

L = 20.00 (m)
D = 0.80 (m)
M_y = 1390.00 (kN m)
F_s = 2.21 (-)
c_u = 60.00 (kN/m²)

Palo corto:

H1 = 8121.60 (kN) H1/F_s = 3674.93 (kN)

Palo intermedio:

H2 = 3180.10 (kN) H2/F_s = 1438.96 (kN)

Palo lungo:

H3 = 1115.81 (kN) H3/F_s = 504.89 (kN)

H = min(H1, H2, H3) = 1115.81 (kN) palo lungo

Carico limite orizzontale minimo singolo palo = 355 kN

Carico limite di gruppo = 355 × 0.65 = 230 kN > 228 kN Verificato

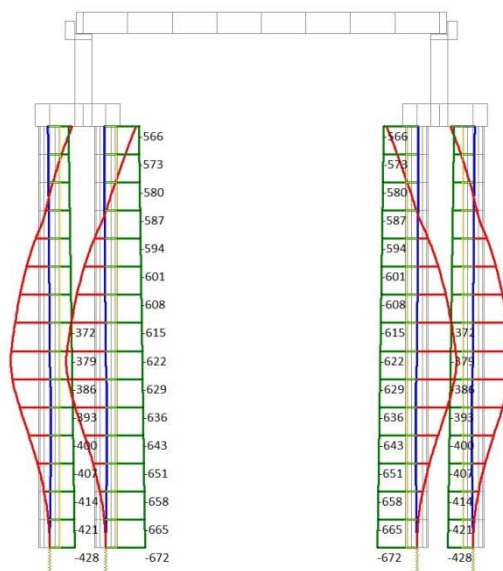
10.1.3 Verifica strutturale

Si verifica la sezione di sommità del palo maggiormente caricato a flessione e taglio, che risulta la condizione più severa dal punto di vista strutturale.

Nota: dato che i pali sono elementi discreti, i valori per unità di profondità della modellazione globale sono riconvertiti in sollecitazioni integrate sull'interasse degli elementi di progetto in direzione trasversale.

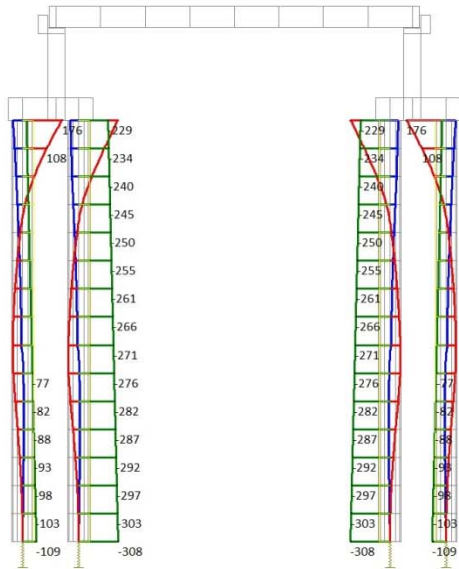
SLU_{max}

	MIN	MAX
SF2(kN)	-24	31
	[8m:36][8m:5]	
BM2(kN.m)	-102	79
	[8m:34][8m:6]	
Force(kN)	-672	-322
	[8m:40][8m:5]	



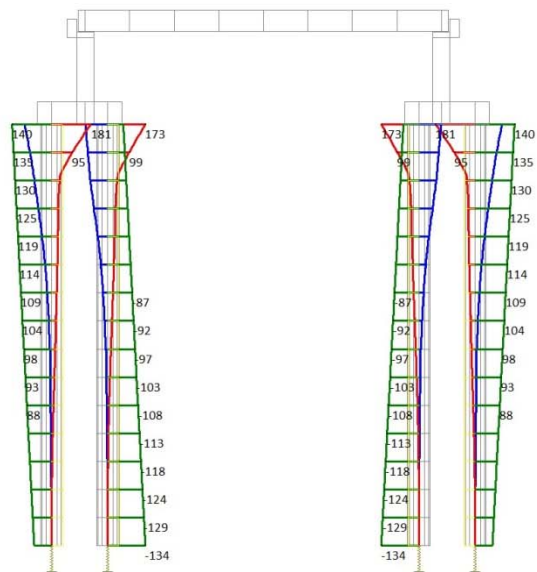
SLUmin

	MIN	MAX
SF2(kN)	-11	75
	[Bm:36][Bm:5]	
BM2(kN.m)	-47	176
	[Bm:34][Bm:5]	
Force(kN)	-308	-30
	[Bm:40][Bm:5]	



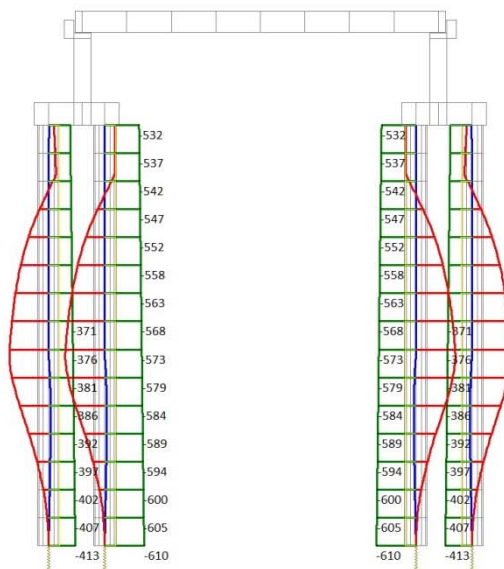
SLVmax

	MIN	MAX
SF2(kN)	0	95
	[Bm:26][Bm:5]	
BM2(kN.m)	0	181
	[Bm:84][Bm:5]	
Force(kN)	-134	140
	[Bm:40][Bm:5]	

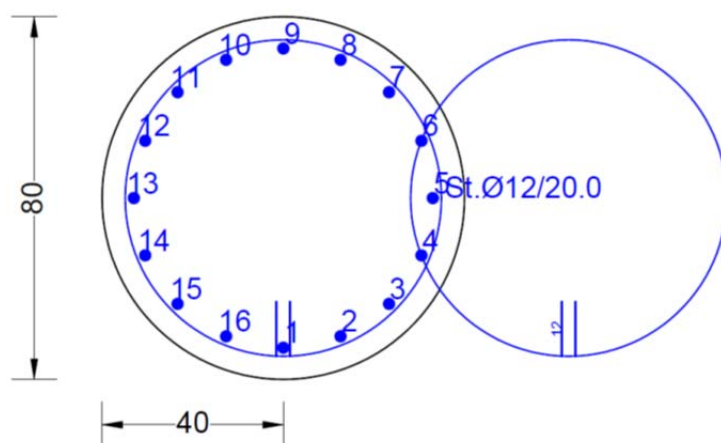


SLVmin

	MIN	MAX
SF2(kN)	-32	5
	[Bm:36]	[Bm:78]
BM2(kN.m)	-138	36
	[Bm:34]	[Bm:71]
Force(kN)	-610	-334
	[Bm:40]	[Bm:5]



Nota: la sezione è verificata con l'armatura corrente che prosegue anche oltre la quota di formazione della cerniera plastica per funzionamento limite del palo, ed è quindi molto a favore della sicurezza limitatamente allo stato limite ultimo dal lato della struttura.



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

NOME SEZIONE: SEZ_palo_sommità

(Percorso File: I:\mio Drive\NetEng_Gazzera\04.COP\SEZ_palo_sommità\SEZ_palo_sommità.sez)

Descrizione Sezione:	SEZ_palo_sommità
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
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:	C25/30	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	150.00	daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.400	mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo B1*B2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito B1*B2 :	0.50	
	Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	40.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre				
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate				
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate				
N°Barre	Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza				
Ø	Diametro [mm] della singola barra generata				

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	33.0	16	26

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
 Passo staffe: 20.0 cm
 Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

ST.LIM.ULTIMI - 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	149.00	259.00	0.00	149.00	0.00
2	137.00	422.00	0.00	180.00	0.00
3	149.00	259.00	0.00	149.00	0.00
4	137.00	422.00	0.00	180.00	0.00
5	84.00	247.00	0.00	146.00	0.00
6	72.00	410.00	0.00	178.00	0.00
7	149.00	259.00	0.00	149.00	0.00
8	137.00	422.00	0.00	180.00	0.00
9	149.00	259.00	0.00	149.00	0.00
10	137.00	422.00	0.00	180.00	0.00
11	790.00	74.00	0.00	60.00	0.00
12	773.00	142.00	0.00	74.00	0.00
13	790.00	74.00	0.00	60.00	0.00
14	773.00	142.00	0.00	74.00	0.00
15	790.00	74.00	0.00	60.00	0.00
16	773.00	142.00	0.00	74.00	0.00
17	790.00	74.00	0.00	60.00	0.00
18	773.00	142.00	0.00	74.00	0.00
19	790.00	74.00	0.00	60.00	0.00
20	773.00	142.00	0.00	74.00	0.00
21	-324.00	228.00	0.00	185.00	0.00
22	-336.00	434.00	0.00	228.00	0.00
23	-324.00	228.00	0.00	185.00	0.00
24	-336.00	434.00	0.00	228.00	0.00
25	-324.00	228.00	0.00	185.00	0.00
26	-336.00	434.00	0.00	228.00	0.00
27	-324.00	228.00	0.00	185.00	0.00
28	-336.00	434.00	0.00	228.00	0.00
29	-324.00	228.00	0.00	185.00	0.00
30	-336.00	434.00	0.00	228.00	0.00
31	814.00	55.00	0.00	-10.00	0.00
32	802.00	43.00	0.00	-17.00	0.00
33	814.00	55.00	0.00	-10.00	0.00
34	802.00	43.00	0.00	-17.00	0.00
35	814.00	55.00	0.00	-10.00	0.00
36	802.00	43.00	0.00	-17.00	0.00
37	814.00	55.00	0.00	-10.00	0.00
38	802.00	43.00	0.00	-17.00	0.00
39	814.00	55.00	0.00	-10.00	0.00
40	802.00	43.00	0.00	-17.00	0.00
41	814.00	0.10	0.00	-10.00	0.00
42	802.00	0.10	0.00	-17.00	0.00
43	814.00	0.10	0.00	-10.00	0.00
44	802.00	0.10	0.00	-17.00	0.00
45	814.00	0.10	0.00	-10.00	0.00
46	802.00	0.10	0.00	-17.00	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	178.00	170.00	0.00
2	166.00	283.00	0.00
3	178.00	170.00	0.00
4	166.00	283.00	0.00
5	130.00	163.00	0.00
6	118.00	274.00	0.00
7	178.00	170.00	0.00
8	166.00	283.00	0.00
9	178.00	170.00	0.00
10	166.00	283.00	0.00
11	564.00	94.00	0.00
12	552.00	166.00	0.00
13	564.00	94.00	0.00
14	552.00	166.00	0.00
15	564.00	94.00	0.00
16	552.00	166.00	0.00
17	564.00	94.00	0.00
18	552.00	166.00	0.00
19	564.00	94.00	0.00
20	552.00	166.00	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	185.00	161.00 (197.43)	0.00 (0.00)
2	173.00	266.00 (186.07)	0.00 (0.00)
3	185.00	161.00 (197.43)	0.00 (0.00)
4	173.00	266.00 (186.07)	0.00 (0.00)
5	149.00	156.00 (192.85)	0.00 (0.00)
6	137.00	259.00 (183.50)	0.00 (0.00)
7	185.00	161.00 (197.43)	0.00 (0.00)
8	173.00	266.00 (186.07)	0.00 (0.00)
9	185.00	161.00 (197.43)	0.00 (0.00)
10	173.00	266.00 (186.07)	0.00 (0.00)
11	518.00	98.00 (399.91)	0.00 (0.00)
12	506.00	170.00 (254.31)	0.00 (0.00)
13	518.00	98.00 (399.91)	0.00 (0.00)
14	506.00	170.00 (254.31)	0.00 (0.00)
15	518.00	98.00 (399.91)	0.00 (0.00)
16	506.00	170.00 (254.31)	0.00 (0.00)
17	518.00	98.00 (399.91)	0.00 (0.00)
18	506.00	170.00 (254.31)	0.00 (0.00)
19	518.00	98.00 (399.91)	0.00 (0.00)
20	506.00	170.00 (254.31)	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	214.00	130.00 (210.22)	0.00 (0.00)
2	199.00	214.00 (192.27)	0.00 (0.00)
3	214.00	130.00 (210.22)	0.00 (0.00)
4	199.00	214.00 (192.27)	0.00 (0.00)
5	214.00	130.00 (210.22)	0.00 (0.00)
6	199.00	214.00 (192.27)	0.00 (0.00)
7	214.00	130.00 (210.22)	0.00 (0.00)
8	199.00	214.00 (192.27)	0.00 (0.00)
9	214.00	130.00 (210.22)	0.00 (0.00)
10	199.00	214.00 (192.27)	0.00 (0.00)
11	384.00	113.00 (272.42)	0.00 (0.00)
12	372.00	187.00 (220.06)	0.00 (0.00)
13	384.00	113.00 (272.42)	0.00 (0.00)
14	372.00	187.00 (220.06)	0.00 (0.00)
15	384.00	113.00 (272.42)	0.00 (0.00)
16	372.00	187.00 (220.06)	0.00 (0.00)
17	384.00	113.00 (272.42)	0.00 (0.00)
18	372.00	187.00 (220.06)	0.00 (0.00)
19	384.00	113.00 (272.42)	0.00 (0.00)
20	372.00	187.00 (220.06)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.7 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 10.3 cm
Copriferro netto minimo staffe: 4.5 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sn Sforzo normale allo snervamento [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Sn Momento di snervamento [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N Ult,Mx Ult,My Ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N Sn	Mx Sn	My Sn	N Ult	Mx Ult	My Ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	149.00	681.38	0.00	149.12	944.48	0.00	3.647	-----
2	S	137.00	678.90	0.00	136.76	942.16	0.00	2.233	-----
3	S	149.00	681.38	0.00	149.12	944.48	0.00	3.647	-----
4	S	137.00	678.90	0.00	136.76	942.16	0.00	2.233	-----
5	S	84.00	668.25	0.00	84.24	932.26	0.00	3.774	-----
6	S	72.00	665.72	0.00	72.24	929.99	0.00	2.268	-----
7	S	149.00	681.38	0.00	149.12	944.48	0.00	3.647	-----
8	S	137.00	678.90	0.00	136.76	942.16	0.00	2.233	-----
9	S	149.00	681.38	0.00	149.12	944.48	0.00	3.647	-----

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

10	S	137.00	678.90	0.00	136.76	942.16	0.00	2.233	-----
11	S	790.00	804.94	0.00	789.90	1043.35	0.00	14.099	-----
12	S	773.00	801.73	0.00	772.83	1041.17	0.00	7.332	-----
13	S	790.00	804.94	0.00	789.90	1043.35	0.00	14.099	-----
14	S	773.00	801.73	0.00	772.83	1041.17	0.00	7.332	-----
15	S	790.00	804.94	0.00	789.90	1043.35	0.00	14.099	-----
16	S	773.00	801.73	0.00	772.83	1041.17	0.00	7.332	-----
17	S	790.00	804.94	0.00	789.90	1043.35	0.00	14.099	-----
18	S	773.00	801.73	0.00	772.83	1041.17	0.00	7.332	-----
19	S	790.00	804.94	0.00	789.90	1043.35	0.00	14.099	-----
20	S	773.00	801.73	0.00	772.83	1041.17	0.00	7.332	-----
21	S	-324.00	582.79	0.00	-324.02	851.06	0.00	3.733	58.4(7.4)
22	S	-336.00	580.20	0.00	-336.24	848.52	0.00	1.955	58.4(7.4)
23	S	-324.00	582.79	0.00	-324.02	851.06	0.00	3.733	58.4(7.4)
24	S	-336.00	580.20	0.00	-336.24	848.52	0.00	1.955	58.4(7.4)
25	S	-324.00	582.79	0.00	-324.02	851.06	0.00	3.733	58.4(7.4)
26	S	-336.00	580.20	0.00	-336.24	848.52	0.00	1.955	58.4(7.4)
27	S	-324.00	582.79	0.00	-324.02	851.06	0.00	3.733	58.4(7.4)
28	S	-336.00	580.20	0.00	-336.24	848.52	0.00	1.955	58.4(7.4)
29	S	-324.00	582.79	0.00	-324.02	851.06	0.00	3.733	58.4(7.4)
30	S	-336.00	580.20	0.00	-336.24	848.52	0.00	1.955	58.4(7.4)
31	S	814.00	809.28	0.00	814.09	1046.44	0.00	19.026	-----
32	S	802.00	807.05	0.00	802.13	1044.91	0.00	24.300	-----
33	S	814.00	809.28	0.00	814.09	1046.44	0.00	19.026	-----
34	S	802.00	807.05	0.00	802.13	1044.91	0.00	24.300	-----
35	S	814.00	809.28	0.00	814.09	1046.44	0.00	19.026	-----
36	S	802.00	807.05	0.00	802.13	1044.91	0.00	24.300	-----
37	S	814.00	809.28	0.00	814.09	1046.44	0.00	19.026	-----
38	S	802.00	807.05	0.00	802.13	1044.91	0.00	24.300	-----
39	S	814.00	809.28	0.00	814.09	1046.44	0.00	19.026	-----
40	S	802.00	807.05	0.00	802.13	1044.91	0.00	24.300	-----
41	S	814.00	809.28	0.00	814.09	1046.44	0.00	999.000	-----
42	S	802.00	807.05	0.00	802.13	1044.91	0.00	999.000	-----
43	S	814.00	809.28	0.00	814.09	1046.44	0.00	999.000	-----
44	S	802.00	807.05	0.00	802.13	1044.91	0.00	999.000	-----
45	S	814.00	809.28	0.00	814.09	1046.44	0.00	999.000	-----
46	S	802.00	807.05	0.00	802.13	1044.91	0.00	999.000	-----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
ec 3/7	Deform. unit. del conglomerato nella fibra a 3/7 dell'altezza efficace
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	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00161	0.0	40.0	0.00246	0.0	33.0	-0.00739	0.0	-33.0
2	0.00350	-0.00163	0.0	40.0	0.00245	0.0	33.0	-0.00743	0.0	-33.0
3	0.00350	-0.00161	0.0	40.0	0.00246	0.0	33.0	-0.00739	0.0	-33.0
4	0.00350	-0.00163	0.0	40.0	0.00245	0.0	33.0	-0.00743	0.0	-33.0
5	0.00350	-0.00172	0.0	40.0	0.00243	0.0	33.0	-0.00761	0.0	-33.0
6	0.00350	-0.00174	0.0	40.0	0.00243	0.0	33.0	-0.00765	0.0	-33.0
7	0.00350	-0.00161	0.0	40.0	0.00246	0.0	33.0	-0.00739	0.0	-33.0
8	0.00350	-0.00163	0.0	40.0	0.00245	0.0	33.0	-0.00743	0.0	-33.0
9	0.00350	-0.00161	0.0	40.0	0.00246	0.0	33.0	-0.00739	0.0	-33.0
10	0.00350	-0.00163	0.0	40.0	0.00245	0.0	33.0	-0.00743	0.0	-33.0

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

11	0.00350	-0.00083	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00572	0.0	-33.0
12	0.00350	-0.00085	0.0	40.0	0.00261	0.0	33.0	-0.00576	0.0	-33.0
13	0.00350	-0.00083	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00572	0.0	-33.0
14	0.00350	-0.00085	0.0	40.0	0.00261	0.0	33.0	-0.00576	0.0	-33.0
15	0.00350	-0.00083	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00572	0.0	-33.0
16	0.00350	-0.00085	0.0	40.0	0.00261	0.0	33.0	-0.00576	0.0	-33.0
17	0.00350	-0.00083	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00572	0.0	-33.0
18	0.00350	-0.00085	0.0	40.0	0.00261	0.0	33.0	-0.00576	0.0	-33.0
19	0.00350	-0.00083	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00572	0.0	-33.0
20	0.00350	-0.00085	0.0	40.0	0.00261	0.0	33.0	-0.00576	0.0	-33.0
21	0.00350	-0.00240	0.0	40.0	0.00230	0.0	33.0	-0.00906	0.0	-33.0
22	0.00350	-0.00242	0.0	40.0	0.00229	0.0	33.0	-0.00910	0.0	-33.0
23	0.00350	-0.00240	0.0	40.0	0.00230	0.0	33.0	-0.00906	0.0	-33.0
24	0.00350	-0.00242	0.0	40.0	0.00229	0.0	33.0	-0.00910	0.0	-33.0
25	0.00350	-0.00240	0.0	40.0	0.00230	0.0	33.0	-0.00906	0.0	-33.0
26	0.00350	-0.00242	0.0	40.0	0.00229	0.0	33.0	-0.00910	0.0	-33.0
27	0.00350	-0.00240	0.0	40.0	0.00230	0.0	33.0	-0.00906	0.0	-33.0
28	0.00350	-0.00242	0.0	40.0	0.00229	0.0	33.0	-0.00910	0.0	-33.0
29	0.00350	-0.00240	0.0	40.0	0.00230	0.0	33.0	-0.00906	0.0	-33.0
30	0.00350	-0.00242	0.0	40.0	0.00229	0.0	33.0	-0.00910	0.0	-33.0
31	0.00350	-0.00081	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00567	0.0	-33.0
32	0.00350	-0.00082	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00570	0.0	-33.0
33	0.00350	-0.00081	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00567	0.0	-33.0
34	0.00350	-0.00082	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00570	0.0	-33.0
35	0.00350	-0.00081	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00567	0.0	-33.0
36	0.00350	-0.00082	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00570	0.0	-33.0
37	0.00350	-0.00081	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00567	0.0	-33.0
38	0.00350	-0.00082	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00570	0.0	-33.0
39	0.00350	-0.00081	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00567	0.0	-33.0
40	0.00350	-0.00082	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00570	0.0	-33.0
41	0.00350	-0.00081	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00567	0.0	-33.0
42	0.00350	-0.00082	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00570	0.0	-33.0
43	0.00350	-0.00081	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00567	0.0	-33.0
44	0.00350	-0.00082	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00570	0.0	-33.0
45	0.00350	-0.00081	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00567	0.0	-33.0
46	0.00350	-0.00082	0.0	40.0	0.00262	0.0	33.0	-0.00570	0.0	-33.0

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 a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000149142	-0.002465667	----	----
2	0.000000000	0.000149709	-0.002488344	----	----
3	0.000000000	0.000149142	-0.002465667	----	----
4	0.000000000	0.000149709	-0.002488344	----	----
5	0.000000000	0.000152175	-0.002586989	----	----
6	0.000000000	0.000152742	-0.002609666	----	----
7	0.000000000	0.000149142	-0.002465667	----	----
8	0.000000000	0.000149709	-0.002488344	----	----
9	0.000000000	0.000149142	-0.002465667	----	----
10	0.000000000	0.000149709	-0.002488344	----	----
11	0.000000000	0.000126309	-0.001552348	----	----
12	0.000000000	0.000126791	-0.001571624	----	----
13	0.000000000	0.000126309	-0.001552348	----	----
14	0.000000000	0.000126791	-0.001571624	----	----
15	0.000000000	0.000126309	-0.001552348	----	----
16	0.000000000	0.000126791	-0.001571624	----	----

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcato 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

17	0.000000000	0.000126309	-0.001552348	----	----
18	0.000000000	0.000126791	-0.001571624	----	----
19	0.000000000	0.000126309	-0.001552348	----	----
20	0.000000000	0.000126791	-0.001571624	----	----
21	0.000000000	0.000172046	-0.003381821	----	----
22	0.000000000	0.000172641	-0.003405632	----	----
23	0.000000000	0.000172046	-0.003381821	----	----
24	0.000000000	0.000172641	-0.003405632	----	----
25	0.000000000	0.000172046	-0.003381821	----	----
26	0.000000000	0.000172641	-0.003405632	----	----
27	0.000000000	0.000172046	-0.003381821	----	----
28	0.000000000	0.000172641	-0.003405632	----	----
29	0.000000000	0.000172046	-0.003381821	----	----
30	0.000000000	0.000172641	-0.003405632	----	----
31	0.000000000	0.000125643	-0.001525703	----	----
32	0.000000000	0.000125969	-0.001538742	----	----
33	0.000000000	0.000125643	-0.001525703	----	----
34	0.000000000	0.000125969	-0.001538742	----	----
35	0.000000000	0.000125643	-0.001525703	----	----
36	0.000000000	0.000125969	-0.001538742	----	----
37	0.000000000	0.000125643	-0.001525703	----	----
38	0.000000000	0.000125969	-0.001538742	----	----
39	0.000000000	0.000125643	-0.001525703	----	----
40	0.000000000	0.000125969	-0.001538742	----	----
41	0.000000000	0.000125643	-0.001525703	----	----
42	0.000000000	0.000125969	-0.001538742	----	----
43	0.000000000	0.000125643	-0.001525703	----	----
44	0.000000000	0.000125969	-0.001538742	----	----
45	0.000000000	0.000125643	-0.001525703	----	----
46	0.000000000	0.000125969	-0.001538742	----	----

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - VERIFICHE A TAGLIO

Passo staffe: 20.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
V_{sdu} Taglio di progetto [kN] = proiezz. di V_x e V_y sulla normale all'asse neutro
V_{cd} Taglio resistente ultimo [kN] lato conglomerato compresso [(4.1.19) NTC]
V_{wd} Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]
D_{med} 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 D_{med}.
Teta Angolo [gradi sessadec.] 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.[cm²/m]
A.Eff Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/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	V _{sdu}	V _{cd}	V _{wd}	D _{med}	bw	Teta	Acw	Ast	A.Eff
1	S	149.00	1438.13	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.021	6.7	11.6(0.0)
2	S	180.00	1435.75	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.019	8.0	11.6(0.0)
3	S	149.00	1438.13	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.021	6.7	11.6(0.0)
4	S	180.00	1435.75	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.019	8.0	11.6(0.0)
5	S	146.00	1425.26	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.012	6.5	11.6(0.0)
6	S	178.00	1422.89	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.010	8.0	11.6(0.0)
7	S	149.00	1438.13	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.021	6.7	11.6(0.0)
8	S	180.00	1435.75	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.019	8.0	11.6(0.0)
9	S	149.00	1438.13	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.021	6.7	11.6(0.0)
10	S	180.00	1435.75	260.28	63.5	69.6	45.00°	1.019	8.0	11.6(0.0)

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

11	S	60.00	1602.06	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.111	2.7	11.6(0.0)
12	S	74.00	1598.61	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.109	3.4	11.6(0.0)
13	S	60.00	1602.06	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.111	2.7	11.6(0.0)
14	S	74.00	1598.61	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.109	3.4	11.6(0.0)
15	S	60.00	1602.06	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.111	2.7	11.6(0.0)
16	S	74.00	1598.61	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.109	3.4	11.6(0.0)
17	S	60.00	1602.06	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.111	2.7	11.6(0.0)
18	S	74.00	1598.61	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.109	3.4	11.6(0.0)
19	S	60.00	1602.06	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.111	2.7	11.6(0.0)
20	S	74.00	1598.61	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.109	3.4	11.6(0.0)
21	S	185.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	8.2	11.6(0.0)
22	S	228.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	10.1	11.6(0.0)
23	S	185.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	8.2	11.6(0.0)
24	S	228.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	10.1	11.6(0.0)
25	S	185.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	8.2	11.6(0.0)
26	S	228.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	10.1	11.6(0.0)
27	S	185.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	8.2	11.6(0.0)
28	S	228.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	10.1	11.6(0.0)
29	S	185.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	8.2	11.6(0.0)
30	S	228.00	1388.12	262.35	64.0	68.0	45.00°	1.000	10.1	11.6(0.0)
31	S	10.00	1606.92	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.114	0.5	11.6(0.0)
32	S	17.00	1604.49	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.113	0.8	11.6(0.0)
33	S	10.00	1606.92	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.114	0.5	11.6(0.0)
34	S	17.00	1604.49	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.113	0.8	11.6(0.0)
35	S	10.00	1606.92	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.114	0.5	11.6(0.0)
36	S	17.00	1604.49	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.113	0.8	11.6(0.0)
37	S	10.00	1606.92	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.114	0.5	11.6(0.0)
38	S	17.00	1604.49	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.113	0.8	11.6(0.0)
39	S	10.00	1606.92	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.114	0.5	11.6(0.0)
40	S	17.00	1604.49	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.113	0.8	11.6(0.0)
41	S	10.00	1606.92	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.114	0.5	11.6(0.0)
42	S	17.00	1604.49	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.113	0.8	11.6(0.0)
43	S	10.00	1606.92	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.114	0.5	11.6(0.0)
44	S	17.00	1604.49	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.113	0.8	11.6(0.0)
45	S	10.00	1606.92	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.114	0.5	11.6(0.0)
46	S	17.00	1604.49	256.38	62.6	72.3	45.00°	1.113	0.8	11.6(0.0)

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

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 [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.98	0.0	0.0	-77.6	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
2	S	6.59	0.0	0.0	-145.4	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
3	S	3.98	0.0	0.0	-77.6	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
4	S	6.59	0.0	0.0	-145.4	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
5	S	3.81	0.0	0.0	-79.4	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
6	S	6.37	0.0	0.0	-146.2	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
7	S	3.98	0.0	0.0	-77.6	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
8	S	6.59	0.0	0.0	-145.4	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
9	S	3.98	0.0	0.0	-77.6	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
10	S	6.59	0.0	0.0	-145.4	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
11	S	2.35	0.0	0.0	-5.4	0.0	-33.0	258	5.3	12.9	1.00

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcato 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

12	S	3.91	0.0	0.0	-35.8	0.0	-33.0	814	26.5	12.9	1.00
13	S	2.35	0.0	0.0	-5.4	0.0	-33.0	258	5.3	12.9	1.00
14	S	3.91	0.0	0.0	-35.8	0.0	-33.0	814	26.5	12.9	1.00
15	S	2.35	0.0	0.0	-5.4	0.0	-33.0	258	5.3	12.9	1.00
16	S	3.91	0.0	0.0	-35.8	0.0	-33.0	814	26.5	12.9	1.00
17	S	2.35	0.0	0.0	-5.4	0.0	-33.0	258	5.3	12.9	1.00
18	S	3.91	0.0	0.0	-35.8	0.0	-33.0	814	26.5	12.9	1.00
19	S	2.35	0.0	0.0	-5.4	0.0	-33.0	258	5.3	12.9	1.00
20	S	3.91	0.0	0.0	-35.8	0.0	-33.0	814	26.5	12.9	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.78	0.0	0.0	-71.5	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
2	S	6.20	0.0	0.0	-134.5	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
3	S	3.78	0.0	0.0	-71.5	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
4	S	6.20	0.0	0.0	-134.5	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
5	S	3.65	0.0	0.0	-73.0	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
6	S	6.03	0.0	0.0	-135.0	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
7	S	3.78	0.0	0.0	-71.5	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
8	S	6.20	0.0	0.0	-134.5	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
9	S	3.78	0.0	0.0	-71.5	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
10	S	6.20	0.0	0.0	-134.5	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	1.00
11	S	2.39	0.0	0.0	-8.7	0.0	-33.0	390	15.9	12.9	1.00
12	S	4.00	0.0	0.0	-41.9	0.0	-33.0	880	26.5	12.9	1.00
13	S	2.39	0.0	0.0	-8.7	0.0	-33.0	390	15.9	12.9	1.00
14	S	4.00	0.0	0.0	-41.9	0.0	-33.0	880	26.5	12.9	1.00
15	S	2.39	0.0	0.0	-8.7	0.0	-33.0	390	15.9	12.9	1.00
16	S	4.00	0.0	0.0	-41.9	0.0	-33.0	880	26.5	12.9	1.00
17	S	2.39	0.0	0.0	-8.7	0.0	-33.0	390	15.9	12.9	1.00
18	S	4.00	0.0	0.0	-41.9	0.0	-33.0	880	26.5	12.9	1.00
19	S	2.39	0.0	0.0	-8.7	0.0	-33.0	390	15.9	12.9	1.00
20	S	4.00	0.0	0.0	-41.9	0.0	-33.0	880	26.5	12.9	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Ver.	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
S1	Esito della verifica
S2	Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
k2	Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k3	= 0.4 per barre ad aderenza migliorata
Ø	= $(S1 + S2)/(2 \cdot S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
Cf	Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Psi	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm	= $1 - \text{Beta}12 \cdot (Ssr/Ss)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (f_{ctm}/S2)^2 = 1 - \text{Beta}12 \cdot (M_{fess}/M)^2$ [B.6.6 DM96]
srm	Deformazione unitaria media tra le fessure [4.3.1.7.1.3 DM96]. Il valore limite = $0.4 \cdot Ss/Es$ è tra parentesi
wk	Distanza media tra le fessure [mm]
MX fess.	Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 \cdot e \cdot sm \cdot srm$. Valore limite tra parentesi
MY fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-2.1	-0.7	0.165	26	47	-0.504	0.00014 (0.00014)	202	0.049 (0.40)	197.43	0.00
2	S	-3.7	-1.3	0.170	26	47	0.511	0.00034 (0.00027)	204	0.119 (0.40)	186.07	0.00
3	S	-2.1	-0.7	0.165	26	47	-0.504	0.00014 (0.00014)	202	0.049 (0.40)	197.43	0.00
4	S	-3.7	-1.3	0.170	26	47	0.511	0.00034 (0.00027)	204	0.119 (0.40)	186.07	0.00
5	S	-2.1	-0.7	0.167	26	47	-0.528	0.00015 (0.00015)	203	0.050 (0.40)	192.85	0.00
6	S	-3.6	-1.3	0.171	26	47	0.498	0.00034 (0.00027)	205	0.117 (0.40)	183.50	0.00
7	S	-2.1	-0.7	0.165	26	47	-0.504	0.00014 (0.00014)	202	0.049 (0.40)	197.43	0.00
8	S	-3.7	-1.3	0.170	26	47	0.511	0.00034 (0.00027)	204	0.119 (0.40)	186.07	0.00
9	S	-2.1	-0.7	0.165	26	47	-0.504	0.00014 (0.00014)	202	0.049 (0.40)	197.43	0.00

OPERE D'ARTE - Copertura su allacciante di levante
Impalcati 8 e 9 con fondazioni su pali - Relazione di calcolo

10	S	-3.7	-1.3	0.170	26	47	0.511	0.00034 (0.00027)	204	0.119 (0.40)	186.07	0.00
11	S	-0.6	-0.3	0.176	26	47	-15.652	0.00002 (0.00002)	165	0.005 (0.40)	399.91	0.00
12	S	-1.7	-0.6	0.166	26	47	-1.238	0.00008 (0.00008)	177	0.025 (0.40)	254.31	0.00
13	S	-0.6	-0.3	0.176	26	47	-15.652	0.00002 (0.00002)	165	0.005 (0.40)	399.91	0.00
14	S	-1.7	-0.6	0.166	26	47	-1.238	0.00008 (0.00008)	177	0.025 (0.40)	254.31	0.00
15	S	-0.6	-0.3	0.176	26	47	-15.652	0.00002 (0.00002)	165	0.005 (0.40)	399.91	0.00
16	S	-1.7	-0.6	0.166	26	47	-1.238	0.00008 (0.00008)	177	0.025 (0.40)	254.31	0.00
17	S	-0.6	-0.3	0.176	26	47	-15.652	0.00002 (0.00002)	165	0.005 (0.40)	399.91	0.00
18	S	-1.7	-0.6	0.166	26	47	-1.238	0.00008 (0.00008)	177	0.025 (0.40)	254.31	0.00
19	S	-0.6	-0.3	0.176	26	47	-15.652	0.00002 (0.00002)	165	0.005 (0.40)	399.91	0.00
20	S	-1.7	-0.6	0.166	26	47	-1.238	0.00008 (0.00008)	177	0.025 (0.40)	254.31	0.00

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.06	0.0	0.0	-50.1	0.0	-33.0	1160	26.5	12.9	0.50
2	S	5.01	0.0	0.0	-100.7	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	0.50
3	S	3.06	0.0	0.0	-50.1	0.0	-33.0	1160	26.5	12.9	0.50
4	S	5.01	0.0	0.0	-100.7	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	0.50
5	S	3.06	0.0	0.0	-50.1	0.0	-33.0	1160	26.5	12.9	0.50
6	S	5.01	0.0	0.0	-100.7	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	0.50
7	S	3.06	0.0	0.0	-50.1	0.0	-33.0	1160	26.5	12.9	0.50
8	S	5.01	0.0	0.0	-100.7	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	0.50
9	S	3.06	0.0	0.0	-50.1	0.0	-33.0	1160	26.5	12.9	0.50
10	S	5.01	0.0	0.0	-100.7	0.0	-33.0	1269	26.5	12.9	0.50
11	S	2.66	0.0	0.0	-23.7	0.0	-33.0	781	26.5	12.9	0.50
12	S	4.40	0.0	0.0	-64.8	0.0	-33.0	1088	26.5	12.9	0.50
13	S	2.66	0.0	0.0	-23.7	0.0	-33.0	781	26.5	12.9	0.50
14	S	4.40	0.0	0.0	-64.8	0.0	-33.0	1088	26.5	12.9	0.50
15	S	2.66	0.0	0.0	-23.7	0.0	-33.0	781	26.5	12.9	0.50
16	S	4.40	0.0	0.0	-64.8	0.0	-33.0	1088	26.5	12.9	0.50
17	S	2.66	0.0	0.0	-23.7	0.0	-33.0	781	26.5	12.9	0.50
18	S	4.40	0.0	0.0	-64.8	0.0	-33.0	1088	26.5	12.9	0.50
19	S	2.66	0.0	0.0	-23.7	0.0	-33.0	781	26.5	12.9	0.50
20	S	4.40	0.0	0.0	-64.8	0.0	-33.0	1088	26.5	12.9	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§B.6.6 DM96]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-1.6	-0.5	0.166	26	47	-0.307	0.00010 (0.00010)	195	0.033 (0.30)	210.22	0.00
2	S	-2.8	-1.0	0.168	26	47	0.596	0.00030 (0.00020)	203	0.104 (0.30)	192.27	0.00
3	S	-1.6	-0.5	0.166	26	47	-0.307	0.00010 (0.00010)	195	0.033 (0.30)	210.22	0.00
4	S	-2.8	-1.0	0.168	26	47	0.596	0.00030 (0.00020)	203	0.104 (0.30)	192.27	0.00
5	S	-1.6	-0.5	0.166	26	47	-0.307	0.00010 (0.00010)	195	0.033 (0.30)	210.22	0.00
6	S	-2.8	-1.0	0.168	26	47	0.596	0.00030 (0.00020)	203	0.104 (0.30)	192.27	0.00
7	S	-1.6	-0.5	0.166	26	47	-0.307	0.00010 (0.00010)	195	0.033 (0.30)	210.22	0.00
8	S	-2.8	-1.0	0.168	26	47	0.596	0.00030 (0.00020)	203	0.104 (0.30)	192.27	0.00
9	S	-1.6	-0.5	0.166	26	47	-0.307	0.00010 (0.00010)	195	0.033 (0.30)	210.22	0.00
10	S	-2.8	-1.0	0.168	26	47	0.596	0.00030 (0.00020)	203	0.104 (0.30)	192.27	0.00
11	S	-1.1	-0.4	0.168	26	47	-1.906	0.00005 (0.00005)	171	0.014 (0.30)	272.42	0.00
12	S	-2.2	-0.7	0.166	26	47	0.308	0.00013 (0.00013)	190	0.042 (0.30)	220.06	0.00
13	S	-1.1	-0.4	0.168	26	47	-1.906	0.00005 (0.00005)	171	0.014 (0.30)	272.42	0.00
14	S	-2.2	-0.7	0.166	26	47	0.308	0.00013 (0.00013)	190	0.042 (0.30)	220.06	0.00
15	S	-1.1	-0.4	0.168	26	47	-1.906	0.00005 (0.00005)	171	0.014 (0.30)	272.42	0.00
16	S	-2.2	-0.7	0.166	26	47	0.308	0.00013 (0.00013)	190	0.042 (0.30)	220.06	0.00
17	S	-1.1	-0.4	0.168	26	47	-1.906	0.00005 (0.00005)	171	0.014 (0.30)	272.42	0.00
18	S	-2.2	-0.7	0.166	26	47	0.308	0.00013 (0.00013)	190	0.042 (0.30)	220.06	0.00
19	S	-1.1	-0.4	0.168	26	47	-1.906	0.00005 (0.00005)	171	0.014 (0.30)	272.42	0.00
20	S	-2.2	-0.7	0.166	26	47	0.308	0.00013 (0.00013)	190	0.042 (0.30)	220.06	0.00

11 ALLEGATO 01 – VERIFICA DELLA TRAVE PRECOMPRESSA

11.1 VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE DI ESTREMITÀ $L=12.70$

Nota: in favore della sicurezza si considera l'altezza della sola sezione della trave precompressa, e inoltre si considera che la precompressione non sia attiva.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 477$	mm	larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 500$	mm	altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm	copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 45.65$	MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$		coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 3$	Ø	$14 = 4.62 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$		coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	Ø	$0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 450$	mm	altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	Ø	$0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 25.87$	MPa	resist. di calcolo			4.62 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 464.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.667 < 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.509$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.002 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 91.9 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 109.2 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 109.2 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione NON è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 14 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2 \quad \text{passo } 10 \text{ cm} = 0.308 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 487.9 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 12.93 \text{ MPa} \quad \text{resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 1249.4 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 487.9 > 464.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.1$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

11.2 VERIFICA DELLA TRASMISSIONE DEL TAGLIO FRA SOLETTA E TRAVE L=12.70

Verifica secondo UNI EN1992 Parte 1-1 p.to 6.2.5 “Azione tagliente nell’interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi” per la sezione tra trave precompressa e soletta di completamento.

Il massimo taglio in SLU sopportato dalla sezione collaborante trave+soletta (si esclude il peso di trave e soletta, portati dalla sola trave) vale:

$$V = 549 \text{ kN (valore i picco all'estremità della trave)} - 10 \text{ kN/m} \times 12.70/2 \times 1.35 = 464 \text{ kN}$$

Tale valore decresce circa linearmente verso il centro della trave, a distanza di 1 m si ha:

$$V' = V \cdot (L/2 - 1.00) / L/2 = 391 \text{ kN (con } L = 12.7 \text{ m)}$$

Si assume pertanto un valore medio nel primo metro pari a:

$$V_{sd} = (V + V') / 2 = 427 \text{ kN, che riferito al metro stesso vale: } 427 \text{ kN/m}$$

Il peso gravante sull’interfaccia trave-soletta è dato dal peso della soletta e della pavimentazione, si considera il tratto iniziale di 1 m:

$$n = (0.26 \times 25 + 0.30 \times 20) \times 0.354 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} = 4.4 \text{ kN (di compressione)}$$

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE DI INTERFACCIA

$$b = b' - 2e = 35.4 \text{ cm (bordo superiore della trave)} - 2 \times 2.5 \text{ (appoggio dalles)} = 30.4 \text{ cm}$$

$$H = 76 \text{ cm altezza d'impalcato (trave+soletta)}$$

$$d = \text{posizione armatura tesa nella sezione composta trave+soletta. Si assume } 0.9 H = 68.4 \text{ cm}$$

$$L = 100 \text{ cm (primo metro longitudinale)}$$

Cls di qualità inferiore fra trave e soletta: C32/40 con $f_{ck} = 33.20$ MPa

Acciaio tipo B450 C con $f_{yk} = 450$ MPa

Armatura di connessione resistente, adeguatamente ancorata:

$A_{st} = \varnothing 14 / 10$ cm a 2 bracci $\rightarrow 30,80$ cm²/m

Resistenza:

$f_{ctd} = 1.45$ MPa, $f_{cd} = 18.81$ MPa

$\sigma_n = n / (b' \times L) = 4.4 / 0.354 / 1000 = 0.0124$ MPa ($\ll 0.6 f_{cd} = 11.28$ MPa)

$\rho = A_s / (b \times L) = 30,80 / (30.4 \times 100) = 0.01013$

$f_{yd} = 391$ MPa

$c = 0.25$ e $\mu = 0.5$ (superficie di interfaccia liscia e non fessurata $c = 0.25$, se fessurata $c = 0$)

$\alpha = 90^\circ$ (angolo di inclinazione delle barre rispetto alla superficie, compreso tra 45° e 90°)

$v = 0.6 [1 + f_{ck}(\text{MPa}) / 250] = 0.680$

$v_{Rdi} = c \times f_{ctd} + \mu \times \sigma_n + \rho \times f_{yd} \times (\mu \sin \alpha + \cos \alpha), \leq v_{Rd,o} = 0.5v f_{cd}$

$v_{Rdi} = 0.25 \times 1.45 + 0.5 \times 0.0124 + 0.01013 \times 391 \times (0.5 + 0.0) = 2.34$ MPa ($\leq v_{Rd,o} = 6.39$ MPa \rightarrow ok)

Sollecitazione:

con $\beta = 1$ (cautelativamente pari al val. max) e $z = 0.9 \times d = 0.616$ m

$v_{Edl} = \beta \times V_{sd} / (z \times b)$

$v_{Edl} = 1 \times 427 / (0.616 \times 0.304) / 1000 = 2.28$ MPa $< v_{Rdi}$

\rightarrow Pertanto le staffe passanti dovranno essere: $A_{st} = \varnothing 14 / 10$ cm a 2 bracci.

11.3 VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE DI ESTREMITÀ L=11.50

Nota: in favore della sicurezza si considera l'altezza della sola sezione della trave precompressa, e inoltre si considera che la precompressione non sia attiva.

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO T.U. 14/01/2008 § 4.1.2.1.3

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 504$	mm	larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 400$	mm	altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 50$	mm	copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 45.65$	MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$		coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 3$	Ø	$14 = 4.62 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$		coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	Ø	$0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 350$	mm	altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	Ø	$0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 25.87$	MPa	resist. di calcolo			4.62 cm^2

• Sollecitazioni (compressione < 0, trazione > 0, taglio in valore assoluto)

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN} \quad V_{ed} = 348.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2 \quad k = 1.756 < 2$$

$$v_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \quad v_{min} = 0.550$$

$$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02 \quad \rho_1 = 0.003 < 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd} \quad \sigma_{cp} = 0.00 \text{ MPa} < 0.2 f_{cd}$$

$$V_{Rd} = (0.18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 85.0 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 97.1 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 97.1 \text{ kN} \quad \text{assunto pari alla resistenza minima}$$

la sezione NON è verificata in assenza di armature per il taglio

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$$\theta = 45.0^\circ \quad \text{inclinaz. bielle cls} \quad \text{angolo ammissibile}$$

$$\alpha = 90.0^\circ \quad \text{inclinaz. staffe}$$

Armatura a taglio (staffatura):

$$A_{sw}/s = \text{staffe } \emptyset 14 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2 \quad \text{passo } 10 \text{ cm} = 0.308 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) \times \sin \alpha \quad V_{Rsd} = 379.5 \text{ kN}$$

$$f_{cd} = 12.93 \text{ MPa} \quad \text{resist. di calcolo ridotta}$$

$$\alpha_c = 1.000 \quad \text{coeff. maggiorativo}$$

$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \alpha) \quad V_{Rcd} = 1026.8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 379.5 > 348.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.1$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

11.4 VERIFICA DELLA TRASMISSIONE DEL TAGLIO FRA SOLETTA E TRAVE L=11.50

Verifica secondo UNI EN1992 Parte 1-1 p.to 6.2.5 “Azione tagliante nell’interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi” per la sezione tra trave precompressa e soletta di completamento.

Il massimo taglio in SLU sopportato dalla sezione collaborante trave+soletta (si esclude il peso di trave e soletta, portati dalla sola trave) vale:

$$V = 425 \text{ kN (valore i picco all'estremità della trave)} - 9 \text{ kN/m} \times 11.50/2 \times 1.35 = 355 \text{ kN}$$

Tale valore decresce circa linearmente verso il centro della trave, a distanza di 1 m si ha:

$$V' = V \cdot (L/2 - 1.00) / L/2 = 293 \text{ kN (con } L = 11.5 \text{ m)}$$

Si assume pertanto un valore medio nel primo metro pari a:

$$V_{sd} = (V + V') / 2 = 324 \text{ kN, che riferito al metro stesso vale: } 324 \text{ kN/m}$$

Il peso gravante sull’interfaccia trave-soletta è dato dal peso della soletta e della pavimentazione, si considera il tratto iniziale di 1 m:

$$n = (0.26 \times 25 + 0.30 \times 20) \times 0.408 \text{ m} \times 1.00 \text{ m} = 5.0 \text{ kN (di compressione)}$$

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE DI INTERFACCIA

$$b = b' - 2e = 40.8 \text{ cm (bordo superiore della trave)} - 2 \times 2.5 \text{ (appoggio dalles)} = 35.8 \text{ cm}$$

$$H = 66 \text{ cm altezza d'impalcato (trave+soletta)}$$

$$d = \text{posizione armatura tesa nella sezione composta trave+soletta. Si assume } 0.9 H = 59.4 \text{ cm}$$

$$L = 100 \text{ cm (primo metro longitudinale)}$$

Cls di qualità inferiore fra trave e soletta: C32/40 con $f_{ck} = 33.20$ MPa

Acciaio tipo B450 C con $f_{yk} = 450$ MPa

Armatura di connessione resistente, adeguatamente ancorata:

$A_{st} = \varnothing 14 / 0 \text{ cm a } 2 \text{ bracci} \rightarrow 30,80 \text{ cm}^2/\text{m}$

Resistenza:

$f_{ctd} = 1.45$ MPa, $f_{cd} = 18.81$ MPa

$\sigma_n = n/(b' \times L) = 5.0/0.408 / 1000 = 0.0124$ MPa ($\ll 0.6 f_{cd} = 11.28$ MPa)

$\rho = A_{st}/(b \times L) = 30,80/(35.8 \times 100) = 0.00860$

$f_{yd} = 391$ MPa

$c = 0.25$ e $\mu = 0.5$ (superficie di interfaccia liscia e non fessurata $c = 0.25$, se fessurata $c = 0$)

$\alpha = 90^\circ$ (angolo di inclinazione delle barre rispetto alla superficie, compreso tra 45° e 90°)

$v = 0.6[1 + f_{ck}(\text{MPa})/250] = 0.680$

$v_{Rdi} = c \times f_{ctd} + \mu \times \sigma_n + \rho \times f_{yd} \times (\mu \sin \alpha + \cos \alpha), \leq v_{Rd,o} = 0.5v f_{cd}$

$v_{Rdi} = 0.25 \times 1.45 + 0.5 \times 0.0124 + 0.00860 \times 391 \times (0.5 + 0.0) = 2.05$ MPa ($\leq v_{Rd,o} = 6.39$ MPa \rightarrow ok)

Sollecitazione:

con $\beta = 1$ (cautelativamente pari al val. max) e $z = 0.9 \times d = 0.535$ m

$v_{Edl} = \beta \times V_{sd} / (z \times b)$

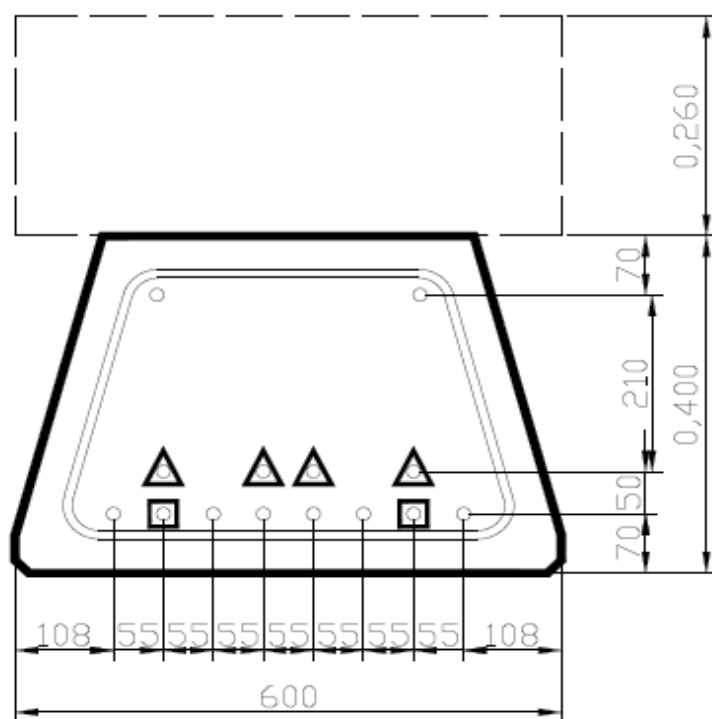
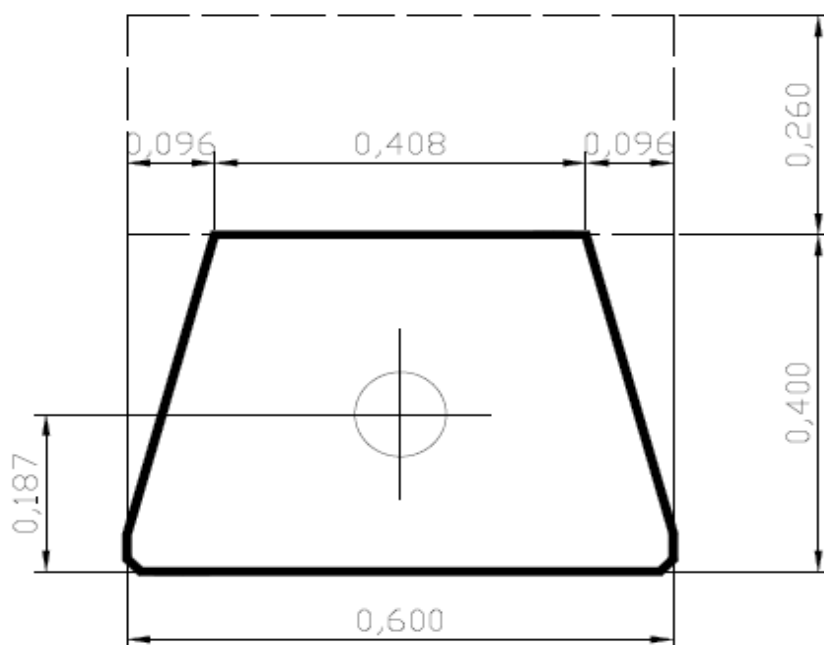
$v_{Edl} = 1 \times 324 / (0.535 \times 0.358) / 1000 = 1.69$ MPa $< v_{Rdi}$



\rightarrow Pertanto le staffe passanti dovranno essere: $A_{st} = \varnothing 14 / 10 \text{ cm a } 2 \text{ bracci}$.

11.5 VERIFICA TENSIONALE IN ESERCIZIO E PER FASI

Sono di seguito riportate le sche di verifica delle sezioni composte trave c.a.p. e soletta per gli impalcati con luce 12.70 – H trave 50 cm e 11.50 – H trave 40 cm.

GEOMETRY



-  IN GUAINA DA X=8,65m IN POI
 IN GUAINA DA X=10,05m IN POI
 (misure da mezzera l x=5,75m
 verso appoggio x=11,50m)

Girder
Creep

fck = 45.65 MPa
A = 205700 mm^2
p = 1408.000 mm
h0 = 292.2 mm
RH = 75 %
t' = 7 days
Ec 28 = 37638.2 MPa
E (t') = 33215.558 MPa
f₀ = 2.004
f_{RH} = 1.3802
b(fcm) = 2.288
b(t') = 0.635
bH = 754.06
s = 0.25

f_∞ = 1.765
f_∞ = 2.000

t' ->

t	E(t)	J (t,t')	f (t,t')	bc (t-t')	fv (t,t')	Ec28 * J (t,t')	E(t') * J (t,t')	Graph		
[days]	[Mpa]	[Mpa ⁻¹]	[/]	[/]	[/]	[/]	[/]	Ec28 * J (t,t')	t	% developed
7	33215.558	3.011E-05	0.000	0.000	0.000	1.133	1.000	0.000	1	0.00
1	22011.842	-	-	-	-	-	-	0.000	2	0.00
2	26717.298	-	-	-	-	-	-	0.000	3	0.00
3	29111.611	-	-	-	-	-	-	0.000	7	0.00
7	33215.558	3.011E-05	0.000	0.000	0.000	1.133	1.000	1.133	7	0.00
10	34599.990	4.024E-05	0.381	0.190	0.337	1.514	1.337	1.514	10	0.19
14	35738.970	4.315E-05	0.491	0.245	0.433	1.624	1.433	1.624	14	0.25
20	36785.965	4.577E-05	0.590	0.294	0.520	1.723	1.520	1.723	20	0.29
28	37638.159	4.814E-05	0.679	0.339	0.599	1.812	1.599	1.812	28	0.34
30	37798.028	4.863E-05	0.697	0.348	0.615	1.830	1.615	1.830	30	0.35
40	38414.534	5.067E-05	0.774	0.386	0.683	1.907	1.683	1.907	40	0.39
50	38841.022	5.228E-05	0.835	0.416	0.737	1.968	1.737	1.968	50	0.42
60	39158.877	5.363E-05	0.885	0.442	0.781	2.019	1.781	2.019	60	0.44
70	39407.709	5.479E-05	0.929	0.464	0.820	2.062	1.820	2.062	70	0.46
80	39609.437	5.581E-05	0.968	0.483	0.854	2.101	1.854	2.101	80	0.48
90	39777.313	5.673E-05	1.002	0.500	0.884	2.135	1.884	2.135	90	0.50
100	39919.887	5.755E-05	1.033	0.515	0.912	2.166	1.912	2.166	100	0.52
180	40597.956	6.229E-05	1.211	0.604	1.069	2.344	2.069	2.344	180	0.61
200	40700.797	6.315E-05	1.244	0.621	1.097	2.377	2.097	2.377	200	0.62
300	41051.619	6.644E-05	1.368	0.682	1.207	2.501	2.207	2.501	300	0.68
365	41198.307	6.800E-05	1.426	0.712	1.259	2.560	2.259	2.560	365	0.71
400	41262.187	6.872E-05	1.453	0.725	1.283	2.586	2.283	2.586	400	0.73
500	41406.505	7.041E-05	1.517	0.757	1.339	2.650	2.339	2.650	500	0.76
600	41513.360	7.174E-05	1.567	0.782	1.383	2.700	2.383	2.700	600	0.78
700	41596.598	7.280E-05	1.607	0.802	1.418	2.740	2.418	2.740	700	0.80
800	41663.816	7.368E-05	1.640	0.818	1.447	2.773	2.447	2.773	800	0.82
900	41719.576	7.442E-05	1.668	0.832	1.472	2.801	2.472	2.801	900	0.83
1000	41766.805	7.505E-05	1.692	0.844	1.493	2.825	2.493	2.825	1000	0.85
2000	42023.467	7.847E-05	1.820	0.908	1.606	2.953	2.606	2.953	2000	0.91
3000	42137.676	7.988E-05	1.873	0.935	1.653	3.007	2.653	3.007	3000	0.94
4000	42205.905	8.066E-05	1.903	0.949	1.679	3.036	2.679	3.036	4000	0.95
5000	42252.531	8.115E-05	1.921	0.959	1.696	3.054	2.696	3.054	5000	0.96
6000	42286.981	8.149E-05	1.934	0.965	1.707	3.067	2.707	3.067	6000	0.97
7000	42313.776	8.174E-05	1.943	0.970	1.715	3.077	2.715	3.077	7000	0.97
8000	42335.386	8.193E-05	1.951	0.973	1.721	3.084	2.721	3.084	8000	0.98
9000	42353.295	8.208E-05	1.956	0.976	1.726	3.089	2.726	3.089	9000	0.98
10000	42368.451	8.220E-05	1.961	0.978	1.730	3.094	2.730	3.094	10000	0.98
20000	42450.612	8.277E-05	1.982	0.989	1.749	3.115	2.749	3.115	20000	0.99
30000	42487.061	8.296E-05	1.989	0.993	1.756	3.122	2.756	3.122	30000	0.99
40000	42508.804	8.306E-05	1.993	0.994	1.759	3.126	2.759	3.126	40000	1.00
50000	42523.648	8.311E-05	1.995	0.996	1.761	3.128	2.761	3.128	50000	1.00
60000	42534.609	8.315E-05	1.997	0.996	1.762	3.130	2.762	3.130	60000	1.00
70000	42543.130	8.318E-05	1.998	0.997	1.763	3.131	2.763	3.131	70000	1.00
80000	42550.000	8.320E-05	1.998	0.997	1.764	3.132	2.764	3.132	80000	1.00
90000	42555.691	8.322E-05	1.999	0.997	1.764	3.132	2.764	3.132	90000	1.00
100000	42560.506	8.323E-05	2.000	0.998	1.765	3.133	2.765	3.133	100000	1.00

**Girder
Shrinkage**

$f_{ck} = 45.65$ MPa
 $A = 205700$ mm²
 $p = 1408$ mm
 $h_0 = 292.2$ mm
 $RH = 75$ %
 $t' = 7$ days
 $e_{cs0} = -3.062E-04$
 $b_{RH} = -0.8961$
 $es(f_{cm}) = 3.418E-04$
 $bsc = 5.00$

$f_{voo} = -3.018E-04$

$t' \rightarrow$

t	e cs (t,t')	bs (t-t')	Graph		
[days]	[/]	[/]	e cs (t,t')	t	% developed
7	0.00E+00	0.000	0.000E+00	1	0.00
1	-	-	0.000E+00	2	0.00
2	-	-	0.000E+00	3	0.00
3	-	-	0.000E+00	7	0.00
7	0.00E+00	0.000	0.000E+00	7	0.00
10	-9.70E-06	0.032	-9.699E-06	10	0.03
14	-1.48E-05	0.048	-1.480E-05	14	0.05
20	-2.02E-05	0.066	-2.016E-05	20	0.07
28	-2.56E-05	0.084	-2.558E-05	28	0.08
30	-2.68E-05	0.087	-2.676E-05	30	0.09
40	-3.20E-05	0.105	-3.201E-05	40	0.11
50	-3.65E-05	0.119	-3.648E-05	50	0.12
60	-4.04E-05	0.132	-4.043E-05	60	0.13
70	-4.40E-05	0.144	-4.401E-05	70	0.15
80	-4.73E-05	0.154	-4.729E-05	80	0.16
90	-5.03E-05	0.164	-5.034E-05	90	0.17
100	-5.32E-05	0.174	-5.320E-05	100	0.18
180	-7.16E-05	0.234	-7.164E-05	180	0.24
200	-7.54E-05	0.246	-7.543E-05	200	0.25
300	-9.15E-05	0.299	-9.151E-05	300	0.30
365	-1.00E-04	0.327	-1.002E-04	365	0.33
400	-1.04E-04	0.341	-1.044E-04	400	0.35
500	-1.15E-04	0.376	-1.152E-04	500	0.38
600	-1.25E-04	0.407	-1.246E-04	600	0.41
700	-1.33E-04	0.434	-1.329E-04	700	0.44
800	-1.40E-04	0.458	-1.402E-04	800	0.46
900	-1.47E-04	0.480	-1.469E-04	900	0.49
1000	-1.53E-04	0.499	-1.529E-04	1000	0.51
2000	-1.94E-04	0.633	-1.937E-04	2000	0.64
3000	-2.17E-04	0.707	-2.166E-04	3000	0.72
4000	-2.32E-04	0.756	-2.316E-04	4000	0.77
5000	-2.42E-04	0.791	-2.422E-04	5000	0.80
6000	-2.50E-04	0.817	-2.502E-04	6000	0.83
7000	-2.56E-04	0.837	-2.563E-04	7000	0.85
8000	-2.61E-04	0.853	-2.613E-04	8000	0.87
9000	-2.65E-04	0.866	-2.653E-04	9000	0.88
10000	-2.69E-04	0.877	-2.687E-04	10000	0.89
20000	-2.86E-04	0.933	-2.856E-04	20000	0.95
30000	-2.92E-04	0.954	-2.920E-04	30000	0.97
40000	-2.95E-04	0.965	-2.954E-04	40000	0.98
50000	-2.97E-04	0.971	-2.975E-04	50000	0.99
60000	-2.99E-04	0.976	-2.989E-04	60000	0.99
70000	-3.00E-04	0.979	-2.999E-04	70000	0.99
80000	-3.01E-04	0.982	-3.007E-04	80000	1.00
90000	-3.01E-04	0.984	-3.013E-04	90000	1.00
100000	-3.02E-04	0.985	-3.018E-04	100000	1.00

Slab
Creep

fck = 33.2 MPa
A = 156000 mm^2
p = 792 mm
h0 = 393.9 mm
RH = 75 %
t' = 28 days
Ec 28 = 34467.1 MPa
E (t') = 34467.057 MPa
f₀ = 1.714
f_{RH} = 1.344
b(fcm) = 2.611
b(t') = 0.488
bH = 929.60
s = 0.25

f_∞ = 1.710
f_∞ = 1.710

t' ->

t	E(t)	J (t,t')	f (t,t')	bc (t-t')	fv (t,t')	Ec28 * J (t,t')	E(t') * J (t,t')	Graph		
[days]	[Mpa]	[Mpa ⁻¹]	[/]	[/]	[/]	[/]	[/]	Ec28 * J (t,t')	t	% developed
28	34467.057	2.901E-05	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1	0.00
1	20157.293	-	-	-	-	-	-	0.000	2	0.00
2	24466.304	-	-	-	-	-	-	0.000	3	0.00
3	26658.890	-	-	-	-	-	-	0.000	7	0.00
7	30417.071	-	-	-	-	-	-	0.000	10	0.00
10	31684.861	-	-	-	-	-	-	0.000	14	0.00
14	32727.879	-	-	-	-	-	-	0.000	20	0.00
20	33686.663	-	-	-	-	-	-	0.000	28	0.00
28	34467.057	2.901E-05	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	28	0.00
30	34613.456	3.689E-05	0.271	0.158	0.271	1.271	1.271	1.271	30	0.16
40	35178.021	4.245E-05	0.463	0.270	0.463	1.463	1.463	1.463	40	0.27
50	35568.576	4.508E-05	0.554	0.323	0.554	1.554	1.554	1.554	50	0.32
60	35859.651	4.693E-05	0.618	0.360	0.618	1.618	1.618	1.618	60	0.36
70	36087.518	4.840E-05	0.668	0.390	0.668	1.668	1.668	1.668	70	0.39
80	36272.250	4.961E-05	0.710	0.414	0.710	1.710	1.710	1.710	80	0.42
90	36425.982	5.067E-05	0.746	0.435	0.746	1.746	1.746	1.746	90	0.44
100	36556.544	5.159E-05	0.778	0.454	0.778	1.778	1.778	1.778	100	0.46
180	37177.485	5.662E-05	0.952	0.555	0.952	1.952	1.952	1.952	180	0.56
200	37271.661	5.751E-05	0.982	0.573	0.982	1.982	1.982	1.982	200	0.57
300	37592.925	6.086E-05	1.098	0.640	1.098	2.098	2.098	2.098	300	0.64
365	37727.254	6.245E-05	1.152	0.672	1.152	2.152	2.152	2.152	365	0.67
400	37785.752	6.317E-05	1.177	0.687	1.177	2.177	2.177	2.177	400	0.69
500	37917.911	6.490E-05	1.237	0.721	1.237	2.237	2.237	2.237	500	0.72
600	38015.764	6.625E-05	1.283	0.749	1.283	2.283	2.283	2.283	600	0.75
700	38091.989	6.734E-05	1.321	0.771	1.321	2.321	2.321	2.321	700	0.77
800	38153.543	6.825E-05	1.352	0.789	1.352	2.352	2.352	2.352	800	0.79
900	38204.605	6.902E-05	1.379	0.804	1.379	2.379	2.379	2.379	900	0.81
1000	38247.855	6.968E-05	1.402	0.818	1.402	2.402	2.402	2.402	1000	0.82
2000	38482.892	7.331E-05	1.527	0.891	1.527	2.527	2.527	2.527	2000	0.89
3000	38587.479	7.485E-05	1.580	0.922	1.580	2.580	2.580	2.580	3000	0.92
4000	38649.960	7.571E-05	1.609	0.939	1.609	2.609	2.609	2.609	4000	0.94
5000	38692.657	7.626E-05	1.628	0.950	1.628	2.628	2.628	2.628	5000	0.95
6000	38724.205	7.664E-05	1.641	0.958	1.641	2.641	2.641	2.641	6000	0.96
7000	38748.742	7.692E-05	1.651	0.963	1.651	2.651	2.651	2.651	7000	0.97
8000	38768.532	7.713E-05	1.658	0.967	1.658	2.658	2.658	2.658	8000	0.97
9000	38784.932	7.730E-05	1.664	0.971	1.664	2.664	2.664	2.664	9000	0.97
10000	38798.811	7.744E-05	1.669	0.974	1.669	2.669	2.669	2.669	10000	0.98
20000	38874.049	7.808E-05	1.691	0.986	1.691	2.691	2.691	2.691	20000	0.99
30000	38907.428	7.830E-05	1.699	0.991	1.699	2.699	2.699	2.699	30000	0.99
40000	38927.339	7.841E-05	1.703	0.993	1.703	2.703	2.703	2.703	40000	1.00
50000	38940.933	7.848E-05	1.705	0.994	1.705	2.705	2.705	2.705	50000	1.00
60000	38950.970	7.852E-05	1.706	0.995	1.706	2.706	2.706	2.706	60000	1.00
70000	38958.773	7.855E-05	1.708	0.996	1.708	2.708	2.708	2.708	70000	1.00
80000	38965.064	7.858E-05	1.708	0.997	1.708	2.708	2.708	2.708	80000	1.00
90000	38970.276	7.860E-05	1.709	0.997	1.709	2.709	2.709	2.709	90000	1.00
100000	38974.685	7.861E-05	1.710	0.997	1.710	2.710	2.710	2.710	100000	1.00

**Slab
Shrinkage**

fck = 33.2 MPa
A = 156000 mm²
p = 792 mm
h0 = 393.9 mm
RH = 75 %
t' = 28 days
e_{cs0} = -3.620E-04
b_{RH} = -0.8961
es(fcm) = 4.040E-04
bsc = 5.00

f_{v∞} = -3.526E-04

t' ->

t	e cs (t,t')	bs (t-t')	Graph		
[days]	[/]	[/]	e cs (t,t')	t	% developed
28	0.00E+00	0.000	0.000E+00	1	0.00
1	-	-	0.000E+00	2	0.00
2	-	-	0.000E+00	3	0.00
3	-	-	0.000E+00	7	0.00
7	-	-	0.000E+00	10	0.00
10	-	-	0.000E+00	14	0.00
14	-	-	0.000E+00	20	0.00
20	-	-	0.000E+00	28	0.00
28	0.00E+00	0.000	0.000E+00	28	0.00
30	-6.95E-06	0.019	-6.946E-06	30	0.02
40	-1.70E-05	0.047	-1.700E-05	40	0.05
50	-2.30E-05	0.064	-2.299E-05	50	0.07
60	-2.77E-05	0.077	-2.771E-05	60	0.08
70	-3.17E-05	0.088	-3.171E-05	70	0.09
80	-3.53E-05	0.097	-3.525E-05	80	0.10
90	-3.85E-05	0.106	-3.846E-05	90	0.11
100	-4.14E-05	0.114	-4.141E-05	100	0.12
180	-5.97E-05	0.165	-5.973E-05	180	0.17
200	-6.34E-05	0.175	-6.343E-05	200	0.18
300	-7.91E-05	0.218	-7.906E-05	300	0.22
365	-8.75E-05	0.242	-8.750E-05	365	0.25
400	-9.17E-05	0.253	-9.166E-05	400	0.26
500	-1.02E-04	0.283	-1.024E-04	500	0.29
600	-1.12E-04	0.309	-1.117E-04	600	0.32
700	-1.20E-04	0.332	-1.201E-04	700	0.34
800	-1.28E-04	0.353	-1.277E-04	800	0.36
900	-1.35E-04	0.372	-1.346E-04	900	0.38
1000	-1.41E-04	0.390	-1.410E-04	1000	0.40
2000	-1.87E-04	0.516	-1.868E-04	2000	0.53
3000	-2.15E-04	0.595	-2.153E-04	3000	0.61
4000	-2.35E-04	0.650	-2.353E-04	4000	0.67
5000	-2.50E-04	0.691	-2.503E-04	5000	0.71
6000	-2.62E-04	0.724	-2.620E-04	6000	0.74
7000	-2.71E-04	0.750	-2.714E-04	7000	0.77
8000	-2.79E-04	0.771	-2.792E-04	8000	0.79
9000	-2.86E-04	0.789	-2.857E-04	9000	0.81
10000	-2.91E-04	0.805	-2.913E-04	10000	0.83
20000	-3.21E-04	0.887	-3.210E-04	20000	0.91
30000	-3.33E-04	0.920	-3.331E-04	30000	0.94
40000	-3.40E-04	0.938	-3.397E-04	40000	0.96
50000	-3.44E-04	0.950	-3.438E-04	50000	0.98
60000	-3.47E-04	0.958	-3.467E-04	60000	0.98
70000	-3.49E-04	0.963	-3.487E-04	70000	0.99
80000	-3.50E-04	0.968	-3.503E-04	80000	0.99
90000	-3.52E-04	0.971	-3.516E-04	90000	1.00
100000	-3.53E-04	0.974	-3.526E-04	100000	1.00

X = 5.75 m - MIDPSAN

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending Moment 1 (kN.m)	Shear Force 2 (kN)	Bending Moment 2 (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 42: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	22	233	-2	0
Beam 42: End 1: 2: permanenti portati	0	0	19	201	-1	0
Beam 42: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 42: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 42: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 42: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 42: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 42: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	38	413	-3	0
Beam 42: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	36	390	-2	0
Beam 42: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	5	0	0
Beam 42: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 42: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	77	817	-19	0
Beam 42: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	40	427	-20	0
Beam 42: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	0	248	-2	0
Beam 42: End 2: 2: permanenti portati	0	0	0	214	-1	0
Beam 42: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 42: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 42: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 42: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 42: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 42: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	0	440	-3	0
Beam 42: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	0	416	-2	0
Beam 42: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	0	0	0
Beam 42: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 42: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	0	872	-19	0
Beam 42: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	0	456	-20	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2057	cm2
p (moist perimeter) =	141	cm
y (G) c (centroid height) =	18.70	cm
J c (moment of inertia) =	268900	cm4
h c (cross section height) =	40.00	cm
s w (web thickness) =	50.40	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	12624	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	14380	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	79	cm
y (G) s (centroid height) =	53.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	53.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = $22000 \times [f_{cm}/10]^{\wedge}0.3$ =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = $0.30 \times f_{ck}^{\wedge}2/3$ =	3.80	Mpa
fctk = $0.70 \times f_{ctm}$ =	2.66	Mpa
fc (compression) = $0.6 \times f_{ck}$ =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = $f_{ctm}/1.20$ =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = $0.5 \times f_{ctm}$ =	1.90	Mpa
$\gamma_{Mc,red1}$ =	1.40	-
α_{cc} =	0.85	-
fcd = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1}$ =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.16
Es / Ecg	n =	17.40
Es / Ecs	n =	17.09

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1717.89	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	100669	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2161.83	cm2
y (G)c id =	18.38	cm
J id c =	281288	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	13012	cm3
W bot c id =	15302	cm3
W eq cable id =	45084	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2371.44	cm2
y (G) c id =	17.83	cm
J id c =	304922	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	13754	cm3
W bot c id =	17101	cm3
W eq cable id =	53611	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	3650.46	cm2
y(G) (g+s) id =	32.50	cm
J id (g+s) c =	1422954	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	189702	cm3
W g bot (g+s) id =	43785	cm3
W g eq cable (g+s) id =	69903	cm3
W s bot (g+s) id =	189702	cm3
W s top (g+s) id =	42475	cm4
W s reinf top (g+s) id =	48234	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	123724	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	3951.70	cm2
y(G) (g+s) id =	31.89	cm
J id (g+s) c =	1570499	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	193760	cm3
W g bot (g+s) id =	49240	cm3
W g eq cable (g+s) id =	79512	cm3
W s bot (g+s) id =	193760	cm3
W s top (g+s) id =	46048	cm4
W s reinf top (g+s) id =	52167	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	129736	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	19.460	cm2
y(G) p =	12.143	cm
J p =	1503.58	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	33.00	0	2.78	91.74	1209.36
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	0	5.56	66.72	0.11
level 8 (bottom)	8	7.00	0	11.12	77.84	294.11

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 88.20	100.00%	0.00%	0.00%
shrinkage	total 58.84	0.00%	33.33%	66.67%
creep	total 128.43	0.00%	33.33%	66.67%
steel strands relaxation	total 69.01	33.33%	33.33%	33.33%
Δσ not corrected for creep and shrinkage	61.32	23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage		23.00	20.44	17.87

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	85	-1	85
slab selfweight	1.00	-1	64	-1	64
superimposed dead loads	1.00	-1	128	-1	128
traffic loads	1.00	-2	264	-2	264
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-2724	-170
Initial prestressing (LT)	-2724	-155
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519
		106

STRESS CHECK

	N	M	σ _c g bot	σ _c eq cable	σ _c g top	σ _c s bot	σ _c s rebar bot	σ _c s rebar top	σ _c s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	12.14	40.00	40.00	44.00	62.00	66.00
initial prestressing	-2724.4	-170.0	-23.710	-16.373	0.461				
stress losses - steel relaxation (A)	44.8	2.8	0.390	0.269	-0.008				
girder selfweight	-0.7	84.6	5.527	1.874	-6.507				
t = first loading, strands cutting (A)	-2680.3	-82.6	-17.794	-14.230	-6.053				
stress losses - steel relaxation (B)	39.8	2.5	0.346	0.239	-0.007				
stress losses - creep (B)	83.3	5.2	0.725	0.501	-0.014				
stress losses - shrinkage (B)	38.2	2.4	0.332	0.229	-0.006				
slab selfweight	-0.5	64.2	4.192	1.421	-4.935				
t = slab hardening (B)	-2519.6	-8.3	-12.199	-11.840	-11.015				
superimposed dead loads	-0.6	128.4	2.931	1.835	-0.678	-0.624	-0.956	-2.450	-2.782
traffic loads	-1.8	264.0	6.025	3.772	-1.397	-1.285	-1.967	-5.039	-5.722
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	106.5	1.009	0.100	-1.984	-1.825	-2.101	-3.340	-3.616
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-3041.5	490.6	-2.234	-6.132	-15.074	-0.524	-1.814	-7.620	-8.910
(rebar stress at the same height):							-11.442	-48.052	
initial prestressing	-2724.4	-155.0	-20.550	-14.379	-0.222				
stress losses - steel relaxation (A)	44.8	2.8	0.352	0.241	-0.014				
girder selfweight	-0.7	84.6	4.946	1.576	-6.155				
stress losses - steel relaxation (B)	39.8	2.5	0.313	0.214	-0.013				
stress losses - creep (B)	83.3	5.2	0.655	0.448	-0.027				
stress losses - shrinkage (B)	38.2	2.4	0.300	0.205	-0.012				
slab selfweight	-0.5	64.2	3.751	1.195	-4.668				
stress losses - steel relaxation (D)	34.8	7.1	0.232	0.177	0.051	0.047	0.031	-0.044	-0.060
stress losses - creep (D)	166.6	33.9	1.110	0.848	0.247	0.227	0.147	-0.210	-0.290
stress losses - shrinkage (D)	76.3	15.5	0.509	0.389	0.113	0.104	0.068	-0.096	-0.133
superimposed dead loads	-0.6	128.4	2.606	1.613	-0.664	-0.611	-0.912	-2.266	-2.566
traffic loads	-1.8	264.0	6.025	3.772	-1.397	-1.285	-1.967	-5.039	-5.722
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	106.5	1.009	0.100	-1.984	-1.825	-2.101	-3.340	-3.616
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-1.258	0.210	3.577	-3.630	-2.894	0.417	1.152
t = long term (D)			0.000	-3.390	-11.169	-3.763	-4.418	-7.369	-8.024
(rebar stress at the same height):							-27.864	-46.469	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	53.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2162 cm ²
J =	2.81E+05 cm ⁴
y(G)=	18.38 cm
EA=	7.83E+06 kN
EJ=	1.02E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-2520 kN
M =	-8 kNm
ε =	-3.22E-04 []
χ =	-8.18E-05 [m-1]

y(interface)-y(G tr) =	0.2162 m
y(G sol)-y(interface) =	0.1300 m

creep

$$\Delta\phi \text{ creep g (t=infinite)-(t=slab hardening)} = 1.1142$$

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-3.59E-04 []
χ =	-9.11E-05 [m-1]

differential shrinkage

$$\epsilon_{sh s} (t=infinite) - \epsilon_{sh g} (t=slab hardening) = -9.12E-05$$

deformation imposed to girder

ε =	-2.67E-04 []
χ =	-9.11E-05 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{ccccccc}
 \mathbf{A} & & \mathbf{x} & \mathbf{x} & + & \mathbf{b} & = & \mathbf{0} \\
 \begin{array}{|c|} \hline 1.357E-06 \\ \hline -2.319E-06 \\ \hline \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline -2.319E-06 \\ \hline 4.399E-05 \\ \hline \end{array} & \left\| \begin{array}{|c|} \hline \mathbf{x} \\ \hline \end{array} \right\| & \begin{array}{|c|} \hline X1e \\ \hline X2e \\ \hline \end{array} & + & \begin{array}{|c|} \hline -2.67E-04 \\ \hline 9.11E-05 \\ \hline \end{array} & = & \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline 0 \\ \hline \end{array} \\
 \mathbf{x} & = & \mathbf{A^{-1}} & & \mathbf{x} & \mathbf{-b} & & \\
 \begin{array}{|c|} \hline X1e \\ \hline X2e \\ \hline \end{array} & = & \left\| \begin{array}{|c|} \hline 8.101E+05 \\ \hline 4.271E+04 \\ \hline \end{array} \right\| & \begin{array}{|c|} \hline 4.271E+04 \\ \hline 2.498E+04 \\ \hline \end{array} & \times & \begin{array}{|c|} \hline 2.67E-04 \\ \hline -9.11E-05 \\ \hline \end{array} & = & \begin{array}{|c|} \hline 212.8 \\ \hline 9.1 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \text{KN} \\ \hline \text{KNm} \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

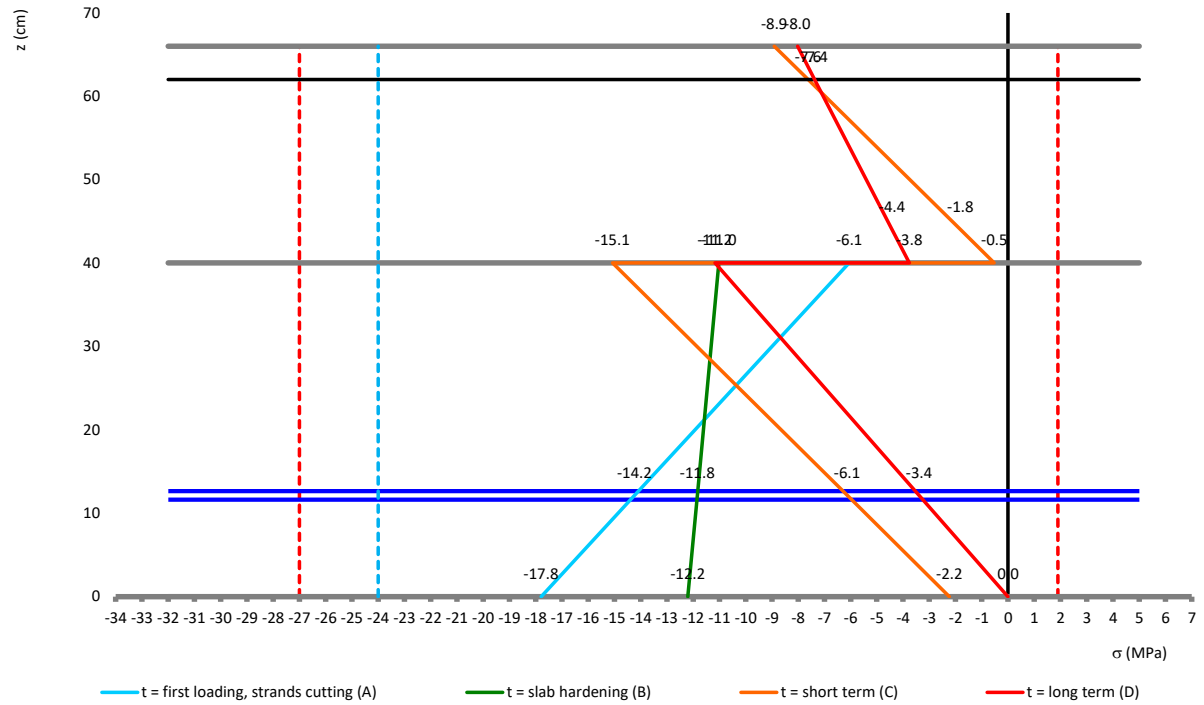
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-212.8 KN
M S =	-18.5 KNm
σ s bot =	-3.630 Mpa
σ s rebar bot =	-2.894 Mpa
σ s rebar top =	0.417 Mpa
σ s top =	1.152 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	212.8 KN
M S =	-36.9 KNm
σ g bot =	-1.258 Mpa
σ g eq cable =	0.210 Mpa
σ g top =	3.577 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 8.65 m - 3/4 SPAN - inner

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending (kN.m)	Shear Force (kN)	Bending (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 85: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-22	233	-2	0
Beam 85: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-19	201	-1	0
Beam 85: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 85: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 85: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 85: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-38	413	-3	0
Beam 85: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-36	390	-2	0
Beam 85: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-5	0	0
Beam 85: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 85: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-22	817	-19	0
Beam 85: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-22	427	-20	0
Beam 85: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-43	186	-2	0
Beam 85: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-37	160	-1	0
Beam 85: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 85: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 85: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 85: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-77	330	-3	0
Beam 85: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-72	312	-2	0
Beam 85: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-11	0	0
Beam 85: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 85: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-43	652	-19	0
Beam 85: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-43	340	-20	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2057	cm2
p (moist perimeter) =	141	cm
y (G) c (centroid height) =	18.70	cm
J c (moment of inertia) =	268900	cm4
h c (cross section height) =	40.00	cm
s w (web thickness) =	50.40	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	12624	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	14380	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	79	cm
y (G) s (centroid height) =	53.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	53.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm= 22000×[fcm/10]^0.3 =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = 0.30×fck^2/3 =	3.80	Mpa
fctk = 0.70×fctm =	2.66	Mpa
fc (compression) = 0.6×fck =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = fctm/1.20 =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = 0.5×fctm =	1.90	Mpa
γMc,red1 =	1.40	-
αcc =	0.85	-
fcd = αcc×fck/γMc,red1 =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.16
Es / Ecg	n =	17.40
Es / Ecs	n =	17.09

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1717.89	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	100669	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2161.83	cm2
y (G)c id =	18.38	cm
J id c =	281288	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	13012	cm3
W bot c id =	15302	cm3
W eq cable id =	45084	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2371.44	cm2
y (G) c id =	17.83	cm
J id c =	304922	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	13754	cm3
W bot c id =	17101	cm3
W eq cable id =	53611	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	3650.46	cm2
y(G) (g+s) id =	32.50	cm
J id (g+s) c =	1422954	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	189702	cm3
W g bot (g+s) id =	43785	cm3
W g eq cable (g+s) id =	69903	cm3
W s bot (g+s) id =	189702	cm3
W s top (g+s) id =	42475	cm4
W s reinf top (g+s) id =	48234	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	123724	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	3951.70	cm2
y(G) (g+s) id =	31.89	cm
J id (g+s) c =	1570499	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	193760	cm3
W g bot (g+s) id =	49240	cm3
W g eq cable (g+s) id =	79512	cm3
W s bot (g+s) id =	193760	cm3
W s top (g+s) id =	46048	cm4
W s reinf top (g+s) id =	52167	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	129736	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	19.460	cm2
y(G) p =	12.143	cm
J p =	1503.58	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	33.00	0	2.78	91.74	1209.36
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	0	5.56	66.72	0.11
level 8 (bottom)	8	7.00	0	11.12	77.84	294.11

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 88.20	100.00%	0.00%	0.00%
shrinkage	total 58.84	0.00%	33.33%	66.67%
creep	total 127.11	0.00%	33.33%	66.67%
steel strands relaxation	total 69.01	33.33%	33.33%	33.33%
Δσ not corrected for creep and shrinkage	61.37	23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage		23.00	20.46	17.91

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	63	-1	63
slab selfweight	1.00	0	48	0	48
superimposed dead loads	1.00	-1	96	-1	96
traffic loads	1.00	-2	198	-2	198
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-2724	-170
Initial prestressing (LT)	-2724	-155
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519
		106

STRESS CHECK

	N	M	σ c g bot	σ c eq cable	σ c g top	σ c s bot	σ c s rebar bot	σ c s rebar top	σ c s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	12.14	40.00	40.00	44.00	62.00	66.00
initial prestressing	-2724.4	-170.0	-23.710	-16.373	0.461				
stress losses - steel relaxation (A)	44.8	2.8	0.390	0.269	-0.008				
girder selfweight	-0.5	63.5	4.144	1.405	-4.879				
t = first loading, strands cutting (A)	-2680.2	-103.7	-19.177	-14.699	-4.425				
stress losses - steel relaxation (B)	39.8	2.5	0.346	0.239	-0.007				
stress losses - creep (B)	82.5	5.1	0.718	0.496	-0.014				
stress losses - shrinkage (B)	38.2	2.4	0.332	0.229	-0.006				
slab selfweight	-0.4	48.1	3.143	1.065	-3.700				
t = slab hardening (B)	-2520.2	-45.6	-14.638	-12.669	-8.153				
superimposed dead loads	-0.8	96.2	2.195	1.374	-0.509	-0.468	-0.717	-1.836	-2.085
traffic loads	-1.6	198.1	4.520	2.829	-1.048	-0.964	-1.477	-3.781	-4.294
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	106.5	1.009	0.100	-1.984	-1.825	-2.101	-3.340	-3.616
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-3042.0	355.2	-6.914	-8.366	-11.695	-0.048	-1.085	-5.748	-6.784
(rebar stress at the same height):							-6.840	-36.249	
initial prestressing	-2724.4	-155.0	-20.550	-14.379	-0.222				
stress losses - steel relaxation (A)	44.8	2.8	0.352	0.241	-0.014				
girder selfweight	-0.5	63.5	3.708	1.181	-4.615				
stress losses - steel relaxation (B)	39.8	2.5	0.313	0.214	-0.013				
stress losses - creep (B)	82.5	5.1	0.649	0.444	-0.026				
stress losses - shrinkage (B)	38.2	2.4	0.300	0.205	-0.012				
slab selfweight	-0.4	48.1	2.812	0.896	-3.500				
stress losses - steel relaxation (D)	34.9	7.1	0.232	0.177	0.052	0.047	0.031	-0.044	-0.061
stress losses - creep (D)	164.9	33.6	1.099	0.840	0.244	0.225	0.146	-0.208	-0.287
stress losses - shrinkage (D)	76.3	15.5	0.509	0.389	0.113	0.104	0.068	-0.096	-0.133
superimposed dead loads	-0.8	96.2	1.952	1.208	-0.498	-0.458	-0.684	-1.698	-1.923
traffic loads	-1.6	198.1	4.520	2.829	-1.048	-0.964	-1.477	-3.781	-4.294
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	106.5	1.009	0.100	-1.984	-1.825	-2.101	-3.340	-3.616
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-1.707	0.017	3.972	-4.553	-3.502	1.227	2.278
t = long term (D)			-4.802	-5.638	-7.555	-4.216	-4.309	-4.731	-4.825
(rebar stress at the same height):							-27.176	-29.836	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

statical values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	53.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2162 cm ²
J =	2.81E+05 cm ⁴
y(G)=	18.38 cm
EA=	7.83E+06 kN
EJ=	1.02E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-2520 kN
M =	-46 kNm
ε =	-3.22E-04 []
χ =	-4.48E-04 [m-1]

$$y(\text{interface}) - y(\text{G tr}) =$$

$$0.2162 \text{ m}$$

$$y(\text{G sol}) - y(\text{interface}) =$$

$$0.1300 \text{ m}$$

creep

$$\Delta\phi \text{ creep g (t=infinite)} - (\text{t=slab hardening}) = 1.1142$$

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-3.59E-04 []
χ =	-4.99E-04 [m-1]

differential shrinkage

$$\epsilon_{sh s} (\text{t=infinite}) - \epsilon_{sh g} (\text{t=slab hardening}) = -9.12E-05$$

deformation imposed to girder

ε =	-2.68E-04 []
χ =	-4.99E-04 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 \mathbf{A} & & \mathbf{x} & \mathbf{x} & \mathbf{+} & \mathbf{b} & \mathbf{=} & \mathbf{0} \\
 1.357E-06 & -2.319E-06 & \left| \begin{array}{c} \mathbf{x} \\ \mathbf{x} \end{array} \right| & \left| \begin{array}{c} \mathbf{X1e} \\ \mathbf{X2e} \end{array} \right| & \mathbf{+} & \left| \begin{array}{c} -2.68E-04 \\ 4.99E-04 \end{array} \right| & \mathbf{=} & \left| \begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{array} \right| \\
 \mathbf{x} & \mathbf{=} & \mathbf{A-1} & & \mathbf{x} & \mathbf{-b} \\
 \mathbf{X1e} & \mathbf{=} & \left| \begin{array}{cc} 8.101E+05 & 4.271E+04 \\ 4.271E+04 & 2.498E+04 \end{array} \right| & \mathbf{x} & \left| \begin{array}{c} 2.68E-04 \\ -4.99E-04 \end{array} \right| & \mathbf{=} & \left| \begin{array}{c} 195.4 \\ -1.0 \end{array} \right| & \left| \begin{array}{c} \mathbf{KN} \\ \mathbf{KNm} \end{array} \right|
 \end{array}
 \end{array}$$

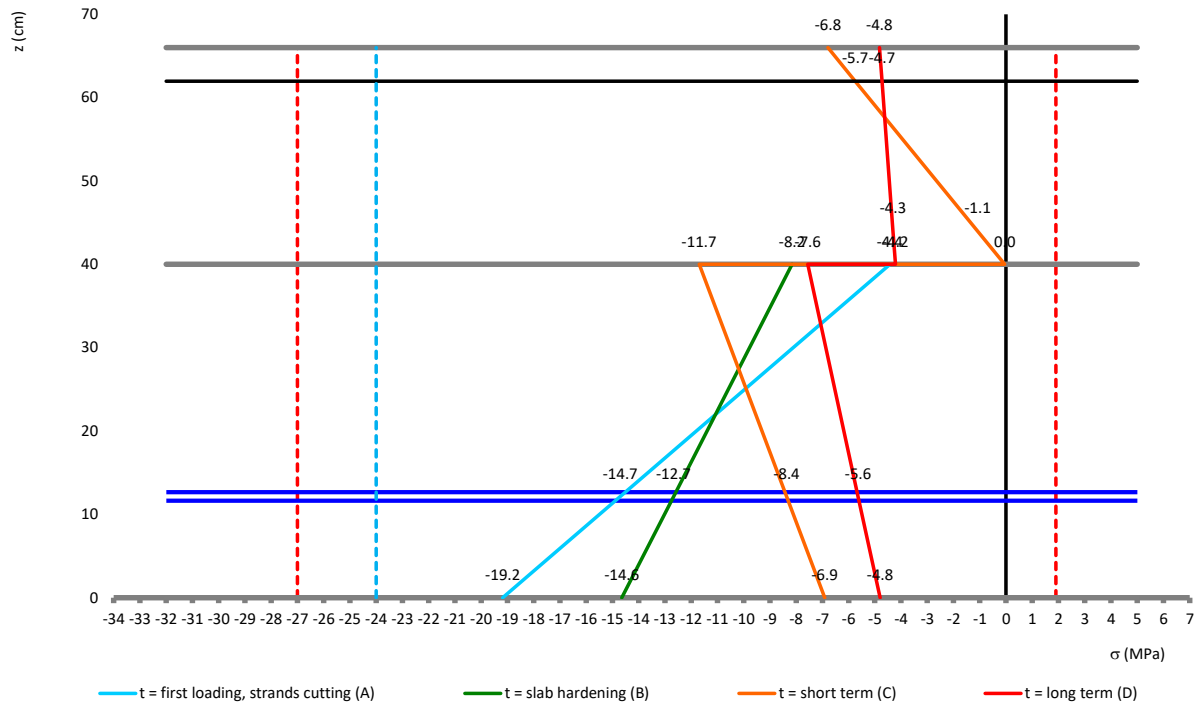
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-195.4 KN
M S =	-26.4 KNm
σ s bot =	-4.553 Mpa
σ s rebar bot =	-3.502 Mpa
σ s rebar top =	1.227 Mpa
σ s top =	2.278 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	195.4 KN
M S =	-43.3 KNm
σ g bot =	-1.707 Mpa
σ g eq cable =	0.017 Mpa
σ g top =	3.972 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 8.65 m - 3/4 SPAN - outer

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending Moment 1 (kN.m)	Shear Force 2 (kN)	Bending Moment 2 (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 85: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-22	233	-2	0
Beam 85: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-19	201	-1	0
Beam 85: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 85: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 85: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 85: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-38	413	-3	0
Beam 85: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-36	390	-2	0
Beam 85: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-5	0	0
Beam 85: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 85: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-22	817	-19	0
Beam 85: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-22	427	-20	0
Beam 85: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-43	186	-2	0
Beam 85: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-37	160	-1	0
Beam 85: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 85: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 85: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 85: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-77	330	-3	0
Beam 85: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-72	312	-2	0
Beam 85: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-11	0	0
Beam 85: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 85: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-43	652	-19	0
Beam 85: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-43	340	-20	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2057	cm2
p (moist perimeter) =	141	cm
y (G) c (centroid height) =	18.70	cm
J c (moment of inertia) =	268900	cm4
h c (cross section height) =	40.00	cm
s w (web thickness) =	50.40	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	12624	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	14380	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	79	cm
y (G) s (centroid height) =	53.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	53.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = 22000×[fcm/10]^0.3 =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = 0.30×fck^2/3 =	3.80	Mpa
fctk = 0.70×fctm =	2.66	Mpa
fc (compression) = 0.6×fck =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = fctm/1.20 =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = 0.5×fctm =	1.90	Mpa
γMc,red1 =	1.40	-
αcc =	0.85	-
fcd = αcc×fck/γMc,red1 =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
Ecm= 22000×[fcm/10]^0.3 =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
βcc(t) =	0.819	-
fcm(t) = βcc(t)×fcm =	43.39	Mpa
Ecm,t = [fcm(t)/fcm]^0.3×Ecm =	34000	Mpa
fck,j = fcm(t) - 8 =	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
fctm,j (cl < C50/60) = 0.30×fck,j^2/3 =	3.51	Mpa
fctk,j = 0.70×fctm,j =	2.46	Mpa
fc (compression) = 0.6×fck,j =	24.00	Mpa
fct,j (crack opening) = fctm,j/1.20 =	2.92	Mpa
fct,eff,j (crack opening design) = 0.5×fctm,j =	1.75	Mpa
γMc,red1 =	1.40	-
αcc =	0.85	-
fcd = αcc×fck/γMc,red1 =	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
Ecm= 22000×[fcm/10]^0.3 =	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
fcm = fck + 8 =	40	Mpa
fctm (cl < C50/60) = 0.30×fck^2/3 =	3.02	Mpa
fctk = 0.70×fctm =	2.12	Mpa
fc (compression) = 0.6×fck =	19.20	Mpa
fct (crack opening) = fctm/1.20 =	2.52	Mpa
fct,eff (crack opening design) = 0.5×fctm =	1.51	Mpa
γMc,red1 =	1.50	-
αcc =	0.85	-
fcd = αcc×fck/γMc,red1 =	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.16
Es / Ecg	n =	17.40
Es / Ecs	n =	17.09

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1717.89	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	100669	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2146.85	cm2
y (G)c id =	18.46	cm
J id c =	279334	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	12969	cm3
W bot c id =	15131	cm3
W eq cable id =	51147	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2326.52	cm2
y (G) c id =	18.04	cm
J id c =	299551	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	13641	cm3
W bot c id =	16605	cm3
W eq cable id =	59439	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	3635.48	cm2
y(G) (g+s) id =	32.60	cm
J id (g+s) c =	1413177	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	191074	cm3
W g bot (g+s) id =	43344	cm3
W g eq cable (g+s) id =	72086	cm3
W s bot (g+s) id =	191074	cm3
W s top (g+s) id =	42316	cm4
W s reinf top (g+s) id =	48074	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	124007	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	3906.78	cm2
y(G) (g+s) id =	32.18	cm
J id (g+s) c =	1542341	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	197252	cm3
W g bot (g+s) id =	47927	cm3
W g eq cable (g+s) id =	80410	cm3
W s bot (g+s) id =	197252	cm3
W s top (g+s) id =	45606	cm4
W s reinf top (g+s) id =	51723	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	130495	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	16.680	cm2
y(G) p =	13.000	cm
J p =	1417.80	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	33.00	0	2.78	91.74	1112.00
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	0	5.56	66.72	5.56
level 8 (bottom)	8	7.00	2	8.34	58.38	300.24

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 72.03	100.00%	0.00%	0.00%
shrinkage	total 58.84	0.00%	33.33%	66.67%
creep	total 111.59	0.00%	33.33%	66.67%
steel strands relaxation	total 69.01	33.33%	33.33%	33.33%
Δσ not corrected for creep and shrinkage	69.01	23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage	62.01	23.00	20.67	18.34

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	63	-1	63
slab selfweight	1.00	0	48	0	48
superimposed dead loads	1.00	-1	96	-1	96
traffic loads	1.00	-2	198	-2	198
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-2335	-128
Initial prestressing (LT)	-2335	-118
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519
		106

STRESS CHECK

	N	M	σ c g bot	σ c eq cable	σ c g top	σ c s bot	σ c s rebar bot	σ c s rebar top	σ c s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	13.00	40.00	40.00	44.00	62.00	66.00
initial prestressing	-2335.2	-127.5	-19.306	-13.371	-1.043				
stress losses - steel relaxation (A)	38.4	2.1	0.317	0.220	0.017				
girder selfweight	-0.5	63.5	4.191	1.238	-4.895				
t = first loading, strands cutting (A)	-2297.4	-62.0	-14.798	-11.913	-5.921				
stress losses - steel relaxation (B)	34.5	1.9	0.285	0.197	0.015				
stress losses - creep (B)	62.0	3.4	0.513	0.355	0.028				
stress losses - shrinkage (B)	32.7	1.8	0.270	0.187	0.015				
slab selfweight	-0.4	48.1	3.178	0.939	-3.712				
t = slab hardening (B)	-2168.6	-6.8	-10.551	-10.234	-9.576				
superimposed dead loads	-0.8	96.2	2.217	1.332	-0.506	-0.465	-0.716	-1.843	-2.093
traffic loads	-1.6	198.1	4.566	2.743	-1.041	-0.958	-1.473	-3.794	-4.310
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	106.0	1.016	0.041	-1.983	-1.825	-2.100	-3.342	-3.618
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-2690.4	393.4	-2.753	-6.118	-13.106	-0.037	-1.079	-5.768	-6.810
(rebar stress at the same height):							-6.805	-36.377	
initial prestressing	-2335.2	-117.7	-17.125	-12.017	-1.410				
stress losses - steel relaxation (A)	38.4	2.1	0.291	0.200	0.011				
girder selfweight	-0.5	63.5	3.819	1.065	-4.654				
stress losses - steel relaxation (B)	34.5	1.9	0.262	0.180	0.010				
stress losses - creep (B)	62.0	3.4	0.471	0.324	0.018				
stress losses - shrinkage (B)	32.7	1.8	0.248	0.171	0.010				
slab selfweight	-0.4	48.1	2.896	0.808	-3.529				
stress losses - steel relaxation (D)	30.6	6.0	0.203	0.153	0.048	0.044	0.030	-0.035	-0.049
stress losses - creep (D)	124.1	24.3	0.825	0.620	0.194	0.179	0.121	-0.140	-0.198
stress losses - shrinkage (D)	65.4	12.8	0.435	0.327	0.102	0.094	0.064	-0.074	-0.105
superimposed dead loads	-0.8	96.2	2.005	1.194	-0.490	-0.450	-0.680	-1.713	-1.942
traffic loads	-1.6	198.1	4.566	2.743	-1.041	-0.958	-1.473	-3.794	-4.310
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	106.0	1.016	0.041	-1.983	-1.825	-2.100	-3.342	-3.618
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-1.065	0.243	2.959	-2.983	-2.378	0.346	0.951
t = long term (D)			-1.153	-3.948	-9.754	-2.688	-3.207	-5.542	-6.060
(rebar stress at the same height):							-20.226	-34.947	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	53.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2147 cm ²
J =	2.79E+05 cm ⁴
y(G)=	18.46 cm
EA=	7.77E+06 kN
EJ=	1.01E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-2169 kN
M =	-7 kNm
ε =	-2.79E-04 []
χ =	-6.74E-05 [m-1]

y(interface)-y(G tr) =	0.2154 m
y(G sol)-y(interface) =	0.1300 m

creep

Δφ creep g (t=infinite)-(t=slab hardening) =	1.1142
--	--------

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-3.11E-04 []
χ =	-7.51E-05 [m-1]

differential shrinkage

ε sh s (t=infinite) - ε sh g (t=slab hardening)=	-9.12E-05
--	-----------

deformation imposed to girder

ε =	-2.20E-04 []
χ =	-7.51E-05 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{ccccccc}
 \mathbf{A} & & \mathbf{x} & & \mathbf{x} & & \mathbf{+} & & \mathbf{b} & & \mathbf{=} & & \mathbf{0} \\
 1.357\text{E-}06 & -2.312\text{E-}06 & \left\| \begin{array}{c} \mathbf{x} \\ \mathbf{x} \end{array} \right\| & \left\| \begin{array}{c} \mathbf{X1e} \\ \mathbf{X2e} \end{array} \right\| & \mathbf{+} & \left\| \begin{array}{c} -2.20\text{E-}04 \\ 7.51\text{E-}05 \end{array} \right\| & \mathbf{=} & \left\| \begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{array} \right\| \\
 \mathbf{x} & \mathbf{=} & \mathbf{A-1} & & \mathbf{x} & & \mathbf{-b} & & & & & & \\
 \mathbf{X1e} & \mathbf{=} & \left\| \begin{array}{cc} 8.090\text{E+}05 & 4.246\text{E+}04 \\ 4.246\text{E+}04 & 2.492\text{E+}04 \end{array} \right\| & & \mathbf{x} & \left\| \begin{array}{c} 2.20\text{E-}04 \\ -7.51\text{E-}05 \end{array} \right\| & \mathbf{=} & \left\| \begin{array}{c} 174.5 \\ 7.5 \end{array} \right\| \begin{array}{c} \text{KN} \\ \text{KNm} \end{array}
 \end{array}$$

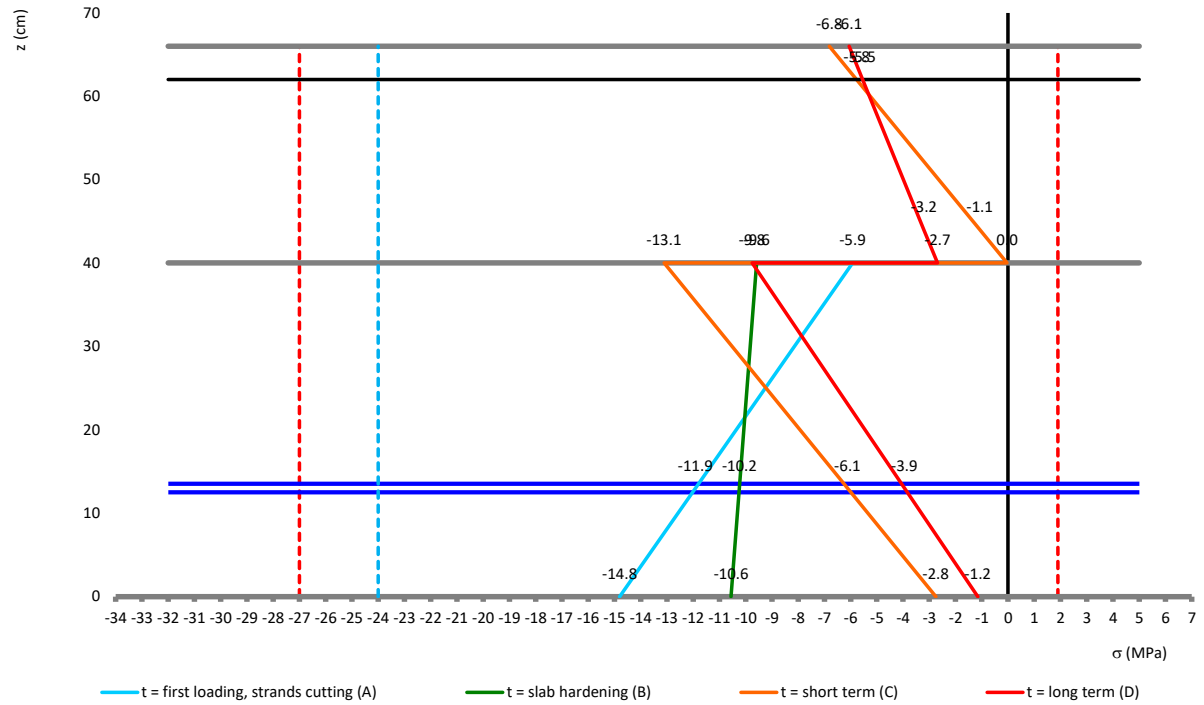
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-174.5 KN
M S =	-15.2 KNm
σ s bot =	-2.983 Mpa
σ s rebar bot =	-2.378 Mpa
σ s rebar top =	0.346 Mpa
σ s top =	0.951 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	174.5 KN
M S =	-30.1 KNm
σ g bot =	-1.065 Mpa
σ g eq cable =	0.243 Mpa
σ g top =	2.959 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 10.05 m - inner

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending Moment 1 (kN.m)	Shear Force 2 (kN)	Bending Moment 2 (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 87: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-43	186	-2	0
Beam 87: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-37	160	-1	0
Beam 87: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 87: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 87: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 87: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-77	330	-3	0
Beam 87: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-72	312	-2	0
Beam 87: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-11	0	0
Beam 87: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 87: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-43	652	-19	0
Beam 87: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-43	340	-20	0
Beam 87: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-65	108	-2	0
Beam 87: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-56	93	-1	0
Beam 87: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 87: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 87: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 87: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-115	192	-3	0
Beam 87: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-109	181	-2	0
Beam 87: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-16	0	0
Beam 87: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 87: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-65	376	-19	0
Beam 87: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-65	195	-20	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2057	cm2
p (moist perimeter) =	141	cm
y (G) c (centroid height) =	18.70	cm
J c (moment of inertia) =	268900	cm4
h c (cross section height) =	40.00	cm
s w (web thickness) =	50.40	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	12624	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	14380	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	79	cm
y (G) s (centroid height) =	53.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	53.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = $22000 \times [f_{cm}/10]^{\wedge}0.3$ =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = $0.30 \times f_{ck}^{\wedge}2/3$ =	3.80	Mpa
fctk = $0.70 \times f_{ctm}$ =	2.66	Mpa
fc (compression) = $0.6 \times f_{ck}$ =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = $f_{ctm}/1.20$ =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = $0.5 \times f_{ctm}$ =	1.90	Mpa
$\gamma_{Mc,red1}$ =	1.40	-
α_{cc} =	0.85	-
fcd = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1}$ =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
Ecm= 22000×[fcm/10]^0.3 =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
βcc(t) =	0.819	-
fcm(t) = βcc(t)×fcm =	43.39	Mpa
Ecm,t = [fcm(t)/fcm]^0.3×Ecm =	34000	Mpa
fck,j = fcm(t) - 8 =	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
fctm,j (cl < C50/60) = 0.30×fck,j^2/3 =	3.51	Mpa
fctk,j = 0.70×fctm,j =	2.46	Mpa
fc (compression) = 0.6×fck,j =	24.00	Mpa
fct,j (crack opening) = fctm,j/1.20 =	2.92	Mpa
fct,eff,j (crack opening design) = 0.5×fctm,j =	1.75	Mpa
γMc,red1 =	1.40	-
αcc =	0.85	-
fcd = αcc×fck/γMc,red1 =	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
Ecm= 22000×[fcm/10]^0.3 =	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
fcm = fck + 8 =	40	Mpa
fctm (cl < C50/60) = 0.30×fck^2/3 =	3.02	Mpa
fctk = 0.70×fctm =	2.12	Mpa
fc (compression) = 0.6×fck =	19.20	Mpa
fct (crack opening) = fctm/1.20 =	2.52	Mpa
fct,eff (crack opening design) = 0.5×fctm =	1.51	Mpa
γMc,red1 =	1.50	-
αcc =	0.85	-
fcd = αcc×fck/γMc,red1 =	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.16
Es / Ecg	n =	17.40
Es / Ecs	n =	17.09

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1717.89	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	100669	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2146.85	cm2
y (G)c id =	18.46	cm
J id c =	279334	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	12969	cm3
W bot c id =	15131	cm3
W eq cable id =	51147	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2326.52	cm2
y (G) c id =	18.04	cm
J id c =	299551	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	13641	cm3
W bot c id =	16605	cm3
W eq cable id =	59439	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	3635.48	cm2
y(G) (g+s) id =	32.60	cm
J id (g+s) c =	1413177	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	191074	cm3
W g bot (g+s) id =	43344	cm3
W g eq cable (g+s) id =	72086	cm3
W s bot (g+s) id =	191074	cm3
W s top (g+s) id =	42316	cm4
W s reinf top (g+s) id =	48074	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	124007	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	3906.78	cm2
y(G) (g+s) id =	32.18	cm
J id (g+s) c =	1542341	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	197252	cm3
W g bot (g+s) id =	47927	cm3
W g eq cable (g+s) id =	80410	cm3
W s bot (g+s) id =	197252	cm3
W s top (g+s) id =	45606	cm4
W s reinf top (g+s) id =	51723	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	130495	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	16.680	cm2
y(G) p =	13.000	cm
J p =	1417.80	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	33.00	0	2.78	91.74	1112.00
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	0	5.56	66.72	5.56
level 8 (bottom)	8	7.00	2	8.34	58.38	300.24

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 72.03	100.00%	0.00%	0.00%
shrinkage	total 58.84	0.00%	33.33%	66.67%
creep	total 110.01	0.00%	33.33%	66.67%
steel strands relaxation	total 69.01	33.33%	33.33%	33.33%
Δσ not corrected for creep and shrinkage	69.01	23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage	62.07	23.00	20.69	18.38

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	37	-1	37
slab selfweight	1.00	0	28	0	28
superimposed dead loads	1.00	-1	56	-1	56
traffic loads	1.00	-2	115	-2	115
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-2335	-128
Initial prestressing (LT)	-2335	-118
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519
		106

STRESS CHECK

	N	M	σ c g bot	σ c eq cable	σ c g top	σ c s bot	σ c s rebar bot	σ c s rebar top	σ c s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	13.00	40.00	40.00	44.00	62.00	66.00
initial prestressing	-2335.2	-127.5	-19.306	-13.371	-1.043				
stress losses - steel relaxation (A)	38.4	2.1	0.317	0.220	0.017				
girder selfweight	-0.5	36.9	2.434	0.718	-2.845				
t = first loading, strands cutting (A)	-2297.4	-88.6	-16.555	-12.433	-3.871				
stress losses - steel relaxation (B)	34.5	1.9	0.285	0.198	0.015				
stress losses - creep (B)	61.2	3.3	0.506	0.350	0.027				
stress losses - shrinkage (B)	32.7	1.8	0.270	0.187	0.015				
slab selfweight	-0.4	28.0	1.846	0.545	-2.158				
t = slab hardening (B)	-2169.4	-53.6	-13.648	-11.153	-5.972				
superimposed dead loads	-0.8	55.9	1.287	0.773	-0.295	-0.271	-0.417	-1.072	-1.217
traffic loads	-1.6	115.3	2.656	1.595	-0.608	-0.559	-0.859	-2.210	-2.511
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	106.0	1.016	0.041	-1.983	-1.825	-2.100	-3.342	-3.618
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-2691.2	223.6	-8.689	-8.744	-8.858	0.555	-0.166	-3.414	-4.135
(rebar stress at the same height):							-1.049	-21.528	
initial prestressing	-2335.2	-117.7	-17.125	-12.017	-1.410				
stress losses - steel relaxation (A)	38.4	2.1	0.291	0.200	0.011				
girder selfweight	-0.5	36.9	2.218	0.618	-2.705				
stress losses - steel relaxation (B)	34.5	1.9	0.262	0.180	0.010				
stress losses - creep (B)	61.2	3.3	0.464	0.319	0.018				
stress losses - shrinkage (B)	32.7	1.8	0.248	0.171	0.010				
slab selfweight	-0.4	28.0	1.682	0.469	-2.051				
stress losses - steel relaxation (D)	30.7	6.0	0.204	0.153	0.048	0.044	0.030	-0.035	-0.049
stress losses - creep (D)	122.3	24.0	0.814	0.611	0.192	0.176	0.119	-0.138	-0.196
stress losses - shrinkage (D)	65.4	12.8	0.435	0.327	0.102	0.094	0.064	-0.074	-0.105
superimposed dead loads	-0.8	55.9	1.164	0.693	-0.285	-0.263	-0.396	-0.996	-1.129
traffic loads	-1.6	115.3	2.656	1.595	-0.608	-0.559	-0.859	-2.210	-2.511
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	106.0	1.016	0.041	-1.983	-1.825	-2.100	-3.342	-3.618
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-1.649	0.012	3.463	-4.149	-3.146	1.368	2.371
t = long term (D)			-7.320	-6.627	-5.188	-3.271	-3.079	-2.218	-2.026
(rebar stress at the same height):							-19.418	-13.984	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	53.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2147 cm ²
J =	2.79E+05 cm ⁴
y(G)=	18.46 cm
EA=	7.77E+06 kN
EJ=	1.01E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-2169 kN
M =	-54 kNm
ε =	-2.79E-04 []
χ =	-5.30E-04 [m-1]

y(interface)-y(G tr) =	0.2154 m
y(G sol)-y(interface) =	0.1300 m

creep

$$\Delta\phi \text{ creep g (t=infinite)-(t=slab hardening)} = 1.1142$$

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-3.11E-04 []
χ =	-5.91E-04 [m-1]

differential shrinkage

$$\varepsilon_{sh s} (t=\text{infinite}) - \varepsilon_{sh g} (t=\text{slab hardening}) = -9.12E-05$$

deformation imposed to girder

ε =	-2.20E-04 []
χ =	-5.91E-04 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{ccccccc}
 \mathbf{A} & & \mathbf{x} & & \mathbf{x} & & \mathbf{+} & & \mathbf{b} & & \mathbf{=} & & \mathbf{0} \\
 1.357E-06 & -2.312E-06 & \left\| \begin{array}{c} \mathbf{x} \\ \mathbf{x} \end{array} \right\| & \left\| \begin{array}{c} \mathbf{X1e} \\ \mathbf{X2e} \end{array} \right\| & \mathbf{+} & \left\| \begin{array}{c} -2.20E-04 \\ 5.91E-04 \end{array} \right\| & \mathbf{=} & \left\| \begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{array} \right\| \\
 \mathbf{x} & \mathbf{=} & \mathbf{A-1} & & \mathbf{x} & & \mathbf{-b} & & & & & & \\
 \mathbf{X1e} & \mathbf{=} & \left\| \begin{array}{c} 8.090E+05 \\ 4.246E+04 \end{array} \right\| & & \mathbf{x} & & \left\| \begin{array}{c} 2.20E-04 \\ -5.91E-04 \end{array} \right\| & \mathbf{=} & \left\| \begin{array}{c} 152.7 \\ -5.4 \end{array} \right\| & & \left\| \begin{array}{c} \mathbf{KN} \\ \mathbf{KNm} \end{array} \right\|
 \end{array}$$

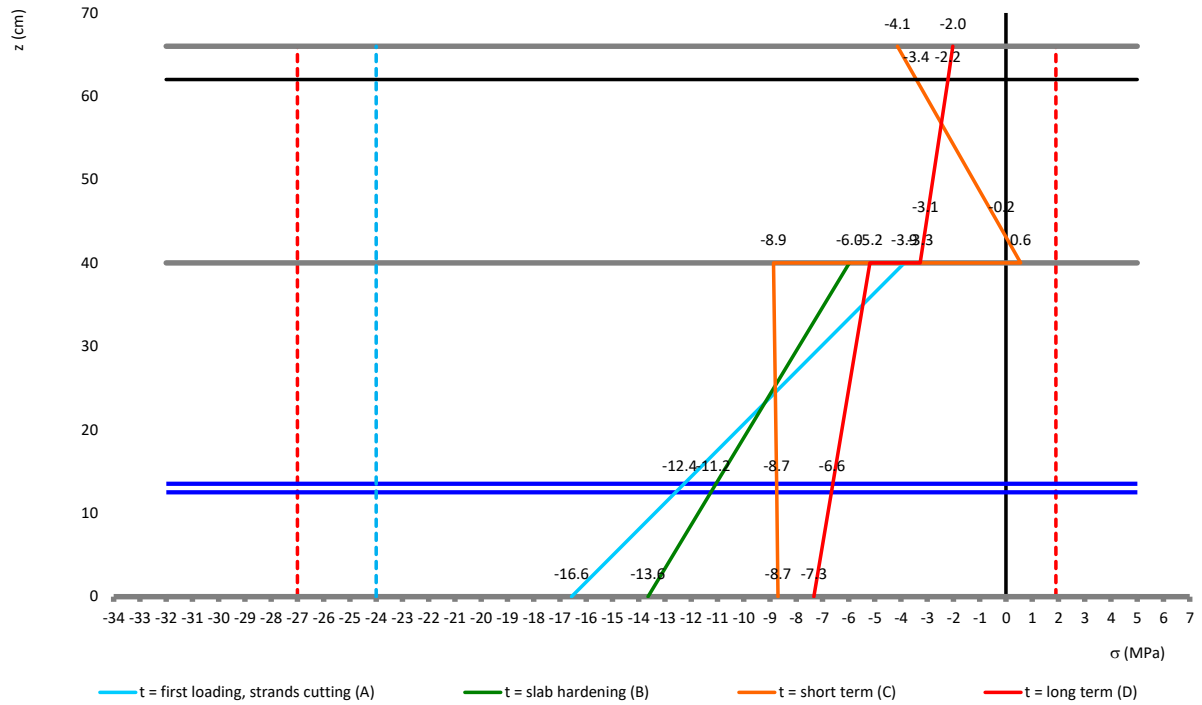
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-152.7 KN
M S =	-25.2 KNm
σ s bot =	-4.149 Mpa
σ s rebar bot =	-3.146 Mpa
σ s rebar top =	1.368 Mpa
σ s top =	2.371 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	152.7 KN
M S =	-38.3 KNm
σ g bot =	-1.649 Mpa
σ g eq cable =	0.012 Mpa
σ g top =	3.463 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 10.05 m - outer

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1	Bending Moment 1	Shear Force 2	Bending Moment 2	Axial Force	Torque
	(kN)	(kN.m)	(kN)	(kN.m)	(kN)	(kN.m)
Beam 87: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-43	186	-2	0
Beam 87: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-37	160	-1	0
Beam 87: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 87: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 87: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 87: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-77	330	-3	0
Beam 87: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-72	312	-2	0
Beam 87: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-11	0	0
Beam 87: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 87: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-43	652	-19	0
Beam 87: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-43	340	-20	0
Beam 87: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-65	108	-2	0
Beam 87: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-56	93	-1	0
Beam 87: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 87: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 87: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 87: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-115	192	-3	0
Beam 87: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-109	181	-2	0
Beam 87: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-16	0	0
Beam 87: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 87: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-65	376	-19	0
Beam 87: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-65	195	-20	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2057	cm2
p (moist perimeter) =	141	cm
y (G) c (centroid height) =	18.70	cm
J c (moment of inertia) =	268900	cm4
h c (cross section height) =	40.00	cm
s w (web thickness) =	50.40	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	12624	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	14380	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	79	cm
y (G) s (centroid height) =	53.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	53.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = $22000 \times [f_{cm}/10]^{\wedge}0.3$ =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = $0.30 \times f_{ck}^{\wedge}2/3$ =	3.80	Mpa
fctk = $0.70 \times f_{ctm}$ =	2.66	Mpa
fc (compression) = $0.6 \times f_{ck}$ =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = $f_{ctm}/1.20$ =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = $0.5 \times f_{ctm}$ =	1.90	Mpa
$\gamma_{Mc,red1}$ =	1.40	-
α_{cc} =	0.85	-
fcd = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1}$ =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.16
Es / Ecg	n =	17.40
Es / Ecs	n =	17.09

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1717.89	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	100669	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2116.90	cm2
y (G)c id =	18.55	cm
J id c =	278066	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	12965	cm3
W bot c id =	14988	cm3
W eq cable id =	55031	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2236.68	cm2
y (G) c id =	18.28	cm
J id c =	296142	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	13636	cm3
W bot c id =	16198	cm3
W eq cable id =	61925	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	3605.53	cm2
y(G) (g+s) id =	32.78	cm
J id (g+s) c =	1400357	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	193826	cm3
W g bot (g+s) id =	42726	cm3
W g eq cable (g+s) id =	72651	cm3
W s bot (g+s) id =	193826	cm3
W s top (g+s) id =	42148	cm4
W s reinf top (g+s) id =	47917	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	124755	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	3816.94	cm2
y(G) (g+s) id =	32.66	cm
J id (g+s) c =	1504891	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	204911	cm3
W g bot (g+s) id =	46083	cm3
W g eq cable (g+s) id =	78560	cm3
W s bot (g+s) id =	204911	cm3
W s top (g+s) id =	45132	cm4
W s reinf top (g+s) id =	51284	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	132658	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	11.120	cm2
y(G) p =	13.500	cm
J p =	1409.46	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	33.00	0	2.78	91.74	1057.10
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	4	0.00	0.00	0.00
level 8 (bottom)	8	7.00	2	8.34	58.38	352.37

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:		Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses		total 47.31	100.00% 47.31	0.00% 0.00	0.00% 0.00
shrinkage	ε shrinkage g (t=infinite) = -3.02E-04	total 58.84	0.00% 0.00	33.33% 19.61	66.67% 39.23
creep	φ creep g (t=infinite) = 2.000	total 75.67	0.00% 0.00	33.33% 25.22	66.67% 50.45
steel strands relaxation		total 69.01	33.33% 23.00	33.33% 23.00	33.33% 23.00
	Δσ not corrected for creep and shrinkage	69.01	23.00	23.00	23.00
	Δσ corrected for creep and shrinkage	63.48	23.00	21.16	19.32

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	37	-1	37
slab selfweight	1.00	0	28	0	28
superimposed dead loads	1.00	-1	56	-1	56
traffic loads	1.00	-2	115	-2	115
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

		N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)		-1557	-79
Initial prestressing (LT)		-1557	-74
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519	105

STRESS CHECK

	N	M	σ _c g bot	σ _c eq cable	σ _c g top	σ _c s bot	σ _c s rebar bot	σ _c s rebar top	σ _c s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	13.50	40.00	40.00	44.00	62.00	66.00
initial prestressing	-1556.8	-78.7	-12.603	-8.784	-1.287				
stress losses - steel relaxation (A)	25.6	1.3	0.207	0.144	0.021				
girder selfweight	-0.5	36.9	2.457	0.667	-2.846				
t = first loading, strands cutting (A)	-1531.8	-40.5	-9.938	-7.972	-4.112				
stress losses - steel relaxation (B)	23.5	1.2	0.190	0.133	0.019				
stress losses - creep (B)	28.0	1.4	0.227	0.158	0.023				
stress losses - shrinkage (B)	21.8	1.1	0.177	0.123	0.018				
slab selfweight	-0.4	28.0	1.863	0.506	-2.158				
t = slab hardening (B)	-1458.8	-8.8	-7.481	-7.052	-6.210				
superimposed dead loads	-0.8	55.9	1.306	0.767	-0.291	-0.267	-0.414	-1.075	-1.222
traffic loads	-1.6	115.3	2.695	1.583	-0.599	-0.551	-0.854	-2.218	-2.521
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	105.1	1.018	0.005	-1.983	-1.824	-2.100	-3.342	-3.618
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-1980.6	267.4	-2.462	-4.696	-9.082	0.568	-0.158	-3.425	-4.151
(rebar stress at the same height):							-0.999	-21.600	
initial prestressing	-1556.8	-74.5	-11.556	-8.163	-1.500				
stress losses - steel relaxation (A)	25.6	1.3	0.194	0.135	0.020				
girder selfweight	-0.5	36.9	2.273	0.593	-2.706				
stress losses - steel relaxation (B)	23.5	1.2	0.179	0.124	0.018				
stress losses - creep (B)	28.0	1.4	0.213	0.148	0.021				
stress losses - shrinkage (B)	21.8	1.1	0.166	0.115	0.017				
slab selfweight	-0.4	28.0	1.724	0.450	-2.052				
stress losses - steel relaxation (D)	21.5	4.1	0.146	0.109	0.036	0.033	0.023	-0.023	-0.033
stress losses - creep (D)	56.1	10.8	0.382	0.285	0.094	0.087	0.060	-0.059	-0.085
stress losses - shrinkage (D)	43.6	8.4	0.297	0.221	0.073	0.067	0.047	-0.046	-0.066
superimposed dead loads	-0.8	55.9	1.211	0.709	-0.275	-0.253	-0.389	-1.004	-1.141
traffic loads	-1.6	115.3	2.695	1.583	-0.599	-0.551	-0.854	-2.218	-2.521
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	105.1	1.018	0.005	-1.983	-1.824	-2.100	-3.342	-3.618
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-0.655	0.138	1.694	-1.769	-1.393	0.303	0.679
t = long term (D)			-1.715	-3.546	-7.142	-1.000	-1.396	-3.179	-3.575
(rebar stress at the same height):							-8.806	-20.046	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	53.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2117 cm ²
J =	2.78E+05 cm ⁴
y(G)=	18.55 cm
EA=	7.66E+06 kN
EJ=	1.01E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-1459 kN
M =	-9 kNm
ε =	-1.90E-04 []
χ =	-8.78E-05 [m-1]

$$y(\text{interface}) - y(\text{G tr}) =$$

$$0.2145 \text{ m}$$

$$y(\text{G sol}) - y(\text{interface}) =$$

$$0.1300 \text{ m}$$

creep

$$\Delta\phi \text{ creep g (t=infinite)-(t=slab hardening)} = 1.1142$$

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-2.12E-04 []
χ =	-9.78E-05 [m-1]

differential shrinkage

$$\epsilon_{sh s} (t=\text{infinite}) - \epsilon_{sh g} (t=\text{slab hardening}) = -9.12E-05$$

deformation imposed to girder

ε =	-1.21E-04 []
χ =	-9.78E-05 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 \mathbf{A} & & \mathbf{x} & \mathbf{x} & \mathbf{+} & \mathbf{b} & \mathbf{=} & \mathbf{0} \\
 1.357E-06 & -2.312E-06 & \left| \begin{array}{c} \mathbf{x} \end{array} \right| & \left| \begin{array}{c} \mathbf{X1e} \\ \mathbf{X2e} \end{array} \right| & \mathbf{+} & \left| \begin{array}{c} -1.21E-04 \\ 9.78E-05 \end{array} \right| & \mathbf{=} & \left| \begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{array} \right| \\
 \mathbf{x} & \mathbf{=} & \mathbf{A-1} & & \mathbf{x} & \mathbf{-b} \\
 \mathbf{X1e} & \mathbf{=} & \left| \begin{array}{cc} 8.089E+05 & 4.239E+04 \end{array} \right| & & \mathbf{x} & \left| \begin{array}{c} 1.21E-04 \\ -9.78E-05 \end{array} \right| & \mathbf{=} & \left| \begin{array}{c} 93.6 \\ 2.7 \end{array} \right| \begin{array}{c} \mathbf{KN} \\ \mathbf{KNm} \end{array} \\
 \mathbf{X2e} & & \left| \begin{array}{cc} 4.239E+04 & 2.489E+04 \end{array} \right| & & & & &
 \end{array}
 \end{array}$$

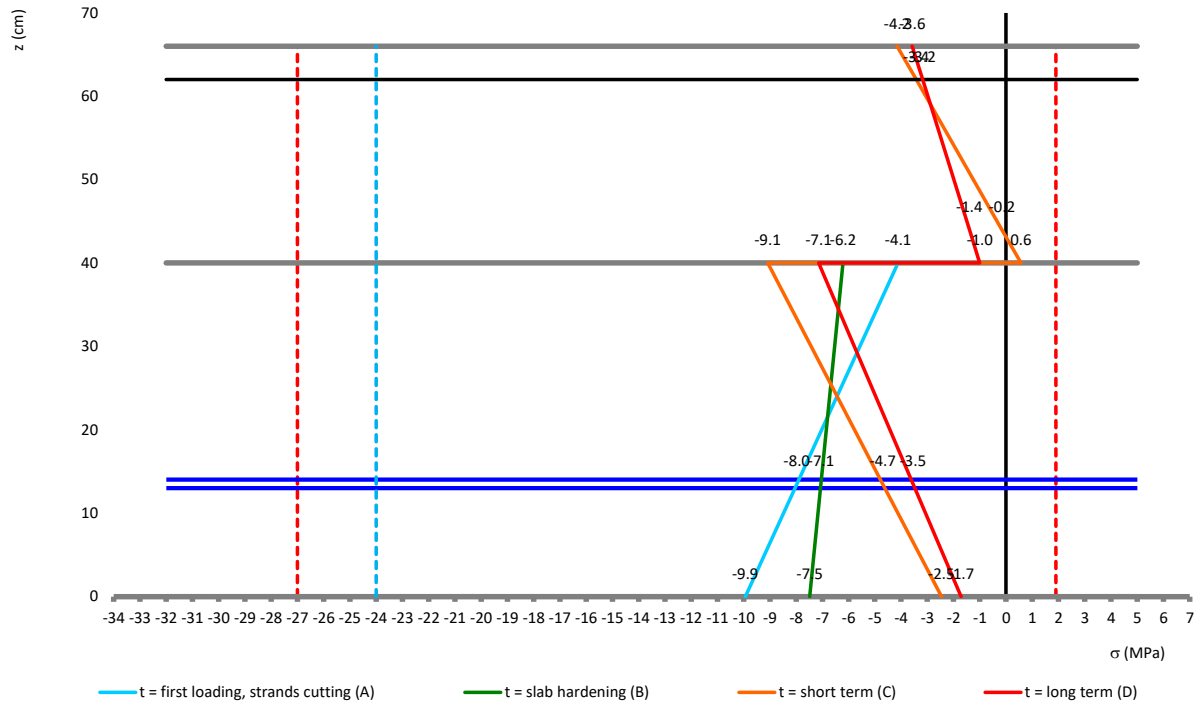
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-93.6 KN
M S =	-9.5 KNm
σ s bot =	-1.769 Mpa
σ s rebar bot =	-1.393 Mpa
σ s rebar top =	0.303 Mpa
σ s top =	0.679 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	93.6 KN
M S =	-17.4 KNm
σ g bot =	-0.655 Mpa
σ g eq cable =	0.138 Mpa
σ g top =	1.694 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 11.50 m - support

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending (kN.m)	Shear Force (kN)	Bending (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 41: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-65	108	-2	0
Beam 41: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-56	93	-1	0
Beam 41: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 41: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 41: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 41: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 41: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 41: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-115	192	-3	0
Beam 41: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-109	181	-2	0
Beam 41: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-16	0	0
Beam 41: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 41: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-65	376	-19	0
Beam 41: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-65	195	-20	0
Beam 41: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-87	-1	-2	0
Beam 41: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-75	-1	-1	0
Beam 41: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-7	-21	0
Beam 41: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 41: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 41: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-4	-11	0
Beam 41: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 41: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-154	-1	-3	0
Beam 41: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-145	-1	-2	0
Beam 41: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-21	0	0
Beam 41: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-4	-10	0
Beam 41: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-87	-7	-19	0
Beam 41: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-87	-7	-20	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2057	cm2
p (moist perimeter) =	141	cm
y (G) c (centroid height) =	18.70	cm
J c (moment of inertia) =	268900	cm4
h c (cross section height) =	40.00	cm
s w (web thickness) =	50.40	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	12624	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	14380	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	79	cm
y (G) s (centroid height) =	53.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	53.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm= 22000×[fcm/10]^0.3 =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = 0.30×fck^2/3 =	3.80	Mpa
fctk = 0.70×fctm =	2.66	Mpa
fc (compression) = 0.6×fck =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = fctm/1.20 =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = 0.5×fctm =	1.90	Mpa
γMc,red1 =	1.40	-
αcc =	0.85	-
fcd = αcc×fck/γMc,red1 =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.16
Es / Ecg	n =	17.40
Es / Ecs	n =	17.09

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1717.89	cm2
y (G) id slab =	53.00	cm
J id slab =	100669	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2116.90	cm2
y (G)c id =	18.55	cm
J id c =	278066	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	12965	cm3
W bot c id =	14988	cm3
W eq cable id =	55031	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2236.68	cm2
y (G) c id =	18.28	cm
J id c =	296142	cm4
h c =	40.00	cm
s w =	50.40	cm
W top c id =	13636	cm3
W bot c id =	16198	cm3
W eq cable id =	61925	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	3605.53	cm2
y(G) (g+s) id =	32.78	cm
J id (g+s) c =	1400357	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	193826	cm3
W g bot (g+s) id =	42726	cm3
W g eq cable (g+s) id =	72651	cm3
W s bot (g+s) id =	193826	cm3
W s top (g+s) id =	42148	cm4
W s reinf top (g+s) id =	47917	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	124755	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	3816.94	cm2
y(G) (g+s) id =	32.66	cm
J id (g+s) c =	1504891	cm4
h c =	66.00	cm
s w =	50.40	cm
W g top (g+s) id =	204911	cm3
W g bot (g+s) id =	46083	cm3
W g eq cable (g+s) id =	78560	cm3
W s bot (g+s) id =	204911	cm3
W s top (g+s) id =	45132	cm4
W s reinf top (g+s) id =	51284	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	132658	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	11.120	cm2
y(G) p =	13.500	cm
J p =	1409.46	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	33.00	0	2.78	91.74	1057.10
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	4	0.00	0.00	0.00
level 8 (bottom)	8	7.00	2	8.34	58.38	352.37

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 47.31	100.00%	0.00%	0.00%
shrinkage	total 58.84	0.00%	33.33%	66.67%
creep	total 73.58	0.00%	33.33%	66.67%
steel strands relaxation	total 69.01	33.33%	33.33%	33.33%
Δσ not corrected for creep and shrinkage	63.57	23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage		23.00	21.19	19.38

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	0	-1	0
slab selfweight	1.00	0	0	0	0
superimposed dead loads	1.00	-1	-1	-1	-1
traffic loads	1.00	-2	-1	-2	-1
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-1557	-79
Initial prestressing (LT)	-1557	-74
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	105

STRESS CHECK

	N	M	σ_c g bot	σ_c eq cable	σ_c g top	σ_c s bot	σ_c s rebar bot	σ_c s rebar top	σ_c s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	13.50	40.00	40.00	44.00	62.00	66.00
initial prestressing	-1556.8	-78.7	-12.603	-8.784	-1.287				
stress losses - steel relaxation (A)	25.6	1.3	0.207	0.144	0.021				
girder selfweight	-0.5	-0.4	-0.026	-0.009	0.025				
t = first loading, strands cutting (A)	-1531.8	-77.7	-12.422	-8.648	-1.241				
stress losses - steel relaxation (B)	23.6	1.2	0.191	0.133	0.019				
stress losses - creep (B)	27.3	1.4	0.221	0.154	0.023				
stress losses - shrinkage (B)	21.8	1.1	0.177	0.123	0.018				
slab selfweight	-0.4	-0.3	-0.020	-0.007	0.019				
t = slab hardening (B)	-1459.5	-74.3	-11.853	-8.245	-1.162				
superimposed dead loads	-0.8	-0.5	-0.014	-0.009	0.001	0.000	0.002	0.008	0.009
traffic loads	-1.6	-0.6	-0.017	-0.012	-0.002	-0.001	0.000	0.007	0.008
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	105.1	1.018	0.005	-1.983	-1.824	-2.100	-3.342	-3.618
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-1981.4	29.7	-10.867	-8.261	-3.146	1.385	1.112	-0.118	-0.391
(rebar stress at the same height):							7.012	-0.743	
initial prestressing	-1556.8	-74.5	-11.556	-8.163	-1.500				
stress losses - steel relaxation (A)	25.6	1.3	0.194	0.135	0.020				
girder selfweight	-0.5	-0.4	-0.024	-0.008	0.023				
stress losses - steel relaxation (B)	23.6	1.2	0.179	0.125	0.018				
stress losses - creep (B)	27.3	1.4	0.207	0.144	0.021				
stress losses - shrinkage (B)	21.8	1.1	0.166	0.115	0.017				
slab selfweight	-0.4	-0.3	-0.018	-0.006	0.018				
stress losses - steel relaxation (D)	21.5	4.2	0.147	0.109	0.036	0.033	0.023	-0.023	-0.033
stress losses - creep (D)	54.6	10.5	0.371	0.277	0.092	0.084	0.059	-0.057	-0.083
stress losses - shrinkage (D)	43.6	8.4	0.297	0.221	0.073	0.067	0.047	-0.046	-0.066
superimposed dead loads	-0.8	-0.5	-0.013	-0.009	0.000	0.000	0.002	0.007	0.009
traffic loads	-1.6	-0.6	-0.017	-0.012	-0.002	-0.001	0.000	0.007	0.008
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	105.1	1.018	0.005	-1.983	-1.824	-2.100	-3.342	-3.618
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-1.500	-0.184	2.398	-3.406	-2.471	1.738	2.673
t = long term (D)			-10.551	-7.250	-0.769	-1.836	-1.231	1.494	2.100
(rebar stress at the same height):							-7.761	9.422	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	53.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2117 cm ²
J =	2.78E+05 cm ⁴
y(G)=	18.55 cm
EA=	7.66E+06 kN
EJ=	1.01E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-1460 kN
M =	-74 kNm
ε =	-1.90E-04 []
χ =	-7.38E-04 [m-1]

y(interface)-y(G tr) =	0.2145 m
y(G sol)-y(interface) =	0.1300 m

creep

$\Delta\phi$ creep g (t=infinite)-(t=slab hardening) =	1.1142
--	--------

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-2.12E-04 []
χ =	-8.23E-04 [m-1]

differential shrinkage

$\varepsilon_{sh s}$ (t=infinite) - $\varepsilon_{sh g}$ (t=slab hardening)=	-9.12E-05
--	-----------

deformation imposed to girder

ε =	-1.21E-04 []
χ =	-8.23E-04 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{ccccccc}
 \mathbf{A} & & \mathbf{x} & \mathbf{x} & + & \mathbf{b} & = & \mathbf{0} \\
 \begin{array}{|c|} \hline 1.357E-06 \\ \hline -2.312E-06 \\ \hline \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline -2.312E-06 \\ \hline 4.411E-05 \\ \hline \end{array} & \left\| \begin{array}{|c|} \hline \mathbf{x} \\ \hline \end{array} \right\| & \begin{array}{|c|} \hline X1e \\ \hline X2e \\ \hline \end{array} & + & \begin{array}{|c|} \hline -1.21E-04 \\ \hline 8.23E-04 \\ \hline \end{array} & = & \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline 0 \\ \hline \end{array} \\
 \mathbf{x} & = & \mathbf{A^{-1}} & & \mathbf{x} & \mathbf{-b} & & \\
 \begin{array}{|c|} \hline X1e \\ \hline X2e \\ \hline \end{array} & = & \left\| \begin{array}{|c|} \hline 8.089E+05 \\ \hline 4.239E+04 \\ \hline \end{array} \right\| & \begin{array}{|c|} \hline 4.239E+04 \\ \hline 2.489E+04 \\ \hline \end{array} & \times & \begin{array}{|c|} \hline 1.21E-04 \\ \hline -8.23E-04 \\ \hline \end{array} & = & \begin{array}{|c|} \hline 63.0 \\ \hline -15.4 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \text{KN} \\ \hline \text{KNm} \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

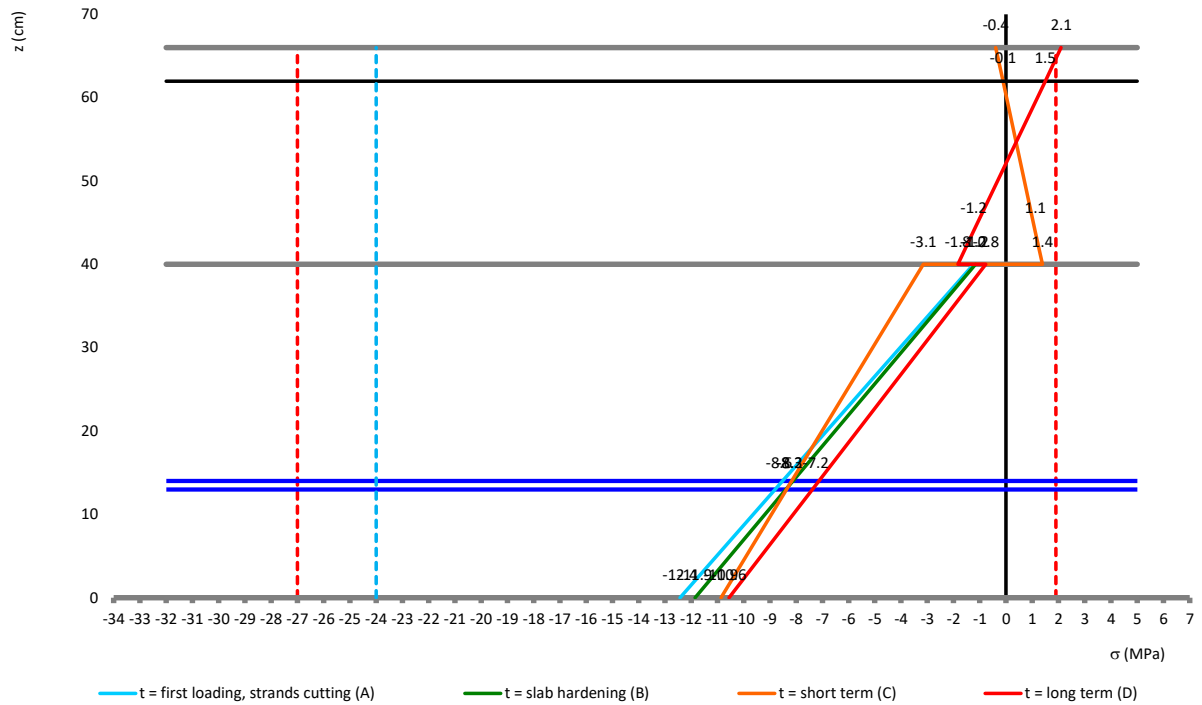
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-63.0 KN
M S =	-23.5 KNm
σ s bot =	-3.406 Mpa
σ s rebar bot =	-2.471 Mpa
σ s rebar top =	1.738 Mpa
σ s top =	2.673 Mpa

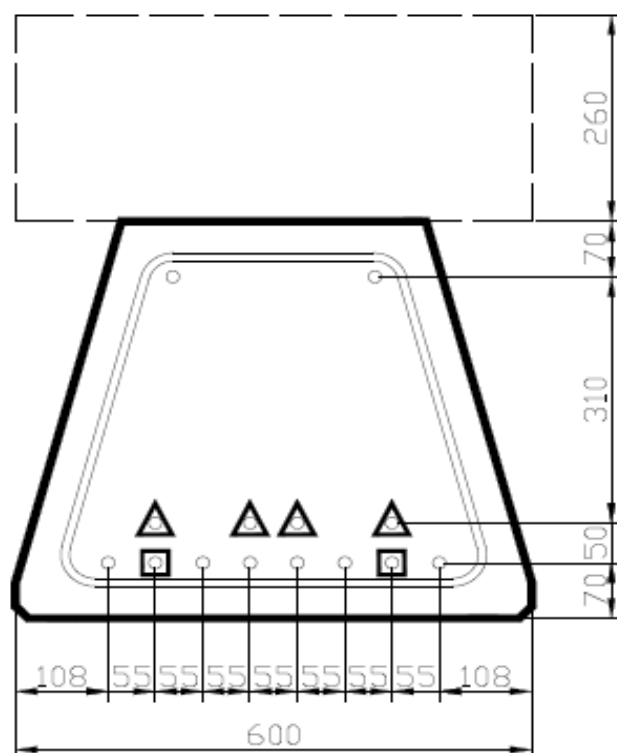
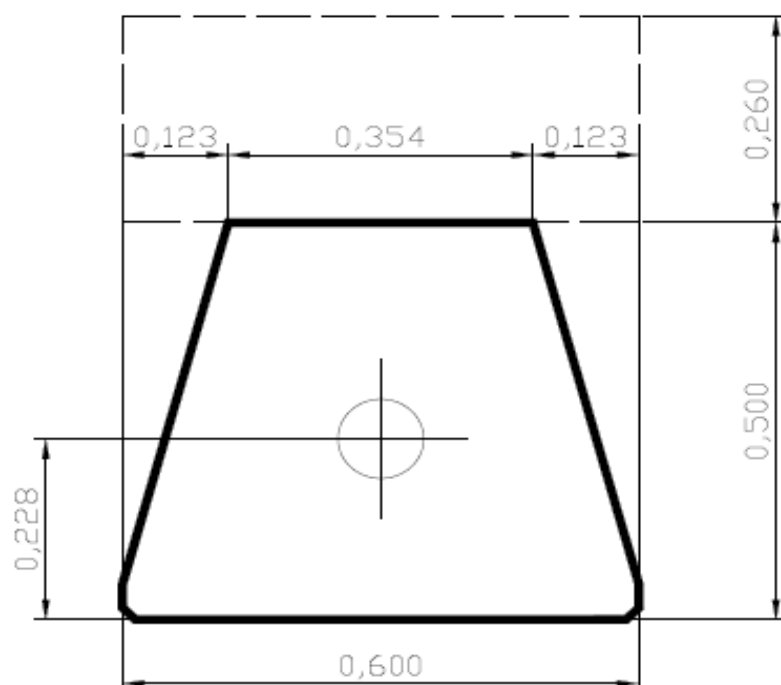
resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	63.0 KN
M S =	-28.9 KNm
σ g bot =	-1.500 Mpa
σ g eq cable =	-0.184 Mpa
σ g top =	2.398 Mpa

STRESS DIAGRAM



GEOMETRY



- IN GUAINA DA X=9.50m IN POI
 ▲ IN GUAINA DA X=11.15m IN POI
 (misure da mezzeria x=6.35m
 verso appoggio x=12.70m)

Girder
Creep

fck = 45.65 MPa
A = 243800 mm^2
p = 1615.000 mm
h0 = 301.9 mm
RH = 75 %
t' = 7 days
Ec 28 = 37638.2 MPa
E (t') = 33215.558 MPa
f₀ = 1.998
f_{RH} = 1.3760
b(fcm) = 2.288
b(t') = 0.635
bH = 770.85
s = 0.25

f_∞ = 1.759
f_∞ = 1.994

t' ->

t	E(t)	J (t,t')	f (t,t')	bc (t-t')	fv (t,t')	Ec28 * J (t,t')	E(t') * J (t,t')	Graph		
[days]	[Mpa]	[Mpa ⁻¹]	[/]	[/]	[/]	[/]	[/]	Ec28 * J (t,t')	t	% developed
7	33215.558	3.011E-05	0.000	0.000	0.000	1.133	1.000	0.000	1	0.00
1	22011.842	-	-	-	-	-	-	0.000	2	0.00
2	26717.298	-	-	-	-	-	-	0.000	3	0.00
3	29111.611	-	-	-	-	-	-	0.000	7	0.00
7	33215.558	3.011E-05	0.000	0.000	0.000	1.133	1.000	1.133	7	0.00
10	34599.990	4.014E-05	0.378	0.189	0.333	1.511	1.333	1.511	10	0.19
14	35738.970	4.303E-05	0.486	0.243	0.429	1.619	1.429	1.619	14	0.24
20	36785.965	4.563E-05	0.584	0.292	0.516	1.717	1.516	1.717	20	0.29
28	37638.159	4.797E-05	0.673	0.337	0.593	1.806	1.593	1.806	28	0.34
30	37798.028	4.845E-05	0.691	0.346	0.609	1.824	1.609	1.824	30	0.35
40	38414.534	5.048E-05	0.767	0.384	0.677	1.900	1.677	1.900	40	0.38
50	38841.022	5.208E-05	0.827	0.414	0.730	1.960	1.730	1.960	50	0.41
60	39158.877	5.342E-05	0.877	0.439	0.774	2.010	1.774	2.010	60	0.44
70	39407.709	5.457E-05	0.921	0.461	0.812	2.054	1.812	2.054	70	0.46
80	39609.437	5.558E-05	0.959	0.480	0.846	2.092	1.846	2.092	80	0.48
90	39777.313	5.649E-05	0.993	0.497	0.876	2.126	1.876	2.126	90	0.50
100	39919.887	5.731E-05	1.024	0.512	0.904	2.157	1.904	2.157	100	0.51
180	40597.956	6.202E-05	1.201	0.601	1.060	2.334	2.060	2.334	180	0.60
200	40700.797	6.288E-05	1.233	0.617	1.088	2.367	2.088	2.367	200	0.62
300	41051.619	6.616E-05	1.357	0.679	1.198	2.490	2.198	2.490	300	0.68
365	41198.307	6.772E-05	1.416	0.709	1.249	2.549	2.249	2.549	365	0.71
400	41262.187	6.844E-05	1.443	0.722	1.273	2.576	2.273	2.576	400	0.72
500	41406.505	7.013E-05	1.506	0.754	1.329	2.640	2.329	2.640	500	0.76
600	41513.360	7.146E-05	1.556	0.779	1.373	2.690	2.373	2.690	600	0.78
700	41596.598	7.253E-05	1.597	0.799	1.409	2.730	2.409	2.730	700	0.80
800	41663.816	7.341E-05	1.630	0.816	1.438	2.763	2.438	2.763	800	0.82
900	41719.576	7.415E-05	1.658	0.830	1.463	2.791	2.463	2.791	900	0.83
1000	41766.805	7.479E-05	1.682	0.842	1.484	2.815	2.484	2.815	1000	0.84
2000	42023.467	7.823E-05	1.811	0.907	1.599	2.945	2.599	2.945	2000	0.91
3000	42137.676	7.967E-05	1.865	0.934	1.646	2.999	2.646	2.999	3000	0.94
4000	42205.905	8.046E-05	1.895	0.948	1.672	3.028	2.672	3.028	4000	0.95
5000	42252.531	8.096E-05	1.914	0.958	1.689	3.047	2.689	3.047	5000	0.96
6000	42286.981	8.130E-05	1.927	0.964	1.700	3.060	2.700	3.060	6000	0.97
7000	42313.776	8.155E-05	1.936	0.969	1.709	3.070	2.709	3.070	7000	0.97
8000	42335.386	8.175E-05	1.944	0.973	1.715	3.077	2.715	3.077	8000	0.98
9000	42353.295	8.190E-05	1.949	0.976	1.720	3.083	2.720	3.083	9000	0.98
10000	42368.451	8.202E-05	1.954	0.978	1.724	3.087	2.724	3.087	10000	0.98
20000	42450.612	8.260E-05	1.976	0.989	1.743	3.109	2.743	3.109	20000	0.99
30000	42487.061	8.279E-05	1.983	0.992	1.750	3.116	2.750	3.116	30000	0.99
40000	42508.804	8.289E-05	1.987	0.994	1.753	3.120	2.753	3.120	40000	1.00
50000	42523.648	8.295E-05	1.989	0.995	1.755	3.122	2.755	3.122	50000	1.00
60000	42534.609	8.299E-05	1.990	0.996	1.757	3.124	2.757	3.124	60000	1.00
70000	42543.130	8.302E-05	1.992	0.997	1.758	3.125	2.758	3.125	70000	1.00
80000	42550.000	8.304E-05	1.992	0.997	1.758	3.126	2.758	3.126	80000	1.00
90000	42555.691	8.306E-05	1.993	0.997	1.759	3.126	2.759	3.126	90000	1.00
100000	42560.506	8.307E-05	1.994	0.998	1.759	3.127	2.759	3.127	100000	1.00

**Girder
Shrinkage**

$f_{ck} = 45.65$ MPa
 $A = 243800$ mm²
 $p = 1615$ mm
 $h_0 = 301.9$ mm
 $RH = 75$ %
 $t' = 7$ days
 $e_{cs0} = -3.062E-04$
 $b_{RH} = -0.8961$
 $es(f_{cm}) = 3.418E-04$
 $bsc = 5.00$

$f_{voo} = -3.015E-04$

$t' \rightarrow$

t	e cs (t,t')	bs (t-t')	Graph		
[days]	[/]	[/]	e cs (t,t')	t	% developed
7	0.00E+00	0.000	0.000E+00	1	0.00
1	-	-	0.000E+00	2	0.00
2	-	-	0.000E+00	3	0.00
3	-	-	0.000E+00	7	0.00
7	0.00E+00	0.000	0.000E+00	7	0.00
10	-9.39E-06	0.031	-9.386E-06	10	0.03
14	-1.43E-05	0.047	-1.433E-05	14	0.05
20	-1.95E-05	0.064	-1.951E-05	20	0.06
28	-2.48E-05	0.081	-2.476E-05	28	0.08
30	-2.59E-05	0.085	-2.591E-05	30	0.09
40	-3.10E-05	0.101	-3.099E-05	40	0.10
50	-3.53E-05	0.115	-3.532E-05	50	0.12
60	-3.91E-05	0.128	-3.915E-05	60	0.13
70	-4.26E-05	0.139	-4.261E-05	70	0.14
80	-4.58E-05	0.150	-4.580E-05	80	0.15
90	-4.88E-05	0.159	-4.876E-05	90	0.16
100	-5.15E-05	0.168	-5.154E-05	100	0.17
180	-6.95E-05	0.227	-6.945E-05	180	0.23
200	-7.31E-05	0.239	-7.314E-05	200	0.24
300	-8.88E-05	0.290	-8.882E-05	300	0.29
365	-9.73E-05	0.318	-9.727E-05	365	0.32
400	-1.01E-04	0.331	-1.014E-04	400	0.34
500	-1.12E-04	0.366	-1.120E-04	500	0.37
600	-1.21E-04	0.396	-1.212E-04	600	0.40
700	-1.29E-04	0.422	-1.294E-04	700	0.43
800	-1.37E-04	0.446	-1.366E-04	800	0.45
900	-1.43E-04	0.468	-1.432E-04	900	0.48
1000	-1.49E-04	0.487	-1.492E-04	1000	0.49
2000	-1.90E-04	0.620	-1.899E-04	2000	0.63
3000	-2.13E-04	0.696	-2.131E-04	3000	0.71
4000	-2.28E-04	0.746	-2.283E-04	4000	0.76
5000	-2.39E-04	0.781	-2.392E-04	5000	0.79
6000	-2.47E-04	0.808	-2.474E-04	6000	0.82
7000	-2.54E-04	0.829	-2.538E-04	7000	0.84
8000	-2.59E-04	0.845	-2.589E-04	8000	0.86
9000	-2.63E-04	0.859	-2.631E-04	9000	0.87
10000	-2.67E-04	0.871	-2.666E-04	10000	0.88
20000	-2.84E-04	0.929	-2.844E-04	20000	0.94
30000	-2.91E-04	0.951	-2.911E-04	30000	0.97
40000	-2.95E-04	0.962	-2.947E-04	40000	0.98
50000	-2.97E-04	0.970	-2.969E-04	50000	0.98
60000	-2.98E-04	0.974	-2.984E-04	60000	0.99
70000	-2.99E-04	0.978	-2.995E-04	70000	0.99
80000	-3.00E-04	0.981	-3.003E-04	80000	1.00
90000	-3.01E-04	0.983	-3.010E-04	90000	1.00
100000	-3.01E-04	0.984	-3.015E-04	100000	1.00

Slab
Creep

fck = 33.2 MPa
A = 156000 mm^2
p = 846 mm
h0 = 368.8 mm
RH = 75 %
t' = 28 days
Ec 28 = 34467.1 MPa
E (t') = 34467.057 MPa
f₀ = 1.724
f_{RH} = 1.352
b(fcm) = 2.611
b(t') = 0.488
bH = 886.22
s = 0.25

f_∞ = 1.719
f_∞ = 1.719

t' ->

t	E(t)	J (t,t')	f (t,t')	bc (t-t')	fv (t,t')	Ec28 * J (t,t')	E(t') * J (t,t')	Graph		
[days]	[Mpa]	[Mpa ⁻¹]	[/]	[/]	[/]	[/]	[/]	Ec28 * J (t,t')	t	% developed
28	34467.057	2.901E-05	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1	0.00
1	20157.293	-	-	-	-	-	-	0.000	2	0.00
2	24466.304	-	-	-	-	-	-	0.000	3	0.00
3	26658.890	-	-	-	-	-	-	0.000	7	0.00
7	30417.071	-	-	-	-	-	-	0.000	10	0.00
10	31684.861	-	-	-	-	-	-	0.000	14	0.00
14	32727.879	-	-	-	-	-	-	0.000	20	0.00
20	33686.663	-	-	-	-	-	-	0.000	28	0.00
28	34467.057	2.901E-05	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	28	0.00
30	34613.456	3.705E-05	0.277	0.161	0.277	1.277	1.277	1.277	30	0.16
40	35178.021	4.272E-05	0.472	0.274	0.472	1.472	1.472	1.472	40	0.27
50	35568.576	4.540E-05	0.565	0.328	0.565	1.565	1.565	1.565	50	0.33
60	35859.651	4.729E-05	0.630	0.365	0.630	1.630	1.630	1.630	60	0.37
70	36087.518	4.877E-05	0.681	0.395	0.681	1.681	1.681	1.681	70	0.40
80	36272.250	5.001E-05	0.724	0.420	0.724	1.724	1.724	1.724	80	0.42
90	36425.982	5.108E-05	0.761	0.441	0.761	1.761	1.761	1.761	90	0.44
100	36556.544	5.202E-05	0.793	0.460	0.793	1.793	1.793	1.793	100	0.46
180	37177.485	5.712E-05	0.969	0.562	0.969	1.969	1.969	1.969	180	0.56
200	37271.661	5.802E-05	1.000	0.580	1.000	2.000	2.000	2.000	200	0.58
300	37592.925	6.140E-05	1.116	0.647	1.116	2.116	2.116	2.116	300	0.65
365	37727.254	6.299E-05	1.171	0.679	1.171	2.171	2.171	2.171	365	0.68
400	37785.752	6.372E-05	1.196	0.694	1.196	2.196	2.196	2.196	400	0.70
500	37917.911	6.544E-05	1.256	0.728	1.256	2.256	2.256	2.256	500	0.73
600	38015.764	6.679E-05	1.302	0.755	1.302	2.302	2.302	2.302	600	0.76
700	38091.989	6.788E-05	1.340	0.777	1.340	2.340	2.340	2.340	700	0.78
800	38153.543	6.878E-05	1.371	0.795	1.371	2.371	2.371	2.371	800	0.80
900	38204.605	6.954E-05	1.397	0.810	1.397	2.397	2.397	2.397	900	0.81
1000	38247.855	7.020E-05	1.419	0.823	1.419	2.419	2.419	2.419	1000	0.83
2000	38482.892	7.376E-05	1.542	0.895	1.542	2.542	2.542	2.542	2000	0.90
3000	38587.479	7.527E-05	1.594	0.925	1.594	2.594	2.594	2.594	3000	0.93
4000	38649.960	7.610E-05	1.623	0.941	1.623	2.623	2.623	2.623	4000	0.94
5000	38692.657	7.663E-05	1.641	0.952	1.641	2.641	2.641	2.641	5000	0.95
6000	38724.205	7.700E-05	1.654	0.959	1.654	2.654	2.654	2.654	6000	0.96
7000	38748.742	7.727E-05	1.663	0.965	1.663	2.663	2.663	2.663	7000	0.97
8000	38768.532	7.748E-05	1.670	0.969	1.670	2.670	2.670	2.670	8000	0.97
9000	38784.932	7.764E-05	1.676	0.972	1.676	2.676	2.676	2.676	9000	0.97
10000	38798.811	7.777E-05	1.681	0.975	1.681	2.681	2.681	2.681	10000	0.98
20000	38874.049	7.839E-05	1.702	0.987	1.702	2.702	2.702	2.702	20000	0.99
30000	38907.428	7.860E-05	1.709	0.991	1.709	2.709	2.709	2.709	30000	0.99
40000	38927.339	7.871E-05	1.713	0.993	1.713	2.713	2.713	2.713	40000	1.00
50000	38940.933	7.877E-05	1.715	0.995	1.715	2.715	2.715	2.715	50000	1.00
60000	38950.970	7.881E-05	1.716	0.996	1.716	2.716	2.716	2.716	60000	1.00
70000	38958.773	7.884E-05	1.718	0.996	1.718	2.718	2.718	2.718	70000	1.00
80000	38965.064	7.887E-05	1.718	0.997	1.718	2.718	2.718	2.718	80000	1.00
90000	38970.276	7.889E-05	1.719	0.997	1.719	2.719	2.719	2.719	90000	1.00
100000	38974.685	7.890E-05	1.719	0.997	1.719	2.719	2.719	2.719	100000	1.00

**Slab
Shrinkage**

fck = 33.2 MPa
A = 156000 mm²
p = 846 mm
h0 = 368.8 mm
RH = 75 %
t' = 28 days
e_{cs0} = -3.620E-04
b_{RH} = -0.8961
es(fcm) = 4.040E-04
bsc = 5.00

f_{v∞} = -3.537E-04

t' ->

t	e cs (t,t')	bs (t-t')	Graph		
[days]	[/]	[/]	e cs (t,t')	t	% developed
28	0.00E+00	0.000	0.000E+00	1	0.00
1	-	-	0.000E+00	2	0.00
2	-	-	0.000E+00	3	0.00
3	-	-	0.000E+00	7	0.00
7	-	-	0.000E+00	10	0.00
10	-	-	0.000E+00	14	0.00
14	-	-	0.000E+00	20	0.00
20	-	-	0.000E+00	28	0.00
28	0.00E+00	0.000	0.000E+00	28	0.00
30	-7.42E-06	0.020	-7.419E-06	30	0.02
40	-1.82E-05	0.050	-1.815E-05	40	0.05
50	-2.46E-05	0.068	-2.455E-05	50	0.07
60	-2.96E-05	0.082	-2.958E-05	60	0.08
70	-3.39E-05	0.094	-3.386E-05	70	0.10
80	-3.76E-05	0.104	-3.763E-05	80	0.11
90	-4.10E-05	0.113	-4.105E-05	90	0.12
100	-4.42E-05	0.122	-4.419E-05	100	0.12
180	-6.37E-05	0.176	-6.368E-05	180	0.18
200	-6.76E-05	0.187	-6.760E-05	200	0.19
300	-8.42E-05	0.232	-8.417E-05	300	0.24
365	-9.31E-05	0.257	-9.308E-05	365	0.26
400	-9.75E-05	0.269	-9.747E-05	400	0.28
500	-1.09E-04	0.300	-1.087E-04	500	0.31
600	-1.19E-04	0.328	-1.186E-04	600	0.34
700	-1.27E-04	0.352	-1.273E-04	700	0.36
800	-1.35E-04	0.374	-1.352E-04	800	0.38
900	-1.42E-04	0.393	-1.424E-04	900	0.40
1000	-1.49E-04	0.412	-1.491E-04	1000	0.42
2000	-1.96E-04	0.541	-1.959E-04	2000	0.55
3000	-2.24E-04	0.620	-2.244E-04	3000	0.63
4000	-2.44E-04	0.674	-2.442E-04	4000	0.69
5000	-2.59E-04	0.715	-2.588E-04	5000	0.73
6000	-2.70E-04	0.746	-2.701E-04	6000	0.76
7000	-2.79E-04	0.771	-2.791E-04	7000	0.79
8000	-2.86E-04	0.791	-2.865E-04	8000	0.81
9000	-2.93E-04	0.808	-2.926E-04	9000	0.83
10000	-2.98E-04	0.823	-2.978E-04	10000	0.84
20000	-3.25E-04	0.899	-3.253E-04	20000	0.92
30000	-3.36E-04	0.929	-3.363E-04	30000	0.95
40000	-3.42E-04	0.945	-3.422E-04	40000	0.97
50000	-3.46E-04	0.956	-3.459E-04	50000	0.98
60000	-3.48E-04	0.963	-3.485E-04	60000	0.99
70000	-3.50E-04	0.968	-3.503E-04	70000	0.99
80000	-3.52E-04	0.972	-3.517E-04	80000	0.99
90000	-3.53E-04	0.975	-3.528E-04	90000	1.00
100000	-3.54E-04	0.977	-3.537E-04	100000	1.00

X = 6.35 m - MIDPSAN

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending Moment 1 (kN.m)	Shear Force 2 (kN)	Bending Moment 2 (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 42: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	26	314	-2	0
Beam 42: End 1: 2: permanenti portati	0	0	32	377	-2	0
Beam 42: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 42: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 42: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 42: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 42: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 42: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	31	374	-2	0
Beam 42: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	40	475	-2	0
Beam 42: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	6	0	0
Beam 42: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 42: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	98	1153	-38	0
Beam 42: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	58	678	-39	0
Beam 42: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	0	335	-2	0
Beam 42: End 2: 2: permanenti portati	0	0	0	402	-2	0
Beam 42: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 42: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 42: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 42: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 42: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 42: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	0	399	-2	0
Beam 42: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	0	507	-2	0
Beam 42: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	0	0	0
Beam 42: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 42: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	0	1231	-38	0
Beam 42: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	0	724	-39	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2438	cm2
p (moist perimeter) =	162	cm
y (G) c (centroid height) =	22.80	cm
J c (moment of inertia) =	492900	cm4
h c (cross section height) =	50.00	cm
s w (web thickness) =	47.70	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	18121	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	21618	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	85	cm
y (G) s (centroid height) =	63.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	63.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = $22000 \times [f_{cm}/10]^{\wedge}0.3$ =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = $0.30 \times f_{ck}^{\wedge}2/3$ =	3.80	Mpa
fctk = $0.70 \times f_{ctm}$ =	2.66	Mpa
fc (compression) = $0.6 \times f_{ck}$ =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = $f_{ctm}/1.20$ =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = $0.5 \times f_{ctm}$ =	1.90	Mpa
$\gamma_{Mc,red1}$ =	1.40	-
α_{cc} =	0.85	-
fcd = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1}$ =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.13
Es / Ecg	n =	17.37
Es / Ecs	n =	17.15

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1718.47	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	100716	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2542.83	cm2
y (G)c id =	22.42	cm
J id c =	517089	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	18748	cm3
W bot c id =	23064	cm3
W eq cable id =	58441	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2751.80	cm2
y (G) c id =	21.75	cm
J id c =	563366	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	19940	cm3
W bot c id =	25905	cm3
W eq cable id =	68903	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	4031.46	cm2
y(G) (g+s) id =	37.40	cm
J id (g+s) c =	2148504	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	170571	cm3
W g bot (g+s) id =	57440	cm3
W g eq cable (g+s) id =	90150	cm3
W s bot (g+s) id =	170571	cm3
W s top (g+s) id =	55667	cm4
W s reinf top (g+s) id =	62103	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	129459	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	4332.60	cm2
y(G) (g+s) id =	36.80	cm
J id (g+s) c =	2364623	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	179125	cm3
W g bot (g+s) id =	64258	cm3
W g eq cable (g+s) id =	101802	cm3
W s bot (g+s) id =	179125	cm3
W s top (g+s) id =	60321	cm4
W s reinf top (g+s) id =	67175	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	137470	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	19.460	cm2
y(G) p =	13.571	cm
J p =	2901.53	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	43.00	0	2.78	119.54	2407.59
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	0	5.56	66.72	13.73
level 8 (bottom)	8	7.00	0	11.12	77.84	480.20

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 79.93	100.00%	0.00%	0.00%
shrinkage	total 58.79	0.00%	33.33%	66.67%
creep	total 107.06	0.00%	33.33%	66.67%
steel strands relaxation	total 69.01	33.33%	33.33%	33.33%
Δσ not corrected for creep and shrinkage		23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage		62.20	20.73	18.46

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	123	-1	123
slab selfweight	1.00	0	78	0	78
superimposed dead loads	1.00	-1	241	-1	241
traffic loads	1.00	-1	239	-1	239
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-2724	-241
Initial prestressing (LT)	-2724	-223
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519
		133

STRESS CHECK

	N	M	σ g bot	σ eq cable	σ g top	σ s bot	σ s rebar bot	σ s rebar top	σ s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	13.57	50.00	50.00	54.00	72.00	76.00
initial prestressing	-2724.4	-241.1	-21.166	-14.839	2.143				
stress losses - steel relaxation (A)	44.8	4.0	0.348	0.244	-0.035				
girder selfweight	-0.7	122.6	5.311	2.094	-6.541				
t = first loading, strands cutting (A)	-2680.4	-114.5	-15.506	-12.501	-4.432				
stress losses - steel relaxation (B)	40.3	3.6	0.313	0.220	-0.032				
stress losses - creep (B)	69.4	6.1	0.540	0.378	-0.055				
stress losses - shrinkage (B)	38.1	3.4	0.296	0.208	-0.030				
slab selfweight	-0.5	78.4	3.399	1.340	-4.185				
t = slab hardening (B)	-2532.9	-23.0	-10.959	-10.355	-8.734				
superimposed dead loads	-1.2	241.2	4.196	2.673	-1.417	-1.304	-1.717	-3.575	-3.989
traffic loads	-1.2	239.4	4.165	2.653	-1.406	-1.294	-1.704	-3.549	-3.959
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	133.0	1.026	0.186	-2.068	-1.902	-2.130	-3.155	-3.383
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-3054.8	590.6	-1.571	-4.843	-13.625	-1.290	-2.340	-7.069	-8.120
(rebar stress at the same height):							-14.760	-44.580	
initial prestressing	-2724.4	-222.8	-18.499	-13.133	1.270				
stress losses - steel relaxation (A)	44.8	4.0	0.316	0.220	-0.036				
girder selfweight	-0.7	122.6	4.729	1.776	-6.149				
stress losses - steel relaxation (B)	40.3	3.6	0.284	0.198	-0.032				
stress losses - creep (B)	69.4	6.1	0.490	0.342	-0.056				
stress losses - shrinkage (B)	38.1	3.4	0.269	0.188	-0.031				
slab selfweight	-0.5	78.4	3.026	1.137	-3.935				
stress losses - steel relaxation (D)	35.9	8.6	0.216	0.167	0.035	0.032	0.019	-0.041	-0.054
stress losses - creep (D)	138.9	33.1	0.836	0.646	0.136	0.125	0.073	-0.158	-0.210
stress losses - shrinkage (D)	76.3	18.2	0.459	0.355	0.075	0.069	0.040	-0.087	-0.115
superimposed dead loads	-1.2	241.2	3.751	2.367	-1.349	-1.241	-1.617	-3.306	-3.681
traffic loads	-1.2	239.4	4.165	2.653	-1.406	-1.294	-1.704	-3.549	-3.959
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	133.0	1.026	0.186	-2.068	-1.902	-2.130	-3.155	-3.383
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-0.930	0.089	2.824	-2.944	-2.385	0.133	0.692
t = long term (D)			0.137	-2.811	-10.723	-3.946	-4.492	-6.952	-7.499
(rebar stress at the same height):							-28.331	-43.845	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	63.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2543 cm ²
J =	5.17E+05 cm ⁴
y(G)=	22.42 cm
EA=	9.21E+06 kN
EJ=	1.87E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-2533 kN
M =	-23 kNm
ε =	-2.75E-04 []
χ =	-1.23E-04 [m-1]

$$y(\text{interface})-y(\text{G tr}) =$$

$$0.2758 \text{ m}$$

$$y(\text{G sol})-y(\text{interface}) =$$

$$0.1300 \text{ m}$$

creep

$$\Delta\phi \text{ creep g (t=infinite)}-(\text{t=slab hardening}) = 1.1162$$

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-3.07E-04 []
χ =	-1.37E-04 [m-1]

differential shrinkage

$$\varepsilon_{\text{sh s (t=infinite)}} - \varepsilon_{\text{sh g (t=slab hardening)}} = -9.14E-05$$

deformation imposed to girder

ε =	-2.16E-04 []
χ =	-1.37E-04 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cc} \mathbf{A} & \mathbf{x} \end{array} + \begin{array}{cc} \mathbf{x} & \mathbf{b} \end{array} = \mathbf{0} \\
 \begin{array}{cc} 1.285E-06 & -2.969E-06 \\ -2.969E-06 & 3.951E-05 \end{array} \left\| \begin{array}{c} \mathbf{x} \end{array} \right\| \begin{array}{cc} \mathbf{X1e} & \mathbf{X2e} \end{array} + \begin{array}{cc} -2.16E-04 & 1.37E-04 \end{array} \left\| \begin{array}{c} \mathbf{b} \end{array} \right\| \begin{array}{cc} \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{array} \\
 \mathbf{x} = \mathbf{A^{-1}} \times \mathbf{-b} \\
 \begin{array}{cc} \mathbf{X1e} & \mathbf{X2e} \end{array} = \left\| \begin{array}{cc} 9.417E+05 & 7.075E+04 \\ 7.075E+04 & 3.062E+04 \end{array} \right\| \times \begin{array}{cc} 2.16E-04 & -1.37E-04 \end{array} \left\| \begin{array}{c} \mathbf{b} \end{array} \right\| \begin{array}{cc} 193.5 & 11.1 \end{array} \left\| \begin{array}{c} \mathbf{KN} & \mathbf{KNm} \end{array} \right\|
 \end{array}$$

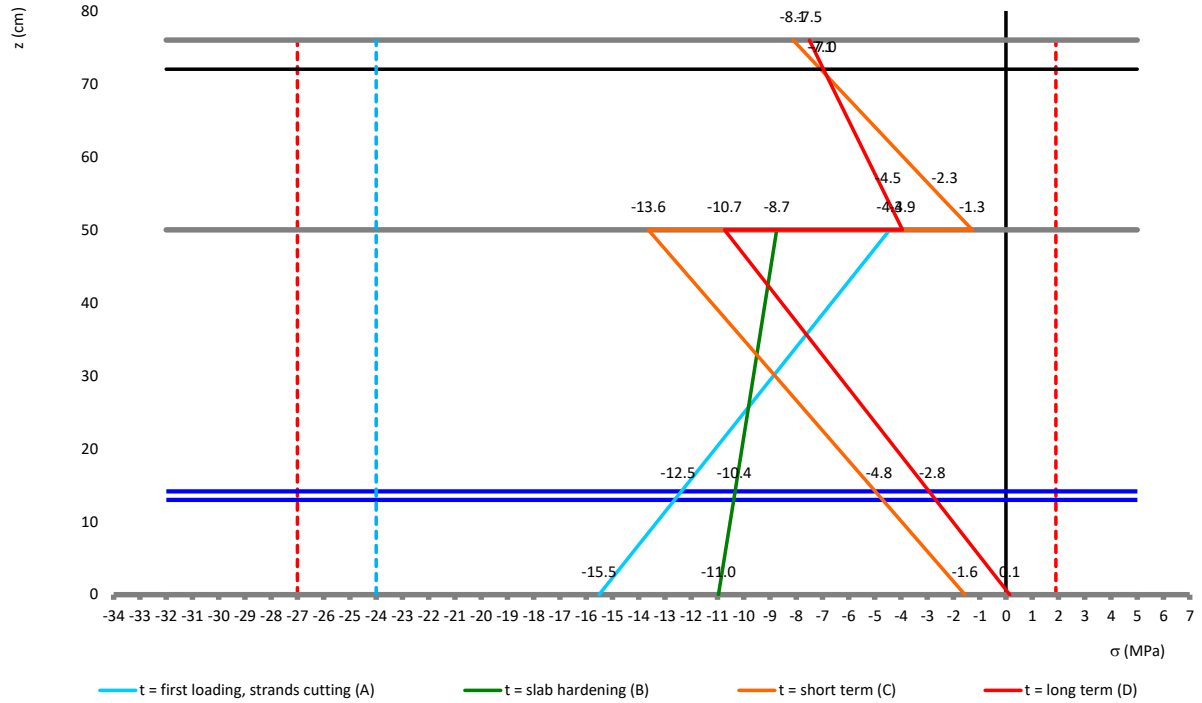
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-193.5 KN
M S =	-14.1 KNm
σ s bot =	-2.944 Mpa
σ s rebar bot =	-2.385 Mpa
σ s rebar top =	0.133 Mpa
σ s top =	0.692 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	193.5 KN
M S =	-42.3 KNm
σ g bot =	-0.930 Mpa
σ g eq cable =	0.089 Mpa
σ g top =	2.824 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 9.50 m - 3/4 SPAN - inner

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending Moment 1 (kN.m)	Shear Force 2 (kN)	Bending Moment 2 (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 85: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-26	314	-2	0
Beam 85: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-32	377	-2	0
Beam 85: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 85: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 85: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 85: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-31	374	-2	0
Beam 85: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-40	475	-2	0
Beam 85: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-6	0	0
Beam 85: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 85: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-26	1153	-38	0
Beam 85: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-26	678	-39	0
Beam 85: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-53	251	-2	0
Beam 85: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-64	301	-2	0
Beam 85: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 85: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 85: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 85: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-63	299	-2	0
Beam 85: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-80	380	-2	0
Beam 85: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-13	0	0
Beam 85: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 85: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-53	919	-38	0
Beam 85: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-53	539	-39	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2438	cm2
p (moist perimeter) =	162	cm
y (G) c (centroid height) =	22.80	cm
J c (moment of inertia) =	492900	cm4
h c (cross section height) =	50.00	cm
s w (web thickness) =	47.70	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	18121	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	21618	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	85	cm
y (G) s (centroid height) =	63.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	63.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = $22000 \times [f_{cm}/10]^{\wedge} 0.3$ =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = $0.30 \times f_{ck}^{\wedge} 2/3$ =	3.80	Mpa
fctk = $0.70 \times f_{ctm}$ =	2.66	Mpa
fc (compression) = $0.6 \times f_{ck}$ =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = $f_{ctm}/1.20$ =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = $0.5 \times f_{ctm}$ =	1.90	Mpa
$\gamma_{Mc,red1}$ =	1.40	-
α_{cc} =	0.85	-
fcd = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1}$ =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.13
Es / Ecg	n =	17.37
Es / Ecs	n =	17.15

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1718.47	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	100716	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2542.83	cm2
y (G)c id =	22.42	cm
J id c =	517089	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	18748	cm3
W bot c id =	23064	cm3
W eq cable id =	58441	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2751.80	cm2
y (G) c id =	21.75	cm
J id c =	563366	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	19940	cm3
W bot c id =	25905	cm3
W eq cable id =	68903	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	4031.46	cm2
y(G) (g+s) id =	37.40	cm
J id (g+s) c =	2148504	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	170571	cm3
W g bot (g+s) id =	57440	cm3
W g eq cable (g+s) id =	90150	cm3
W s bot (g+s) id =	170571	cm3
W s top (g+s) id =	55667	cm4
W s reinf top (g+s) id =	62103	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	129459	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	4332.60	cm2
y(G) (g+s) id =	36.80	cm
J id (g+s) c =	2364623	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	179125	cm3
W g bot (g+s) id =	64258	cm3
W g eq cable (g+s) id =	101802	cm3
W s bot (g+s) id =	179125	cm3
W s top (g+s) id =	60321	cm4
W s reinf top (g+s) id =	67175	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	137470	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	19.460	cm2
y(G) p =	13.571	cm
J p =	2901.53	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	43.00	0	2.78	119.54	2407.59
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	0	5.56	66.72	13.73
level 8 (bottom)	8	7.00	0	11.12	77.84	480.20

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 79.93	100.00%	0.00%	0.00%
shrinkage	total 58.79	0.00%	33.33%	66.67%
creep	total 105.41	0.00%	33.33%	66.67%
steel strands relaxation	total 69.01	33.33%	33.33%	33.33%
Δσ not corrected for creep and shrinkage	69.01	23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage	62.26	23.00	20.75	18.51

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	92	-1	92
slab selfweight	1.00	0	59	0	59
superimposed dead loads	1.00	-1	181	-1	181
traffic loads	1.00	-1	179	-1	179
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-2724	-241
Initial prestressing (LT)	-2724	-223
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519
		133

STRESS CHECK

	N	M	σ c g bot	σ c eq cable	σ c g top	σ c s bot	σ c s rebar bot	σ c s rebar top	σ c s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	13.57	50.00	50.00	54.00	72.00	76.00
initial prestressing	-2724.4	-241.1	-21.166	-14.839	2.143				
stress losses - steel relaxation (A)	44.8	4.0	0.348	0.244	-0.035				
girder selfweight	-0.7	91.8	3.979	1.569	-4.901				
t = first loading, strands cutting (A)	-2680.4	-145.3	-16.839	-13.027	-2.793				
stress losses - steel relaxation (B)	40.4	3.6	0.314	0.220	-0.032				
stress losses - creep (B)	68.4	6.1	0.531	0.372	-0.054				
stress losses - shrinkage (B)	38.1	3.4	0.296	0.208	-0.030				
slab selfweight	-0.5	58.8	2.546	1.004	-3.136				
t = slab hardening (B)	-2533.9	-73.5	-13.152	-11.223	-6.045				
superimposed dead loads	-1.2	180.6	3.141	2.000	-1.062	-0.977	-1.286	-2.678	-2.987
traffic loads	-1.2	179.4	3.120	1.987	-1.055	-0.970	-1.277	-2.660	-2.967
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	133.0	1.026	0.186	-2.068	-1.902	-2.130	-3.155	-3.383
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-3055.8	419.5	-5.864	-7.049	-10.229	-0.639	-1.484	-5.283	-6.127
(rebar stress at the same height):							-9.356	-33.314	
initial prestressing	-2724.4	-222.8	-18.499	-13.133	1.270				
stress losses - steel relaxation (A)	44.8	4.0	0.316	0.220	-0.036				
girder selfweight	-0.7	91.8	3.543	1.330	-4.608				
stress losses - steel relaxation (B)	40.4	3.6	0.285	0.199	-0.032				
stress losses - creep (B)	68.4	6.1	0.482	0.336	-0.055				
stress losses - shrinkage (B)	38.1	3.4	0.269	0.188	-0.031				
slab selfweight	-0.5	58.8	2.267	0.851	-2.949				
stress losses - steel relaxation (D)	36.0	8.6	0.217	0.167	0.035	0.032	0.019	-0.041	-0.054
stress losses - creep (D)	136.8	32.6	0.823	0.636	0.134	0.123	0.072	-0.156	-0.207
stress losses - shrinkage (D)	76.3	18.2	0.459	0.355	0.075	0.069	0.040	-0.087	-0.115
superimposed dead loads	-1.2	180.6	2.808	1.771	-1.011	-0.930	-1.211	-2.476	-2.757
traffic loads	-1.2	179.4	3.120	1.987	-1.055	-0.970	-1.277	-2.660	-2.967
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	133.0	1.026	0.186	-2.068	-1.902	-2.130	-3.155	-3.383
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-1.137	-0.037	2.916	-3.654	-2.838	0.833	1.649
t = long term (D)			-4.023	-4.944	-7.415	-4.023	-4.115	-4.531	-4.624
(rebar stress at the same height):							-25.953	-28.575	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

statical values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm2
J =	8.79E+04 cm4
y(G)=	63.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm2

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2543 cm2
J =	5.17E+05 cm4
y(G)=	22.42 cm
EA=	9.21E+06 kN
EJ=	1.87E+05 kNm2

girder deformation (B)

N =	-2534 kN
M =	-73 kNm
ε =	-2.75E-04 []
χ =	-3.93E-04 [m-1]

$$y(\text{interface}) - y(\text{G tr}) =$$

0.2758 m

$$y(\text{G sol}) - y(\text{interface}) =$$

0.1300 m

creep

$$\Delta \phi \text{ creep g (t=infinite) - (t=slab hardening) } = 1.1162$$

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-3.07E-04 []
χ =	-4.38E-04 [m-1]

differential shrinkage

$$\epsilon_{sh s} (t=\text{infinite}) - \epsilon_{sh g} (t=\text{slab hardening}) = -9.14E-05$$

deformation imposed to girder

ε =	-2.16E-04 []
χ =	-4.38E-04 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{A} \quad \times \quad \mathbf{x} \quad + \quad \mathbf{b} \quad = \quad \mathbf{0} \\
 \begin{array}{|c|c|} \hline 1.285E-06 & -2.969E-06 \\ \hline -2.969E-06 & 3.951E-05 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline X1e \\ \hline X2e \\ \hline \end{array} + \begin{array}{|c|} \hline -2.16E-04 \\ \hline 4.38E-04 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline 0 \\ \hline \end{array} \\
 \mathbf{x} \quad = \quad \mathbf{A^{-1}} \quad \times \quad \mathbf{-b} \\
 \begin{array}{|c|c|} \hline X1e \\ \hline X2e \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline 9.417E+05 & 7.075E+04 \\ \hline 7.075E+04 & 3.062E+04 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline 2.16E-04 \\ \hline -4.38E-04 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|} \hline 172.3 \\ \hline 1.9 \\ \hline \end{array} \begin{array}{|c|} \hline \text{KN} \\ \hline \text{KNm} \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

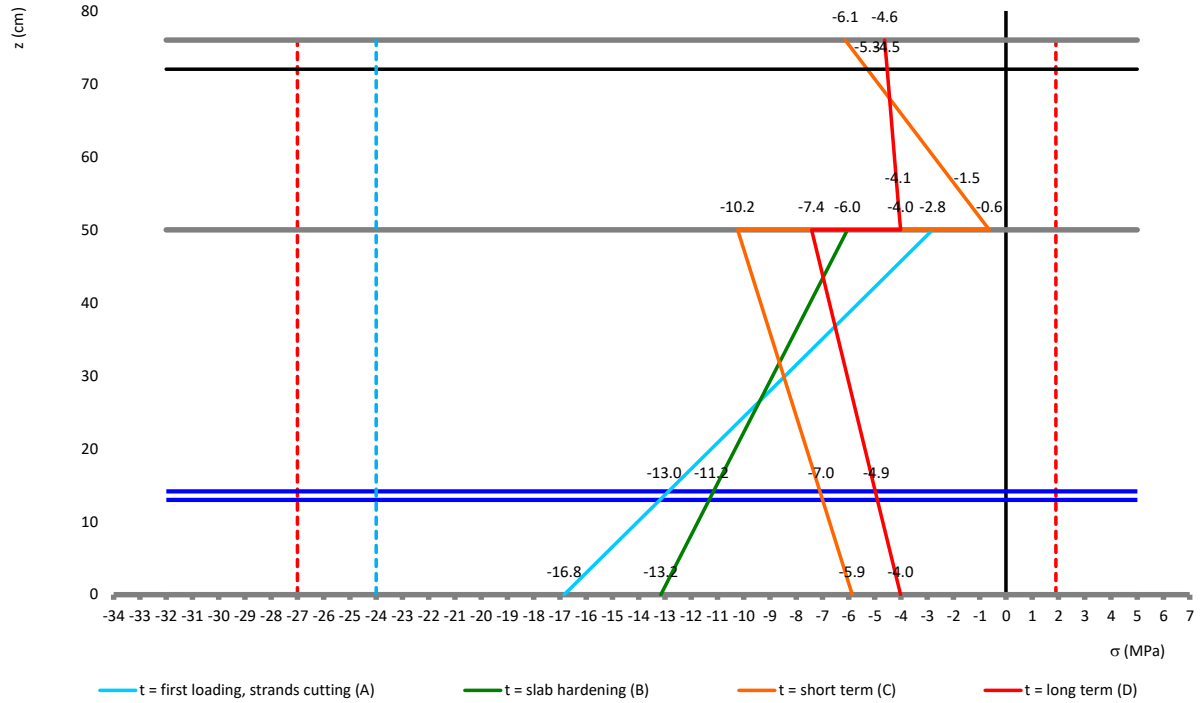
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-172.3 KN
M S =	-20.5 KNm
σ s bot =	-3.654 Mpa
σ s rebar bot =	-2.838 Mpa
σ s rebar top =	0.833 Mpa
σ s top =	1.649 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	172.3 KN
M S =	-45.7 KNm
σ g bot =	-1.137 Mpa
σ g eq cable =	-0.037 Mpa
σ g top =	2.916 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 9.50 m - 3/4 SPAN - outer

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending Moment 1 (kN.m)	Shear Force 2 (kN)	Bending Moment 2 (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 85: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-26	314	-2	0
Beam 85: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-32	377	-2	0
Beam 85: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 85: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 85: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 85: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-31	374	-2	0
Beam 85: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-40	475	-2	0
Beam 85: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-6	0	0
Beam 85: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 85: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-26	1153	-38	0
Beam 85: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-26	678	-39	0
Beam 85: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-53	251	-2	0
Beam 85: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-64	301	-2	0
Beam 85: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 85: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 85: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 85: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 85: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-63	299	-2	0
Beam 85: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-80	380	-2	0
Beam 85: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-13	0	0
Beam 85: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 85: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-53	919	-38	0
Beam 85: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-53	539	-39	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2438	cm2
p (moist perimeter) =	162	cm
y (G) c (centroid height) =	22.80	cm
J c (moment of inertia) =	492900	cm4
h c (cross section height) =	50.00	cm
s w (web thickness) =	47.70	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	18121	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	21618	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	85	cm
y (G) s (centroid height) =	63.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	63.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = $22000 \times [f_{cm}/10]^{\wedge}0.3$ =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = $0.30 \times f_{ck}^{\wedge}2/3$ =	3.80	Mpa
fctk = $0.70 \times f_{ctm}$ =	2.66	Mpa
fc (compression) = $0.6 \times f_{ck}$ =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = $f_{ctm}/1.20$ =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = $0.5 \times f_{ctm}$ =	1.90	Mpa
$\gamma_{Mc,red1}$ =	1.40	-
α_{cc} =	0.85	-
fcd = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1}$ =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.13
Es / Ecg	n =	17.37
Es / Ecs	n =	17.15

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1718.47	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	100716	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2527.85	cm2
y (G)c id =	22.51	cm
J id c =	513508	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	18680	cm3
W bot c id =	22812	cm3
W eq cable id =	65463	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2706.97	cm2
y (G) c id =	21.99	cm
J id c =	553455	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	19760	cm3
W bot c id =	25166	cm3
W eq cable id =	75555	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	4016.48	cm2
y(G) (g+s) id =	37.52	cm
J id (g+s) c =	2134609	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	171007	cm3
W g bot (g+s) id =	56897	cm3
W g eq cable (g+s) id =	93415	cm3
W s bot (g+s) id =	171007	cm3
W s top (g+s) id =	55469	cm4
W s reinf top (g+s) id =	61904	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	129507	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	4287.77	cm2
y(G) (g+s) id =	37.11	cm
J id (g+s) c =	2324399	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	180334	cm3
W g bot (g+s) id =	62634	cm3
W g eq cable (g+s) id =	103565	cm3
W s bot (g+s) id =	180334	cm3
W s top (g+s) id =	59769	cm4
W s reinf top (g+s) id =	66622	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	137625	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	16.680	cm2
y(G) p =	14.667	cm
J p =	2761.47	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	43.00	0	2.78	119.54	2231.72
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	0	5.56	66.72	39.54
level 8 (bottom)	8	7.00	2	8.34	58.38	490.21

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 64.84	100.00%	0.00%	0.00%
shrinkage	total 58.79	0.00%	33.33%	66.67%
creep	total 93.01	0.00%	33.33%	66.67%
steel strands relaxation	total 69.01	33.33%	33.33%	33.33%
Δσ not corrected for creep and shrinkage	69.01	23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage	62.77	23.00	20.92	18.85

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	92	-1	92
slab selfweight	1.00	0	59	0	59
superimposed dead loads	1.00	-1	181	-1	181
traffic loads	1.00	-1	179	-1	179
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-2335	-183
Initial prestressing (LT)	-2335	-171
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519
		132

STRESS CHECK

	N	M	σ c g bot	σ c eq cable	σ c g top	σ c s bot	σ c s rebar bot	σ c s rebar top	σ c s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	14.67	50.00	50.00	54.00	72.00	76.00
initial prestressing	-2335.2	-183.2	-17.268	-12.036	0.568				
stress losses - steel relaxation (A)	38.4	3.0	0.284	0.198	-0.009				
girder selfweight	-0.7	91.8	4.023	1.400	-4.919				
t = first loading, strands cutting (A)	-2297.6	-88.3	-12.961	-10.438	-4.360				
stress losses - steel relaxation (B)	34.9	2.7	0.258	0.180	-0.008				
stress losses - creep (B)	51.7	4.1	0.382	0.267	-0.013				
stress losses - shrinkage (B)	32.7	2.6	0.242	0.168	-0.008				
slab selfweight	-0.5	58.8	2.574	0.896	-3.148				
t = slab hardening (B)	-2178.7	-20.2	-9.505	-8.928	-7.537				
superimposed dead loads	-1.2	180.6	3.171	1.930	-1.059	-0.974	-1.286	-2.686	-2.998
traffic loads	-1.2	179.4	3.150	1.917	-1.052	-0.968	-1.277	-2.669	-2.978
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	132.4	1.033	0.124	-2.067	-1.902	-2.130	-3.157	-3.385
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-2700.6	472.2	-2.150	-4.956	-11.716	-0.634	-1.483	-5.302	-6.151
(rebar stress at the same height):							-9.349	-33.435	
initial prestressing	-2335.2	-171.1	-15.424	-10.891	0.030				
stress losses - steel relaxation (A)	38.4	3.0	0.261	0.182	-0.011				
girder selfweight	-0.7	91.8	3.646	1.213	-4.650				
stress losses - steel relaxation (B)	34.9	2.7	0.238	0.165	-0.010				
stress losses - creep (B)	51.7	4.1	0.352	0.245	-0.014				
stress losses - shrinkage (B)	32.7	2.6	0.223	0.155	-0.009				
slab selfweight	-0.5	58.8	2.333	0.776	-2.976				
stress losses - steel relaxation (D)	31.4	7.2	0.188	0.143	0.033	0.031	0.019	-0.032	-0.043
stress losses - creep (D)	103.4	23.6	0.619	0.469	0.110	0.101	0.064	-0.104	-0.142
stress losses - shrinkage (D)	65.4	14.9	0.391	0.297	0.070	0.064	0.040	-0.066	-0.090
superimposed dead loads	-1.2	180.6	2.881	1.741	-1.004	-0.924	-1.210	-2.496	-2.782
traffic loads	-1.2	179.4	3.150	1.917	-1.052	-0.968	-1.277	-2.669	-2.978
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	132.4	1.033	0.124	-2.067	-1.902	-2.130	-3.157	-3.385
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-0.783	0.122	2.302	-2.405	-1.943	0.135	0.596
t = long term (D)			-0.891	-3.343	-9.248	-2.792	-3.226	-5.179	-5.613
(rebar stress at the same height):							-20.345	-32.661	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	63.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2528 cm ²
J =	5.14E+05 cm ⁴
y(G)=	22.51 cm
EA=	9.15E+06 kN
EJ=	1.86E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-2179 kN
M =	-20 kNm
ε =	-2.38E-04 []
χ =	-1.09E-04 [m-1]

y(interface)-y(G tr) =	0.2749 m
y(G sol)-y(interface) =	0.1300 m

creep

Δφ creep g (t=infinite)-(t=slab hardening) =	1.1162
--	--------

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-2.66E-04 []
χ =	-1.21E-04 [m-1]

differential shrinkage

ε sh s (t=infinite) - ε sh g (t=slab hardening)=	-9.14E-05
--	-----------

deformation imposed to girder

ε =	-1.74E-04 []
χ =	-1.21E-04 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{ccccc}
 \mathbf{A} & & \mathbf{x} & \mathbf{x} & + & \mathbf{b} & = & \mathbf{0} \\
 1.286\text{E-}06 & -2.964\text{E-}06 & \left| \begin{array}{c} \mathbf{x} \end{array} \right| & \left| \begin{array}{c} \mathbf{X1e} \\ \mathbf{X2e} \end{array} \right| & + & \left| \begin{array}{c} -1.74\text{E-}04 \\ 1.21\text{E-}04 \end{array} \right| & = & \left| \begin{array}{c} 0 \\ 0 \end{array} \right|
 \end{array} \\
 \\
 \begin{array}{ccccc}
 \mathbf{x} & = & \mathbf{A-1} & \times & \mathbf{-b} \\
 \mathbf{X1e} & = & \left| \begin{array}{cc} 9.401\text{E+}05 & 7.044\text{E+}04 \\ 7.044\text{E+}04 & 3.056\text{E+}04 \end{array} \right| & \times & \left| \begin{array}{c} 1.74\text{E-}04 \\ -1.21\text{E-}04 \end{array} \right| & = & \left| \begin{array}{c} 155.4 \\ 8.6 \end{array} \right| \begin{array}{c} \text{KN} \\ \text{KNm} \end{array}
 \end{array}
 \end{array}$$

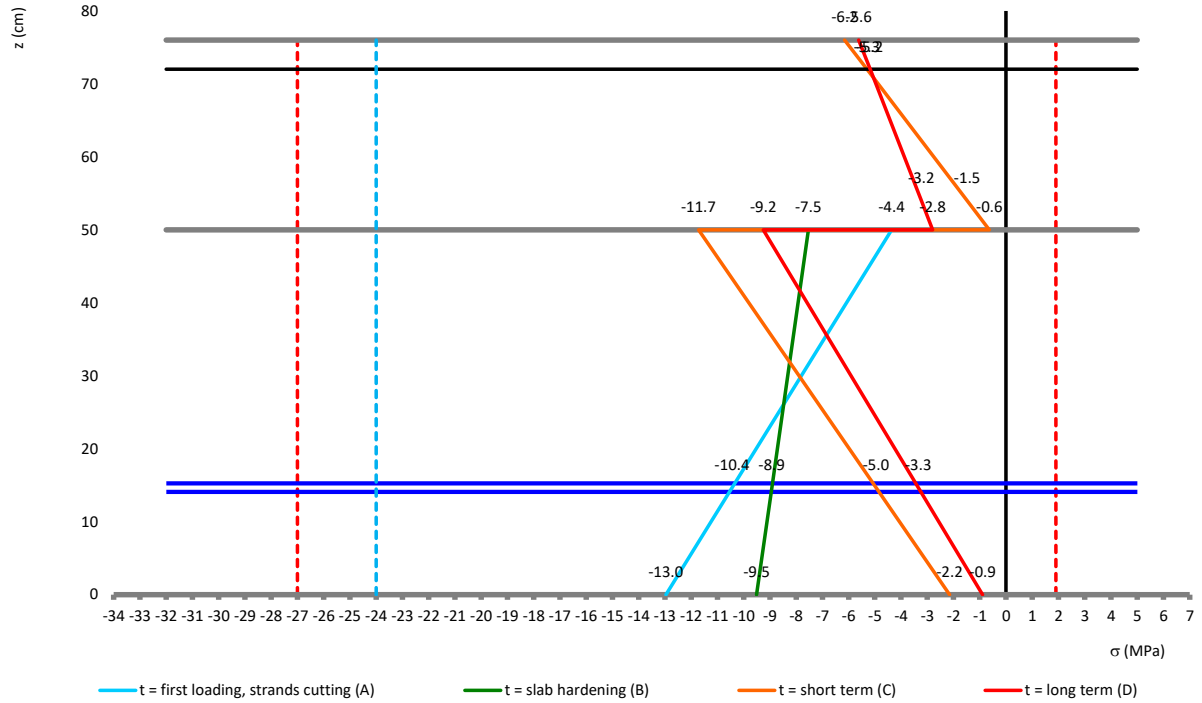
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-155.4 KN
M S =	-11.6 KNm
σ s bot =	-2.405 Mpa
σ s rebar bot =	-1.943 Mpa
σ s rebar top =	0.135 Mpa
σ s top =	0.596 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	155.4 KN
M S =	-34.1 KNm
σ g bot =	-0.783 Mpa
σ g eq cable =	0.122 Mpa
σ g top =	2.302 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 11.15 m - inner

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1	Bending Moment 1	Shear Force 2	Bending Moment 2	Axial Force	Torque
	(kN)	(kN.m)	(kN)	(kN.m)	(kN)	(kN.m)
Beam 87: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-53	251	-2	0
Beam 87: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-64	301	-2	0
Beam 87: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 87: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 87: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 87: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-63	299	-2	0
Beam 87: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-80	380	-2	0
Beam 87: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-13	0	0
Beam 87: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 87: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-53	919	-38	0
Beam 87: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-53	539	-39	0
Beam 87: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-79	146	-2	0
Beam 87: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-95	175	-2	0
Beam 87: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 87: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 87: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 87: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-94	174	-2	0
Beam 87: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-120	221	-2	0
Beam 87: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-19	0	0
Beam 87: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 87: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-79	530	-38	0
Beam 87: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-79	308	-39	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2438	cm2
p (moist perimeter) =	162	cm
y (G) c (centroid height) =	22.80	cm
J c (moment of inertia) =	492900	cm4
h c (cross section height) =	50.00	cm
s w (web thickness) =	47.70	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	18121	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	21618	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	85	cm
y (G) s (centroid height) =	63.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	63.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = $22000 \times [f_{cm}/10]^{\wedge}0.3$ =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = $0.30 \times f_{ck}^{\wedge}2/3$ =	3.80	Mpa
fctk = $0.70 \times f_{ctm}$ =	2.66	Mpa
fc (compression) = $0.6 \times f_{ck}$ =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = $f_{ctm}/1.20$ =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = $0.5 \times f_{ctm}$ =	1.90	Mpa
$\gamma_{Mc,red1}$ =	1.40	-
α_{cc} =	0.85	-
fcd = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1}$ =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.13
Es / Ecg	n =	17.37
Es / Ecs	n =	17.15

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1718.47	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	100716	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2527.85	cm2
y (G)c id =	22.51	cm
J id c =	513508	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	18680	cm3
W bot c id =	22812	cm3
W eq cable id =	65463	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2706.97	cm2
y (G) c id =	21.99	cm
J id c =	553455	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	19760	cm3
W bot c id =	25166	cm3
W eq cable id =	75555	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	4016.48	cm2
y(G) (g+s) id =	37.52	cm
J id (g+s) c =	2134609	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	171007	cm3
W g bot (g+s) id =	56897	cm3
W g eq cable (g+s) id =	93415	cm3
W s bot (g+s) id =	171007	cm3
W s top (g+s) id =	55469	cm4
W s reinf top (g+s) id =	61904	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	129507	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	4287.77	cm2
y(G) (g+s) id =	37.11	cm
J id (g+s) c =	2324399	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	180334	cm3
W g bot (g+s) id =	62634	cm3
W g eq cable (g+s) id =	103565	cm3
W s bot (g+s) id =	180334	cm3
W s top (g+s) id =	59769	cm4
W s reinf top (g+s) id =	66622	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	137625	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	16.680	cm2
y(G) p =	14.667	cm
J p =	2761.47	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	43.00	0	2.78	119.54	2231.72
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	0	5.56	66.72	39.54
level 8 (bottom)	8	7.00	2	8.34	58.38	490.21

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 64.84	100.00%	0.00%	0.00%
shrinkage	total 58.79	0.00%	33.33%	66.67%
creep	total 91.00	0.00%	33.33%	66.67%
steel strands relaxation	total 69.01	33.33%	33.33%	33.33%
Δσ not corrected for creep and shrinkage	62.86	23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage		23.00	20.95	18.90

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	53	-1	53
slab selfweight	1.00	0	34	0	34
superimposed dead loads	1.00	-1	105	-1	105
traffic loads	1.00	-1	104	-1	104
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-2335	-183
Initial prestressing (LT)	-2335	-171
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519
		132

STRESS CHECK

	N	M	σ _c g bot	σ _c eq cable	σ _c g top	σ _c s bot	σ _c s rebar bot	σ _c s rebar top	σ _c s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	14.67	50.00	50.00	54.00	72.00	76.00
initial prestressing	-2335.2	-183.2	-17.268	-12.036	0.568				
stress losses - steel relaxation (A)	38.4	3.0	0.284	0.198	-0.009				
girder selfweight	-0.7	53.4	2.337	0.813	-2.859				
t = first loading, strands cutting (A)	-2297.5	-126.8	-14.648	-11.026	-2.301				
stress losses - steel relaxation (B)	34.9	2.7	0.258	0.180	-0.009				
stress losses - creep (B)	50.6	4.0	0.374	0.261	-0.012				
stress losses - shrinkage (B)	32.7	2.6	0.242	0.168	-0.008				
slab selfweight	-0.4	34.1	1.495	0.520	-1.830				
t = slab hardening (B)	-2179.7	-83.4	-12.278	-9.896	-4.159				
superimposed dead loads	-1.2	105.1	1.844	1.122	-0.617	-0.568	-0.749	-1.564	-1.745
traffic loads	-1.1	104.4	1.832	1.115	-0.613	-0.564	-0.744	-1.554	-1.734
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	132.4	1.033	0.124	-2.067	-1.902	-2.130	-3.157	-3.385
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-2701.5	258.4	-7.569	-7.536	-7.457	0.176	-0.413	-3.065	-3.654
(rebar stress at the same height):							-2.604	-19.326	
initial prestressing	-2335.2	-171.1	-15.424	-10.891	0.030				
stress losses - steel relaxation (A)	38.4	3.0	0.261	0.182	-0.011				
girder selfweight	-0.7	53.4	2.118	0.704	-2.703				
stress losses - steel relaxation (B)	34.9	2.7	0.238	0.165	-0.010				
stress losses - creep (B)	50.6	4.0	0.345	0.239	-0.014				
stress losses - shrinkage (B)	32.7	2.6	0.223	0.155	-0.009				
slab selfweight	-0.4	34.1	1.355	0.450	-1.730				
stress losses - steel relaxation (D)	31.5	7.2	0.189	0.143	0.034	0.031	0.019	-0.032	-0.043
stress losses - creep (D)	101.2	23.1	0.605	0.459	0.108	0.099	0.063	-0.102	-0.139
stress losses - shrinkage (D)	65.4	14.9	0.391	0.297	0.070	0.064	0.040	-0.066	-0.090
superimposed dead loads	-1.2	105.1	1.675	1.012	-0.585	-0.538	-0.705	-1.453	-1.619
traffic loads	-1.1	104.4	1.832	1.115	-0.613	-0.564	-0.744	-1.554	-1.734
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	132.4	1.033	0.124	-2.067	-1.902	-2.130	-3.157	-3.385
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-1.051	-0.033	2.420	-3.299	-2.514	1.016	1.800
t = long term (D)			-6.210	-5.879	-5.081	-2.899	-2.761	-2.138	-2.000
(rebar stress at the same height):							-17.410	-13.484	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	63.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2528 cm ²
J =	5.14E+05 cm ⁴
y(G)=	22.51 cm
EA=	9.15E+06 kN
EJ=	1.86E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-2180 kN
M =	-83 kNm
ε =	-2.38E-04 []
χ =	-4.49E-04 [m-1]

y(interface)-y(G tr) =	0.2749 m
y(G sol)-y(interface) =	0.1300 m

creep

$$\Delta\phi \text{ creep g (t=infinite)-(t=slab hardening)} = 1.1162$$

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-2.66E-04 []
χ =	-5.01E-04 [m-1]

differential shrinkage

$$\varepsilon_{sh s} (t=\text{infinite}) - \varepsilon_{sh g} (t=\text{slab hardening}) = -9.14E-05$$

deformation imposed to girder

ε =	-1.75E-04 []
χ =	-5.01E-04 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cc} \mathbf{A} & \mathbf{x} \end{array} + \begin{array}{cc} \mathbf{x} & \mathbf{b} \end{array} = \mathbf{0} \\
 \begin{array}{cc} 1.286E-06 & -2.964E-06 \\ -2.964E-06 & 3.955E-05 \end{array} \left\| \begin{array}{c} \mathbf{x} \end{array} \right\| \begin{array}{cc} \mathbf{X1e} & \mathbf{X2e} \end{array} + \begin{array}{cc} -1.75E-04 & 5.01E-04 \end{array} \left\| \begin{array}{c} \mathbf{b} \end{array} \right\| = \begin{array}{cc} \mathbf{0} & \mathbf{0} \end{array} \\
 \mathbf{x} = \mathbf{A^{-1}} \times \mathbf{-b} \\
 \begin{array}{cc} \mathbf{X1e} & \mathbf{X2e} \end{array} = \left\| \begin{array}{cc} 9.401E+05 & 7.044E+04 \\ 7.044E+04 & 3.056E+04 \end{array} \right\| \times \begin{array}{cc} 1.75E-04 & -5.01E-04 \end{array} = \begin{array}{cc} 128.8 & -3.0 \end{array} \left\| \begin{array}{c} \mathbf{KN} \\ \mathbf{KNm} \end{array} \right\|
 \end{array}$$

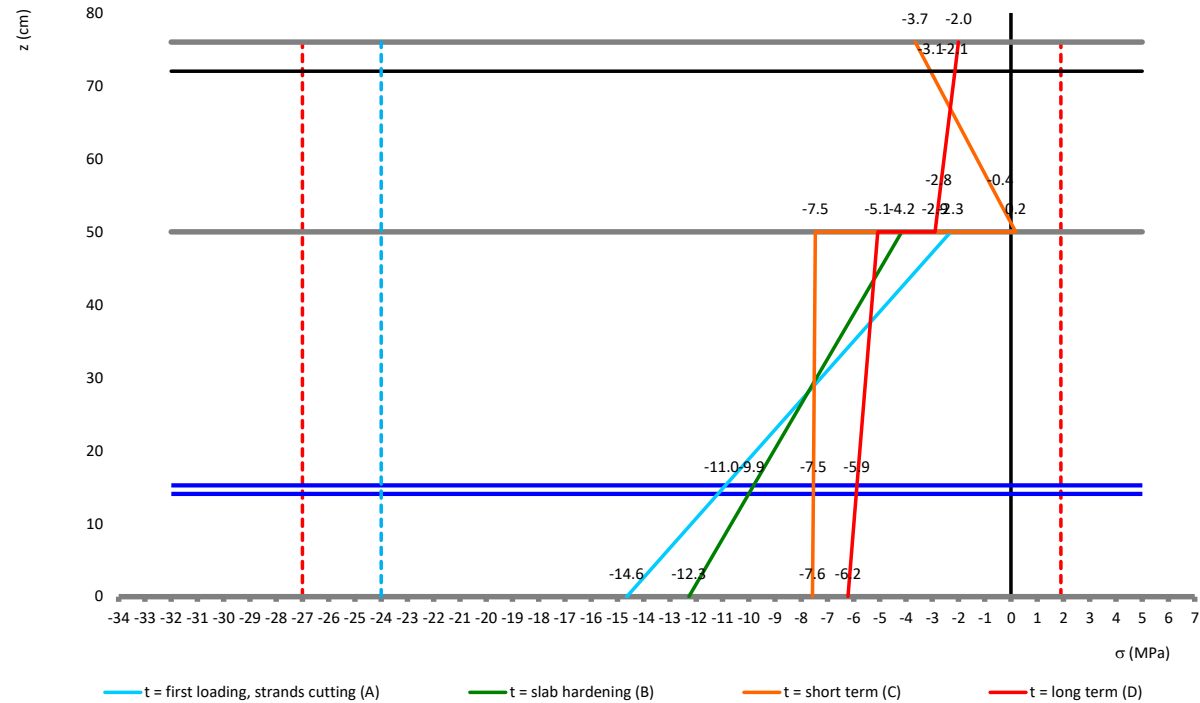
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-128.8 KN
M S =	-19.8 KNm
σ c s bot =	-3.299 Mpa
σ c s rebar bot =	-2.514 Mpa
σ c s rebar top =	1.016 Mpa
σ c s top =	1.800 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	128.8 KN
M S =	-38.4 KNm
σ g bot =	-1.051 Mpa
σ g eq cable =	-0.033 Mpa
σ g top =	2.420 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 11.15 m - outer

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending Moment 1 (kN.m)	Shear Force 2 (kN)	Bending Moment 2 (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 87: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-53	251	-2	0
Beam 87: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-64	301	-2	0
Beam 87: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 87: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 87: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 87: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-63	299	-2	0
Beam 87: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-80	380	-2	0
Beam 87: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-13	0	0
Beam 87: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 87: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-53	919	-38	0
Beam 87: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-53	539	-39	0
Beam 87: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-79	146	-2	0
Beam 87: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-95	175	-2	0
Beam 87: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 87: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 87: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 87: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 87: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-94	174	-2	0
Beam 87: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-120	221	-2	0
Beam 87: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-19	0	0
Beam 87: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 87: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-79	530	-38	0
Beam 87: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-79	308	-39	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2438	cm2
p (moist perimeter) =	162	cm
y (G) c (centroid height) =	22.80	cm
J c (moment of inertia) =	492900	cm4
h c (cross section height) =	50.00	cm
s w (web thickness) =	47.70	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	18121	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	21618	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	85	cm
y (G) s (centroid height) =	63.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	63.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = $22000 \times [f_{cm}/10]^{\wedge}0.3$ =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = $0.30 \times f_{ck}^{\wedge}2/3$ =	3.80	Mpa
fctk = $0.70 \times f_{ctm}$ =	2.66	Mpa
fc (compression) = $0.6 \times f_{ck}$ =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = $f_{ctm}/1.20$ =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = $0.5 \times f_{ctm}$ =	1.90	Mpa
$\gamma_{Mc,red1}$ =	1.40	-
α_{cc} =	0.85	-
fcd = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1}$ =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.13
Es / Ecg	n =	17.37
Es / Ecs	n =	17.15

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1718.47	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	100716	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2497.90	cm2
y (G)c id =	22.64	cm
J id c =	510159	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	18644	cm3
W bot c id =	22537	cm3
W eq cable id =	76867	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2617.31	cm2
y (G) c id =	22.33	cm
J id c =	544197	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	19670	cm3
W bot c id =	24366	cm3
W eq cable id =	85915	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	3986.53	cm2
y(G) (g+s) id =	37.71	cm
J id (g+s) c =	2114961	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	172075	cm3
W g bot (g+s) id =	56086	cm3
W g eq cable (g+s) id =	97423	cm3
W s bot (g+s) id =	172075	cm3
W s top (g+s) id =	55234	cm4
W s reinf top (g+s) id =	61677	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	129825	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	4198.11	cm2
y(G) (g+s) id =	37.65	cm
J id (g+s) c =	2266660	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	183488	cm3
W g bot (g+s) id =	60208	cm3
W g eq cable (g+s) id =	104711	cm3
W s bot (g+s) id =	183488	cm3
W s top (g+s) id =	59100	cm4
W s reinf top (g+s) id =	65981	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	138607	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	11.120	cm2
y(G) p =	16.000	cm
J p =	2702.16	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	43.00	0	2.78	119.54	2026.62
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	4	0.00	0.00	0.00
level 8 (bottom)	8	7.00	2	8.34	58.38	675.54

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 40.81	100.00% 40.81	0.00% 0.00	0.00% 0.00
shrinkage	total 58.79	0.00% 0.00	33.33% 19.60	66.67% 39.19
creep	total 63.46	0.00% 0.00	33.33% 21.15	66.67% 42.30
steel strands relaxation	total 69.01	33.33% 23.00	33.33% 23.00	33.33% 23.00
Δσ not corrected for creep and shrinkage		23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage		63.99	21.33	19.66

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	53	-1	53
slab selfweight	1.00	0	34	0	34
superimposed dead loads	1.00	-1	105	-1	105
traffic loads	1.00	-1	104	-1	104
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

		N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)		-1557	-103
Initial prestressing (LT)		-1557	-99
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	-519	131

STRESS CHECK

	N	M	σ g bot	σ eq cable	σ g top	σ s bot	σ s rebar bot	σ s rebar top	σ s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	16.00	50.00	50.00	54.00	72.00	76.00
initial prestressing	-1556.8	-103.3	-10.817	-7.577	-0.691				
stress losses - steel relaxation (A)	25.6	1.7	0.178	0.124	0.011				
girder selfweight	-0.7	53.4	2.365	0.692	-2.865				
t = first loading, strands cutting (A)	-1531.9	-48.3	-8.274	-6.761	-3.544				
stress losses - steel relaxation (B)	23.7	1.6	0.165	0.115	0.011				
stress losses - creep (B)	23.5	1.6	0.163	0.114	0.010				
stress losses - shrinkage (B)	21.8	1.4	0.151	0.106	0.010				
slab selfweight	-0.4	34.1	1.513	0.443	-1.833				
t = slab hardening (B)	-1463.3	-9.5	-6.281	-5.982	-5.347				
superimposed dead loads	-1.2	105.1	1.870	1.075	-0.613	-0.564	-0.747	-1.570	-1.752
traffic loads	-1.1	104.4	1.858	1.069	-0.610	-0.561	-0.742	-1.560	-1.741
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	131.4	1.039	0.045	-2.067	-1.901	-2.130	-3.158	-3.387
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-1985.1	331.3	-1.513	-3.792	-8.636	0.184	-0.409	-3.077	-3.670
(rebar stress at the same height):							-2.579	-19.407	
initial prestressing	-1556.8	-98.6	-9.995	-7.096	-0.935				
stress losses - steel relaxation (A)	25.6	1.7	0.167	0.117	0.011				
girder selfweight	-0.7	53.4	2.188	0.619	-2.715				
stress losses - steel relaxation (B)	23.7	1.6	0.155	0.109	0.011				
stress losses - creep (B)	23.5	1.6	0.154	0.108	0.011				
stress losses - shrinkage (B)	21.8	1.4	0.143	0.100	0.010				
slab selfweight	-0.4	34.1	1.400	0.396	-1.738				
stress losses - steel relaxation (D)	21.9	4.7	0.131	0.097	0.026	0.024	0.016	-0.018	-0.026
stress losses - creep (D)	47.0	10.2	0.282	0.210	0.056	0.052	0.035	-0.039	-0.056
stress losses - shrinkage (D)	43.6	9.5	0.261	0.194	0.052	0.048	0.033	-0.036	-0.052
superimposed dead loads	-1.2	105.1	1.742	1.001	-0.575	-0.529	-0.700	-1.467	-1.638
traffic loads	-1.1	104.4	1.858	1.069	-0.610	-0.561	-0.742	-1.560	-1.741
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	131.4	1.039	0.045	-2.067	-1.901	-2.130	-3.158	-3.387
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-0.406	0.103	1.185	-1.221	-0.988	0.059	0.292
t = long term (D)			-0.881	-2.928	-7.277	-0.878	-1.265	-3.010	-3.397
(rebar stress at the same height):							-7.979	-18.979	

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm ²
J =	8.79E+04 cm ⁴
y(G)=	63.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm ²

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2498 cm ²
J =	5.10E+05 cm ⁴
y(G)=	22.64 cm
EA=	9.04E+06 kN
EJ=	1.85E+05 kNm ²

girder deformation (B)

N =	-1463 kN
M =	-10 kNm
ε =	-1.62E-04 []
χ =	-5.16E-05 [m-1]

$$y(\text{interface}) - y(G \text{ tr}) =$$

$$0.2736 \text{ m}$$

$$y(G \text{ sol}) - y(\text{interface}) =$$

$$0.1300 \text{ m}$$

creep

$$\Delta \phi \text{ creep g (t=infinite) - (t=slab hardening)} = 1.1162$$

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-1.81E-04 []
χ =	-5.76E-05 [m-1]

differential shrinkage

$$\varepsilon_{sh \text{ s (t=infinite)}} - \varepsilon_{sh \text{ g (t=slab hardening)}} = -9.14E-05$$

deformation imposed to girder

ε =	-8.93E-05 []
χ =	-5.76E-05 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{cc} \mathbf{A} & \mathbf{x} \end{array} + \begin{array}{cc} \mathbf{x} & \mathbf{b} \end{array} = \mathbf{0} \\
 \begin{array}{cc} 1.286E-06 & -2.961E-06 \\ -2.961E-06 & 3.959E-05 \end{array} \left\| \begin{array}{c} \mathbf{x} \end{array} \right\| + \begin{array}{cc} \begin{array}{c} X1e \\ X2e \end{array} & \begin{array}{c} -8.93E-05 \\ 5.76E-05 \end{array} \end{array} = \begin{array}{c} \mathbf{0} \\ \mathbf{0} \end{array} \\
 \mathbf{x} = \mathbf{A^{-1}} \times \mathbf{-b} \\
 \begin{array}{cc} X1e & X2e \end{array} = \left\| \begin{array}{cc} 9.393E+05 & 7.025E+04 \\ 7.025E+04 & 3.052E+04 \end{array} \right\| \times \begin{array}{cc} \begin{array}{c} 8.93E-05 \\ -5.76E-05 \end{array} & = \begin{array}{c} 79.8 \\ 4.5 \end{array} \begin{array}{c} \text{KN} \\ \text{KNm} \end{array}
 \end{array}$$

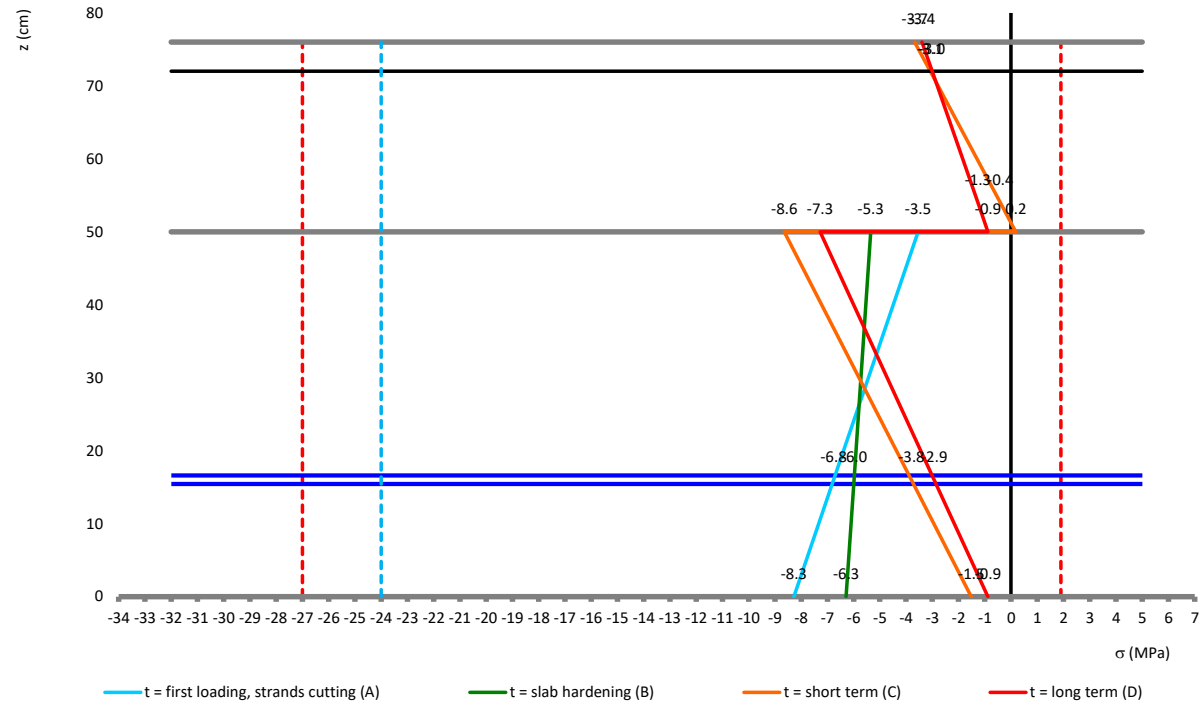
resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-79.8 KN
M S =	-5.9 KNm
σ c s bot =	-1.221 Mpa
σ c s rebar bot =	-0.988 Mpa
σ c s rebar top =	0.059 Mpa
σ c s top =	0.292 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	79.8 KN
M S =	-17.3 KNm
σ g bot =	-0.406 Mpa
σ g eq cable =	0.103 Mpa
σ g top =	1.185 Mpa

STRESS DIAGRAM



X = 12.70 m - ENDSPAN

FORCES (PER UNIT WIDTH OF DECK)

	Shear Force 1 (kN)	Bending Moment 1 (kN.m)	Shear Force 2 (kN)	Bending Moment 2 (kN.m)	Axial Force (kN)	Torque (kN.m)
Beam 41: End 1: 1: pesi propri strutturali	0	0	-79	146	-2	0
Beam 41: End 1: 2: permanenti portati	0	0	-95	175	-2	0
Beam 41: End 1: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 41: End 1: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 41: End 1: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 41: End 1: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 41: End 1: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 41: End 1: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-94	174	-2	0
Beam 41: End 1: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-120	221	-2	0
Beam 41: End 1: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-19	0	0
Beam 41: End 1: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 41: End 1: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-79	530	-38	0
Beam 41: End 1: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-79	308	-39	0
Beam 41: End 2: 1: pesi propri strutturali	0	0	-106	-1	-2	0
Beam 41: End 2: 2: permanenti portati	0	0	-127	-1	-2	0
Beam 41: End 2: 3: spinta geostatica	0	0	0	-14	-40	0
Beam 41: End 2: 4: ritiro e viscosità	0	0	0	0	1	0
Beam 41: End 2: 5: variazione termica uniforme	0	0	0	1	3	0
Beam 41: End 2: 6: car traffico rilevato fh	0	0	0	-5	-15	0
Beam 41: End 2: 7: car traffico rilevato fv	0	0	0	0	1	0
Beam 41: End 2: 8: car traffico q equiv - m	0	0	-126	-1	-2	0
Beam 41: End 2: 9: car traffico q equiv - v	0	0	-160	-1	-2	0
Beam 41: End 2: 10: sisma impalcato	0	0	-4	-26	0	0
Beam 41: End 2: 11: sisma rilevato	0	0	0	-7	-20	0
Beam 41: End 2: 16: SLEramax [Factors Max Envelope 5]	0	0	-106	-14	-38	0
Beam 41: End 2: 20: SLEqpmx [Factors Max Envelope 9]	0	0	-106	-14	-39	0

MATERIALS

rheologic conditions

UR (relative humidity) =	75%	-
t' (loading time - girder) =	7	days
t' (loading time - slab) =	28	days

girder cross section

A c (cross section area) =	2438	cm2
p (moist perimeter) =	162	cm
y (G) c (centroid height) =	22.80	cm
J c (moment of inertia) =	492900	cm4
h c (cross section height) =	50.00	cm
s w (web thickness) =	47.70	cm
W top c (elastic modulus - top fibre) =	18121	cm3
W bot c (elastic modulus - bottom fibre) =	21618	cm3

slab cross section

b (effective width) =	60	cm
h (height) =	26	cm
A s (cross section area) =	1560	cm2
p (moist perimeter) =	85	cm
y (G) s (centroid height) =	63.00	cm

slab reinforcement

A s top =	7.70	cm2/m
d (As,top) (distance from top edge) =	4.00	cm
A s bot =	7.70	cm2/m
d (As,bot) (distance from top edge) =	22.00	cm
A s top+bot =	9.24	cm2
y (G) (centroid height) =	63.00	cm
J As (top+bot) =	748.44	cm4

girder

fck,cube =	55	Mpa
Ecm = $22000 \times [f_{cm}/10]^{\wedge}0.3$ =	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
fcm = fck + 8 =	53	Mpa
fctm (cl < C50/60) = $0.30 \times f_{ck}^{\wedge}2/3$ =	3.80	Mpa
fctk = $0.70 \times f_{ctm}$ =	2.66	Mpa
fc (compression) = $0.6 \times f_{ck}$ =	27.00	Mpa
fct (crack opening) = $f_{ctm}/1.20$ =	3.16	Mpa
fct,eff (crack opening design) = $0.5 \times f_{ctm}$ =	1.90	Mpa
$\gamma_{Mc,red1}$ =	1.40	-
α_{cc} =	0.85	-
fcd = $\alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1}$ =	27.32	Mpa

girder (at strand cutting)

fck,cube =	55	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	36200	Mpa
fck =	45	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	53	Mpa
$\beta_{cc}(t) =$	0.819	-
$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) \times f_{cm} =$	43.39	Mpa
$E_{cm,t} = [f_{cm}(t)/f_{cm}]^0.3 \times E_{cm} =$	34000	Mpa
$f_{ck,j} = f_{cm}(t) - 8 =$	35.39	Mpa
fck,j required =	40.00	Mpa
$f_{ctm,j} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck,j}^{2/3} =$	3.51	Mpa
$f_{ctk,j} = 0.70 \times f_{ctm,j} =$	2.46	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck,j} =$	24.00	Mpa
$f_{ct,j} (crack opening) = f_{ctm,j}/1.20 =$	2.92	Mpa
$f_{ct,eff,j} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm,j} =$	1.75	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.40	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	27.32	Mpa

slab

fck,cube,28 =	40	Mpa
$E_{cm} = 22000 \times [f_{cm}/10]^0.3 =$	33300	Mpa
fck =	32	Mpa
$f_{cm} = f_{ck} + 8 =$	40	Mpa
$f_{ctm} (cl < C50/60) = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} =$	3.02	Mpa
$f_{ctk} = 0.70 \times f_{ctm} =$	2.12	Mpa
$f_c (compression) = 0.6 \times f_{ck} =$	19.20	Mpa
$f_{ct} (crack opening) = f_{ctm}/1.20 =$	2.52	Mpa
$f_{ct,eff} (crack opening design) = 0.5 \times f_{ctm} =$	1.51	Mpa
$\gamma_{Mc,red1} =$	1.50	-
$\alpha_{cc} =$	0.85	-
$f_{cd} = \alpha_{cc} \times f_{ck} / \gamma_{Mc,red1} =$	18.13	Mpa

post tensioning strands

f ptk =	1860	Mpa
f p(0.1)k =	1600	Mpa
Esp =	195000	Mpa

reinforcement bars

Es =	210000	Mpa
------	--------	-----

HOMOGENEIZATION COEFFICIENTS

Ecs / Ecg	n =	0.92
-----------	-----	------

short term loads (ST)

Esp / Ecg	n =	5.39
Es / Ecg	n =	5.80
Es / Ecs	n =	6.31

long term loads (LT)

Esp / Ecg	n =	16.13
Es / Ecg	n =	17.37
Es / Ecs	n =	17.15

STATICAL VALUES**slab homogeneized - short term loads (ST)**

As id slab =	1618.27	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	92600	cm4

slab homogeneized - long term loads (LT)

As id slab =	1718.47	cm2
y (G) id slab =	63.00	cm
J id slab =	100716	cm4

girder homogeneized - short term loads (ST)

Ac id =	2497.90	cm2
y (G)c id =	22.64	cm
J id c =	510159	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	18644	cm3
W bot c id =	22537	cm3
W eq cable id =	76867	cm3

girder homogeneized - long term loads (LT)

A c id =	2617.31	cm2
y (G) c id =	22.33	cm
J id c =	544197	cm4
h c =	50.00	cm
s w =	47.70	cm
W top c id =	19670	cm3
W bot c id =	24366	cm3
W eq cable id =	85915	cm3

girder+slab homogeneized - (ST)

A (g+s) id =	3986.53	cm2
y(G) (g+s) id =	37.71	cm
J id (g+s) c =	2114961	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	172075	cm3
W g bot (g+s) id =	56086	cm3
W g eq cable (g+s) id =	97423	cm3
W s bot (g+s) id =	172075	cm3
W s top (g+s) id =	55234	cm4
W s reinf top (g+s) id =	61677	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	129825	cm4

girder+slab homogeneized - (LT)

A (g+s) id =	4198.11	cm2
y(G) (g+s) id =	37.65	cm
J id (g+s) c =	2266660	cm4
h c =	76.00	cm
s w =	47.70	cm
W g top (g+s) id =	183488	cm3
W g bot (g+s) id =	60208	cm3
W g eq cable (g+s) id =	104711	cm3
W s bot (g+s) id =	183488	cm3
W s top (g+s) id =	59100	cm4
W s reinf top (g+s) id =	65981	cm3
W s reinf bot (g+s) id =	138607	cm4

prestressing strands

A p,i =	1.390	cm2
σsp,i =	1400	Mpa
A tot p =	11.120	cm2
y(G) p =	16.000	cm
J p =	2702.16	cm4
ρ 1000 =	2.50%	
μ = σsp,i / fpk =	0.75	

Prestressing strands	n°	γ (cm)	inactive	A (cm2)	S (cm3)	Ai×d2 (cm4)
level 1 (top)	2	43.00	0	2.78	119.54	2026.62
level 2	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 3	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 4	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 5	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 6	0	0.00	0	0.00	0.00	0.00
level 7	4	12.00	4	0.00	0.00	0.00
level 8 (bottom)	8	7.00	2	8.34	58.38	675.54

stress losses and verification stages

t = first loading, strands cutting (A)
t = slab hardening (B)
t = short term (C)
t = long term (D)

component:	Δσsp tot [MPa]	Δσsp (A) [MPa]	Δσsp (B) [MPa]	Δσsp (D) [MPa]
elastic losses	total 40.81	100.00% 40.81	0.00% 0.00	0.00% 0.00
shrinkage	total 58.79	0.00% 0.00	33.33% 19.60	66.67% 39.19
creep	total 60.79	0.00% 0.00	33.33% 20.26	66.67% 40.52
steel strands relaxation	total 69.01	33.33% 23.00	33.33% 23.00	33.33% 23.00
Δσ not corrected for creep and shrinkage		23.00	23.00	23.00
Δσ corrected for creep and shrinkage		64.10	21.37	19.73

design forces

	ψ [-]	N [kN]	M [kNm]	Ned [kN]	Med [kNm]
girder selfweight	1.00	-1	0	-1	0
slab selfweight	1.00	0	0	0	0
superimposed dead loads	1.00	-1	-1	-1	-1
traffic loads	1.00	-1	-1	-1	-1
other live loads	0.75	0	0	0	0

internal forces

	N [kN]	M [kNm]
Initial prestressing (ST)	-1557	-103
Initial prestressing (LT)	-1557	-99
ΔT gradient g-s (C°) =	-10	131

STRESS CHECK

	N	M	σ g bot	σ eq cable	σ g top	σ s bot	σ s rebar bot	σ s rebar top	σ s top
	[kN]	[kNm]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
z (cm) from girder bottom			0.00	16.00	50.00	50.00	54.00	72.00	76.00
initial prestressing	-1556.8	-103.3	-10.817	-7.577	-0.691				
stress losses - steel relaxation (A)	25.6	1.7	0.178	0.124	0.011				
girder selfweight	-0.7	-0.4	-0.019	-0.008	0.017				
t = first loading, strands cutting (A)	-1532.0	-102.0	-10.659	-7.460	-0.662				
stress losses - steel relaxation (B)	23.8	1.6	0.165	0.116	0.011				
stress losses - creep (B)	22.5	1.5	0.157	0.110	0.010				
stress losses - shrinkage (B)	21.8	1.4	0.151	0.106	0.010				
slab selfweight	-0.5	-0.2	-0.012	-0.005	0.011				
t = slab hardening (B)	-1464.3	-97.7	-10.198	-7.133	-0.622				
superimposed dead loads	-1.2	-0.6	-0.014	-0.009	0.000	0.000	0.001	0.006	0.007
traffic loads	-1.2	-0.6	-0.014	-0.009	0.000	0.000	0.001	0.006	0.007
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
ΔT gradient g-s - (g+s)	-519.5	131.4	1.039	0.045	-2.067	-1.901	-2.130	-3.158	-3.387
ΔT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
t = short term (C)	-1986.2	32.5	-9.186	-7.106	-2.687	1.310	1.083	0.064	-0.162
(rebar stress at the same height):						6.833	0.405		
initial prestressing	-1556.8	-98.6	-9.995	-7.096	-0.935				
stress losses - steel relaxation (A)	25.6	1.7	0.167	0.117	0.011				
girder selfweight	-0.7	-0.4	-0.018	-0.007	0.016				
stress losses - steel relaxation (B)	23.8	1.6	0.155	0.109	0.011				
stress losses - creep (B)	22.5	1.5	0.147	0.103	0.010				
stress losses - shrinkage (B)	21.8	1.4	0.143	0.100	0.010				
slab selfweight	-0.5	-0.2	-0.011	-0.005	0.010				
stress losses - steel relaxation (D)	21.9	4.8	0.131	0.098	0.026	0.024	0.016	-0.018	-0.026
stress losses - creep (D)	45.1	9.8	0.270	0.201	0.054	0.050	0.034	-0.038	-0.054
stress losses - shrinkage (D)	43.6	9.5	0.261	0.194	0.052	0.048	0.033	-0.036	-0.052
superimposed dead loads	-1.2	-0.6	-0.013	-0.009	0.000	0.000	0.001	0.006	0.007
traffic loads	-1.2	-0.6	-0.014	-0.009	0.000	0.000	0.001	0.006	0.007
other live loads	0.0	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DT gradient g-s - (g+s)	-519.5	131.4	1.039	0.045	-2.067	-1.901	-2.130	-3.158	-3.387
DT gradient g-s - (s)						3.210	3.210	3.210	3.210
g+s interaction for creep and shrinkage			-0.797	-0.110	1.350	-2.475	-1.790	1.295	1.981
t = long term (D)			-8.533	-6.266	-1.450	-1.044	-0.624	1.267	1.687
(rebar stress at the same height):						-3.932	7.990		

Detailed assessment of interaction between girder and slab for creep and shrinkage

static values slab

E =	33300 Mpa
A =	1560 cm2
J =	8.79E+04 cm4
y(G)=	63.00 cm
EA=	5.19E+06 kN
EJ=	2.93E+04 kNm2

static values girder

E =	36200 Mpa
A =	2498 cm2
J =	5.10E+05 cm4
y(G)=	22.64 cm
EA=	9.04E+06 kN
EJ=	1.85E+05 kNm2

girder deformation (B)

N =	-1464 kN
M =	-98 kNm
ε =	-1.62E-04 []
χ =	-5.29E-04 [m-1]

$$y(\text{interface}) - y(\text{G tr}) =$$

$$0.2736 \text{ m}$$

$$y(\text{G sol}) - y(\text{interface}) =$$

$$0.1300 \text{ m}$$

creep

$$\Delta\phi \text{ creep g (t=infinite) - (t=slab hardening)} = 1.1162$$

girder deformation prevented by hardened slab

ε =	-1.81E-04 []
χ =	-5.91E-04 [m-1]

differential shrinkage

$$\varepsilon_{sh s} (t=\text{infinite}) - \varepsilon_{sh g} (t=\text{slab hardening}) = -9.14E-05$$

deformation imposed to girder

ε =	-8.94E-05 []
χ =	-5.91E-04 [m-1]

congruence condition at interface girder-slab

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{A} \quad \times \quad \mathbf{x} \quad + \quad \mathbf{b} \quad = \quad \mathbf{0} \\
 \begin{array}{|c|c|} \hline 1.286E-06 & -2.961E-06 \\ \hline -2.961E-06 & 3.959E-05 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \mathbf{x} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline \begin{array}{|c|} \hline X1e \\ \hline X2e \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline -8.94E-05 \\ \hline 5.91E-04 \end{array} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline 0 \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline 0 \\ \hline 0 \end{array} \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \mathbf{x} \quad = \quad \mathbf{A^{-1}} \quad \times \quad \mathbf{-b} \\
 \begin{array}{|c|c|} \hline X1e \\ \hline X2e \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline \begin{array}{|c|c|} \hline 9.393E+05 & 7.025E+04 \\ \hline 7.025E+04 & 3.052E+04 \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline \mathbf{x} \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline \begin{array}{|c|} \hline 8.94E-05 \\ \hline -5.91E-04 \end{array} \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline \begin{array}{|c|} \hline 42.5 \\ \hline -11.7 \end{array} & \begin{array}{|c|} \hline \text{KN} \\ \hline \text{KNm} \end{array} \\ \hline \end{array}
 \end{array}$$

resulting forces in the slab (compression+bending)

N S =	-42.5 KN
M S =	-17.3 KNm
σ c s bot =	-2.475 Mpa
σ c s rebar bot =	-1.790 Mpa
σ c s rebar top =	1.295 Mpa
σ c s top =	1.981 Mpa

resulting forces in the girder (tension+bending)

N S =	42.5 KN
M S =	-23.4 KNm
σ g bot =	-0.797 Mpa
σ g eq cable =	-0.110 Mpa
σ g top =	1.350 Mpa

STRESS DIAGRAM

