

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA
U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO**

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO CESANO – VIGNA DI VALLE

GA01 – Opera di scavalco al km 35+085

Relazione di calcolo scatolari di appoggio

SCALA:

-

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
NR1J	01	D	29	CL	GA0100	002	B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F. Serrau	10-2018	P. Di Nucci	10-2018	T. Paoletti	10-2018	F. Arduini Direzione Tecnica Infrastrutture Centro Via F.lli. Fabbrizi Arduini 00159 Roma 075992744
B	REVISIONE	F. Serrau <i>F. Serrau</i>	05-2020	M. Monda <i>M. Monda</i>	05-2020	T. Paoletti <i>T. Paoletti</i>	05-2020	

File: NR1J01D29CLGA0100002B

n. Elab.: 260.01

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

INDICE

1.	PREMESSA.....	6
2.	DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	7
2.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
2.2	ELABORATI DI PROGETTO DI RIFERIMENTO	8
3.	CARATTERISTICHE MATERIALI	9
3.1	CALCESTRUZZO	9
	3.1.1 <i>Magrone</i>	9
	3.1.2 <i>Calcestruzzo per piedritti e soletta di copertura</i>	9
	3.1.3 <i>Calcestruzzo per soletta di fondazione</i>	10
3.2	ACCIAIO	10
	3.2.1 <i>Acciaio di armatura per c.a.</i>	10
4.	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	12
5.	INQUADRAMENTO GEOTECNICO	15
6.	MODELLO DI CALCOLO	16
7.	ANALISI DEI CARICHI	19
7.1	PESO PROPRIO (PP)	19
7.2	SOVRACCARICO PERMANENTE (PERM).....	19
	7.2.1 <i>Pravimentazione stradale</i>	19
	7.2.2 <i>Peso sicurvia (G2)</i>	20
	7.2.3 <i>Peso veletta (G2)</i>	21
	7.2.4 <i>Peso parapetto (G2)</i>	21
	7.2.5 <i>Peso impianti (G2)</i>	22
7.3	SPINTE DEL TERRENO E DELL'ACQUA (G3).....	22
7.4	AZIONI VARIABILE DA TRAFFICO	24

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.4.1	<i>Definizione delle corsie convenzionali</i>	25
7.4.2	<i>Ripartizione dei carichi concentrati Tandem</i>	25
7.4.3	<i>Configurazioni di carico</i>	27
7.5	AZIONI CENTRIFUGA	32
7.6	AZIONI CLIMATICHE	34
7.6.1	<i>Azioni termiche uniformi (TU)</i>	34
7.6.2	<i>Azioni termiche differenziali (TF)</i>	35
7.6.3	<i>Ritiro</i>	36
7.7	CARICO DEL VENTO	38
7.8	AZIONI SISMICHE	44
7.8.1	<i>Forze d'inerzia orizzontali (Sisma H)</i>	52
7.8.2	<i>Forze d'inerzia verticali (Sisma V)</i>	53
7.9	VEICOLI IN SVIO	54
8.	COMBINAZIONI DI CARICO	55
9.	RISULTATI DELLE ANALISI	57
9.1	SOLLECITAZIONI SOLETTA SUPERIORE – INCASTRO (S1)	62
9.1.1	<i>SLU</i>	62
9.1.2	<i>SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanenti</i>	62
9.2	SOLLECITAZIONI SOLETTA SUPERIORE – MEZZERIA (S2)	63
9.2.1	<i>SLU</i>	63
9.2.2	<i>SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente</i>	63
9.3	SOLLECITAZIONI PIEDRITTO –INCASTRO (S3)	65
9.3.1	<i>SLU</i>	65
9.3.2	<i>SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente</i>	65
9.4	SOLLECITAZIONI PIEDRITTO –SPICCATO (S4)	66

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

9.4.1	SLU.....	66
9.4.2	SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente.....	66
9.5	SOLLECITAZIONI PIEDRITTO –MEZZERIA (S5).....	68
9.5.1	SLU.....	68
9.5.2	SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente.....	68
9.6	SOLLECITAZIONI SOLETTA INFERIORE –INCASTRO (S6).....	69
9.6.1	SLU.....	69
9.6.2	SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente.....	70
9.7	SOLLECITAZIONI SOLETTA INFERIORE –MEZZERIA (S7).....	71
9.7.1	SLU.....	71
9.7.2	SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente.....	71
10.	VERIFICHE.....	72
10.1	CRITERI DI VERIFICA.....	72
10.2	STATI LIMITE ULTIMI.....	72
10.3	STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	74
10.4	S1 SOLETTA SUPERIORE – APPOGGIO.....	77
10.5	S2 SOLETTA SUPERIORE – MEZZERIA.....	83
10.6	S3 PIEDRITTO – INCASTRO.....	90
10.7	S4 PIEDRITTO – SPICCATO.....	97
10.8	S5 PIEDRITTO – MEZZERIA.....	103
10.9	S6 SOLETTA DI FONDAZIONE – APPOGGIO.....	110
10.10	S7 SOLETTA DI FONDAZIONE – MEZZERIA.....	117
10.11	SBALZO SOLETTA.....	124
10.12	CAPACITA PORTANTE.....	130
10.13	ARMATURA LONGITUDINALE.....	135

	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B	FOGLIO 5 di 152

10.14	INCIDENZA ARMATURA	135
11.	ALLEGATI.....	137
11.1	ALLEGATO 1 – COMBINAZIONI SLU.....	137
11.2	ALLEGATO 1 – COMBINAZIONI SLE.....	140
11.3	ALLEGATO 1 – COMBINAZIONI SLV E SVIO.....	143
11.4	ALLEGATO 1 – COMBINAZIONI INVLUPO.....	144

	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B	FOGLIO 6 di 152

1. PREMESSA

Il progetto delle opere d'arte è stato redatto sulla base delle impostazioni ed esigenze espresse dal progetto della viabilità, uniformandosi a quest'ultimo per quanto riguarda ubicazione ed ampiezza del cavalcavia, oltre che, ovviamente, per quanto concerne le rispettive caratteristiche planimetriche ed altimetriche, riservando particolare attenzione ai franchi orizzontali e verticali minimi prescritti dalla normativa vigente.

In particolare la presente relazione riporta il dimensionamento delle strutture scatolari in calcestruzzo armato gettato in opera previste nelle rampe di accesso all'impalcato di copertura della galleria ferroviaria GA01 avente una larghezza della carreggiata 9.00 m. Al fine di limitare gli scarichi sui terreni di fondazione dei rilevati stradali in terra si è deciso di ridurre la dimensione e lunghezza dei rilevati stessi sostituendoli con rampe di approccio in struttura scatolare.

La presente relazione ha per oggetto le verifiche secondo il metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (S.L.).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

2. DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

2.1 Normativa di riferimento

Le analisi strutturali e le verifiche di sicurezza sono effettuate in accordo con le prescrizioni di seguito elencate è conformi alle normative vigenti:

- ✓ Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni»
- ✓ Ministero delle Infrastrutture e Trasporti, circolare 2 febbraio 2009, n. 617 C.S.LL.PP., «Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018»
- ✓ Istruzione RFI DTC SI PS MA IFS 001 B – Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 2. Ponti e strutture, e relativi allegati (A, B, C)
- ✓ Istruzione RFI DTC SI CS MA IFS 001 B – Manuale di Progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 3. Corpo stradale, e relativi allegati (A, B, C, D, E)
- ✓ Ministero delle Infrastrutture, DM 17 gennaio 2018, «Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni»
- ✓ Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture, Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento (UNI EN 1991-1-4)
- ✓ Regolamento (UE) N.1299/2014 della Commissione del 18 Novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell’Unione europea
- ✓ UNI EN 1998-1:2013 – Strutture in zone sismiche – parte 1: generale ed edifici.
- ✓ UNI EN 1998-2:2011 – Strutture in zone sismiche –parte 2: ponti.
- ✓ UNI EN 1992-1-1: EUROCODICE 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

2.2 Elaborati di progetto di riferimento

Relazione tecnica descrittiva	N	R	1	J	0	1	D	2	9	R	O	G	A	0	1	0	0	0	0	1	A
Planimetria di progetto	N	R	1	J	0	1	D	2	9	P	8	G	A	0	1	0	0	0	0	1	A
Relazione di calcolo opera di scavalco	N	R	1	J	0	1	D	2	9	C	L	G	A	0	1	0	0	0	0	1	A
Relazione di calcolo scatolari di appoggio	N	R	1	J	0	1	D	2	9	C	L	G	A	0	1	0	0	0	0	2	A
Fasi costruttive	N	R	1	J	0	1	D	2	9	B	Z	G	A	0	1	0	0	0	0	1	A
Pianta scavi e sezioni	N	R	1	J	0	1	D	2	9	P	Z	G	A	0	1	0	0	0	0	1	A
Carpenteria opera di scavalco - Pianta e sezioni	N	R	1	J	0	1	D	2	9	B	Z	G	A	0	1	0	0	0	0	2	A
Carpenteria opera di scavalco - Prospetto e sezione longitudinale	N	R	1	J	0	1	D	2	9	B	Z	G	A	0	1	0	0	0	0	3	A
Carpenteria scatolari di appoggio - Pianta e sezioni	N	R	1	J	0	1	D	2	9	B	Z	G	A	0	1	0	0	0	0	4	A

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

3. CARATTERISTICHE MATERIALI

3.1 Calcestruzzo

3.1.1 Magrone

Classe di resistenza = C12/15

3.1.2 Calcestruzzo per piedritti e soletta di copertura

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/m³

Classe di resistenza = C32/40

R_{ck} = resistenza cubica = 40.00 N/mm²

f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 R_{ck} = 32.0 N/mm²

f_{cm} = resistenza cilindrica media = $f_{ck} + 8$ = 40.0 N/mm²

f_{cd} = resistenza di calcolo a compressione = $\alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c = 0.85 * 32 / 1.5 = 18.1$ N/mm²

f_{ctm} = resistenza a trazione media = $0.30 * f_{ck}^{2/3} = 3.02$ N/mm²

f_{ctm} = resistenza a traz. per flessione media = $1.20 * f_{ctm} = 3.63$ N/mm²

f_{ctk} = resistenza a traz. per flessione caratt. = $0.70 * f_{ctm} = 2.12$ N/mm²

E_{cm} = modulo elast. tra 0 e 0.40 $f_{cm} = 22000 * (f_{cm}/10)^{0.3} = 33345$ N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Rara) = $0.6 * f_{ck} = 19.2$ N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Quasi Permanente) = $0.45 * f_{ck} = 14.4$ N/mm²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

3.1.3 Calcestruzzo per soletta di fondazione

γ_c = peso specifico = 25.00 kN/m³

Classe di resistenza = C25/30

R_{ck} = resistenza cubica = 30.00 N/mm²

f_{ck} = resistenza cilindrica caratteristica = 0.83 R_{ck} = 24.9 N/mm²

f_{cm} = resistenza cilindrica media = $f_{ck} + 8$ = 33.0 N/mm²

f_{cd} = resistenza di calcolo a compressione = $\alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$ = 0.85 * 25/15 = 14.16 N/mm²

f_{ctm} = resistenza a trazione media = 0.30 * $f_{ck}^{(2/3)}$ = 2.56 N/mm²

f_{ctm} = resistenza a traz. per flessione media = 1.20 * f_{ctm} = 3.08 N/mm²

f_{ctk} = resistenza a traz. per flessione caratt. = 0.70 * f_{ctm} = 1.79 N/mm²

E_{cm} = modulo elast. tra 0 e 0.40 f_{cm} = 22000 * ($f_{cm}/10$)^{0.3} = 31475 N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Rara) = 0.6 * f_{ck} = 15.0 N/mm²

σ_c = Resistenza a compressione (Comb. Quasi Permanente) = 0.45 * f_{ck} = 11.25 N/mm²

3.2 Acciaio

3.2.1 Acciaio di armatura per c.a.

Tipo = B 450 C

γ_a = peso specifico = 78.50 kN/m³

$f_{y\ nom}$ = tensione nominale di snervamento = 450 N/mm²

$f_{t\ nom}$ = tensione nominale di rottura = 540 N/mm²

$f_{yk\ min}$ = minima tensione caratteristica di snervamento = 450 N/mm²

$f_{tk\ min}$ = minima tensione caratteristica di rottura = 540 N/mm²

$(f_t/f_y)_{k\ min}$ = minimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.15

$(f_t/f_y)_{k\ max}$ = massimo rapporto tra i valori caratteristici = 1.35

	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B	FOGLIO 11 di 152

$(f_y/f_{y,nom})_k =$ massimo rapporto tra i valori nominali = 1.25

$(A_{gt})_k =$ allungamento caratteristico sotto carico massimo = 7.5 %

$\varphi_{min} =$ minimo diametro consentito delle barre = 6 mm

$\varphi_{max} =$ massimo diametro consentito delle barre = 40 mm

E = modulo di elasticità dell'acciaio = 206000 N/mm²

$\alpha_T =$ coefficiente di dilatazione termica = 0.00001 °C⁻¹

	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B	FOGLIO 12 di 152

4. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il cavalcaferrovia in oggetto risulta sostanzialmente costituito da rampe scatolari in c.a. di approdo all'opera di scavalco della sede ferroviaria costituita da una galleria ferroviaria a struttura scatolare. Le rampe di approdo all'opera di scavalco sono realizzate mediante strutture scatolari in conglomerato cementizio armato gettato in opera. La larghezza netta interna della generica sezione trasversale è 7.60m . L'altezza interna risulta variabile da 6.31 m a 11.26 m. Lo spessore della soletta superiore è 0.80m, dei piedritti è pari a 0.80m e del solettone di fondo è pari a 1.00m. I due marciapiedi laterali ricadono invece su solette a sbalzo dallo scatolare di luce di 1.75m. Il manufatto è suddiviso in conci aventi lunghezza massima di circa 17.54m. Una parete trasversale di chiusura separa il primo concio dal rilevato di approdo alla rampa. Il dimensionamento è stato condotto con riferimento al concio 4 considerando un'altezza di calcolo pari a 13.06 m ed una struttura piana rappresentativa di una striscia trasversale dell'opera avente lunghezza pari a 1.0m.

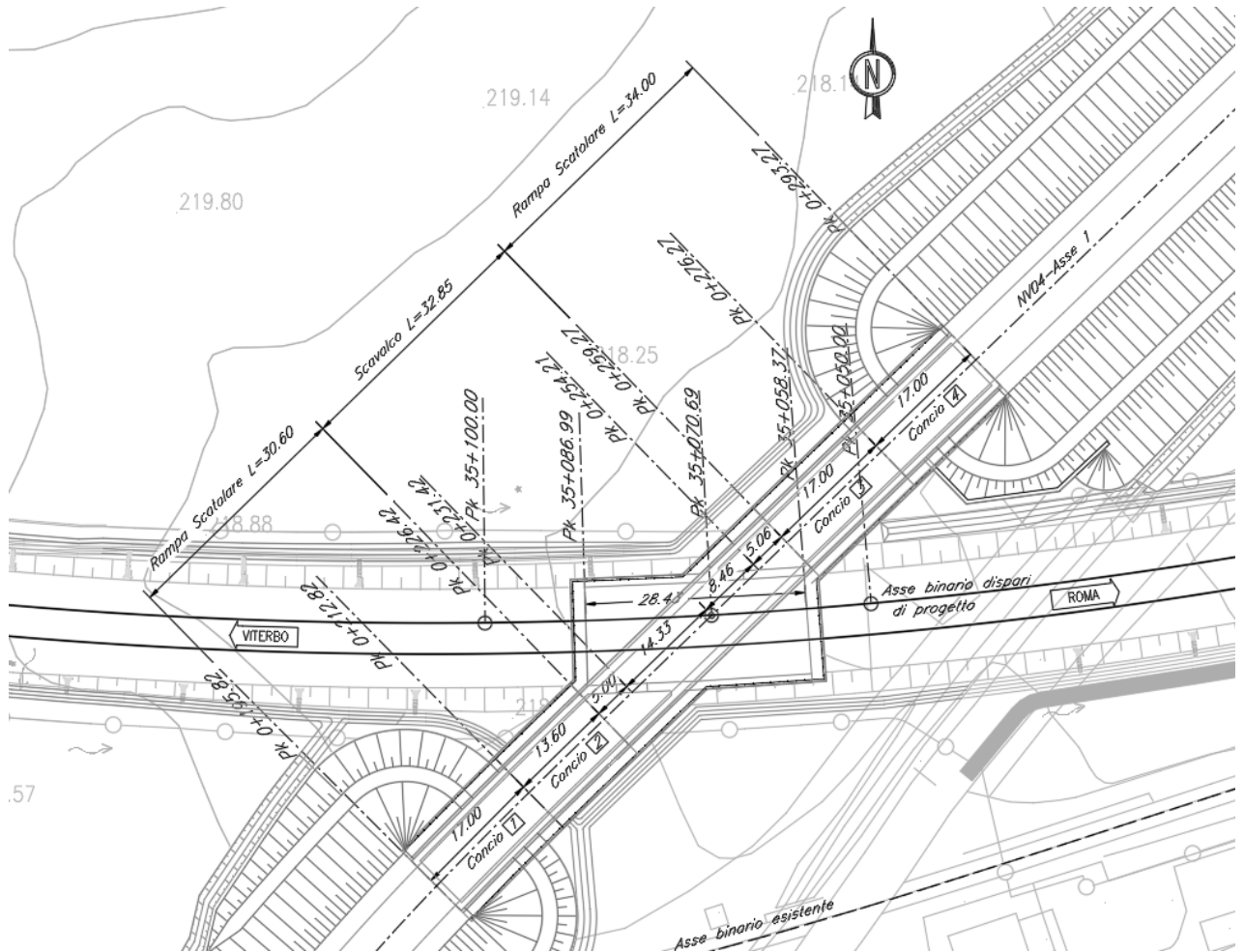


Fig. 1 – Planimetria generale con inquadramento dell'opera

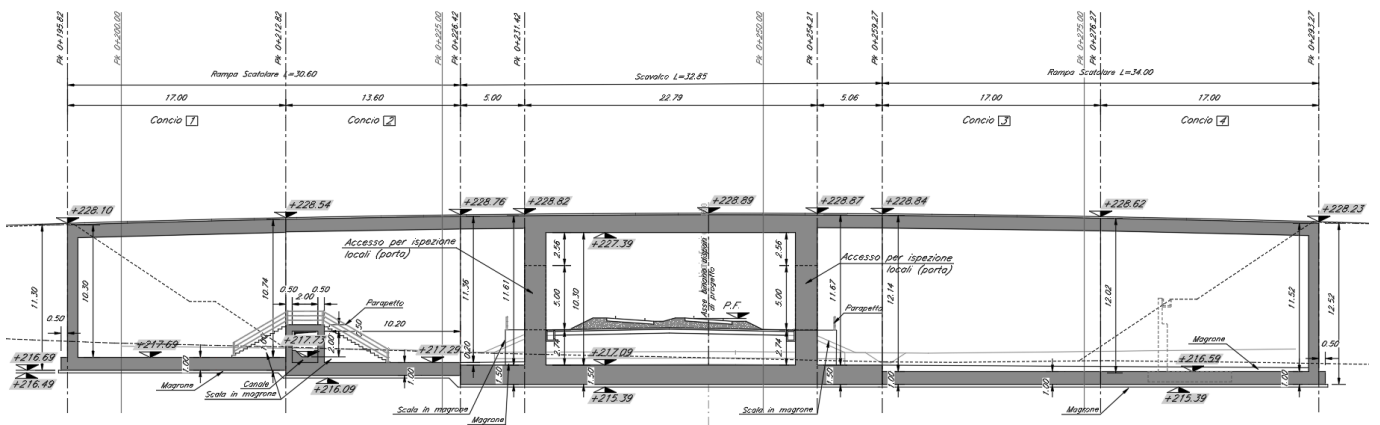


Fig. 2 – Sezione longitudinale – Rampa lato Trieste

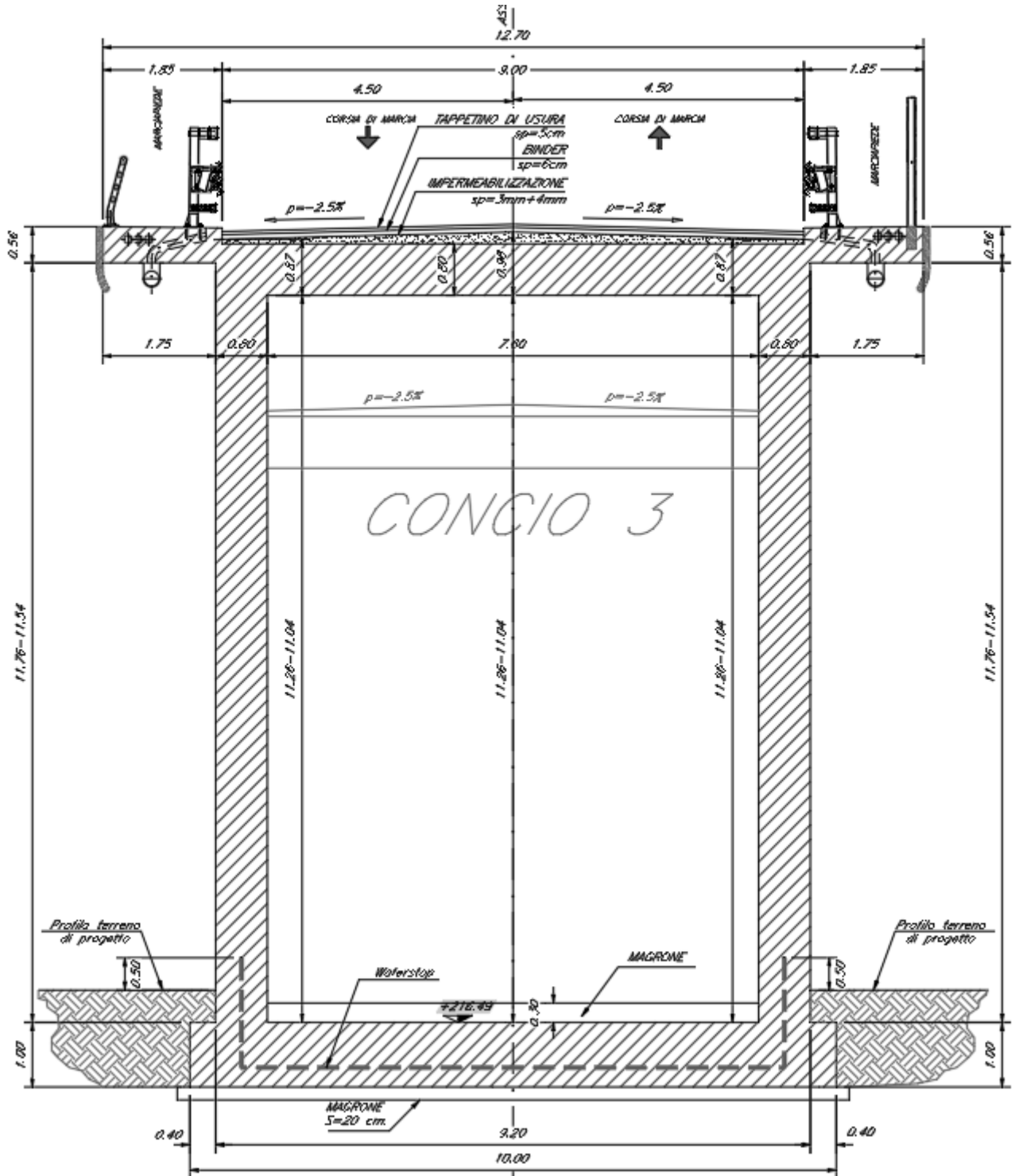


Fig. 3 – Sezione trasversale di calcolo – sezione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

5. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Per l'inquadramento geotecnico dell'opera si riporta l'estratto dell'elaborato Relazione Geotecnica [NR1J00D29GEGE0005001A] di cui si riporta un estratto per i dati geotecnici di interesse.

Tabelle contenenti la stratigrafia di progetto per l'opera in esame e i relativi parametri geotecnici di calcolo:

- Modello geotecnico n° 6, dalla pk 34+600 alla pk 36+050

Unità geotecnica	Descrizione	z iniz (m)	z fin (m)	spessore (m)	Peso di volume (kN/m ³)	Tipo di terreno	Angolo di resistenza al taglio ϕ' (°)	C' (kPa)	Modulo elastico E (MPa)
U2a	Sabbia limosa /limo sabbioso	0	10	10	16	GG	30	0	20
U3a	PVI-Depositi vulcanici - Sabbia limosa con ghiaia limosa	10	18	8	17	GG	32	0	55
U4a	Roccia basaltica	18	30	12	26	R	40	0	5000 (*)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

6. MODELLO DI CALCOLO

La struttura viene schematizzata con un modello di calcolo a telaio chiuso su un letto di molle alla Winkler mediante un'analisi elastico-lineare svolta con il programma di calcolo agli elementi finiti SAP2000 v.20.1 (Computers and Structures®).

Gli elementi frame che schematizzano il telaio piano hanno una sezione rettangolare di larghezza 1.0m ed altezza pari a:

- soletta superiore $h = 0.80\text{m}$
- piedritti $h = 0.80\text{ m}$
- soletta di fondazione $h = 1.00\text{ m}$

Il modulo elastico del materiale assegnato agli elementi asta è assunto:

- Struttura in elevazione $E = 33346\text{ N/mm}^2$: $\text{cls Rck} = 40\text{N/mm}^2$
- Soletta di fondazione $E = 31476\text{ N/mm}^2$: $\text{cls Rck} = 30\text{N/mm}^2$

Nelle successive figure si riporta lo schema di calcolo adottato con la numerazione dei nodi (Figura 4) .

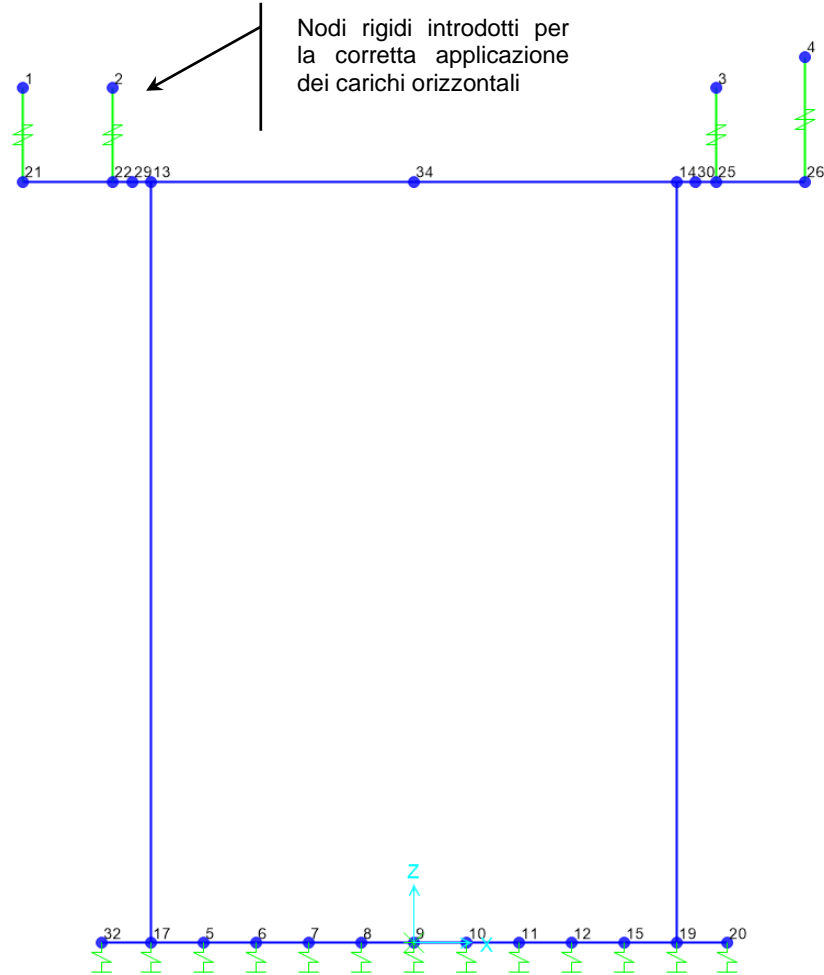


Fig. 4 – Modello di calcolo – numerazione dei nodi

Tabella: Coordinate nodali					
Joint	CoordSys	CoordType	GlobalX	GlobalY	GlobalZ
Text	Text	Text	m	m	m
1	GLOBAL	Cartesian	-6.25	0	13.66
2	GLOBAL	Cartesian	-4.82	0	13.66
3	GLOBAL	Cartesian	4.83	0	13.66
4	GLOBAL	Cartesian	6.25	0	14.16
5	GLOBAL	Cartesian	-3.36	0	0
6	GLOBAL	Cartesian	-2.52	0	0
7	GLOBAL	Cartesian	-1.68	0	0
8	GLOBAL	Cartesian	-0.84	0	0
9	GLOBAL	Cartesian	-1.776E-15	0	0
10	GLOBAL	Cartesian	0.84	0	0
11	GLOBAL	Cartesian	1.68	0	0
12	GLOBAL	Cartesian	2.52	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	18 di 152

13	GLOBAL	Cartesian	-4.2	0	12.16
14	GLOBAL	Cartesian	4.2	0	12.16
15	GLOBAL	Cartesian	3.36	0	0
17	GLOBAL	Cartesian	-4.2	0	0
19	GLOBAL	Cartesian	4.2	0	0
20	GLOBAL	Cartesian	5	0	0
21	GLOBAL	Cartesian	-6.25	0	12.16
22	GLOBAL	Cartesian	-4.82	0	12.16
25	GLOBAL	Cartesian	4.83	0	12.16
26	GLOBAL	Cartesian	6.25	0	12.16
29	GLOBAL	Cartesian	-4.5	0	12.16
30	GLOBAL	Cartesian	4.5	0	12.16
32	GLOBAL	Cartesian	-5	0	0
34	GLOBAL	Cartesian	-1.776E-15	0	12.16

Nodi rigidi introdotti per la corretta applicazione dei carichi orizzontali.

La fondazione è appoggiata su un insieme di molle elastiche che simulano la risposta del terreno di fondazione sottostante (molle alla Winkler calibrate sul modello geotecnico del terreno).

Per la modellazione del terreno si considera la trave su suolo elastico, modellata con l'utilizzo di molle alla Winkler, aventi la seguente rigidezza (Vesic, 1965):

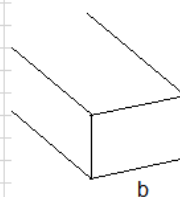
Per cui risulta:

$$K = \frac{0.65E}{1-\nu^2} \sqrt[3]{\frac{Eb^3}{(EJ)_{fond}}}$$

E= 20000 kN/mq elastico del terreno
 ν= 0.3 coeff. di Poisson

trave di fondazione

b= 1 m dimensione trasversale trave
 h= 1 m altezza trave
 J= 0.083333 m⁴ inerzia trave
 Rck= 30 Mpa
 Ec= 31220186 kN/mq modulo di elasticità cls



K= 9522 kN/mc modulo di reazione lineare sulla trave

La soletta inferiore viene divisa in 10 elementi per poter schematizzare, tramite le molle applicate, l'interazione terreno struttura.

Per la rigidezza delle molle, nel caso in esame, si assume un valore del modulo di reazione verticale $K_s=9522 \text{ kN/m}^3$.

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle, ottenendo per le 5 molle centrali un valore di:

	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

$$K_{centrale} = K_s \times (S_p/2 + L_{int} + S_p/2)/10 = 7998.48 \text{ kN/m}$$

$$K_6 \dots\dots K_{10} = 7998.48 \text{ kN/m}$$

I valori delle molle di spigolo si ottengono con la seguente formulazione:

$$K_{17} = K_{19} = 2 \times K_s \times [(S_p/2 + L_{int} + S_p/2)/10 / 2 + S_p/2] = 15616.08 \text{ kN/m}$$

Ed infine i valori delle molle nei nodi 4, 5, 11 e 12 come da letteratura si assumono:

$$K_{31}=K_{32}=K_5 = K_6 = K_{12} = K_{15}=K_{20}=K_{23} = 1.5 \times K_{centrale} = 11997.72 \text{ kN/m}$$

7. ANALISI DEI CARICHI

7.1 Peso proprio (PP)

Il peso proprio è stato considerato ponendo il peso per unità di volume del calcestruzzo armato pari a $\gamma = 25.0 \text{ kN/m}^3$.

7.2 Sovraccarico permanente (PERM)

Sul solettone superiore si considera uno spessore medio del massetto delle pendenze $s_b = 0.15\text{m}$ con peso per unità di volume $\gamma_b = 20.00\text{kN/m}^3$. Nel caso presente, non e' presente un ricoprimento.

7.2.1 Pravimentazione stradale

Sul solettone superiore si considera uno spessore di pavimentazione stradale pari a 0.12m con peso di unità di volume $\gamma_{pav_str} = 20.00\text{kN/m}^3$.

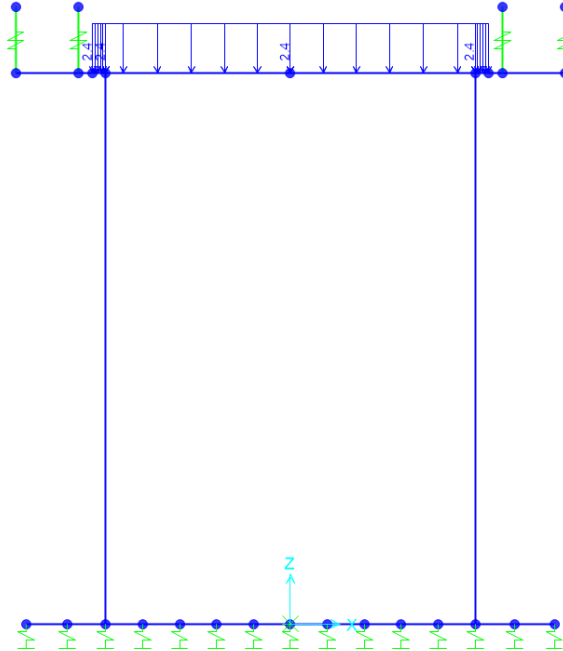


Fig. 5 – G2_Pavimentazione

7.2.2 Peso sicurvia (G2)

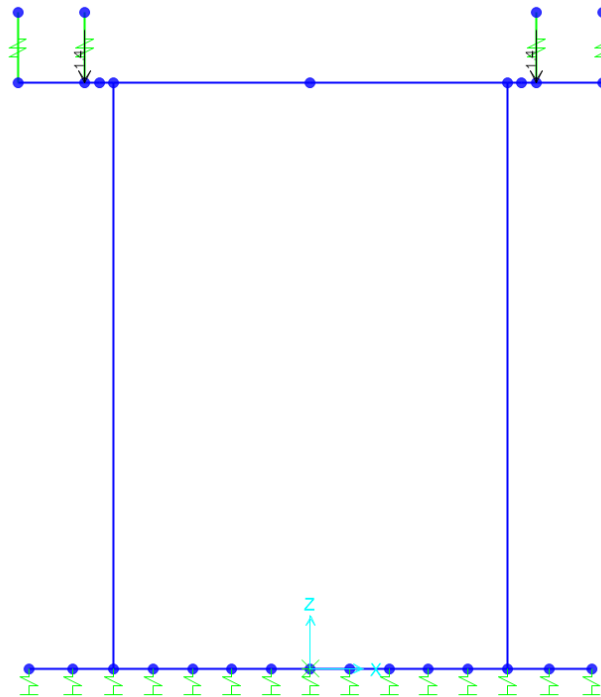


Fig. 6 – G2_Sicurvia

7.2.3 Peso veletta (G2)

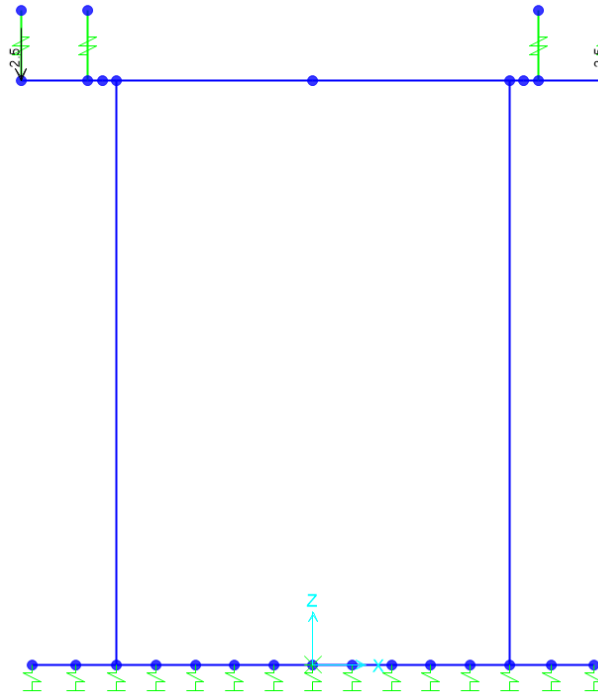


Fig. 7 – G2_Veletta

7.2.4 Peso parapetto (G2)

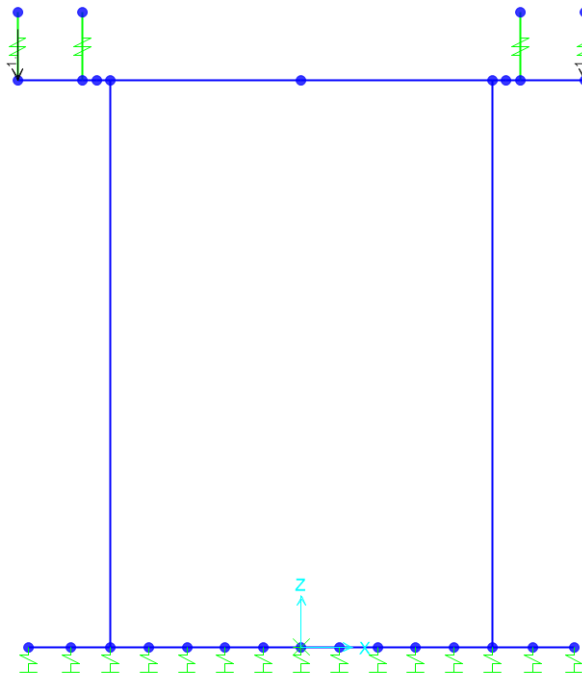


Fig. 8 – G2_Parapetto

	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.2.5 Peso impianti (G2)

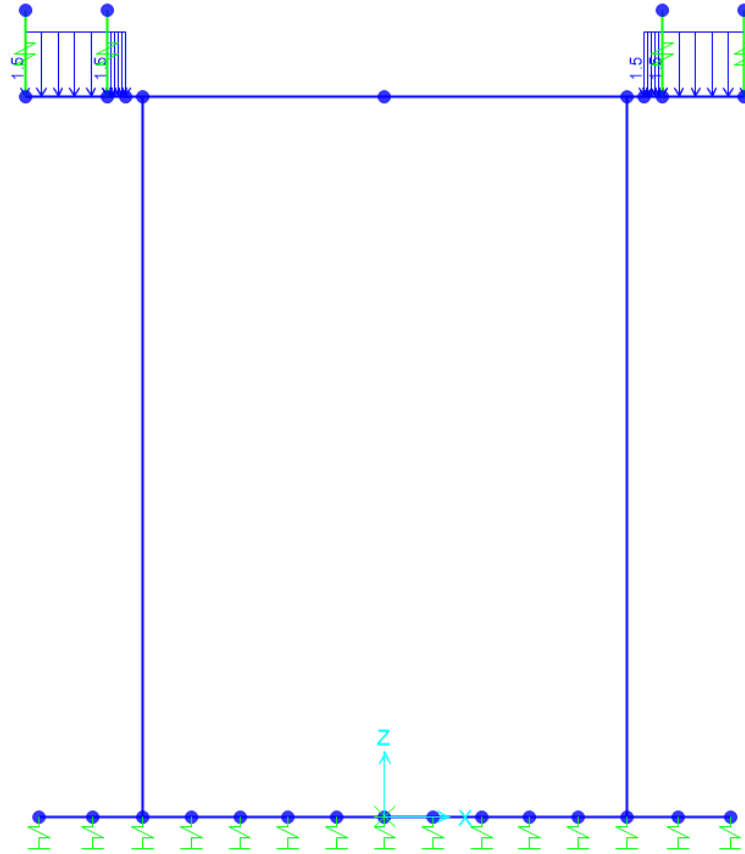


Fig. 9 – G2_Impinati

7.3 Spinte del Terreno e dell'acqua (G3)

Sulle pareti laterali si considera la spinta del terreno valutata in condizioni di spinta in quiete assumendo per il terreno un peso di unità di volume $\gamma_{\text{ter}} = 16.00 \text{ kN/m}^3$ e un angolo di attrito pari a 30° .

$$K_0 = 1 - \sin \varphi = 0.50$$

$$P = \gamma \cdot h \cdot K_0 = 16 \cdot 2.0 \cdot 0.50 = 16.00 \text{ kN/m}$$

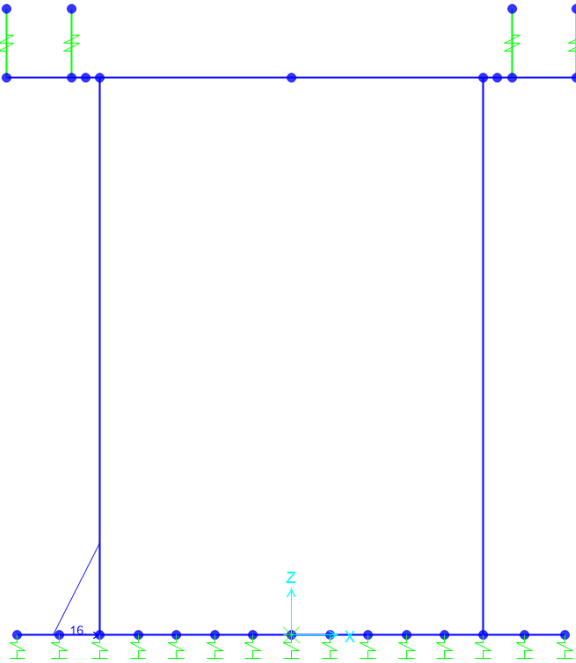


Fig. 10 – G3 Spinta terreno in SX

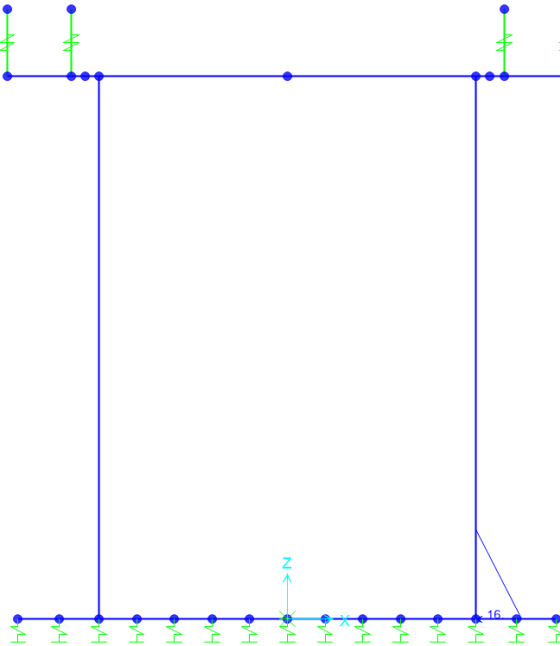


Fig. 11 – G3 Spinta terreno in DX

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.4 Azioni variabile da traffico

In conformità alla normativa di riferimento (N.T.C.2018 §5.1.3.3), si prendono in considerazione i carichi mobili per ponti di 1° categoria di seguito riportati:

- 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 $q_{2k} = 2.5\text{kN/m}^2$;
- terza colonna di carico, analoga alla precedente, ma con carichi rispettivamente pari a $Q_{3k} = 100\text{kN}$ e $q_{3k} = 2.5\text{kN/m}^2$;
- quarta colonna di carico e/o area rimanente costituita da un carico uniformemente distribuito pari a $q_{rk} = 2.5\text{kN/m}^2$.

I valori dei carichi stradali forniti dalle vigenti NTC2018 sono già comprensivi degli incrementi di natura dinamica. La dimensione delle impronte dei carichi tandem e la loro posizione relativa sono:

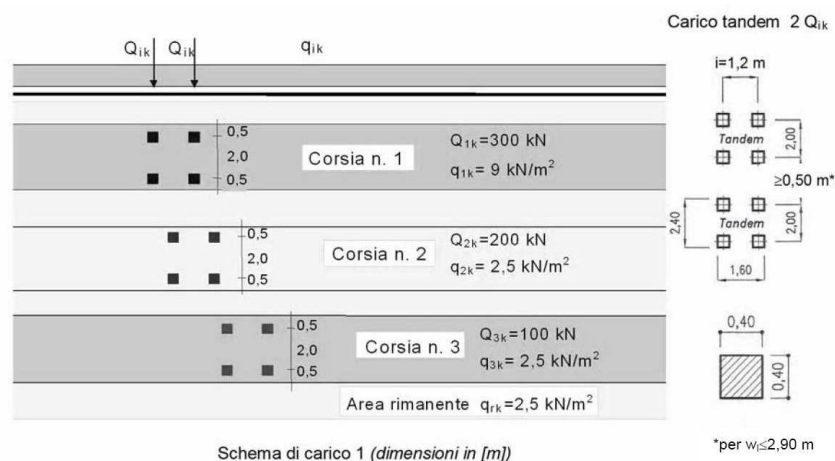


Fig. 12 – NTC08- schema di carico 1

	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.4.1 Definizione delle corsie convenzionali

In relazione alle dimensioni della carreggiata sono state considerate n° 3 “corsie convenzionali” da 3m. I sovraccarichi mobili sono considerati nelle diverse disposizioni longitudinali e trasversali atte a generare le massime sollecitazioni nelle sezioni di verifica.

7.4.2 Ripartizione dei carichi concentrati Tandem

I carichi concentrati mobili (carico tandem) sono ripartiti sull'impalcato mediante una diffusione a 45° in direzione longitudinale e trasversale a partire dall'estradosso della pavimentazione stradale fino alla linea d'asse della soletta.

Si riporta nella figura seguente lo schema delle impronte di carico e delle zone interessate dalla diffusione alla profondità $d = 0.12 \text{ m} + 0.80/2 \text{ m} = 0.52 \text{ m}$ dal piano stradale.

Le larghezze di diffusione della coppia di carichi concentrati su due assi in tandem valgono:

- dir. Longitudinale $L_{\text{long}} = 1.2\text{m} + 2x (0.40\text{m}/2 + 0.12 \text{ m} + 0.80\text{m}/2) = 2.64 \text{ m}$
- dir. Trasversale $L_{\text{trav}} = 2 \times 0.12 + 0.4 + 0.8 = 1.44\text{m}$

Il carico tandem $2 Q_{ik}$ determina pertanto un carico uniformemente distribuito sull'asse della soletta di intensità pari a

- $q = 150 \text{ kN} / (1.44 \text{ m} \times 1.44 \text{ m}) = 72.33 \text{ kPa}$ corsia 1
- $q = 100 \text{ kN} / (1.44 \text{ m} \times 1.44 \text{ m}) = 48.23 \text{ kPa}$ corsia 2
- $q = 50 \text{ kN} / (1.44 \text{ m} \times 1.44 \text{ m}) = 24.11 \text{ kPa}$ corsia 3

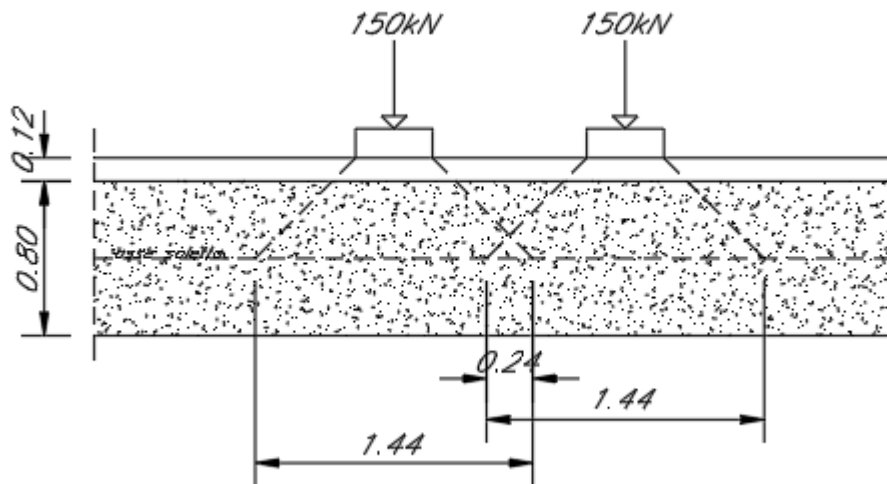


Fig. 13 – Diffusione del carico stradale tandem in direzione longitudinale

Nella striscia in direzione longitudinale di 1 metro il tratto di sovrapposizione risulta pari a:

$$L_{sovr} = 0.24 \text{ m}$$

Tenendo quindi in conto la sovrapposizione longitudinale delle impronte di carico diffuse, il carico ripartito trasversalmente sull'elemento soletta risulta pari a : $Q = q \times 0.12 + 2q \times 0.24$

da cui:

$$Q = 72.33 \times 0.76 + 2 \times 72.33 \times 0.24 = 89.68 \text{ KN/m} \quad \text{corsia 1}$$

$$Q = 48.23 \times 0.76 + 2 \times 48.23 \times 0.24 = 59.81 \text{ KN/m} \quad \text{corsia 2}$$

$$Q = 24.11 \times 0.76 + 2 \times 24.11 \times 0.24 = 29.90 \text{ KN/m} \quad \text{corsia 3}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

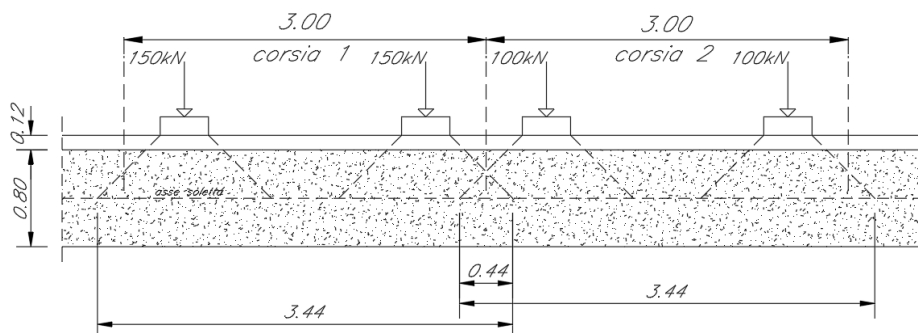


Fig. 14 – Diffusione del carico stradale tandem direzione trasversale

7.4.3 Configurazioni di carico

Per massimizzare gli effetti del carico mobile in termini di sollecitazioni flettenti e taglio sugli elementi strutturali, sono state definite due distinte configurazioni di carico.

La prima, massimizza il momento flettente sul traverso superiore della struttura; si ottiene disponendo i carichi tandem di tutte le corsie convenzionali disposte affiancate e centrate rispetto l'asse di simmetria verticale della struttura. Ai carichi tandem si sovrappone il carico distribuito di intensità pari a 9.00 kN/m^2 sulla corsia 1 e 2.50 kN/m^2 sulla corsia 2 e 3.

La seconda configurazione massimizza la sollecitazione di taglio sul traverso superiore della struttura; le corsie convenzionali sono disposte affiancate ed allineate con il filo interno del piedritto destro. Ai carichi tandem si sovrappone il carico distribuito di intensità pari a 9.00 kN/m^2 sulla corsia 1 e pari a 2.5 kN/m^2 sulla corsia 2.

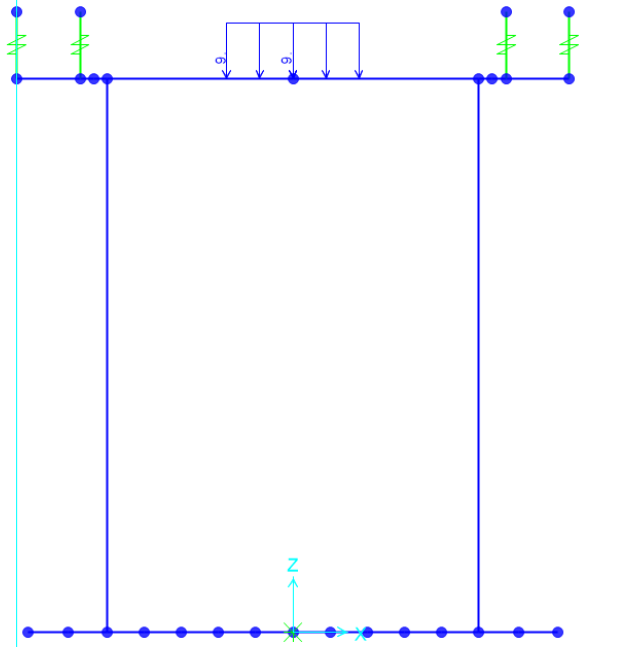
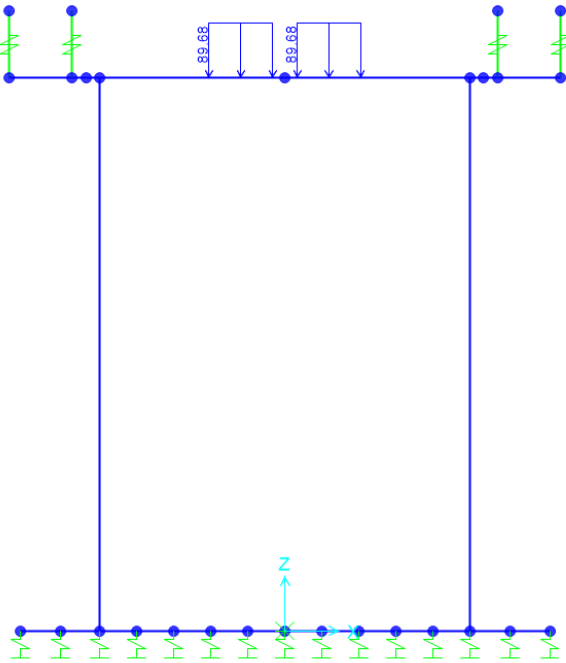


Fig. 15 – Q_tr_S1_C1_Ruota: Carico tandem e carico distribuito Corsia 1

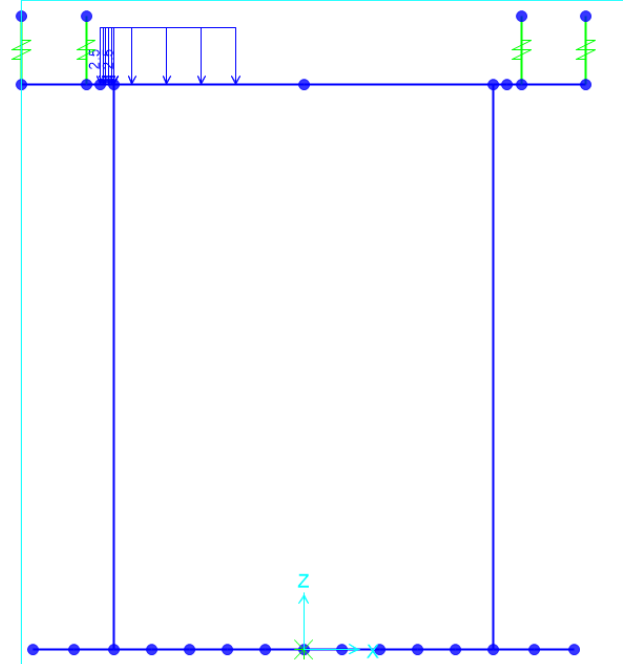
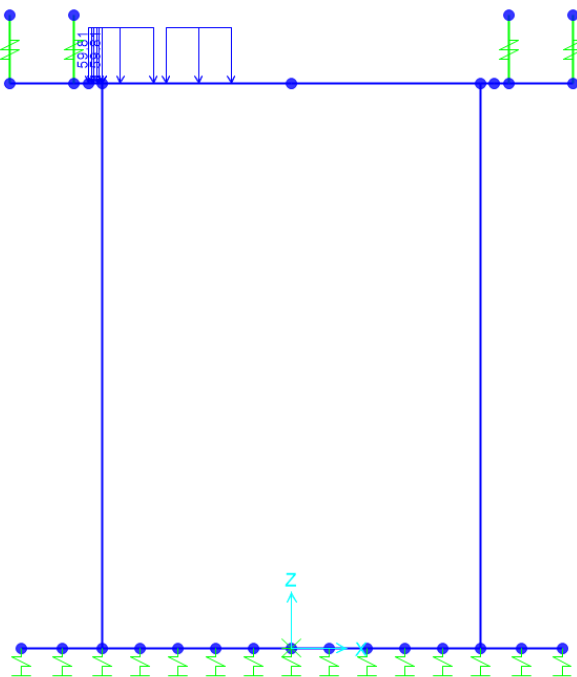


Fig. 16 – Q_tr_S1_C2_Ruota: Carico tandem e carico distribuito Corsia 2

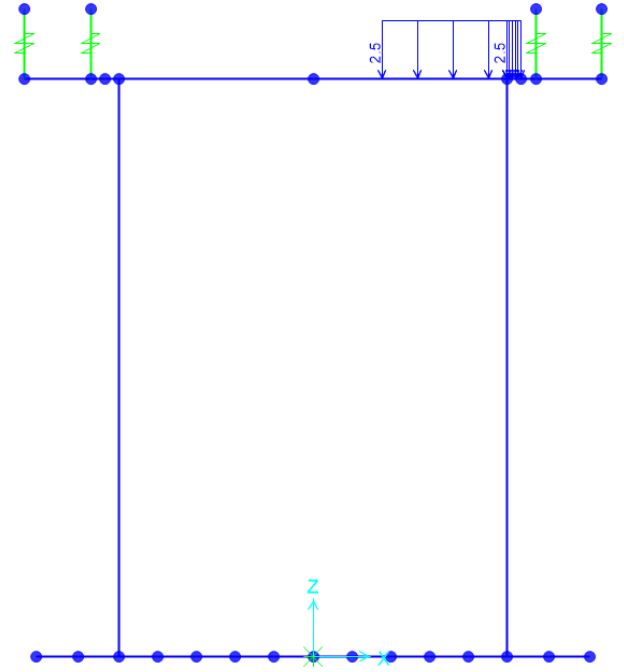
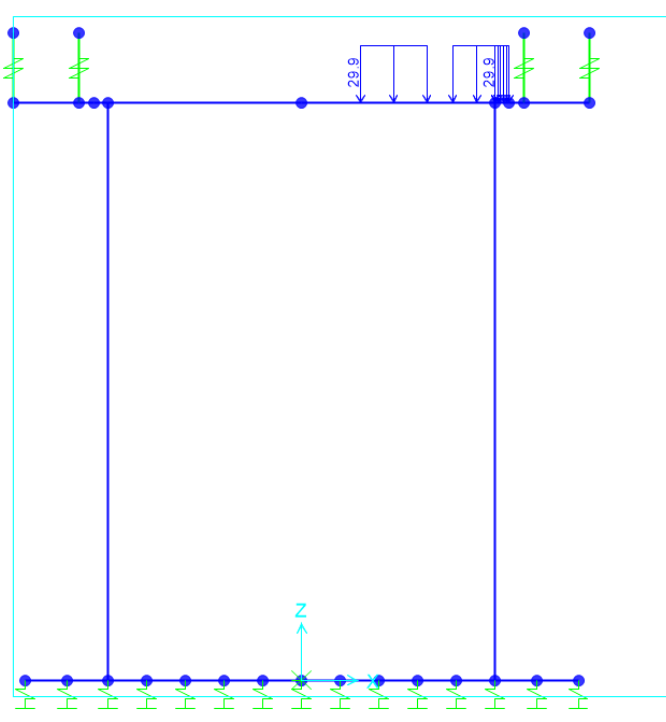


Fig. 17 – Q_tr_S1_C3_Ruota: Carico tandem e carico distribuito Corsia 3

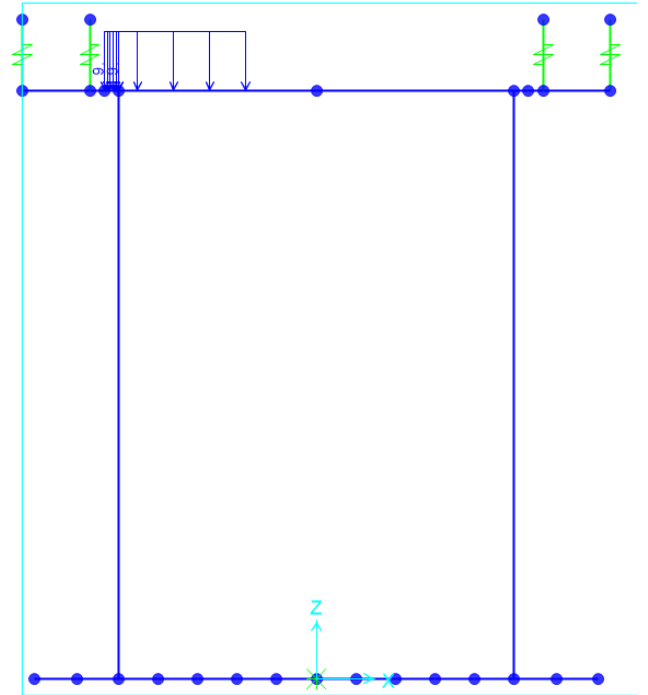
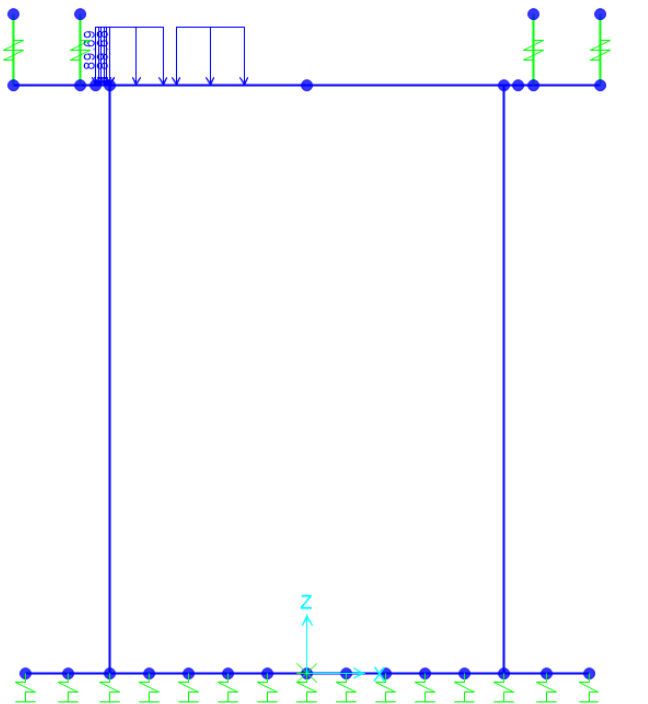


Fig. 18 – Q_tr_S1_C1_Ruota_INC: Carico tandem e carico distribuito Corsia 1 all'incastro piedritto

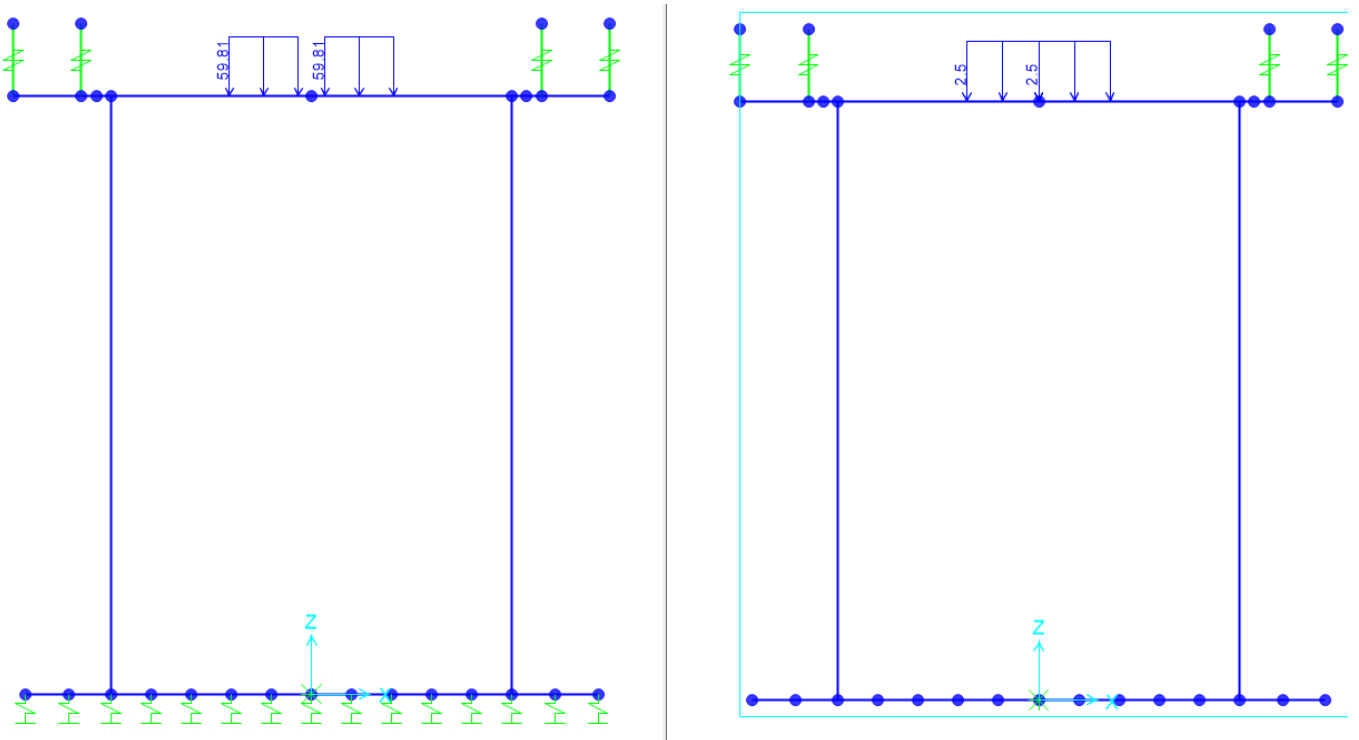


Fig. 19 – Q_tr S1_C2_Ruota_INC: Carico tandem e carico distribuito Corsia 2
all'incastro piedritto

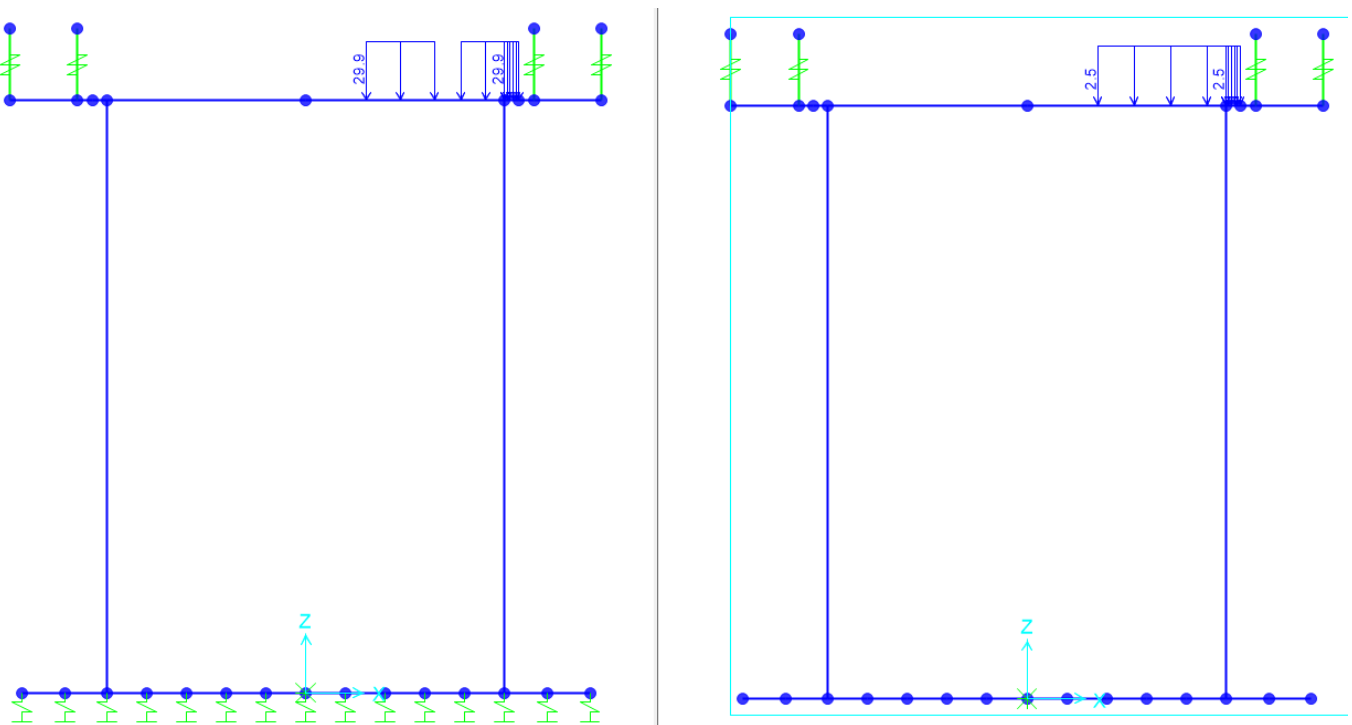


Fig. 20 – Q_tr S1_C3_Ruota_INC: Carico tandem e carico distribuito Corsia 3
all'incastro piedritto

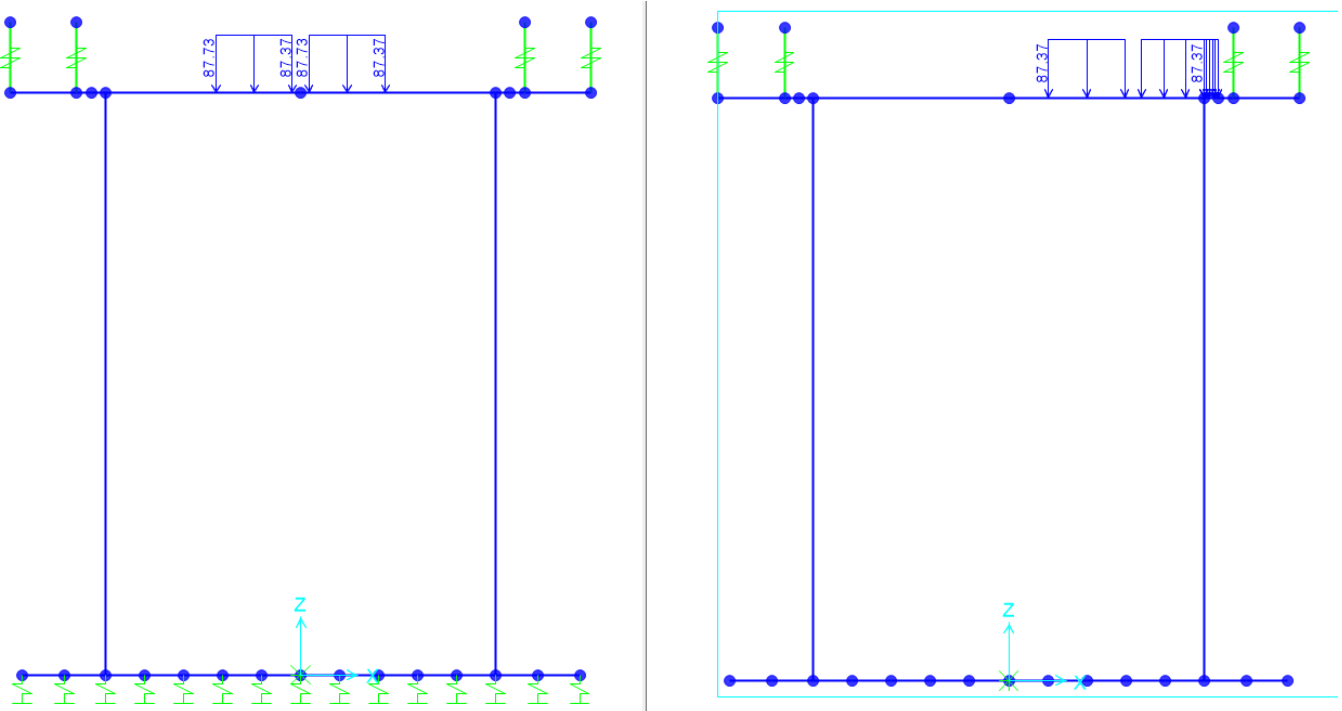


Fig. 21 – Q_tr S2_Ruota/Ruota_INC: Carico tandem Scheme 2

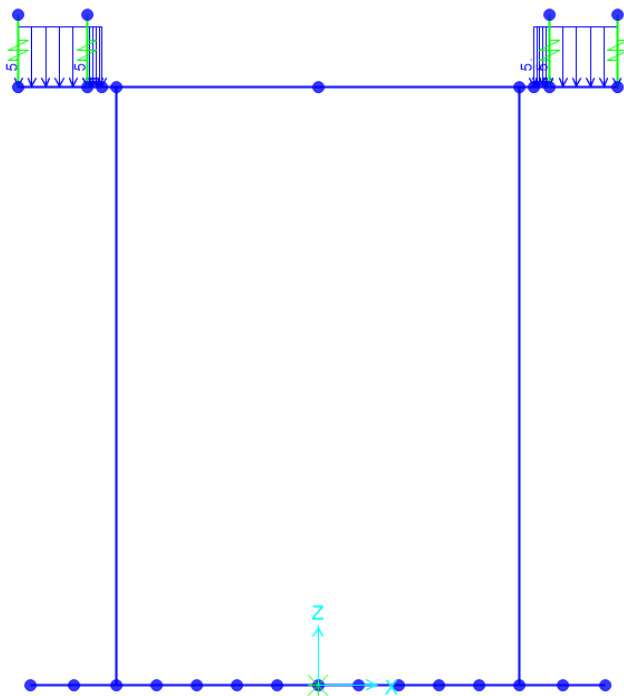


Fig. 22 – Q_tr_S5_folla

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.5 Azioni centrifuga

Nei ponti con asse curvo di raggio R (in metri) l'azione centrifuga corrispondente ad ogni colonna di carico si valuta convenzionalmente come indicato in Tab. 5.1.III (NTC 2018), essendo $Q_v = \sum_i 2Q_{ik}$ il carico totale dovuto agli assi tandem dello schema di carico 1 agenti sul ponte.

Il carico concentrato q_4 , applicato a livello della pavimentazione, agisce in direzione normale all'asse del ponte.

Si applicano le NTC 2018 , Tab. 5.1.III - Valori caratteristici delle forze centrifughe, da cui segue:

$q_4=0.2 Q_v$, se $R<200$ m (valido per questo progetto) e considerando il carico indotto da tutte le carreggiate.

Si assume che le azioni concentrate si ripartiscano con un angolo di diffusione totale di $2 \times 45^\circ$. Si considera lo scenario peggiore in cui le azioni maggiore entità agiscono sull'area di diffusione minima (triangolare), valutato ipotizzando una forza di $Q_{fr,i}/A_{fr,i}$, come rappresentato in Fig.25.

dove $i=1; 2; 3$; $Q_{fr,i}= 0.2 Q_v$; $A_{fr,i}=B_i^2/4$;

$Q_{fr,1}= 0.2 Q_{v1}= 120$ KN; $Q_{fr,2}= 0.2 Q_{v2}= 80$ KN; $Q_{fr,3}= 0.2 Q_{v4}= 40$ KN

$A_{fr,1}= 3^2/4$; $A_{fr,2}= 9^2/4$; $A_{fr,3}= 15^2/4$

Si applica una forza uniformemente ripartita sulla soletta di copertura pari a

$q_4=\sum Q_{fr,i}/A_{fr,i}=9.38$ kN/m' (per 1 m in direzione longitudinale della rampa) e un momento di trasporto in asse soletta di $m_y = 9.38 * 0.52= 4.88$ kNm/m'.

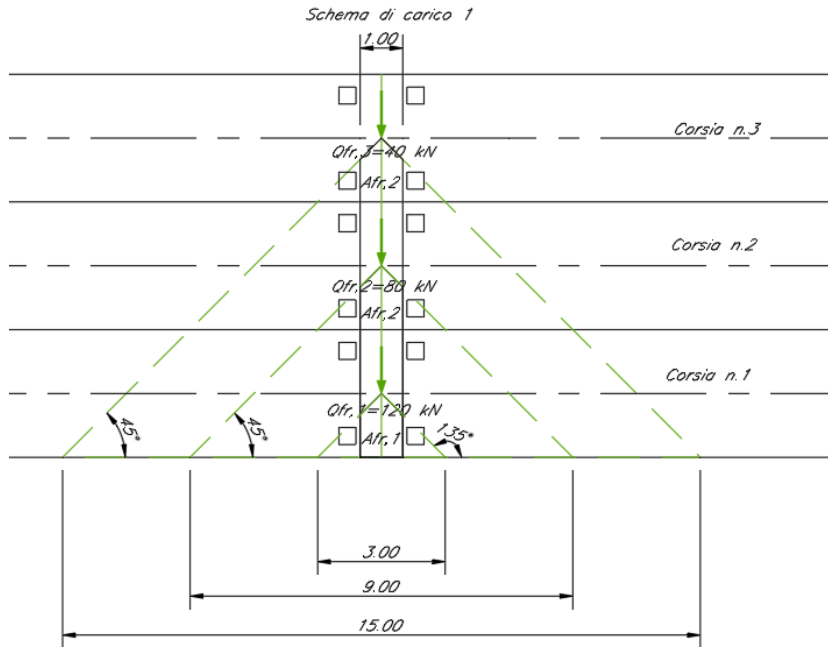


Fig. 23– Q_{tr} Fcentr: Definizione di carico

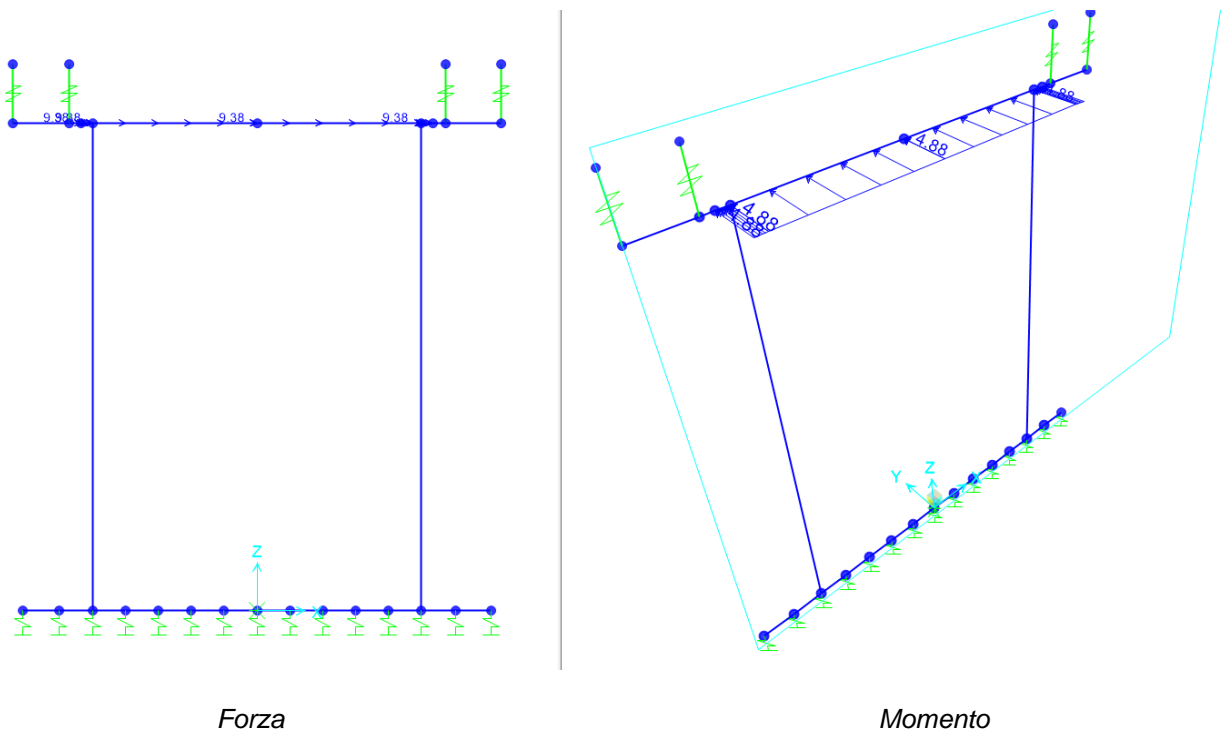


Fig. 24– Q_{tr} Fcentr: Forza e momento distributi di centrifuga

7.6 Azioni climatiche

7.6.1 Azioni termiche uniformi (TU)

Si considera una variazione termica uniforme $\Delta T = 15.0^{\circ}\text{C}$ sugli elementi della struttura in elevazione, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

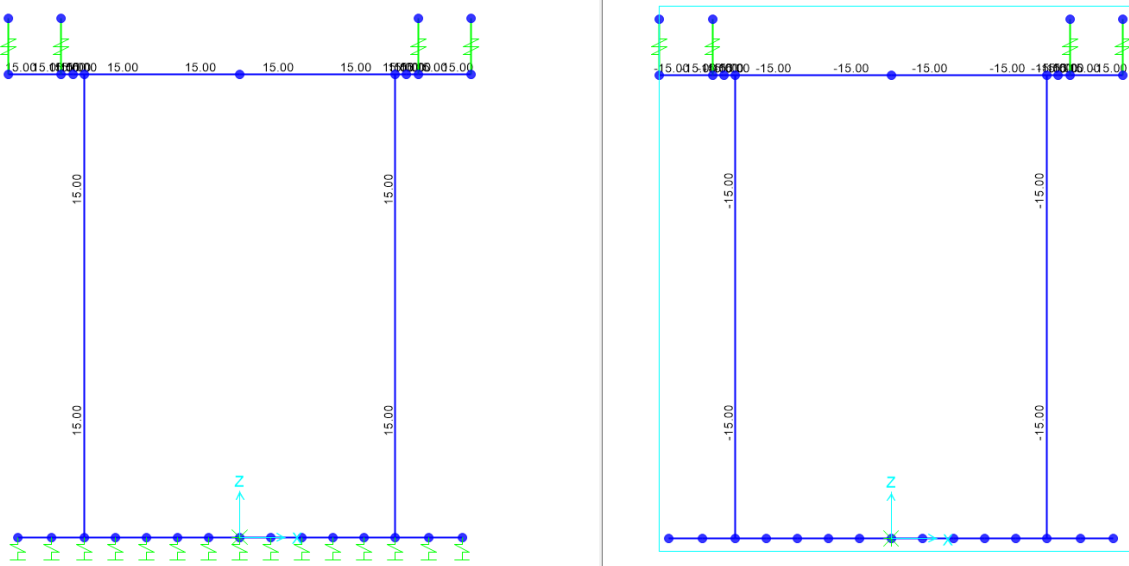


Fig. 25 – Q_Temp_Uni+/-: Forza termiche uniformi

7.6.2 Azioni termiche differenziali (TF)

Si considera una variazione termica differenziale $\Delta T = 5.0^{\circ}\text{C}$ su tutti gli elementi della struttura in elevazione, adottando per il coefficiente di dilatazione termica un valore $\alpha = 10 \times 10^{-6}$.

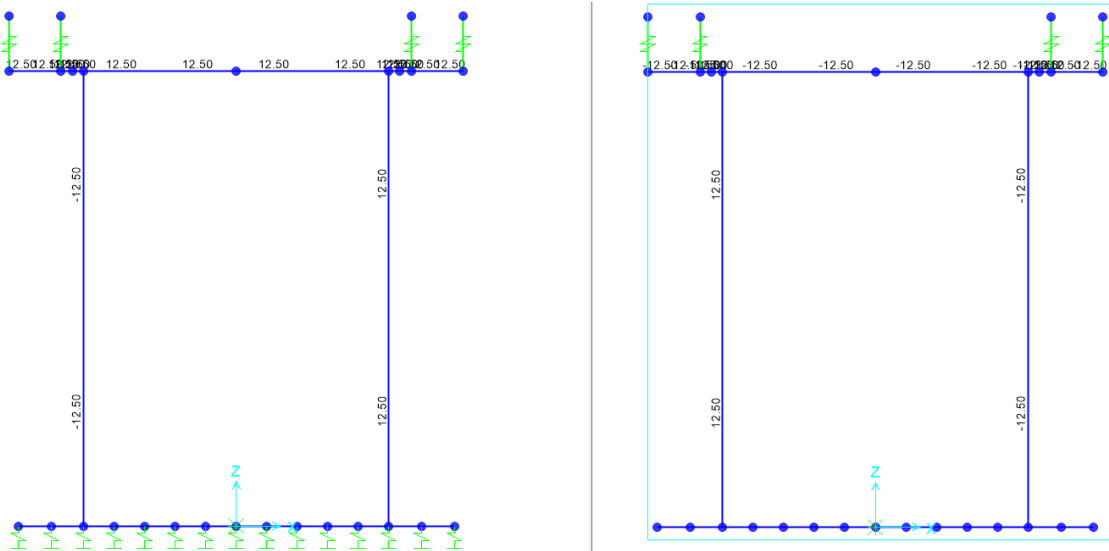


Fig. 26 – Q_Temp_Farfalla+/-: Forza termiche differenziali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.6.3 Ritiro

Si considera una variazione termica uniforme equivalente $\Delta T = -9.50^\circ\text{C}$ sulla soletta superiore. Il calcolo viene condotto secondo le indicazioni nell'EUROCODICE 2-UNI EN1992-1-1 Novembre 2005 e D.M.11-01-2018.

DATA		
Coefficiente di viscosità		
$\varphi(t,t_0)=\varphi_0*\beta_c(t,t_0)$	2.4198	creep coefficient
$\varphi_0=\varphi_{RH}*\beta(f_{cm})*\beta(t_0)$	2.4589	nominal creep coefficient
φ_{RH}	1.1559	per $f_{cm}>35$ Mpa per $f_{cm}\leq 35$ Mpa
RH	75 [%]	
$\beta(f_{cm})$	2.6563	
$\beta(t_0)$	0.8008	
h_0	1800 [mm]	
A_c	9000 [cm ²]	
u	100 [cm]	
$\beta_c(t,t_0)$	0.9841	
t	25550 [days]	
t_0	2 [days]	
$t-t_0$	25548 [days]	
β_{RH}	3339.11	FALSE per $f_{cm}>35$ Mpa per $f_{cm}\leq 35$ Mpa
β_{RH}		
α_1	0.9108	
α_2	0.9736	
α_3	0.9354	
f_{cm}	40.00 [MPa]	
f_{ck}	32.00 [MPa]	
DEFORMAZIONE TOTALE DA RITIRO		
$\epsilon_{cs}=\epsilon_{sh}+\epsilon_{cd}$	0.00032491	deformazione totale da ritiro
ϵ_{cd}	0.00026991	deformazione da ritiro per essiccamento
ϵ_{cs}	5.5E-05	deformazione da ritiro autogeno
DEFORMAZIONE DA RITIRO PER ESSICCAMENTO		
$\epsilon_{cd,inf}=\kappa_{sh}*\epsilon_{cd0}$	0.00030218	
ϵ_{cd0}	0.00043168	appendix B for ϵ_{cd0}
$\alpha_{ds,1}$		6 CLS class R
$\alpha_{ds,2}$		0.11 CLS class R
β_{RH}	0.8961	
RH_0	100 [%]	
f_{cm0}	10 [MPa]	
$\beta_{ds}(t,ts)$	0.89320235	
t	25550	
ts	2	
DEFORMAZIONE DA RITIRO AUTOGENO		
$\beta_{sa}(t)$	1	
t	25550	
$\epsilon_{cs}(\infty)$	0.000055	

$$\Delta T_{rit} = \epsilon_{cs} / [(1 + \varphi) * \alpha]$$

$$\Delta T_{rit} = -9.5^\circ\text{C}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.7 Carico del Vento

L'azione del vento, in accordo con le prescrizioni di Normativa (Capitolo 3.3 NTC2018), è stata analizzata mediante un'azione statica equivalente utilizzando le seguenti espressioni:

La pressione del vento è data dall'espressione:

$$p = q_r C_e C_p C_d$$

dove:

q_r è la pressione cinetica di riferimento

c_e è il coefficiente di esposizione

c_p è il coefficiente di pressione;

c_d è il coefficiente dinamico.

Pressione cinetica di riferimento

La pressione cinetica di riferimento q_r (in N/m²) è data dall'espressione:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho V_r^2$$

dove:

v_r è la velocità di riferimento del vento (in m/s);

ρ è la densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1,25 kg/m³

Velocità base di riferimento

La velocità base di riferimento v_b è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II, riferita ad un periodo di ritorno $T_r=50$ anni. Tale velocità è definita dalla relazione:

$$V_b = V_{b,0} * C_a$$

- $V_{b,0}$ è la velocità base di riferimento al livello del mare
- C_a è il coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$C_a = 1 \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$C_a = 1 + K_s * \left(\frac{a_s}{a_0} - 1 \right) \quad \text{per } a_0 \leq a_s \leq 1500 \text{ m}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

dove:

- a_s è l'altitudine sul livello del mare del sito ove sorge la costruzione;
- a_0 , K_s sono forniti nella seguente tabella:

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

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40
6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Velocità di riferimento

La velocità di riferimento v_r è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferita ad un periodo di ritorno T_r . Tale velocità è definita dalla relazione:

$$V_r = V_b C_r$$

dove:

- V_b è la velocità base di riferimento;
- C_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_r fornito dalla seguente relazione:

$$C_r = 0.75 \left(1 - 0.2 * \ln \left(-\ln \left(1 + \frac{1}{T_r} \right) \right) \right)^{0.5}$$

dove T_r è il periodo di ritorno espresso in anni.

L'espressione per il calcolo della velocità di riferimento del vento $V_b(T_R)$ riferita a un generico periodo di ritorno è la seguente:

$$v_b(T_R) = \alpha_R v_b$$

Dove:

- $V_b=$ è la velocità di riferimento del vento associata a un periodo di ritorno di 50 anni;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

- α_R è un coefficiente fornito dalla seguente espressione:

$$\alpha_R = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \cdot \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Nel caso in esame, essendo in zona 3, con $a_s = 155.40$ m.s.l.m., $v_{b,0} = 27$ [m/s], $a_0 = 500$ [m] e $k_s = 0.37$, per cui risulterà:

- $c_a = 1$ per $a_s < a_0$
- $V_b = V_{b,0} \cdot C_a = 27 \cdot 1 = 27$ m/s (con $T_r = 50$ anni)
- $\alpha_r = 1.02$ (con $T_R = 75$ anni)
- $V_b(T_r) = \alpha_R \cdot V_b = 1.02 \cdot 27 = 27.633$ m/s

La pressione cinetica di riferimento vale quindi:

- $q_r = 0.5 \rho \cdot V_r^2 = 477$ N/m²

Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. In assenza di analisi specifiche, ci si riferisce alla formula:

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

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

dove

k_r , z_0 , z_{\min} sono funzione della categoria di esposizione del sito;

c_t è il coefficiente di topografia.

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

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

In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata nella Fig. 3.3.2 in funzione della posizione geografica del sito e della classe di rugosità del terreno definita in Tab. 3.3.III.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Il coefficiente di topografia c_t è posto generalmente pari a 1, sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane.

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate,)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

ZONA 1,2,3,4,5						
	costa		500m		750m	
	2 km	10 km	30 km			
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 9		
	mare	costa
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

ZONA 6					
	costa		500m		
	2 km	10 km	30 km		
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONA 7,8			
	mare		costa
	1,5 km	0,5 km	
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8
 Categoria III in zona 7

Essendo la struttura in oggetto in zona 3 e classe di rugosità del terreno B, categoria di esposizione III, si determinano i seguenti parametri:

$$k_r = 0.20, z_0 = 0,10\text{m}, z_{\min} = 5.00\text{ m e } z = 13.06\text{ m} \quad (\text{Tab. 3.3.II})$$

per cui:

$$c_e = 2.31$$

Coefficiente dinamico

	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Il coefficiente dinamico tiene in conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura.

$$c_d = 1.00$$

Coefficiente di pressione c_p

Per la valutazione del coefficiente di pressione c_p , si fa riferimento alla Circolare del 21 gennaio 2019, al paragrafo C3.3.8. In particolare, il caso in esame è inquadrato nel paragrafo C3.3.8.1.1 per la faccia sopravento e sottovento e al C3.3.8.1.2 per la soletta di copertura. I valori dei coefficienti di pressione valgono quindi:

- $c_{pe} = +0.8$ per la faccia sopravento;
- $c_{pe} = -0.5$ per la faccia sottovento;
- $c_{pe} = -0.8$ per la copertura.

Si ottengono pertanto i seguenti valori di pressione e depressione:

- Pressione diretta verso l'interno applicata al piedritto: $p = q_r C_e C_p C_d = 0.48 \times 2.31 \times 0.80 \times 1.00 = 0.90 \text{ kN/m}^2$
- Pressione diretta verso l'esterno applicata al piedritto: $p = q_r C_e C_p C_d = 0.48 \times 2.31 \times (-0.50) \times 1.00 = -0.55 \text{ kN/m}^2$
- Pressione diretta verso l'esterno in copertura: $p = q_r C_e C_p C_d = 0.48 \times 2.31 \times (-0.80) \times 1.00 = -0.90 \text{ kN/m}^2$

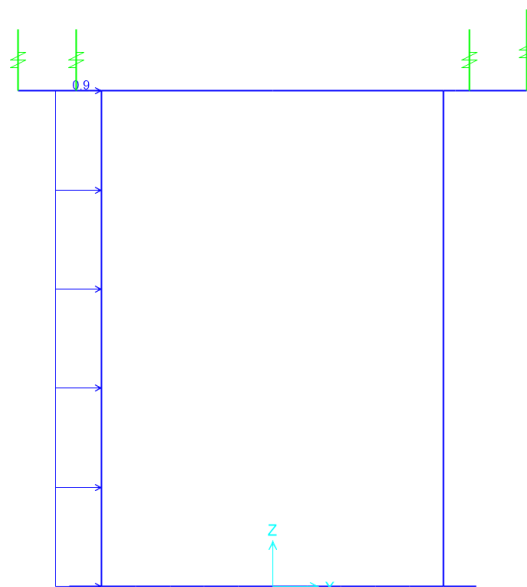


Fig. 28 – $Q_{\text{Vento Parete sopravento}}$

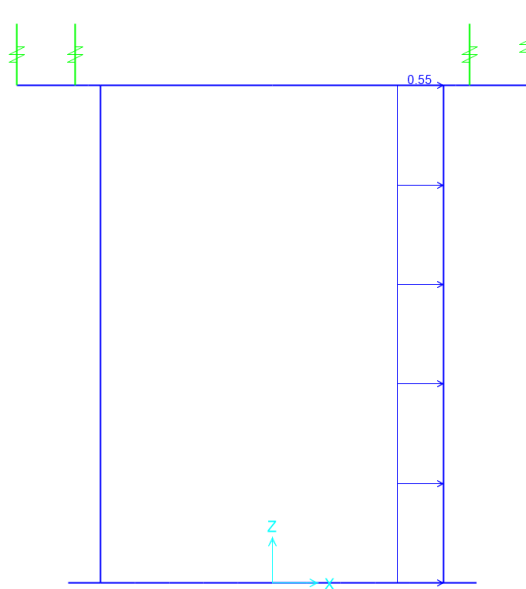


Fig. 29 – Q_Vento Parete sottovento

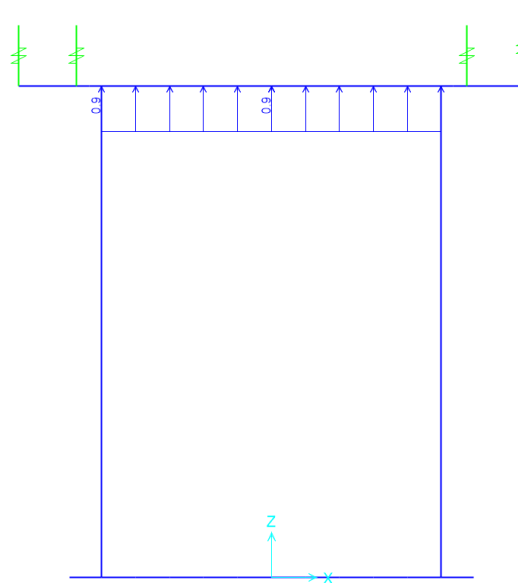


Fig. 30 – Q_Vento Soletta di copertura

	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.8 Azioni sismiche

In condizioni sismiche, il rispetto degli stati limite si considera conseguito quando:

- nei confronti degli stati limite di esercizio siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di Danno;
- nei confronti degli stati limite ultimi siano rispettate le verifiche relative allo Stato Limite di salvaguardia della Vita.

Gli stati limite, sia di esercizio sia ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni che l'opera a realizzarsi deve assolvere durante un evento sismico; nel caso di specie per la funzione che l'opera deve espletare nella sua vita utile, è significativo calcolare lo Stato Limite di Danno (SLD) per l'esercizio e lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) per lo stato limite ultimo.

Per la definizione dell'azione sismica si assumono i seguenti parametri di base:

- Categoria di suolo: E
- Categoria topografica: T1
- Vita nominale: VN = 100 anni; (tab 2.4.1);
- Classe d'uso : IV;
- Coeff. d'uso: $cu = 2.0$
- Periodo di riferimento per l'azione sismica: $VR = VN \times cu = 200$ anni

I parametri che definiscono l'azione sismica, calcolati mediante il documento excel Spettri-NTC.ver.1.0.3.xls fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, vengono di seguito riportati:

Individuazione della pericolosità sismica del sito

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione:

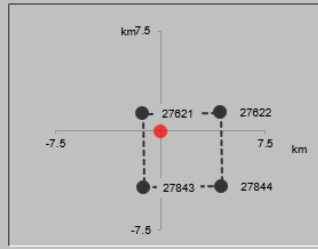
Elaborazioni grafiche

- Grafici spettri di risposta
- Variabilità dei parametri


Elaborazioni numeriche

- Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



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

Scelta della strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	120
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	201
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1898
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2475

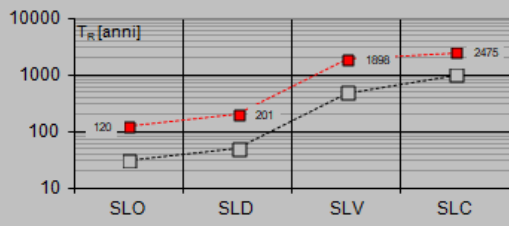
Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

LEGENDA GRAFICO

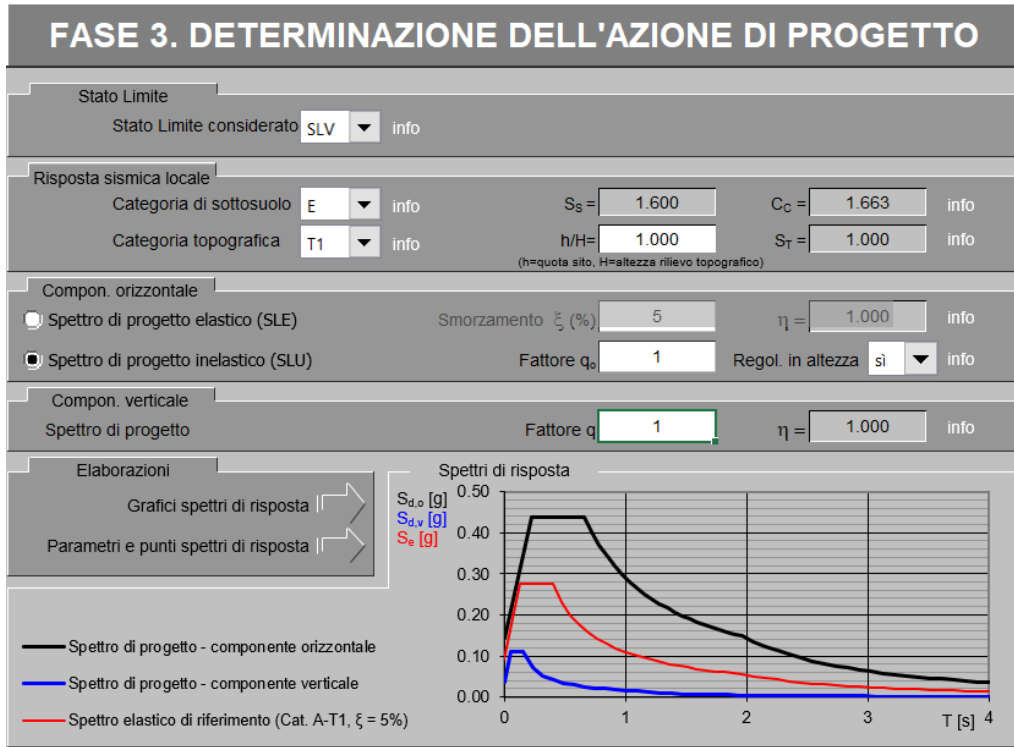
- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

Strategia di progettazione



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Determinazione dell'azione di progetto SLV



Determinazione dell'azione di progetto SLV

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.090 g
F_0	3.046
T_c	0.398 s
S_a	1.600
C_c	1.663
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.600
η	1.000
T_B	0.221 s
T_C	0.662 s
T_D	1.960 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)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_c(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_w(T)$ 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	0.144
$T_B \leftarrow$	0.221	0.439
$T_C \leftarrow$	0.662	0.439
	0.723	0.402
	0.785	0.370
	0.847	0.343
	0.909	0.320
	0.971	0.299
	1.033	0.281
	1.095	0.265
	1.156	0.251
	1.218	0.238
	1.280	0.227
	1.342	0.216
	1.404	0.207
	1.466	0.198
	1.527	0.190
	1.589	0.183
	1.651	0.176
	1.713	0.170
	1.775	0.164
	1.837	0.158
	1.899	0.153
$T_D \leftarrow$	1.960	0.148
	2.058	0.135
	2.155	0.123
	2.252	0.112
	2.349	0.103
	2.446	0.095
	2.543	0.088
	2.640	0.082
	2.737	0.076
	2.835	0.071
	2.932	0.066
	3.029	0.062
	3.126	0.058
	3.223	0.055
	3.320	0.052
	3.417	0.049
	3.514	0.046
	3.612	0.044
	3.709	0.041
	3.806	0.039
	3.903	0.037
	4.000	0.036

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lin\$LV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{sv}	0.037 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.234
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{sv}}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad \left| \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \right.$$

$$T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \right.$$

$$T_C \leq T < T_D \quad \left| \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \right.$$

$$T_D \leq T \quad \left| \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \right.$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.037
$T_B \leftarrow$	0.050	0.111
$T_C \leftarrow$	0.150	0.111
	0.235	0.071
	0.320	0.052
	0.405	0.041
	0.490	0.034
	0.575	0.029
	0.660	0.025
	0.745	0.022
	0.830	0.020
	0.915	0.018
$T_D \leftarrow$	1.000	0.017
	1.094	0.014
	1.188	0.012
	1.281	0.010
	1.375	0.009
	1.469	0.008
	1.563	0.007
	1.658	0.006
	1.750	0.005
	1.844	0.005
	1.938	0.004
	2.031	0.004
	2.125	0.004
	2.219	0.003
	2.313	0.003
	2.408	0.003
	2.500	0.003
	2.594	0.002
	2.688	0.002
	2.781	0.002
	2.875	0.002
	2.969	0.002
	3.063	0.002
	3.158	0.002
	3.250	0.002
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.908	0.001
	4.000	0.001

Determinazione dell'azione di progetto SLD

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.058 g
F_0	2.784
T_c	0.312 s
S_s	1.600
C_c	1.832
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.600
η	1.000
T_B	0.191 s
T_C	0.572 s
T_D	1.824 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)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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	0.090
T_B ←	0.191	0.250
T_C ←	0.572	0.250
	0.632	0.226
	0.691	0.207
	0.751	0.190
	0.810	0.176
	0.870	0.164
	0.930	0.154
	0.989	0.144
	1.049	0.136
	1.109	0.129
	1.168	0.122
	1.228	0.116
	1.288	0.111
	1.347	0.106
	1.407	0.102
	1.466	0.097
	1.526	0.094
	1.586	0.090
	1.645	0.087
	1.705	0.084
	1.765	0.081
T_D ←	1.824	0.078
	1.928	0.070
	2.032	0.063
	2.135	0.057
	2.239	0.052
	2.342	0.047
	2.446	0.044
	2.550	0.040
	2.653	0.037
	2.757	0.034
	2.860	0.032
	2.964	0.030
	3.068	0.028
	3.171	0.026
	3.275	0.024
	3.378	0.023
	3.482	0.021
	3.586	0.020
	3.689	0.019
	3.793	0.018
	3.896	0.017
	4.000	0.016

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato lirSLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{av}	0.018 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.000
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.890
S	1.000
η	1.000

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{av}}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

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

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.018
$T_B \leftarrow$	0.050	0.050
$T_C \leftarrow$	0.150	0.050
	0.235	0.032
	0.320	0.023
	0.405	0.018
	0.490	0.015
	0.575	0.013
	0.660	0.011
	0.745	0.010
	0.830	0.009
	0.915	0.008
$T_D \leftarrow$	1.000	0.007
	1.094	0.006
	1.188	0.005
	1.281	0.005
	1.375	0.004
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.003
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.002
	2.219	0.002
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.000
	4.000	0.000

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Per il calcolo in condizioni sismiche si utilizza il metodo dell'analisi pseudostatica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . Le forze sismiche sono pertanto:

- Forza sismica orizzontale $F_h = k_h W$
- Forza sismica verticale $F_v = k_v W$

I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v sono posti pari all'accelerazione massima degli spettri di progetto relativi allo stato limite considerato (SLV, SLD).

Stato limite	k_h	k_v
SLD	0.250	0.050
SLV	0.439	0.111
sld / slv	0.569	0.451

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

$$G_1 + G_2 + \psi_2 Q_k$$

Nel caso specifico per i carichi dovuti al transito dei veicoli stradali si assume $\psi_2 = 0$.

I carichi gravitazionali coinvolti dall'azione sismica sono:

Soletta di copertura 296 kN

Piedritti 0.80m x 25kN/mc = 20.00 kN/m

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.8.1 Forze d'inerzia orizzontali (Sisma H)

Soletta di copertura

SLD $f_h = k_h W = 0.250 \times 296 \text{ kN} = 74 \text{ kN}$

SLV $f_h = k_h W = 0.439 \times 296 \text{ kN} = 129.95 \text{ kN}$

Piedritti

SLD $f_h = k_h W = 0.250 \times 20.00 \text{ kN/m} = 5.00 \text{ kN/m}^2$

SLV $f_h = k_h W = 0.439 \times 20.00 \text{ kN/m} = 8.78 \text{ kN/m}^2$

Le forze d'inerzia orizzontali relative allo SLV sono applicate come un carico f_h uniformemente distribuito lungo lo sviluppo dell'elemento agente da sinistra verso destra.

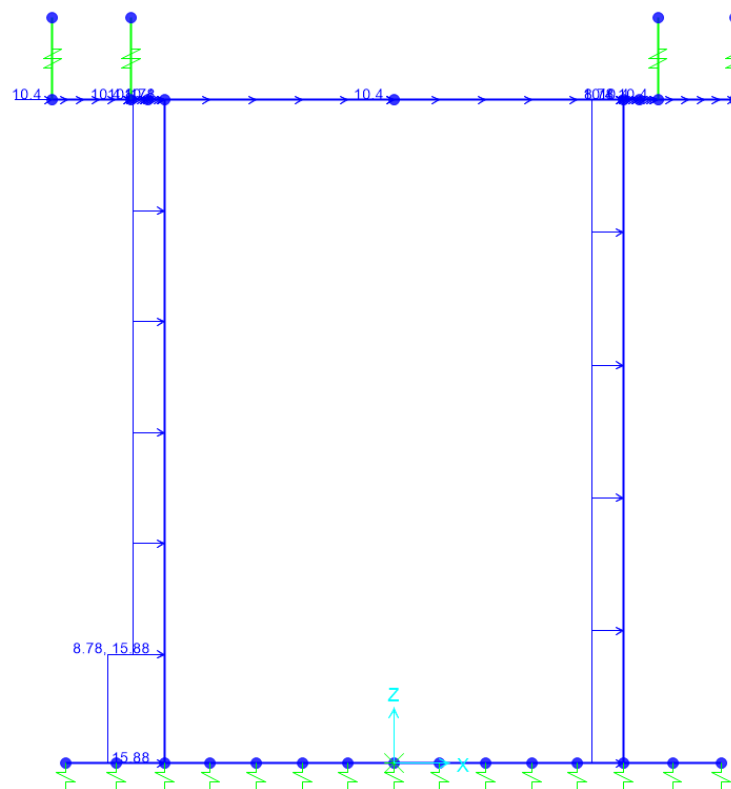


Fig. 31 – Sisma SLV – Forze inerziali e incremento si spinta del terreno alla Wood

7.8.2 Forze d'inerzia verticali (Sisma V)

Soletta di copertura

$$\text{SLD} \quad f_v = k_v W = 0.050 \times 32.2 \text{ kN/m} = 1.61 \text{ kN/m}$$

$$\text{SLV} \quad f_v = k_v W = 0.111 \times 23.68 \text{ kN/m} = 2.62 \text{ kN/m}$$

Piedritti

$$\text{SLD} \quad f_v = k_v W = 0.050 \times 20.00 \text{ kN/m} = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{SLV} \quad f_v = k_v W = 0.111 \times 20.00 \text{ kN/m} = 2.22 \text{ kN/m}^2$$

Le forze d'inerzia verticali relative allo SLV sono applicate come un carico f_v uniformemente distribuito lungo lo sviluppo dell'elemento agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

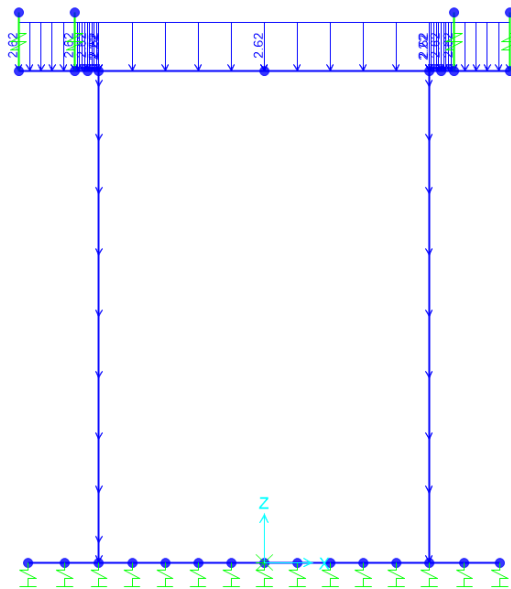


Fig. 32 – Sisma SLV_Z – Forze inerziali verticali

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

7.9 Veicoli in svio

I sicurvia e gli elementi strutturali a cui sono collegati devono essere dimensionati per una forza orizzontale trasversale non inferiore a 100 kN. Si ipotizza questa forza ripartita su 3 montanti del sicurvia posti ad una distanza di 1.5m e con una ripartizione 25 – 50 – 25. Quindi si applica una forza di 50 kN.

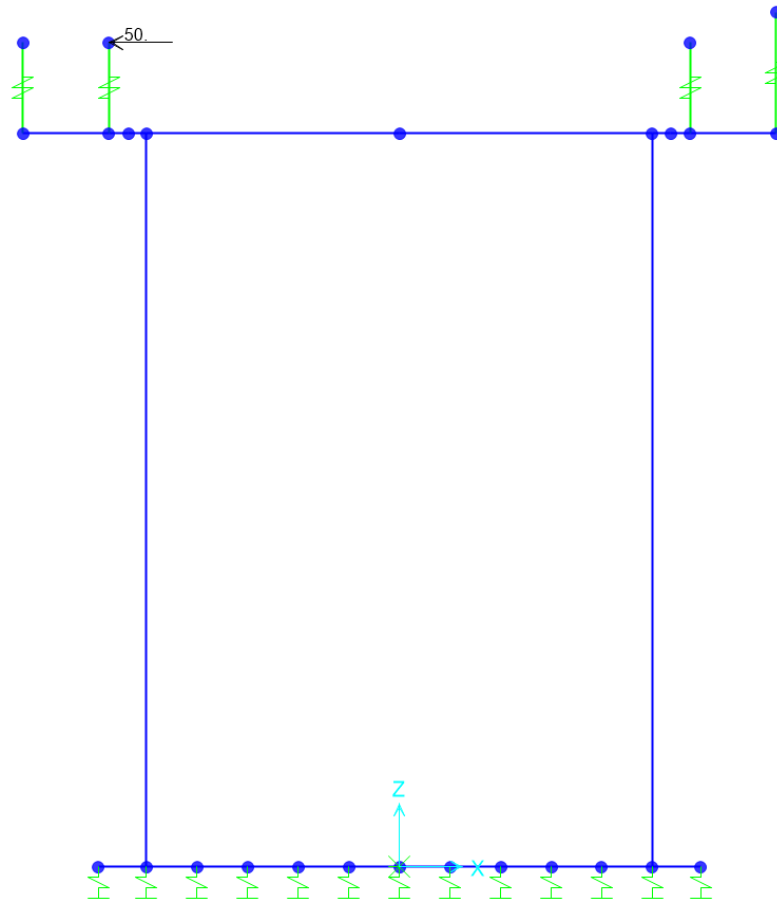


Fig. 33– Q_Svio

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

8. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto ai capp. 2 e 5 del DM 17/01/2018.

Gli stati limite ultimi analizzati si riferiscono al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera ed allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno.

Le verifiche agli stati limite ultimi devono essere eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno;
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Le verifiche della fondazione possono essere condotte secondo l'approccio progettuale "Approccio 1", utilizzando i coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 5.1.V delle NTC per i parametri geotecnici e le azioni.

- combinazione 1 → $(A1+M1+R1)$ → generalmente dimensionante per STR
- combinazione 2 → $(A2+M2+R2)$ → generalmente dimensionante per GEO (carico limite)

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{STR)} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d = \Phi_k)$$

$$\text{GEO)} \Rightarrow \gamma_{G1} \cdot G1 + \gamma_{G2} \cdot G2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d = \tan^{-1}(\tan \Phi_k / \gamma_\phi))$$

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio si definiscono le seguenti combinazioni:

$$\text{Rara)} \Rightarrow G1 + G2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \quad \text{controllo tensioni cls / acc}$$

$$\text{Frequente)} \Rightarrow G1 + G2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \text{controllo apertura fessure}$$

$$\text{Quasi permanente)} \Rightarrow G1 + G2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \text{controllo tensioni cls}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Per la condizione sismica, le combinazioni per gli stati limite da prendere in considerazione sono le seguenti:

$$\text{STR}) \quad \Rightarrow \quad E+G1+G2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow (\Phi_d = \Phi_k)$$

$$\text{GEO}) \quad \Rightarrow \quad E+G1+G2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \quad \Rightarrow (\text{spinte } \Phi_d = \tan^{-1}(\tan \Phi_k / \gamma_\Phi))$$

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

$$G1+G2+\sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$$

I valori del coefficiente ψ_{2i} sono quelli riportati nella tabella 2.5.I della norma; la stessa propone nel caso di ponti, di assumere per i carichi dovuti al transito dei mezzi $\psi_{2i} = 0.2$ solo quando rilevanti.

Nel caso in esame si è posto $\Psi_2 = 0$.

Le condizioni elementari di carico, riportate nella tabella sottostante, sono state combinate in modo da determinare gli effetti più gravosi per la struttura.

Dead	Peso proprio
G2_Impianti	Peso impianti
G2_Parapetto	Peso parapetto
G2_Pavimentazione	Peso pavimentazione
G2_Sicurvia	Peso sicurvia
G2_Veletta	Peso veletta
G2_Sovraccarico pendenze	Peso sovraccarico pendenze
G3_Spinta terreno in DX	Spinte del terreno k0
G3_Spinta terreno in SX	Spinte del terreno k0
G3_Spinta terreno verticale	Spinta del terreno verticale
Q_Ritiro	Ritiro del calcestruzzo
Q_Svio	Svio dei veicolo
Q_Temp_Farfalla +	Variazione termica a farfalla +
Q_Temp_Farfalla -	Variazione termica a farfalla -
Q_Temp_Uni +	Variazione termica uniforme +
Q_Temp_Uni -	Variazione termica uniforme -
Q_tr_frenatura	Q Frenatura
Q_tr_Fcentr	Q centrifuga

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Q_tr_S1_C1_distr	Carico distribuito scheme 1 corsia 1
Q_tr_S1_C1_Ruota_INC_distr	Carico distribuito scheme 1 corsia 1 Incastro
Q_tr_S1_C1	Carico tandem scheme 1 corsia 1
Q_tr_S1_C1_Ruota_INC	Carico tandem scheme 1 corsia 1 Incastro
Q_tr_S1_C2_distr	Carico distribuito scheme 1 corsia 2
Q_tr_S1_C2_Ruota_INC_distr	Carico distribuito scheme 1 corsia 2 Incastro
Q_tr_S1_C2	Carico tandem scheme 1 corsia 2
Q_tr_S1_C2_Ruota_INC	Carico tandem scheme 1 corsia 2 Incastro
Q_tr_S1_C3_distr	Carico distribuito scheme 1 corsia 3
Q_tr_S1_C3_Ruota_INC_distr	Carico distribuito scheme 1 corsia 3 Incastro
Q_tr_S1_C3	Carico tandem scheme 1 corsia 3
Q_tr_S1_C3_Ruota_INC	Carico tandem scheme 1 corsia 3 Incastro
Q_tr_S2	Carico tandem scheme 2
Q_tr_S2_INC	Carico tandem scheme 2 Incastro
Q_tr_S5_folla	Schema di carico 5 - Folla
Q_Vento_Parete_Sopravento	Vento parete sopravento
Q_Vento_Parete_Sottovento	Vento parete sottovento
Q_Vento_Soletta	Vento soletta
Q_Vento_Veicoli	Vento veicoli

Tabella 1 - Condizioni elementari di carico definite nel modello di calcolo

Si riportano in par. 10.14 i coefficienti parziali utilizzati nelle combinazioni agli SLU, agli SLE ed agli SLV e sisma, relativamente scelti in accordo con le tabelle 5.1.IV, 5.1.V, 5.1.VI delle NTC2018 e MdP RFI 2016.

9. RISULTATI DELLE ANALISI

Si riportano di seguito una sintesi dei risultati delle analisi espressi in forma tabellare delle sollecitazioni lungo gli elementi.

La convenzione adottata per i segni delle sollecitazioni prevede che

$N < 0$ compressione

$M > 0$ fibre tese sul lato interno allo scatolare

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	58 di 152

Le unità di misura adottate sono

Momenti kNm

Forze kN

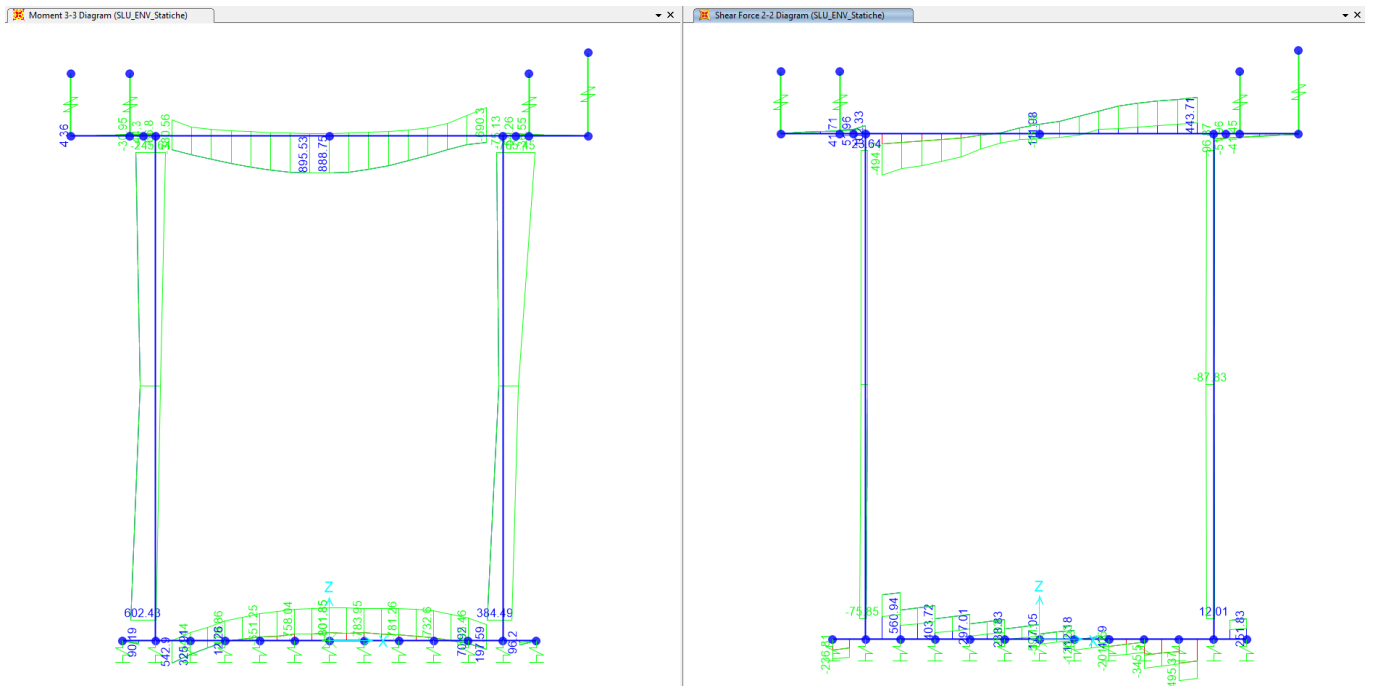


Fig. 34 – Involuppo SLU_Static (Stati Limite Ultimi – involucro) – Momenti Flettenti/ Sforzo di taglio

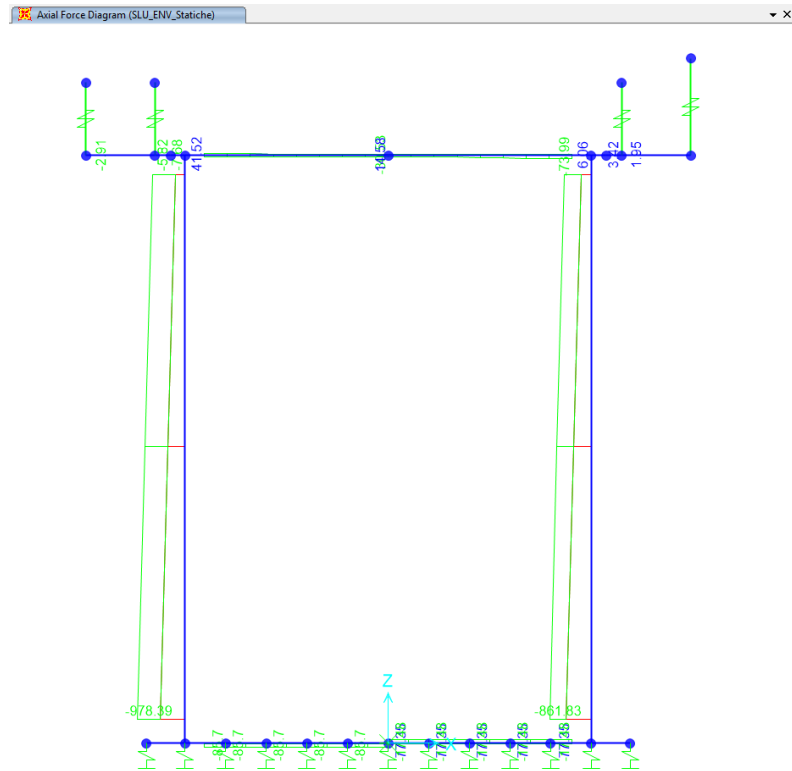


Fig. 35 – Involuppo SLU_Static (Stati Limite Ultimi – involucro) – Sforzo Normale

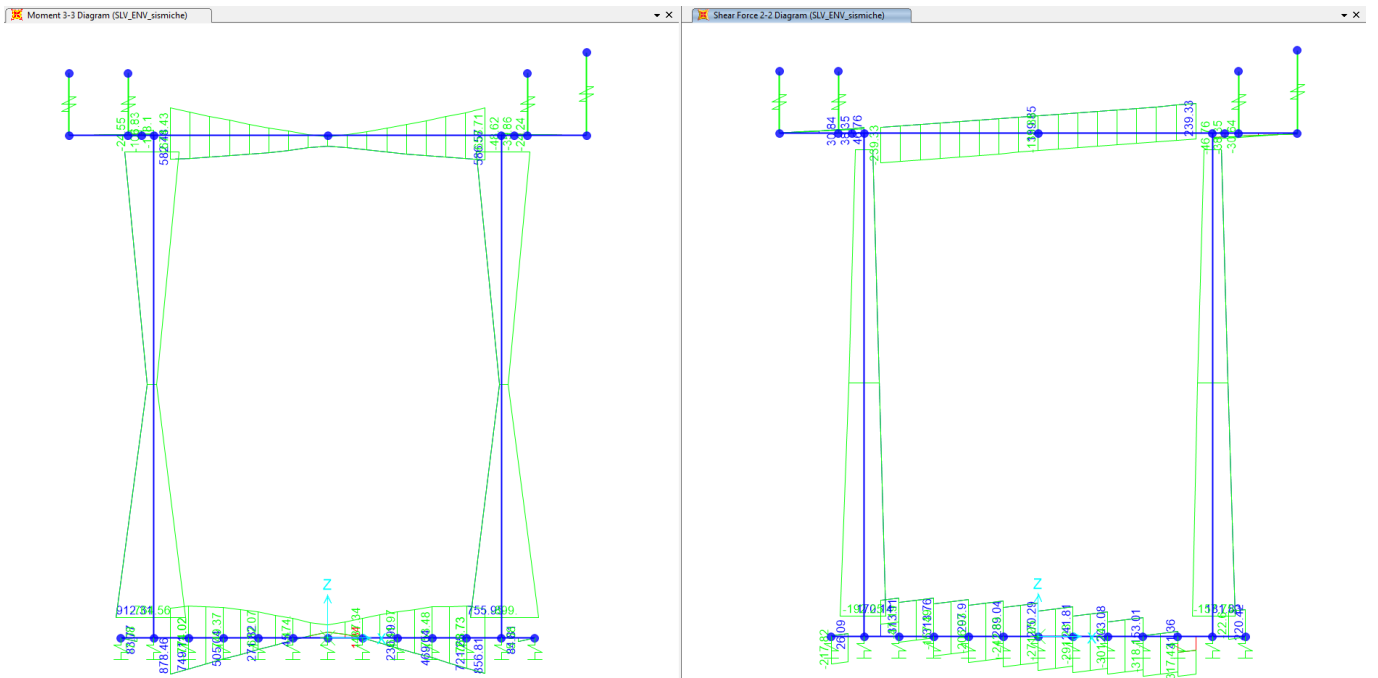


Fig. 36 – Involuppo SLV_Sismic (Stati Limite Salvaguardia della Vita- involucro) – Momenti Flettenti/ Sforzo di taglio

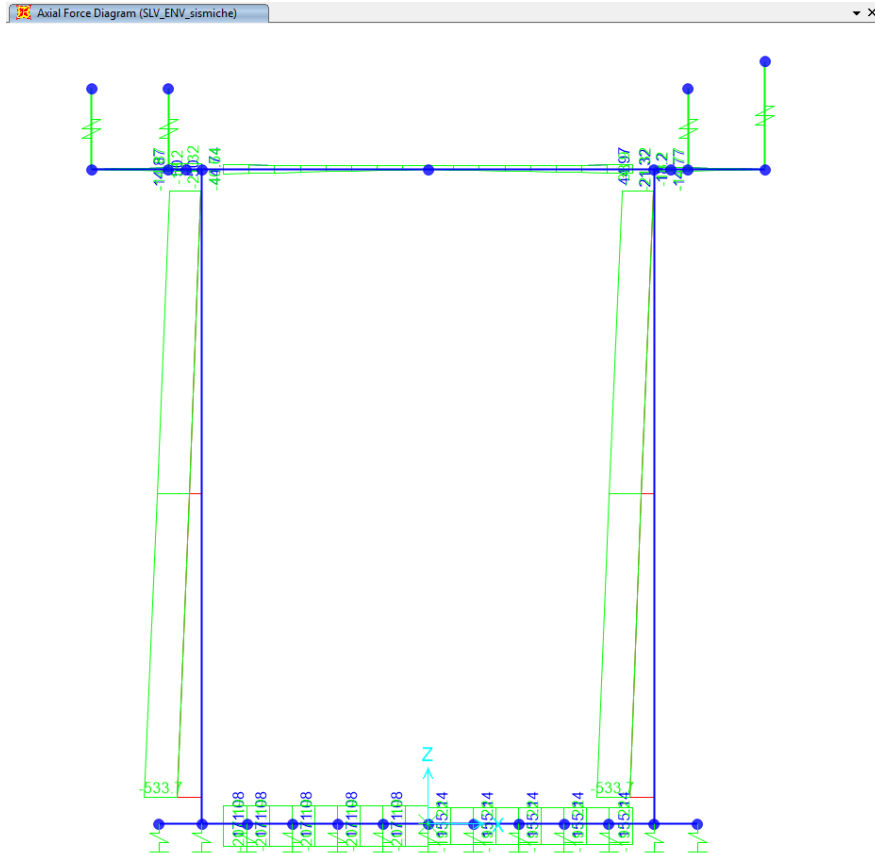


Fig. 37 – Involuppo SLV_Sismic(Stati Limite Salvaguardia della Vita - involucro) – Sforzo Normale

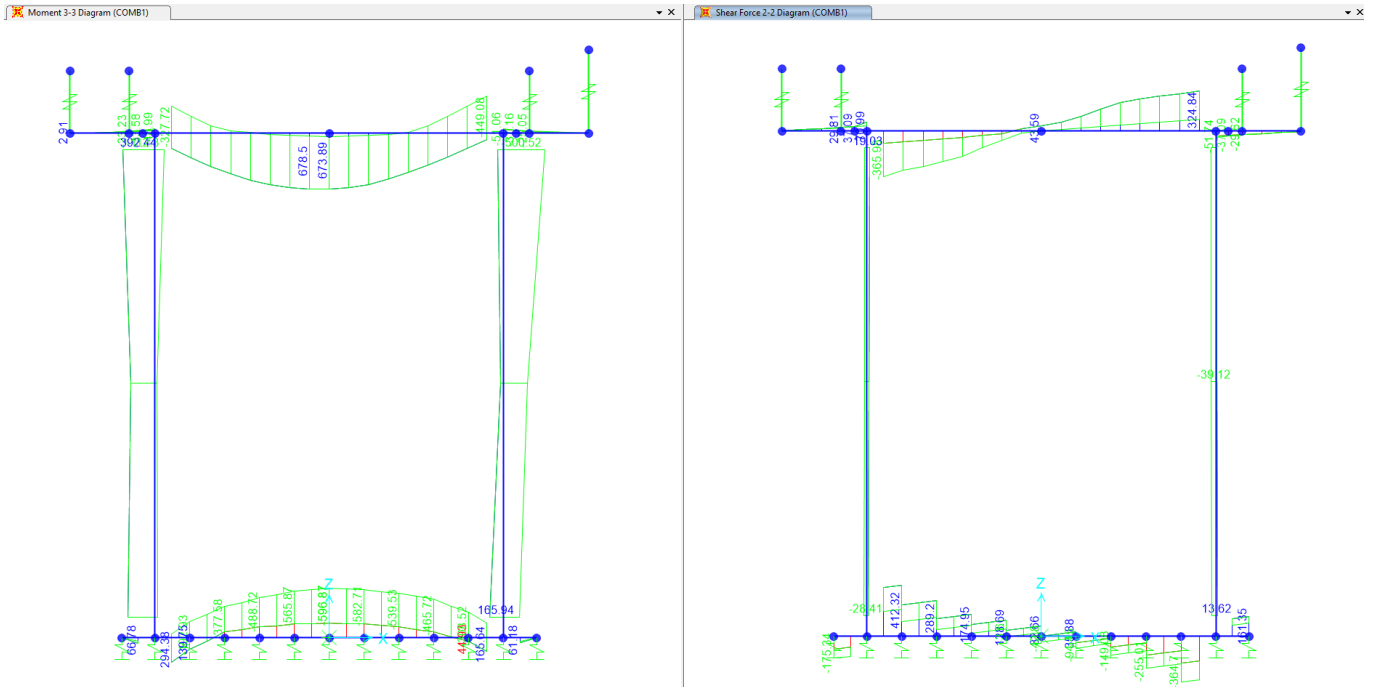


Fig. 38 – Involuppo SLE (Stati Limite di Esercizio - involucro)– Momento Flettente/ Sforzo di Taglio

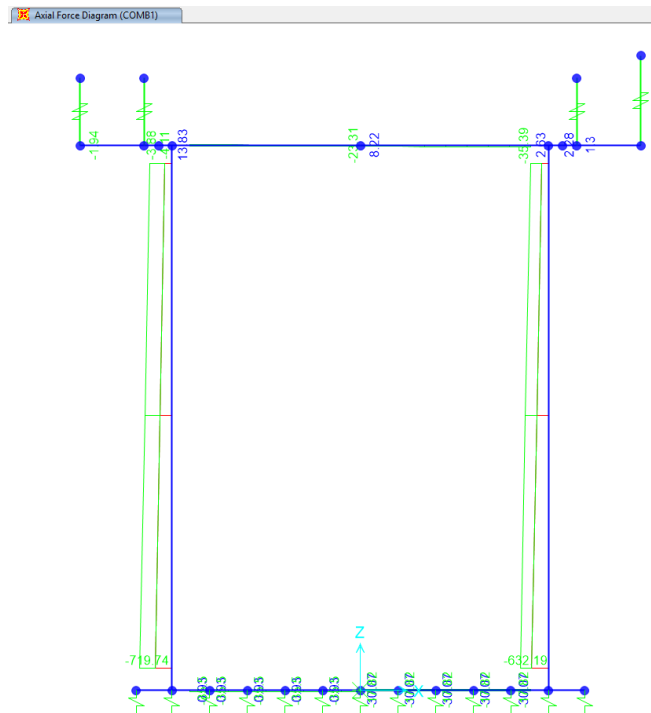


Fig. 39 – Involuppo SLE – Sforzo Normale

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

9.1 Sollecitazioni soletta superiore – Incastro (S1)

9.1.1 SLU

Statiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	38	3.8	SLU_GR_2B_S1_5	-73.993	443.71	-690.302
Nmax	37	0.4	SLU_GR_2B_S1_4	41.522	-293.392	324.9228
Mmin	38	3.8	SLU_GR_2B_S1_5	-73.993	443.71	-690.302
Mmax	37	0.4	SLU_GR_2B_S1_4	41.522	-293.392	324.9228
Vmin	37	0.4	SLU_GR_1_s1_10	-22.879	-494.197	-278.877
Vmax	38	3.8	SLU_GR_2B_S1_5	-73.993	443.71	-690.302

Sismiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	37	0.4	SLV_5	-40.637	-239.33	-674.432
Nmax	38	3.8	SLV_6	44.971	-46.335	586.5653
Mmin	37	0.4	SLV_5	-40.637	-239.33	-674.432
Mmax	38	3.8	SLV_6	44.971	-46.335	586.5653
Vmin	37	0.4	SLV_5	-40.637	-239.33	-674.432
Vmax	38	3.8	SLV_1	-34.3	239.333	-480.371

9.1.2 SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanenti

SLE_RR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	38	3.8	SLERR_GR_1_S1_5	-25.044	324.836	-334.424
Nmax	38	3.8	SLERR_GR_1_S1_38	3.16	98.002	-38.9545
Mmin	38	3.8	SLERR_GR_1_S1_25	-23.487	263.104	-380.019
Mmax	37	0.4	SLERR_GR_1_S1_29	2.03	-288.901	140.1526
Vmin	37	0.4	SLERR_GR_1_S1_10	-17.906	-365.983	-220.42
Vmax	38	3.8	SLERR_GR_1_S1_5	-25.044	324.836	-334.424

SLE_FR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	38	3.8	SLEFR_GR_2B_S1_25	-35.392	282.978	-449.076
Nmax	37	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_24	13.83	-260.831	182.7852
Mmin	38	3.8	SLEFR_GR_2B_S1_25	-35.392	282.978	-449.076
Mmax	37	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_24	13.83	-260.831	182.7852
Vmin	37	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_26	-4.094	-295.395	84.653
Vmax	38	3.8	SLEFR_GR_2B_S1_1	-25.106	288.527	-151.488

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

SLE_QP	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	37	0.4	SLEQP_GR_1_S1_10	-1.553	-96.466	-142.262
Nmax	37	0.4	SLEQP_GR_1_S1_4	8.222	-96.466	68.3974
Mmin	38	3.8	SLEQP_GR_1_S1_10	-1.553	96.529	-142.5
Mmax	37	0.4	SLEQP_GR_1_S1_4	8.222	-96.466	68.3974
Vmin	37	0.4	SLEQP_GR_1_S1_5	-1.553	-96.466	-142.262
Vmax	38	3.8	SLEQP_GR_1_S1_2	1.241	96.529	-127.565

9.2 Sollecitazioni soletta superiore – Mezzeria (S2)

9.2.1 SLU

Statiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	38	0	SLU_GR_1_s1_5	-30.53	30.199	585.4043
Nmax	38	0	SLU_GR_1_S2_24	14.577	12.527	447.3153
Mmin	38	0	SLU_GR_1_S2_25	-8.885	12.527	-58.2667
Mmax	38	0	SLU_GR_1_s1_4	-16.453	30.199	888.7534
Vmin	38	0	SLU_GR_1_S2_9	1.469	-55.164	525.7074
Vmax	38	0	SLU_GR_2B_S1_3	-13.142	111.98	553.574

Sismiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	38	0	SLV_5	-1.117	-139.845	46.0007
Nmax	38	0	SVIO_1	32.692	-42.753	219.9728
Mmin	38	0	SLV_7	0.363	41.956	40.5742
Mmax	38	0	SLV_4	8.915	-41.953	266.4672
Vmin	38	0	SLV_6	5.451	-139.845	232.8232
Vmax	38	0	SLV_1	5.22	139.848	240.0731

9.2.2 SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	64 di 152

SLE_RR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	38	0	SLERR_GR_1_S1_5	-23.312	21.445	421.0994
Nmax	38	0	SLERR_GR_1_S1_38	3.16	1.505	150.1082
Mmin	38	0	SLERR_GR_1_S1_38	3.16	1.505	150.1082
Mmax	38	0	SLERR_GR_1_S1_4	-11.581	21.445	673.8904
Vmin	38	0	SLERR_GR_1_S1_38	3.16	1.505	150.1082
Vmax	38	0	SLERR_GR_1_S1_9	-7.908	36.684	602.1274

SLE_FR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	38	0	SLEFR_GR_2A_S1_25	-20.556	12.621	222.7192
Nmax	38	0	SLEFR_GR_2A_S1_29	1.495	23.122	595.6306
Mmin	38	0	SLEFR_GR_2A_S1_30	-18.057	23.122	174.3123
Mmax	38	0	SLEFR_GR_2A_S1_24	-1.005	12.621	644.0375
Vmin	38	0	SLEFR_GR_2A_S1_24	-1.005	12.621	644.0375
Vmax	38	0	SLEFR_GR_2B_S1_1	-9.116	43.593	541.3912

SLE_QP	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	38	0	SLEQP_GR_1_S1_10	-1.553	0.031	40.9645
Nmax	38	0	SLEQP_GR_1_S1_4	8.222	0.031	251.6236
Mmin	38	0	SLEQP_GR_1_S1_10	-1.553	0.031	40.9645
Mmax	38	0	SLEQP_GR_1_S1_4	8.222	0.031	251.6236
Vmin	38	0	SLEQP_GR_1_S1_1	5.428	0.031	236.6889

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

9.3 Sollecitazioni Piedritto –Incastro (S3)

9.3.1 SLU

Statiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	43	0.4	SLU_GR_1_s1_10	-674.464	18.588	415.6825
Nmax	43	0.4	SLU_GR_1_S2_24	-205.249	-21.468	-245.64
Mmin	39	0.4	SLU_GR_2B_S1_5	-550.899	-85.55	-765.45
Mmax	43	0.4	SLU_GR_1_s1_25	-507.593	21.076	470.187
Vmin	39	0.4	SLU_GR_2B_S1_5	-550.899	-85.55	-765.45
Vmax	43	0.4	SLU_GR_1_s1_5	-622.873	23.64	454.7382

Sismiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	39	0.4	SLV_1	-301.066	-63.292	-508.814
Nmax	43	0.4	SLV_2	-11.011	-69.132	-435.204
Mmin	39	0.4	SLV_2	-290.708	-67.892	-686.104
Mmax	43	0.4	SLV_5	-301.063	69.629	700.3528
Vmin	43	0.4	SLV_1	-21.369	-73.732	-612.494
Vmax	39	0.4	SLV_6	-11.014	73.963	615.7149

9.3.2 SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente

SLE_RR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	43	0.4	SLERR_GR_1_S1_10	-494.603	15.045	326.6241
Nmax	39	0.4	SLERR_GR_1_S1_38	-157.543	3.16	-38.3322
Mmin	39	0.4	SLERR_GR_1_S1_25	-339.042	-25.282	-432.46
Mmax	43	0.4	SLERR_GR_1_S1_25	-372.346	17.16	375.0867
Vmin	39	0.4	SLERR_GR_1_S1_5	-407.057	-26.84	-411.249
Vmax	43	0.4	SLERR_GR_1_S1_5	-457.036	18.718	355.0993

SLE_FR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	43	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_26	-407.821	3.247	-9.0928
Nmax	39	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_26	-310.213	-4.586	3.3544
Mmin	39	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_25	-362.198	-38.616	-500.525
Mmax	43	0.4	SLEFR_GR_2A_S1_25	-381.176	19.025	392.4405
Vmin	39	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_25	-362.198	-38.616	-500.525
Vmax	43	0.4	SLEFR_GR_2A_S1_25	-381.176	19.025	392.4405

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

SLE_QP	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	39	0.4	SLEQP_GR_1_S1_10	-156.07	-1.553	-139.403
Nmax	43	0.4	SLEQP_GR_1_S1_10	-156.007	1.553	139.1537
Mmin	39	0.4	SLEQP_GR_1_S1_10	-156.07	-1.553	-139.403
Mmax	43	0.4	SLEQP_GR_1_S1_10	-156.007	1.553	139.1537
Vmin	43	0.4	SLEQP_GR_1_S1_4	-156.007	-8.222	-67.5952

9.4 Sollecitazioni Piedritto –Spiccato (S4)

9.4.1 SLU

Statiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	43	11.66	SLU_GR_1_s1_10	-978.394	-2.581	263.2321
Nmax	43	11.66	SLU_GR_1_S2_22	-509.179	-25.881	327.3087
Mmin	39	11.66	SLU_GR_1_S2_22	-534.232	-4.741	-202.776
Mmax	43	11.66	SLU_GR_2B_S1_2	-725.72	-65.793	602.4336
Vmin	39	11.66	SLU_GR_2B_S1_5	-854.829	-82.82	219.8698
Vmax	39	11.66	SLU_GR_1_S2_29	-534.232	12.015	71.5932

Sismiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	39	11.66	SLV_1	-533.698	-153.154	755.9463
Nmax	43	11.66	SLV_2	-228.645	-187.645	912.3082
Mmin	39	11.66	SLV_5	-254.004	175.257	-899.003
Mmax	43	11.66	SLV_2	-228.645	-187.645	912.3082
Vmin	43	11.66	SLV_1	-254.001	-192.245	786.8183
Vmax	39	11.66	SLV_6	-228.648	181.826	-778.204

9.4.2 SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente

SLE_RR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	43	11.66	SLERR_GR_1_S1_7	-719.736	-3.321	216.7435
Nmax	39	11.66	SLERR_GR_1_S1_38	-382.676	8.56	-76.6153
Mmin	39	11.66	SLERR_GR_1_S1_22	-564.176	-17.333	-168.663
Mmax	43	11.66	SLERR_GR_1_S1_27	-623.179	-4.823	257.2243
Vmin	39	11.66	SLERR_GR_1_S1_5	-632.19	-24.48	-94.6196
Vmax	39	11.66	SLERR_GR_1_S1_38	-382.676	8.56	-76.6153

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	67 di 152

SLE_FR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	43	11.66	SLEFR_GR_2B_S1_26	-632.955	-7.758	-29.8665
Nmax	39	11.66	SLEFR_GR_2B_S1_26	-535.347	-0.199	57.997
Mmin	39	11.66	SLEFR_GR_2A_S1_22	-561.908	-11.757	-196.869
Mmax	43	11.66	SLEFR_GR_2B_S1_22	-580.886	-14.452	328.1712
Vmin	39	11.66	SLEFR_GR_2B_S1_25	-587.331	-34.23	-62.6995
Vmax	43	11.66	SLEFR_GR_2A_S1_25	-606.309	8.021	194.0015

SLE_QP	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	39	11.66	SLEQP_GR_1_S1_7	-381.203	6.641	-142.259
Nmax	43	11.66	SLEQP_GR_1_S1_2	-381.14	-10.241	143.8095
Mmin	39	11.66	SLEQP_GR_1_S1_2	-381.203	6.641	-142.259
Mmax	43	11.66	SLEQP_GR_1_S1_2	-381.14	-10.241	143.8095
Vmin	43	11.66	SLEQP_GR_1_S1_4	-381.14	-17.222	29.489
Vmax	39	11.66	SLEQP_GR_1_S1_4	-381.203	13.622	-27.9382

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

9.5 Sollecitazioni Piedritto –Mezzeria (S5)

9.5.1 SLU

Statiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	43	6.03	SLU_GR_1_s1_10	-826.429	14.079	323.7252
Nmax	43	6.03	SLU_GR_1_S2_22	-357.214	-9.222	256.6203
Mmin	39	6.03	SLU_GR_2A_S1_22	-617.061	-28.832	-367.689
Mmax	43	6.03	SLU_GR_2B_S1_22	-625.237	-12.933	373.973
Vmin	39	6.03	SLU_GR_2B_S1_5	-702.864	-87.83	-277.386
Vmax	43	6.03	SLU_GR_1_s1_5	-774.838	19.13	334.3408

Sismiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	39	6.03	SLV_1	-417.382	-112.723	-13.3334
Nmax	43	6.03	SLV_2	-119.828	-118.564	93.1587
Mmin	39	6.03	SLV_2	-399.525	-117.323	-164.723
Mmax	43	6.03	SLV_5	-417.379	119.061	169.1898
Vmin	43	6.03	SLV_1	-137.685	-123.164	-58.231
Vmax	39	6.03	SLV_6	-119.831	123.394	60.1548

9.5.2 SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente

SLE_RR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	43	6.03	SLERR_GR_1_S1_7	-607.17	8.686	252.6805
Nmax	39	6.03	SLERR_GR_1_S1_38	-270.11	3.16	-56.1237
Mmin	39	6.03	SLERR_GR_1_S1_22	-451.609	-21.213	-289.674
Mmax	43	6.03	SLERR_GR_1_S1_22	-484.913	8.565	290.7672
Vmin	39	6.03	SLERR_GR_1_S1_5	-519.623	-28.36	-255.864
Vmax	43	6.03	SLERR_GR_1_S1_5	-569.602	15.712	258.1803

SLE_FR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	43	6.03	SLEFR_GR_2B_S1_26	-520.388	2.245	-24.5507
Nmax	39	6.03	SLEFR_GR_2B_S1_26	-422.78	-5.093	30.5993
Mmin	39	6.03	SLEFR_GR_2A_S1_22	-449.342	-16.65	-289.337
Mmax	43	6.03	SLEFR_GR_2B_S1_22	-468.32	-4.45	295.7983
Vmin	39	6.03	SLEFR_GR_2B_S1_25	-474.765	-39.123	-281.689
Vmax	43	6.03	SLEFR_GR_2A_S1_25	-493.743	18.023	288.15

SLE_QP	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	39	6.03	SLEQP_GR_1_S1_7	-268.636	1.241	-132.572
Nmax	43	6.03	SLEQP_GR_1_S1_7	-268.574	-1.241	132.3231
Mmin	39	6.03	SLEQP_GR_1_S1_7	-268.636	1.241	-132.572
Mmax	43	6.03	SLEQP_GR_1_S1_2	-268.574	-1.241	132.3231
Vmin	43	6.03	SLEQP_GR_1_S1_4	-268.574	-8.222	-21.3031
Vmax	39	6.03	SLEQP_GR_1_S1_9	-268.636	8.222	21.0538

9.6 Sollecitazioni soletta inferiore –incastro (S6)

9.6.1 SLU

Statiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	2	0.4	SLU_GR_2B_S1_4	-85.697	473.841	389.2215
Nmax	16	0.44	SLU_GR_2B_S1_5	77.353	-385.562	-229.524
Mmin	16	0.44	SLU_GR_2B_S1_1	67.299	-378.855	-383.207
Mmax	2	0.4	SLU_GR_2B_S1_2	-75.643	480.548	542.9038
Vmin	16	0.44	SLU_GR_1_s1_2	23.601	-470.126	91.6601
Vmax	2	0.4	SLU_GR_1_s1_7	-16.362	535.7	251.6431

Sismiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	2	0.4	SLV_1	-207.185	294.415	757.8106
Nmax	2	0.4	SLV_5	171.082	122.13	-613.785
Mmin	2	0.4	SLV_6	164.514	102.229	-724.925
Mmax	2	0.4	SLV_2	-202.585	284.63	878.457
Vmin	16	0.44	SLV_5	-186.647	-298.736	856.8055
Vmax	2	0.4	SLV_1	-207.185	294.415	757.8106

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

9.6.2 SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente

SLE_RR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	2	0.4	SLERR_GR_1_S1_19	-29.662	339.621	89.1728
Nmax	16	0.44	SLERR_GR_1_S1_5	20.415	-345.04	57.8186
Mmin	16	0.44	SLERR_GR_1_S1_21	4.894	-296.491	-110.798
Mmax	2	0.4	SLERR_GR_1_S1_27	-12.09	344.169	233.3682
Vmin	16	0.44	SLERR_GR_1_S1_2	17.062	-346.001	79.8255
Vmax	2	0.4	SLERR_GR_1_S1_7	-10.588	393.619	189.7675

SLE_FR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	2	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_24	-35.504	332.775	80.9326
Nmax	16	0.44	SLEFR_GR_2B_S1_25	30.075	-302.366	37.9849
Mmin	16	0.44	SLEFR_GR_2B_S1_21	16.112	-293.052	-175.463
Mmax	2	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_22	-21.541	342.09	294.3803
Vmin	16	0.44	SLEFR_GR_2A_S1_22	7.602	-312.197	165.6428
Vmax	2	0.4	SLEFR_GR_2B_S1_27	-6.039	343.228	208.3002

SLE_QP	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	2	0.4	SLEQP_GR_1_S1_9	-24.222	199.381	35.328
Nmax	16	0.44	SLEQP_GR_1_S1_10	-8.047	-202.617	120.2116
Mmin	16	0.44	SLEQP_GR_1_S1_1	-15.028	-197.96	13.4877
Mmax	2	0.4	SLEQP_GR_1_S1_7	-17.241	204.038	142.0518
Vmin	16	0.44	SLEQP_GR_1_S1_2	-10.841	-203.417	138.5507
Vmax	2	0.4	SLEQP_GR_1_S1_7	-17.241	204.038	142.0518

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

9.7 Sollecitazioni soletta inferiore –Mezzeria (S7)

9.7.1 SLU

Statiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	6	0.84	SLU_GR_2B_S1_4	-85.697	175.864	-667.948
Nmax	7	0	SLU_GR_2B_S1_5	77.353	62.812	-554.608
Mmin	6	0.84	SLU_GR_1_s1_1	-17.433	76.251	-801.849
Mmax	6	0	SLU_GR_1_S2_22	-35.732	16.24	-157.827
Vmin	7	0	SLU_GR_2B_S1_20	-5.4	-59.108	-400.962
Vmax	6	0.84	SLU_GR_2B_S1_2	-75.643	177.049	-531.091

Sismiche	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	6	0.84	SLV_1	-207.185	270.289	-299.504
Nmax	6	0.84	SLV_5	171.082	-205.008	-211.348
Mmin	7	0.84	SLV_1	150.544	241.466	-487.344
Mmax	6	0	SLV_2	-202.585	234.255	45.0009
Vmin	7	0	SLV_5	-186.647	-271.052	-211.348
Vmax	6	0.84	SLV_1	-207.185	270.289	-299.504

9.7.2 SLE Rara/ Frequente/Quasi Permanente

SLE_RR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	6	0.84	SLERR_GR_1_S1_19	-29.662	58.113	-488.127
Nmax	7	0	SLERR_GR_1_S1_5	20.415	-35.697	-482.824
Mmin	6	0.84	SLERR_GR_1_S1_1	-11.94	54.753	-596.871
Mmax	7	0	SLERR_GR_1_S1_1	12.037	-34.71	-596.871
Vmin	7	0	SLERR_GR_1_S1_7	13.389	-39.48	-452.988
Vmax	6	0.84	SLERR_GR_1_S1_12	-18.785	61.445	-381.043

SLE_FR	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	6	0.84	SLEFR_GR_2B_S1_24	-35.504	74.143	-529.984
Nmax	7	0	SLEFR_GR_2B_S1_25	30.075	-9.479	-372.569

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Mmin	7	0.84	SLEFR_GR_2B_S1_21	16.112	27.86	-571.058
Mmax	6	0	SLEFR_GR_2B_S1_22	-21.541	40.094	-291.236
Vmin	7	0	SLEFR_GR_2A_S1_27	6.22	-42.8	-339.476
Vmax	6	0.84	SLEFR_GR_2B_S1_1	-34.642	82.665	-517.323

SLE_QP	Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
	Text	m	Text	kN	kN	kN*m
Nmin	6	0.84	SLEQP_GR_1_S1_4	-24.222	32.232	-277.002
Nmax	7	0	SLEQP_GR_1_S1_10	-8.047	-31.867	-198.294
Mmin	6	0.84	SLEQP_GR_1_S1_1	-21.428	32.091	-293.333
Mmax	7	0	SLEQP_GR_1_S1_1	-15.028	-31.044	-293.333
Vmin	7	0	SLEQP_GR_1_S1_2	-10.841	-32.008	-181.963
Vmax	6	0.84	SLEQP_GR_1_S1_2	-17.241	33.055	-181.963

10. VERIFICHE

10.1 Criteri di verifica

Per la verifica strutturale dell'opera in esame si adotta il metodo agli Stati limite. Negli Stati Limite Ultimi (SLU-SLV) si eseguono le verifiche di resistenza a pressoflessione e taglio mentre negli Stati Limite di Esercizio (SLE-SLD) si esegue il controllo delle tensioni nei materiali e dell'apertura delle fessure negli elementi in c.a..

10.2 Stati limite ultimi

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali nella tabella 5.1.V del DM 17.01.2018 relativa alle azioni sui ponti stradali.

La verifica di resistenza a pressoflessione delle sezioni viene eseguita con il metodo dello stato limite assumendo le ipotesi di conservazione piana delle sezioni, calcestruzzo non reagente a trazione e di perfetta aderenza tra acciaio e cls.

La verifica sugli elementi viene condotta calcolando il momento resistente massimo della sezione in presenza o meno di sforzo assiale di compressione. Il calcolo si basa sull'assunzione dei diagrammi di calcolo a tensione-deformazione del calcestruzzo e dell'acciaio previsti dalla normativa.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Con riferimento alla sezione presso inflessa, sotto rappresentata assieme ai diagrammi di deformazione e di sforzo così come dedotti dalle ipotesi e dai modelli $\sigma - \epsilon$ di definiti ai paragrafi 4.1.2.1.2.2 e 4.1.2.1.2.3 del D.M.17/01/18, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd} (N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

- N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;
- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;
- M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

Per la verifica nello stato limite ultimo a taglio si valuta inizialmente la resistenza V_{Rd1} dell'elemento privo di armatura trasversale. Qualora risulti inferiore alla sollecitazione di taglio V_{Ed} agente nella sezione, si predispone un'armatura trasversale e si valuta il taglio resistente V_{Rd} dell'elemento ricorrendo alla schematizzazione a traliccio ideale.

Per gli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio la resistenza si valuta con l'espressione 4.1.14 delle DM17.01.18 di seguito riportata

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

in cui

$$k = 1 + (200/d)^{0.5} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{0.5}$$

d altezza utile della sezione

$\rho_l = A_{sl} / (b_w d)$ rapporto geometrico di armatura longitudinale (≤ 0.02)

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{cd}$) assunta pari a 0

b_w larghezza sezione

Per gli elementi dotati di specifica armatura a taglio la verifica di resistenza diventa

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

La resistenza a taglio della trave è pari a

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

in cui con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è pari a

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg\alpha + ctg\theta) \cdot \sin \alpha$$

E con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(ctg\alpha + ctg\theta)}{(1 + ctg^2\theta)}$$

dove S_d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'_{cd} resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 f_{cd}$);

α_c coefficiente maggiorativo assunto pari a 1

L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti: $1 \leq ctg\theta \leq 2,5$. Nel caso in esame si è assunto $\theta = 45^\circ$.

10.3 Stati limite di esercizio

Per le verifiche agli stati limite di esercizio si adottano i valori dei coefficienti parziali di sicurezza definiti nella tabella 5.1.VI del DM 17.01.2018 relativa alle azioni sui ponti stradali. Per le azioni da traffico considerate (schema 1 con carichi tandem), si adotta il coefficiente $\psi_0 = 0.75$.

I valori limite delle tensioni adottati nelle verifiche sono:

- combinazione di carico rara
 - tensione di trazione nell'acciaio 0.8 f_{yk}
 - tensione di compressione nel cls 0.6 f_{ck}
- combinazione di carico quasi permanente:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

– tensione di compressione nel cls 0.45 fck

I valori limite di apertura delle fessure sono quelli previsti dalle specifica di progettazione RFI per i cavalcavia stradali di cui l'opera costituisce naturale prolungamento.

Per le verifiche a fessurazione:

- condizioni XC4 e armatura ordinaria
- comb. freq. con $w_2=0.3$ mm
- comb. q. perm. con $w_1=0.2$ mm

Si riportano di seguito le verifiche negli stati limite analizzati relative alle sezioni significative maggiormente sollecitate individuate nella Fig. 40.

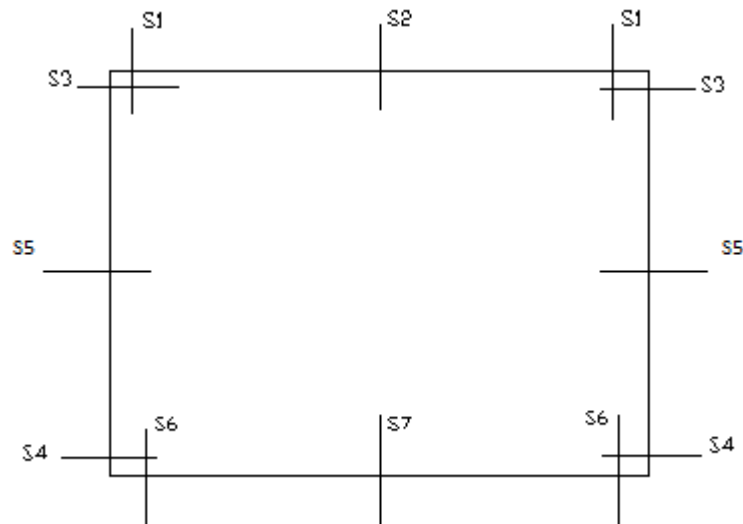


Fig. 40 –Sezioni di verifica

Per facilitare la lettura delle tabelle di sintesi delle verifiche di resistenza si riporta una legenda con i simboli e le convenzioni adottate.

b, h: larghezza ed altezza della sezione trasversale dell'elemento esaminato

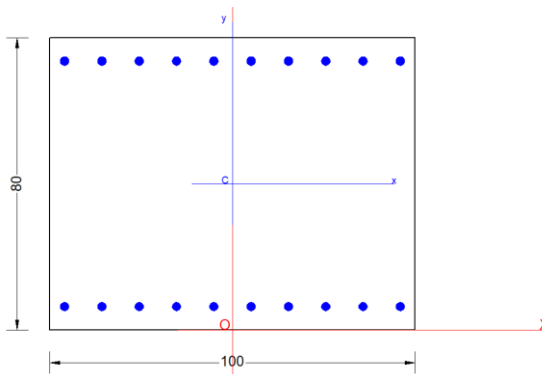
A_a : area armatura generico strato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

ϕ_{st}	diametro staffe	
c	copriferro totale	
c'	copriferro di calcolo in asse barra	
M_{Rd}	momento flettente resistente ultimo della sezione	
M_{Ed}	momento flettente di calcolo	
$\sigma_{cls} +$	tensione massima di compressione nel cls	[>0 compressione]
$\sigma_{acc} -$	tensione massima di trazione nelle barre di acciaio	[>0 trazione]
w	apertura fessure [-] : sezione non fessurata	
R	capacità resistente	
E	valore di progetto dell'effetto delle azioni	
R / E	coefficiente di sicurezza della verifica in esame	
E / R	tasso di sfruttamento del materiale	

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

10.4 S1 Soletta superiore – Appoggio



Carpenteria		
b	h	Acls
mm	mm	m ²
1000	800	0.80

Copriferro	
lato	c [mm]
esterno	52
interno	52

Materiali			
Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C32/40
f_{yk}	450.0 N/mm ²	f_{ck}	32.0 N/mm ²
γ_M	1.15 -	R_{ck}	40.0 N/mm ²
f_{yd}	391.3 N/mm ²	rar	
rara		0.6 f_{ck}	19.2 N/mm ²
0.8 f_{yk}	360.0 N/mm ²	qperm	
		0.45 f_{ck}	14.4 N/mm ²

Armature				
Lato superiore				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	24	4520	64	
-	-	-	-	
Aa,tot = 4520				0.57

Lato interno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	24	4520	64	
Aa,tot = 4520				0.57

GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Soletta superiore S1.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\07 Sottopasso\GA01_km_35+085\Rampal\Calculation\RC-SEC\rev_1\1S1\Soletta superiore S1.secEC)

Section description:
 Reference code: EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex
 Exposure Class: XC4 - Carbonation (cyclic wet and dry)
 Structural member of belonging: Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]
 Section type: Predefined section
 Cross-section shape: Rectangular
 Stress path: Constant axial force to achieve bending ULS
 Reference of assigned forces: Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE - Class: C32/40
 Design compressive strength f_{cd} : 18.1 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	78 di 152

Shear reduced compressive strength $v1*fcd$:	9.1	MPa (6.9)EC2
Coeff. Crd.c:	0.1200	§ 6.2.2(1) EC2
Coeff. K1:	0.1500	§ 6.2.2(1) EC2
Coeff. v min:	0.0115	Mpa (§ 6.2.2(1) EC2
Strain at max strength ec2:	0.0020	
Ultimate strain ecu:	0.0035	
Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle	
Mean elastic modulus Ecm:	33345.8	MPa
Mean tensile strength fctm:	3.0	MPa
Es/Ec in SLS combination:	15.00	
Stress limit Characteristic SLS:	19.2	MPa
Stress limit Frequent SLS:	19.2	MPa
wk lim =limit crack width Frequent SLS:	0.300	mm
Coeff. k3:	3.4000	§ 7.3.4(3) EC2
Coeff. k4:	0.4250	§ 7.3.4(3) EC2
Stress limit Quasi-Permanent SLS:	14.4	MPa
wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS:	0.200	mm

STEEL -

Longitudinal Bars:	B450C	
Characteristic yield stress fyk:	450.0	MPa
Tensile strength ftk:	540.0	MPa
Design yield stress fyd:	391.3	MPa
Design strength ftd:	391.3	MPa
Design ultimate strain esu:	0.068	
Mean elastic modulus Es:	200000.0	MPa
Stirrups:	B500A	
Characteristic yield stress fyk:	500.0	MPa
Tensile strength ftk:	540.00	MPa
Design yield stress fyd:	434.8	MPa
Design strength ftd:	434.8	MPa
Mean elastic modulus Es:	200000.0	MPa
SLS Charact. - Ss Limit:	360.00	MPa

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

Width:	100.0	cm
Depth:	80.0	cm
Bottom bars:	10L24 + 5L10	(45.2 cm?)
Top bars:	10L24 + 5L10	(45.2 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	6.4	cm
Top Cover (from centroid of bar):	6.4	cm
Web Cover (from centroid of bar):	4.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

N	Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)
Mx	Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section
Vy	Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y
T	Design torsional Moment [kN m]

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	74.00	-690.30	443.70	0.00
2	-41.50	324.90	-293.40	0.00
3	74.00	-690.30	443.70	0.00
4	-41.50	324.90	-293.40	0.00
5	22.90	-278.90	-494.20	0.00
6	74.00	-690.30	443.70	0.00
7	40.60	-674.40	-239.30	0.00
8	-45.00	586.60	-46.30	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	79 di 152

9	40.60	-674.40	-239.30	0.00
10	-45.00	586.60	-46.30	0.00
11	40.60	-674.40	-239.30	0.00
12	34.30	-480.40	239.30	0.00

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	25.00	-334.40
2	-3.20	-39.00
3	23.50	-380.00
4	-2.00	140.20
5	17.90	-220.40
6	25.00	-334.40

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	35.40	-449.10
2	-13.80	182.80
3	35.40	-449.10
4	-13.80	182.80
5	4.10	84.70
6	25.10	-151.50

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	1.60	-142.30
2	-8.20	68.40
3	1.60	-142.50
4	-8.20	68.40
5	1.60	-142.30
6	-1.20	-127.60

CHECKS RESULTS

Min edge cover of longitudinal bars: 2.8 cm
Min edge distance between longitudinal bars: 3.9 cm
Min edge cover of stirrups: 2.8 cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	80 di 152

Check	Result of check
N	Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx	Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult	Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F.	Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral	Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn.	Yielding bending moment [kNm]
x/d	Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D	Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension	Area bars in tension zone [cm ²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

As Tension Area bars in tension zone [cm²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

1	OK	74.00	-690.30	73.94	-1250.45	1.811	8.1	-1201.29	---	---	---
2	OK	-41.50	324.90	-41.78	1211.66	3.729	72.2	1166.26	---	---	---
3	OK	74.00	-690.30	73.94	-1250.45	1.811	8.1	-1201.29	---	---	---
4	OK	-41.50	324.90	-41.78	1211.66	3.729	72.2	1166.26	---	---	---
5	OK	22.90	-278.90	22.62	-1233.25	4.422	8.0	-1185.84	---	---	---
6	OK	74.00	-690.30	73.94	-1250.45	1.811	8.1	-1201.29	---	---	---
7	OK	40.60	-674.40	40.74	-1239.32	1.838	8.0	-1191.22	---	---	---
8	OK	-45.00	586.60	-45.17	1210.52	2.064	72.2	1165.24	---	---	---
9	OK	40.60	-674.40	40.74	-1239.32	1.838	8.0	-1191.22	---	---	---
10	OK	-45.00	586.60	-45.17	1210.52	2.064	72.2	1165.24	---	---	---
11	OK	40.60	-674.40	40.74	-1239.32	1.838	8.0	-1191.22	---	---	---
12	OK	34.30	-480.40	34.07	-1237.08	2.575	8.0	-1189.22	---	---	---

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Yc max	Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0.00350	-0.01136	0.0	0.00073	6.4	-0.02839	73.6
2	0.00350	-0.01182	80.0	0.00064	73.6	-0.02939	6.4
3	0.00350	-0.01136	0.0	0.00073	6.4	-0.02839	73.6
4	0.00350	-0.01182	80.0	0.00064	73.6	-0.02939	6.4
5	0.00350	-0.01156	0.0	0.00069	6.4	-0.02884	73.6
6	0.00350	-0.01136	0.0	0.00073	6.4	-0.02839	73.6
7	0.00350	-0.01149	0.0	0.00070	6.4	-0.02868	73.6
8	0.00350	-0.01184	80.0	0.00064	73.6	-0.02942	6.4
9	0.00350	-0.01149	0.0	0.00070	6.4	-0.02868	73.6
10	0.00350	-0.01184	80.0	0.00064	73.6	-0.02942	6.4
11	0.00350	-0.01149	0.0	0.00070	6.4	-0.02868	73.6
12	0.00350	-0.01152	0.0	0.00070	6.4	-0.02874	73.6

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	81 di 152

Check	Result of Check
Sc max	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]
Yc max	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Sc min	Min compression stress (+) in concrete [Mpa]
Yc min	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O)
Ss min	Min tension stress (-) of steel bars [Mpa]
Ys min	y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
hc eff.	Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
D bars	Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent)

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	3.20	0.0	0.00	22.6	-108.6	6.4	16.0	1600	45.2	6.2
2	OK	0.37	0.0	0.00	21.7	-13.3	6.4	16.0	1600	45.2	6.2
3	OK	3.63	0.0	0.00	22.5	-123.9	6.4	16.0	1600	45.2	6.2
4	OK	1.33	80.0	0.00	57.9	-46.8	73.6	16.0	1600	45.2	6.2
5	OK	2.12	0.0	0.00	22.7	-71.4	6.4	16.0	1600	45.2	6.2
6	OK	3.20	0.0	0.00	22.6	-108.6	6.4	16.0	1600	45.2	6.2

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])
k2	= 0.5 for bending; = (e1 + e2)/(2*e1) for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
k4	= 0.425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
W c	Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
r eff	Geometrical ratio As eff/Ac eff [eq.(7.10) EC2]
e sm - e cm	Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max	Max final crack [mm] spacing
wk	Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm)[eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
M crack	First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00061	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000326 (0.00033)	321	0.105(0.20)	-443.50
2	OK	-0.00007	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000040 (0.00004)	321	0.013(0.20)	-432.86
3	OK	-0.00070	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000372 (0.00037)	321	0.119(0.20)	-442.61
4	OK	-0.00026	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000140 (0.00014)	321	0.045(0.20)	437.40
5	OK	-0.00040	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000214 (0.00021)	321	0.069(0.20)	-443.95
6	OK	-0.00061	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000326 (0.00033)	321	0.105(0.20)	-443.50

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	4.30	0.0	0.00	22.6	-145.6	6.4	16.0	1600	45.2	6.2
2	OK	1.73	80.0	0.00	58.3	-62.1	73.6	16.0	1600	45.2	6.2
3	OK	4.30	0.0	0.00	22.6	-145.6	6.4	16.0	1600	45.2	6.2
4	OK	1.73	80.0	0.00	58.3	-62.1	73.6	16.0	1600	45.2	6.2
5	OK	0.81	80.0	0.00	57.5	-27.7	73.6	16.0	1600	45.2	6.2
6	OK	1.47	0.0	0.00	23.3	-47.8	6.4	16.0	1600	45.2	6.2

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	82 di 152

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00082	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000437 (0.00044)	321	0.140 (0.30)	-443.79
2	OK	-0.00035	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000186 (0.00019)	321	0.060 (0.30)	433.30
3	OK	-0.00082	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000437 (0.00044)	321	0.140 (0.30)	-443.79
4	OK	-0.00035	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000186 (0.00019)	321	0.060 (0.30)	433.30
5	OK	-0.00016	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000083 (0.00008)	321	0.027 (0.30)	441.68
6	OK	-0.00027	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000143 (0.00014)	321	0.046 (0.30)	-449.91

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	1.36	0.0	0.00	22.3	-47.1	6.4	16.0	1600	45.2	6.2
2	OK	0.64	80.0	0.00	58.6	-23.6	73.6	16.0	1600	45.2	6.2
3	OK	1.36	0.0	0.00	22.3	-47.2	6.4	16.0	1600	45.2	6.2
4	OK	0.64	80.0	0.00	58.6	-23.6	73.6	16.0	1600	45.2	6.2
5	OK	1.36	0.0	0.00	22.3	-47.1	6.4	16.0	1600	45.2	6.2
6	OK	1.21	0.0	0.00	22.1	-42.5	6.4	16.0	1600	45.2	6.2

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00026	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000141 (0.00014)	321	0.045 (0.20)	-439.13
2	OK	-0.00013	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000071 (0.00007)	321	0.023 (0.20)	430.37
3	OK	-0.00027	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000142 (0.00014)	321	0.045 (0.20)	-439.13
4	OK	-0.00013	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000071 (0.00007)	321	0.023 (0.20)	430.37
5	OK	-0.00026	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000141 (0.00014)	321	0.045 (0.20)	-439.13
6	OK	-0.00024	0	0.500	24 5.2	0.028	0.000128 (0.00013)	321	0.041 (0.20)	-437.73

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb.	SLS combination number
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent
Region	Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
k	Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
Ac eff	Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
Ned	SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
Sc	=Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
k1	Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
As reg	Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
As min	Minimum Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
1	Frequent	Web	0.65	0.40	3950	---	---	---	-597.38	45.2	6.8
2	Frequent	Web	0.65	0.41	4050	---	---	---	-611.84	45.2	7.2
3	Frequent	Web	0.65	0.40	3950	---	---	---	-597.38	45.2	6.8
4	Frequent	Web	0.65	0.41	4050	---	---	---	-611.84	45.2	7.2
5	Frequent	Web	0.65	0.40	3950	---	---	---	-600.21	45.2	6.9
6	Frequent	Web	0.65	0.39	3900	---	---	---	-589.24	45.2	6.7
1	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-603.71	45.2	7.0
2	Quasi-perm.	Web	0.65	0.41	4050	---	---	---	-615.97	45.2	7.3
3	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-603.71	45.2	7.0
4	Quasi-perm.	Web	0.65	0.41	4050	---	---	---	-615.97	45.2	7.3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

5	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-603.71	45.2	7.0
6	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-605.64	45.2	7.0

Verifica a taglio

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm	larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 800$	mm	altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 52$	mm	copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$		coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10$	Ø	$24 = 45.24$ cm ²
$\alpha_{cc} = 0.85$		coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	Ø	$0 = 0.00$ cm ²
$d = 748$	mm	altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	Ø	$0 = 0.00$ cm ²
$f_{cd} = 18.13$	MPa	resist. di calcolo			45.24 cm ²

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

$N_{ed} = 0.0$	kN	$V_{ed} = 495.0$	kN
----------------	----	------------------	----

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$	$k = 1.517$	< 2
$v_{min} = 0,035 k^{-3/2} f_{ck}^{1/2}$	$v_{min} = 0.370$	
$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02$	$\rho_1 = 0.006$	< 0.02
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	$\sigma_{cp} = 0.00$	< 0.2 MPa

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 365.6 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 276.7 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 365.6 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

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

• Elementi con armature trasversali resistenti a taglio

$\theta = 22.0$	°	inclinaz. bielle cls	angolo ammissibile
$\alpha = 90.0$	°	inclinaz. Uncini	

Armatura a taglio :

$$A_{sw}/s = \text{uncini } \emptyset \quad 10 \text{ mm con n}^\circ \text{ bracci (trasv)} \quad 2 \quad \text{passo } 20 \text{ cm} = 0.079 \text{ cm}^2/\text{cm}$$

$$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha$$

$$f_{cd} = 9.07 \text{ MPa} \quad \text{resist. di calcolo ridotta}$$

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

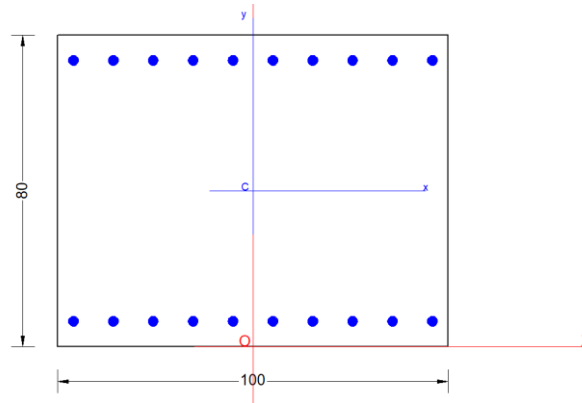
$$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha)$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd}) \quad V_{Rd} = 512.1 > 495.0 \text{ kN} \quad \text{c.s.} = 1.0$$

la sezione armata a taglio risulta verificata.

Nota. L'armatura disposta non è costituita da staffe ma da uncini di collegamento tra i ferri longitudinali.

10.5 S2 Soletta superiore – Mezzeria



Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m ²
1000	800	0.80

Copriferro

lato	c [mm]
esterno	52
interno	52

Materiali

Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C32/40
f_{yk}	450.0 N/mm ²	f_{ck}	32.0 N/mm ²
γ_M	1.15 -	R_{ck}	40.0 N/mm ²
f_{yd}	391.3 N/mm ²	rar	
rara		0.6 f_{ck}	19.2 N/mm ²
0.8 f_{yk}	360.0 N/mm ²	qperm	
		0.45 f_{ck}	14.4 N/mm ²

Armature

Lato esterno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	26	5310	65	
-	-	-	-	
Aa,tot =			5310	0.66

Lato interno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	26	5310	65	
Aa,tot =			5310	0.66

GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Soletta superiore S2.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\07 Sottopasso\GA01_km_35+085\Rampa\Calculation\RC-SEC\rev_1\S2\Soletta superiore S2.secEC)

Section description:
Reference code: EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex
Exposure Class: XC4 - Carbonation (cyclic wet and dry)
Structural member of belonging: Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]
Section type: Predefined section
Cross-section shape: Rectangular
Stress path: Constant axial force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces: Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE - Class: C32/40
Design compressive strength f_{cd} : 18.1 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	85 di 152

Shear reduced compressive strength $v1*fcd$:	9.1	MPa (6.9)EC2
Coeff. Crd.c:	0.1200	§ 6.2.2(1) EC2
Coeff. K1:	0.1500	§ 6.2.2(1) EC2
Coeff. v min:	0.0115	Mpa (§ 6.2.2(1) EC2
Strain at max strength ec2:	0.0020	
Ultimate strain ecu:	0.0035	
Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle	
Mean elastic modulus Ecm:	33345.8	MPa
Mean tensile strength fctm:	3.0	MPa
Es/Ec in SLS combination:	15.00	
Stress limit Characteristic SLS:	19.2	MPa
Stress limit Frequent SLS:	19.2	MPa
wk lim =limit crack width Frequent SLS:	0.300	mm
Coeff. k3:	3.4000	§ 7.3.4(3) EC2
Coeff. k4:	0.4250	§ 7.3.4(3) EC2
Stress limit Quasi-Permanent SLS:	14.4	MPa
wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS:	0.200	mm

STEEL -	Longitudinal Bars:	B450C
	Characteristic yield stress fyk:	450.0 MPa
	Tensile strength ftk:	540.0 MPa
	Design yield stress fyd:	391.3 MPa
	Design strength ftd:	391.3 MPa
	Design ultimate strain esu:	0.068
	Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
	Stirrups:	B500A
	Characteristic yield stress fyk:	500.0 MPa
	Tensile strength ftk:	540.00 MPa
	Design yield stress fyd:	434.8 MPa
	Design strength ftd:	434.8 MPa
	Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
	SLS Charact. - Ss Limit:	360.00 MPa

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

Width:	100.0	cm
Depth:	80.0	cm
Bottom bars:	10W26	(53.1 cm?)
Top bars:	10W26	(53.1 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	6.5	cm
Top Cover (from centroid of bar):	6.5	cm
Web Cover (from centroid of bar):	4.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

N	Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)
Mx	Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section
Vy	Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y
T	Design torsional Moment [kN m]

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	28.10	589.20	25.40	0.00
2	-17.10	451.30	7.70	0.00
3	6.40	-54.30	7.70	0.00
4	14.00	892.70	25.40	0.00
5	-3.90	529.70	-60.00	0.00
6	11.40	557.90	112.00	0.00
7	-0.10	49.20	-139.80	0.00

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

8	-34.00	223.20	-42.80	0.00
9	-1.60	43.80	42.00	0.00
10	-10.20	269.70	-42.00	0.00
11	-6.70	236.00	-139.80	0.00
12	-6.50	243.30	139.80	0.00

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	21.50	424.10
2	-4.40	153.30
3	-4.40	153.30
4	9.80	676.90
5	-4.40	153.30
6	6.10	605.10

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	19.10	225.90
2	-2.90	598.80
3	16.60	177.40
4	-0.40	647.20
5	-0.40	647.20
6	7.30	544.40

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	0.30	44.20
2	-9.50	254.80
3	0.30	44.20
4	-9.50	254.80
5	-9.50	254.80

CHECKS RESULTS

Min edge cover of longitudinal bars: 2.7 cm
Min edge distance between longitudinal bars: 7.6 cm
Min edge cover of stirrups: 2.7 cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	87 di 152

Check	Result of check
N	Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx	Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult	Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F.	Safety factor = vectorial ratio of (N ult,Mx ult) to (N,Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral	Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn.	Yielding bending moment [kNm]
x/d	Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D	Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension	Area bars in tension zone [cm ²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

As Tension Area bars in tension zone [cm²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

1	OK	28.10	589.20	28.10	1438.35	2.441	71.5	1383.54	---	---	---
2	OK	-17.10	451.30	-16.92	1423.35	3.154	71.6	1369.96	---	---	---
3	OK	6.40	-54.30	6.20	-1431.05	26.355	8.4	-1377.10	---	---	---
4	OK	14.00	892.70	14.07	1433.68	1.606	71.6	1379.28	---	---	---
5	OK	-3.90	529.70	-3.94	1427.68	2.695	71.6	1373.87	---	---	---
6	OK	11.40	557.90	11.26	1432.74	2.568	71.6	1378.44	---	---	---
7	OK	-0.10	49.20	0.00	1428.99	29.045	71.6	1375.05	---	---	---
8	OK	-34.00	223.20	-33.89	1417.69	6.352	71.7	1364.97	---	---	---
9	OK	-1.60	43.80	-1.69	1428.43	32.612	71.6	1374.64	---	---	---
10	OK	-10.20	269.70	-10.14	1425.61	5.286	71.6	1372.04	---	---	---
11	OK	-6.70	236.00	-6.76	1426.74	6.045	71.6	1373.13	---	---	---
12	OK	-6.50	243.30	-6.76	1426.74	5.864	71.6	1373.13	---	---	---

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Yc max	Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0.00350	-0.01068	80.0	0.00081	73.5	-0.02689	6.5
2	0.00350	-0.01083	80.0	0.00078	73.5	-0.02722	6.5
3	0.00350	-0.01075	0.0	0.00080	6.5	-0.02705	73.5
4	0.00350	-0.01073	80.0	0.00080	73.5	-0.02700	6.5
5	0.00350	-0.01079	80.0	0.00079	73.5	-0.02713	6.5
6	0.00350	-0.01074	80.0	0.00080	73.5	-0.02702	6.5
7	0.00350	-0.01077	80.0	0.00079	73.5	-0.02710	6.5
8	0.00350	-0.01089	80.0	0.00077	73.5	-0.02735	6.5
9	0.00350	-0.01078	80.0	0.00079	73.5	-0.02711	6.5
10	0.00350	-0.01081	80.0	0.00079	73.5	-0.02717	6.5
11	0.00350	-0.01080	80.0	0.00079	73.5	-0.02715	6.5
12	0.00350	-0.01080	80.0	0.00079	73.5	-0.02715	6.5

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Check	Result of Check
Sc max	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]
Yc max	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O)

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	88 di 152

Sc min	Min compression stress (+) in concrete [Mpa]
Yc min	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O)
Ss min	Min tension stress (-) of steel bars [Mpa]
Ys min	y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
hc eff.	Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
D bars	Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent)

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	3.73	80.0	0.00	56.5	-118.8	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
2	OK	1.34	80.0	0.00	57.0	-44.0	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
3	OK	1.34	80.0	0.00	57.0	-44.0	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
4	OK	5.92	80.0	0.00	56.7	-191.8	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
5	OK	1.34	80.0	0.00	57.0	-44.0	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
6	OK	5.29	80.0	0.00	56.8	-171.7	73.5	16.3	1625	53.1	9.7

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])
k2	= 0.5 for bending; = (e1 + e2)/(2*e1) for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
k4	= 0.425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
Ш c	Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
r eff	Geometrical ratio As eff/Ac eff [eq.(7.10) EC2]
e sm - e cm	Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max	Max final crack [mm] spacing
wk	Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm)[eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
M crack	First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00067	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000357 (0.00036)	312	0.111(0.20)	461.36
2	OK	-0.00025	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000132 (0.00013)	312	0.041(0.20)	455.60
3	OK	-0.00025	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000132 (0.00013)	312	0.041(0.20)	455.60
4	OK	-0.00108	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000627 (0.00058)	312	0.196(0.20)	458.71
5	OK	-0.00025	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000132 (0.00013)	312	0.041(0.20)	455.60
6	OK	-0.00097	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000526 (0.00052)	312	0.164(0.20)	458.40

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	2.00	80.0	0.00	56.2	-62.6	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
2	OK	5.22	80.0	0.00	56.9	-170.7	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
3	OK	1.57	80.0	0.00	56.1	-49.1	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
4	OK	5.65	80.0	0.00	56.8	-184.2	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
5	OK	5.65	80.0	0.00	56.8	-184.2	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
6	OK	4.76	80.0	0.00	56.7	-154.3	73.5	16.3	1625	53.1	9.7

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00035	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000188 (0.00019)	312	0.059 (0.30)	463.85
2	OK	-0.00096	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000521 (0.00051)	312	0.163 (0.30)	457.32

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	89 di 152

3	OK	-0.00028	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000147 (0.00015)	312	0.046 (0.30)	464.53
4	OK	-0.00104	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000589 (0.00055)	312	0.184 (0.30)	457.62
5	OK	-0.00104	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000589 (0.00055)	312	0.184 (0.30)	457.62
6	OK	-0.00087	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000463 (0.00046)	312	0.144 (0.30)	458.64

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	0.39	80.0	0.00	56.7	-12.6	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
2	OK	2.22	80.0	0.00	57.0	-73.3	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
3	OK	0.39	80.0	0.00	56.7	-12.6	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
4	OK	2.22	80.0	0.00	57.0	-73.3	73.5	16.3	1625	53.1	9.7
5	OK	2.22	80.0	0.00	57.0	-73.3	73.5	16.3	1625	53.1	9.7

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00007	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000038 (0.00004)	312	0.012 (0.20)	458.16
2	OK	-0.00041	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000220 (0.00022)	312	0.069 (0.20)	454.99
3	OK	-0.00007	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000038 (0.00004)	312	0.012 (0.20)	458.16
4	OK	-0.00041	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000220 (0.00022)	312	0.069 (0.20)	454.99
5	OK	-0.00041	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000220 (0.00022)	312	0.069 (0.20)	454.99

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb.	SLS combination number
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent
Region	Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
k	Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
Ac eff	Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
Ned	SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
Sc	=Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
k1	Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
As reg	Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
As min	Minimum Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
1	Frequent	Web	0.65	0.40	3950	---	---	---	-596.69	53.1	6.8
2	Frequent	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-605.22	53.1	7.0
3	Frequent	Web	0.65	0.40	3950	---	---	---	-595.83	53.1	6.8
4	Frequent	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-604.82	53.1	7.0
5	Frequent	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-604.82	53.1	7.0
6	Frequent	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-603.48	53.1	7.0
1	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-604.11	53.1	7.0
2	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-608.30	53.1	7.0
3	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-604.11	53.1	7.0
4	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-608.30	53.1	7.0
5	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4000	---	---	---	-608.30	53.1	7.0

Verifica a taglio

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5

• Caratteristiche della sezione

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	90 di 152

$b_w = 1000$ mm	larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 800$ mm	altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 52$ mm	copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$ MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset 26$	$= 53.09 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 748$ mm	altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset 0$	$= 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$ MPa	resist. di calcolo		53.09 cm^2

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

$N_{ed} = 0.0$ kN	$V_{ed} = 140.0$ kN
-------------------	---------------------

• **Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$	$k = 1.517$	< 2
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	$v_{min} = 0.370$	
$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02$	$\rho_1 = 0.007$	< 0.02
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	$\sigma_{cp} = 0.00$ MPa	$< 0.2 f_{cd}$

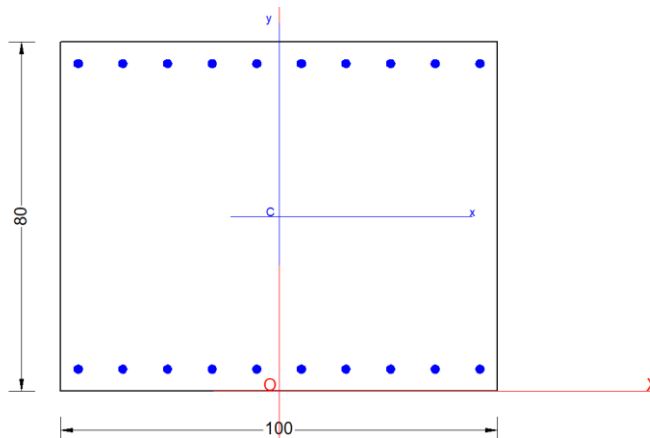
$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 385.6 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 276.7 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 385.6 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

10.6 S3 Piedritto – Incastro



Carpenteria		
b	h	Acls
mm	mm	m ²
1000	800	0.80

Copriferro	
lato	c [mm]

Materiali			
Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C32/40
f_{yk}	450.0 N/mm ²	f_{ck}	32.0 N/mm ²
γ_M	1.15 -	R_{ck}	40.0 N/mm ²
f_{yd}	391.3 N/mm ²		rar
	rara		0.6 f_{ck}
			19.2 N/mm ²

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	91 di 152

esterno	52
interno	52

$0.8f_{yk}$	360.0 N/mm ²	qperm	
		$0.45 f_{ck}$	14.4 N/mm ²

Armature

Lato esterno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	20	3140	62	
-	-	-	-	
Aa,tot = 3140				0.39

Lato interno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	20	3140	62	
Aa,tot = 3140				0.39

GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Soletta superiore S3.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\07 Sottopasso\GA01_km_35+085\Rampal\Calculation\RC-SEC\rev_1\S3\Soletta superiore S3.secEC)

Section description:	
Reference code:	EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex
Exposure Class:	XC4 - Carbonation (cyclic wet and dry)
Structural member of belonging:	Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]
Section type:	Predefined section
Cross-section shape:	Rectangular
Stress path:	Constant axial force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces:	Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -	Class:	C32/40
	Design compressive strength fcd:	18.1 MPa
	Shear reduced compressive strength $v1*fcd$:	9.1 MPa (6.9)EC2
	Coeff. Crd,c:	0.1200 § 6.2.2(1) EC2
	Coeff. K1:	0.1500 § 6.2.2(1) EC2
	Coeff. v min:	0.0115 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2)
	Strain at max strength ec2:	0.0020
	Ultimate strain ecu:	0.0035
	Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle
	Mean elastic modulus Ecm:	33345.8 MPa
	Mean tensile strength fctm:	3.0 MPa
	Es/Ec in SLS combination:	15.00
	Stress limit Characteristic SLS:	19.2 MPa
	Stress limit Frequent SLS:	19.2 MPa
	wk lim =limit crack width Frequent SLS:	0.300 mm
	Coeff. k3:	3.4000 § 7.3.4(3) EC2
	Coeff. k4:	0.4250 § 7.3.4(3) EC2
	Stress limit Quasi-Permanent SLS:	14.4 MPa
	wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS:	0.200 mm
STEEL -	Longitudinal Bars:	B450C
	Characteristic yield stress fyk:	450.0 MPa
	Tensile strength ftk:	540.0 MPa
	Design yield stress fyd:	391.3 MPa
	Design strength ftd:	391.3 MPa
	Design ultimate strain esu:	0.068
	Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
	Stirrups:	B500A
	Characteristic yield stress fyk:	500.0 MPa

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	92 di 152

Tensile strength ftk:	540.00	MPa
Design yield stress fyd:	434.8	MPa
Design strength ftd:	434.8	MPa
Mean elastic modulus Es:	200000.0	MPa
SLS Charact. - Ss Limit:	360.00	MPa

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

Width:	100.0	cm
Depth:	80.0	cm
Bottom bars:	10L20 + 5L10	(31.4 cm?)
Top bars:	10L20 + 5L10	(31.4 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	6.2	cm
Top Cover (from centroid of bar):	6.2	cm
Web Cover (from centroid of bar):	4.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

N	Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)
Mx	Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section
Vy	Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y
T	Design torsional Moment [kN m]

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	674.50	415.70	18.60	0.00
2	205.20	-245.60	-21.50	0.00
3	550.90	-765.40	-85.60	0.00
4	507.60	470.20	21.10	0.00
5	550.90	-765.40	-85.60	0.00
6	622.90	454.70	23.60	0.00
7	301.10	-508.80	-63.30	0.00
8	11.00	-435.20	-69.10	0.00
9	290.70	-686.10	-67.90	0.00
10	301.10	700.40	69.60	0.00
11	21.40	-612.50	-73.70	0.00
12	11.00	615.70	74.00	0.00

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	494.60	326.60
2	157.50	-38.30
3	339.00	-432.50
4	372.30	375.10
5	407.10	-411.20
6	457.00	355.10

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Comb.N.	N	Mx
1	407.80	-9.10
2	310.20	3.40
3	362.20	-500.50
4	381.20	392.40
5	362.20	-500.50
6	381.20	392.40

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	156.10	-139.40
2	156.00	139.20
3	156.10	-139.40
4	156.00	139.20
5	156.00	-67.60
6	156.10	67.30

CHECKS RESULTS

Checks of section OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars: 3.0 cm
Min edge distance between longitudinal bars: 4.1 cm
Min edge cover of stirrups: 3.0 cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

Check Result of check
N Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F. Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn. Yielding bending moment [kNm]
x/d Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension Area bars in tension zone [cm?] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

As TensionArea bars in tension zone [cm?] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

1	OK	674.50	415.70	674.48	1091.97	2.627	71.3	1034.22	---	---	---
2	OK	205.20	-245.60	205.19	-934.26	3.804	7.4	-893.61	---	---	---
3	OK	550.90	-765.40	550.70	-1050.60	1.373	8.3	-997.79	---	---	---
4	OK	507.60	470.20	507.38	1036.09	2.204	71.8	984.82	---	---	---
5	OK	550.90	-765.40	550.70	-1050.60	1.373	8.3	-997.79	---	---	---
6	OK	622.90	454.70	622.77	1074.69	2.364	71.5	1018.99	---	---	---
7	OK	301.10	-508.80	301.14	-966.68	1.900	7.6	-922.83	---	---	---
8	OK	11.00	-435.20	11.03	-868.45	1.996	6.9	-833.57	---	---	---
9	OK	290.70	-686.10	290.43	-963.06	1.404	7.6	-919.71	---	---	---
10	OK	301.10	700.40	301.14	966.68	1.380	72.4	922.83	---	---	---
11	OK	21.40	-612.50	21.12	-871.88	1.423	6.9	-836.65	---	---	---
12	OK	11.00	615.70	11.03	868.45	1.411	73.1	833.57	---	---	---

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Yc max	Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0.00350	-0.01032	80.0	0.00100	73.8	-0.02624	6.2
2	0.00350	-0.01276	0.0	0.00056	6.2	-0.03151	73.8
3	0.00350	-0.01093	0.0	0.00089	6.2	-0.02756	73.8
4	0.00350	-0.01115	80.0	0.00085	73.8	-0.02803	6.2
5	0.00350	-0.01093	0.0	0.00089	6.2	-0.02756	73.8
6	0.00350	-0.01058	80.0	0.00095	73.8	-0.02680	6.2
7	0.00350	-0.01224	0.0	0.00065	6.2	-0.03038	73.8
8	0.00350	-0.01387	0.0	0.00036	6.2	-0.03389	73.8
9	0.00350	-0.01230	0.0	0.00064	6.2	-0.03050	73.8
10	0.00350	-0.01224	80.0	0.00065	73.8	-0.03038	6.2
11	0.00350	-0.01381	0.0	0.00037	6.2	-0.03376	73.8
12	0.00350	-0.01387	80.0	0.00036	73.8	-0.03389	6.2

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Check	Result of Check
Sc max	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]
Yc max	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Sc min	Min compression stress (+) in concrete [Mpa]
Yc min	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O)
Ss min	Min tension stress (-) of steel bars [Mpa]
Ys min	y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
hc eff.	Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
D bars	Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent)

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	4.04	80.0	0.00	49.6	-86.5	73.8	15.5	1550	31.4	6.3
2	OK	0.49	0.0	0.00	59.2	-1.9	6.2	7.2	717	31.4	6.3
3	OK	5.22	0.0	0.00	24.7	-155.9	6.2	15.5	1550	31.4	6.3
4	OK	4.57	80.0	0.00	53.8	-124.5	73.8	15.5	1550	31.4	6.3
5	OK	5.01	0.0	0.00	26.2	-136.6	6.2	15.5	1550	31.4	6.3
6	OK	4.37	80.0	0.00	51.5	-104.2	73.8	15.5	1550	31.4	6.3

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])
k2	= 0.5 for bending; =(e1 + e2)/(2*e1) for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	95 di 152

k_4 = 0.425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
 $\Sigma |c$ Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
 r_{eff} Geometrical ratio $A_{s\ eff}/A_{c\ eff}$ [eq.(7.10) EC2]
 $e_{sm} - e_{cm}$ Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)]
 Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = $0.6 S_{max} / E_s$
 $s_{r\ max}$ Max final crack [mm] spacing
 w_k Calculated value [mm] of crack width = $s_{r\ max} * (e_{sm} - e_{cm}) [eq.(7.8)]$. Limit value of w_k is shown between brackets
 M_{crack} First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Σc	r_{eff}	$e_{sm} - e_{cm}$	$s_{r\ max}$	w_k	M_{crack}
1	OK	-0.00049	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000259 (0.00026)	345	0.089(0.20)	522.03
2	OK	-0.00001	0	0.500	20 5.2	0.044	0.000006 (0.00001)	254	0.001(0.20)	-1047.28
3	OK	-0.00088	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000468 (0.00047)	345	0.161(0.20)	-457.50
4	OK	-0.00070	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000374 (0.00037)	345	0.129(0.20)	474.25
5	OK	-0.00077	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000410 (0.00041)	345	0.141(0.20)	-474.04
6	OK	-0.00059	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000312 (0.00031)	345	0.108(0.20)	500.07

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	$S_c\ max$	$Y_c\ max$	$S_c\ min$	$Y_c\ min$	$S_s\ min$	$Y_s\ min$	$h_{c\ eff}$	$A_{c\ eff}$	$A_s\ Eff$	D bars
1	OK	0.52	0.0	0.39	80.0	6.0	6.2	0.0	0	0.0	0.0
2	OK	0.37	80.0	0.32	0.0	4.9	73.8	0.0	0	0.0	0.0
3	OK	6.02	0.0	0.00	24.3	-184.5	6.2	15.5	1550	31.4	6.3
4	OK	4.78	80.0	0.00	53.9	-131.4	73.8	15.5	1550	31.4	6.3
5	OK	6.02	0.0	0.00	24.3	-184.5	6.2	15.5	1550	31.4	6.3
6	OK	4.78	80.0	0.00	53.9	-131.4	73.8	15.5	1550	31.4	6.3

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Σc	r_{eff}	$e_{sm} - e_{cm}$	$s_{r\ max}$	w_k	M_{crack}
1	OK	0.00004	0	----	----	----	----	----	----	0.00
2	OK	0.00002	0	----	----	----	----	----	----	0.00
3	OK	-0.00104	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000554 (0.00055)	345	0.191 (0.30)	-452.89
4	OK	-0.00074	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000394 (0.00039)	345	0.136 (0.30)	472.50
5	OK	-0.00104	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000554 (0.00055)	345	0.191 (0.30)	-452.89
6	OK	-0.00074	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000394 (0.00039)	345	0.136 (0.30)	472.50

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	$S_c\ max$	$Y_c\ max$	$S_c\ min$	$Y_c\ min$	$S_s\ min$	$Y_s\ min$	$h_{c\ eff}$	$A_{c\ eff}$	$A_s\ Eff$	D bars
1	OK	1.72	0.0	0.00	31.2	-43.5	6.2	15.5	1550	31.4	6.3
2	OK	1.70	80.0	0.00	52.8	-43.8	73.8	15.5	1550	31.4	6.3
3	OK	1.72	0.0	0.00	31.2	-43.5	6.2	15.5	1550	31.4	6.3
4	OK	1.70	80.0	0.00	52.8	-43.8	73.8	15.5	1550	31.4	6.3
5	OK	0.84	0.0	0.00	38.2	-11.9	6.2	14.0	1399	31.4	6.3
6	OK	0.84	80.0	0.00	41.7	-11.8	73.8	14.0	1395	31.4	6.3

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Σc	r_{eff}	$e_{sm} - e_{cm}$	$s_{r\ max}$	w_k	M_{crack}
1	OK	-0.00025	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000131 (0.00013)	345	0.045 (0.20)	-485.08
2	OK	-0.00025	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000132 (0.00013)	345	0.045 (0.20)	485.16

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

3	OK	-0.00025	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000131 (0.00013)	345	0.045 (0.20)	-485.08
4	OK	-0.00025	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000132 (0.00013)	345	0.045 (0.20)	485.16
5	OK	-0.00007	0	0.500	20 5.2	0.022	0.000036 (0.00004)	328	0.012 (0.20)	-616.44
6	OK	-0.00007	0	0.500	20 5.2	0.023	0.000035 (0.00004)	328	0.012 (0.20)	618.10

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb.	SLS combination number
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent
Region	Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
k	Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
Ac eff	Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
Ned	SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
Sc	=Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
Frc	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
k1	Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
As reg	Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
As min	Minimum Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
1	Frequent	Web			0	---	---	---	0.00	0.0	0.0
2	Frequent	Web			0	---	---	---	0.00	0.0	0.0
3	Frequent	Web	0.65	0.37	3550	---	---	---	-539.37	31.4	5.7
4	Frequent	Web	0.65	0.35	3400	---	---	---	-516.98	31.4	5.3
5	Frequent	Web	0.65	0.37	3550	---	---	---	-539.37	31.4	5.7
6	Frequent	Web	0.65	0.35	3400	---	---	---	-516.98	31.4	5.3
1	Quasi-perm.	Web	0.65	0.35	3350	---	---	---	-503.58	31.4	5.1
2	Quasi-perm.	Web	0.65	0.35	3350	---	---	---	-503.50	31.4	5.1
3	Quasi-perm.	Web	0.65	0.35	3350	---	---	---	-503.58	31.4	5.1
4	Quasi-perm.	Web	0.65	0.35	3350	---	---	---	-503.50	31.4	5.1
5	Quasi-perm.	Web	0.65	0.26	2600	---	---	---	-396.26	31.4	2.9
6	Quasi-perm.	Web	0.65	0.26	2600	---	---	---	-395.21	31.4	2.9

Verifica a taglio

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$ mm	larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 800$ mm	altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 52$ mm	copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$ MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10$ Ø 20	= 31.42 cm ²
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$ Ø 0	= 0.00 cm ²
$d = 748$ mm	altezza utile	$A_{sl,3} = 0$ Ø 0	= 0.00 cm ²
$f_{cd} = 18.13$ MPa	resist. di calcolo		31.42 cm ²

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

$N_{ed} = 0.0$ kN	$V_{ed} = 86.0$ kN
-------------------	--------------------

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$	$k = 1.517$	< 2
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	$v_{min} = 0.370$	
$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02$	$\rho_1 = 0.004$	< 0.02
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	$\sigma_{cp} = 0.00$	MPa $< 0.2 f_{cd}$

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	97 di 152

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

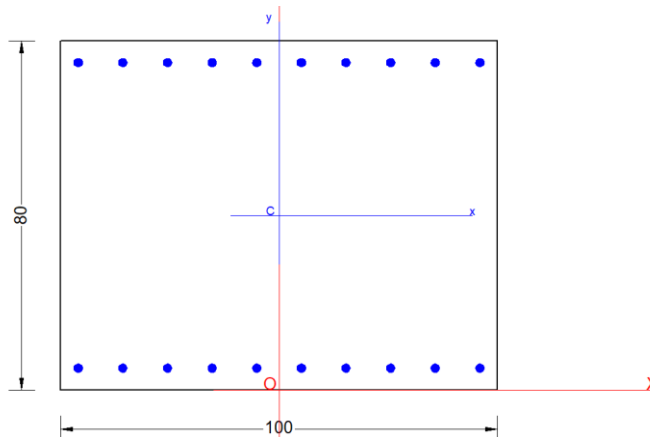
$$V_{Rd} = 323.8 \text{ kN};$$

$$(\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 276.7 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 323.8 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

10.7 S4 Piedritto – Spiccato



Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m ²
1000	800	0.85

Copriferro

lato	c [mm]
esterno	52
interno	52

Materiali

Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C32/40
f_{yk}	450.0 N/mm ²	f_{ck}	32.0 N/mm ²
γ_M	1.15 -	R_{ck}	40.0 N/mm ²
f_{yd}	391.3 N/mm ²	rara	
rara		0.6 f_{ck}	19.2 N/mm ²
0.8 f_{yk}	360.0 N/mm ²	qperm	
		0.45 f_{ck}	14.4 N/mm ²

Armature

Lato esterno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	20	3140	62	
-	-	-	-	
Aa,tot = 3140				0.39

Lato interno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	20	3140	62	
-	-	-	-	
Aa,tot = 3140				0.39

GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Soletta superiore S4.secEC

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE</p> <p>PROGETTO DEFINITIVO</p>					
	<p>RELAZIONE DI CALCOLO</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NR1J</p>	<p>LOTTO</p> <p>01 D 29</p>	<p>CODIFICA</p> <p>CL</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GA0100 002</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\07 Sottopasso\GA01_km_35+085\Rampal\Calculation\RC-SEC\rev_1\1S4\Soletta superiore S4.secEC)

Section description:
Reference code: EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex
Exposure Class: XC4 - Carbonation (cyclic wet and dry)
Structural member of belonging: Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]
Section type: Predefined section
Cross-section shape: Rectangular
Stress path: Constant axial force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces: Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -

Class:	C32/40
Design compressive strength fcd:	18.1 MPa
Shear reduced compressive strength v1*fcd:	9.1 MPa (6.9)EC2
Coeff. Crd,c:	0.1200 § 6.2.2(1) EC2
Coeff. K1:	0.1500 § 6.2.2(1) EC2
Coeff. v min:	0.0115 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2)
Strain at max strength ec2:	0.0020
Ultimate strain ecu:	0.0035
Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle
Mean elastic modulus Ecm:	33345.8 MPa
Mean tensile strength fctm:	3.0 MPa
Es/Ec in SLS combination:	15.00
Stress limit Characteristic SLS:	19.2 MPa
Stress limit Frequent SLS:	19.2 MPa
wk lim =limit crack width Frequent SLS:	0.300 mm
Coeff. k3:	3.4000 § 7.3.4(3) EC2
Coeff. k4:	0.4250 § 7.3.4(3) EC2
Stress limit Quasi-Permanent SLS:	14.4 MPa
wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS:	0.200 mm

STEEL -

Longitudinal Bars:	B450C
Characteristic yield stress fyk:	450.0 MPa
Tensile strength ftk:	540.0 MPa
Design yield stress fyd:	391.3 MPa
Design strength ftd:	391.3 MPa
Design ultimate strain esu:	0.068
Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
Stirrups:	B500A
Characteristic yield stress fyk:	500.0 MPa
Tensile strength ftk:	540.00 MPa
Design yield stress fyd:	434.8 MPa
Design strength ftd:	434.8 MPa
Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
SLS Charact. - Ss Limit:	360.00 MPa

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

Width:	100.0	cm
Depth:	80.0	cm
Bottom bars:	10L20 + 5L10	(31.4 cm?)
Top bars:	10L20 + 5L10	(31.4 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	6.2	cm
Top Cover (from centroid of bar):	6.2	cm
Web Cover (from centroid of bar):	4.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	99 di 152

N Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)
Mx Design moment force [kNm] around the x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section
VY Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y
T Design torsional Moment [kN m]

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	978.40	263.20	-2.60	0.00
2	509.20	327.30	-25.90	0.00
3	534.20	-202.80	-4.70	0.00
4	725.70	602.40	-65.80	0.00
5	854.80	219.90	-82.80	0.00
6	534.20	71.60	12.00	0.00
7	533.70	755.90	-153.20	0.00
8	228.60	912.30	-187.60	0.00
9	254.00	-899.00	175.30	0.00
10	228.60	912.30	-187.60	0.00
11	254.00	786.80	-192.20	0.00
12	228.60	-778.20	181.80	0.00

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	719.70	216.70
2	382.70	-76.60
3	564.20	-168.70
4	623.20	257.20
5	632.20	-94.60
6	382.70	-76.60

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	633.00	-29.90
2	535.30	58.00
3	561.90	-196.90
4	580.90	328.20
5	587.30	-62.70
6	606.30	194.00

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
---------	---	----

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	100 di 152

1	381.20	-142.30
2	381.10	143.80
3	381.20	-142.30
4	381.10	143.80
5	381.10	29.50
6	381.20	-27.90

CHECKS RESULTS

Checks of section OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars:	3.0	cm
Min edge distance between longitudinal bars:	4.1	cm
Min edge cover of stirrups:	3.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

Check	Result of check
N	Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx	Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult	Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F.	Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral	Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn.	Yielding bending moment [kNm]
x/d	Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D	Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension	Area bars in tension zone [cm ²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

As TensionArea bars in tension zone [cm²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

1	OK	978.40	263.20	978.65	1192.71	4.532	70.3	1122.05	---	---	---
2	OK	509.20	327.30	509.18	1036.69	3.167	71.8	985.38	---	---	---
3	OK	534.20	-202.80	533.99	-1045.02	5.153	8.3	-992.83	---	---	---
4	OK	725.70	602.40	725.49	1108.95	1.841	71.2	1049.21	---	---	---
5	OK	854.80	219.90	854.98	1151.94	5.238	70.7	1086.63	---	---	---
6	OK	534.20	71.60	533.99	1045.02	14.595	71.7	992.83	---	---	---
7	OK	533.70	755.90	533.99	1045.02	1.382	71.7	992.60	---	---	---
8	OK	228.60	912.30	228.56	942.16	1.033	72.6	900.66	---	---	---
9	OK	254.00	-899.00	254.22	-950.83	1.058	7.5	-908.49	---	---	---
10	OK	228.60	912.30	228.56	942.16	1.033	72.6	900.66	---	---	---
11	OK	254.00	786.80	254.22	950.83	1.208	72.5	908.49	---	---	---
12	OK	228.60	-778.20	228.56	-942.16	1.211	7.4	-900.66	---	---	---

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Yc max	Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0.00350	-0.00891	80.0	0.00126	73.8	-0.02322	6.2
2	0.00350	-0.01114	80.0	0.00085	73.8	-0.02801	6.2
3	0.00350	-0.01101	0.0	0.00088	6.2	-0.02773	73.8

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	101 di 152

4	0.00350	-0.01007	80.0	0.00105	73.8	-0.02571	6.2
5	0.00350	-0.00946	80.0	0.00116	73.8	-0.02440	6.2
6	0.00350	-0.01101	80.0	0.00088	73.8	-0.02773	6.2
7	0.00350	-0.01101	80.0	0.00088	73.8	-0.02773	6.2
8	0.00350	-0.01264	80.0	0.00058	73.8	-0.03124	6.2
9	0.00350	-0.01250	0.0	0.00061	6.2	-0.03093	73.8
10	0.00350	-0.01264	80.0	0.00058	73.8	-0.03124	6.2
11	0.00350	-0.01250	80.0	0.00061	73.8	-0.03093	6.2
12	0.00350	-0.01264	0.0	0.00058	6.2	-0.03124	73.8

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Check	Result of Check
Sc max	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]
Yc max	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Sc min	Min compression stress (+) in concrete [Mpa]
Yc min	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O)
Ss min	Min tension stress (-) of steel bars [Mpa]
Ys min	y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
hc eff.	Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
D bars	Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent)

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	2.71	80.0	0.00	30.5	-20.0	73.8	10.2	1018	31.4	6.3
2	OK	1.02	0.0	0.00	67.5	-1.5	6.2	4.2	421	31.4	6.3
3	OK	2.11	0.0	0.00	49.8	-15.3	6.2	10.1	1008	31.4	6.3
4	OK	3.20	80.0	0.00	40.7	-42.3	73.8	13.6	1358	31.4	6.3
5	OK	1.42	0.0	0.00	79.9	1.6	6.2	0.0	2	31.4	6.3
6	OK	1.02	0.0	0.00	67.5	-1.5	6.2	4.2	421	31.4	6.3

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])
k2	= 0.5 for bending; = (e1 + e2)/(2*e1) for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
k4	= 0.425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
∑ c	Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
r eff	Geometrical ratio As eff/Ac eff [eq.(7.10) EC2]
e sm - e cm	Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max	Max final crack [mm] spacing
wk	Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm)[eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
M crack	First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	∑ c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00013	0	0.500	20 5.2	0.031	0.000060 (0.00006)	287	0.017(0.20)	801.66
2	OK	-0.00001	0	0.500	20 5.2	0.075	0.000004 (0.00000)	222	0.001(0.20)	-1592.34
3	OK	-0.00010	0	0.500	20 5.2	0.031	0.000046 (0.00005)	286	0.013(0.20)	-807.21
4	OK	-0.00025	0	0.500	20 5.2	0.023	0.000127 (0.00013)	324	0.041(0.20)	633.08
5	OK	0.00000	0	0.500	20 5.2	13.866	0.000005 (0.00000)	177	0.001(0.20)	-238052.03

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	102 di 152

6 OK -0.00001 0 0.500 20|5.2 0.075 0.000004 (0.00000) 222 0.001(0.20) -1592.34

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	0.93	0.0	0.48	80.0	7.8	6.2	0.0	0	0.0	0.0
2	OK	1.03	80.0	0.16	0.0	3.5	73.8	0.0	0	0.0	0.0
3	OK	2.45	0.0	0.00	44.1	-24.9	6.2	12.0	1199	31.4	6.3
4	OK	4.08	80.0	0.00	47.3	-76.8	73.8	15.5	1550	31.4	6.3
5	OK	1.13	0.0	0.19	80.0	3.9	6.2	0.0	0	0.0	0.0
6	OK	2.42	80.0	0.00	32.7	-20.5	73.8	10.9	1094	31.4	6.3

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	0.00007	0	---	---	---	---	---	---	0.00
2	OK	0.00001	0	---	---	---	---	---	---	0.00
3	OK	-0.00015	0	0.500	20 5.2	0.026	0.000075 (0.00007)	307	0.023 (0.30)	-704.08
4	OK	-0.00044	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000231 (0.00023)	345	0.079 (0.30)	549.12
5	OK	0.00008	0	---	---	---	---	---	---	0.00
6	OK	-0.00013	0	0.500	20 5.2	0.029	0.000061 (0.00006)	295	0.018 (0.30)	757.65

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	1.77	0.0	0.00	42.2	-20.1	6.2	12.6	1265	31.4	6.3
2	OK	1.79	80.0	0.00	38.1	-20.6	73.8	12.8	1275	31.4	6.3
3	OK	1.77	0.0	0.00	42.2	-20.1	6.2	12.6	1265	31.4	6.3
4	OK	1.79	80.0	0.00	38.1	-20.6	73.8	12.8	1275	31.4	6.3
5	OK	0.65	80.0	0.21	0.0	3.6	73.8	0.0	0	0.0	0.0
6	OK	0.64	0.0	0.22	80.0	3.7	6.2	0.0	0	0.0	0.0

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00012	0	0.500	20 5.2	0.025	0.000060 (0.00006)	314	0.019 (0.20)	-673.42
2	OK	-0.00012	0	0.500	20 5.2	0.025	0.000062 (0.00006)	315	0.019 (0.20)	668.65
3	OK	-0.00012	0	0.500	20 5.2	0.025	0.000060 (0.00006)	314	0.019 (0.20)	-673.42
4	OK	-0.00012	0	0.500	20 5.2	0.025	0.000062 (0.00006)	315	0.019 (0.20)	668.65
5	OK	0.00002	0	---	---	---	---	---	---	0.00
6	OK	0.00005	0	---	---	---	---	---	---	0.00

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL [§ 7.3.2 EC2]

N.Comb.	SLS combination number
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent
Region	Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
k	Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
Ac eff	Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
Ned	SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
Sc	=Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
k1	Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
As reg	Area [cm?] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
As min	Minimum Area [cm?] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
1	Frequent	Web			0	---	---	---	0.00	0.0	0.0
2	Frequent	Web			0	---	---	---	0.00	0.0	0.0
3	Frequent	Web	0.65	0.20	2300	---	---	---	-346.95	31.4	2.0
4	Frequent	Web	0.65	0.30	2950	---	---	---	-444.86	31.4	3.9
5	Frequent	Web			0	---	---	---	0.00	0.0	0.0
6	Frequent	Web	0.65	0.17	2150	---	---	---	-322.40	31.4	1.6
1	Quasi-perm.	Web	0.65	0.22	2400	---	---	---	-362.75	31.4	2.3
2	Quasi-perm.	Web	0.65	0.23	2400	---	---	---	-365.32	31.4	2.4
3	Quasi-perm.	Web	0.65	0.22	2400	---	---	---	-362.75	31.4	2.3
4	Quasi-perm.	Web	0.65	0.23	2400	---	---	---	-365.32	31.4	2.4
5	Quasi-perm.	Web			0	---	---	---	0.00	0.0	0.0
6	Quasi-perm.	Web			0	---	---	---	0.00	0.0	0.0

Verifica a taglio

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5

• Caratteristiche della sezione

$b_w =$	1000	mm	larghezza	$f_{yk} =$	450	MPa	resist. caratteristica
$h =$	800	mm	altezza	$\gamma_s =$	1.15		coeff. sicurezza
$c =$	52	mm	copriferro	$f_{yd} =$	391.3	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} =$	32	MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:			
$\gamma_c =$	1.50		coeff. sicurezza	$A_{sl,1} =$	10	Ø	20 = 31.42 cm ²
$\alpha_{cc} =$	0.85		coeff. riduttivo	$A_{sl,2} =$	0	Ø	0 = 0.00 cm ²
$d =$	748	mm	altezza utile	$A_{sl,3} =$	0	Ø	0 = 0.00 cm ²
$f_{cd} =$	18.13	MPa	resist. di calcolo				31.42 cm ²

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

$N_{ed} =$	0.0	kN	$V_{ed} =$	193.0	kN
------------	-----	----	------------	-------	----

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$	$k =$	1.517	<2
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	$v_{min} =$	0.370	
$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02$	$\rho_1 =$	0.004	<0.02
$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	$\sigma_{cp} =$	0.00	MPa <0.2 fcd

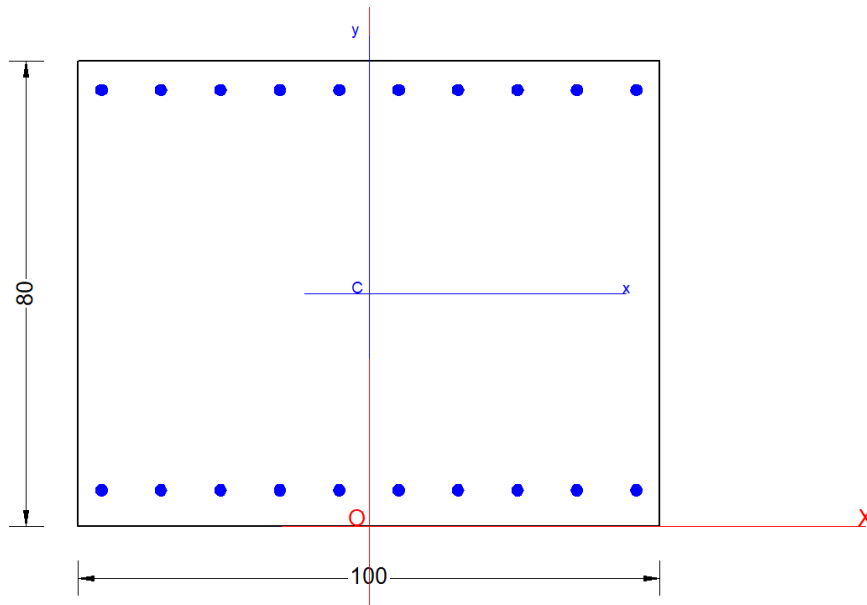
$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 323.8 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 276.7 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 323.8 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

10.8 S5 Piedritto – Mezzeria



Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m ²
1000	800	0.80

Copriferro

lato	c [mm]
esterno	52
interno	52

Materiali

Barre acciaio		Calcestruzzo	
Tipo	B450C	Tipo	C32/40
f_{yk}	450.0 N/mm ²	f_{ck}	32.0 N/mm ²
γ_M	1.15 -	R_{ck}	40.0 N/mm ²
f_{yd}	391.3 N/mm ²	rara	0.6 f_{ck} 19.2 N/mm ²
rara		qperm	
0.8 f_{yk}	360.0 N/mm ²	0.45 f_{ck}	14.4 N/mm ²

Armature

Lato esterno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	20	3140	62	
-	-	-	-	
Aa,tot = 3140				0.39

Lato interno				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	20	3140	62	
Aa,tot = 3140				0.39

GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Soletta superiore S5.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\07 Sottopasso\GA01_km_35+085\Rampa\Calculation\RC-SEC\rev_1\5\Soletta superiore S5.secEC)

Section description:

Reference code:

Exposure Class:

Structural member of belonging:

Section type:

Cross-section shape:

Stress path:

EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex

XC4 - Carbonation (cyclic wet and dry)

Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]

Predefined section

Rectangular

Constant axial force to achieve bending ULS

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	105 di 152

Reference of assigned forces: Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -	Class:	C32/40	
	Design compressive strength fcd:	18.1	MPa
	Shear reduced compressive strength v1*fcd:	9.1	MPa (6.9)EC2
	Coeff. Crd.c:	0.1200	§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff. K1:	0.1500	§ 6.2.2(1) EC2
	Coeff. v min:	0.0115	Mpa (§ 6.2.2(1) EC2
	Strain at max strength ec2:	0.0020	
	Ultimate strain ecu:	0.0035	
	Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle	
	Mean elastic modulus Ecm:	33345.8	MPa
	Mean tensile strength fctm:	3.0	MPa
	Es/Ec in SLS combination:	15.00	
	Stress limit Characteristic SLS:	19.2	MPa
	Stress limit Frequent SLS:	19.2	MPa
	wk lim =limit crack width Frequent SLS:	0.300	mm
	Coeff. k3:	3.4000	§ 7.3.4(3) EC2
	Coeff. k4:	0.4250	§ 7.3.4(3) EC2
	Stress limit Quasi-Permanent SLS:	14.4	MPa
	wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS:	0.200	mm
STEEL -	Longitudinal Bars:	B450C	
	Characteristic yield stress fyk:	450.0	MPa
	Tensile strength ftk:	540.0	MPa
	Design yield stress fyd:	391.3	MPa
	Design strength ftd:	391.3	MPa
	Design ultimate strain esu:	0.068	
	Mean elastic modulus Es:	200000.0	MPa
	Stirrups:	B500A	
	Characteristic yield stress fyk:	500.0	MPa
	Tensile strength ftk:	540.00	MPa
	Design yield stress fyd:	434.8	MPa
	Design strength ftd:	434.8	MPa
	Mean elastic modulus Es:	200000.0	MPa
	SLS Charact. - Ss Limit:	360.00	MPa

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

Width:	100.0	cm
Depth:	80.0	cm
Bottom bars:	10∩20	(31.4 cm?)
Top bars:	10∩20	(31.4 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	6.2	cm
Top Cover (from centroid of bar):	5.0	cm
Web Cover (from centroid of bar):	4.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

N	Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)
Mx	Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section
VY	Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y
T	Design torsional Moment [kN m]

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	826.40	323.70	14.10	0.00

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	106 di 152

2	357.20	256.60	-9.20	0.00
3	617.10	-367.70	-28.80	0.00
4	625.20	374.00	-12.90	0.00
5	702.90	-277.40	-87.80	0.00
6	774.80	334.30	19.10	0.00
7	417.40	-13.30	-112.70	0.00
8	119.80	93.20	-118.60	0.00
9	399.50	-164.70	-117.30	0.00
10	417.40	169.20	119.10	0.00
11	137.70	-58.20	-123.20	0.00
12	119.80	60.20	123.40	0.00

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	607.20	252.70
2	270.10	-56.10
3	451.60	-289.70
4	484.90	290.80
5	519.60	-255.90
6	569.60	258.20

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	520.40	-24.60
2	422.80	30.60
3	449.30	-289.30
4	468.30	295.80
5	474.80	-281.70
6	493.70	288.20

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	268.60	-132.60
2	268.60	132.30
3	268.60	-132.60
4	268.60	132.30
5	268.60	-21.30
6	268.60	21.10

CHECKS RESULTS

Checks of section OK for all assigned combinations

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	107 di 152

Min edge cover of longitudinal bars:	3.0	cm
Min edge distance between longitudinal bars:	8.2	cm
Min edge cover of stirrups:	3.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

Check	Result of check
N	Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx	Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult	Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F.	Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral	Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn.	Yielding bending moment [kNm]
x/d	Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D	Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension	Area bars in tension zone [cm ²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

As Tension Area bars in tension zone [cm²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

1	OK	826.40	323.70	826.32	1154.16	3.571	71.8	1085.15	---	---	---
2	OK	357.20	256.60	357.43	992.52	3.871	73.2	945.05	---	---	---
3	OK	617.10	-367.70	617.27	-1087.61	2.955	8.5	-1031.02	---	---	---
4	OK	625.20	374.00	625.03	1085.09	2.904	72.4	1025.83	---	---	---
5	OK	702.90	-277.40	702.92	-1116.21	4.017	8.8	-1056.13	---	---	---
6	OK	774.80	334.30	774.78	1136.51	3.405	72.0	1070.05	---	---	---
7	OK	417.40	-13.30	417.67	-1020.68	74.731	7.9	-971.87	---	---	---
8	OK	119.80	93.20	119.98	909.79	9.772	73.8	871.80	---	---	---
9	OK	399.50	-164.70	399.36	-1014.53	6.149	7.9	-966.44	---	---	---
10	OK	417.40	169.20	417.64	1013.40	6.000	73.0	963.36	---	---	---
11	OK	137.70	-58.20	137.60	-926.15	15.883	7.2	-886.85	---	---	---
12	OK	119.80	60.20	119.98	909.79	15.137	73.8	871.80	---	---	---

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Yc max	Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0.00350	-0.01117	80.0	0.00136	75.0	-0.02807	6.2
2	0.00350	-0.01410	80.0	0.00093	75.0	-0.03438	6.2
3	0.00350	-0.01060	0.0	0.00095	6.2	-0.02735	75.0
4	0.00350	-0.01238	80.0	0.00118	75.0	-0.03068	6.2
5	0.00350	-0.01018	0.0	0.00103	6.2	-0.02642	75.0
6	0.00350	-0.01147	80.0	0.00132	75.0	-0.02873	6.2
7	0.00350	-0.01162	0.0	0.00077	6.2	-0.02957	75.0
8	0.00350	-0.01574	80.0	0.00069	75.0	-0.03792	6.2
9	0.00350	-0.01171	0.0	0.00075	6.2	-0.02978	75.0
10	0.00350	-0.01371	80.0	0.00099	75.0	-0.03354	6.2
11	0.00350	-0.01313	0.0	0.00049	6.2	-0.03289	75.0
12	0.00350	-0.01574	80.0	0.00069	75.0	-0.03792	6.2

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Check	Result of Check
Sc max	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]
Yc max	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Sc min	Min compression stress (+) in concrete [Mpa]
Yc min	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O)
Ss min	Min tension stress (-) of steel bars [Mpa]
Ys min	y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
hc eff.	Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
D bars	Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent)

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	3.11	80.0	0.00	40.8	-41.3	75.0	13.6	1361	31.4	9.7
2	OK	0.74	0.0	0.00	66.2	-1.5	6.2	4.7	467	31.4	9.7
3	OK	3.54	0.0	0.00	31.4	-74.2	6.2	12.5	1250	31.4	9.7
4	OK	3.56	80.0	0.00	48.2	-70.6	75.0	15.5	1550	31.4	9.7
5	OK	3.14	0.0	0.00	35.8	-51.9	6.2	12.5	1250	31.4	9.7
6	OK	3.18	80.0	0.00	42.9	-47.2	75.0	14.3	1431	31.4	9.7

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])
k2	= 0.5 for bending; = (e1 + e2)/(2*e1) for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
k4	= 0.425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
Ш c	Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
r eff	Geometrical ratio As eff/Ac eff [eq.(7.10) EC2]
e sm - e cm	Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max	Max final crack [mm] spacing
wk	Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm)[eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
M crack	First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00024	0	0.500	20 5.2	0.023	0.000124 (0.00012)	324	0.040(0.20)	637.23
2	OK	-0.00001	0	0.500	20 4.0	0.067	0.000005 (0.00000)	186	0.001(0.20)	-1468.81
3	OK	-0.00041	0	0.500	20 4.0	0.025	0.000222 (0.00022)	271	0.060(0.20)	-531.97
4	OK	-0.00041	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000212 (0.00021)	345	0.073(0.20)	542.77
5	OK	-0.00029	0	0.500	20 4.0	0.025	0.000156 (0.00016)	271	0.042(0.20)	-586.12
6	OK	-0.00028	0	0.500	20 5.2	0.022	0.000142 (0.00014)	332	0.047(0.20)	608.87

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	0.77	0.0	0.40	80.0	6.3	6.2	0.0	0	0.0	0.0
2	OK	0.70	80.0	0.25	0.0	4.2	75.0	0.0	0	0.0	0.0
3	OK	3.53	0.0	0.00	31.4	-74.3	6.2	12.5	1250	31.4	9.7
4	OK	3.62	80.0	0.00	49.0	-74.9	75.0	15.5	1550	31.4	9.7
5	OK	3.45	0.0	0.00	32.6	-67.9	6.2	12.5	1250	31.4	9.7
6	OK	3.53	80.0	0.00	47.8	-68.5	75.0	15.5	1550	31.4	9.7

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	0.00006	0	---	---	---	---	---	---	0.00
2	OK	0.00002	0	---	---	---	---	---	---	0.00
3	OK	-0.00041	0	0.500	20 4.0	0.025	0.000223 (0.00022)	271	0.060 (0.30)	-531.37
4	OK	-0.00043	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000225 (0.00022)	345	0.077 (0.30)	533.70
5	OK	-0.00038	0	0.500	20 4.0	0.025	0.000204 (0.00020)	271	0.055 (0.30)	-545.50
6	OK	-0.00039	0	0.500	20 5.2	0.020	0.000205 (0.00021)	345	0.071 (0.30)	547.80

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	1.63	0.0	0.00	35.8	-27.0	6.2	12.5	1250	31.4	9.7
2	OK	1.63	80.0	0.00	44.7	-26.7	75.0	14.9	1492	31.4	9.7
3	OK	1.63	0.0	0.00	35.8	-27.0	6.2	12.5	1250	31.4	9.7
4	OK	1.63	80.0	0.00	44.7	-26.7	75.0	14.9	1492	31.4	9.7
5	OK	0.46	0.0	0.14	80.0	2.4	6.2	0.0	0	0.0	0.0
6	OK	0.46	80.0	0.14	0.0	2.5	75.0	0.0	0	0.0	0.0

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00015	0	0.500	20 4.0	0.025	0.000081 (0.00008)	271	0.022 (0.20)	-585.51
2	OK	-0.00015	0	0.500	20 5.2	0.021	0.000080 (0.00008)	338	0.027 (0.20)	585.59
3	OK	-0.00015	0	0.500	20 4.0	0.025	0.000081 (0.00008)	271	0.022 (0.20)	-585.51
4	OK	-0.00015	0	0.500	20 5.2	0.021	0.000080 (0.00008)	338	0.027 (0.20)	585.59
5	OK	0.00003	0	---	---	---	---	---	---	0.00
6	OK	0.00001	0	---	---	---	---	---	---	0.00

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb.	SLS combination number
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent
Region	Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
k	Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
Ac eff	Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
Ned	SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
Sc	=Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
k1	Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
As reg	Area [cm?] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
As min	Minimum Area [cm?] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
---------	-----------	--------	---	----	--------	-----	----	----	-----	--------	--------

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	110 di 152

1	Frequent	Web		0	---	---	---	0.00	0.0	0.0
2	Frequent	Web		0	---	---	---	0.00	0.0	0.0
3	Frequent	Web	0.65	0.32	3050	---	---	-462.61	31.4	4.2
4	Frequent	Web	0.65	0.32	3050	---	---	-461.51	31.4	4.2
5	Frequent	Web	0.65	0.31	3000	---	---	-450.57	31.4	4.0
6	Frequent	Web	0.65	0.31	2950	---	---	-449.64	31.4	4.0
1	Quasi-perm.	Web	0.65	0.28	2800	---	---	-419.68	31.4	3.5
2	Quasi-perm.	Web	0.65	0.28	2800	---	---	-420.72	31.4	3.5
3	Quasi-perm.	Web	0.65	0.28	2800	---	---	-419.68	31.4	3.5
4	Quasi-perm.	Web	0.65	0.28	2800	---	---	-420.72	31.4	3.5
5	Quasi-perm.	Web			0	---	---	0.00	0.0	0.0
6	Quasi-perm.	Web			0	---	---	0.00	0.0	0.0

Verifica a taglio

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5

• **Caratteristiche della sezione**

$b_w = 1000$ mm	larghezza	$f_{yk} = 450$ MPa	resist. caratteristica
$h = 800$ mm	altezza	$\gamma_s = 1.15$	coeff. sicurezza
$c = 52$ mm	copriferro	$f_{yd} = 391.3$ MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$ MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:	
$\gamma_c = 1.50$	coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10 \text{ } \emptyset$	$20 = 31.42 \text{ cm}^2$
$\alpha_{cc} = 0.85$	coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0 \text{ } \emptyset$	$0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$d = 748$ mm	altezza utile	$A_{sl,3} = 0 \text{ } \emptyset$	$0 = 0.00 \text{ cm}^2$
$f_{cd} = 18.13$ MPa	resist. di calcolo		31.42 cm^2

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

$N_{ed} = 0.0$ kN	$V_{ed} = 125.0$ kN
-------------------	---------------------

• **Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$	$k = 1.517$	< 2
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	$v_{min} = 0.370$	
$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02$	$\rho_1 = 0.004$	< 0.02
$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	$\sigma_{cp} = 0.00$	MPa $< 0.2 f_{cd}$

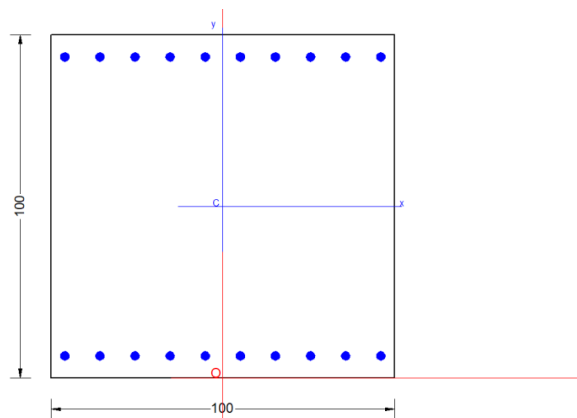
$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 323.8 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 276.7 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 323.8 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

10.9 S6 Soletta di fondazione – Appoggio



RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	111 di 152

Sezione

Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m ²
1000	1000	1.00

Copriferro

lato	c [mm]
esterno	52
interno	52

Materiali

Barre acciaio			Calcestruzzo		
Tipo	B450C		Tipo	C25/30	
f_{yk}	450.0	N/mm ²	f_{ck}	25.0	N/mm ²
γ_M	1.15	-	R_{ck}	30.0	N/mm ²
f_{yd}	391.3	N/mm ²	rar		
rara			0.6 f_{ck}	15.0	N/mm ²
0.8 f_{yk}	360.0	N/mm ²	qperm		
			0.45 f_{ck}	11.25	N/mm ²

Armature

Lato inferiore				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	26	5310	65	
-	-	-	-	
Aa,tot =		5310		0.53

Lato superiore				
n	ϕ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	26	5310	65	
Aa,tot =		5310		0.53

GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Soletta superiore S6.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\07 Sottopasso\GA01_km_35+085\Rampal\Calculation\RC-SEC\rev_1\1S6\Soletta superiore S6.secEC)

Section description:

Reference code: EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex
 Exposure Class: XC4 - Carbonation (cyclic wet and dry)
 Structural member of belonging: Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]
 Section type: Predefined section
 Cross-section shape: Rectangular
 Stress path: Constant axial force to achieve bending ULS
 Reference of assigned forces: Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -

Class:	C25/30
Design compressive strength f_{cd} :	14.2 MPa
Shear reduced compressive strength $v_1 \cdot f_{cd}$:	7.1 MPa (6.9)EC2
Coeff. α_{cr} :	0.1200 § 6.2.2(1) EC2
Coeff. k_1 :	0.1500 § 6.2.2(1) EC2
Coeff. ν min:	0.0102 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2)
Strain at max strength ϵ_{c2} :	0.0020
Ultimate strain ϵ_{cu} :	0.0035
Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle
Mean elastic modulus E_{cm} :	31475.8 MPa
Mean tensile strength f_{ctm} :	2.6 MPa
Es/Ec in SLS combination:	15.00
Stress limit Characteristic SLS:	15.0 MPa
Stress limit Frequent SLS:	15.0 MPa
wk lim =limit crack width Frequent SLS:	0.300 mm
Coeff. k_3 :	3.4000 § 7.3.4(3) EC2
Coeff. k_4 :	0.4250 § 7.3.4(3) EC2

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	112 di 152

Stress limit Quasi-Permanent SLS: 11.3 MPa
wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS: 0.200 mm

STEEL -	Longitudinal Bars:	B450C
	Characteristic yield stress fyk:	450.0 MPa
	Tensile strength ftk:	540.0 MPa
	Design yield stress fyd:	391.3 MPa
	Design strength ftd:	391.3 MPa
	Design ultimate strain esu:	0.068
	Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
	Stirrups:	B500A
	Characteristic yield stress fyk:	500.0 MPa
	Tensile strength ftk:	540.00 MPa
	Design yield stress fyd:	434.8 MPa
	Design strength ftd:	434.8 MPa
	Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
	SLS Charact. - Ss Limit:	360.00 MPa

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

Width:	100.0	cm
Depth:	100.0	cm
Bottom bars:	10U26	(53.1 cm?)
Top bars:	10U26	(53.1 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	6.5	cm
Top Cover (from centroid of bar):	6.5	cm
Web Cover (from centroid of bar):	4.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

N	Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)
Mx	Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section
VY	Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y
T	Design torsional Moment [kN m]

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	85.70	389.20	473.80	0.00
2	-77.40	-229.50	-385.60	0.00
3	-67.30	-383.20	-378.90	0.00
4	75.60	542.90	480.50	0.00
5	-23.60	91.70	-470.10	0.00
6	16.40	251.60	535.70	0.00
7	207.20	757.80	294.40	0.00
8	-171.10	-613.80	122.10	0.00
9	-164.50	-724.90	102.20	0.00
10	202.60	878.50	284.60	0.00
11	186.60	856.80	-298.70	0.00
12	207.20	757.80	294.40	0.00

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
---------	---	----

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	113 di 152

1	29.70	89.20
2	-20.40	57.80
3	-4.90	-110.80
4	12.10	233.40
5	-17.10	79.80
6	10.60	189.80

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	35.50	80.90
2	-30.10	38.00
3	-16.10	-175.50
4	21.50	294.40
5	-7.60	165.60
6	6.00	208.30

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	24.20	35.30
2	8.00	120.20
3	15.00	13.50
4	17.20	142.10
5	10.80	138.60
6	17.20	142.10

CHECKS RESULTS

Min edge cover of longitudinal bars: 2.7 cm
Min edge distance between longitudinal bars: 7.6 cm
Min edge cover of stirrups: 2.7 cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

Check	Result of check
N	Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx	Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult	Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F.	Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral	Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn.	Yielding bending moment [kNm]
x/d	Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D	Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension	Area bars in tension zone [cm?] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

As Tension Area bars in tension zone [cm?] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

1	OK	85.70	389.20	85.70	1872.90	4.812	90.8	1795.81	---	---	---
2	OK	-77.40	-229.50	-77.67	-1802.28	7.853	8.8	-1734.11	---	---	---

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	114 di 152

3	OK	-67.30	-383.20	-67.43	-1806.70	4.715	8.9	-1737.84	---	---	---
4	OK	75.60	542.90	75.73	1868.59	3.442	90.8	1791.95	---	---	---
5	OK	-23.60	91.70	-23.69	1825.61	19.909	91.0	1754.48	---	---	---
6	OK	16.40	251.60	16.37	1842.93	7.325	90.9	1769.64	---	---	---
7	OK	207.20	757.80	207.22	1925.25	2.541	90.4	1841.32	---	---	---
8	OK	-171.10	-613.80	-171.01	-1761.87	2.870	8.6	-1698.21	---	---	---
9	OK	-164.50	-724.90	-164.52	-1764.68	2.434	8.6	-1700.76	---	---	---
10	OK	202.60	878.50	202.45	1923.20	2.189	90.5	1839.51	---	---	---
11	OK	186.60	856.80	186.79	1916.45	2.237	90.5	1833.58	---	---	---
12	OK	207.20	757.80	207.22	1925.25	2.541	90.4	1841.32	---	---	---

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Yc max	Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0.00350	-0.01272	100.0	0.00104	93.5	-0.03189	6.5
2	0.00350	-0.01346	0.0	0.00093	6.5	-0.03350	93.5
3	0.00350	-0.01341	0.0	0.00094	6.5	-0.03340	93.5
4	0.00350	-0.01277	100.0	0.00103	93.5	-0.03199	6.5
5	0.00350	-0.01322	100.0	0.00096	93.5	-0.03297	6.5
6	0.00350	-0.01304	100.0	0.00099	93.5	-0.03258	6.5
7	0.00350	-0.01220	100.0	0.00112	93.5	-0.03075	6.5
8	0.00350	-0.01388	0.0	0.00086	6.5	-0.03443	93.5
9	0.00350	-0.01385	0.0	0.00087	6.5	-0.03436	93.5
10	0.00350	-0.01222	100.0	0.00112	93.5	-0.03079	6.5
11	0.00350	-0.01229	100.0	0.00111	93.5	-0.03094	6.5
12	0.00350	-0.01220	100.0	0.00112	93.5	-0.03075	6.5

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Check	Result of Check
Sc max	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]
Yc max	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Sc min	Min compression stress (+) in concrete [Mpa]
Yc min	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O)
Ss min	Min tension stress (-) of steel bars [Mpa]
Ys min	y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
hc eff.	Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
D bars	Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent)

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	0.56	100.0	0.00	69.2	-17.2	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
2	OK	0.33	100.0	0.00	76.3	-14.5	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
3	OK	0.66	0.0	0.00	26.8	-24.9	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
4	OK	1.42	100.0	0.00	72.2	-50.5	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
5	OK	0.46	100.0	0.00	75.0	-19.1	93.5	16.3	1625	53.1	9.7

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

6 OK 1.15 100.0 0.00 72.2 -41.0 93.5 16.3 1625 53.1 9.7

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])
k2	= 0.5 for bending; $= (e1 + e2) / (2 * e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
k4	= 0.425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
Ш c	Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
r eff	Geometrical ratio $A_{s\text{ eff}} / A_{c\text{ eff}}$ [eq.(7.10) EC2]
e sm - e cm	Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)]
sr max	Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = $0.6 S_{\text{max}} / E_s$
wk	Max final crack [mm] spacing
M crack	Calculated value [mm] of crack width = $sr\text{ max} * (e\text{ sm} - e\text{ cm}) [eq.(7.8)]$. Limit value of wk is shown between brackets
	First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00009	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000052 (0.00005)	312	0.016(0.20)	622.70
2	OK	-0.00008	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000044 (0.00004)	312	0.014(0.20)	544.49
3	OK	-0.00014	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000075 (0.00007)	312	0.023(0.20)	-577.11
4	OK	-0.00028	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000152 (0.00015)	312	0.047(0.20)	588.08
5	OK	-0.00010	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000057 (0.00006)	312	0.018(0.20)	558.67
6	OK	-0.00023	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000123 (0.00012)	312	0.038(0.20)	588.54

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	0.52	100.0	0.00	68.0	-14.9	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
2	OK	0.19	100.0	0.00	80.5	-11.1	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
3	OK	1.04	0.0	0.00	26.3	-40.2	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
4	OK	1.79	100.0	0.00	72.0	-63.2	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
5	OK	0.99	100.0	0.00	73.3	-37.2	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
6	OK	1.26	100.0	0.00	72.5	-45.5	93.5	16.3	1625	53.1	9.7

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00008	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000045 (0.00004)	312	0.014 (0.30)	636.81
2	OK	-0.00006	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000033 (0.00003)	312	0.010 (0.30)	503.96
3	OK	-0.00022	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000120 (0.00012)	312	0.038 (0.30)	-571.84
4	OK	-0.00035	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000190 (0.00019)	312	0.059 (0.30)	590.55
5	OK	-0.00020	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000112 (0.00011)	312	0.035 (0.30)	576.92
6	OK	-0.00025	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000137 (0.00014)	312	0.043 (0.30)	585.41

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	0.23	100.0	0.00	65.0	-5.8	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
2	OK	0.73	100.0	0.00	72.1	-25.9	93.5	16.3	1625	53.1	9.7

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	116 di 152

3	OK	0.09	100.0	0.00	59.4	-1.8	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
4	OK	0.87	100.0	0.00	71.5	-29.9	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
5	OK	0.85	100.0	0.00	72.0	-29.7	93.5	16.3	1625	53.1	9.7
6	OK	0.87	100.0	0.00	71.5	-29.9	93.5	16.3	1625	53.1	9.7

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	W c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00003	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000017 (0.00002)	312	0.005 (0.20)	672.34
2	OK	-0.00014	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000078 (0.00008)	312	0.024 (0.20)	589.79
3	OK	-0.00001	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000005 (0.00001)	312	0.002 (0.20)	743.92
4	OK	-0.00016	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000090 (0.00009)	312	0.028 (0.20)	596.24
5	OK	-0.00016	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000089 (0.00009)	312	0.028 (0.20)	591.12
6	OK	-0.00016	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000090 (0.00009)	312	0.028 (0.20)	596.24

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb.	SLS combination number
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent
Region	Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
k	Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
Ac eff	Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
Ned	SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
Sc	=Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
k1	Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
As reg	Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
As min	Minimum Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
1	Frequent	Web	0.65	0.37	4550	241.05	2.41	1.50	---	53.1	6.3
2	Frequent	Web	0.65	0.48	5800	-344.34	-3.44	0.67	---	53.1	10.3
3	Frequent	Web	0.65	0.41	5100	-45.25	-0.45	0.67	---	53.1	7.8
4	Frequent	Web	0.65	0.40	4950	37.20	0.37	1.50	---	53.1	7.3
5	Frequent	Web	0.65	0.41	5050	-22.84	-0.23	0.67	---	53.1	7.6
6	Frequent	Web	0.65	0.40	4950	14.55	0.15	1.50	---	53.1	7.3
1	Quasi-perm.	Web	0.65	0.36	4350	397.60	3.98	1.50	---	53.1	5.8
2	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4950	33.86	0.34	1.50	---	53.1	7.3
3	Quasi-perm.	Web	0.65	0.33	3900	713.01	7.13	1.50	---	53.1	4.7
4	Quasi-perm.	Web	0.65	0.39	4900	62.25	0.62	1.50	---	53.1	7.1
5	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	4900	39.73	0.40	1.50	---	53.1	7.2
6	Quasi-perm.	Web	0.65	0.39	4900	62.25	0.62	1.50	---	53.1	7.1

Verifica a taglio

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5

• Caratteristiche della sezione

$b_w =$	1000	mm	larghezza	$f_{yk} =$	450	MPa	resist. caratteristica	
$h =$	1000	mm	altezza	$\gamma_s =$	1.15		coeff. sicurezza	
$c =$	52	mm	copriferro	$f_{yd} =$	391.3	MPa	resist. di calcolo	
$f_{ck} =$	25	MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:				
$\gamma_c =$	1.50		coeff. sicurezza	$A_{sl,1} =$	10	Ø	26 = 53.09	cm ²
$\alpha_{cc} =$	0.85		coeff. riduttivo	$A_{sl,2} =$	0	Ø	0 = 0.00	cm ²
$d =$	948	mm	altezza utile	$A_{sl,3} =$	0	Ø	0 = 0.00	cm ²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

$f_{cd} = 14.17$ MPa resist. di calcolo 53.09 cm²

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

$N_{ed} = 0.0$ kN $V_{ed} = 481.0$ kN

• **Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$ $k = 1.459$ < 2
 $v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$ $v_{min} = 0.309$
 $\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02$ $\rho_1 = 0.006$ < 0.02
 $\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$ $\sigma_{cp} = 0.00$ MPa f_{cd}

$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$
 $V_{Rd} = 400.1$ kN; (con $(v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 292.5$ kN)

$V_{Rd} = 400.1$ kN valore di calcolo

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

• **Elementi con armature trasversali resistenti a taglio**

$\theta = 22.0$ ° inclinaz. bielle cls angolo ammissibile
 $\alpha = 90.0$ ° inclinaz. Uncini

Armatura a taglio:

$A_{sw}/s =$ uncini Ø **12** mm con n° uncini (trasv) **2** passo **30** cm = 0.075 cm²/cm

$V_{Rsd} = 0.90 \times d \times (A_{sw}/s) \times f_{yd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) \times \text{sen} \alpha$ $V_{Rsd} = 623.1$ kN

$f'_{cd} = 7.08$ MPa resist. di calcolo ridotta

$\alpha_c = 1.000$ coeff. maggiorativo

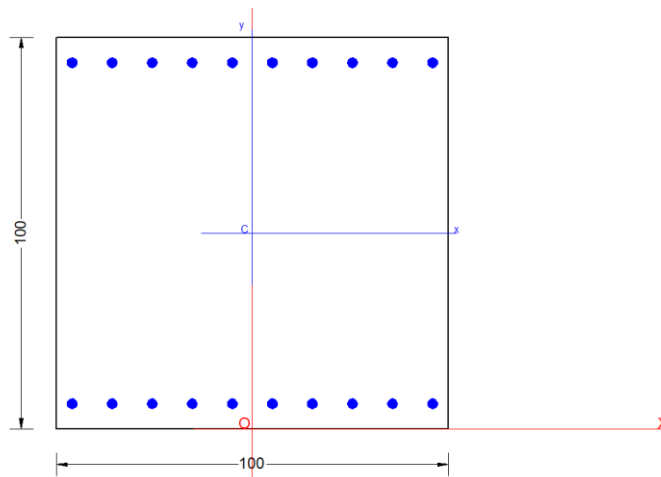
$V_{Rcd} = 0.90 \times d \times b_w \times \alpha_c \times f'_{cd} \times (\cotg \alpha + \cotg \theta) / (1 + \cotg^2 \alpha)$ $V_{Rcd} = 2099.1$ kN

$V_{Rd} = \min(V_{Rcd}, V_{Rsd})$ $V_{Rd} = 623.1 > 481.0$ kN c.s. = 1.3

la sezione armata a taglio risulta verificata.

Nota. L'armatura disposta non è costituita da staffe ma da uncini di collegamento tra i ferri longitudinali.

10.10S7 Soletta di fondazione – Mezzeria



RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	118 di 152

Sezione

Carpenteria

b	h	Acls
mm	mm	m ²
1000	1000	1.00

Copriferro

lato	c [mm]
esterno	52
interno	52

Materiali

Barre acciaio			Calcestruzzo		
Tipo	B450C		Tipo	C25/30	
f _{yk}	450.0	N/mm ²	f _{ck}	25.0	N/mm ²
γ _M	1.15	-	R _{ck}	30.0	N/mm ²
f _{yd}	391.3	N/mm ²	rar		
rara			0.6 f _{ck}	15.0	N/mm ²
0.8f _{yk}	360.0	N/mm ²	qperm		
			0.45 f _{ck}	11.25	N/mm ²

Armature

Lato esterno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	26	5310	65	
Aa,tot =			5310	0.53

Lato interno				
n	φ	Aa	c'	Aa/Acls
-	mm	mm ²	mm	%
10	26	5310	65	
Aa,tot =			5310	0.53

GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Soletta superiore S7.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\07 Sottopasso\GA01_km_35+085\Rampal\Calculation\RC-SEC\rev_1\1S7\Soletta superiore S7.secEC)

Section description:	
Reference code:	EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex
Exposure Class:	XC4 - Carbonation (cyclic wet and dry)
Structural member of belonging:	Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]
Section type:	Predefined section
Cross-section shape:	Rectangular
Stress path:	Constant axial force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces:	Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -	Class:	C25/30
	Design compressive strength f _{cd} :	14.2 MPa
	Shear reduced compressive strength v ₁ *f _{cd} :	7.1 MPa (6.9)EC2
	Coeff. Crd,c:	0.1200 § 6.2.2(1) EC2
	Coeff. K1:	0.1500 § 6.2.2(1) EC2
	Coeff. v min:	0.0102 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2)
	Strain at max strength ec2:	0.0020
	Ultimate strain ecu:	0.0035
	Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle
	Mean elastic modulus E _{cm} :	31475.8 MPa
	Mean tensile strength f _{ctm} :	2.6 MPa
	Es/Ec in SLS combination:	15.00
	Stress limit Characteristic SLS:	15.0 MPa
	Stress limit Frequent SLS:	15.0 MPa
	wk lim =limit crack width Frequent SLS:	0.300 mm
	Coeff. k3:	3.4000 § 7.3.4(3) EC2
	Coeff. k4:	0.4250 § 7.3.4(3) EC2
	Stress limit Quasi-Permanent SLS:	11.3 MPa
	wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS:	0.200 mm

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	119 di 152

STEEL -	Longitudinal Bars:	B450C
	Characteristic yield stress fyk:	450.0 MPa
	Tensile strength ftk:	540.0 MPa
	Design yield stress fyd:	391.3 MPa
	Design strength ftd:	391.3 MPa
	Design ultimate strain esu:	0.068
	Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
	Stirrups:	B500A
	Characteristic yield stress fyk:	500.0 MPa
	Tensile strength ftk:	540.00 MPa
	Design yield stress fyd:	434.8 MPa
	Design strength ftd:	434.8 MPa
	Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
	SLS Charact. - Ss Limit:	360.00 MPa

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

Width:	100.0	cm
Depth:	100.0	cm
Bottom bars:	10∩26	(53.1 cm?)
Top bars:	10∩26	(53.1 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	6.5	cm
Top Cover (from centroid of bar):	6.5	cm
Web Cover (from centroid of bar):	4.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

N	Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)
Mx	Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section
Vy	Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y
T	Design torsional Moment [kN m]

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	-85.70	-667.95	175.86	0.00
2	77.35	-554.61	62.81	0.00
3	-17.43	-801.85	76.25	0.00
4	-35.73	-157.83	16.24	0.00
5	-5.40	-400.96	-59.11	0.00
6	-75.64	-531.09	177.05	0.00
7	-207.19	-299.50	270.29	0.00
8	171.08	-211.35	-205.01	0.00
9	150.54	-487.34	241.47	0.00
10	-202.59	45.00	234.26	0.00
11	-186.65	-211.35	-271.05	0.00
12	-207.19	-299.50	270.29	0.00

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	-29.66	-488.13

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

2	20.42	-482.82
3	-11.94	-596.87
4	12.04	-596.87
5	13.39	-452.99
6	-18.79	-381.04

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	-35.50	-529.98
2	30.08	-372.57
3	16.11	-571.06
4	-21.54	-291.24
5	6.22	-339.48
6	-34.64	-517.32

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)
Mx Moment force [kNm] around x axis
with positive direction if such as to compress the upper edge of the section

Comb.N.	N	Mx
1	-24.22	-277.00
2	-8.05	-198.29
3	-21.43	-293.33
4	-15.03	-293.33
5	-10.84	-181.96
6	-17.24	-181.96

CHECKS RESULTS

Min edge cover of longitudinal bars: 2.7 cm
Min edge distance between longitudinal bars: 7.6 cm
Min edge cover of stirrups: 2.7 cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

Check	Result of check
N	Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx	Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult	Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F.	Safety factor = vectorial ratio of (N ult,Mx ult) to (N,Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral	Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn.	Yielding bending moment [kNm]
x/d	Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D	Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension	Area bars in tension zone [cm ²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

As TensionArea bars in tension zone [cm²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

1	OK	-85.70	-667.95	-85.79	-1798.77	2.693	8.8	-1730.92	---	---	---
2	OK	77.35	-554.61	77.39	-1869.31	3.371	9.2	-1792.57	---	---	---
3	OK	-17.43	-801.85	-17.35	-1828.36	2.280	9.0	-1756.75	---	---	---
4	OK	-35.73	-157.83	-35.97	-1820.30	11.534	8.9	-1749.81	---	---	---

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	121 di 152

5	OK	-5.40	-400.96	-5.52	-1833.47	4.573	9.0	-1761.31	---	---	---
6	OK	-75.64	-531.09	-75.54	-1803.20	3.395	8.9	-1734.70	---	---	---
7	OK	-207.19	-299.50	-207.25	-1746.16	5.830	8.5	-1684.41	---	---	---
8	OK	171.08	-211.35	171.08	-1909.68	9.036	9.5	-1827.80	---	---	---
9	OK	150.54	-487.34	150.50	-1900.82	3.900	9.4	-1820.16	---	---	---
10	OK	-202.59	45.00	-202.35	1748.28	38.850	91.4	1686.17	---	---	---
11	OK	-186.65	-211.35	-186.86	-1754.99	8.304	8.6	-1692.29	---	---	---
12	OK	-207.19	-299.50	-207.25	-1746.16	5.830	8.5	-1684.41	---	---	---

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Yc max	Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0.00350	-0.01349	0.0	0.00092	6.5	-0.03357	93.5
2	0.00350	-0.01276	0.0	0.00103	6.5	-0.03197	93.5
3	0.00350	-0.01319	0.0	0.00097	6.5	-0.03291	93.5
4	0.00350	-0.01327	0.0	0.00096	6.5	-0.03309	93.5
5	0.00350	-0.01314	0.0	0.00098	6.5	-0.03279	93.5
6	0.00350	-0.01345	0.0	0.00093	6.5	-0.03348	93.5
7	0.00350	-0.01405	0.0	0.00084	6.5	-0.03479	93.5
8	0.00350	-0.01235	0.0	0.00110	6.5	-0.03109	93.5
9	0.00350	-0.01244	0.0	0.00108	6.5	-0.03128	93.5
10	0.00350	-0.01403	100.0	0.00084	93.5	-0.03474	6.5
11	0.00350	-0.01396	0.0	0.00085	6.5	-0.03459	93.5
12	0.00350	-0.01405	0.0	0.00084	6.5	-0.03479	93.5

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Check	Result of Check
Sc max	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]
Yc max	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Sc min	Min compression stress (+) in concrete [Mpa]
Yc min	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O)
Ss min	Min tension stress (-) of steel bars [Mpa]
Ys min	y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
hc eff	Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
D bars	Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent)

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	2.90	0.0	0.00	26.4	-110.4	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
2	OK	2.91	0.0	0.00	27.5	-104.9	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
3	OK	3.57	0.0	0.00	26.8	-132.9	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
4	OK	3.59	0.0	0.00	27.3	-130.8	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
5	OK	2.73	0.0	0.00	27.4	-98.9	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
6	OK	2.27	0.0	0.00	26.5	-85.8	6.5	16.3	1625	53.1	9.7

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])
k2	= 0.5 for bending; $= (e1 + e2)/(2 \cdot e1)$ for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
k4	= 0.425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
Σc	Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
r eff	Geometrical ratio $A_s \text{ eff}/A_c \text{ eff}$ [eq.(7.10) EC2]
e sm - e cm	Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = $0.6 S_{max} / E_s$
sr max	Max final crack [mm] spacing
wk	Calculated value [mm] of crack width = $sr \text{ max} \cdot (e \text{ sm} - e \text{ cm})$ [eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
M crack	First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Σc	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00061	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000331 (0.00033)	312	0.103(0.20)	-575.26
2	OK	-0.00058	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000315 (0.00031)	312	0.098(0.20)	-586.97
3	OK	-0.00073	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000399 (0.00040)	312	0.124(0.20)	-579.84
4	OK	-0.00072	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000392 (0.00039)	312	0.122(0.20)	-584.41
5	OK	-0.00054	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000297 (0.00030)	312	0.093(0.20)	-585.50
6	OK	-0.00047	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000257 (0.00026)	312	0.080(0.20)	-576.54

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	3.14	0.0	0.00	26.3	-120.1	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
2	OK	2.27	0.0	0.00	28.1	-79.7	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
3	OK	3.44	0.0	0.00	27.3	-124.8	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
4	OK	1.74	0.0	0.00	26.4	-66.2	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
5	OK	2.05	0.0	0.00	27.4	-74.5	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
6	OK	3.07	0.0	0.00	26.3	-117.3	6.5	16.3	1625	53.1	9.7

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Σc	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00066	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000360 (0.00036)	312	0.112 (0.30)	-574.57
2	OK	-0.00044	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000239 (0.00024)	312	0.075 (0.30)	-591.45
3	OK	-0.00069	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000374 (0.00037)	312	0.117 (0.30)	-585.34
4	OK	-0.00036	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000199 (0.00020)	312	0.062 (0.30)	-573.80
5	OK	-0.00041	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000223 (0.00022)	312	0.070 (0.30)	-584.20
6	OK	-0.00064	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000352 (0.00035)	312	0.110 (0.30)	-574.58

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	1.65	0.0	0.00	26.3	-63.3	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
2	OK	1.19	0.0	0.00	26.8	-44.5	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
3	OK	1.75	0.0	0.00	26.5	-66.6	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
4	OK	1.75	0.0	0.00	26.7	-66.1	6.5	16.3	1625	53.1	9.7

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	123 di 152

5	OK	1.09	0.0	0.00	26.6	-41.1	6.5	16.3	1625	53.1	9.7
6	OK	1.08	0.0	0.00	26.2	-41.7	6.5	16.3	1625	53.1	9.7

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	σc	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00035	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000190 (0.00019)	312	0.059 (0.20)	-572.31
2	OK	-0.00024	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000133 (0.00013)	312	0.042 (0.20)	-577.52
3	OK	-0.00037	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000200 (0.00020)	312	0.062 (0.20)	-573.90
4	OK	-0.00036	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000198 (0.00020)	312	0.062 (0.20)	-576.33
5	OK	-0.00023	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000123 (0.00012)	312	0.039 (0.20)	-575.40
6	OK	-0.00023	0	0.500	26 5.2	0.033	0.000125 (0.00013)	312	0.039 (0.20)	-571.51

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb.	SLS combination number
Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent
Region	Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
k	Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
Ac eff	Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
Ned	SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
Sc	=Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
Frc	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
k1	Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
As reg	Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
As min	Minimum Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
1	Frequent	Web	0.65	0.41	5050	-33.20	-0.33	0.67	---	53.1	7.6
2	Frequent	Web	0.65	0.40	4900	41.18	0.41	1.50	---	53.1	7.2
3	Frequent	Web	0.65	0.40	4950	14.25	0.14	1.50	---	53.1	7.3
4	Frequent	Web	0.65	0.41	5050	-36.61	-0.37	0.67	---	53.1	7.6
5	Frequent	Web	0.65	0.40	5000	9.23	0.09	0.67	---	53.1	7.4
6	Frequent	Web	0.65	0.41	5050	-33.19	-0.33	0.67	---	53.1	7.6
1	Quasi-perm.	Web	0.65	0.41	5100	-43.17	-0.43	0.67	---	53.1	7.7
2	Quasi-perm.	Web	0.65	0.40	5050	-20.22	-0.20	0.67	---	53.1	7.6
3	Quasi-perm.	Web	0.65	0.41	5050	-36.16	-0.36	0.67	---	53.1	7.6
4	Quasi-perm.	Web	0.65	0.41	5050	-25.47	-0.25	0.67	---	53.1	7.6
5	Quasi-perm.	Web	0.65	0.41	5050	-29.57	-0.30	0.67	---	53.1	7.6
6	Quasi-perm.	Web	0.65	0.41	5100	-46.71	-0.47	0.67	---	53.1	7.8

Verifica a taglio

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5

• Caratteristiche della sezione

$b_w =$	1000	mm	larghezza	$f_{yk} =$	450	MPa	resist. caratteristica
$h =$	1000	mm	altezza	$\gamma_s =$	1.15		coeff. sicurezza
$c =$	52	mm	copriferro	$f_{yd} =$	391.3	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} =$	25	MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:			
$\gamma_c =$	1.50		coeff. sicurezza	$A_{sl,1} =$	10	Ø	26 = 53.09 cm ²
$\alpha_{cc} =$	0.85		coeff. riduttivo	$A_{sl,2} =$	0	Ø	0 = 0.00 cm ²
$d =$	948	mm	altezza utile	$A_{sl,3} =$	0	Ø	0 = 0.00 cm ²
$f_{cd} =$	14.17	MPa	resist. di calcolo				53.09 cm ²

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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

$$N_{ed} = 0.0 \text{ kN}$$

$$V_{ed} = 272.0 \text{ kN}$$

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

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

$$k = 1.459 < 2$$

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

$$v_{min} = 0.309$$

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

$$\rho_1 = 0.006$$

$$< 0.02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$$

$$\sigma_{cp} = 0.00$$

$$\text{MPa } < 0.2 f_{cd}$$

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

$$V_{Rd} = 400.1 \text{ kN};$$

$$(\text{con } (v_{min} + 0.15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 292.5 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 400.1 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

10.11 Sbalzo soletta

Per la verifica della soletta a sbalzo è stata considerata una sezione 1.75m x 0.30m.

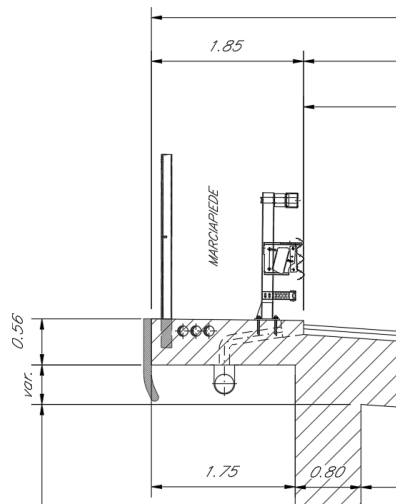


Fig. 41 – Sbalzo soletta

All'elemento frame d'estremità sono state applicati i seguenti carichi nominali.

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	125 di 152

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
21	1.75	DEAD	LinStatic	0.0	26.25	0.0	0.0	0.0	-23.00
21	1.75	G2 parapetto	LinStatic	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	-1.75
21	1.75	G2 sicurvia	LinStatic	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	1.75	G2 veletta	LinStatic	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	-4.4
21	1.75	Q_tr S5_folla	LinStatic	0.0	8.75	0.0	0.0	0.0	-7.7
21	1.75	Q_tr S4_ruota	LinStatic	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	-17.5
21	1.75	Sisma SLV_Z	LinStatic	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	-4.01
21	1.75	Svio	LinStatic	-50	0.0	0.0	0.0	0.0	-75

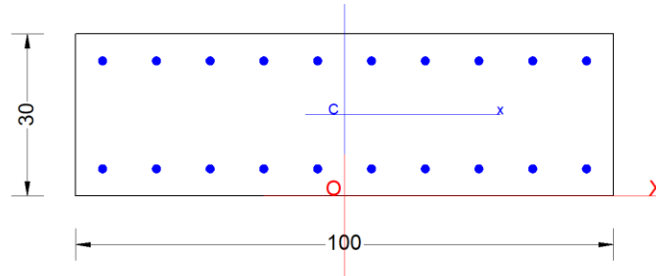
E combinati con i seguenti coefficienti si ottengono le sollecitazioni di verifica.

SLU_1	SLU_2	SLE	SLV_1	SVIO
1.35	1.35	1.00	1.00	1.00
1.50	1.50	1.00	1.00	1.00
1.50	1.50	1.00	1.00	1.00
1.50	1.50	1.00	1.00	1.00
1.50	0.00	1.00	0.00	0.00
0.00	1.50	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

Verifiche

TABLE: Element Forces - Frames									
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
21	1.75	SLU_1	Combination	0	53.82	0	0	0	-51.83
21	1.75	SLU_2	Combination	0	55.69	0	0	0	-66.53
21	1.75	SLE	Combination	0	38.5	0	0	0	-36.85
21	1.75	SLV_1	Combination	0	34.35	0	0	0	-33.16
21	1.75	SVIO	Combination	-50	29.75	0	0	0	-104.75

La sbalzo è armato con $\Phi 16/10$



GENERAL DATA OF PREDEFINED RC CROSS-SECTION

Section Name: Soletta superiore S10_16_10.secEC

(File path: S:\Projects\18005_0549D07_Cesano Vigna di Valle\Work\07 Sottopasso\GA01_km_35+085\Rampal\Calculation\RC-SEC\rev_1\Sbalzo soletta\Soletta superiore S10_16_10.secEC)

Section description:
Reference code: EN 1992-1-1 [EC2] Italian Annex
Exposure Class: XC4 - Carbonation (cyclic wet and dry)
Structural member of belonging: Beam (or slab) without stirrup [§6.2.1(4) EC2]
Section type: Predefined section
Cross-section shape: Rectangular
Stress path: Constant axial force to achieve bending ULS
Reference of assigned forces: Principal axes x,y of inertia

MATERIALS DATA

CONCRETE -

Class:	C32/40
Design compressive strength f_{cd} :	18.1 MPa
Shear reduced compressive strength $v_1 \cdot f_{cd}$:	9.1 MPa (6.9)EC2
Coeff. $\alpha_{cr,c}$:	0.1200 § 6.2.2(1) EC2
Coeff. α_{k1} :	0.1500 § 6.2.2(1) EC2
Coeff. $\alpha_{v \min}$:	0.0115 Mpa (§ 6.2.2(1) EC2)
Strain at max strength ϵ_{c2} :	0.0020
Ultimate strain ϵ_{cu} :	0.0035
Compression diagram stress-strain:	Parabola-Rectangle
Mean elastic modulus E_{cm} :	33345.8 MPa
Mean tensile strength f_{ctm} :	3.0 MPa
Es/Ec in SLS combination:	15.00
Stress limit Characteristic SLS:	19.2 MPa
Stress limit Frequent SLS:	19.2 MPa
wk lim =limit crack width Frequent SLS:	0.300 mm
Coeff. k_3 :	3.4000 § 7.3.4(3) EC2
Coeff. k_4 :	0.4250 § 7.3.4(3) EC2
Stress limit Quasi-Permanent SLS:	14.4 MPa
wk lim =limit crack-width Quasi-Permanent SLS:	0.200 mm

STEEL -

Longitudinal Bars:	B450C
Characteristic yield stress f_{yk} :	450.0 MPa
Tensile strength f_{tk} :	540.0 MPa
Design yield stress f_{yd} :	391.3 MPa
Design strength f_{td} :	391.3 MPa
Design ultimate strain ϵ_{su} :	0.068
Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
Stirrups:	B500A
Characteristic yield stress f_{yk} :	500.0 MPa
Tensile strength f_{tk} :	540.00 MPa
Design yield stress f_{yd} :	434.8 MPa
Design strength f_{td} :	434.8 MPa
Mean elastic modulus Es:	200000.0 MPa
SLS Charact. - Ss Limit:	360.00 MPa

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

GEOMETRIC AND REINFORCEMENT DATA

Width:	100.0	cm
Depth:	30.0	cm
Bottom bars:	10∩16	(20.1 cm?)
Top bars:	10∩16	(20.1 cm?)
Low Cover (from centroid of bar):	6.0	cm
Top Cover (from centroid of bar):	6.0	cm
Web Cover (from centroid of bar):	5.0	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - DESIGN INTERNAL FORCES ASSIGNED FOR EACH COMBINATION

N	Design axial force [kN] applied in the concrete centroidal point (+ if compressive)			
Mx	Design moment force [kNm] around the x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section			
Vy	Design shear [kN] in a direction parallel to the axis Y			
T	Design torsional Moment [kN m]			

Comb.N.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	-51.83	53.82	0.00
2	0.00	-66.53	55.69	0.00
3	0.00	-33.16	34.35	0.00
4	50.00	-104.75	29.75	0.00
5	0.00	-104.75	29.75	0.00

SERVICEABILITY LIMIT STATE - CHARACTERISTIC COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)		
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section		

Comb.N.	N	Mx
1	0.00	-36.85

SERVICEABILITY LIMIT STATE - FREQUENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)		
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section		

Comb.N.	N	Mx
1	0.00	-36.85

SERVICEABILITY LIMIT STATE - QUASI-PERMANENT COMB. - ASSIGNED INTERNAL FORCES FOR EACH COMBINATION

N	Axial force [kN] applied in the concrete centroidal (+ if compressive)		
Mx	Moment force [kNm] around x axis with positive direction if such as to compress the upper edge of the section		

Comb.N.	N	Mx
1	0.00	-36.85

CHECKS RESULTS

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Checks of section OK for all assigned combinations

Min edge cover of longitudinal bars:	4.2	cm
Min edge distance between longitudinal bars:	8.4	cm
Min edge cover of stirrups:	4.2	cm

ULTIMATE LIMIT STATE - CHECKS FOR BENDING AND AXIAL FORCE

Check	Result of check
N	Design axial force applied in the concrete centroid [kN] (+ if compressive)
Mx	Design bending moment force [kNm] around x axis of reference
N ult	Axial capacity [kN] of section (+ if compressive)
Mx ult	Bending moment capacity [kNm] around x axis of reference
S.F.	Safety factor = vectorial ratio of (N ult, Mx ult) to (N, Mx). Check OK if such ratio is >=1.0
Yneutral	Ordinate Y [cm] of neutral axis in the reference system
Mx sn.	Yielding bending moment [kNm]
x/d	Ratio of the depth of neutral axis to the effective depth of the section
D	Ratio of redistributed moment to the elastic moment in continuous beams [(5.10)EC2]
As Tension	Area bars in tension zone [cm ²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

As Tension Area bars in tension zone [cm²] (beam). [Between brackets is shown the min. area from eq.(9.1N) EC2]

1	OK	0.00	-51.83	0.04	-172.08	3.320	5.8	-161.85	---	---	---
2	OK	0.00	-66.53	0.04	-172.08	2.586	5.8	-161.85	---	---	---
3	OK	0.00	-33.16	0.04	-172.08	5.189	5.8	-161.85	---	---	---
4	OK	50.00	-104.75	49.96	-176.78	1.688	5.9	-166.88	---	---	---
5	OK	0.00	-104.75	0.04	-172.08	1.643	5.8	-161.85	---	---	---

ULTIMATE LIMIT STATE - STRAINS AT ULTIMATE STATE

ec max	Ultimate compressive strain in concrete
ec*	Strain in the concrete fiber at ec2/ecu of depth (if ec*>0 then the section is all compressed)
Yc max	Ordinate in [cm] of the fiber corresponding to ec max
es max	Max strain in steel bars (+ if compressive)
Ys max	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es max
es min	Min strain in steel bars (+ if compressive)
Ys min	Ordinate [cm] of the bar corresponding to es min

Comb.N.	ec max	ec *	Yc max	es max	Ys max	es min	Ys min
1	0.00350	-0.00431	0.0	-0.00014	6.0	-0.01107	24.0
2	0.00350	-0.00431	0.0	-0.00014	6.0	-0.01107	24.0
3	0.00350	-0.00431	0.0	-0.00014	6.0	-0.01107	24.0
4	0.00350	-0.00415	0.0	-0.00007	6.0	-0.01077	24.0
5	0.00350	-0.00431	0.0	-0.00014	6.0	-0.01107	24.0

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Check	Result of Check
Sc max	Max compressive stress (+) in concrete [Mpa]
Yc max	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc max (reference X,Y,O)
Sc min	Min compression stress (+) in concrete [Mpa]
Yc min	y-coordinate [cm] of concrete fiber corresponding to Sc min (reference X,Y,O)

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

Ss min	Min tension stress (-) of steel bars [Mpa]
Ys min	y-coordinate [cm] of centroid bar corresponding to Ss min (reference X,Y,O)
hc eff.	Concrete depth [cm] in concrete tension area surrounding tension steel bars
Ac eff	Effective tension area [cm ²] that is the area of concrete surrounding the tension reinforcement (for crack width control)
As eff	Area of tension steel bars [cm ²] within Ac eff (for crack width control)
D bars	Mean spacing [cm] of bonded reinforcement [eq.(7.11) §7.3.4(3)EC2] (D bars = 0 indicates spacing > 5(c+O/2) and eq.(7.14) is pertinent)

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	3.40	0.0	0.00	8.7	-89.2	6.0	7.1	710	20.1	9.8

SLS CHARACTERISTIC COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Check	Result of check
e1	Greater concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
e2	Lesser concrete tensile strain (tension is -) within the entire section assessed in cracked section
k1	= 0.8 high bond bars assigned [see eq.(7.11) EC2]
kt	= 0.6 for charact. and frequent SLS; = 0.4 for quasi-perm. SLS (Factor dependent on the duration of the load [see eq.(7.9) EC2])
k2	= 0.5 for bending; =(e1 + e2)/(2*e1) for eccentric tension [see eq.(7.13) EC2]
k3	= 3.400 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
k4	= 0.425 Coeff. in eq. (7.11) EC2 according to national annex
Ш c	Equivalent bar diameter [mm] cover [cm] to the tensile reinforcement [see eq.(7.11)(7.12) EC2]
r eff	Geometrical ratio As eff/Ac eff [eq.(7.10) EC2]
e sm - e cm	Difference between the mean strain of tensile steel and concrete under the relevant combination [eq.(7.8)] Between brackets: Minimum value of eq.(7.9) = 0.6 Smax / Es
sr max	Max final crack [mm] spacing
wk	Calculated value [mm] of crack width = sr max*(e sm - e cm)[eq.(7.8)]. Limit value of wk is shown between brackets
M crack	First cracking bending moment [kNm]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00062	0	0.500	16 5.2	0.028	0.000268 (0.00027)	273	0.073(0.20)	-55.21

SLS FREQUENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	3.40	0.0	0.00	8.7	-89.2	6.0	7.1	710	20.1	9.8

SLS FREQUENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00062	0	0.500	16 5.2	0.028	0.000268 (0.00027)	273	0.073 (0.30)	-55.21

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - STRESS LIMITATION [§ 7.2 EC2]

Comb.N.	Check	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Ss min	Ys min	hc eff	Ac eff	As Eff	D bars
1	OK	3.40	0.0	0.00	8.7	-89.2	6.0	7.1	710	20.1	9.8

SLS QUASI-PERMANENT COMBINATIONS - CRACK WIDTH [§ 7.3.4 EC2]

Comb.N.	Check	e1	e2	k2	Ш c	r eff	e sm - e cm	sr max	wk	M crack
1	OK	-0.00062	0	0.500	16 5.2	0.028	0.000268 (0.00027)	273	0.073 (0.20)	-55.21

SLS - MINIMUM REINFORCEMENT AREAS FOR CRACK CONTROL (§ 7.3.2 EC2)

N.Comb.	SLS combination number
---------	------------------------

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	130 di 152

Comb.Type	Frequent or Quasi-Permanent
Region	Part of concrete section under consideration (Web/Flange)
k	Coeff. wich take account of self-equilibrating stresses [see eq.(7.1) EC2]
kc	Coeff. wich take account of stress distribution at cracking[see eq.(7.1) EC2]
Ac eff	Area of concrete within tensile zone of the region under consideration just before cracking [(7.1)]
Ned	SLS axial force (+ if compressive) acting on the region under consideration [kN]
Sc	=Ned/Ac mean stress in the region of area Ac (web or rectangular section) [eq.(7.1)]
Fcr	Absolute value of the tensile force [kN] within the flange at cracking due to the cracking moment [eq.(7.3)]
k1	Coeff. considering the effect of axial forces on the stress (web or rectangular section) [eq.(7.2)]
As reg	Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration
As min	Minimum Area [cm ²] of reinforcing steel within the tensile zone of region under consideration required by eq. (7.1)

Comb.N.	Comb.Type	Region	k	kc	Ac eff	Ned	Sc	k1	Frc	As reg	As min
1	Frequent	Web	1.00	0.40	1500	---	---	---	-226.79	20.1	4.0
1	Quasi-perm.	Web	1.00	0.40	1500	---	---	---	-226.79	20.1	4.0

VERIFICA A TAGLIO DELLA SEZIONE IN C.A. SECONDO D.M. 17/01/2018 § 4.1.2.3.5

• Caratteristiche della sezione

$b_w = 1000$	mm	larghezza	$f_{yk} = 450$	MPa	resist. caratteristica
$h = 300$	mm	altezza	$\gamma_s = 1.15$		coeff. sicurezza
$c = 52$	mm	copriferro	$f_{yd} = 391.3$	MPa	resist. di calcolo
$f_{ck} = 32$	MPa	resist. caratteristica	Armatura longitudinale tesa:		
$\gamma_c = 1.50$		coeff. sicurezza	$A_{sl,1} = 10$	Ø	$16 = 20.11$ cm ²
$\alpha_{cc} = 0.85$		coeff. riduttivo	$A_{sl,2} = 0$	Ø	$0 = 0.00$ cm ²
$d = 248$	mm	altezza utile	$A_{sl,3} = 0$	Ø	$0 = 0.00$ cm ²
$f_{cd} = 18.13$	MPa	resist. di calcolo			20.11 cm ²

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

$N_{ed} = 0.0$	kN	$V_{ed} = 56.0$	kN
----------------	----	-----------------	----

• Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

$k = 1 + (200/d)^{1/2} < 2$	$k = 1.898$	< 2
$v_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$	$v_{min} = 0.518$	
$\rho_1 = A_{sl}/(b_w \times d) < 0.02$	$\rho_1 = 0.008$	< 0.02
$\sigma_{cp} = N_{ed}/A_c < 0.2 f_{cd}$	$\sigma_{cp} = 0.00$	MPa $< 0.2 f_{cd}$

$$V_{Rd} = (0,18 \times k \times (100 \times \rho_1 \times f_{ck})^{1/3} / g_c + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d > (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d$$

$$V_{Rd} = 167.2 \text{ kN}; \quad (\text{con } (v_{min} + 0,15 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = 128.4 \text{ kN})$$

$$V_{Rd} = 167.2 \text{ kN} \quad \text{valore di calcolo}$$

la sezione è verificata in assenza di armature per il taglio

10.12 Capacità portante

I carichi considerati nella verifica di capacità portante sono stimati dalla tabella sottostante a partire dall'involuppo delle combinazioni SLU/SLV.

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	131 di 152

Base Reactions

File View Edit Format-Filter-Sort Select Options

Units: As Noted Base Reactions

Filter:

	OutputCase	CaseType Text	GlobalFX KN	GlobalFY KN	GlobalFZ KN	GlobalMX KN-m	GlobalMY KN-m	GlobalMZ KN-m	GlobalX m	GlobalY m	GlobalZ m
▶	SLV_5	Combination	357.73	0	1232.486	0	2893.246	0	0	0	0
	SLV_6	Combination	357.73	0	1180.442	0	2893.246	0	0	0	0
	SLV_4	Combination	107.319	0	1293.204	0	867.964	0	0	0	0
	SLV_8	Combination	107.319	0	1119.723	0	867.964	0	0	0	0
	SLU_GR_2B...	Combination	-8.64	0	1910.434	0	801.9364	0	0	0	0
	SVIO_1	Combination	50	0	1206.464	0	682.966	0	0	0	0
	SLU_GR_1_...	Combination	-35.005	0	2390.089	0	543.4841	0	0	0	0
	SLU_GR_1_...	Combination	-35.005	0	2388.339	0	543.4841	0	0	0	0
	SLU_GR_1_...	Combination	-35.005	0	2388.339	0	543.4841	0	0	0	0
	SLU_GR_1_...	Combination	-35.005	0	2388.339	0	543.4841	0	0	0	0
	SLU_GR_1_...	Combination	-35.005	0	2388.339	0	543.4841	0	0	0	0
	SLU_GR_2...	Combination	-35.005	0	2188.898	0	327.6629	0	0	0	0
	SLU_GR_1_...	Combination	-35.005	0	2180.226	0	318.714	0	0	0	0
	SLU_GR_1_...	Combination	-35.005	0	2180.226	0	318.714	0	0	0	0
	SLU_GR_1_...	Combination	-35.005	0	2180.226	0	318.714	0	0	0	0

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	132 di 152

Fondazioni Dirette
Verifica in tensioni efficaci

$$q_{lim} = c^* N_c^* s_c^* d_c^* i_c^* b_c^* g_c + q^* N_q^* s_q^* d_q^* i_q^* b_q^* g_q + 0,5 \gamma^* B^* N_{\gamma}^* s_{\gamma}^* d_{\gamma}^* i_{\gamma}^* b_{\gamma}^* g_{\gamma}$$

D = Profondità del piano di appoggio

e_B = Ecentricità in direzione B ($e_B = Mb/N$)

e_L = Ecentricità in direzione L ($e_L = MI/N$) (per fondazione nastriforme $e_L = 0$; $L^* = L$)

B^* = Larghezza fittizia della fondazione ($B^* = B - 2^*e_B$)

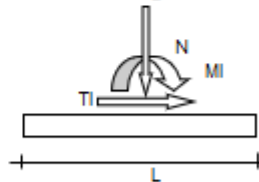
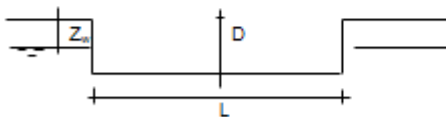
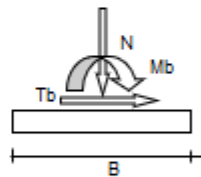
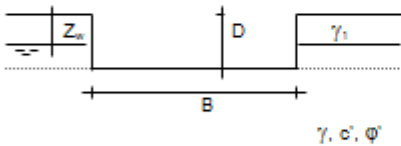
L^* = Lunghezza fittizia della fondazione ($L^* = L - 2^*e_L$)

(per fondazione nastriforme le sollecitazioni agenti sono riferite all'unità di lunghezza)

coefficienti parziali

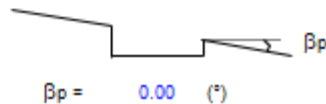
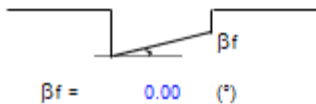
Metodo di calcolo		azioni		proprietà del terreno	
		permanenti	temporanee variabili	$\tan \varphi'$	c'
Stato limite ultimo	⊙	1.00	1.30	1.25	1.60
Tensioni ammissibili	⊙	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dall'utente	⊕	1.00	1.00	1.25	1.60

valori suggeriti dall'EC7



(Per fondazione nastriforme L = 100 m)

B = 1.00 (m)
L = 10.00 (m)
D = 2.00 (m)



RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	133 di 152

AZIONI

	valori di input		Valori di calcolo
	permanenti	temporanee	
N [kN]	1233.00	0.00	1233.00
Mb [kNm]	0.00	0.00	0.00
Ml [kNm]	2894.00	0.00	2894.00
Tb [kN]	0.00	0.00	0.00
Tl [kN]	0.00	0.00	0.00
H [kN]	0.00	0.00	0.00

Peso unità di volume del terreno

$$\gamma_1 = 16.00 \quad (\text{kN/mc})$$

$$\gamma = 16.00 \quad (\text{kN/mc})$$

Valori caratteristici di resistenza del terreno

$$c' = \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 30.00 \quad (^\circ)$$

Valori di progetto

$$c' = 0.00 \quad (\text{kN/mq})$$

$$\varphi' = 24.79 \quad (^\circ)$$

Profondità della falda

$$Z_w = 17.00 \quad (\text{m})$$

$$e_u = 0.00 \quad (\text{m})$$

$$e_l = 2.35 \quad (\text{m})$$

$$B^* = 1.00 \quad (\text{m})$$

$$L^* = 5.31 \quad (\text{m})$$

q : sovraccarico alla profondità D

$$q = 32.00 \quad (\text{kN/mq})$$

γ : peso di volume del terreno di fondazione

$$\gamma = 16.00 \quad (\text{kN/mc})$$

N_c, N_q, N_γ : coefficienti di capacità portante

$$N_q = \tan^2(45 + \varphi'/2) \cdot e^{(\pi \cdot \tan \varphi')}$$

$$N_q = 10.43$$

$$N_c = (N_q - 1) / \tan \varphi'$$

$$N_c = 20.42$$

$$N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \tan \varphi'$$

$$N_\gamma = 10.58$$

$s_{c_i}, s_{q_i}, s_{\gamma_i}$: fattori di forma

$$s_{c_i} = 1 + B^* N_q / (L^* N_c)$$

$$s_{c_i} = 1.10$$

$$s_{q_i} = 1 + B^* \tan \varphi' / L^*$$

$$s_{q_i} = 1.09$$

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	134 di 152

$$s_y = 1 - 0,4 \cdot B^* / L^*$$

$$s_y = 0,92$$

i_c, i_q, i_r : fattori di inclinazione del carico

$$m_0 = (2 + B^* / L^*) / (1 + B^* / L^*) = 1,84 \quad \theta = \arctg(T_b/T_l) = 90,00 \quad (^\circ)$$

$$m_1 = (2 + L^* / B^*) / (1 + L^* / B^*) = 1,16 \quad m = 1,84 \quad (-)$$

($m=2$ nel caso di fondazione nastriforme e $m=(m_0 \sin^2 \theta + m_1 \cos^2 \theta)$ in tutti gli altri)

$$i_q = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^m$$

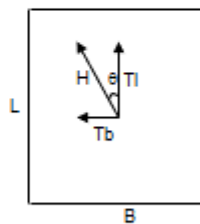
$$i_q = 1,00$$

$$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - 1)$$

$$i_c = 1,00$$

$$i_r = (1 - H / (N + B^* L^* c' \cotg \varphi'))^{(m+1)}$$

$$i_r = 1,00$$



d_c, d_q, d_r : fattori di profondità del piano di appoggio

per $D/B^* \leq 1$; $d_q = 1 + 2 D \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2 / B^*$

per $D/B^* > 1$; $d_q = 1 + (2 \tan \varphi' (1 - \sin \varphi')^2) \cdot \arctan (D / B^*)$

$$d_q = 1,34$$

$$d_c = d_q - (1 - d_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$d_c = 1,38$$

$$d_r = 1$$

$$d_r = 1,00$$

b_c, b_q, b_r : fattori di inclinazione base della fondazione

$$b_q = (1 - \beta_l \tan \varphi')^2 \quad \beta_l + \beta_p = 0,00 \quad \beta_l + \beta_p < 45^\circ$$

$$b_q = 1,00$$

$$b_c = b_q - (1 - b_q) / (N_c \tan \varphi')$$

$$b_c = 1,00$$

$$b_r = b_q$$

$$b_r = 1,00$$

g_c, g_q, g_r : fattori di inclinazione piano di campagna

$$g_q = (1 - \tan \beta_p)^2 \quad \beta_l + \beta_p = 0,00 \quad \beta_l + \beta_p < 45^\circ$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE DI CALCOLO	COMMESSA NR1J	LOTTO 01 D 29	CODIFICA CL	DOCUMENTO GA0100 002	REV. B

$$g_{ci} = 1.00$$

$$g_c = g_{ci} - (1 - g_{ci}) / (N_c \tan \varphi)$$

$$g_c = 1.00$$

$$g_i = g_c$$

$$g_i = 1.00$$

Carico limite unitario

$$q_{lim} = 586.08 \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad R3 \quad 2.30$$

$$q_{rd} = 246 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Pressione massima agente

$$q = N / B \cdot L^*$$

$$q = 232.39 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Coefficiente di sicurezza

$$F_s = q_{lim} / q = 2.44 \quad \text{OK}$$

10.13 Armatura longitudinale

Per l'armatura longitudinale è stato adottato un valore minimo pari al 20% dell'armatura trasversale.

10.14 Incidenza armatura

I valori delle incidenze di armatura lenta sono indicati nella seguente tabella:

- Soletta = **150 kg/m³**;
- Sbalzo soletta = **150 kg/m³**;
- Piedritti = **80 kg/m³**;
- Fondazione = **130 kg/m³**.

Come previsto dall' Eurocodice (UNI EN 1992-1-1) per le piastre a portanza unidirezionale si raccomanda di prevedere un'armatura secondaria in quantità non minore del 20% dell'armatura principale.

Pertanto nel calcolo è stato considerato un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature, spille e sovrapposizioni.

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	136 di 152

Soletta					Piedritti				
H _{sez1}	0.8 m				H _{sez1}	0.8 m			
B _{sez}	1 m				B _{sez}	1 m			
L _{sez1}	9 m				L _{sez1}	13.5 m			
Vol. per m di muro	7.2 m ³				Vol. per m di muro	10.8 m ³			
Sbalzo soletta					Fondazione				
H _{sez}	0.6 m				H _{sez}	1 m			
B _{sez}	1 m				B _{sez}	1 m			
L _{sez}	1.85 m				L _{sez}	12 m			
Vol. per m di muro	1.11 m ³				Vol. per m di muro	12 m ³			
Peso acciaio	7850 kg/m ³				Peso acciaio	7850 kg/m ³			
Idennità di legature	0.15				Idennità di legature	0.15			
Ferri di soletta (per m)					Ferri di piedritti (per m)				
	φ	A	n° barre	peso		φ	A	n° barre	peso
	mm	m ²	-	kg/m		mm	m ²	-	kg/m
Zona tesa	26	0.00053	10	375.101	Zona tesa	20	0.00031	10	221.954
Zona compressa	26	0.00053	10	375.101	Zona compressa	20	0.00031	10	221.954
Zona tesa, arm. orizzontale	12	0.00011	45	39.952	Zona tesa, arm. orizzontale	12	0.00011	58	51.493
Zona compressa, arm. Orizzontale	12	0.00011	45	39.952	Zona compressa, arm. Orizzontale	12	0.00011	58	51.493
Bracci	12	0.00011	25	22.195	Bracci	0	0	0	0.000
Incidenza paramento	136.13 kg/m ³				Incidenza paramento	58.23 kg/m ³			
Ferri di sbalzo soletta (per m)					Ferri di fondazione (per m)				
	φ	A	n° barre	peso		φ	A	n° barre	peso
	mm	m ²	-	kg/m		mm	m ²	-	kg/m
Zona tesa	16	0.0002	10	29.199	Zona tesa	26	0.00053	10	500.135
Zona compressa	16	0.0002	10	29.199	Zona compressa	26	0.00053	10	500.135
Zona tesa, arm. dir. long.	12	0.00011	7	6.215	Zona tesa, arm. dir. long.	12	0.00011	62	55.044
Zona compressa, arm. dir. long.	12	0.00011	7	6.215	Zona compressa, arm. dir. long.	12	0.00011	62	55.044
Bracci					Bracci	12	0.00011	40	35.513
Incidenza Fondazione	73.38 kg/m ³				Incidenza Fondazione	109.81 kg/m ³			



RADDOPPIO CESANO VIGNA DI VALLE

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	140 di 152

SLEP_GR_28_S1_26	279	v	1350	1500	1500	1500	1500	1500	1350	1350	1350	1350	1350	0810	0000	1200	0000	1200	0000	1200	0000	1200	0000	1200	0000	1200	0000	1200	0000	1200	0000	1200	0000	1200	0000	1200	0000	0,000	0,000	0,375	0,900	0,900	0,600	0,900
------------------	-----	---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

11.2 ALLEGATO 1 – Combinazioni SLE

Do not drag or move cells	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
SLEP_GR_2A_S1_1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

11.3 ALLEGATO 1 – Combinazioni SLV e Svio

CaseName	SLV_1	SLV_2	SLV_3	SLV_4	SLV_5	SLV_6	SLV_7	SLV_8	Svio_1
DEAD	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G2 impianti	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G2 parapetto	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G2 pavimentazione	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G2 sicurvia	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G2 sopraelevazioni	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G2 veletta	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G3 Falda H	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G3 Falda V	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G3 Terra Dx	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G3 Terra Sx	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q_inc	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avv_frenatura	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q_ritiro	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Q_svio	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Q_temp farfalla	0,5	0	0	0,5	0	0,5	0	0	0,5
Q_temp farfalla -	0	0,5	0	0	0,5	0	0,5	0	0
Q_temp unif	0,5	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0,5
Q_temp unif -	0	0,5	0	0,5	0	0	0,5	0	0
Q_tr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Avv_frenatura	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr Fcentr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1_zona rim	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1_zona rim_INC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1-C1 distr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1-C1 distr_INC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1- C1_ruota	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1- C1_ruota_INC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1-C2 distr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1-C2 distr_INC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1- C2_ruota	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1- C2_ruota_INC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1-C3 distr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1-C3 distr_INC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1- C3_ruota	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S1- C3_ruota_INC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S2_ruota	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S2_ruota_INC	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S4_ruota	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_tr S5_folla	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_vento parete sopravento	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_vento parete sottovento	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_vento soletta	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q_vento veicoli	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma SLD	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma SLD_Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sisma SLV	1	1	0,3	-0,3	-1	-1	0,3	-0,3	0
Sisma SLV_Z	0,3	-0,3	1	1	0,3	-0,3	-1	-1	0

11.4 ALLEGATO 1 – Combinazioni involuppo

CaseName	Inviluppo	INVSISMA	INVSLEFR2A	INVSLEFR2B	INVSLEQP	INVSLEFR
SLEFR_Gr_2A_S1_1			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_10			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_11			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_12			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_13			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_14			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_15			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_16			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_17			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_18			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_19			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_2			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_20			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_21			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_22			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_23			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_24			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_25			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_26			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_27			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_28			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_29			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_3			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_30			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_31			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_32			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_33			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_34			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_35			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_36			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_37			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_38			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_39			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_4			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_40			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_5			1			
SLEFR_Gr_2A_S1_6			1			

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	145 di 152

SLEFR_Gr_2A_S1_7				1		
SLEFR_Gr_2A_S1_8				1		
SLEFR_Gr_2A_S1_9				1		
SLEFR_Gr_2B_S1_1					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_10					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_11					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_12					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_13					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_14					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_15					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_16					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_17					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_18					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_19					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_2					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_20					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_21					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_22					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_23					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_24					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_25					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_26					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_27					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_28					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_29					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_3					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_30					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_31					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_32					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_33					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_34					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_35					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_36					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_37					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_38					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_39					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_4					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_40					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_5					1	
SLEFR_Gr_2B_S1_6					1	

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	146 di 152

SLEFR_Gr_2B_S1_7				1	
SLEFR_Gr_2B_S1_8				1	
SLEFR_Gr_2B_S1_9				1	
SLEQP_Gr_1_S1_1					1
SLEQP_Gr_1_S1_10					1
SLEQP_Gr_1_S1_2					1
SLEQP_Gr_1_S1_3					1
SLEQP_Gr_1_S1_4					1
SLEQP_Gr_1_S1_5					1
SLEQP_Gr_1_S1_6					1
SLEQP_Gr_1_S1_7					1
SLEQP_Gr_1_S1_8					1
SLEQP_Gr_1_S1_9					1
SLERR_Gr_1_S1_1					1
SLERR_Gr_1_S1_10					1
SLERR_Gr_1_S1_11					1
SLERR_Gr_1_S1_12					1
SLERR_Gr_1_S1_13					1
SLERR_Gr_1_S1_14					1
SLERR_Gr_1_S1_15					1
SLERR_Gr_1_S1_16					1
SLERR_Gr_1_S1_17					1
SLERR_Gr_1_S1_18					1
SLERR_Gr_1_S1_19					1
SLERR_Gr_1_S1_2					1
SLERR_Gr_1_S1_20					1
SLERR_Gr_1_S1_21					1
SLERR_Gr_1_S1_22					1
SLERR_Gr_1_S1_23					1
SLERR_Gr_1_S1_24					1
SLERR_Gr_1_S1_25					1
SLERR_Gr_1_S1_26					1
SLERR_Gr_1_S1_27					1
SLERR_Gr_1_S1_28					1
SLERR_Gr_1_S1_29					1
SLERR_Gr_1_S1_3					1
SLERR_Gr_1_S1_30					1
SLERR_Gr_1_S1_31					1
SLERR_Gr_1_S1_32					1
SLERR_Gr_1_S1_33					1

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	147 di 152

SLERR_Gr_1_S1_34					1
SLERR_Gr_1_S1_35					1
SLERR_Gr_1_S1_36					1
SLERR_Gr_1_S1_37					1
SLERR_Gr_1_S1_38					1
SLERR_Gr_1_S1_39					1
SLERR_Gr_1_S1_4					1
SLERR_Gr_1_S1_40					1
SLERR_Gr_1_S1_5					1
SLERR_Gr_1_S1_6					1
SLERR_Gr_1_S1_7					1
SLERR_Gr_1_S1_8					1
SLERR_Gr_1_S1_9					1
SLU_Gr_1_S1_1	1				
SLU_Gr_1_S1_10	1				
SLU_Gr_1_S1_11	1				
SLU_Gr_1_S1_12	1				
SLU_Gr_1_S1_13	1				
SLU_Gr_1_S1_14	1				
SLU_Gr_1_S1_15	1				
SLU_Gr_1_S1_16	1				
SLU_Gr_1_S1_17	1				
SLU_Gr_1_S1_18	1				
SLU_Gr_1_S1_19	1				
SLU_Gr_1_S1_2	1				
SLU_Gr_1_S1_20	1				
SLU_Gr_1_S1_21	1				
SLU_Gr_1_S1_22	1				
SLU_Gr_1_S1_23	1				
SLU_Gr_1_S1_24	1				
SLU_Gr_1_S1_25	1				
SLU_Gr_1_S1_26	1				
SLU_Gr_1_S1_27	1				
SLU_Gr_1_S1_28	1				
SLU_Gr_1_S1_29	1				
SLU_Gr_1_S1_3	1				
SLU_Gr_1_S1_30	1				
SLU_Gr_1_S1_31	1				
SLU_Gr_1_S1_32	1				
SLU_Gr_1_S1_33	1				

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	148 di 152

SLU_Gr_1_S1_34	1				
SLU_Gr_1_S1_35	1				
SLU_Gr_1_S1_36	1				
SLU_Gr_1_S1_37	1				
SLU_Gr_1_S1_38	1				
SLU_Gr_1_S1_39	1				
SLU_Gr_1_S1_4	1				
SLU_Gr_1_S1_40	1				
SLU_Gr_1_S1_5	1				
SLU_Gr_1_S1_6	1				
SLU_Gr_1_S1_7	1				
SLU_Gr_1_S1_8	1				
SLU_Gr_1_S1_9	1				
SLU_Gr_1_S2_1	1				
SLU_Gr_1_S2_10	1				
SLU_Gr_1_S2_11	1				
SLU_Gr_1_S2_12	1				
SLU_Gr_1_S2_13	1				
SLU_Gr_1_S2_14	1				
SLU_Gr_1_S2_15	1				
SLU_Gr_1_S2_16	1				
SLU_Gr_1_S2_17	1				
SLU_Gr_1_S2_18	1				
SLU_Gr_1_S2_19	1				
SLU_Gr_1_S2_2	1				
SLU_Gr_1_S2_20	1				
SLU_Gr_1_S2_21	1				
SLU_Gr_1_S2_22	1				
SLU_Gr_1_S2_23	1				
SLU_Gr_1_S2_24	1				
SLU_Gr_1_S2_25	1				
SLU_Gr_1_S2_26	1				
SLU_Gr_1_S2_27	1				
SLU_Gr_1_S2_28	1				
SLU_Gr_1_S2_29	1				
SLU_Gr_1_S2_3	1				
SLU_Gr_1_S2_30	1				
SLU_Gr_1_S2_31	1				
SLU_Gr_1_S2_32	1				
SLU_Gr_1_S2_33	1				

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	149 di 152

SLU_Gr_1_S2_34	1				
SLU_Gr_1_S2_35	1				
SLU_Gr_1_S2_36	1				
SLU_Gr_1_S2_37	1				
SLU_Gr_1_S2_38	1				
SLU_Gr_1_S2_39	1				
SLU_Gr_1_S2_4	1				
SLU_Gr_1_S2_40	1				
SLU_Gr_1_S2_5	1				
SLU_Gr_1_S2_6	1				
SLU_Gr_1_S2_7	1				
SLU_Gr_1_S2_8	1				
SLU_Gr_1_S2_9	1				
SLU_Gr_1_S4_1	1				
SLU_Gr_1_S4_10	1				
SLU_Gr_1_S4_11	1				
SLU_Gr_1_S4_12	1				
SLU_Gr_1_S4_13	1				
SLU_Gr_1_S4_14	1				
SLU_Gr_1_S4_15	1				
SLU_Gr_1_S4_16	1				
SLU_Gr_1_S4_17	1				
SLU_Gr_1_S4_18	1				
SLU_Gr_1_S4_19	1				
SLU_Gr_1_S4_2	1				
SLU_Gr_1_S4_20	1				
SLU_Gr_1_S4_3	1				
SLU_Gr_1_S4_4	1				
SLU_Gr_1_S4_5	1				
SLU_Gr_1_S4_6	1				
SLU_Gr_1_S4_7	1				
SLU_Gr_1_S4_8	1				
SLU_Gr_1_S4_9	1				
SLU_Gr_2A_S1_1	1				
SLU_Gr_2A_S1_10	1				
SLU_Gr_2A_S1_11	1				
SLU_Gr_2A_S1_12	1				
SLU_Gr_2A_S1_13	1				
SLU_Gr_2A_S1_14	1				
SLU_Gr_2A_S1_15	1				

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	150 di 152

SLU_Gr_2A_S1_16	1				
SLU_Gr_2A_S1_17	1				
SLU_Gr_2A_S1_18	1				
SLU_Gr_2A_S1_19	1				
SLU_Gr_2A_S1_2	1				
SLU_Gr_2A_S1_20	1				
SLU_Gr_2A_S1_21	1				
SLU_Gr_2A_S1_22	1				
SLU_Gr_2A_S1_23	1				
SLU_Gr_2A_S1_24	1				
SLU_Gr_2A_S1_25	1				
SLU_Gr_2A_S1_26	1				
SLU_Gr_2A_S1_27	1				
SLU_Gr_2A_S1_28	1				
SLU_Gr_2A_S1_29	1				
SLU_Gr_2A_S1_3	1				
SLU_Gr_2A_S1_30	1				
SLU_Gr_2A_S1_31	1				
SLU_Gr_2A_S1_32	1				
SLU_Gr_2A_S1_33	1				
SLU_Gr_2A_S1_34	1				
SLU_Gr_2A_S1_35	1				
SLU_Gr_2A_S1_36	1				
SLU_Gr_2A_S1_37	1				
SLU_Gr_2A_S1_38	1				
SLU_Gr_2A_S1_39	1				
SLU_Gr_2A_S1_4	1				
SLU_Gr_2A_S1_40	1				
SLU_Gr_2A_S1_5	1				
SLU_Gr_2A_S1_6	1				
SLU_Gr_2A_S1_7	1				
SLU_Gr_2A_S1_8	1				
SLU_Gr_2A_S1_9	1				
SLU_Gr_2B_S1_1	1				
SLU_Gr_2B_S1_10	1				
SLU_Gr_2B_S1_11	1				
SLU_Gr_2B_S1_12	1				
SLU_Gr_2B_S1_13	1				
SLU_Gr_2B_S1_14	1				
SLU_Gr_2B_S1_15	1				

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	151 di 152

SLU_Gr_2B_S1_16	1				
SLU_Gr_2B_S1_17	1				
SLU_Gr_2B_S1_18	1				
SLU_Gr_2B_S1_19	1				
SLU_Gr_2B_S1_2	1				
SLU_Gr_2B_S1_20	1				
SLU_Gr_2B_S1_21	1				
SLU_Gr_2B_S1_22	1				
SLU_Gr_2B_S1_23	1				
SLU_Gr_2B_S1_24	1				
SLU_Gr_2B_S1_25	1				
SLU_Gr_2B_S1_26	1				
SLU_Gr_2B_S1_27	1				
SLU_Gr_2B_S1_28	1				
SLU_Gr_2B_S1_29	1				
SLU_Gr_2B_S1_3	1				
SLU_Gr_2B_S1_30	1				
SLU_Gr_2B_S1_31	1				
SLU_Gr_2B_S1_32	1				
SLU_Gr_2B_S1_33	1				
SLU_Gr_2B_S1_34	1				
SLU_Gr_2B_S1_35	1				
SLU_Gr_2B_S1_36	1				
SLU_Gr_2B_S1_37	1				
SLU_Gr_2B_S1_38	1				
SLU_Gr_2B_S1_39	1				
SLU_Gr_2B_S1_4	1				
SLU_Gr_2B_S1_40	1				
SLU_Gr_2B_S1_5	1				
SLU_Gr_2B_S1_6	1				
SLU_Gr_2B_S1_7	1				
SLU_Gr_2B_S1_8	1				
SLU_Gr_2B_S1_9	1				
SLV_1		1			
SLV_2		1			
SLV_3		1			
SLV_4		1			
SLV_5		1			
SLV_6		1			
SLV_7		1			

RELAZIONE DI CALCOLO

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR1J	01 D 29	CL	GA0100 002	B	152 di 152

SLV_8		1				
Svio_1		1				