

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

S.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DEFINITIVO

DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA

TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2)

Nuova Viabilità NV02

Relazione di calcolo soletta

SCALA

-

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

R S 9 0 0 0 Y 0 9 C L I V 0 2 0 0 0 0 2 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	R.Marconi 	Giugno 2023	F.Bonifacio 	Giugno 2023	A.Barreca 	Giugno 2023	A. Vittozzi Giugno 2023

ITALFERR S.p.A.
U.O. Opere Civili e gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vittozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
N° A20783

File: RS9000Y09CLIV0209002A

n. Elab.:

INDICE

1. PREMESSA	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	4
3. MATERIALI IMPIEGATI	5
4. CONSIDERAZIONI DI PROGETTO	6
4.1 SEZIONI TIPOLOGICHE DI SOLETTA E MODELLAZIONE LOCALE	7
5. VERIFICHE PREDALLE (FASE 1).....	12
6. ANALISI DEI CARICHI – EFFETTI LOCALI (FASE 2 E FASE 3).....	14
6.1 CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2).....	14
6.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI	16
6.2.1 Azioni da traffico.....	16
6.3 AZIONI CLIMATICHE	24
6.3.1 Variazione termica differenziale	24
6.4 AZIONE DEL VENTO	24
6.5 AZIONI ECCEZIONALI	25
6.5.1 Urto sul sicurvia.....	25
7. ANALISI DEI CARICHI – EFFETTI GLOBALI.....	26
8. COMBINAZIONI DI CARICO.....	27
9. VERIFICA SOLETTA IN DIREZIONE LONGITUDINALE.....	28
9.1 CAMPO SOLETTA LARGO 17.5 M.....	28
9.1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	28
9.1.2 VERIFICHE SLU	28
9.1.3 VERIFICHE TENSIONALI (SLE).....	32
9.1.4 VERIFICHE A FESSURAZIONE	34
9.2 CAMPO SOLETTA LARGO 13.2 M.....	36
9.2.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	36
9.2.2 VERIFICHE SLU	36
9.2.3 VERIFICHE TENSIONALI (SLE).....	38
9.2.4 VERIFICHE A FESSURAZIONE	40
10. VERIFICHE SOLETTA IN DIREZIONE TRASVERSALE	42
10.1 CAMPO SOLETTA LARGO 17.5 M.....	42
10.1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	42

RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD.	DOC.	PROG.	REV.	FOGLIO
RS90	00	Y	09	CL	IV0209	002	A	3 di 54

10.1.2	VERIFICHE SLU	42
10.1.3	VERIFICHE TENSIONALI (SLE).....	46
10.1.4	VERIFICHE A FESSURAZIONE	47
10.2	CAMPO SOLETTA LARGO 13.2 M	49
10.2.1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	49
10.2.2	VERIFICHE SLU	49
10.2.3	VERIFICHE TENSIONALI (SLE).....	51
10.2.4	VERIFICHE A FESSURAZIONE	53

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica della soletta dell'impalcato del viadotto IV02 – opera viabilità NV02. Il viadotto stradale si sviluppa per una lunghezza di 685 m ed è caratterizzato da 13 campate a sezione mista acciaio-calcestruzzo a 2 travi ad interasse variabile (max 7 m), con le seguenti luci:

- L = 40m (da SPA a P2, P12-SPB);
- L = 50m (da P2 a P7 e da P10 a P12);
- L = 75m (P7-P8);
- L= 70m (da P8 a P10).

Lo schema statico è a trave continua ed il viadotto è isolato sismicamente mediante l'uso di isolatori elastomerici.

L'impalcato è caratterizzato da una larghezza complessiva variabile tra 13.2÷17.5 m dato lo sviluppo prevalentemente curvilineo del tracciato planimetrico (di cui 9.5÷13.8 m per la carreggiata stradale).

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per l'elenco della normativa si faccia riferimento alla relazione di calcolo dell'impalcato metallico.

3. MATERIALI IMPIEGATI

Classe di resistenza calcestruzzo soletta C32/40

Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica	f_{ck}	33.2	N/mm ²
Resistenza cilindrica caratteristica media	f_{cm}	41.2	N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_c	1.5	
Coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata	α_{cc}	0.85	
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	18.81	N/mm ²
Resistenza media a trazione semplice (assiale)	f_{ctm}	3.10	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (frattile 5%)	f_{ctk}	2.17	N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice	f_{ctd}	1.45	N/mm ²
Modulo elastico	E_{cm}	33643	N/mm ²
Peso per unità di volume	γ	25	kN/m ³
Coefficiente di Poisson per calcestruzzo non fessurato	ν	0.2	
Coefficiente di Poisson per calcestruzzo fessurato	ν	0	
Deformazione al raggiungimento della massima tensione	ϵ_{c2}	2.00	‰
Deformazione ultima	ϵ_{cu}	3.50	‰
Coefficiente di dilatazione termica	α	$10 \cdot 10^{-6}$	°C ⁻¹

Acciaio per armature ordinarie B450 C

Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	N/mm ²
Tensione caratteristica a rottura	f_{tk}	540	N/mm ²
Coefficiente parziale di sicurezza	γ_s	1.15	
Tensione di calcolo a snervamento	f_{yd}	391.3	N/mm ²
Modulo elastico	E_s	210000	N/mm ²
Peso per unità di volume	γ	78.5	kN/m ³

Nell'ipotesi di condizioni ambientali aggressive, secondo quanto previsto nel MdP (par. 2.5.2.2.3.2), i copriferri minimi adottati sono:

- 45 mm estradosso soletta
- 35 mm predalle prefabbricate con funzioni strutturali

4. CONSIDERAZIONI DI PROGETTO

La soletta d'impalcato di altezza pari a 30 cm viene realizzata mediante getto in opera su predalle prefabbricate in calcestruzzo di spessore 5 cm che fungono da cassero per il getto, opportunamente irrigidite da tralicci. Le predalles sono ordite longitudinalmente e sono appoggiate isostaticamente su traversi di luce variabile (max 7 m) posti ad interasse 5 m.

La soletta è ordita longitudinalmente, per cui le sollecitazioni complessive sono dovute alla sovrapposizione di effetti locali e globali.

Gli effetti locali vengono studiati mediante un modello a piastra di una porzione di soletta in cui gli appoggi sono rappresentati dai traversi di impalcato (si è optato per un campo compreso tra 4 traversi consecutivi).

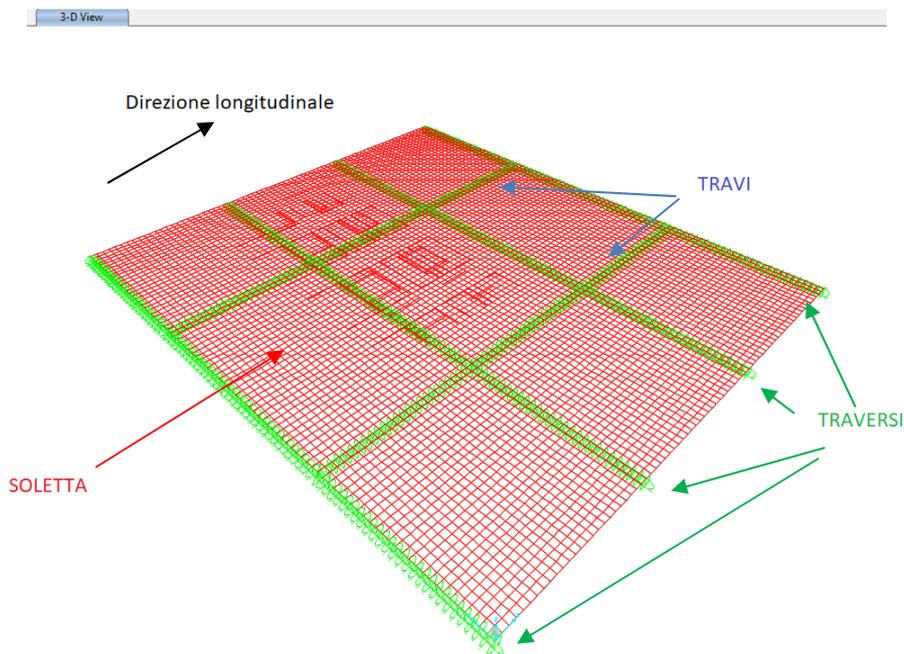


Figura 1_ Modello locale agli elementi finiti realizzato con programma di calcolo Sap2000

Per la determinazione degli effetti globali si adotta lo stesso modello usato per l'analisi globale dell'impalcato metallico.

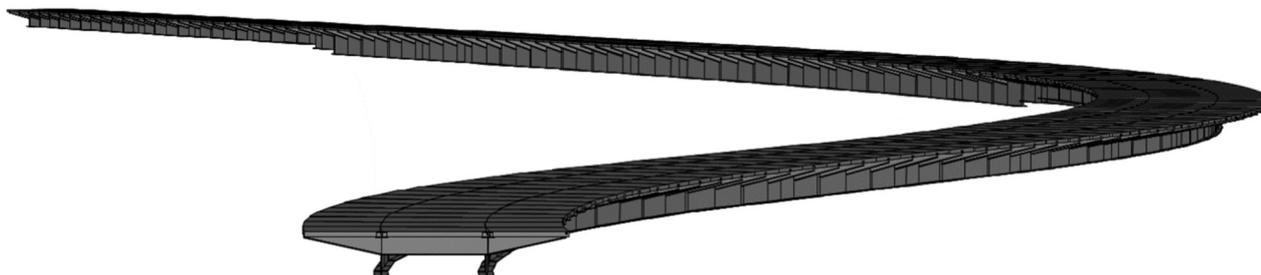


Figura 2_ Modello globale agli elementi finiti realizzato con programma di calcolo Sap2000 – vista estrusa

Con un procedimento cautelativo le azioni assiali di trazione o di compressione su questi elementi vengono sommate in verifica alle sollecitazioni desunte da modello locale senza tener conto della effettiva disposizione dei carichi variabili che ha generato i due stati di sollecitazione globale e locale.

Si considerano le seguenti tre fasi di carico:

Fase 1. Getto della soletta

Le predalles sono posate sui traversi metallici con schema isostatico di trave semplicemente appoggiata. Ciascuna coppella sostiene se stessa e il getto di completamento a spessore definitivo. In questa fase la struttura resistente è costituita dai tralici e dalla predalla in calcestruzzo.

Fase 2. Completamento della soletta (applicazione delle sovrastrutture)

Lo schema statico è di trave continua appoggiata sui traversi, costituita dall'intero spessore di soletta; i carichi sono tutti i permanenti portati.

Fase 3. Transito carichi mobili

Lo schema statico è di trave continua appoggiata sui traversi; i carichi sono i sovraccarichi accidentali

4.1 SEZIONI TIPOLOGICHE DI SOLETTA E MODELLAZIONE LOCALE

La variabilità delle geometrie della soletta (larghezza, interasse travi, interasse traversi,..) ha reso necessaria la valutazione di differenti campi di soletta.

Nel seguito del documento si riportano le verifiche di sicurezza condotte su due porzioni di soletta che possono considerarsi tipologiche:

- porzione larga 17.5 m relativa alla campata compresa tra P7 e P8
- porzione larga 13.2 m relativa alla campata compresa tra P9 e P10

L'analisi di tali sezioni si ritiene esaustiva per la definizione dei quantitativi di armatura dell'intero viadotto.

La modellazione è stata implementata sul software di calcolo SAP2000. È stato modellato un campo di soletta (compreso tra 4 traversi consecutivi) come elemento plate vincolato in corrispondenza degli assi di travi e traversi.

Si riporta la sezione trasversale delle due porzioni di soletta individuate come tipologiche e la vista in pianta dei modelli di calcolo:

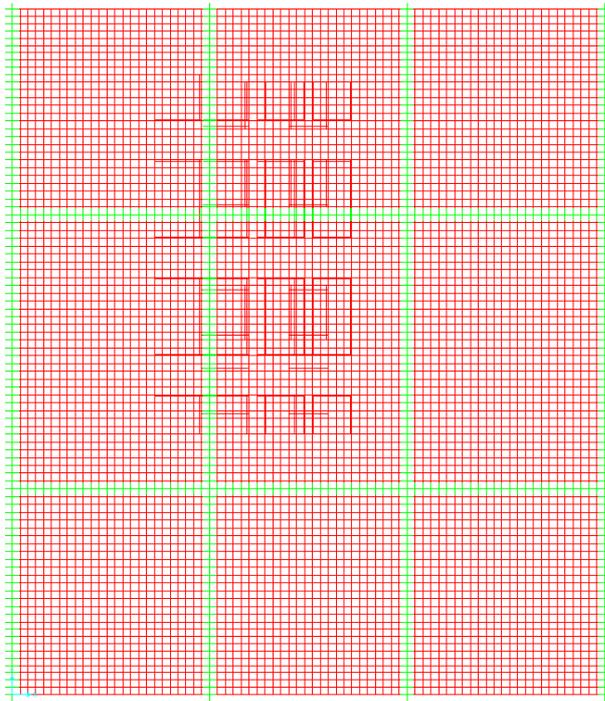
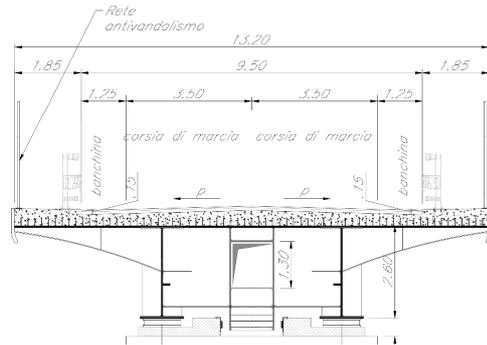
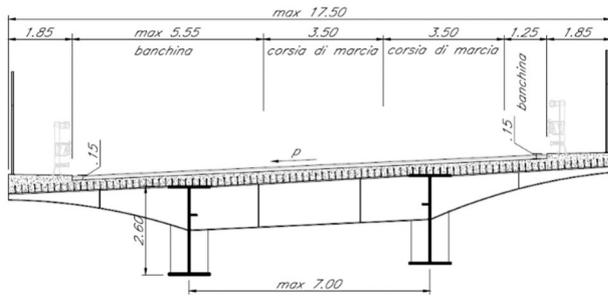


Figura 3_Soletta larga 17.5 m

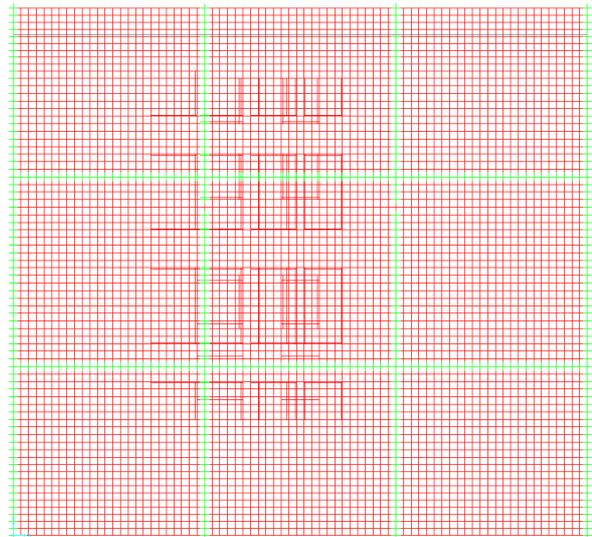


Figura 4_Soletta larga 13.2 m

Inoltre, per ciascuna campata sono state analizzati tre campi:

- Campo di soletta in corrispondenza della pila
- Campo di soletta in corrispondenza della mezzeria dell'impalcato
- Campo di soletta in corrispondenza della prima sezione meno armata di soletta (intermedia tra pila e mezzeria)

N.B: tale ripartizione in campi ha rilevanza solo per le analisi longitudinali di soletta (gli effetti globali variano a seconda della progressiva) mentre perde di significato per le analisi trasversali, nelle quali è sufficiente analizzare un solo campo per ciascuna campata.

Infine, per ciascun campo sono state individuate varie sezioni di verifica (di larghezza unitaria) sia in direzione longitudinale che trasversale:

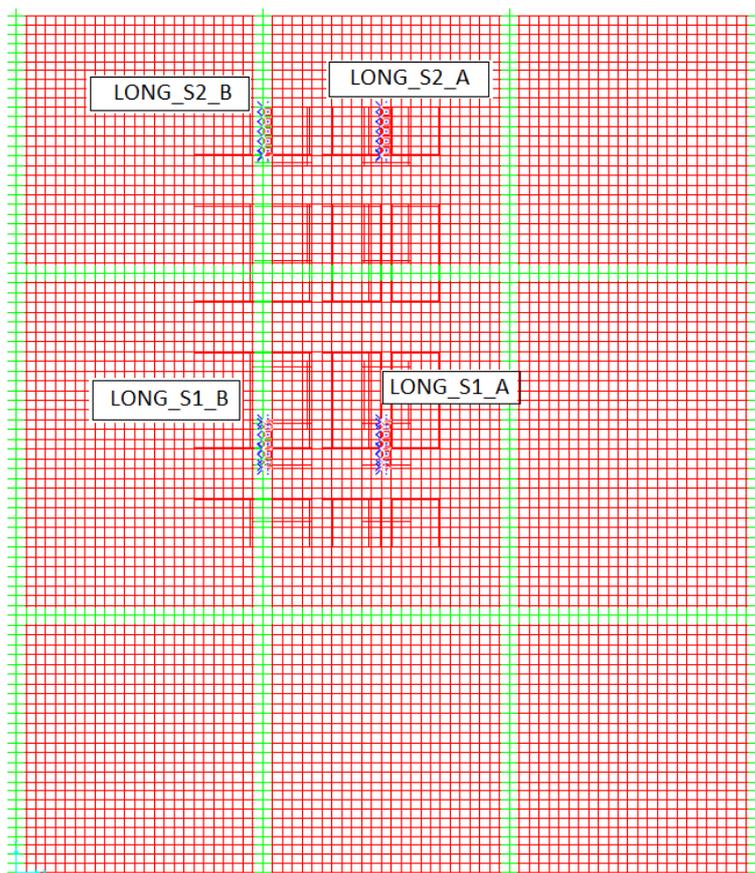


Figura 5_Sezioni longitudinali

RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
RS90	00	Y	09	CL IV0209	002 A	10 di 54

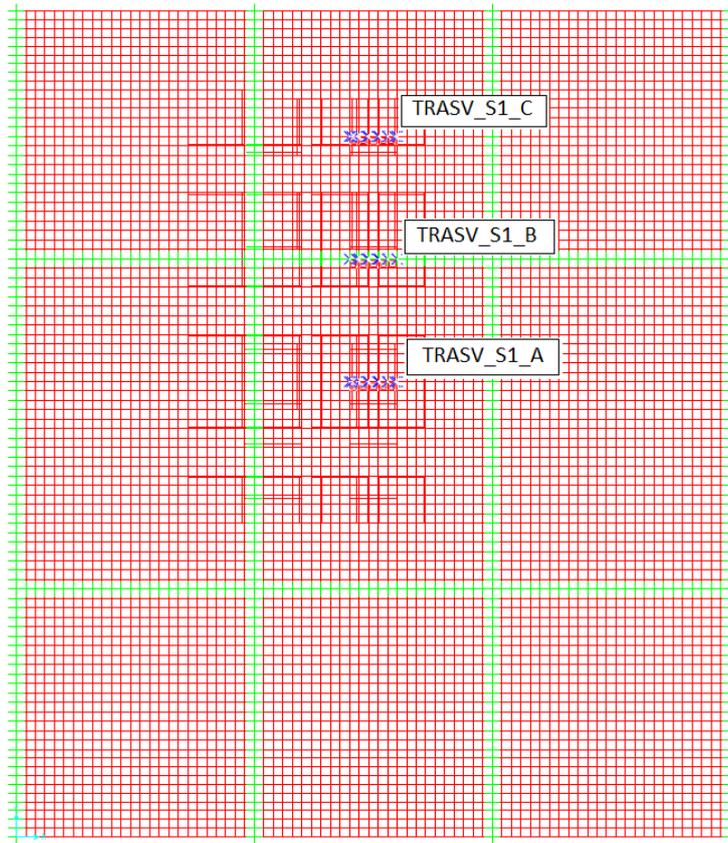


Figura 6 _Sezioni trasversali

RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO
RS90 00 Y 09 CL IV0209 002 A 11 di 54

Nei capitoli di verifica verranno proposte delle tabelle di sintesi dei risultati così organizzate:

Verifica soletta in direzione longitudinale

Soletta larga 17.5 m:

	Sezione
	-
Sezione appoggio	Long_S1_A
	Long_S1_B
	Long_S2_A
	Long_S2_B
Sezione con meno armatura	Long_S1_A
	Long_S1_B
	Long_S2_A
	Long_S2_B
Sezione mezzeria	Long_S1_A
	Long_S1_B
	Long_S2_A
	Long_S2_B

Soletta larga 13.2 m:

	Sezione
	-
Sezione appoggio	Long_S1_A
	Long_S1_B
	Long_S2_A
	Long_S2_B
Sezione con meno armatura	Long_S1_A
	Long_S1_B
	Long_S2_A
	Long_S2_B
Sezione mezzeria	Long_S1_A
	Long_S1_B
	Long_S2_A
	Long_S2_B

Verifica soletta in direzione trasversale

Soletta larga 17.5 m:

Sezione
-
Trasv_S1_A
Trasv_S1_B

Soletta larga 13.2 m:

Sezione
-
Trasv_S1_A
Trasv_S1_B

5. VERIFICHE PREDALLE (FASE 1)

Di seguito si riportano le verifiche del traliccio per le sollecitazioni di Fase 1 nella quale si considerano agenti il peso proprio delle lastre prefabbricate, il peso del getto della soletta che è ancora inerte e un carico accidentale di getto relativo ai mezzi e agli operai.

La struttura resistente in questa fase di carico è costituita unicamente da tralici di altezza 18 cm ad interasse 40 cm, con ferro Ø20 superiore e 2 Ø16 inferiori correnti e con diagonali in ferri Ø12.

I carichi considerati in questa fase sono:

Soletta	$25 \text{ kN/m}^3 \times 0.25 \text{ m}$	=	6.25 kN/m^2
Predalle in cls. sp. 5 cm		=	2.37 kN/m^2
Carico accidentale di getto		=	1.50 kN/m^2

CARATTERISTICHE DELLE PREDALLE PREFABBRICATE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo C35/45

Peso proprio	γ_c	25	[kN/m ³]
Res. cubica car.	R_{ck}	45.0	[MPa]
Res. cilindrica car.	f_{ck}	35.0	[MPa]
Coeff. sicurezza	γ_M	1.50	[-]

Acciaio per armature B450C

Snevmanto car.	f_{yk}	450	[Mpa]
Modulo elastico	E_s	2.1E+05	[Mpa]
Coeff. sicurezza	γ_{M0}	1.15	[-]
	γ_{M1}	1.15	[MPa]

CORRENTE SUPERIORE

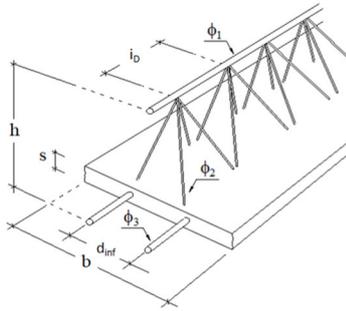
Diametro barra	Φ_1	20	[mm]
Area sezione barra	A	314	[mm ²]
Inerzia sezione barra	J	7854	[mm ⁴]
Luce libera inflessione	L_0	200	[mm]
Carico critico	N_{cr}	407.0	[kN]
Snellezza adim.	λ	0.589	[-]
Coefficiente ϕ	ϕ	0.769	[-]
Coeff. di instabilità	χ	0.792	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	122.9	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	97.3	[kN]

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Dimensione lastra	b	2000	[mm]
Spessore coppella	s	50	[mm]
n*tralici per predalla	n	5	[-]
Interasse tralici	i_T	400	[mm]
Altezza tralici	h	180	[mm]
Base fuoritutto traliccio	d_{inf}	100	[mm]
Interasse diagonali	i_D	200	[mm]
Interasse ferri inferiori	i_{inf}	84	[mm]
Braccio interno forze	z	162	[mm]
Angolo in sezione staffe	α	14.5	[°]
Angolo in profilo staffe	β	31.7	[°]

CORRENTI INFERIORI

Diametro barra	Φ_3	16	[mm]
Area sezione barra	A	201	[mm ²]
Inerzia sezione barra	J	3217	[mm ⁴]
Luce libera inflessione (*)	L_0	200	[mm]
Carico critico	N_{cr}	166.7	[kN]
Snellezza adim.	λ	0.737	[-]
Coefficiente ϕ	ϕ	0.903	[-]
Coeff. di instabilità	χ	0.702	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	78.7	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	55.2	[kN]



BARRE INCLINATE

Diametro barra	Φ_2	12	[mm]
Area sezione barra	A	113	[mm ²]
Inerzia sezione barra	J	1018	[mm ⁴]
Coefficiente di vincolo	β	0.70	[-]
Luce libera inflessione	L_0	138	[mm]
Carico critico	N_{cr}	111.3	[kN]
Snellezza adim.	λ	0.676	[-]
Coefficiente ϕ	ϕ	0.845	[-]
Coeff. di instabilità	χ	0.739	[-]
Res. a trazione	$N_{c,Rd}$	44.3	[kN]
Res. a compressione	$N_{b,Rd}$	32.7	[kN]

CORRENTI INFERIORI - COMPORTAMENTO COME SEZIONE COMPOSTA IN CORRISPONDENZA DELLE TASCHE DE

Area sezione barre	A	402	[mm ²]	Snellezza adim. Equivalente λ_{eq}	0.782	[-]	
Inerzia sezione composto	J_C	709346	[mm ⁴]	Coefficiente ϕ	ϕ	0.949	[-]
Luce libera inflessione	$B_{pb}-2c$	750	[mm]	Coeff. di instabilità	χ	0.673	[-]
Carico critico	N_{cr}	2613.7	[kN]	Res. a compressione	$N_{c,Rd}$	105.9	[kN]
Snellezza adim. ideale	λ_{id}	0.263	[-]	<i>(valida nel caso di ferri inferiori collegati in consp. delle tasche)</i>			

ANALISI DEI CARICHI ED EFFETTI LOCALI

Interasse travi	L	5.00	[m]	PP predalla	$G_{1, pred}$	2.37	[kN/m]
Dim. sbalzo sinistro	L_{SX}	0.00	[m]	PP getto campata	$G_{1, sol, camp}$	6.25	[kN/m]
Dim. sbalzo destro	L_{DX}	0.00	[m]	PP getto appoggio	$G_{1, sol, app}$	6.25	[kN/m]
Sbalzo non gettato in 1° fase	L_{ng}	0.00	[m]	Carico accidentale	Q_{acc}	1.50	[kN/m]
Appoggio predalle	c	50	[mm]	PP veletta	$G_{2, vel}$	0.00	[kN]
Dim. piattabanda	B_{pb}	800	[mm]	Coeff. parziale G1	γ_{G1}	1.35	[-]
Spessore getto campata	H_{getto}	250	[mm]	Coeff. parziale Q	γ_Q	1.50	[-]
Spessore getto appoggio	H_{getto}	250	[mm]				

Le verifiche vengono eseguite considerando le sollecitazioni sul singolo traliccio.

GETTO IN CAMPATA - fase 1a

Luce di calcolo campata	L_c	4.25	[m]
Momento in appoggio			
PP predalla	$M_{g1, pred}$	5.35	[kNm]
PP getto campata	M_{g1}	14.11	[kNm]
Carico accidentale	$M_{q, acc}$	3.39	[kNm]
SLU	M_{slu}	31.35	[kNm]
SLU singolo traliccio	M_{slu}	12.54	[kNm]
Taglio in appoggio			
PP predalla	$V_{g1, pred}$	5.04	[kN]
PP getto campata	V_{g1}	13.28	[kN]
Carico accidentale	$V_{q, acc}$	3.19	[kN]
SLU	V_{slu}	29.51	[kN]
SLU singolo traliccio	V_{slu}	11.80	[kN]
Assiale corrente sup.	$N_{Ed, sup}$	-77.4	[kN]
(instabilità)	$N_{Rd, sup}$	-97.3	[kN]
η		0.80	[-] Ok
Assiale corrente inf.	$N_{Ed, inf}$	38.7	[kN]
(resistenza trazione)	$N_{Rd, inf}$	78.7	[kN]
η		0.49	[-] Ok
Assiale sul diagonale	$N_{Ed, diag}$	-7.2	[kN]
(instabilità)	$N_{Rd, diag}$	-32.7	[kN]
η		0.22	[-] Ok

6. ANALISI DEI CARICHI – EFFETTI LOCALI (FASE 2 E FASE 3)

In queste fasi la soletta è interamente reagente e le verifiche dell'opera vengono effettuate a partire dai carichi descritti di seguito.

6.1 CARICHI PERMANENTI PORTATI (G2)

In accordo con l'analisi dei carichi riportata nella relazione dell'impalcato metallico, si considera che in Fase 2 agiscono i carichi relativi alla pavimentazione, ai cordoli, alle reti di protezione, agli arredi e al guard-rail.

Pavimentazione		= 3 kN/m ²	
Cordoli	25 kN/m ³ x 0.2 m	= 5 kN/m ²	su una fascia di 1.85 m
Sicurvia	1.5 kN/m / 0.6 m	= 2.5 kN/m ²	su una fascia di 0.6 m
Rete metallica di protezione	1 kN/m / 0.2 m	= 5 kN/m ²	su una fascia di 0.2 m

Pavimentazione

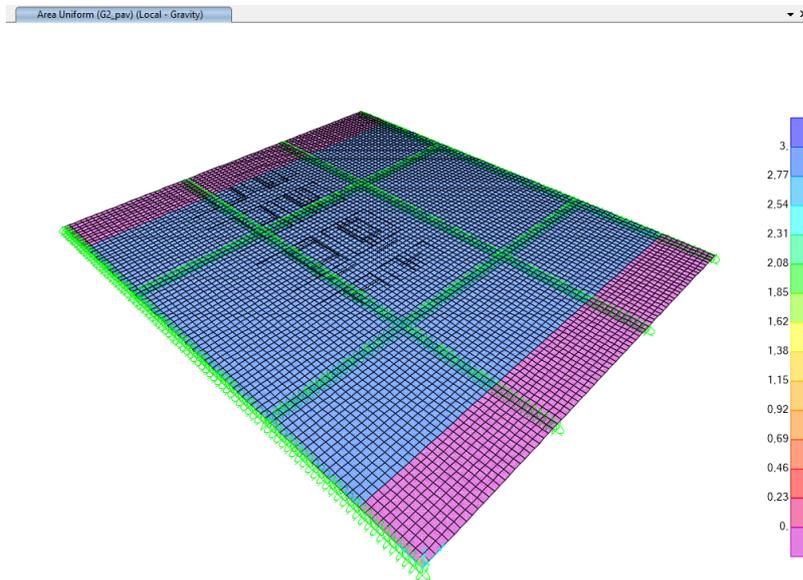


Figura 7_Carico G2 pavimentazione stradale

RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. CL.	DOC. IV0209	PROG. REV.	FOGLIO
RS90	00	Y	09	CL	IV0209	002 A	15 di 54

Cordoli

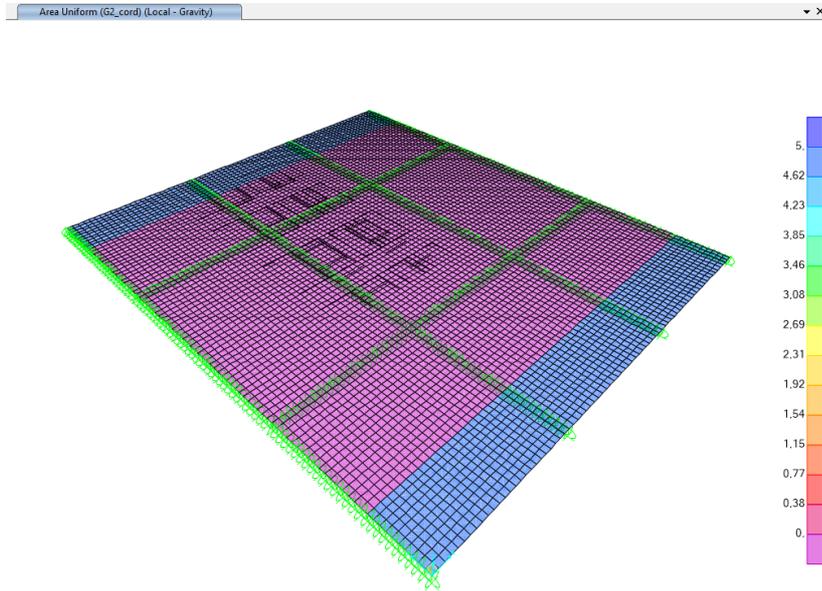


Figura 8_Carico G2 cordoli

Barriere e arredi

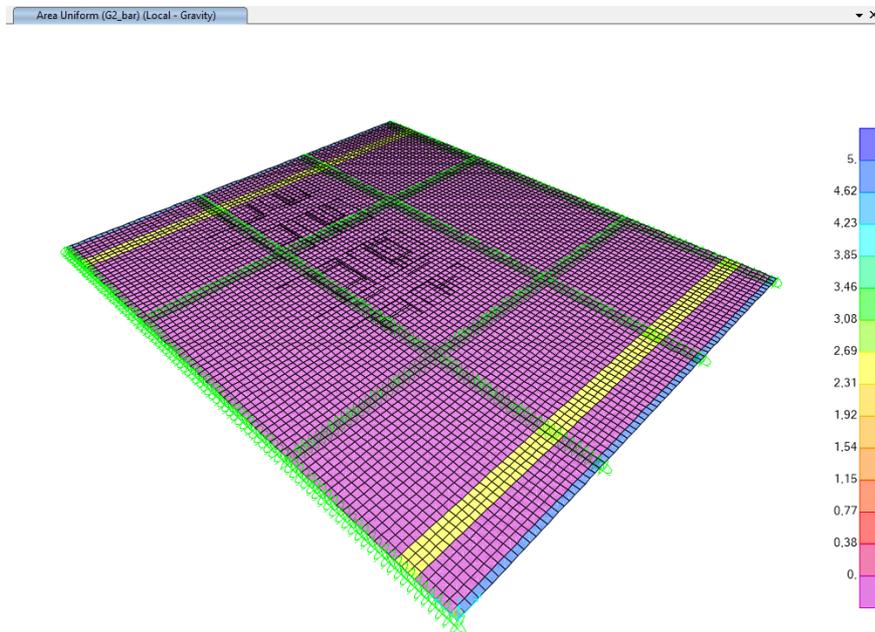


Figura 9_Carico G2 barriere e arredi

6.2 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

6.2.1 AZIONI DA TRAFFICO

In conformità alla normativa di riferimento si prendono in considerazione i seguenti carichi mobili per ponti di 1° categoria:

SCHEMA DI CARICO 1

- prima colonna di carico costituita da due carichi assiali $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$ e un carico uniformemente distribuito $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$ su una larghezza convenzionale pari a 3.00m ;
- seconda colonna di carico analoga alla precedente, ma con carichi rispettivamente pari a $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$ e $q_{2k} = 2.5 \text{ kN/m}^2$;
- area rimanente costituita da un carico uniformemente distribuito pari a $q_{rk} = 2.5 \text{ kN/m}^2$.

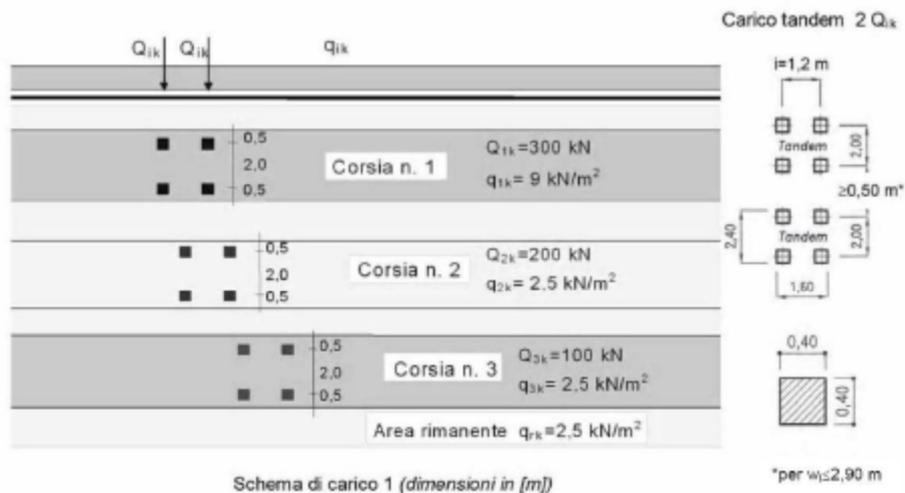
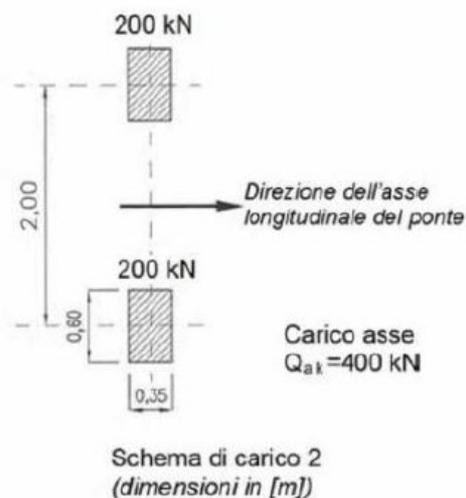


Figura 7: rappresentazione delle stese di carico.

I sovraccarichi mobili sono considerati nelle diverse disposizioni longitudinali e trasversali atte a generare le massime sollecitazioni nelle sezioni di verifica attraverso l'utilizzo del moving load case. Il modello di calcolo utilizzato è implementato nel programma di analisi strutturale agli elementi finiti SAP2000.

SCHEMA DI CARICO 2

È inoltre considerato per il calcolo degli effetti locali sulla soletta lo schema di carico 2, il quale viene preso autonomamente con asse longitudinale nelle posizioni più gravose:



È costituito da un singolo asse applicato su specifiche impronte di pneumatico di forma rettangolare, di larghezza 0,60 m ed altezza 0,35 m. Qualora sia più gravoso si considererà il peso di una singola ruota di 200 kN.

La posizione di tale schema di carico per il calcolo degli effetti sulla soletta viene disposto secondo le linee di influenza allo scopo di massimizzarne gli effetti sugli sbalzi e sugli appoggi della soletta sulle travi principali.

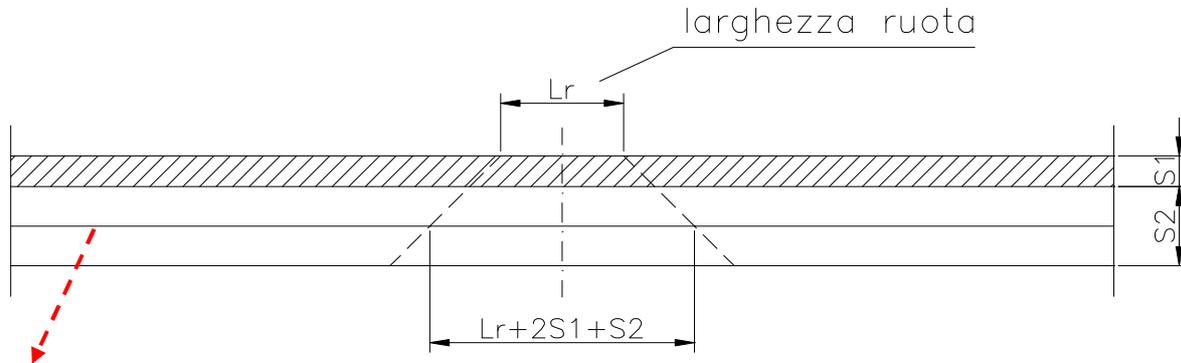
SCHEMA DI CARICO 5 (FOLLA)

Valore del carico da folla = 5 kN/m^2 , comprensivi degli effetti dinamici.

Larghezza di applicazione del carico (marciapiede) = 1.85m

Larghezza di applicazione del carico (piattaforma stradale) = Variabile

6.2.1.1 Calcolo diffusione verticale impronta



Piano di mezzeria soletta

Figura 10_Schema diffusione impronte di carico da traffico

Schema di carico 1

L_r = larghezza/lunghezza ruota = 40 cm

S_1 = spessore del manto di usura = 12 cm

S_2 = spessore minimo getto di cls = 30 cm

Diffusione trasv./long.: $D_{SOL} = L_r + 2 \cdot s_1 + 2 \cdot \frac{s_2}{2} = \mathbf{94 \text{ cm}}$

Schema di carico 2

L_r = larghezza ruota = 35 cm

L_r = lunghezza ruota = 60 cm

S_1 = spessore del manto di usura = 12 cm

S_2 = spessore minimo getto di cls = 30 cm

Diffusione trasversale: $D_{SOL} = L_r + 2 \cdot s_1 + 2 \cdot \frac{s_2}{2} = \mathbf{114 \text{ cm}}$

Diffusione longitudinale: $D_{SOL} = L_r + 2 \cdot s_1 + 2 \cdot \frac{s_2}{2} = \mathbf{89 \text{ cm}}$

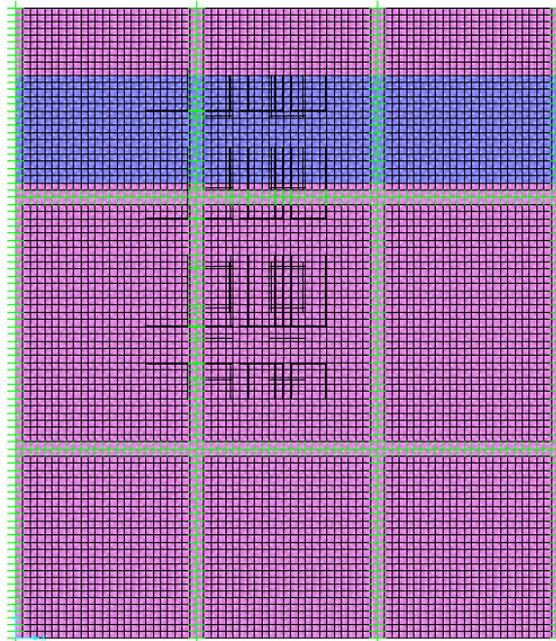
RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS90 00 Y 09 CL IV0209 002 A

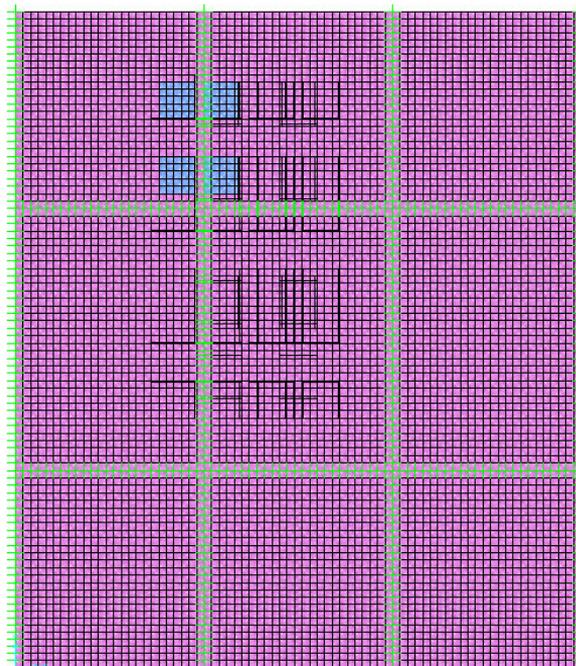
FOGLIO
19 di 54

Di seguito la rappresentazione di alcune disposizioni dei carichi mobili dello schema 1.

Area Uniform (JDL_1) (Local - Gravity)



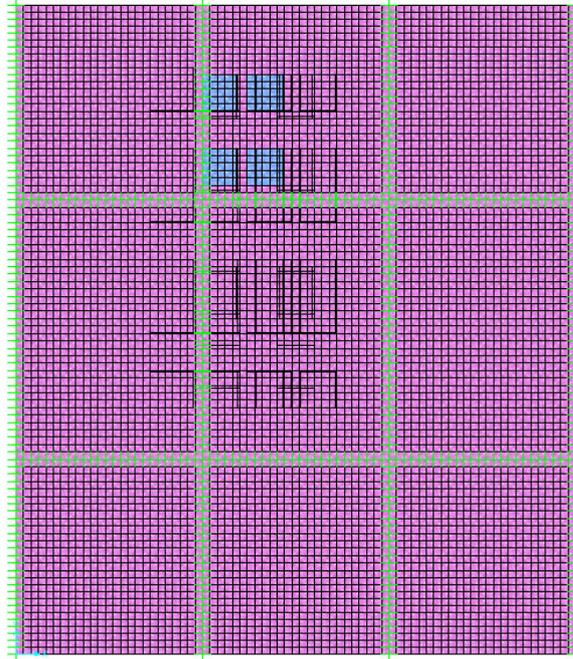
Area Uniform (Q1_app_-M) (Local - Gravity)



RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
RS90	00	Y	09	CL IV0209	002 A	20 di 54

Area Uniform (Q1_app_T) (Local - Gravity)



Area Uniform (Q1_mezz) (Local - Gravity)

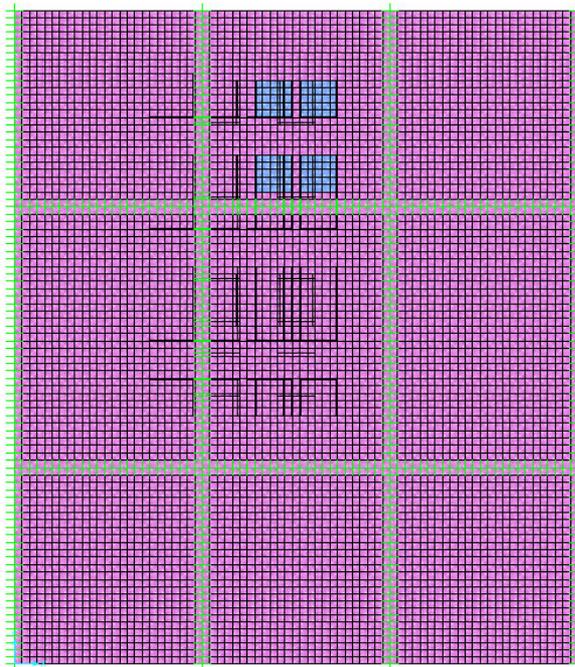


Figura 11_Esempio disposizione carichi Schema 1 (UDL e Tandem) su corsia 1

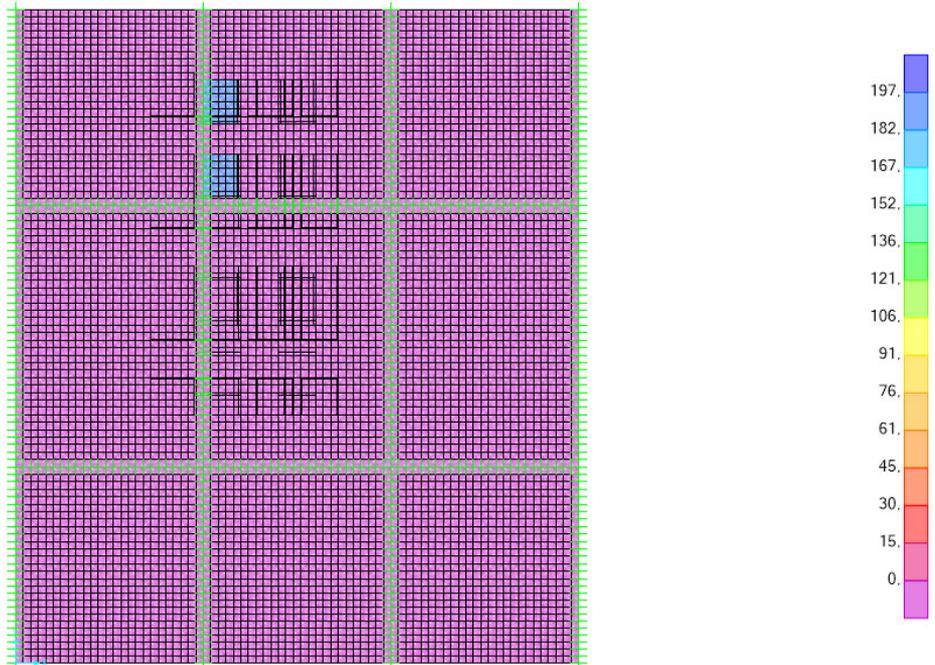
RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA

PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV.
RS90 00 Y 09 CL IV0209 002 A

FOGLIO
21 di 54

Di seguito la rappresentazione di alcune disposizioni dei carichi mobili dello schema 2.

Area Uniform (Scheam2_A) (Local - Gravity) x



Area Uniform (Scheam2_B) (Local - Gravity) x

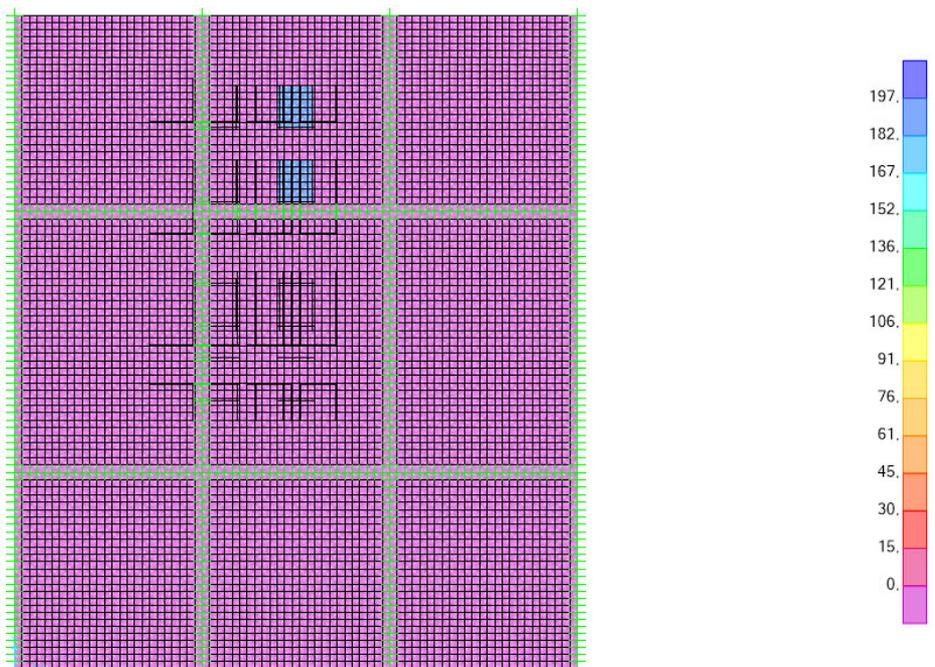


Figura 12_Esempio disposizione carichi Schema 2 su corsia 1

RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA

PROGETTO	LOTTO	FASE	ENTE	COD. DOC.	PROG. REV.	FOGLIO
RS90	00	Y	09	CL IV0209	002 A	22 di 54

Di seguito la rappresentazione dello schema di carico 5 (folla) sui marciapiedi.

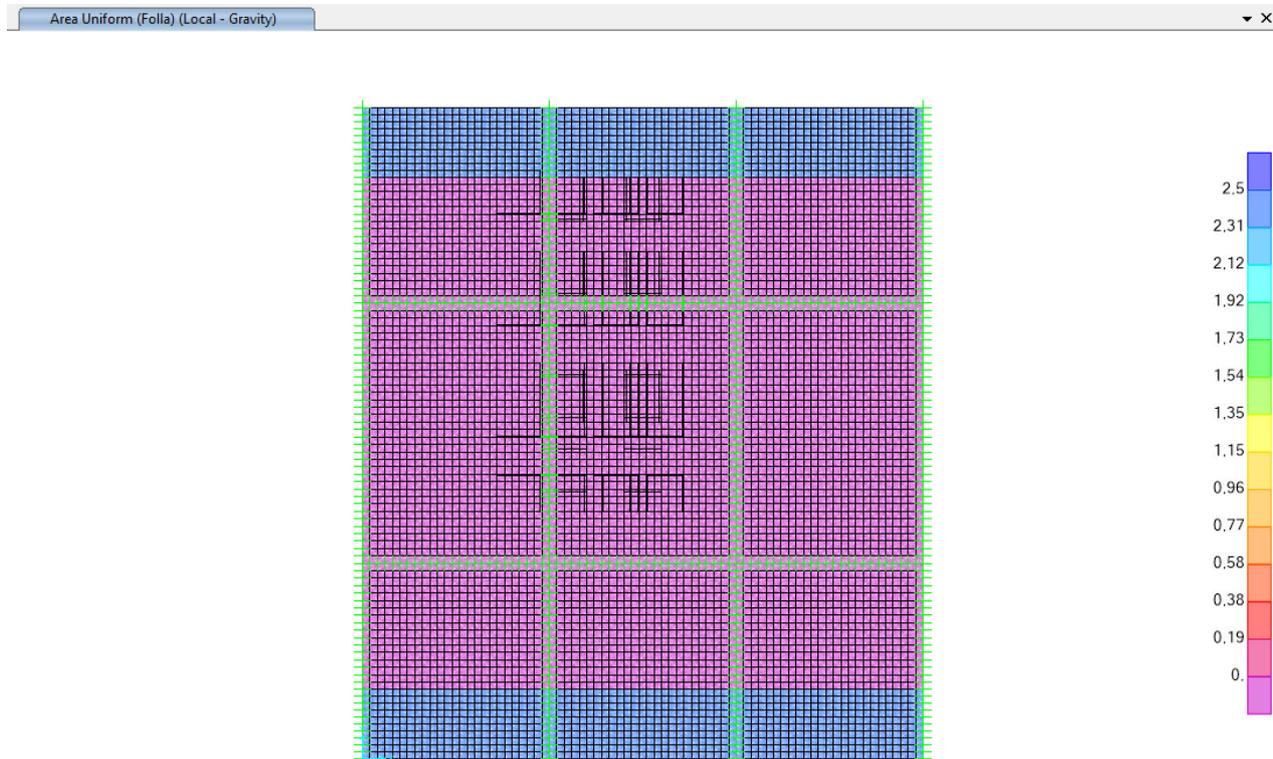


Figura 13_Esempio disposizione carichi Schema 5 su marciapiedi

 <p>ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO - CATANIA TRATTA FIUMETORTO – LERCARA DIRAMAZIONE (Lotto 1+2) NUOVA VIABILITA' NV02</p>
<p>RELAZIONE DI CALCOLO SOLETTA</p>	<p>PROGETTO LOTTO FASE ENTE COD. DOC. PROG. REV. FOGLIO RS90 00 Y 09 CL IV0209 002 A 23 di 54</p>

6.2.1.2 Coefficienti dinamici

Sezioni correnti

Gli schemi di carico specificati al par. 5.1.3.3.3 delle NTC includono già gli effetti dinamici relativi a pavimentazioni di media rugosità.

Sezioni d'estremità

In prossimità di interruzioni della continuità strutturale della soletta nelle zone di estremità è necessario considerare un coefficiente dinamico addizionale.

Secondo quanto previsto dalla attuale circolare applicativa alle NTC al paragrafo C.5.1.4.3 e in accordo con i paragrafi 4.2.1 punto (3) e 4.6.1 punto (6) dell'Eurocodice 1 parte 2, per le sezioni di estremità si assume $\varphi = 1.3$.

$$\Delta\varphi_{\text{fat}} = 1,30 \cdot \left(1 - \frac{d}{26}\right) \geq 1,0 \quad (\text{C5.1.1})$$

dove d è la distanza in m della sezione considerata dalla sezione di giunto, espressa in m.

NOTA BENE. I traversi di spalla dell'opera in oggetto risultano piolati e sono stati opportunamente calcolati per sostenere le azioni dinamiche localizzate in tale zona. Per quanto riguarda la soletta, quindi, non è necessario analizzare separatamente le sezioni correnti e quelle di estremità. Nel seguito tutte le analisi saranno riferite a sezioni correnti.

6.3 AZIONI CLIMATICHE

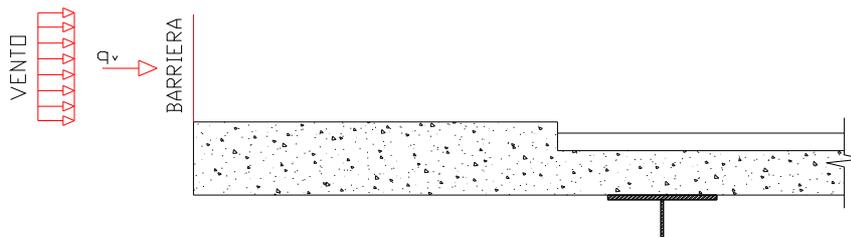
6.3.1 VARIAZIONE TERMICA DIFFERENZIALE

L'azione termica è stata valutata conformemente al paragrafo 3.5 delle NTC2018. È stata considerata una variazione termica lineare tra intradosso ed estradosso soletta pari a $\pm 5^{\circ}\text{C}$.

6.4 AZIONE DEL VENTO

In accordo con quanto riportato nella relazione di calcolo dell'impalcato metallico, la pressione del vento agente sulla superficie sopravvento vale:

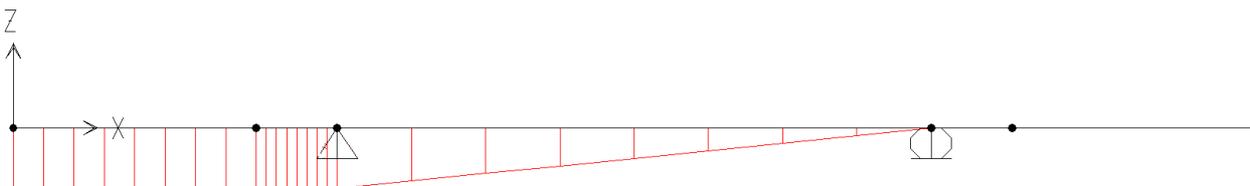
$$p_{\text{sopravento}} = 1.64 \text{ kN/m}^2$$



In via cautelativa, tale azione viene ripartita su una superficie che comprende l'altezza del veicolo da normativa (3 m) o della barriera (considerata cautelativamente pari a circa 3 m), lo spessore della pavimentazione (0.12 m) e metà spessore della soletta (0.30/2 m). Si ottiene pertanto un valore di momento sollecitante pari a:

$$M = 1.64 \times (3 + 0.12 + 0.30/2)^2 / 2 = 8.77 \text{ kNm/m}$$

Tale momento tende le fibre inferiori della soletta (M positivo) secondo quanto riportato schematicamente di seguito, pertanto, non risulta dimensionante per lo sbalzo di soletta il quale è soggetto a momento negativo nella sezione di appoggio.



6.5 AZIONI ECCEZIONALI

6.5.1 URTO SUL SICURVIA

Sulla base delle prescrizioni normative (§5.1.3.10 N.T.C.2018), l'urto di un veicolo stradale sulle barriere sicurvia è stato modellato come una forza orizzontale applicata in corrispondenza delle barriere ad un'altezza pari a 1.0 m dal piano stradale. In particolare, ai fini del calcolo degli effetti locali sulla soletta d'impalcato, si è tenuto conto delle seguenti azioni:

- una forza pari a 100 kN considerata distribuita su 0.50 m diretta in direzione trasversale all'asse impalcato;
- un carico verticale isolato costituito dal *Secondo Schema di Carico*, posizionato in adiacenza al sicurvia stesso e disposto nella posizione più gravosa.

In accordo alle normative di riferimento, lo scenario di progetto si configura come condizione (e quindi combinazione) eccezionale.

7. ANALISI DEI CARICHI – EFFETTI GLOBALI

Le sollecitazioni sulla soletta dovute agli effetti globali sono state calcolate a partire dai modelli globali definiti per il calcolo dell'impalcato metallico.

I valori ottenuti vengono direttamente riportati nella tabella riepilogativa presente nel capitolo delle verifiche della soletta in direzione longitudinale.

8. COMBINAZIONI DI CARICO

In accordo con i paragrafi. 2.5.3 e 5.1.3.12 delle NTC2018 si riportano i coefficienti adottati per la combinazione delle azioni nelle analisi locali.

SLU						
	G2	Tandem	UDL	Folla	Termica	Ritiro
γ	1.35	1.35	1.35	1.35	1.5	1.2
ψ_0	1	1	1	1	0.6	1
Tot	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	1.2

ECCEZIONALE							
	G2	Tandem	UDL	Folla	Termica	Ritiro	Urto
γ	1	1	-	-	-	-	1
ψ_0	1	1	-	-	-	-	1
Tot	1	1	-	-	-	-	1

SLE rara							
	G2	Tandem	UDL	Folla	Termica	Ritiro	Vento
γ	1	1	1	1	1	1	1
ψ	1	1	1	1	0.6	1	0.6
Tot	1	1	1	1	0.6	1	0.6

SLE frequente							
	G2	Tandem	UDL	Folla	Termica	Ritiro	Vento
γ	1	1	1	1	1	1	1
ψ	1	0.75	0.4	0.4	0.6	1	0
Tot	1	0.75	0.4	0.4	0.6	1	0

SLE quasi permanente							
	G2	Tandem	UDL	Folla	Termica	Ritiro	Vento
γ	1	1	1	1	1	1	1
ψ	1	0	0	0	0.5	1	0
Tot	1	0	0	0	0.5	1	0

Visto l'impiego di additivi antiritiro, conservativamente si considera la sollecitazione indotta dal ritiro al 50%.

9. VERIFICA SOLETTA IN DIREZIONE LONGITUDINALE

9.1 CAMPO SOLETTA LARGO 17.5 m

9.1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

DATI GEOMETRICI													
Sezione	H soletta	H predalla	Armatura sup 1		Armatura sup 2		Armatura inf 1		Armatura inf 2		copriferro (baricentro barre)		
			ϕ	passo	ϕ	passo	ϕ	passo	ϕ	passo	Sup	Inf	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Sezione appoggio	Long_S1_A	250	50	22	200	16	200	22	200	16	200	56	61
	Long_S1_B	250	50	22	200	16	200	22	200	16	200	56	61
	Long_S2_A	250	50	22	200	16	200	22	200	16	200	56	61
	Long_S2_B	250	50	22	200	16	200	22	200	16	200	56	61
Sezione con meno armatura	Long_S1_A	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long_S1_B	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long_S2_A	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long_S2_B	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
Sezione mezzeria	Long_S1_A	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long_S1_B	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long_S2_A	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long_S2_B	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61

Copriferri sup considerati da fibra superiore soletta
Copriferri inf considerati da fibra inferiore predalle

Per la nomenclatura dei campi di soletta e delle sezioni di verifica vedi capitolo 4.1.

La "prima sezione con meno armatura" dista circa 15 m dalla sezione di appoggio (Pila 10)

9.1.2 VERIFICHE SLU

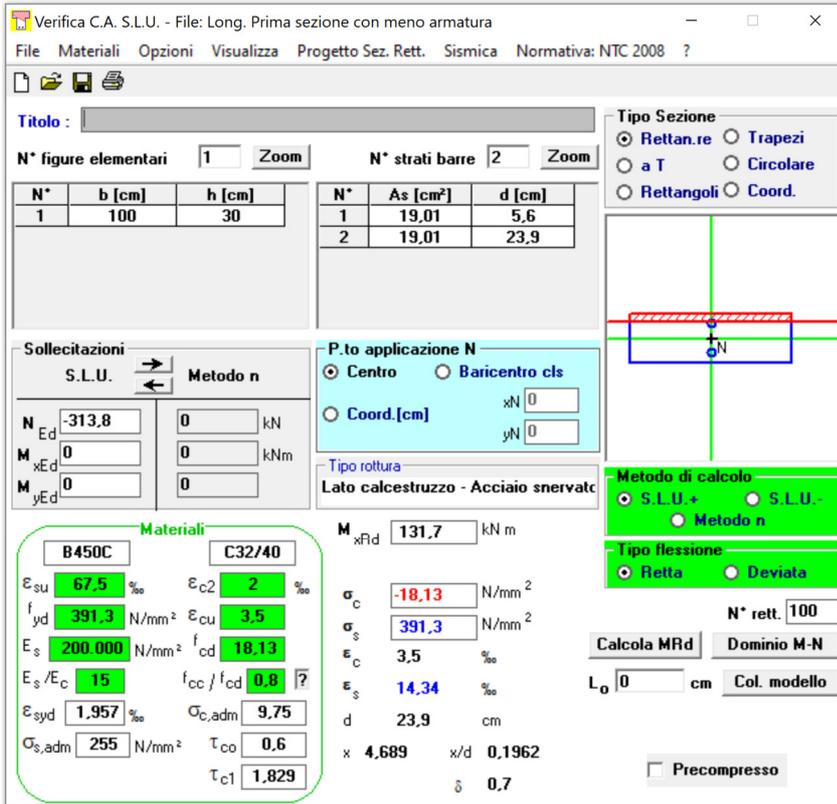
		SLU					
		LOCALE		GLOBALE		SOLLECITAZIONI TOTALI	
		V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
		kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Sezione appoggio	Long_S1_A	42.5	117.1	852.8	852.8	42.5	117.1
	Long_S1_B	-225.1	-112.6	852.8	852.8	-225.1	-112.6
	Long_S2_A	39.0	90.9	852.8	852.8	39.0	90.9
	Long_S2_B	-230.7	-97.4	852.8	852.8	-230.7	-97.4
Sezione con meno armatura	Long_S1_A	42.5	117.1	313.8	313.8	42.5	117.1
	Long_S1_B	-225.1	-112.6	313.8	313.8	-225.1	-112.6
	Long_S2_A	39.0	90.9	313.8	313.8	39.0	90.9
	Long_S2_B	-230.7	-97.4	313.8	313.8	-230.7	-97.4
Sezione mezzeria	Long_S1_A	42.5	117.1	-330.5	-330.5	42.5	117.1
	Long_S1_B	-225.1	-112.6	-330.5	-330.5	-225.1	-112.6
	Long_S2_A	39.0	90.9	-330.5	-330.5	39.0	90.9
	Long_S2_B	-230.7	-97.4	-330.5	-330.5	-230.7	-97.4

		VERIFICHE SLU						
		N_{Ed}	M_{Ed}	M_{Rd}	M_{Ed}/M_{Rd}	V_{Ed}	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}
		kN	kNm	kNm	-	kN	kN	-
Sezione appoggio	Long_S1_A	852.8	117.1	153	0.77	42.5	424.5	0.10
	Long_S1_B	852.8	-112.6	-161.7	0.70	225.1	424.5	0.53
	Long_S2_A	852.8	90.9	153	0.59	39.0	424.5	0.09
	Long_S2_B	852.8	-97.4	-161.7	0.60	230.7	424.5	0.54
Sezione con meno armatura	Long_S1_A	313.8	117.1	131.7	0.89	42.5	424.5	0.10
	Long_S1_B	313.8	-112.6	-137.6	0.82	225.1	424.5	0.53
	Long_S2_A	313.8	90.9	131.7	0.69	39.0	424.5	0.09
	Long_S2_B	313.8	-97.4	-137.6	0.71	230.7	424.5	0.54
Sezione mezzeria	Long_S1_A	-330.5	117.1	194.7	0.60	42.5	424.5	0.10
	Long_S1_B	-330.5	-112.6	-198	0.57	225.1	424.5	0.53
	Long_S2_A	-330.5	90.9	194.7	0.47	39.0	424.5	0.09
	Long_S2_B	-330.5	-97.4	-198	0.49	230.7	424.5	0.54

Di seguito si riportano i dettagli delle verifiche più critiche

Verifica a flessione

Sezione Long_S1_A (primo campo di soletta con meno armatura)



Verifica C.A. S.L.U. - File: Long. Prima sezione con meno armatura

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	19,01	5,6
			2	19,01	23,9

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

Sollecitazioni:
 S.L.U. Metodo n
 N_{Ed}: -313,8 kN
 M_{xEd}: 0 kNm
 M_{yEd}: 0 kNm

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

Tipo rottura:
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali:
 B450C C32/40
 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}: 18,13 ‰
 E_s/E_c: 15 f_{cc}/f_{cd}: 0,8
 ε_{syd}: 1,957 ‰ σ_{c,adm}: 9,75 ‰
 σ_{s,adm}: 255 N/mm² τ_{co}: 0,6 ‰
 τ_{c1}: 1,829 ‰

M_{xRd}: 131,7 kNm
 σ_c: -18,13 N/mm²
 σ_s: 391,3 N/mm²
 ε_c: 3,5 ‰
 ε_s: 14,34 ‰
 d: 23,9 cm
 x: 4,689 x/d: 0,1962
 δ: 0,7

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

Verifica a taglio

Sezione Long_S2_B

Per tale verifica si sfrutta la presenza dei diagonal dei tralicci delle predelle. Come si evince dall'esito della verifica non è necessaria pertanto armatura aggiuntiva a taglio.

Nel calcolo del taglio sollecitante da assegnare ai tralicci delle predelle si è tenuto conto anche del peso proprio di soletta e predelle:

	Carico kN/m	Luce netta m	V _{SLU} -	V _{G1 SLU} kN	
G1 _{pred}	2.37	4.25	1.35	6.8	PP predella
G1 _{sol,camp}	6.25	4.25	1.35	17.9	PP getto campata
G2+ritiro+Q				230.7	Altri carichi SLU
SLU _{TOT}				255.5	

Geometrie sezione

b_w	1000	mm	larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	162	mm	altezza utile della sezione
A_c	300000	mm ²	area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl}	20		numero di barre longitudinali
\varnothing_{bl}	16	mm	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	5		numero di bracci delle staffe
\varnothing_{st}	12	mm	diametro delle staffe
s_{st}	200	mm	passo delle staffe
α	58.3	°	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche materiali

ClS

R_{ck}	40	N/mm ²	resistenza cubica caratteristica a compressione
f_{ck}	33.20	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
f_{cm}	41.20	N/mm ²	resistenza cilindrica media a compressione
f_{cd}	22.13	N/mm ²	resistenza cilindrica di progetto a compressione
f_{ctm}	3.10	N/mm ²	resistenza a trazione media
f_{cfm}	3.72	N/mm ²	resistenza a trazione media per fessurazione
E_{cm}	33643	N/mm ²	modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 f_{cm})

Acciaio barre longitudinali

f_{yk}	450	N/mm ²
f_{yd}	391.3	N/mm ²

Acciaio staffe

f_{yk}	450	N/mm ²
f_{yd}	391.3	N/mm ²

Caratteristiche di aderenza delle barre

η	1.00		
f_{bk}	4.88	N/mm ²	tensione di aderenza caratteristica
f_{bd}	3.25	N/mm ²	tensione di aderenza di progetto

Calcoli preliminari

A_{sl}	4021.2	mm ²	area dell'armatura longitudinale
ρ_l	0.0248		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0200		rapporto considerato nei calcoli
σ_{cp}	-5.602	N/mm ²	tensione media di compressione nella sezione
$\sigma_{cp,eff}$	-5.602	N/mm ²	tensione media considerata nei calcoli
A_{sw}	565.5	mm ²	area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)

Elemento armato a taglio

α	1.018	rad	inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale
θ	0.384	rad	inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave
f'_{cd}	11.067	N/mm ²	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
α_c	1.000		coefficiente maggiorativo per compressione
N_{Rd}	6640	kN	sforzo normale di compressione ultimo
$ctg\alpha$	0.62		
$ctg\theta$	2.48		
V_{Rsd}	424.5	kN	taglio resistente relativo alle armature tese
V_{Rcd}	595.2	kN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
V_{Rd}	424.5	kN	taglio resistente di calcolo
V_{Ed}	255.5	kN	sollecitazione di taglio da calcolo
V_{Rd}	>	V_{Ed}	

9.1.3 VERIFICHE TENSIONALI (SLE)

Secondo quanto riportato al par. 4.1.2.2.5. delle NTC2018, si valuta che:

- $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$ in combinazione caratteristica (rara)
- $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 14.4 \text{ MPa}$ in combinazione quasi permanente
- $\sigma_s < 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ in combinazione caratteristica (rara)

		SLE RARA							
		LOCALE		GLOBALE		SOLLECITAZIONI TOTALI			
		V_{Ed}	M_{Ed}	$N_{Ed,tras}$	$N_{Ed,comp}$	$N_{Ed,tras}$	$N_{Ed,comp}$	V_{Ed}	M_{Ed}
		kN	kNm	kN	kN	kN	kN	kN	kNm
Sezione appoggio	Long S1 A	31.5	85.9	630.5	169.0	630.5	169.0	31.5	85.9
	Long S1 B	-166.7	-82.5	630.5	169.0	630.5	169.0	-166.7	-82.5
	Long S2 A	28.9	66.5	630.5	169.0	630.5	169.0	28.9	66.5
	Long S2 B	-170.7	-71.0	630.5	169.0	630.5	169.0	-170.7	-71.0
Sezione con meno armatura	Long S1 A	31.5	85.9	273.5	-259.0	273.5	-259.0	31.5	85.9
	Long S1 B	-166.7	-82.5	273.5	-259.0	273.5	-259.0	-166.7	-82.5
	Long S2 A	28.9	66.5	273.5	-259.0	273.5	-259.0	28.9	66.5
	Long S2 B	-170.7	-71.0	273.5	-259.0	273.5	-259.0	-170.7	-71.0
Sezione mezzeria	Long S1 A	31.5	85.9	-97.1	-1389.3	-97.1	-1389.3	31.5	85.9
	Long S1 B	-166.7	-82.5	-97.1	-1389.3	-97.1	-1389.3	-166.7	-82.5
	Long S2 A	28.9	66.5	-97.1	-1389.3	-97.1	-1389.3	28.9	66.5
	Long S2 B	-170.7	-71.0	-97.1	-1389.3	-97.1	-1389.3	-170.7	-71.0

		VERIFICHE SLE RARA									
		$N_{Ed,comp}$	M_{Ed}	$\sigma_{c,Ed}$	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{c,Ed}/\sigma_{c,Rd}$	$N_{Ed,tras}$	M_{Ed}	$\sigma_{c,Ed}$	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{c,Ed}/\sigma_{c,Rd}$
		kN	kNm	Mpa	Mpa	-	kN	kNm	Mpa	Mpa	-
Sezione appoggio	Long S1 A	169.0	85.9	6.3	19.92	0.31	630.5	85.9	263	360	0.73
	Long S1 B	169.0	-82.5	5.9	19.92	0.30	630.5	-82.5	250.5	360	0.70
	Long S2 A	169.0	66.5	4.8	19.92	0.24	630.5	66.5	230.4	360	0.64
	Long S2 B	169.0	-71.0	5.0	19.92	0.25	630.5	-71.0	231.5	360	0.64
Sezione con meno armatura	Long S1 A	-259.0	85.9	8.2	19.92	0.41	273.5	85.9	296.1	360	0.82
	Long S1 B	-259.0	-82.5	7.8	19.92	0.39	273.5	-82.5	280.5	360	0.78
	Long S2 A	-259.0	66.5	6.3	19.92	0.32	273.5	66.5	246.8	360	0.69
	Long S2 B	-259.0	-71.0	6.7	19.92	0.34	273.5	-71.0	251.9	360	0.70
Sezione mezzeria	Long S1 A	-1389.3	85.9	14.8	19.92	0.74	-97.1	85.9	246.5	360	0.68
	Long S1 B	-1389.3	-82.5	14.5	19.92	0.73	-97.1	-82.5	232.6	360	0.65
	Long S2 A	-1389.3	66.5	7.5	19.92	0.38	-97.1	66.5	196.9	360	0.55
	Long S2 B	-1389.3	-71.0	7.8	19.92	0.39	-97.1	-71.0	203.8	360	0.57

		SLE QUASI PERMANENTE					
		LOCALE		GLOBALE		SOLLECITAZIONI TOTALI	
		V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
		kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Sezione appoggio	Long S1 A	-0.3	8.9	176.4	176.4	-0.3	8.9
	Long S1 B	-8.2	-12.7	176.4	176.4	-8.2	-12.7
	Long S2 A	-0.2	9.2	176.4	176.4	-0.2	9.2
	Long S2 B	-11.0	-16.7	176.4	176.4	-11.0	-16.7
Sezione con meno armatura	Long S1 A	-0.3	8.9	-12.5	-12.5	-0.3	8.9
	Long S1 B	-8.2	-12.7	-12.5	-12.5	-8.2	-12.7
	Long S2 A	-0.2	9.2	-12.5	-12.5	-0.2	9.2
	Long S2 B	-11.0	-16.7	-12.5	-12.5	-11.0	-16.7
Sezione mezzeria	Long S1 A	-0.3	8.9	-700.5	-700.5	-0.3	8.9
	Long S1 B	-8.2	-12.7	-700.5	-700.5	-8.2	-12.7
	Long S2 A	-0.2	9.2	-700.5	-700.5	-0.2	9.2
	Long S2 B	-11.0	-16.7	-700.5	-700.5	-11.0	-16.7

		VERIFICHE SLE QUASI PERMANENTE				
		N_{Ed}	M_{Ed}	$\sigma_{c,Ed}$	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{c,Ed}/\sigma_{c,Rd}$
		kN	kNm	Mpa	Mpa	-
Sezione appoggio	Long S1 A	176.4	8.9	0	14.94	0.00
	Long S1 B	176.4	-12.7	0.36	14.94	0.02
	Long S2 A	176.4	9.2	0	14.94	0.00
	Long S2 B	176.4	-16.7	0.76	14.94	0.05
Sezione con meno armatura	Long S1 A	-12.5	8.9	0.84	14.94	0.06
	Long S1 B	-12.5	-12.7	1.18	14.94	0.08
	Long S2 A	-12.5	9.2	0.87	14.94	0.06
	Long S2 B	-12.5	-16.7	1.55	14.94	0.10
Sezione mezzeria	Long S1 A	-700.5	8.9	2.43	14.94	0.16
	Long S1 B	-700.5	-12.7	2.68	14.94	0.18
	Long S2 A	-700.5	9.2	2.45	14.94	0.16
	Long S2 B	-700.5	-16.7	2.89	14.94	0.19

Di seguito si riportano i dettagli della verifica più critica

Verifica SLE rara

Sezione Long_S1_A (primo campo di soletta con meno armatura)

Verifica C.A. S.L.U. - File: Long. Prima sezione con meno armatura

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	19,01	5,6
2	19,01	23,9

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

Materiali

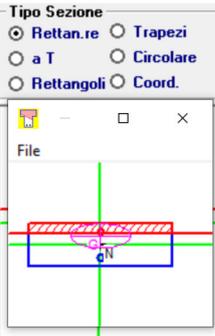
B450C		C32/40	
ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	18,13
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9,75
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,6
		τ_{c1}	1,829

σ_c -7,637 N/mm²
 σ_s 296,1 N/mm²

ϵ_s 1,481 ‰
 d 23,9 cm
 x 6,667 x/d 0,2789
 δ 0,7887

Verifica N° iterazioni:

Precompresso



9.1.4 VERIFICHE A FESSURAZIONE

In accordo con il capitolo 2.6.2.2 del MdP il limite di apertura delle fessure è fissato a:

- $w_1 = 0.2$ mm per la combinazione frequente

		SLE FREQUENTE					
		LOCALE		GLOBALE		SOLLECITAZIONI TOTALI	
		V _{Ed}	M _{Ed}	N _{Ed}	N _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}
		kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Sezione appoggio	Long_S1_A	23.9	47.4	379.8	379.8	23.9	47.4
	Long_S1_B	-119.8	-54.4	379.8	379.8	-119.8	-54.4
	Long_S2_A	21.9	49.5	379.8	379.8	21.9	49.5
	Long_S2_B	-124.0	-51.4	379.8	379.8	-124.0	-51.4
Sezione con meno armatura	Long_S1_A	23.9	47.4	106.9	106.9	23.9	47.4
	Long_S1_B	-119.8	-54.4	106.9	106.9	-119.8	-54.4
	Long_S2_A	21.9	49.5	106.9	106.9	21.9	49.5
	Long_S2_B	-124.0	-51.4	106.9	106.9	-124.0	-51.4
Sezione mezzeria	Long_S1_A	23.9	47.4	-174.3	-174.3	23.9	47.4
	Long_S1_B	-119.8	-54.4	-174.3	-174.3	-119.8	-54.4
	Long_S2_A	21.9	49.5	-174.3	-174.3	21.9	49.5
	Long_S2_B	-124.0	-51.4	-174.3	-174.3	-124.0	-51.4

		VERIFICHE SLE FREQUENTE						
		N _{Ed}	M _{Ed}	σ _{s,Ed}	x	W _{Ed}	W _{Lim}	W _{Ed} /W _{Lim}
		kN	kNm	Mpa	mm	mm	mm	-
Sezione appoggio	Long_S1_A	379.8	47.4	151.1	51.2	0.115	0.2	0.57
	Long_S1_B	379.8	-54.4	158.6	56.9	0.121	0.2	0.60
	Long_S2_A	379.8	49.5	154.6	52.8	0.117	0.2	0.58
	Long_S2_B	379.8	-51.4	153.7	54.8	0.116	0.2	0.58
Sezione con meno armatura	Long_S1_A	106.9	47.4	150.9	71.5	0.150	0.2	0.75
	Long_S1_B	106.9	-54.4	164.9	74.7	0.163	0.2	0.81
	Long_S2_A	106.9	49.5	156.3	72	0.155	0.2	0.78
	Long_S2_B	106.9	-51.4	157.4	74.1	0.155	0.2	0.78
Sezione mezzeria	Long_S1_A	-174.3	47.4	75.7	112.7	0.068	0.2	0.34
	Long_S1_B	-174.3	-54.4	92.2	110.9	0.083	0.2	0.41
	Long_S2_A	-174.3	49.5	80.1	113.7	0.071	0.2	0.36
	Long_S2_B	-174.3	-51.4	84.8	112.5	0.076	0.2	0.38

Di seguito si riportano i dettagli della verifica più critica

Verifica a fessurazione

Sezione Long_S1_B (primo campo di soletta con meno armatura)

Verifica C.A. S.L.U. - File: Long. Prima sezione con meno armatura

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	A _s [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	19,01	5,6
			2	19,01	23,9

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed}: -925,8 kN; M_{Ed}: -106,9 kNm

P.to applicazione N: Centro; xN: 0; yN: 0

Materiali: B450C (E_{su}: 67,5%; f_{yd}: 391,3 N/mm²; E_s: 200.000 N/mm²; E_s/E_c: 15; σ_{s,adm}: 255 N/mm²); C32/40 (E_{c2}: 2%; E_{cu}: 3,5; f_{cd}: 18,13; σ_c: -4,852 N/mm²; σ_s: 164,9 N/mm²; ε_s: 0,8246‰; d: 24,4 cm; x/d: 7,471; x/d: 0,3062; δ: 0,8227)

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

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Geometria della sezione

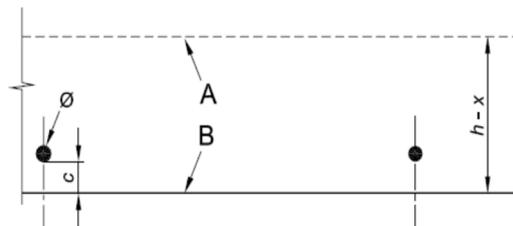
Altezza della sezione	h	300	[mm]
Larghezza della sezione	b	1000	[mm]
Altezza utile della sezione	d	183	[mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d'	56	[mm]
Ricoprimento dell'armatura	c	45	[mm]
<u>Armatura tesa ordinaria</u>			
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	$n_{f,1}$	5	[-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	$\phi_{f,1}$	22	[mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	$A_{sf,1}$	1901	[mm ²]
<u>Armatura tesa di infittimento</u>			
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	$n_{f,2}$	0	[-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	$\phi_{f,2}$	0	[mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	$A_{sf,2}$	0	[mm ²]

Caratteristiche dei materiali

Resistenza caratteristica cilindrica del calcestruzzo	f_{ck}	32	[MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f_{ctm}	3.0	[MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E_{cm}	33346	[MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f_{yk}	450	[MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E_s	210000	[MPa]

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	164.90	[MPa]
Asse neutro della sezione	x	74.7	[mm]
Tipo e durata dei carichi applicati		Breve	
Coefficiente di omogeneizzazione	α_e	6.30	[-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A_s	1901	[mm ²]
Area efficace tesa di calcestruzzo	$A_{c,eff,1}$	292500	[mm ²]
	$A_{c,eff,2}$	75100	[mm ²]
	$A_{c,eff,3}$	150000	[mm ²]
	$A_{c,eff,min}$	75100	[mm ²]



Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s	200	[mm]
Diametro equivalente delle barre	ϕ_{eq}	22.00	[mm]
Spaziatura massima di riferimento	$s_{max,rif}$	280	[mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	k_1	0.800	[-]
	k_2	0.650	[-]
	k_3	3.400	[-]
	k_4	0.425	[-]

Distanza massima tra le fessure

$s_{r,max,1}$	345	[mm]
$s_{r,max,2}$	293	[mm]
$s_{r,max}$	345	[mm]

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente

$w_{k,lim}$	0.20	[mm]
-------------	------	------

Ampiezza delle fessure (di calcolo)

w_k	0.16	[mm]
-------------------------	-------------	-------------

9.2 CAMPO SOLETTA LARGO 13.2 m

9.2.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

DATI GEOMETRICI													
Sezione	H soletta	H predalla	Armatura sup 1		Armatura sup 2		Armatura inf 1		Armatura inf 2		copriferro (baricentro barre)		
			ϕ	passo	ϕ	passo	ϕ	passo	ϕ	passo	Sup	Inf	
-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
Sezione appoggio	Long S1 A	250	50	22	200	16	200	22	200	16	200	56	61
	Long S1 B	250	50	22	200	16	200	22	200	16	200	56	61
	Long S2 A	250	50	22	200	16	200	22	200	16	200	56	61
	Long S2 B	250	50	22	200	16	200	22	200	16	200	56	61
Sezione con meno armatura	Long S1 A	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long S1 B	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long S2 A	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long S2 B	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
Sezione mezzeria	Long S1 A	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long S1 B	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long S2 A	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61
	Long S2 B	250	50	22	200	-	-	22	200	-	-	56	61

Copriferri sup considerati da fibra superiore soletta

Copriferri inf considerati da fibra inferiore predalle

Per la nomenclatura dei campi di soletta e delle sezioni di verifica vedi capitolo 4.1.

La "prima sezione con meno armatura" dista circa 10 m dalla sezione di appoggio (Pila 9)

9.2.2 VERIFICHE SLU

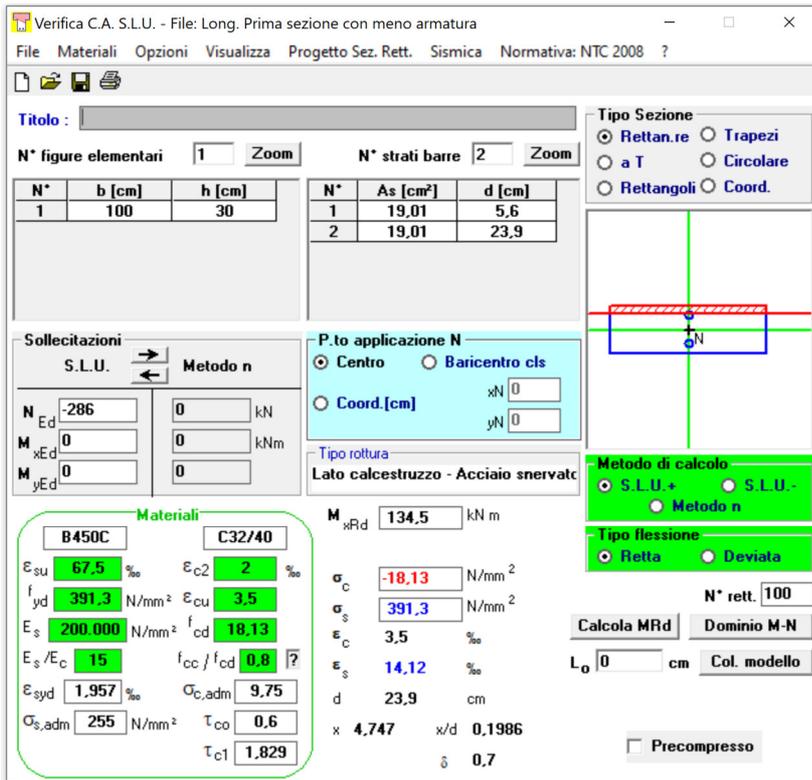
SLU							
		LOCALE		GLOBALE	SOLLECITAZIONI TOTALI		
		V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
		kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Sezione appoggio	Long S1 A	39.0	83.6	715.4	715.4	39.0	83.6
	Long S1 B	-203.6	-86.4	715.4	715.4	-203.6	-86.4
	Long S2 A	35.9	68.9	715.4	715.4	35.9	68.9
	Long S2 B	-214.0	-83.7	715.4	715.4	-214.0	-83.7
Sezione con meno armatura	Long S1 A	39.0	83.6	286.0	286.0	39.0	83.6
	Long S1 B	-203.6	-86.4	286.0	286.0	-203.6	-86.4
	Long S2 A	35.9	68.9	286.0	286.0	35.9	68.9
	Long S2 B	-214.0	-83.7	286.0	286.0	-214.0	-83.7
Sezione mezzeria	Long S1 A	39.0	83.6	-371.0	-371.0	39.0	83.6
	Long S1 B	-203.6	-86.4	-371.0	-371.0	-203.6	-86.4
	Long S2 A	35.9	68.9	-371.0	-371.0	35.9	68.9
	Long S2 B	-214.0	-83.7	-371.0	-371.0	-214.0	-83.7

VERIFICHE SLU								
		N_{Ed}	M_{Ed}	M_{Rd}	M_{Ed}/M_{Rd}	V_{Ed}	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}
		kN	kNm	kNm	-	kN	kN	-
Sezione appoggio	Long S1 A	715.4	83.6	166.4	0.50	39.0	424.5	0.09
	Long S1 B	715.4	-86.4	-174.5	0.49	203.6	424.5	0.48
	Long S2 A	715.4	68.9	166.4	0.41	35.9	424.5	0.08
	Long S2 B	715.4	-83.7	-174.5	0.48	214.0	424.5	0.50
Sezione con meno armatura	Long S1 A	286.0	83.6	134.5	0.62	39.0	424.5	0.09
	Long S1 B	286.0	-86.4	-140.3	0.62	203.6	424.5	0.48
	Long S2 A	286.0	68.9	134.5	0.51	35.9	424.5	0.08
	Long S2 B	286.0	-83.7	-140.3	0.60	214.0	424.5	0.50
Sezione mezzeria	Long S1 A	-371.0	83.6	198.6	0.42	39.0	424.5	0.09
	Long S1 B	-371.0	-86.4	-201.7	0.43	203.6	424.5	0.48
	Long S2 A	-371.0	68.9	198.6	0.35	35.9	424.5	0.08
	Long S2 B	-371.0	-83.7	-201.7	0.42	214.0	424.5	0.50

Di seguito si riportano i dettagli delle verifiche più critiche

Verifica a flessione

Sezione Long_S1_A (primo campo di soletta con meno armatura)



Verifica C.A. S.L.U. - File: Long. Prima sezione con meno armatura

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	19,01	5,6
			2	19,01	23,9

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} -286 0 kN
 M_{xEd} 0 0 kNm
 M_{yEd} 0 0 kNm

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 134,5 kN m

Materiali B450C C32/40

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} 18,13 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8 ?
 E_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75 ‰
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6 ‰
 τ_{c1} 1,829 ‰

σ_c -18,13 N/mm²
 σ_s 391,3 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 14,12 ‰
 d 23,9 cm
 x 4,747 x/d 0,1986
 δ 0,7

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

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

Tipo flessione
 Retta Deviate

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L_o 0 cm Col. modello

Precompresso

Verifica a taglio

Sezione Long_S2_B

Per tale verifica si sfrutta la presenza dei diagonali dei tralicci delle predalle. Il calcolo della resistenza a taglio è analogo a quello riportato nel capitolo 9.1.2. Come si evince dall'esito della verifica non è necessaria pertanto armatura aggiuntiva a taglio.

9.2.3 VERIFICHE TENSIONALI (SLE)

Secondo quanto riportato al par. 4.1.2.2.5. delle NTC2018, si valuta che:

- $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$ in combinazione caratteristica (rara)
- $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 14.4 \text{ MPa}$ in combinazione quasi permanente
- $\sigma_s < 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ in combinazione caratteristica (rara)

		SLE RARA							
		LOCALE		GLOBALE		SOLLECITAZIONI TOTALI			
		V_{Ed}	M_{Ed}	$N_{Ed,traz}$	$N_{Ed,comp}$	$N_{Ed,traz}$	$N_{Ed,comp}$	V_{Ed}	M_{Ed}
		kN	kNm	kN	kN	kN	kN	kN	kNm
Sezione appoggio	Long S1 A	28.9	61.1	433.1	101.0	433.1	101.0	28.9	61.1
	Long S1 B	-150.8	-63.1	433.1	101.0	433.1	101.0	-150.8	-63.1
	Long S2 A	26.6	50.2	433.1	101.0	433.1	101.0	26.6	50.2
	Long S2 B	-158.3	-61.0	433.1	101.0	433.1	101.0	-158.3	-61.0
Sezione con meno armatura	Long S1 A	28.9	61.1	209.2	-151.4	209.2	-151.4	28.9	61.1
	Long S1 B	-150.8	-63.1	209.2	-151.4	209.2	-151.4	-150.8	-63.1
	Long S2 A	26.6	50.2	209.2	-151.4	209.2	-151.4	26.6	50.2
	Long S2 B	-158.3	-61.0	209.2	-151.4	209.2	-151.4	-158.3	-61.0
Sezione mezzeria	Long S1 A	28.9	61.1	-62.9	-1157.8	-62.9	-1157.8	28.9	61.1
	Long S1 B	-150.8	-63.1	-62.9	-1157.8	-62.9	-1157.8	-150.8	-63.1
	Long S2 A	26.6	50.2	-62.9	-1157.8	-62.9	-1157.8	26.6	50.2
	Long S2 B	-158.3	-61.0	-62.9	-1157.8	-62.9	-1157.8	-158.3	-61.0

		VERIFICHE SLE RARA									
		$N_{Ed,comp}$	M_{Ed}	$\sigma_{c,Ed}$	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{c,Ed}/\sigma_{c,Rd}$	$N_{Ed,traz}$	M_{Ed}	$\sigma_{s,Ed}$	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{s,Ed}/\sigma_{s,Rd}$
		kN	kNm	Mpa	Mpa	-	kN	kNm	Mpa	Mpa	-
Sezione appoggio	Long S1 A	101.0	61.1	4.5	19.92	0.22	433.1	61.1	184.2	360	0.51
	Long S1 B	101.0	-63.1	4.6	19.92	0.23	433.1	-63.1	182.7	360	0.51
	Long S2 A	101.0	50.2	3.7	19.92	0.18	433.1	50.2	165.9	360	0.46
	Long S2 B	101.0	-61.0	4.5	19.92	0.22	433.1	-61.0	179.4	360	0.50
Sezione con meno armatura	Long S1 A	-151.4	61.1	5.8	19.92	0.29	209.2	61.1	214.8	360	0.60
	Long S1 B	-151.4	-63.1	6.0	19.92	0.30	209.2	-63.1	214.3	360	0.60
	Long S2 A	-151.4	50.2	4.8	19.92	0.24	209.2	50.2	187.1	360	0.52
	Long S2 B	-151.4	-61.0	5.7	19.92	0.29	209.2	-61.0	209.3	360	0.58
Sezione mezzeria	Long S1 A	-1157.8	61.1	6.6	19.92	0.33	-62.9	61.1	139.3	360	0.39
	Long S1 B	-1157.8	-63.1	6.8	19.92	0.34	-62.9	-63.1	141.8	360	0.39
	Long S2 A	-1157.8	50.2	6.0	19.92	0.30	-62.9	50.2	111.5	360	0.31
	Long S2 B	-1157.8	-61.0	6.6	19.92	0.33	-62.9	-61.0	136.5	360	0.38

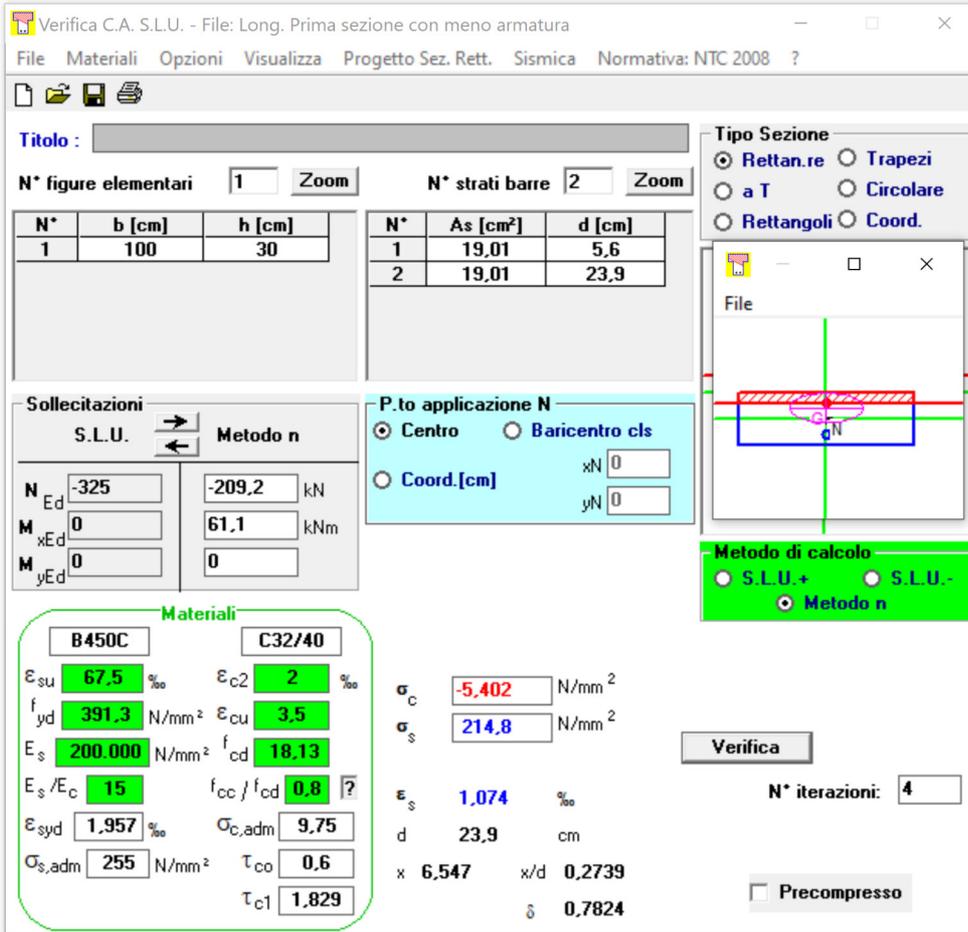
		SLE QUASI PERMANENTE					
		LOCALE		GLOBALE		SOLLECITAZIONI TOTALI	
		V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
		kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Sezione appoggio	Long S1 A	-0.3	7.7	111.1	111.1	-0.3	7.7
	Long S1 B	-6.3	-9.8	111.1	111.1	-6.3	-9.8
	Long S2 A	-0.2	8.7	111.1	111.1	-0.2	8.7
	Long S2 B	-9.9	-15.0	111.1	111.1	-9.9	-15.0
Sezione con meno armatura	Long S1 A	-0.3	7.7	-3.2	-3.2	-0.3	7.7
	Long S1 B	-6.3	-9.8	-3.2	-3.2	-6.3	-9.8
	Long S2 A	-0.2	8.7	-3.2	-3.2	-0.2	8.7
	Long S2 B	-9.9	-15.0	-3.2	-3.2	-9.9	-15.0
Sezione mezzeria	Long S1 A	-0.3	7.7	-619.7	-619.7	-0.3	7.7
	Long S1 B	-6.3	-9.8	-619.7	-619.7	-6.3	-9.8
	Long S2 A	-0.2	8.7	-619.7	-619.7	-0.2	8.7
	Long S2 B	-9.9	-15.0	-619.7	-619.7	-9.9	-15.0

		VERIFICHE SLE QUASI PERMANENTE				
		N_{Ed}	M_{Ed}	$\sigma_{c,Ed}$	$\sigma_{s,lim}$	$\sigma_{c,Ed}/\sigma_{c,Rd}$
		kN	kNm	Mpa	Mpa	-
Sezione appoggio	Long S1 A	111.1	7.7	0.23	14.94	0.02
	Long S1 B	111.1	-9.8	0.41	14.94	0.03
	Long S2 A	111.1	8.7	0.33	14.94	0.02
	Long S2 B	111.1	-15.0	0.86	14.94	0.06
Sezione con meno armatura	Long S1 A	-3.2	7.7	0.72	14.94	0.05
	Long S1 B	-3.2	-9.8	0.91	14.94	0.06
	Long S2 A	-3.2	8.7	0.82	14.94	0.05
	Long S2 B	-3.2	-15.0	1.38	14.94	0.09
Sezione mezzeria	Long S1 A	-619.7	7.7	2.14	14.94	0.14
	Long S1 B	-619.7	-9.8	2.29	14.94	0.15
	Long S2 A	-619.7	8.7	2.20	14.94	0.15
	Long S2 B	-619.7	-15.0	2.58	14.94	0.17

Di seguito si riportano i dettagli della verifica più critica

Verifica SLE rara

Sezione Long_S1_A (primo campo di soletta con meno armatura)



Verifica C.A. S.L.U. - File: Long. Prima sezione con meno armatura

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	19,01	5,6
			2	19,01	23,9

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

File

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

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N _{Ed}	-325	-209,2	kN
M _{xEd}	0	61,1	kNm
M _{yEd}	0	0	

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

Materiali: B450C C32/40

ϵ_{su}	67,5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰	σ_c	-5,402 N/mm ²
f_{yd}	391,3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3,5 ‰	σ_s	214,8 N/mm ²
E_s	200.000 N/mm ²	f_{cd}	18,13	ϵ_s	1,074 ‰
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd}	0,8	d	23,9 cm
ϵ_{syd}	1,957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	9,75	x	6,547
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0,6	x/d	0,2739
		τ_{c1}	1,829	δ	0,7824

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

9.2.4 VERIFICHE A FESSURAZIONE

In accordo con il capitolo 2.6.2.2 del MdP il limite di apertura delle fessure è fissato a:

- $w_1 = 0.2$ mm per la combinazione frequente

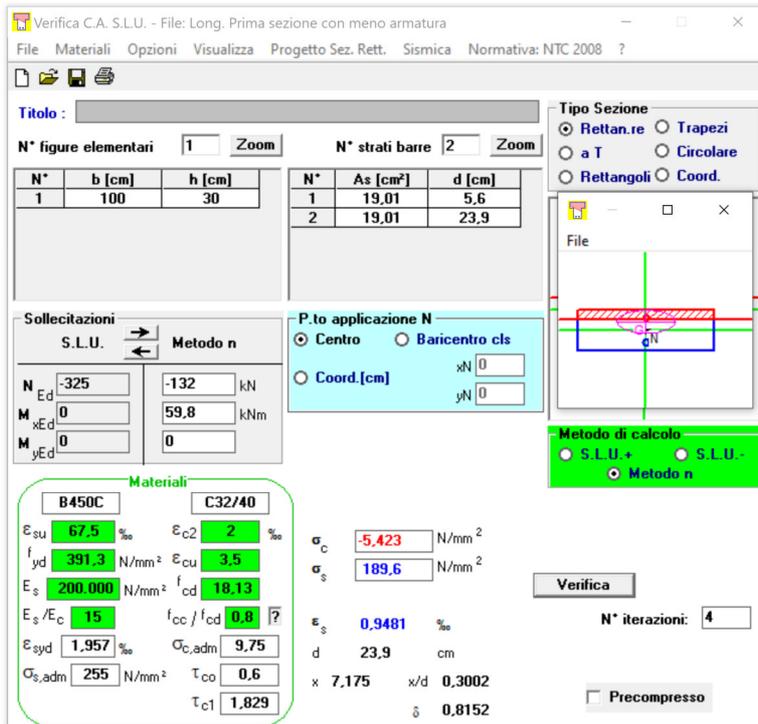
		SLE FREQUENTE					
		LOCALE		GLOBALE		SOLLECITAZIONI TOTALI	
		V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
Sezione appoggio	Long_S1_A	21.9	59.8	280.4	280.4	21.9	59.8
	Long_S1_B	-108.0	-55.7	280.4	280.4	-108.0	-55.7
	Long_S2_A	20.2	37.5	280.4	280.4	20.2	37.5
	Long_S2_B	-115.1	-44.4	280.4	280.4	-115.1	-44.4
Sezione con meno armatura	Long_S1_A	21.9	59.8	132.0	132.0	21.9	59.8
	Long_S1_B	-108.0	-55.7	132.0	132.0	-108.0	-55.7
	Long_S2_A	20.2	37.5	132.0	132.0	20.2	37.5
	Long_S2_B	-115.1	-44.4	132.0	132.0	-115.1	-44.4
Sezione mezzeria	Long_S1_A	21.9	59.8	-157.8	-157.8	21.9	59.8
	Long_S1_B	-108.0	-55.7	-157.8	-157.8	-108.0	-55.7
	Long_S2_A	20.2	37.5	-157.8	-157.8	20.2	37.5
	Long_S2_B	-115.1	-44.4	-157.8	-157.8	-115.1	-44.4

		VERIFICHE SLE FREQUENTE						
		N_{Ed}	M_{Ed}	$\sigma_{s,Ed}$	x	w_{Ed}	w_{lim}	w_{Ed}/w_{lim}
		kN	kNm	Mpa	mm	mm	mm	-
Sezione appoggio	Long_S1_A	280.4	59.8	153.5	67.5	0.154	0.2	0.77
	Long_S1_B	280.4	-55.7	142.9	67.0	0.140	0.2	0.70
	Long_S2_A	280.4	37.5	115.8	53.7	0.065	0.2	0.32
	Long_S2_B	280.4	-44.4	124.1	60.3	0.068	0.2	0.34
Sezione con meno armatura	Long_S1_A	132.0	59.8	189.6	71.8	0.190	0.2	0.95
	Long_S1_B	132.0	-55.7	175.0	72.5	0.176	0.2	0.88
	Long_S2_A	132.0	37.5	132.9	65.0	0.150	0.2	0.75
	Long_S2_B	132.0	-44.4	146.8	69.2	0.158	0.2	0.79
Sezione mezzeria	Long_S1_A	-157.8	59.8	111.1	103.7	0.130	0.2	0.65
	Long_S1_B	-157.8	-55.7	99.4	107.7	0.116	0.2	0.58
	Long_S2_A	-157.8	37.5	55.1	117.6	0.097	0.2	0.49
	Long_S2_B	-157.8	-44.4	71.5	114.0	0.102	0.2	0.51

Di seguito si riportano i dettagli della verifica più critica

Verifica a fessurazione

Sezione Long_S1_A (primo campo di soletta con meno armatura)



The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface for a beam section. The title is 'Verifica C.A. S.L.U. - File: Long. Prima sezione con meno armatura'. The interface includes several input and output fields:

- Titolo:** (empty)
- N° figure elementari:** 1
- N° strati barre:** 2
- Tipologia Sezione:** Rettang. re (selected), Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord.
- Sollecitazioni:** S.L.U. (selected), Metodo n.
 - N_{Ed} : -325
 - M_{Ed} : 0
 - M_{yEd} : 0
 - N : -132 kN
 - M : 59.8 kNm
 - M_{yEd} : 0
- P.to applicazione N:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm].
 - xN: 0
 - yN: 0
- Materiali:** B450C, C32/40.
 - ϵ_{su} : 67.5 ‰
 - f_{yd} : 391.3 N/mm²
 - E_s : 200.000 N/mm²
 - E_s/E_c : 15
 - ϵ_{c2} : 2 ‰
 - ϵ_{cu} : 3.5 ‰
 - f_{cd} : 18.13
 - f_{cc}/f_{cd} : 0.8
 - $\sigma_{c,adm}$: 9.75
 - $\sigma_{s,adm}$: 255 N/mm²
 - τ_{co} : 0.6
 - τ_{c1} : 1.829
- Calcoli:**
 - σ_c : -5.423 N/mm²
 - σ_s : 189.6 N/mm²
 - ϵ_s : 0.9481 ‰
 - d: 23.9 cm
 - x: 7.175
 - x/d: 0.3002
 - δ : 0.8152
- Verifica:** Metodo di calcolo: S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n.
- N° iterazioni:** 4
- Precompresso:** (unchecked)

Geometria della sezione

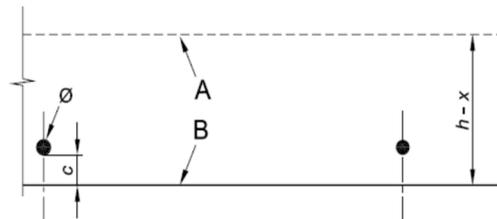
Altezza della sezione	h	300	[mm]
Larghezza della sezione	b	1000	[mm]
Altezza utile della sezione	d	183	[mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d'	56	[mm]
Ricoprimento dell'armatura	c	45	[mm]
<u>Armatura tesa ordinaria</u>			
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	$n_{r,1}$	5	[-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	$\phi_{r,1}$	22	[mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	$A_{sf,1}$	1901	[mm ²]
<u>Armatura tesa di infittimento</u>			
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	$n_{r,2}$	0	[-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	$\phi_{r,2}$	0	[mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	$A_{sf,2}$	0	[mm ²]

Caratteristiche dei materiali

Resistenza caratteristica cilindrica dal calcestruzzo	f_{ck}	32	[MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f_{ctm}	3.0	[MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E_{cm}	33346	[MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f_{yk}	450	[MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E_s	210000	[MPa]

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	189.6	[MPa]
Asse neutro della sezione	x	71.8	[mm]
Tipo e durata dei carichi applicati		Breve	
Coefficiente di omogeneizzazione	α_e	6.30	[-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A_s	1901	[mm ²]
Area efficace tesa di calcestruzzo	$A_{c,eff,1}$	292500	[mm ²]
	$A_{c,eff,2}$	76067	[mm ²]
	$A_{c,eff,3}$	150000	[mm ²]
	$A_{c,eff,min}$	76067	[mm ²]



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	$\rho_{p,eff}$	0.02499	[-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0	[MPa]
Fattore di durata del carico	k_t	0.6	[-]
<u>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</u>	$[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$	0.000542	[-]
	$[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$	0.000503	[-]
	$[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$	0.000542	[-]

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s	200	[mm]
Diametro equivalente delle barre	ϕ_{eq}	22.00	[mm]
Spaziatura massima di riferimento	$s_{max,rif}$	280	[mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	k_1	0.800	[-]
	k_2	0.630	[-]
	k_3	3.400	[-]
	k_4	0.425	[-]

Distanza massima tra le fessure

	$s_{r,max,1}$	342	[mm]
	$s_{r,max,2}$	297	[mm]
	$s_{r,max}$	342	[mm]

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	$w_{k,lim}$	0.20	[mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	w_k	0.19	[mm]

10. VERIFICHE SOLETTA IN DIREZIONE TRASVERSALE

10.1 CAMPO SOLETTA LARGO 17.5 m

10.1.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

DATI GEOMETRICI												
Sezione	H soletta	H predalla	Armatura sup 1		Armatura sup 2		Armatura inf 1		Armatura inf 2		copriferro (baricentro barre)	
			ϕ	passo	ϕ	passo	ϕ	passo	ϕ	passo	Sup	Inf
-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Trasv_S1_A	250	50	16	200	-	-	16	100	-	-	75	80
Trasv_S1_B	250	50	22	200	16	200	16	200	-	-	78	80
Trasv_S1_C	250	50	16	100	-	-	16	200	-	-	75	80

Copriferri sup considerati da fibra superiore soletta

Copriferri inf considerati da fibra inferiore predalle

Per la nomenclatura delle sezioni di verifica vedi capitolo 4.1.

N.B.: la sezione Trasv_S1_C risulta dimensionante soltanto per le verifiche condotte in combinazione eccezionale per effetto dell'azione dell'urto sulla barriera stradale. Per le altre combinazioni non risulta particolarmente significativa per cui si omette il dettaglio delle verifiche.

10.1.2 VERIFICHE SLU

	SLU					
	LOCALE		GLOBALE	SOLLECITAZIONI TOTALI		
	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
	kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Trasv_S1_A	61.8	82.2	-	-	61.8	82.2
Trasv_S1_B	-236.2	-137.3	-	-	-236.2	-137.3

	VERIFICHE SLU					
	M_{Ed}	M_{Rd}	M_{Ed}/M_{Rd}	V_{Ed}	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}
	kNm	kNm	-	kN	kN	-
Trasv_S1_A	82.2	159.2	1.94	61.8	280	4.53
Trasv_S1_B	-137.3	-219.4	1.60	236.2	280	1.19

	SLU - ECCEZIONALE		
	M_{Ed}	M_{Rd}	M_{Ed}/M_{Rd}
	kNm	kNm	-
Trasv_S1_C	-110.7	-164.6	1.49

Di seguito si riportano i dettagli delle verifiche più critiche

Verifica a flessione

Sezione Trasn_S1_B

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trasn. Appoggio

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10,05	7,5
			2	19,01	7,5
			3	10,05	22

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

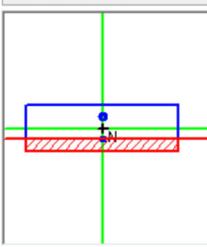
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
E _{su}	67,5 ‰	E _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	E _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	18,13 ‰
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8 ?
E _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	9,75
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,6
		τ _{c1}	1,829

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ



Sezione Trasn_S1_C

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trasn. Sbalzo_Urto

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	20,11	7,5
			2	10,05	22

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

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

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

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

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.

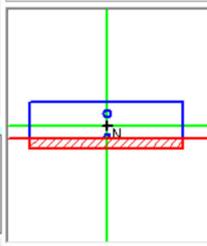
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ cm Col. modello

Precompresso

Materiali

B450C		C32/40	
E _{su}	67,5 ‰	E _{c2}	2 ‰
f _{yd}	391,3 N/mm²	E _{cu}	3,5 ‰
E _s	200.000 N/mm²	f _{cd}	18,13 ‰
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0,8 ?
E _{syd}	1,957 ‰	σ _{c,adm}	9,75
σ _{s,adm}	255 N/mm²	τ _{co}	0,6
		τ _{c1}	1,829

σ_c N/mm²
σ_s N/mm²
ε_c ‰
ε_s ‰
d cm
x x/d
δ



Verifica a taglio

Sezione *Trasv_S1_B*

Per tale verifica si rende necessaria l'adozione di armatura aggiuntiva a taglio.

Geometrie sezione

b_w	1000	mm	larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)
d	142	mm	altezza utile della sezione
A_c	300000	mm ²	area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl}	5		numero di barre longitudinali
\varnothing_{bl}	16	mm	diametro delle barre longitudinali
n_{bw}	4		numero di bracci delle staffe
\varnothing_{st}	12	mm	diametro delle staffe
s_{st}	200	mm	passo delle staffe
α	90	°	inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche materiali

Cl_s

R_{ck}	40	N/mm ²	resistenza cubica caratteristica a compressione
f_{ck}	33.20	N/mm ²	resistenza cilindrica caratteristica a compressione
f_{cm}	41.20	N/mm ²	resistenza cilindrica media a compressione
f_{cd}	22.13	N/mm ²	resistenza cilindrica di progetto a compressione
f_{ctm}	3.10	N/mm ²	resistenza a trazione media
f_{cfm}	3.72	N/mm ²	resistenza a trazione media per fessurazione
E_{cm}	33643	N/mm ²	modulo elastico istantaneo (valore secante fra 0 e 0.4 f_{cm})

Acciaio barre longitudinali

f_{yk}	450	N/mm ²
f_{yd}	391.3	N/mm ²

Acciaio staffe

f_{yk}	450	N/mm ²
f_{yd}	391.3	N/mm ²

Caratteristiche di aderenza delle barre

η	1.00		
f_{bk}	4.88	N/mm ²	tensione di aderenza caratteristica
f_{bd}	3.25	N/mm ²	tensione di aderenza di progetto

Calcoli preliminari

A_{sl}	1005.3	mm ²	area dell'armatura longitudinale
ρ_l	0.0071		rapporto geometrico d'armatura longitudinale
$\rho_{l,eff}$	0.0071		rapporto considerato nei calcoli
σ_{cp}	0.000	N/mm ²	tensione media di compressione nella sezione
$\sigma_{cp,eff}$	0.000	N/mm ²	tensione media considerata nei calcoli
A_{sw}	452.4	mm ²	area della singola staffa (è considerato il numero di braccia)

Elemento armato a taglio

α	1.571	rad	inclinazione delle staffe rispetto all'orizzontale
θ	0.384	rad	inclinazione delle bielle compresse rispetto all'asse della trave
f'_{cd}	11.067	N/mm ²	resistenza a compressione ridotta del cls d'anima
α_c	1.000		coefficiente maggiorativo per compressione
N_{Rd}	6640	kN	sforzo normale di compressione ultimo
$ctg\alpha$	0.00		
$ctg\theta$	2.48		
V_{Rsd}	280.0	kN	taglio resistente relativo alle armature tese
V_{Rcd}	417.5	kN	taglio resistente relativo alle bielle compresse
V_{Rd}	280.0	kN	taglio resistente di calcolo
V_{Ed}	236.2	kN	sollecitazione di taglio da calcolo
V_{Rd}	>	V_{Ed}	

10.1.3 VERIFICHE TENSIONALI (SLE)

Secondo quanto riportato al par. 4.1.2.2.5. delle NTC2018, si valuta che:

- $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 19.2 \text{ MPa}$ in combinazione caratteristica (rara)
- $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 14.4 \text{ MPa}$ in combinazione quasi permanente
- $\sigma_s < 0.8 f_{yk} = 360 \text{ MPa}$ in combinazione caratteristica (rara)

	SLE RARA					
	LOCALE		GLOBALE	SOLLECITAZIONI TOTALI		
	V _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	N _{Ed} kN	N _{Ed} kN	V _{Ed} kN	M _{Ed} kNm
Trasv_S1_A	45.7	60.1	-	-	45.7	60.1
Trasv_S1_B	-174.9	-100.9	-	-	-174.9	-100.9

	VERIFICHE SLE RARA						
	M _{Ed} kNm	$\sigma_{c,Ed}$ Mpa	$\sigma_{c,lim}$ Mpa	$\sigma_{c,Ed}/\sigma_{c,Rd}$ -	$\sigma_{s,Ed}$ Mpa	$\sigma_{s,lim}$ Mpa	$\sigma_{s,Ed}/\sigma_{s,Rd}$ -
	Trasv_S1_A	60.1	6.95	19.92	0.35	158.3	360
Trasv_S1_B	-100.9	9.98	19.92	0.50	184	360	0.51

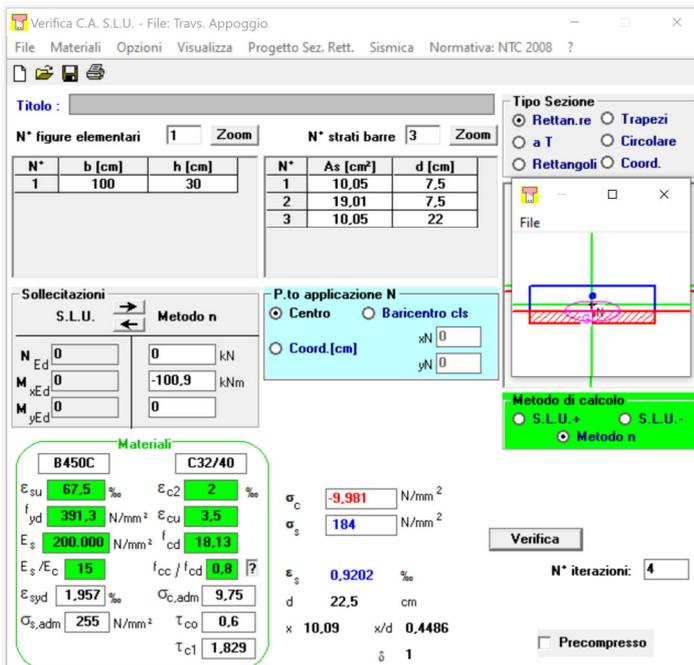
	SLE QUASI PERMANENTE					
	LOCALE		GLOBALE	SOLLECITAZIONI TOTALI		
	V _{Ed} kN	M _{Ed} kNm	N _{Ed} kN	N _{Ed} kN	V _{Ed} kN	M _{Ed} kNm
Trasv_S1_A	-0.6	7.5	-	-	-0.6	7.5
Trasv_S1_B	-6.8	-9.5	-	-	-6.8	-9.5

	VERIFICHE SLE QUASI PERMANENTE			
	M _{Ed} kNm	$\sigma_{c,Ed}$ Mpa	$\sigma_{c,lim}$ Mpa	$\sigma_{c,Ed}/\sigma_{c,Rd}$ -
	Trasv_S1_A	7.5	0.96	14.94
Trasv_S1_B	-9.5	0.94	14.94	0.06

Di seguito si riportano i dettagli della verifica più critica

Verifica SLE rara

Sezione Trasv_S1_B



Verifica C.A. S.L.U. - File: Travs. Appoggio

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo :

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10.05	7.5
			2	19.01	7.5
			3	10.05	22

Sollecitazioni
S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 -100.9 kNm
M_{yEd} 0 0

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

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

Materiali
B450C C32/40

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} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 % $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

σ_c -9.981 N/mm²
 σ_s 184 N/mm²
 ϵ_s 0.9202 %
d 22.5 cm
x 10.09 x/d 0.4486
s 1

Verifica N° iterazioni: 4
Precompresso

10.1.4 VERIFICHE A FESSURAZIONE

In accordo con il capitolo 2.6.2.2 del MdP il limite di apertura delle fessure è fissato a:

- $w_1 = 0.2$ mm per la combinazione frequente

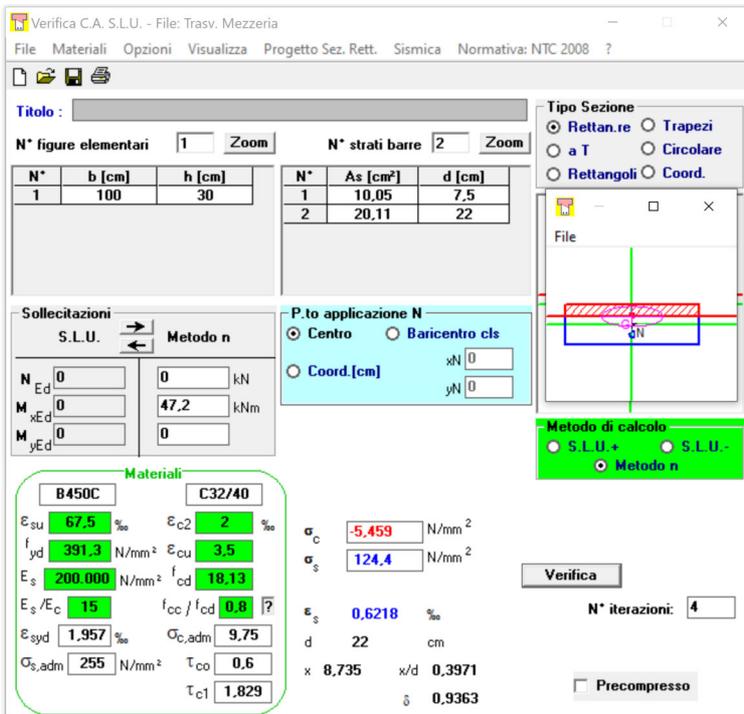
	SLE FREQUENTE					
	LOCALE		GLOBALE	SOLLECITAZIONI TOTALI		
	V _{Ed}	M _{Ed}	N _{Ed}	N _{Ed}	V _{Ed}	M _{Ed}
	kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Trasv_S1_A	53.1	47.2	-	-	53.1	47.2
Trasv_S1_B	-173.3	-79.6	-	-	-173.3	-79.6

	VERIFICHE SLE FREQUENTE					
	M _{Ed}	σ _{s,Ed}	x	w _{lim}	w _{lim}	w _{Ed} /w _{lim}
	kNm	Mpa	mm	mm	mm	-
Trasv_S1_A	47.2	124.4	87.4	0.152	0.2	0.76
Trasv_S1_B	-79.6	145.2	101	0.136	0.2	0.68

Di seguito si riportano i dettagli della verifica più critica

Verifica a fessurazione

Sezione Trasv_S1_A



Titolo: []

N° figure elementari: 1 **Zoom** **N° strali barre:** 2 **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10.05	7.5
			2	20.11	22

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

N_{Ed} 0 kN
M_{x,Ed} 0 kNm
M_{y,Ed} 0 kNm

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

Materiali: B450C C32/40

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} 18.13 N/mm²
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 9.75 N/mm²
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.6
τ_{c1} 1.829 N/mm²

σ_c -5.459 N/mm²
σ_s 124.4 N/mm²

ε_s 0.6218 ‰
d 22 cm
x 8.735 x/d 0.3971
δ 0.9363

Metodo di calcolo: S.L.U. S.L.U. Metodo n

Verifica **N° iterazioni:** 4 Precompresso

Geometria della sezione

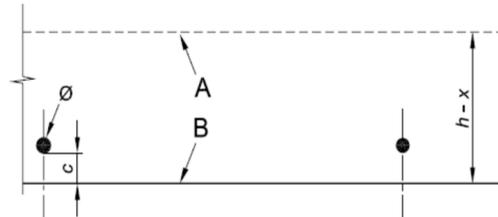
Altezza della sezione	h	300	[mm]
Larghezza della sezione	b	1000	[mm]
Altezza utile della sezione	d	142	[mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d'	80	[mm]
Ricoprimento dell'armatura	c	69	[mm]
<u>Armatura tesa ordinaria</u>			
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	$n_{f,1}$	5	[-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	$\phi_{t,1}$	16	[mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	$A_{sf,1}$	1005	[mm ²]
<u>Armatura tesa di infittimento</u>			
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	$n_{f,2}$	0	[-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	$\phi_{t,2}$	0	[mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	$A_{sf,2}$	0	[mm ²]

Caratteristiche dei materiali

Resistenza caratteristica cilindrica dal calcestruzzo	f_{ck}	32	[MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f_{ctm}	3.0	[MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E_{cm}	33346	[MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f_{yk}	450	[MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E_s	210000	[MPa]

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ_s	124.4	[MPa]
Asse neutro della sezione	x	87.4	[mm]
Tipo e durata dei carichi applicati		Breve	
Coefficiente di omogeneizzazione	α_e	6.30	[-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A_s	1005	[mm ²]
Area efficace tesa di calcestruzzo	$A_{c,eff,1}$	395000	[mm ²]
	$A_{c,eff,2}$	70867	[mm ²]
	$A_{c,eff,3}$	150000	[mm ²]
	$A_{c,eff,min}$	70867	[mm ²]



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	$\rho_{d,eff}$	0.01419	[-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	$f_{ct,eff}$	3.0	[MPa]
Fattore di durata del carico	k_t	0.6	[-]
<u>Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls</u>	$[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{min}$	0.000355	[-]
	$[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]_{calc.}$	-0.000071	[-]
	$[\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}]$	0.000355	[-]

Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)	s	200	[mm]
Diametro equivalente delle barre	ϕ_{eq}	16.00	[mm]
Spaziatura massima di riferimento	$s_{max,ref}$	385	[mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	k_1	0.800	[-]
	k_2	0.500	[-]
	k_3	3.400	[-]
	k_4	0.425	[-]

Distanza massima tra le fessure

	$s_{r,max,1}$	426	[mm]
	$s_{r,max,2}$	276	[mm]
	$s_{r,max}$	426	[mm]

Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente	$w_{k,lim}$	0.20	[mm]
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	w_k	0.15	[mm]

10.2 CAMPO SOLETTA LARGO 13.2 m

10.2.1 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

DATI GEOMETRICI												
Sezione	H soletta	H predalla	Armatura sup 1		Armatura sup 2		Armatura inf 1		Armatura inf 2		copriferro (baricentro barre)	
			ϕ	passo	ϕ	passo	ϕ	passo	ϕ	passo	Sup	Inf
-	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Trasv_S1_A	250	50	16	200	-	-	16	100	-	-	75	80
Trasv_S1_B	250	50	22	200	16	200	16	200	-	-	78	80
Trasv_S1_C	250	50	16	100	-	-	16	200	-	-	75	80

Copriferri sup considerati da fibra superiore soletta

Copriferri inf considerati da fibra inferiore predalle

Per la nomenclatura delle sezioni di verifica vedi capitolo 4.1.

N.B.: la sezione Trasv_S1_C risulta dimensionante soltanto per le verifiche condotte in combinazione eccezionale per effetto dell'azione dell'urto sulla barriera stradale. Per le altre combinazioni non risulta particolarmente significativa per cui si omette il dettaglio delle verifiche.

10.2.2 VERIFICHE SLU

	SLU					
	LOCALE		GLOBALE	SOLLECITAZIONI TOTALI		
	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
	kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Trasv_S1_A	1.6	73.8	-	-	1.6	73.8
Trasv_S1_B	-253.5	-128.1	-	-	-253.5	-128.1

	VERIFICHE SLU					
	M_{Ed}	M_{Rd}	M_{Ed}/M_{Rd}	V_{Ed}	V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}
	kNm	kNm	-	kN	kN	-
Trasv_S1_A	73.8	159.2	2.16	1.6	280	171.15
Trasv_S1_B	-128.1	-219.4	1.71	253.5	280	1.10

	SLU - ECCEZIONALE		
	M_{Ed}	M_{Rd}	M_{Ed}/M_{Rd}
	kNm	kNm	-
Trasv_S1_C	-110.5	-164.6	1.49

Di seguito si riportano i dettagli delle verifiche più critiche

Verifica a flessione

Sezione *Trasv_S1_B*

Verifica C.A. S.L.U. - File: Travs. Appoggio

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10,05	7,5
			2	19,01	7,5
			3	10,05	22

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -219,4 kN m

σ_c -18,13 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 6,542 ‰
d 22,5 cm
x 7,842 x/d 0,3485
δ 0,8757

Materiali B450C C32/40
E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18,13 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
E_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

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

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

Sezione *Trasv_S1_C*

Verifica C.A. S.L.U. - File: Travs. Sbalzo_Urto

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	20,11	7,5
			2	10,05	22

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 0 0 kNm
M_{yEd} 0 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -164,6 kN m

σ_c -18,13 N/mm²
σ_s 391,3 N/mm²
ε_c 3,5 ‰
ε_s 8,649 ‰
d 22,5 cm
x 6,482 x/d 0,2881
δ 0,8001

Materiali B450C C32/40
E_{su} 67,5 ‰ E_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391,3 N/mm² E_{cu} 3,5 ‰
E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 18,13 ‰
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
E_{syd} 1,957 ‰ σ_{c,adm} 9,75
σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,6
τ_{c1} 1,829

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

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

Verifica a taglio

Sezione *Trasv_S1_B*

Il calcolo della resistenza a taglio è analogo a quello riportato nel capitolo 10.1.2. Come si evince dall'esito della verifica si rende necessaria l'adozione di armatura aggiuntiva a taglio.

10.2.3 VERIFICHE TENSIONALI (SLE)

Secondo quanto riportato al par. 4.1.2.2.5. delle NTC2018, si valuta che:

- $\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 19.2$ MPa in combinazione caratteristica (rara)
- $\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 14.4$ MPa in combinazione quasi permanente
- $\sigma_s < 0.8 f_{yk} = 360$ MPa in combinazione caratteristica (rara)

	SLE RARA					
	LOCALE		GLOBALE	SOLLECITAZIONI TOTALI		
	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
	kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Trasv_S1_A	1.2	53.9	-	-	1.2	53.9
Trasv_S1_B	-187.8	-94.1	-	-	-187.8	-94.1

	VERIFICHE SLE RARA						
	M_{Ed}	$\sigma_{c,Ed}$	$\sigma_{c,Lim}$	$\sigma_{c,Ed}/\sigma_{c,Rd}$	$\sigma_{s,Ed}$	$\sigma_{s,Lim}$	$\sigma_{s,Ed}/\sigma_{s,Rd}$
	kNm	Mpa	Mpa	-	Mpa	Mpa	-
Trasv_S1_A	53.9	6.2	19.92	0.31	142	360	0.39
Trasv_S1_B	-94.1	9.3	19.92	0.47	171.6	360	0.48

	SLE QUASI PERMANENTE					
	LOCALE		GLOBALE	SOLLECITAZIONI TOTALI		
	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
	kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Trasv_S1_A	0.1	7.8	-	-	0.1	7.8
Trasv_S1_B	-6.7	-10.1	-	-	-6.7	-10.1

	VERIFICHE SLE QUASI PERMANENTE			
	M_{Ed}	$\sigma_{c,Ed}$	$\sigma_{c,Lim}$	$\sigma_{c,Ed}/\sigma_{c,Rd}$
	kNm	Mpa	Mpa	-
Trasv_S1_A	7.8	0.9	14.94	0.06
Trasv_S1_B	-10.1	0.99	14.94	0.07

Di seguito si riportano i dettagli della verifica più critica

Verifica SLE rara

Sezione *Trasv_S1_B*

Verifica C.A. S.L.U. - File: Travs. Appoggio

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10,05	7,5
			2	19,01	7,5
			3	10,05	22

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

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

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

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

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

Materiali
 B450C C32/40
 ε_{su} ‰ ε_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ε_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} N/mm²
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ε_{syd} ‰ σ_{c,adm} N/mm²
 σ_{s,adm} N/mm² τ_{co}
 τ_{c1}

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²

Verifica
 N° iterazioni:

ε_s ‰
 d 22,5 cm
 x 10,09 x/d 0,4486
 δ 1

Precompresso

10.2.4 VERIFICHE A FESSURAZIONE

In accordo con il capitolo 2.6.2.2 del MdP il limite di apertura delle fessure è fissato a:

- $w_1 = 0.2$ mm per la combinazione frequente

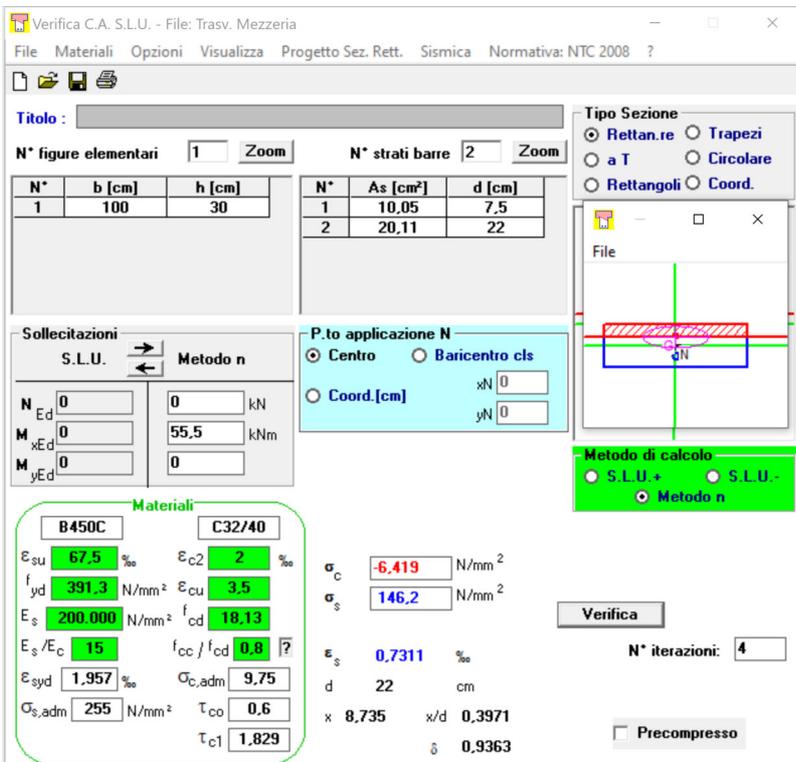
	SLE FREQUENTE					
	LOCALE		GLOBALE	SOLLECITAZIONI TOTALI		
	V_{Ed}	M_{Ed}	N_{Ed}	N_{Ed}	V_{Ed}	M_{Ed}
	kN	kNm	kN	kN	kN	kNm
Trasv_S1_A	0.4	55.5	-	-	0.4	55.5
Trasv_S1_B	-175.2	-81.8	-	-	-175.2	-81.8

	VERIFICHE SLE FREQUENTE					
	M_{Ed}	σ_{sEd}	x	w_{Lim}	w_{Lim}	w_{Ed}/w_{Lim}
	kNm	Mpa	mm	mm	mm	-
Trasv_S1_A	55.5	146.2	87.3	0.178	0.2	0.89
Trasv_S1_B	-81.8	149.2	100.1	0.142	0.2	0.71

Di seguito si riportano i dettagli della verifica più critica

Verifica a fessurazione

Sezione Trasv_S1_A



Titolo: []

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10,05	7,5
			2	20,11	22

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0

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

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

Materiali: B450C C32/40

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} 18.13
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 9.75
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6
 τ_{c1} 1.829

σ_c -6.419 N/mm²
 σ_s 146.2 N/mm²
 ϵ_s 0.7311 ‰
 d 22 cm
 x 8.735 x/d 0.3971
 δ 0.9363

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Geometria della sezione

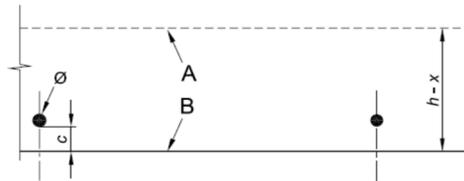
Altezza della sezione	h	300	[mm]
Larghezza della sezione	b	1000	[mm]
Altezza utile della sezione	d	142	[mm]
Distanza tra asse armatura e lembo compresso	d'	80	[mm]
Ricoprimento dell'armatura	c	69	[mm]
Armatura tesa ordinaria			
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{t,1}	5	[-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{t,1}	16	[mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{st,1}	1005	[mm ²]
Armatura tesa di infittimento			
Numero di ferri tesi presenti nella sezione	n _{t,2}	0	[-]
Diametro dei ferri tesi presenti nella sezione	φ _{t,2}	0	[mm]
Area dei ferri tesi presenti nella sezione	A _{st,2}	0	[mm ²]

Caratteristiche dei materiali

Resistenza caratteristica cilindrica dal calcestruzzo	f _{ck}	32	[MPa]
Resistenza a trazione media del calcestruzzo	f _{ctm}	3.0	[MPa]
Modulo di elasticità del calcestruzzo	E _{cm}	33346	[MPa]
Resistenza a snervamento dell'acciaio	f _{yk}	450	[MPa]
Modulo di elasticità dell'acciaio	E _s	210000	[MPa]

DETERMINAZIONE DELL'AMPIEZZA DELLE FESSURE

Tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	σ _s	146.2	[MPa]
Asse neutro della sezione	x	87.3	[mm]
Tipo e durata dei carichi applicati			
Coefficiente di omogeneizzazione	α _e	6.30	[-]
Area totale delle armature presenti nella zona tesa	A _s	1005	[mm ²]
Area efficace tesa di calcestruzzo	A _{c,eff.1}	395000	[mm ²]
	A _{c,eff.2}	70900	[mm ²]
	A _{c,eff.3}	150000	[mm ²]
	A _{c,eff.min}	70900	[mm ²]



Rapporto tra l'area di acciaio teso e quella di calcestruzzo teso	ρ _{p,eff}	0.01418	[-]
Resistenza efficace media del calcestruzzo	f _{ct,eff}	3.0	[MPa]
Fattore di durata del carico	k _t	0.6	[-]
Differenza tra la deformazione nell'acciaio e nel cls			
	[ε _{sm} -ε _{cm}] _{min}	0.000418	[-]
	[ε _{sm} -ε _{cm}] _{calc.}	0.000032	[-]
	[ε _{sm} -ε _{cm}]	0.000418	[-]
Spaziatura tra le barre (calcolata tra i baricentri dei ferri)			
Diametro equivalente delle barre	φ _{eq}	16.00	[mm]
Spaziatura massima di riferimento	s _{max,rif}	385	[mm]
Coefficienti k per il calcolo dell'ampiezza di fessurazione	k ₁	0.800	[-]
	k ₂	0.500	[-]
	k ₃	3.400	[-]
	k ₄	0.425	[-]
Distanza massima tra le fessure			
	s _{r,max.1}	426	[mm]
	s _{r,max.2}	277	[mm]
	s _{r,max}	426	[mm]
Ampiezza limite delle fessure per la combinazione di calcolo pertinente			
Ampiezza delle fessure (di calcolo)	w _{k,lim}	0.20	[mm]
	w _k	0.18	[mm]