

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

RADDOPPIO DELLA LINEA GENOVA – VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA

OPERE PRINCIPALI – SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL05 – Nuovo Sottovia al Km 77+661.54

Relazione di calcolo sottovia autostradale

SCALA:

-

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

I V 0 I 0 0 D 2 6 C L S L 0 5 0 0 0 0 3 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	K. Petrucci	Feb. 2022	M. Severi	Feb. 2022	G. Fadda	Feb. 2022	A. Perego Feb. 2022

File: IV0I00D26CLSL0500003A.docx

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0500003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 1 di 60</p>

INDICE

1. PREMESSA	3
2. DESCRIZIONE.....	4
3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	6
4.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione.....	6
4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari.....	6
4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato	7
5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	9
5.1 Profondità della falda.....	9
6. ANALISI DEI CARICHI	10
6.1 Pesì propri.....	10
6.2 Permanenti non strutturali.....	10
6.3 Carichi mobili (carico stradale)	10
6.4 Azione di frenamento (Q_3).....	11
6.5 Azione del sisma.....	11
6.6 Ritiro del calcestruzzo	13
6.7 Variazione termica.....	13
6.8 Spinta statica del terreno.....	14
6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale	15
6.10 Incremento di Spinta in condizione sismiche	15
7. COMBINAZIONE DEI CARICHI.....	16
8. VERIFICHE STRUTTURALI	18
8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione.....	18
8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio.....	18
8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio.....	20

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A	FOGLIO 2 di 60

9. VERIFICHE GEOTECNICHE	21
10.ANALISI STRUTTURALE	22
10.1 Modellazione strutturale : Scatolare	22
10.2 Analisi dei carichi	24
10.3 Combinazioni.....	35
10.4 Sollecitazioni	37
10.5 Verifiche strutturali.....	42
10.5.1 Riepilogo armature	42
10.5.2 Verifica soletta superiore.....	43
10.5.3 Verifica piedritti	48
10.5.4 Verifica soletta inferiore.....	53
11.INCIDENZA SCATOLARE	58
12.DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)	59
12.1 Tipo di analisi svolte.....	59
12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo.....	59
12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	59

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

1. PREMESSA

Nel presente documento, emesso nell'ambito della redazione degli elaborati tecnici relativi al progetto definitivo del raddoppio della linea Genova – Ventimiglia nella tratta Finale Ligure – Andora, è riportato il calcolo strutturale del sottovia SL05 al km 77+661.

L'ubicazione dell'opera lungo la tratta in questione è indicata in Figura 1.

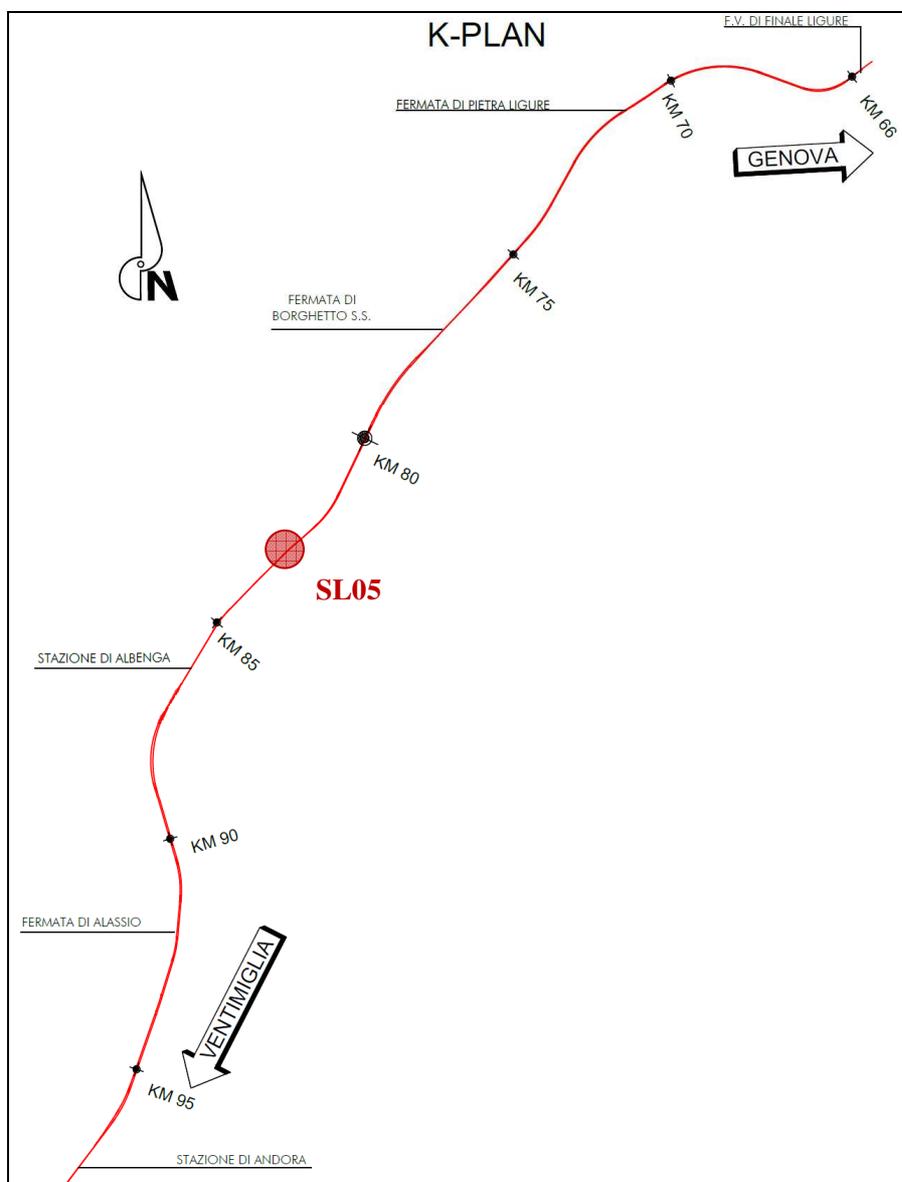


Figura 1: Raddoppio tratta Finale L. - Andora. Inquadramento dell'opera

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

2. DESCRIZIONE

La presente relazione ha per oggetto la verifica della sezione trasversale dell'opera scatolare SL05 utilizzabile per attraversamenti stradali, avente le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Geometria				
Spessore soletta superiore	Ss		1.50	m
Spessore soletta di fondazione	Sf		1.50	m
Spessore piedritti	Sp		1.50	m
Altezza netta	Hint		6.90	m
Larghezza netta	Lint		14.75	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr		0.00	m
Lunghezza dello scatolare	L		21.52	m

La struttura sarà realizzata in c.a. gettato in opera senza giunti intermedi.

Si trascura a favore di sicurezza la presenza del riempimento interno.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A	FOGLIO 5 di 60

3. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle seguenti normative:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 21 gennaio 2019, n.7 C.S.LL.PP.: Istruzioni per l'applicazione dell'“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche” di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- UNI EN 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1993-1-1 “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1. Regole generali e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1997-1 “Progettazione geotecnica – Parte 1. Regole generali”.
- UNI EN 1998-1: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1. Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici”.
- UNI EN 1998-5: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 E -- Manuale di progettazione delle Opere Civili RFI - Parte II – Sezione 2 – Ponti e Strutture
- RFI DTC SI PS SP IFS 001 E – Capitolato generale tecnico delle Opere Civili RFI – Parte II – Sezione 6 – Opere in conglomerato cementizio e acciaio

Riferimenti STI:

– Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “infrastruttura” del sistema ferroviario dell'Unione europea, modificato dal Regolamento di esecuzione (UE) N° 2019/776 della Commissione del 16 maggio 2019;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

4.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione

MAGRONE - C12/15				
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	15
Contenuto minimo cemento			kg/m ³	150

4.2 Calcestruzzo per strutture scatolari

CALCESTRUZZO				
I calcestruzzi impiegati devono essere conformi alla UNI EN 206-1 ed alla UNI 11104 e rispondere alle seguenti prestazioni:				
Campo d'impiego				Scatolari
Classe di esposizione ambientale				XC4
Classe di resistenza calcestruzzo				C32/40
Classe di consistenza				S4
Rapporto acqua cemento massimo	a/c max	[-]		0.50
Tipo di cemento	CEM	[-]		III, IV, V
Contenuto minimo cemento		[kg/m ³]		340
Contenuto minimo di aria		[%]		-
Diametro massimo dell'aggregato	D_{upper}	[mm]		25
Copriferro nominale	c_{nom}	[mm]		50
Resistenza caratteristica cubica a 28gg	R_{ck}	[MPa]		40
Resistenza caratteristica cilindrica a 28gg	f_{ck}	[MPa]		33.2
Resistenza cilindrica media	f_{cm}	[MPa]		41.2
Resistenza media a trazione semplice	f_{ctm}	[MPa]		3.1
Resistenza caratteristica a trazione (fratt. 5%)	f_{ctk}	[MPa]		2.2
Resistenza a trazione per flessione	f_{cfm}	[MPa]		3.7
Modulo elastico istantaneo (secante a 0.4 f_{cm})	E_{cm}	[MPa]		33643
Coefficiente di dilatazione termica	α	[C ⁻¹]		1.0E-05
Coeff. per condizioni di aderenza	η_1	[-]		1.0
Coeff. \emptyset barre per aderenza	η_2	[-]		1.0
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	[MPa]		4.9
Coeff. riduttivo resistenze di lunga durata	α_{cc}	[-]		0.85
Coeff. parziale di sicurezza	γ_c	[-]		1.50
Resistenza di progetto a compressione	f_{cd}	[MPa]		18.8
Resistenza di progetto a trazione	f_{ctd}	[MPa]		1.4
Resistenza tangenziale di aderenza di progetto	f_{bd}	[MPa]		3.3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

4.3 Acciaio ordinario per calcestruzzo armato

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili in barre ad aderenza migliorata e rispondente alle seguenti prescrizioni:

Tipo di acciaio			B450C
Tensione caratteristica di snervamento (min.)	f_{yk}	[MPa]	450
Tensione caratteristica a carico massimo (min.)	f_{tk}	[MPa]	540
Rapporto di sovrarresistenza	$k=(f_t/f_y)_k$	[-]	1.20
Massa volumica media	ρ_s	[kg/m ³]	7850
Modulo elastico	E_s	[MPa]	200000
Deformazione caratteristica a carico massimo	$\epsilon_{uk}=(A_{gt})_k$	[%]	7.50
Coefficiente di dilatazione termica	α	[C ⁻¹]	1.2E-05
Coeff. parziale di sicurezza	γ_s	[-]	1.15
Resistenza di progetto	f_{yd}	[MPa]	391.3
Deformazione di progetto allo snervamento	ϵ_{vd}	[%]	0.2
Deformazione di progetto a carico massimo	ϵ_{ud}	[%]	6.75

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 21.01.2019, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
Cmin	Co	ambiente	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co	C≥Co	Cmin≤C<Co
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

Classe di esposizione: XC4

Copriferro di progetto: 50 mm

Condizioni ambientali: Aggressive

Il valore limite di apertura delle fessure calcolato secondo le combinazioni agli SLE (frequente e quasi permanente) è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$w_1 = 0.2 \text{ mm}$

$w_2 = 0.3 \text{ mm}$

$w_3 = 0.4 \text{ mm}$

Gruppi di Esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	w_k	Stato limite	w_k
A	Ordinarie	frequente	apertura fessure	$\leq w_2$	apertura fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
B	Aggressive	frequente	apertura fessure	$\leq w_1$	apertura fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$
C	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	apertura fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	apertura fessure	$\leq w_1$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

5. STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Si prende a riferimento la relazione geotecnica generale, alla quale si rimanda per maggiori dettagli..

Sulla base delle indagini svolte, sintetizzate nei profili geotecnici lungo linea, in corrispondenza della progressiva si evince la seguente stratigrafia:

INDICAZIONI INTEGRATIVE OOPP - VALIDE PER QUOTE SUPERIORI A QUOTA TESTA PALO									
Unità	Profondità		γ	ϕ	c'	cu	E	Vs	v
-	m slm		kN/mc	°	kPa	kPa	MPa	m/s	-
1	+15,8 ÷ TOP**		19	28	0	-	10	-	0.3
**	testa palo								
Unità	Descrizione	Prof top	γ	ϕ	c'	cu	E	Vs	v
-	-	m TOP*	kN/mc	°	kPa	kPa	MPa	m/s	-
2	Ghiaia eterometrica sabbiosa localmente limosa, sabbia e ghiaia in matrice limosa, da mediamente addensata a addensata, con presenza di clasti poligenici	0	19.5	31	0	-	30	220	0.3
3	Limo da debolmente sabbioso o limo argilloso sabbioso, localmente ghiaioso, da mediamente consistente a consistente	6.5	19	26	10	100	20	220	0.3
CMV	Conglomerati costituiti prevalentemente da sabbia limosa debolmente ghiaiosa e limo sabbioso debolmente ghiaioso, molto addensati	11.5	20.5	33	5	-	40	400	0.3
ORV	Argilla limosa e limo argilloso, debolmente sabbioso, consistente e con intercalazioni sabbiose	28	20	31	15	140	>50	600	0.25
*	m da testa palo								

Nel caso in cui il terreno spingente a tergo dei piedritti fosse il rilevato stradale si utilizzano i seguenti parametri geotecnici per determinarne l'azione:

$$\phi' = 35^\circ \text{ (angolo di attrito)}$$

$$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3 \text{ (peso specifico)}$$

5.1 Profondità della falda

Ai fini dell'analisi dell'opera non si è considerata la presenza della falda idrica in quanto il livello di falda è posto al di sotto del piano di fondazione dell'opera.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0500003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 10 di 60</p>

6. ANALISI DEI CARICHI

Nel seguente paragrafo si descrivono i carichi elementari che agiscono sulla struttura in oggetto. Tali azioni sono definite secondo le normative e sono utilizzate per la generazione delle combinazioni di carico nell'ambito delle verifiche di resistenza, in esercizio e in presenza dell'evento sismico. Tutti i carichi elementari si riferiscono a un concio longitudinale di larghezza unitaria, pertanto sono tutti definiti rispetto all'unità di lunghezza.

6.1 Pesì propri

Il peso dei differenti elementi strutturali viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato.

- Soletta di copertura;
- Soletta di fondazione;
- Piedritti.

Per i materiali si assumono i seguenti pesi specifici:

Calcestruzzo armato:	$\gamma_{c.a.}$	= 25.00 kN/m ³
Rilevato:	γ_{ril}	= 20.00 kN/m ³
Pacchetto stradale:	γ_{pac}	= 24.00 kN/m ³

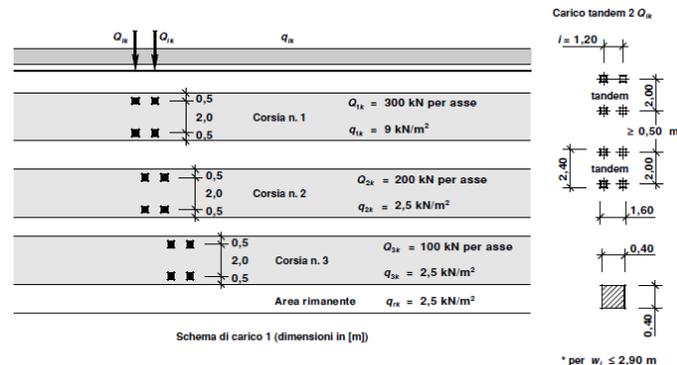
6.2 Permanenti non strutturali

Sono stati considerati i seguenti carichi permanenti sulla soletta superiore:

- Strato di usura;
- Binder;
- Strato di base;
- Strato di fondazione di inerti stabilizzati all'acqua e compattati.

6.3 Carichi mobili (carico stradale)

Utilizzato sia per le verifiche globali che per quelle locali, considerando un solo carico tandem per corsia, disposto in asse alla corsia stessa. Esso è costituito da carichi concentrati su due assi in tandem (applicati su impronte di pneumatico di forma quadrata e lato 0,40 m) e da carichi uniformemente distribuiti secondo le seguenti colonne di carico:



In senso trasversale i carichi Q_{ik} e q_{ik} sono distribuiti su corsie convenzionali di larghezza pari a 3,00 m in modo tale da ottenere la distribuzione trasversale più gravosa.

6.4 Azione di di frenamento (Q_3)

La forza di frenamento o accelerazione è funzione del carico verticale totale agente sulla corsia convenzionale n.1 e per i ponti di 1^a categoria è uguale a:

$$180 \text{ kN} \leq Q_3 = 0,6 \cdot (2 \cdot Q_{1k}) + 0,10 \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L \leq 900 \text{ kN}$$

Tale azione deve essere applicata all'impalcato a quota pavimentazione.

6.5 Azione del sisma

I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso $C_U = 1.5$
- Vita nominale $V_N = 75$ anni
- Categoria di suolo: C
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura $q = 1$

L'azione sismica è stata calcolata per mezzo del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3 messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

I parametri per la determinazione dei punti dello spettro di risposta orizzontale e verticale sono riportati :

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

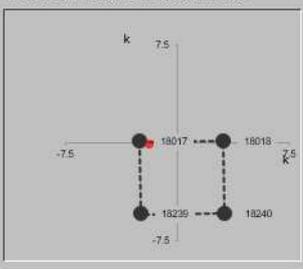


Controllo sul:

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

superficie

Nodi del reticolo intorno al sito



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".

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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

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 - $P_{VR} = 81\%$	68
		SLD - $P_{VR} = 63\%$	113
Stati limite ultimi - SLU	{	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1068
		SLC - $P_{VR} = 5\%$	2193

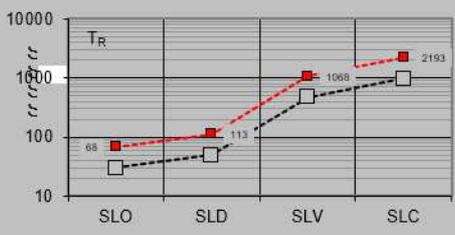
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie -■- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

Di seguito si riportano i parametri di definizione dell'azione:

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.156 g
F_o	2.468
T_C^*	0.301 s
S_S	1.469
C_C	1.561
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.469
η	1.000
T_B	0.156 s
T_C	0.469 s
T_D	2.225 s

6.6 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati in accordo al §2.5.1.6.2 del Manuale di Progettazione, in particolare: “Per tali effetti si riporta il contenuto del §5.2.2.10.2 del DM 17.01.2018. I coefficienti di ritiro e viscosità finali, salvo sperimentazione diretta, sono quelli indicati rispettivamente nei §§ 11.2.10.6 e 11.2.10.7”. Per cui ai fini delle verifiche sono stati impiegati i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC 2018. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 10° , ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

Il fenomeno del ritiro è stato applicato solo alla soletta di copertura nel caso dello scatolare mentre viene trascurato nel muro.

6.7 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a $\Delta T = +15^\circ\text{C}$, con un variazione termica aggiuntiva a farfalla pari a $\Delta T = +5^\circ\text{C}$ applicata sulla soletta di copertura. Per ricoprimenti superiori ad 1,5m non si applica alcuna variazione termica.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

$$\alpha = 10 \times 10^{-6} = 0.00001$$

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A	FOGLIO 14 di 60

6.8 Spinta statica del terreno

Le spinte del terreno a monte degli elementi verticali sono calcolate con la teoria di Rankine, con distribuzione triangolare delle tensioni e conseguente risultante della spinta al metro pari a $S=1/2 \cdot k_0 \cdot \gamma \cdot H^2$, applicata ad 1/3 dal basso.

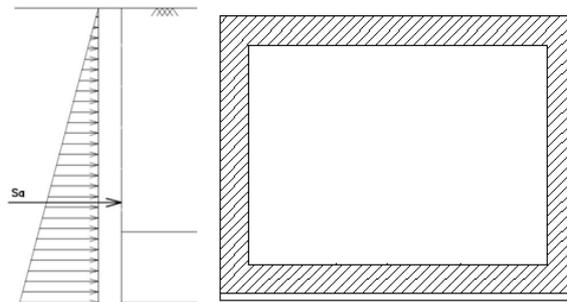


Figura 6.1 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo $k_0=1-\sin\varphi'$, dove φ' è l'angolo di attrito assunto. In caso di falda il peso specifico del terreno è stato sostituito da quello efficace.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A	FOGLIO 15 di 60

6.9 Spinta dovuta al sovraccarico accidentale

Per considerare la presenza di un sovraccarico da traffico gravante a tergo, si considera un carico uniformemente distribuito. Il valore della spinta risultante al metro è dunque pari a $S=k_0 \cdot q \cdot H$, con punto di applicazione posizionato a metà dell'altezza dell'elemento su cui insiste.

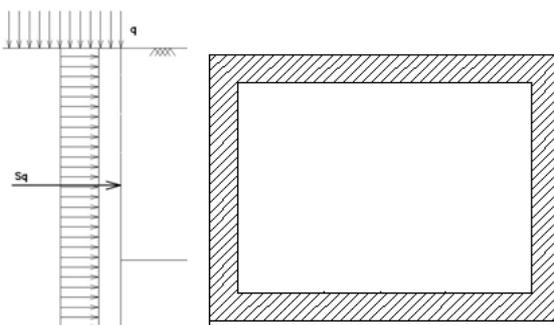


Figura 6.2– Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

6.10 Incremento di Spinta in condizione sismiche

In condizione sismica si considera un incremento della spinta del terreno rispetto alla condizione statica in esercizio. La sovraspinta sismica è calcolata con la teoria di Wood, risultando in un valore di spinta al metro, distribuito uniformemente sull'intera altezza del piedritto, da applicare ad una quota pari ad $H/2$.

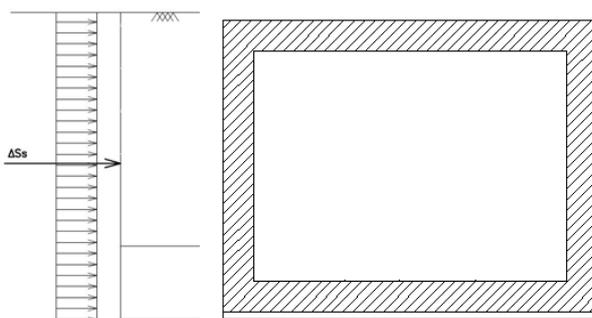


Figura 6.3– Schema per il calcolo degli effetti della sovraspinta sismica

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

7. COMBINAZIONE DEI CARICHI

In linea con quanto riportato nel quadro normativo vigente, le azioni descritte nei paragrafi precedenti, sono combinate nel modo seguente:

combinazione fondamentale (SLU):

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

combinazione sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

combinazione Quasi Permanente (SLE per gli effetti a lungo termine):

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

Ai fini della determinazione dei valori caratteristici delle azioni dovute al traffico, si devono considerare, generalmente, le combinazioni riportate in Tab. 5.1.IV.

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

(*) Ponti pedonali
 (**) Da considerare solo se richiesto dal particolare progetto (ad es. ponti in zona urbana)
 (***) Da considerare solo se si considerano veicoli speciali

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali ed i coefficienti di combinazione ψ delle tabelle seguenti.

		Coefficiente	EQU ¹⁰	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Azioni permanenti non strutturali ⁽²⁾ g_2	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Azioni variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{t1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli	γ_{t2} , γ_{t3} , γ_{t4}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

Tab. 2 – Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU, Eccezionali e Sismica

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

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0500003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 18 di 60</p>

8. VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche di resistenza delle sezioni sono eseguite secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite. I coefficienti di sicurezza adottati sono i seguenti:

- coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo: 1.50;
- coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio in barre: 1.15.

Il paragrafo in oggetto illustra nel dettaglio i criteri generali adottati per le verifiche strutturali e geotecniche condotte nel progetto. Ulteriori dettagli di carattere specifico, laddove impiegati, sono dichiarati e motivati nelle relative risultanze delle verifiche.

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

- verifiche per gli stati limite ultimi a presso-flessione;
- verifiche per gli stati limite ultimi a taglio;
- verifiche per gli stati limite di esercizio.

8.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-presso-flessione

Allo stato limite ultimo, le verifiche a flessione o presso-flessione sono condotte confrontando (per le sezioni più significative) le resistenze ultime e le sollecitazioni massime agenti, valutando di conseguenza il corrispondente fattore di sicurezza.

8.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

La verifica allo stato limite ultimo per azioni di taglio è condotta secondo quanto prescritto dal DM17/01/2018, per elementi con armatura a taglio verticali.

Si fa, pertanto, riferimento i seguenti valori della resistenza di calcolo:

- Resistenza di progetto dell'elemento privo di armatura a taglio:

$$V_{Rd} = \max \left\{ \left[0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] b_w \cdot d; (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}$$

- Resistenza di progetto a "taglio trazione":

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

- Resistenza di progetto a "taglio compressione":

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot v f_{cd} \cdot (\cot \alpha + \cot \theta) / (1 + \cot^2 \theta)$$

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A	FOGLIO 19 di 60

Nelle espressioni precedenti i simboli hanno i seguenti significati:

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \text{ con } d \text{ in mm};$$

$$\rho_1 = \frac{A_{sl}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

A_{sl} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{Ed}}{A_c} < 0.2 \cdot f_{cd};$$

N_{Ed} è la forza assiale nella sezione dovuta ai carichi;

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

$1 \leq \cot \vartheta \leq 2.5$ è l'inclinazione dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave

A_{sw} è l'area della sezione trasversale dell'armatura a taglio;

s è il passo delle staffe;

α è l'angolo d'inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

v_{fd} è la resistenza di progetto a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($v=0.5$);

$\alpha_c = 1$ coefficiente maggiorativo per membrature non compresse.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A	FOGLIO 20 di 60

8.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

- stato limite delle tensioni in esercizio;
- stato limite di fessurazione.

Nel primo caso, si esegue il controllo delle tensioni nei materiali supponendo una legge costitutiva tensioni-deformazioni di tipo lineare. In particolare si controlla la tensione massima di compressione del calcestruzzo e di trazione dell'acciaio, verificando che:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

Nel secondo caso, si verifica che le aperture delle fessure siano inferiori al valore limite dell'apertura delle fessure nella combinazione caratteristica Frequente e Quasi Permanente. I valori nominali di riferimento sono:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A	FOGLIO 21 di 60

9. VERIFICHE GEOTECNICHE

Le verifiche geotecniche sono state omesse in quanto in corrispondenza dello scatolare il terreno si trova in condizioni meno gravose delle zone limitrofe. Inoltre, lo scavo e la successiva costruzione di una struttura “vuota” sottopongono il terreno a tensioni inferiori a quelli precedentemente presenti.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

10. ANALISI STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte mediante l'ausilio del SAP2000, un Codice di calcolo F.E.M. (Finite Element Method) capace di gestire analisi lineari e non lineari ed analisi sismiche con integrazione al passo delle equazioni nel tempo. Dal modello sono state dedotte, per le combinazioni di calcolo statiche e sismiche descritte in precedenza, le sollecitazioni complessive agenti sugli elementi strutturali al fine di procedere con le verifiche di sicurezza previste dalle Normative di riferimento.

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità \emptyset dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria ortogonale all'asse longitudinale dello scatolare, ipotizzando una coerente disposizione delle armature di forza trasversali.

Convenzione assi

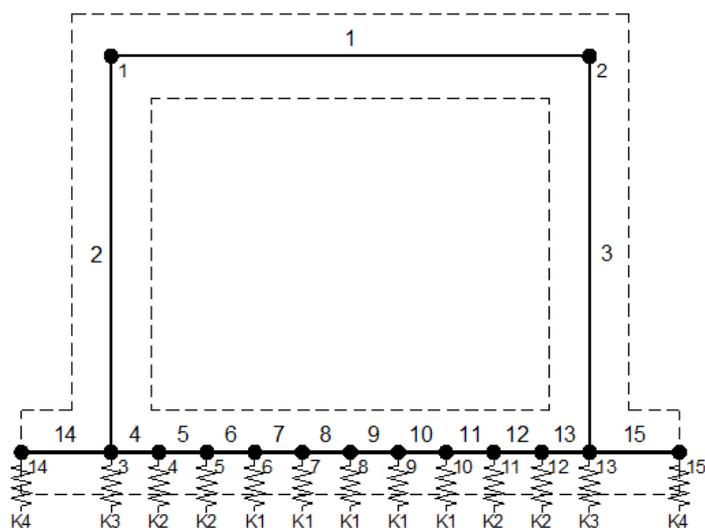
x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

10.1 Modellazione strutturale : Scatolare

Il modello di calcolo attraverso il quale viene discretizzata la struttura è quello di telaio chiuso. Per simulare il comportamento del terreno di fondazione vengono inserite molle alla Winkler.



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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

Per la definizione delle precedenti costanti si è fatto riferimento alla caratterizzazione geotecnica a disposizione.

I valori di resistenza del terreno assunti nei calcoli che seguono sono quelli riferiti al primo strato della tabella riportata al paragrafo 5.

Per la rigidità delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale K_w pari a 526 kN/m^3 . Tale valore viene valutato tramite la teoria di Bowles, note le dimensioni della fondazione dell'opera e il modulo elastico del terreno di fondazione:

$$k_s = \frac{E}{(1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t}$$

Dove:

E	modulo elastico del terreno
ν	coefficiente di Poisson
B	larghezza della fondazione
L	lato maggiore della fondazione
c_t	fattore di forma (Bowles, 1960)
K_w	coefficiente di sottofondo alla Winkler

Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

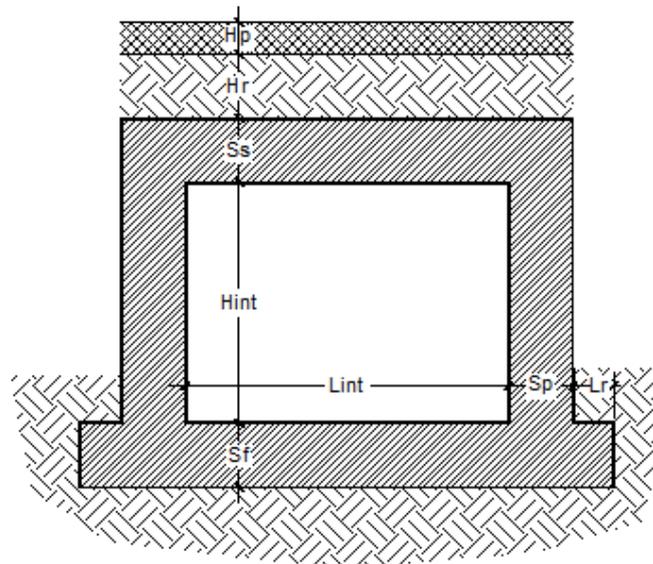
Rigidezze molle				
Modulo elastico del terreno	E_t		10.00	N/mm ²
Coefficiente di Poisson	ν		0.30	-
Larghezza della fondazione	B	$B = L_r + S_p + L_{int} + S_p + L_r$	39.40	m
Lato maggiore della fondazione	L		21.52	m
Fattore di forma	c_t		0.53	-
Terreno di fondazione - Costante di sottofondo	K_w	$K_w = E_t / (1-\nu^2) \cdot B \cdot c_t$	526	kN/m ³
Interasse molle	i	$i = (S_p/2 + L_{int} + S_p/2) / 10$	1.63	m
Molle centrali	K1	$K_1 = K_w \cdot i$	855	kN/m
Molle intermedie	K2	$K_2 = 1.50 \cdot K_w \cdot i$	1 283	kN/m
Molle laterali	K3	$K_3 = 2.00 \cdot K_w \cdot (i/2 + S_p/2)$	1 644	kN/m
Molle risolto	K4	$K_4 = 1.50 \cdot K_w \cdot L_r$	0	kN/m

La rigidità delle molle in corrispondenza dei piedritti è stata aumentata, seguendo le indicazioni riportate nella letteratura tecnica, al fine di tenere in conto l'irrigidimento apportato dai piedritti al solettone di fondo.

10.2 Analisi dei carichi

Geometria

Caratteristiche materiali e terreno			
Calcestruzzo armato - Peso specifico	γ		25 kN/m ³
Calcestruzzo armato - Tipo			C32/40
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R_{ck}		40 N/mm ²
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f_{ck}		33.2 N/mm ²
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33600 N/mm ²
Pacchetto stradale - Peso specifico	γ		24 kN/m ³
Terreno del rilevato - Peso specifico	γ		19 kN/m ³
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		35 °
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			aggressive
Ricoprimento			
Spessore pacchetto stradale	H_p		0.10 m
Spessore del rinterro	H_r		0.11 m
Geometria			
Spessore soletta superiore	S_s		1.50 m
Spessore soletta di fondazione	S_f		1.50 m
Spessore piedritti	S_p		1.50 m
Altezza netta	H_{int}		6.90 m
Larghezza netta	L_{int}		14.75 m
Lunghezza risvolti sol. inf.	L_r		0.00 m
Lunghezza dello scatolare	L		21.52 m



Tab. 4: Geometria del modello

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

Azioni elementari applicate

Carichi permanenti						
Soletta superiore						
Peso pacchetto stradale	Ps	$0.10 \cdot 24 =$		2.40	kN/m ²	
Peso del rinterro	Pr	$0.11 \cdot 19 =$		2.09	kN/m ²	
Totale				4.49	kN/m²	
Risvolti soletta inferiore						
Peso pacchetto stradale	Ps	-		0.00	kN/m ²	
Peso del rinterro	Pr	-		0.00	kN/m ²	
Totale				0.00	kN/m²	
Carichi accidentali sulla copertura						
Tandem						
Ldiffusione x				1.60	m	
Ldiffusione y				2.40	m	
Impronta di carico x	Ld1	$1.60 + 2 \cdot (0.10 + (0.11) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 1.50/2) =$		3.39	m	
Impronta di carico y	Ld2	$2.40 + 2 \cdot (0.10 + (0.11) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 1.50/2) =$		4.19	m	
Impronta sull'impalcato		$3.39 \cdot 4.19 =$		14.24	m ²	
carico q1 (totale)				600	kN	
carico q1 (ripartito)	Q _{1k}	$600 / 14.24 =$		42.15	kN/m²	
Carico distribuito						
	Ld3	$3.00 + 2 \cdot (0.10 + (0.11) \cdot \text{TAN}(35^\circ) + 1.50/2) =$		4.79	m	
	q _{1k}	$9.00 \cdot (3.00 / 4.79) =$		5.63	kN/m²	

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento al Manuale di Progettazione Caso 5.3 pag. 41 di 481 Manuale Parte II - Sezione II - Ponti

Frenamento q3					
q3	q3	$180 < 0.6(2Q_{1k}) + 0.10q_{1k} \cdot w \cdot L < 900 \text{ kN}$		85.09	kN/m
Azione termica					
Variazione termica uniforme	ΔT_U			15	°
Variazione termica a farfalla	ΔT_F			5	°
Variazione termica uniforme di calcolo	ΔT_{U*}	$15 / 2 =$		7.5	°
Variazione termica a farfalla di calcolo	ΔT_{F*}	$5 / 2 =$		2.50	°
Ritiro (applicato alla soletta superiore)	ΔT_R			-10	°
Spinta del terreno					
K0		$1 - \text{sen}(35^\circ) =$		0.426	
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.426 \cdot 4.49 =$		1.91	kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.426 \cdot (4.49 + 19 \cdot 1.50/2) =$		7.99	kN/m²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.426 \cdot [4.49 + 19 \cdot (1.50/2 + 6.90 + 1.50/2)] =$		76.05	kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.426 \cdot [4.49 + 19 \cdot (1.50/2 + 6.90 + 1.50)] =$		82.12	kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(1.91 + 7.99)/2 \cdot 1.50/2$		3.71	kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(76.05 + 82.12)/2 \cdot 1.50/2$		59.31	kN/m
Spinta del carico accidentale					
Spinta dovuta al q1	p	$0.426 \cdot (42.15 + 5.63) =$		20.38	kN/m²
Sisma orizzontale					
Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -		SLV	
Vita nominale	V_N			75	anni
Classe d'uso	C_U			III	
Coefficiente C_U	C_U			1.5	
Periodo di riferimento	V_R			112.5	anni
accelerazione orizzontale	a_g/g			0.156	
amplificazione spettrale	F_o			2.468	
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E		C	
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S_s			1.469	
Coeff. Amplificazione topografica	S_t			1	
Coefficiente S	S	$= S_s \cdot S_t$		1.469	
accelerazione orizzontale max	a_{max}/g	$= a_g/g \cdot S$		0.229	
Fattore di struttura	q			1.00	
Forza orizz. sul s. di cop. dovuta a perm+0.2acc.	F _{Hs}	$0.229 \cdot (1.50 \cdot 25 + 4.49 + 0.2 \cdot 14.44) / 1.00 =$		10.28	kN/m²
Forza orizz. sui piedritti	F _{Hp}	$0.229 \cdot (1.50 \cdot 25) / 1.00 =$		8.59	kN/m²
Spinta del terreno in fase sismica					
Coefficiente sismico orizzontale	k_h	$= a_{max}/g$		0.229	
Coefficiente sismico verticale	k_v	$= \pm 0.5 \cdot k_h$		0.115	
Risultante della spinta sismica	ΔS_E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot [(H_{int} + S_s + S_f + H_r)^2]$		436.3	kN/m
Pressione risultante	Δp_E	$= \Delta S_E / [(H_{int} + S_s/2 + S_f/2)]$		51.3	kN/m²

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

Seguono le schermate di applicazione dei principali carichi al modello:

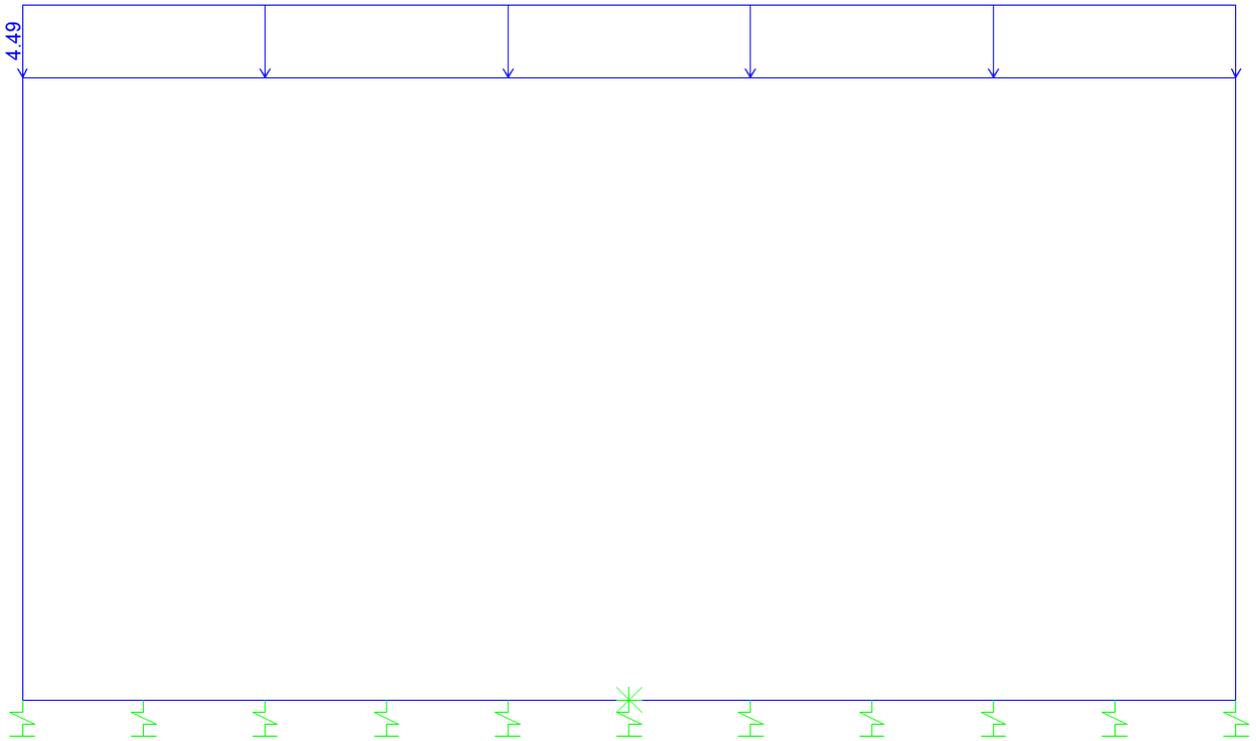


Figura 4: Condizione di carico PERM (kN/m/m)

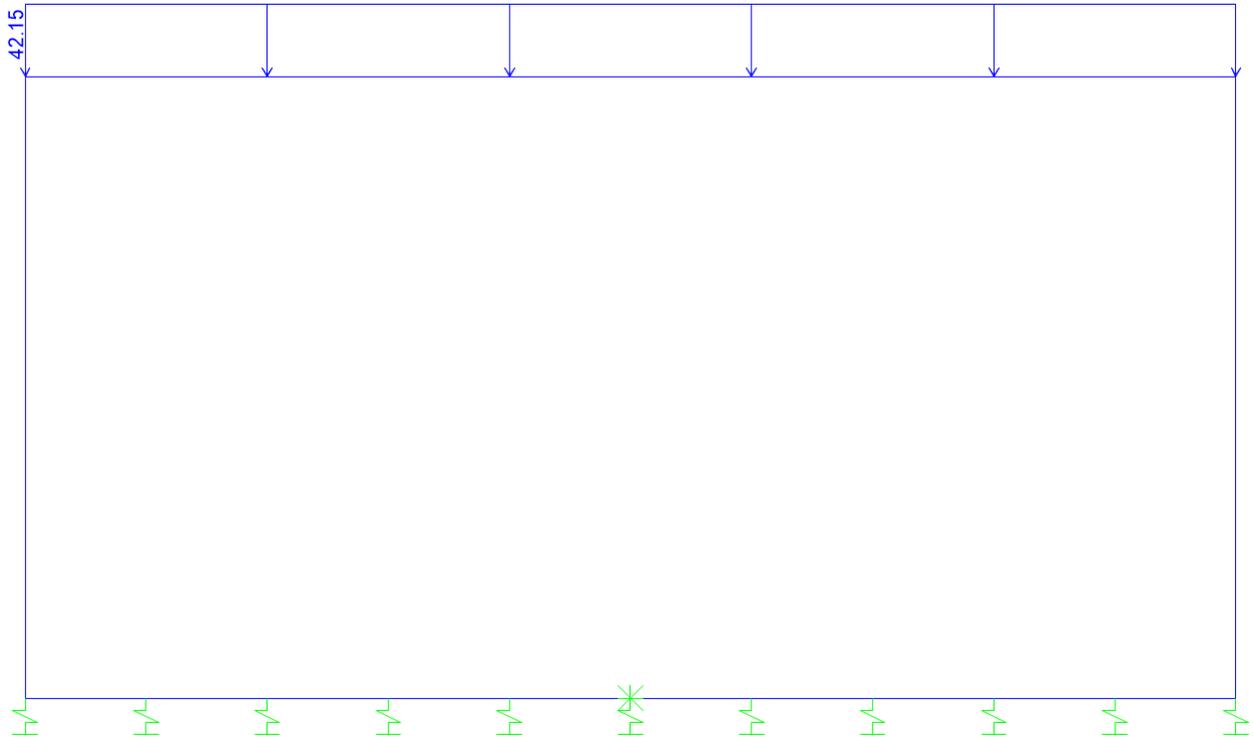


Figura 5: Condizione Q1- M(kN/m/m)

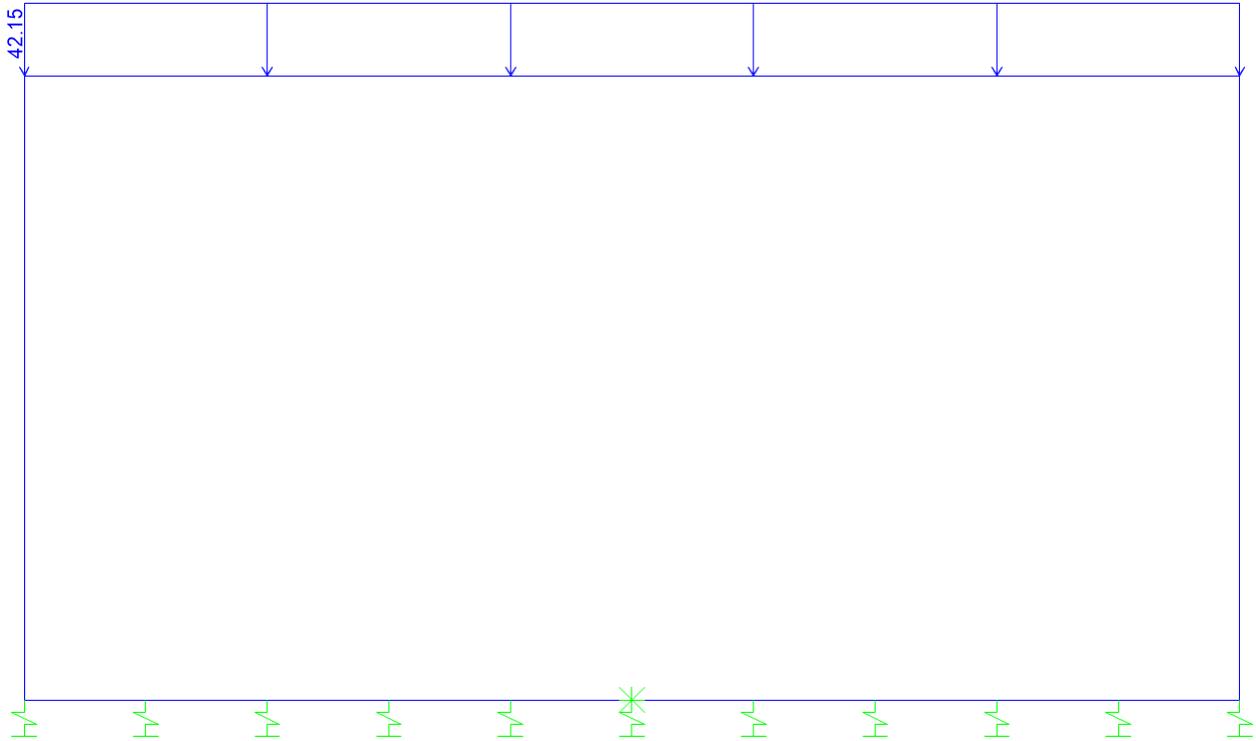


Figura 6: Condizione Q1- T(kN/m/m)

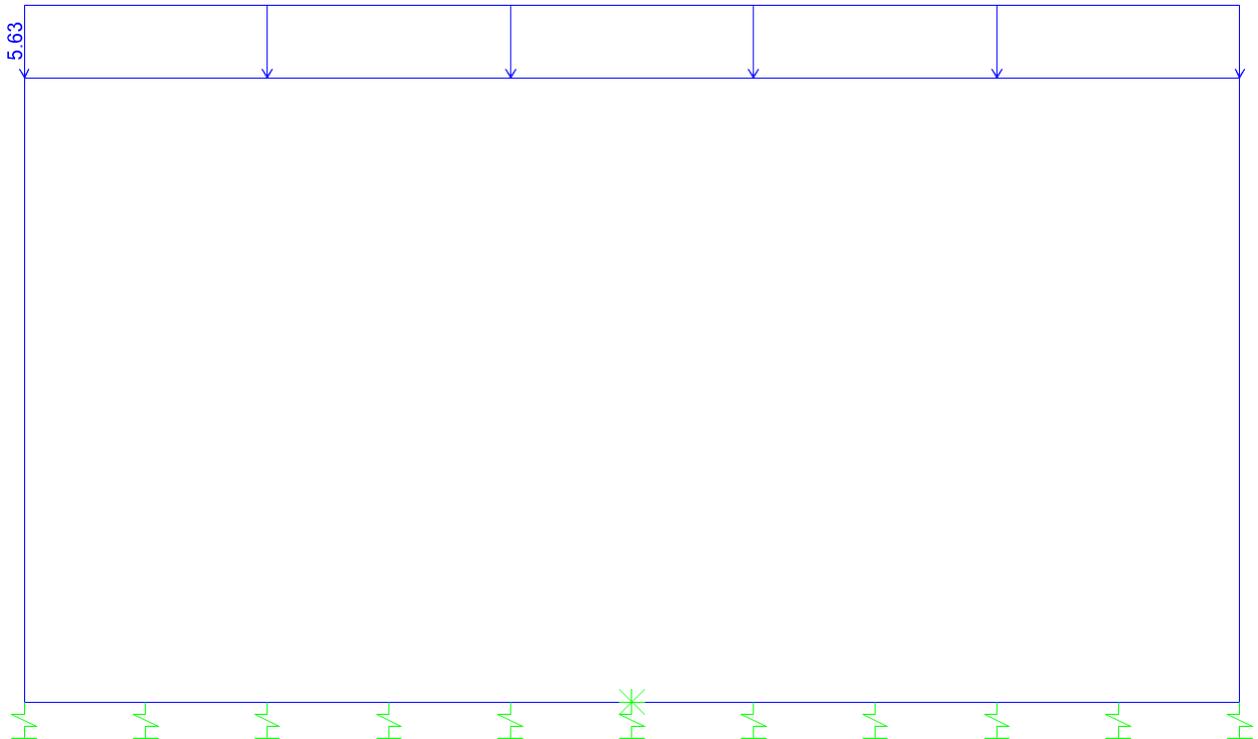


Figura 7: Condizione Q2 (kN/m/m)

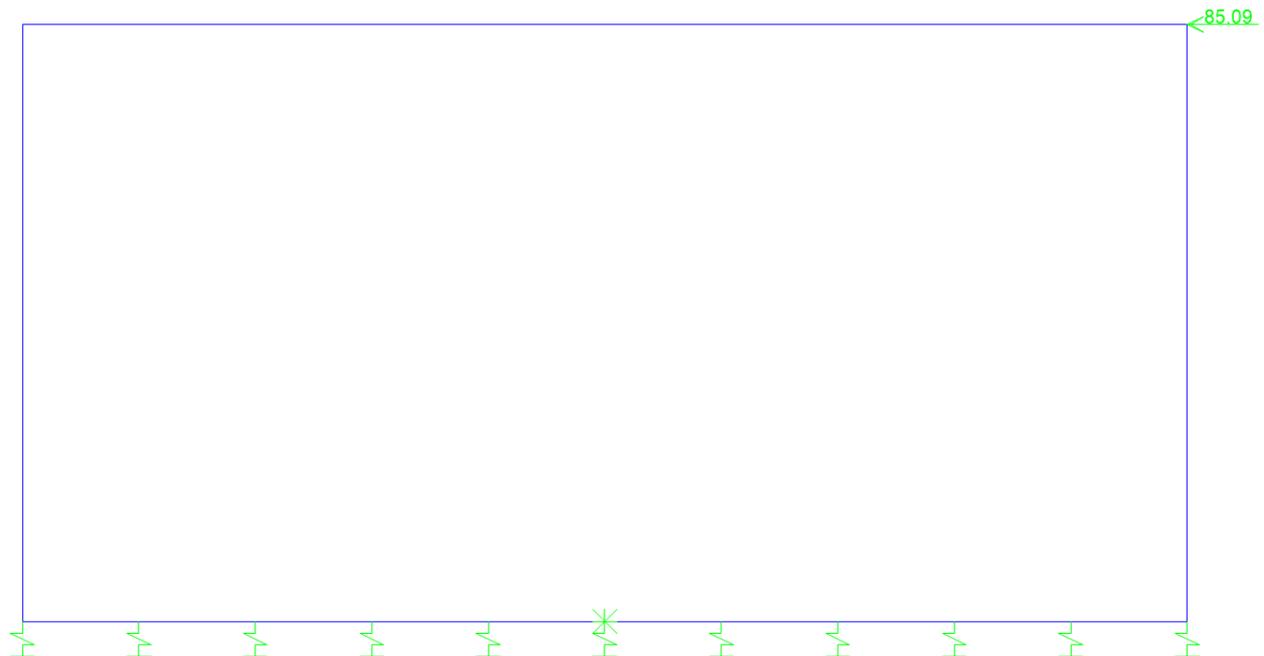


Figura 8: Condizione Q3(kN/m/m)

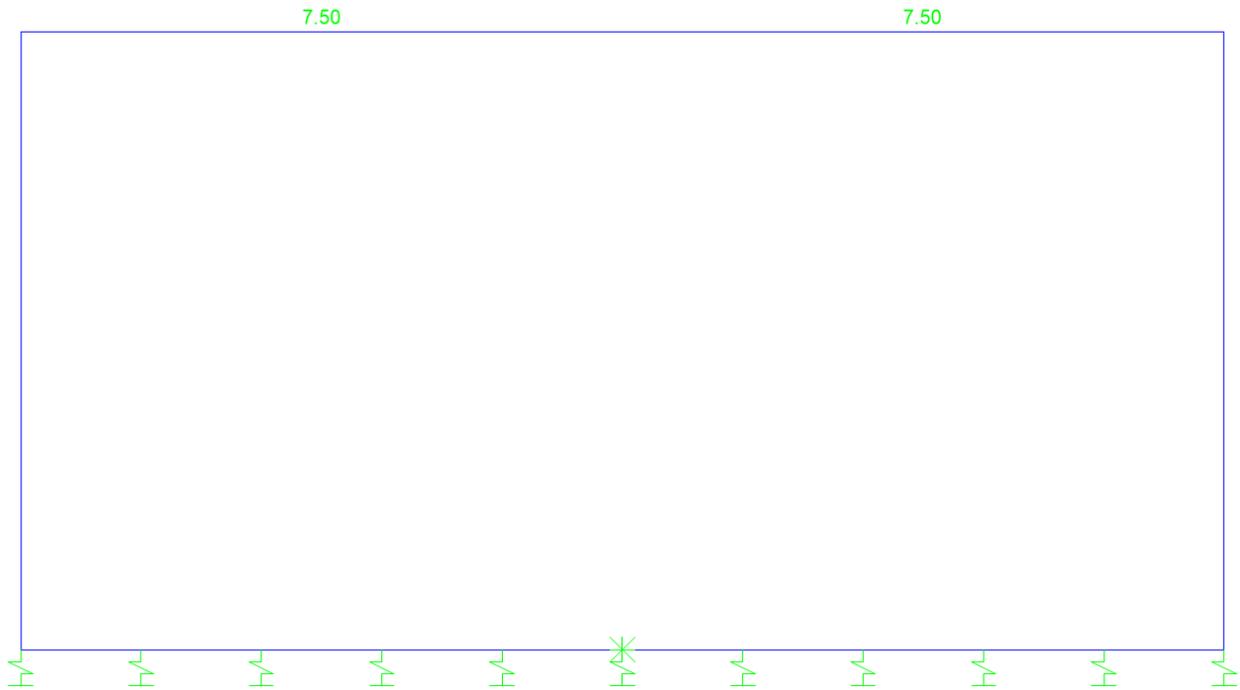


Figura 9: Condizione TERM (°C)

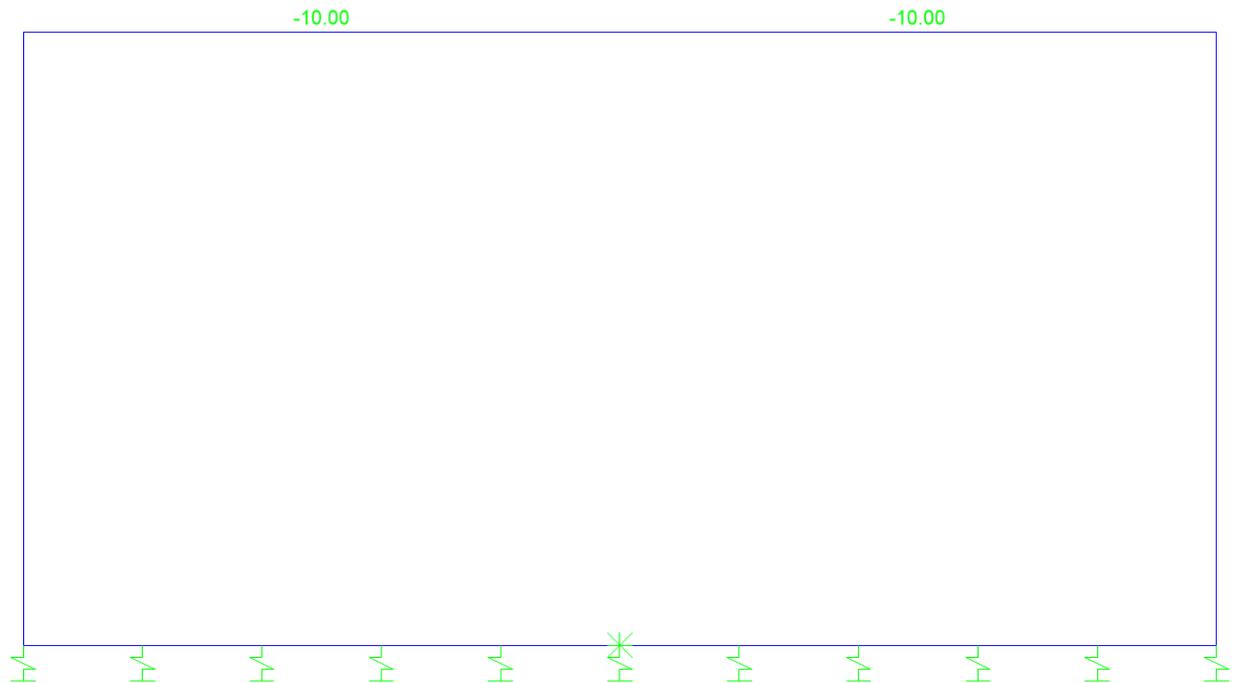


Figura 10: Condizione RITIRO (°C)

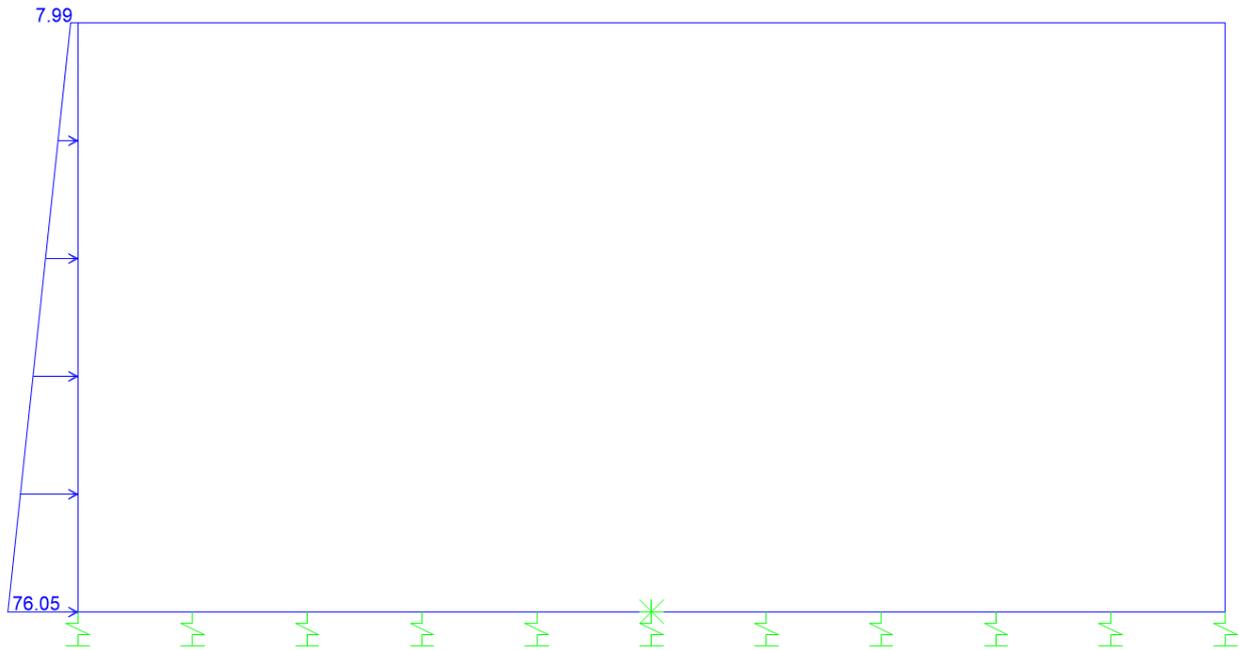


Figura 11: Condizione SPTSX (kN/m/m)

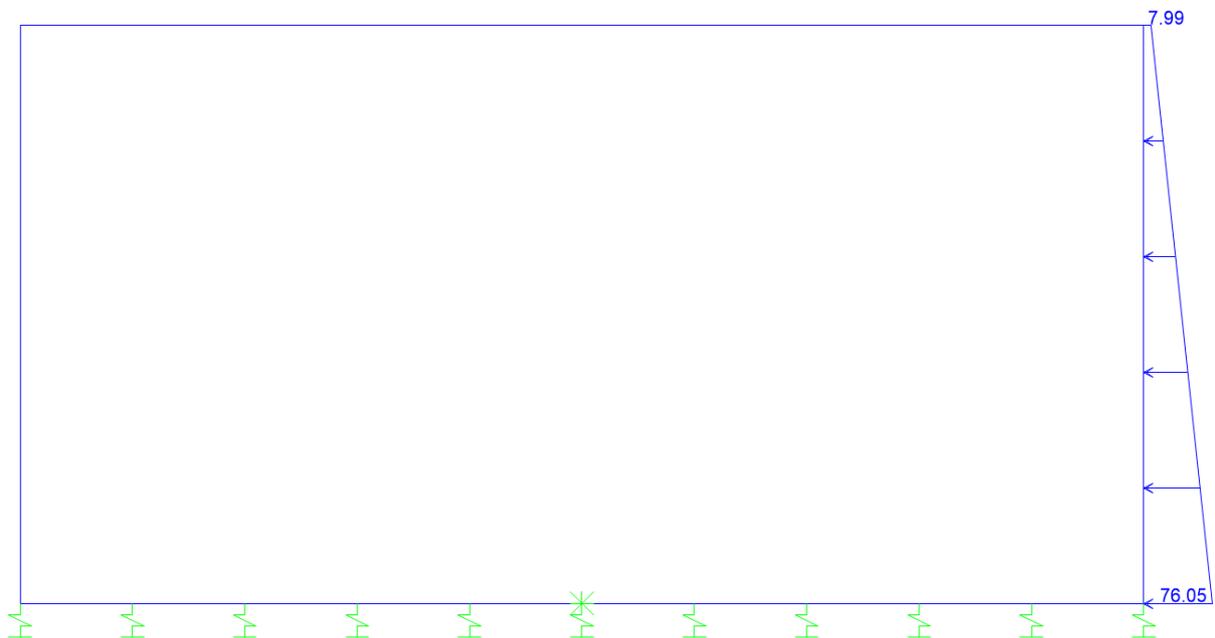


Figura 12: Condizione SPTDX (kN/m/m)

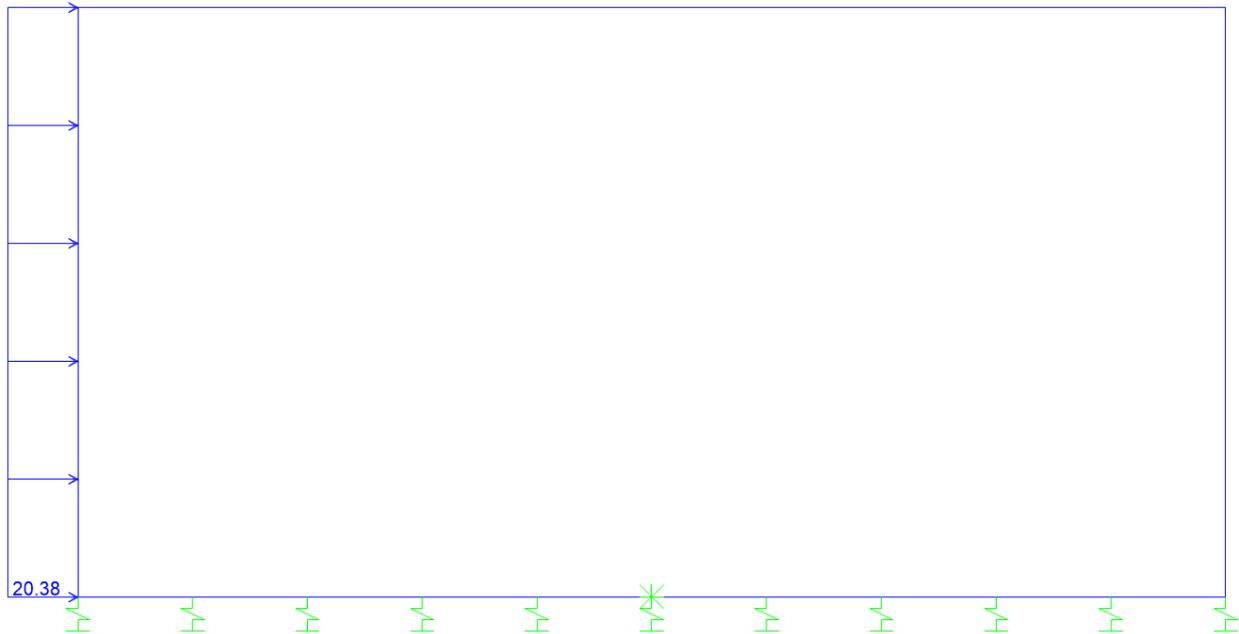


Figura 13: Condizione SPACCDX (kN/m/m)

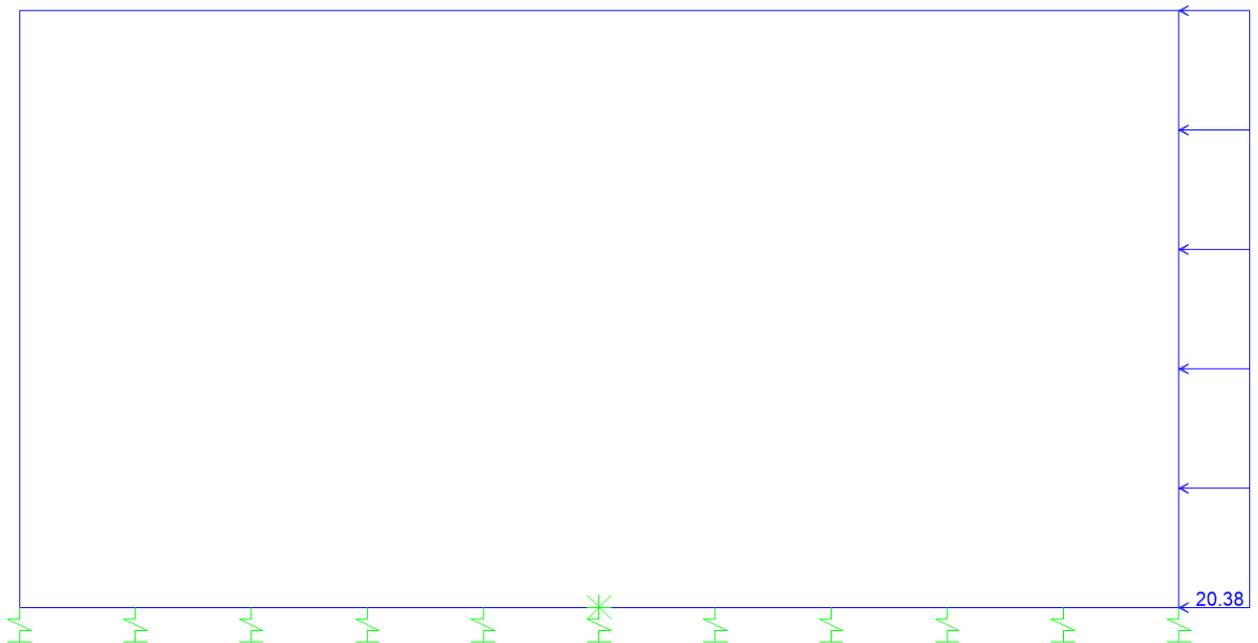


Figura 14: Condizione SPACCSX (kN/m/m)

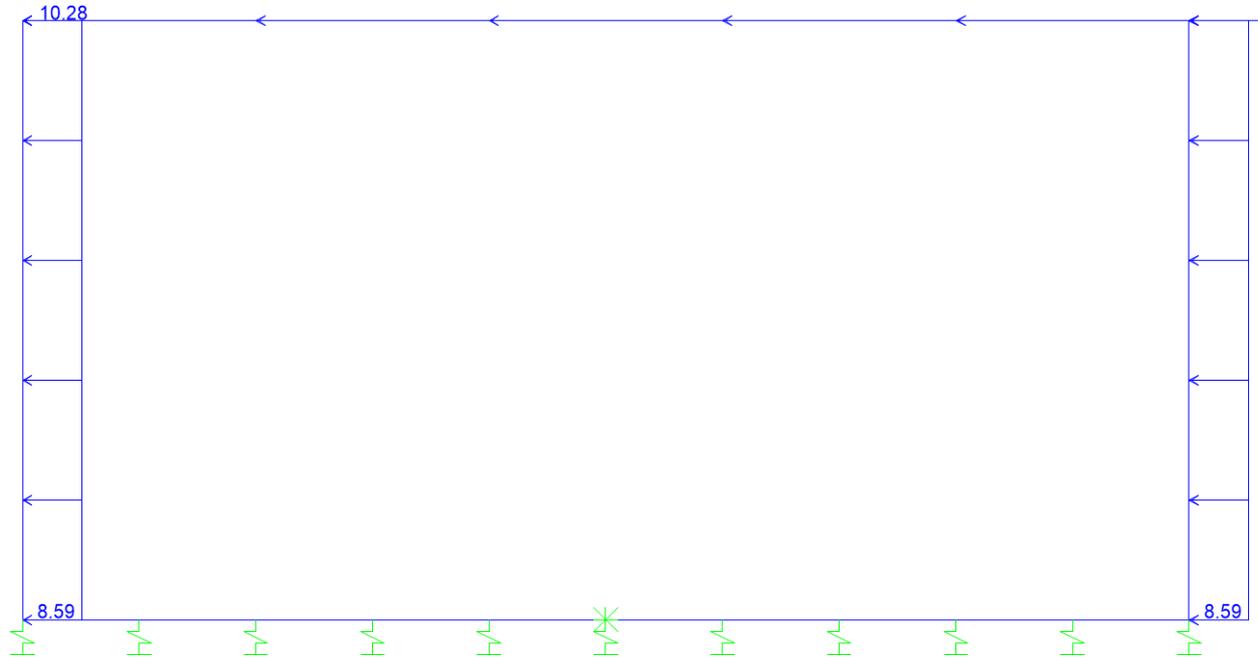


Figura 15: Condizione SISMAH (kN/m/m)

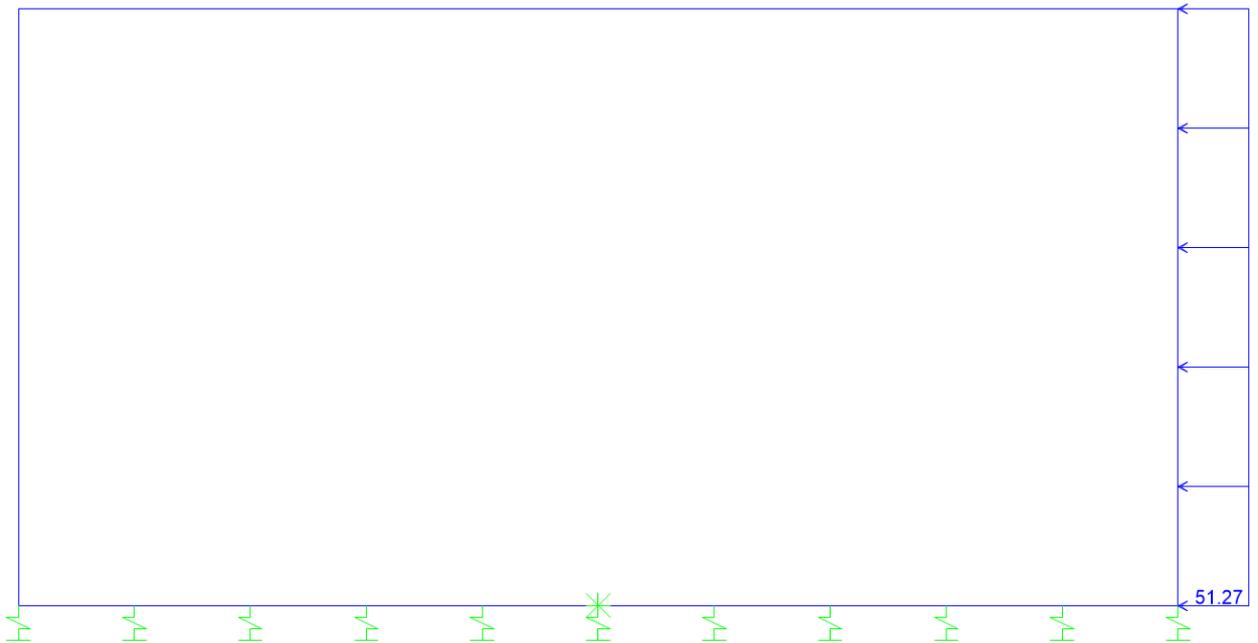


Figura 16: Condizione SPSDX (kN/m²)

SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54
Relazione di calcolo sottovia autostradale

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IV01	00	D 26 CL	SL0500003	A	35 di 60

10.3 Combinazioni

N	PERM	PERM-G2	Q1-M	Q1-T	Q2	Q3	SPTSX	SPTDX	SPACCSX	SPACCDX	TERM	RITIRO	SISMAH	SPSDX	
01	01S1-11M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
02	02S1-11T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
03	03S1-12M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
04	04S1-12T	1.35	1.50	0.00	1.35	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
05	05S1-13M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
06	06S1-13T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
07	07S1-14-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
08	08S1-15-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	0.9	0.0	0.0	0.0
09	09S1-21M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
10	10S1-21T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
11	11S1-22M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
12	12S1-22T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
13	13S1-23M	1.35	1.50	1.35	0.0	1.35	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
14	14S1-23T	1.35	1.50	0.0	1.35	1.35	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
15	15S1-24-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.00	0.0	1.35	1.35	1.35	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
16	16S1-25-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.00	0.0	1.00	1.35	0.0	1.35	-0.9	1.2	0.0	0.0
17	17S1T11M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
18	18S1T11T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
19	19S1T12M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
20	20S1T12T	1.35	1.50	0.00	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
21	21S1T13M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
22	22S1T13T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
23	23S1T14-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
24	24S1T15-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
25	25S1T21M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
26	26S1T21T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
27	27S1T22M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
28	28S1T22T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
29	29S1T23M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
30	30S1T23T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
31	31S1T24-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
32	32S1T25-	1.35	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
33	33S2-11M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
34	34S2-11T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	0.0
35	35S2-12M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
36	36S2-12T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
37	37S2-13M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.35	0.0	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
38	38S2-13T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0.0	1.01	0.9	0.0	0.0	0.0
39	39S2-21M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
40	40S2-21T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.9	1.2	0.0	0.0
41	41S2-22M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
42	42S2-22T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.35	1.35	1.01	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
43	43S2-23M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	1.35	1.00	1.35	0.0	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
44	44S2-23T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	1.35	1.00	1.35	0.0	1.01	-0.9	1.2	0.0	0.0
45	45S2T11M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
46	46S2T11T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0
47	47S2T12M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
48	48S2T12T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
49	49S2T13M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
50	50S2T13T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	1.5	0.0	0.0	0.0
51	51S2T21M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
52	52S2T21T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.5	1.2	0.0	0.0
53	53S2T22M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
54	54S2T22T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.35	1.35	1.01	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
55	55S2T23M	1.35	1.50	1.01	0.0	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
56	56S2T23T	1.35	1.50	0.0	1.01	0.54	0.0	1.00	1.35	0.0	1.01	-1.5	1.2	0.0	0.0
57	57SED1-	1.00	1.00	0.20	0.00	0.20	0.0	0.70	1.00	0.0	0.2	0.5	0.0	1.0	1.0
58	58SED2-	1.00	1.00	0.20	0.00	0.20	0.0	0.70	1.00	0.0	0.2	-0.5	1.0	1.0	1.0

N	PERM	PERM-G2	Q1-M	Q1-T	Q2	Q3	SPTSX	SPTDX	SPACCSX	SPACCDX	TERM	RITIRO	SISMAH	SPSDX	
59	59Q1-11-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
60	60Q1-12-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
61	61Q1-13-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
62	62Q1-21-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
63	63Q1-22-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
64	64Q1-23-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
65	65F1-11M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
66	66F1-11T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0
67	67F1-12M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
68	68F1-12T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
69	69F1-13M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
70	70F1-13T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
71	71F1-14-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
72	72F1-15-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	0.5	0.0	0.0	0.0
73	73F1-21M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
74	74F1-21T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	0.70	0.0	0.0	-0.5	1.0	0.0	0.0
75	75F1-22M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
76	76F1-22T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
77	77F1-23M	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
78	78F1-23T	1.00	1.00	0.0	0.75	0.40	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
79	79F1-24-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	1.00	0.75	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
80	80F1-25-	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.70	1.00	0.0	0.75	-0.5	1.0	0.0	0.0
81	81C025-	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	1.00	0.00	1.00	0.6	1.0	0.0	0.0
82	82C025-	1.00	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	1.00	1.00	0.00	1.00	-0.6	1.0	0.0	0.0
83	83C025-	1.00	1.00	0.75	0.0	0.40	1.0	1.00	1.00	0.00	0.75	0.6	1.0	0.0	0.0
84	84C025-	1	1.00	0.75	0	0.4	1	1	1	0	0.75	-0.6	1	0	0

dove:

- PERM** : carichi permanenti strutturali
- PERM-G2** : carichi permanenti non strutturali
- Q1k-M** : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il momento)
- Q1K-T** : carichi da traffico concentrato (disposizione per massimizzare il taglio)
- Q2-M** : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il momento)
- Q2-T** : carichi da traffico distribuito (disposizione per massimizzare il taglio)
- Q3** : azione longitudinale di frenamento
- SPTSx** : spinta del terreno sulla parete sx
- SPTDx** : spinta del terreno sulla parete dx
- SPACCSx** : spinta del carico accidentale sulla parete sx
- SPACCDx** : spinta del carico accidentale sulla parete dx
- TERM** : termica
- RITIRO** : ritiro
- SISMAH** : azione sismica
- SISDX** : incremento sismico della spinta del terreno

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

10.4 Sollecitazioni

Nella successiva figura vengono rappresentate le sezioni dimensionate e verificate dello scatolare.

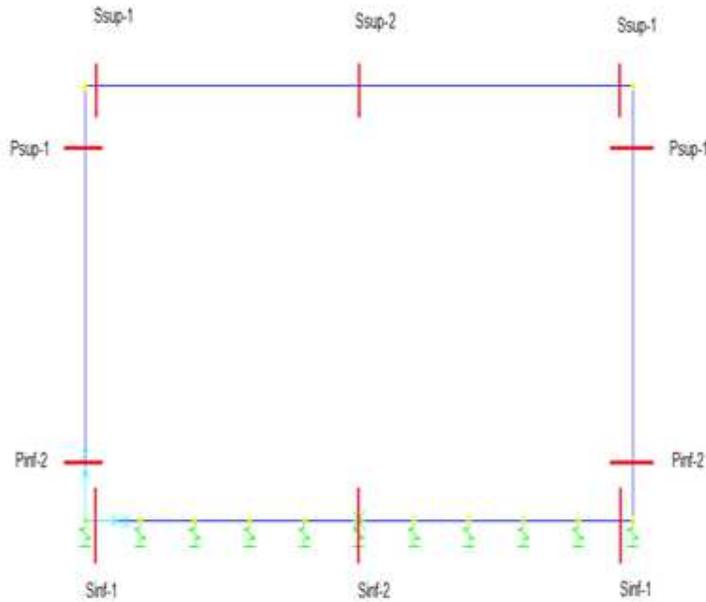


Figura 10.17 - Sezioni di verifica

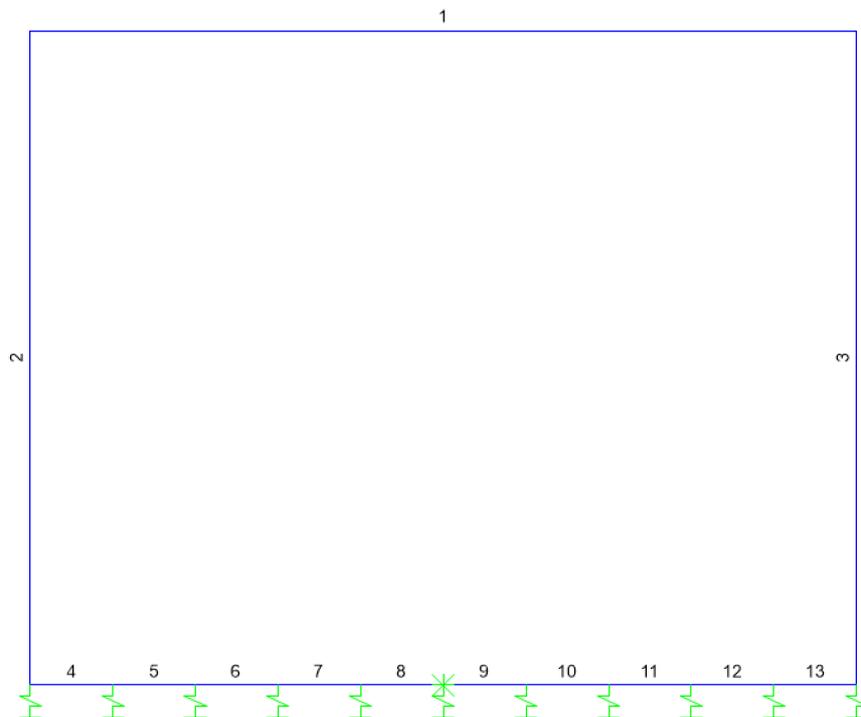


Figura 10.18 - Nomenclatura frame

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

Nelle successive immagini si riportano gli inviluppi delle sollecitazioni ottenute dal modello di calcolo.

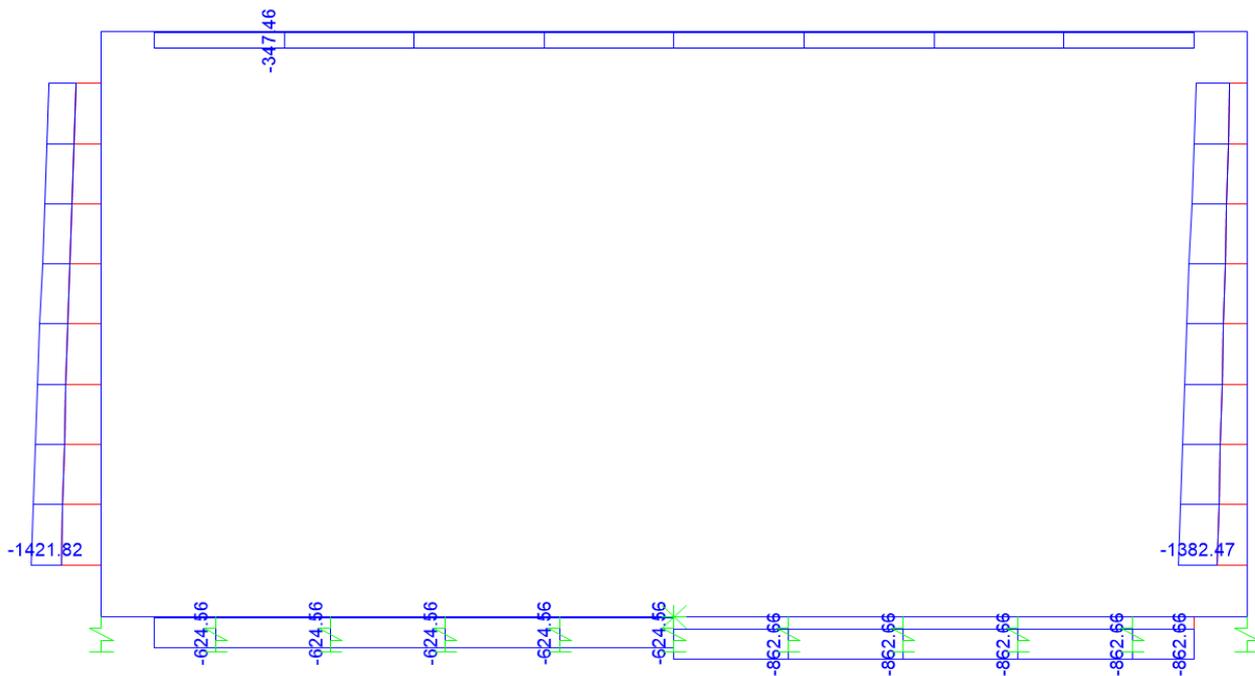


Figura 10.19 - Sforzo Normale – Inviluppo SLU (KN)

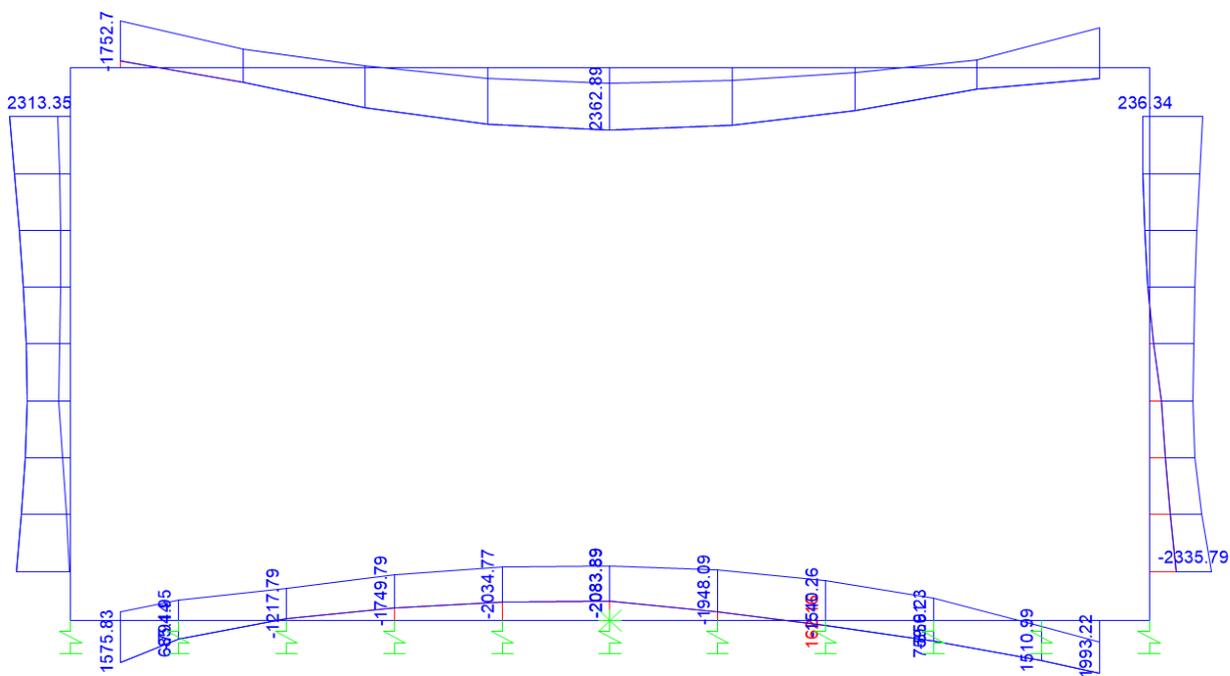


Figura 10.20 - Momento flettente – Inviluppo SLU (KNm)

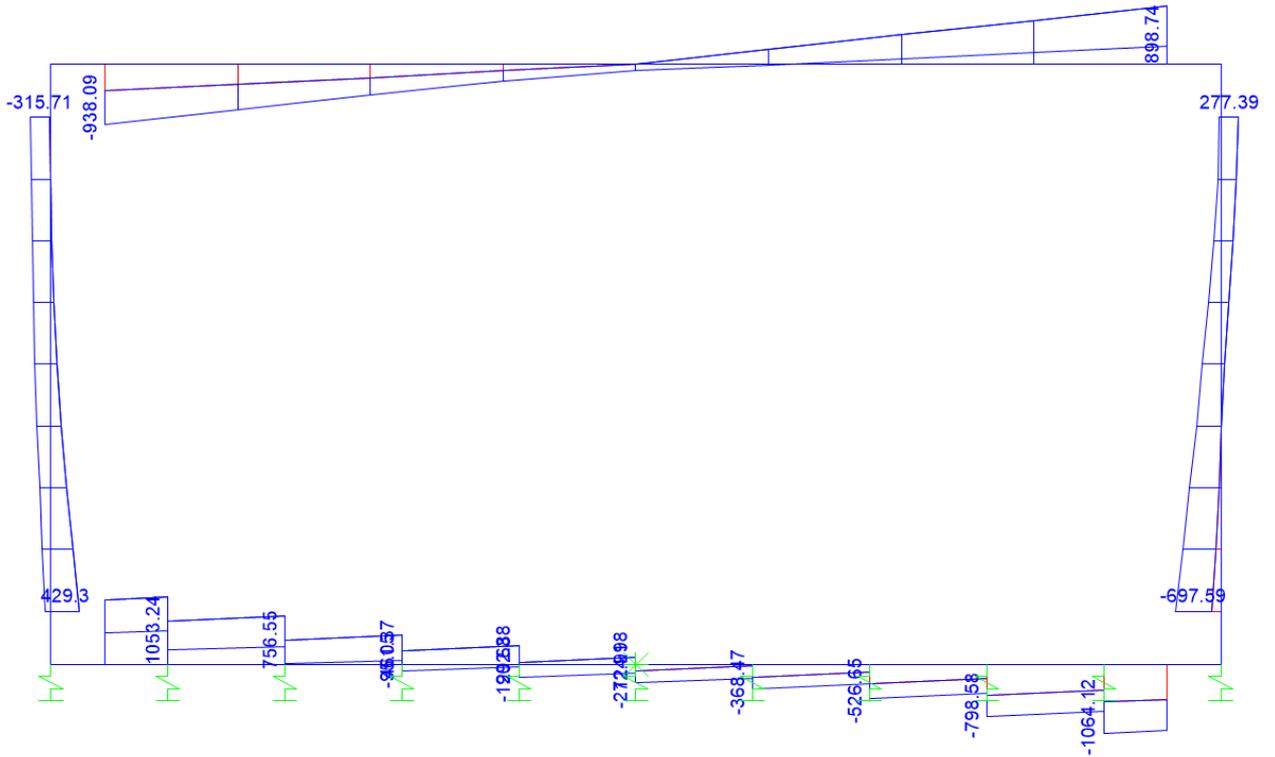


Figura 10.21 - Taglio – Involuppo SLU (kN)

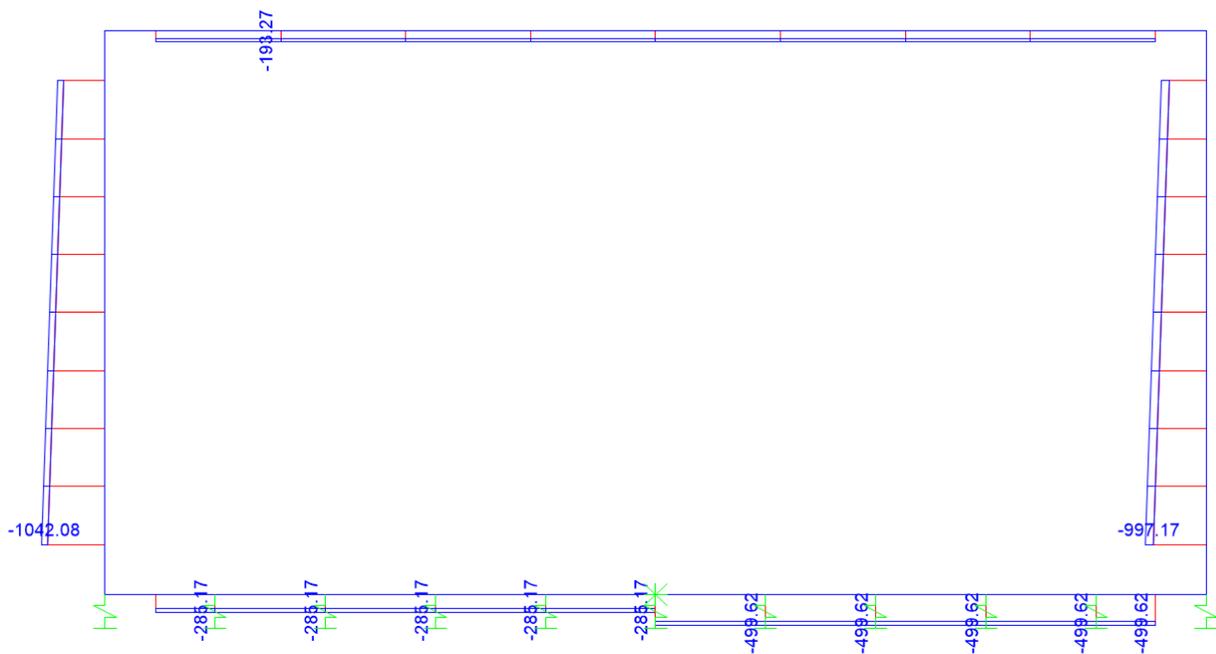


Figura 10.22 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Rara (kN)

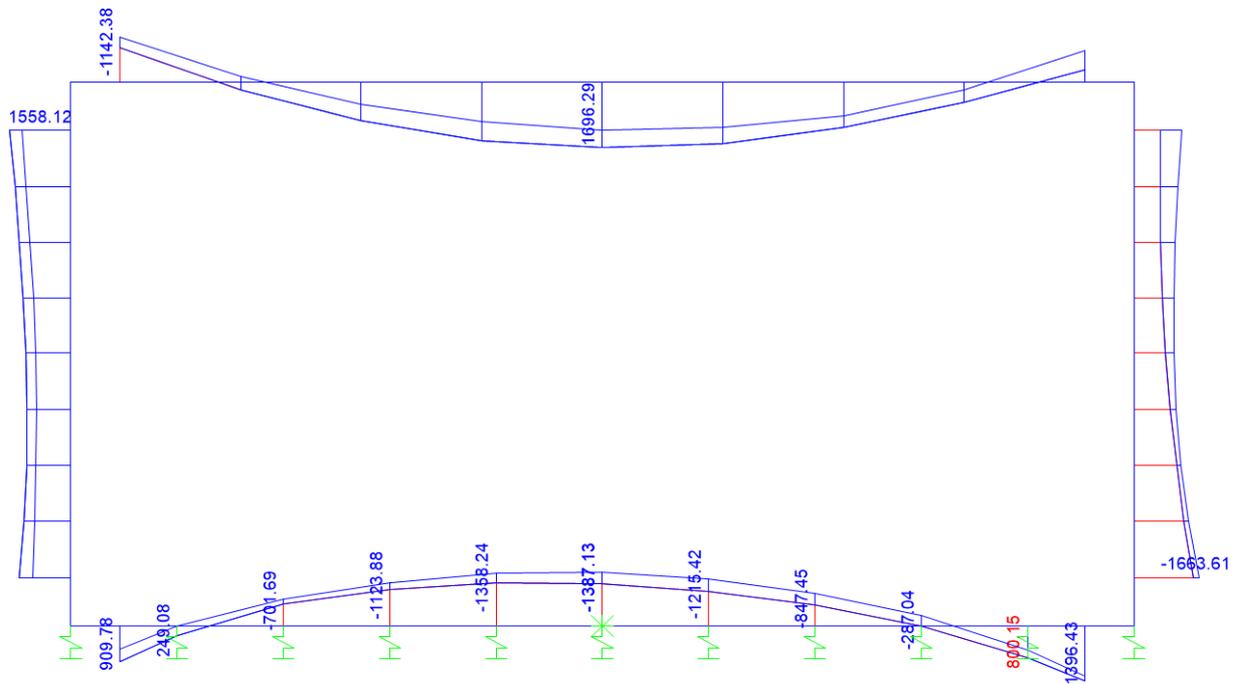


Figura 10.23 - Momento flettente – Involuppo SLE – Rara (kNm)

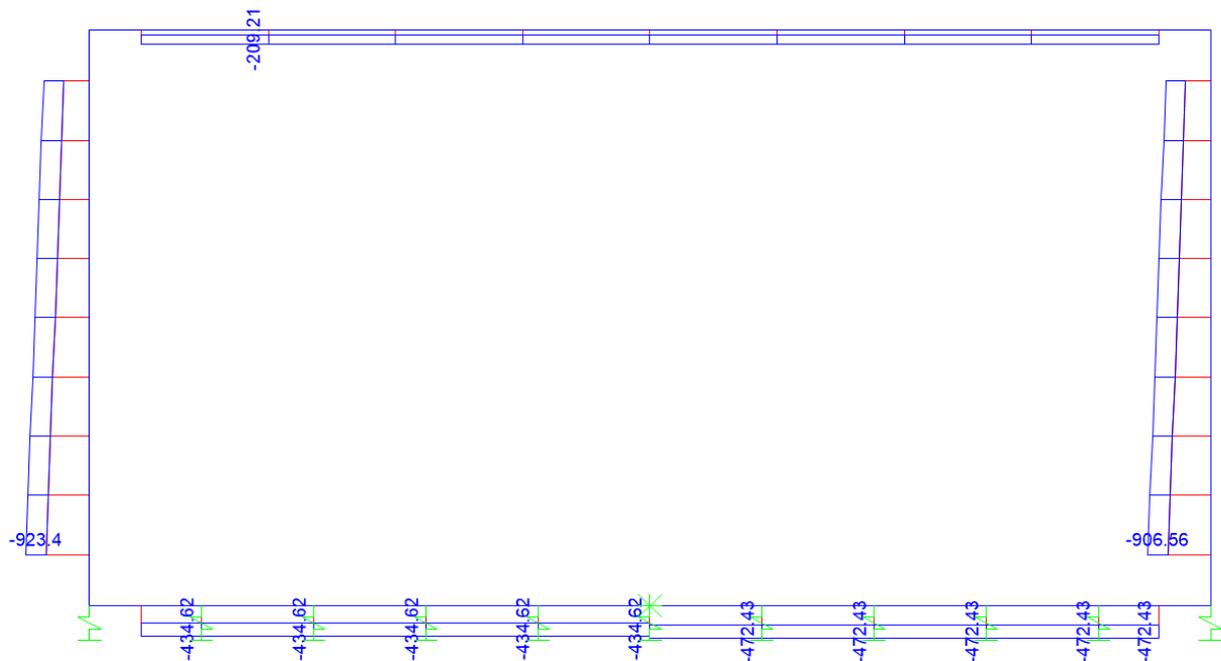


Figura 10.24 - Sforzo Normale – Involuppo SLE – Frequente (kN)

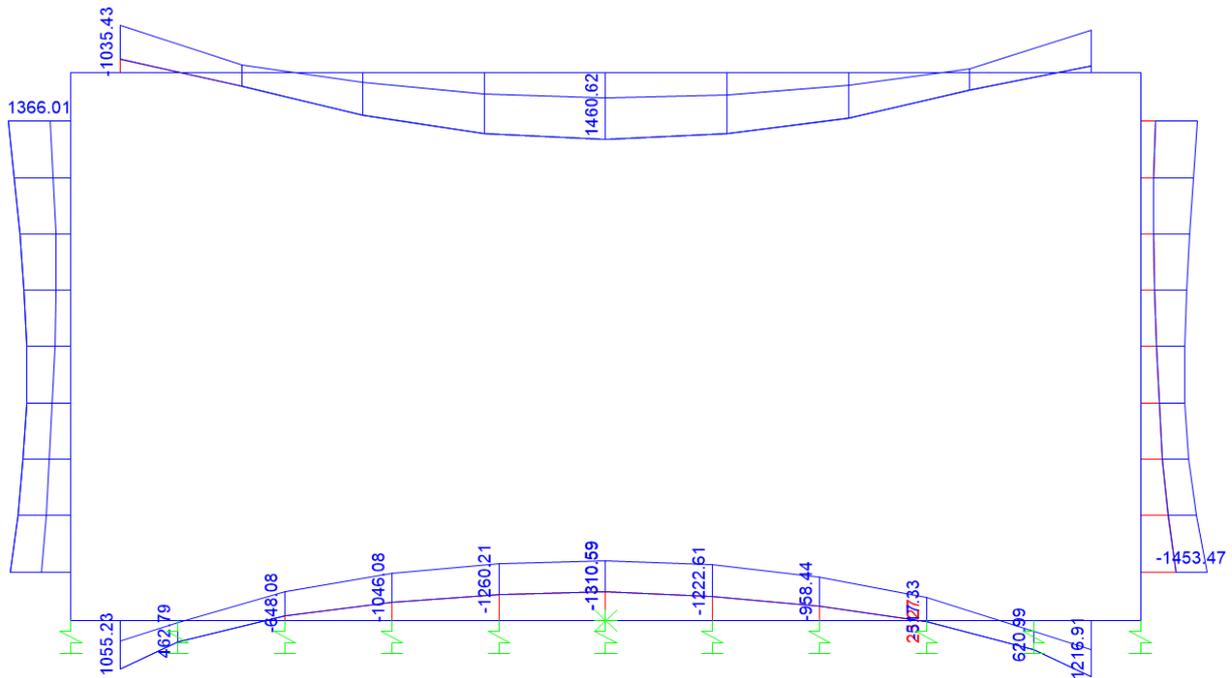


Figura 10.25 - Momento flettente – Involuppo SLE – Frequente (kNm)

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
	SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A

10.5 Verifiche strutturali

10.5.1 Riepilogo armature

La tabella seguente mostra le armature di forza adottate nello scatolare con riferimento ad una striscia di 1m.

	Arm. tesa		Arm. comp.	
	1° strato	2° strato	1° strato	2° strato
Soletta superiore - Campata	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Soletta superiore - Appoggio	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Soletta inferiore - Campata	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Soletta inferiore - Appoggio	10 Ø26	-	5 Ø26	-
Piedritto - Spiccato	10 Ø26	-	10 Ø26	-
Piedritto - Sommità	10 Ø26	-	10 Ø26	-

L'armatura a taglio, laddove prevista, è indicata nella corrispondente verifica.

10.5.2 Verifica soletta superiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solsup-Camp)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²
	$\epsilon_{vd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{cc}	18.8 N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	14	mm

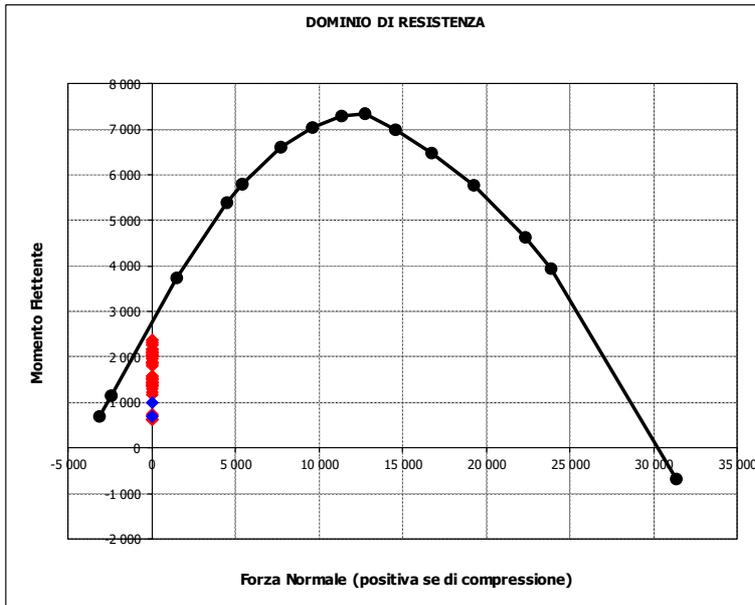
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 150$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 141.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		53.09	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		26.55	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	11M_8.12	0	1896
(Nmin)	11M_8.12	0	1896
(Mmax)	21M_8.12	0	2363
(Mmin)	14_8.12	0	604

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	1896
02S1-11T	0	1896
03S1-12M	0	1808
04S1-12T	0	1808
05S1-13M	0	1852
06S1-13T	0	1852
07S1-14-	0	705
08S1-15-	0	749
09S1-21M	0	2363
10S1-21T	0	2363
11S1-22M	0	2275
12S1-22T	0	2275
13S1-23M	0	2319
14S1-23T	0	2319
15S1-24-	0	1173
16S1-25-	0	1217
17S1T11M	0	1459
18S1T11T	0	1459
19S1T12M	0	1385
20S1T12T	0	1385
21S1T13M	0	1422
22S1T13T	0	1422
23S1T14-	0	604
24S1T15-	0	641
25S1T21M	0	2158
26S1T21T	0	2158
27S1T22M	0	2084
28S1T22T	0	2084
29S1T23M	0	2121
30S1T23T	0	2121
31S1T24-	0	1303
32S1T25-	0	1340
33S2-11M	0	1576
34S2-11T	0	1576
35S2-12M	0	1502
36S2-12T	0	1502
37S2-13M	0	1539
38S2-13T	0	1539
39S2-21M	0	2043
40S2-21T	0	2043
41S2-22M	0	1970
42S2-22T	0	1970
43S2-23M	0	2006
44S2-23T	0	2006
45S2T11M	0	1459
46S2T11T	0	1459
47S2T12M	0	1385
48S2T12T	0	1385
49S2T13M	0	1422
50S2T13T	0	1422
51S2T21M	0	2158
52S2T21T	0	2158
53S2T22M	0	2084
54S2T22T	0	2084
55S2T23M	0	2121
56S2T23T	0	2121
57SED1-	0	694
58SED2-	0	987



• Verifica a pressoflessione appoggio (Solsup-App)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm^2
f_{ck}	33.2 N/mm^2
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm^2
f_{cc}	18.8 N/mm^2

copriferro	50 mm
staffe	10 mm
armat. sec.	14 mm

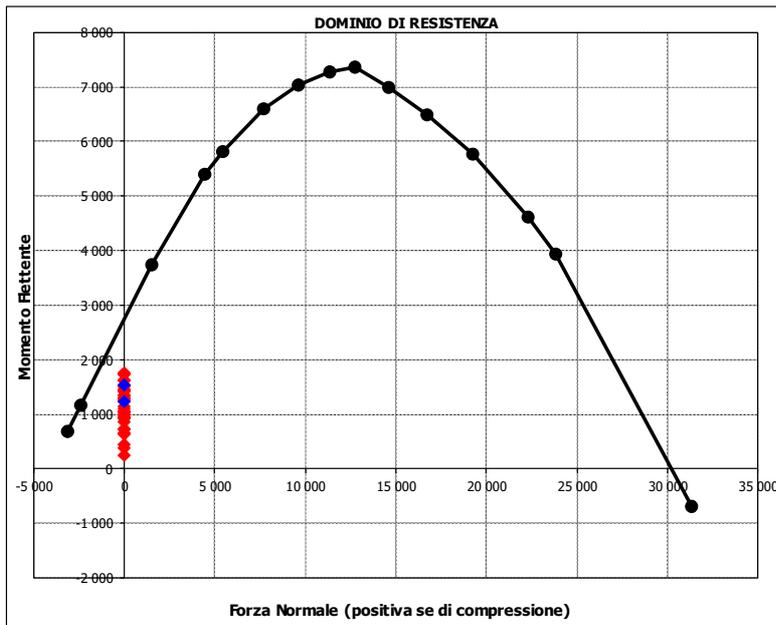
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 150 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 8.7 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 141.3 \text{ cm}$

Armatura tesa		
N° ferri	Diametro	Area
10	26	53.09 cm^2
		0.00 cm^2
		0.00 cm^2
53.09 cm^2		

Armatura compressa		
N° ferri	Diametro	Area
5	26	26.55 cm^2
		0.00 cm^2
		0.00 cm^2
26.55 cm^2		

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
(Nmax)	11M_0.75	0 1419
(Nmin)	11M_0.75	0 1419
(Mmax)	13M_0.75	0 1753
(Mmin)	24_0.75	0 257

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	1419
02S1-11T	0	1419
03S1-12M	0	1506
04S1-12T	0	1506
05S1-13M	0	1753
06S1-13T	0	1753
07S1-14-	0	855
08S1-15-	0	1101
09S1-21M	0	951
10S1-21T	0	951
11S1-22M	0	1039
12S1-22T	0	1039
13S1-23M	0	1285
14S1-23T	0	1285
15S1-24-	0	387
16S1-25-	0	634
17S1T11M	0	1345
18S1T11T	0	1345
19S1T12M	0	1418
20S1T12T	0	1418
21S1T13M	0	1616
22S1T13T	0	1616
23S1T14-	0	956
24S1T15-	0	1154
25S1T21M	0	645
26S1T21T	0	645
27S1T22M	0	719
28S1T22T	0	719
29S1T23M	0	917
30S1T23T	0	917
31S1T24-	0	257
32S1T25-	0	455
33S2-11M	0	1457
34S2-11T	0	1457
35S2-12M	0	1531
36S2-12T	0	1531
37S2-13M	0	1728
38S2-13T	0	1728
39S2-21M	0	990
40S2-21T	0	990
41S2-22M	0	1063
42S2-22T	0	1063
43S2-23M	0	1261
44S2-23T	0	1261
45S2T11M	0	1345
46S2T11T	0	1345
47S2T12M	0	1418
48S2T12T	0	1418
49S2T13M	0	1616
50S2T13T	0	1616
51S2T21M	0	645
52S2T21T	0	645
53S2T22M	0	719
54S2T22T	0	719
55S2T23M	0	917
56S2T23T	0	917
57SED1-	0	1529
58SED2-	0	1236



Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	0	1419
02S1-11T	0	1419
03S1-12M	0	1506
04S1-12T	0	1506
05S1-13M	0	1753
06S1-13T	0	1753
07S1-14-	0	855
08S1-15-	0	1101
09S1-21M	0	951
10S1-21T	0	951
11S1-22M	0	1039
12S1-22T	0	1039
13S1-23M	0	1285
14S1-23T	0	1285
15S1-24-	0	387
16S1-25-	0	634
17S1T11M	0	1345
18S1T11T	0	1345
19S1T12M	0	1418
20S1T12T	0	1418
21S1T13M	0	1616
22S1T13T	0	1616
23S1T14-	0	956
24S1T15-	0	1154
25S1T21M	0	645
26S1T21T	0	645
27S1T22M	0	719
28S1T22T	0	719
29S1T23M	0	917
30S1T23T	0	917
31S1T24-	0	257
32S1T25-	0	455
33S2-11M	0	1457
34S2-11T	0	1457
35S2-12M	0	1531
36S2-12T	0	1531
37S2-13M	0	1728
38S2-13T	0	1728
39S2-21M	0	990
40S2-21T	0	990
41S2-22M	0	1063
42S2-22T	0	1063
43S2-23M	0	1261
44S2-23T	0	1261
45S2T11M	0	1345
46S2T11T	0	1345
47S2T12M	0	1418
48S2T12T	0	1418
49S2T13M	0	1616
50S2T13T	0	1616
51S2T21M	0	645
52S2T21T	0	645
53S2T22M	0	719
54S2T22T	0	719
55S2T23M	0	917
56S2T23T	0	917
57SED1-	0	1529
58SED2-	0	1236

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	938
N_{Ed}	kN	0

Soletta sup

Armatura a taglio

Diametro	mm	12
Numero barre		2.5
A_{sw}	cm ²	2.83
Passo s	cm	20
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		10
\varnothing_1	mm	26
n_2		
\varnothing_2	mm	
Asl	cm ²	53.09

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	150
c	cm	8.7
d	cm	141.3
k	N/mm ²	1.38
v_{min}	N/mm ²	0.33
ρ		0.0038
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	541
V_{Rd}	kN	NECESSITA ARMATURA A TAGLIO

Resistenza con armatura a taglio

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
ω_{sw}		0.03
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone θ	°	21.8
V_{Rsd}	kN	1759
V_{Rcd}	kN	4125
V_{Rd}	kN	1759
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

• Verifica a fessurazione campata (Solsup-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	1696.29	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	0.00	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	1460.62	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	0.00	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{zamm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	150.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26	$C_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = 10.0$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	∞	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	37.68	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	16114.95	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	33376049.98	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	10668631.21	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.99	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	247.13	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	∞	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	∞	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	37.68	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	16114.95	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	33376049.98	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	10668631.21	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	1283.97	kNm	La sezione è fessurata
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	∞	cm	
Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$	u (M_{fess})	∞	cm	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	37.68	cm	
Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cf}	4.53	N/mm ²	
Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sf}	187.06	N/mm ²	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.40	-	
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	37.44	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.09	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	3744.04	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0142	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.0004	-	
Copriferro netto	c'	5.00	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr edi armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	481.69	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	283.35	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.11	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.19	mm	

- Verifica a fessurazione appoggio (Solsup-App)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	1142.38	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	0.00	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	1035.43	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	0.00	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	150.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26	$c_{s1} = \mathbf{8.7}$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{s2} = \mathbf{10.0}$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$c_{t1} = \mathbf{8.7}$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{t2} = \mathbf{10.0}$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	37.68	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	16114.95	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	33376049.98	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	10668631.21	cm ⁴	

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.03	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	166.43	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	∞	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	∞	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	37.68	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	16114.95	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	33376049.98	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	10668631.21	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	1283.97	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	---------	-----	----------------------------

10.5.3 Verifica piedritti

- Verifica a pressoflessione spiccato (Pied-Spicc)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²
	$\epsilon_{vd} = 0.00196$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{cc}	18.8 N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec.	14	mm

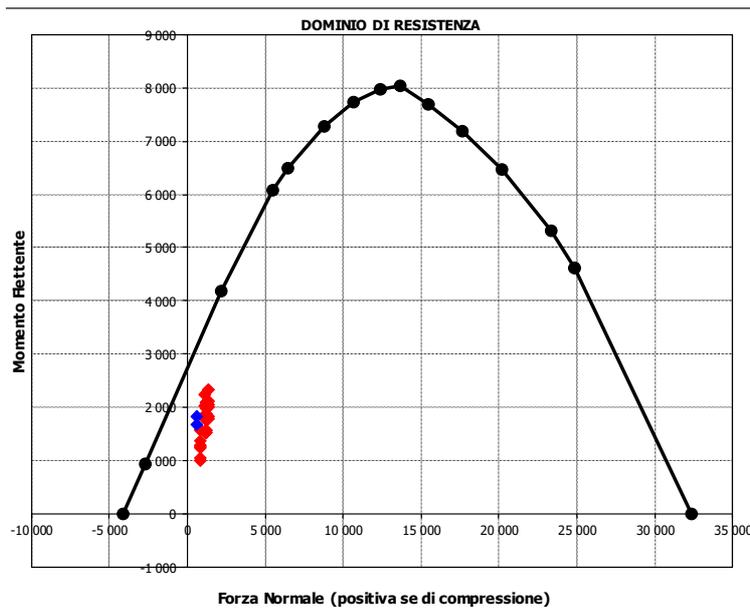
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 150$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 141.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		53.09	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		53.09	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	11M_0.75	1382	1826
(Nmin)	1_0.75	598	1685
(Mmax)	23M_0.75	1343	2336
(Mmin)	14_0.75	858	1002

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	1 382	1 826	
02S1-11T	1 382	1 826	
03S1-12M	1 382	1 786	
04S1-12T	1 382	1 786	
05S1-13M	1 343	2 120	
06S1-13T	1 343	2 120	
07S1-14-	858	1 035	
08S1-15-	819	1 369	
09S1-21M	1 382	2 042	
10S1-21T	1 382	2 042	
11S1-22M	1 382	2 003	
12S1-22T	1 382	2 003	
13S1-23M	1 343	2 336	
14S1-23T	1 343	2 336	
15S1-24-	858	1 252	
16S1-25-	819	1 585	
17S1T11M	1 230	1 568	
18S1T11T	1 230	1 568	
19S1T12M	1 230	1 534	
20S1T12T	1 230	1 534	
21S1T13M	1 198	1 806	
22S1T13T	1 198	1 806	
23S1T14-	858	1 002	
24S1T15-	827	1 273	
25S1T21M	1 230	1 863	
26S1T21T	1 230	1 863	
27S1T22M	1 230	1 828	
28S1T22T	1 230	1 828	
29S1T23M	1 198	2 100	
30S1T23T	1 198	2 100	
31S1T24-	858	1 296	
32S1T25-	827	1 568	
33S2-11M	1 199	1 795	
34S2-11T	1 199	1 795	
35S2-12M	1 199	1 760	
36S2-12T	1 199	1 760	
37S2-13M	1 167	2 032	
38S2-13T	1 167	2 032	
39S2-21M	1 199	2 011	
40S2-21T	1 199	2 011	
41S2-22M	1 199	1 976	
42S2-22T	1 199	1 976	
43S2-23M	1 167	2 248	
44S2-23T	1 167	2 248	
45S2T11M	1 230	1 568	
46S2T11T	1 230	1 568	
47S2T12M	1 230	1 534	
48S2T12T	1 230	1 534	
49S2T13M	1 198	1 806	
50S2T13T	1 198	1 806	
51S2T21M	1 230	1 863	
52S2T21T	1 230	1 863	
53S2T22M	1 230	1 828	
54S2T22T	1 230	1 828	
55S2T23M	1 198	2 100	
56S2T23T	1 198	2 100	
57SED1-	598	1 685	
58SED2-	598	1 833	



• Verifica a pressoflessione sommità (Pied-Sommità)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R _{ck}	40 N/mm ²
f _{ck}	33.2 N/mm ²
V _c	1.5
f _{ctd}	22.1 N/mm ²
f _{cc}	18.8 N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	14	mm

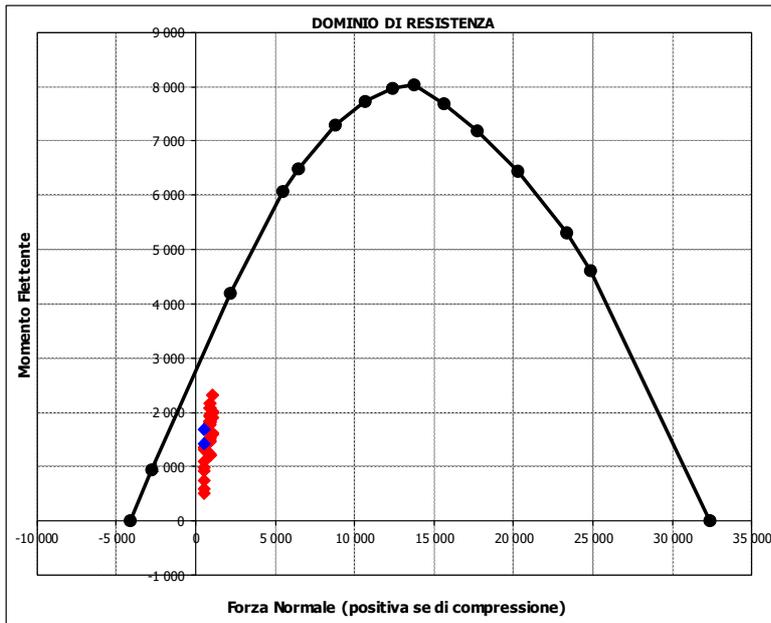
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 150$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 141.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
53.09 cm²			

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
53.09 cm²			

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	13M_7.65	1073	2313
(Nmin)	14_7.65	509	995
(Mmax)	13M_7.65	1073	2313
(Mmin)	24_7.65	509	499

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	1033	2018	
02S1-11T	1033	2018	
03S1-12M	1033	1994	
04S1-12T	1033	1994	
05S1-13M	1073	2313	
06S1-13T	1073	2313	
07S1-14-	509	995	
08S1-15-	548	1314	
09S1-21M	1033	1618	
10S1-21T	1033	1618	
11S1-22M	1033	1594	
12S1-22T	1033	1594	
13S1-23M	1073	1913	
14S1-23T	1073	1913	
15S1-24-	509	594	
16S1-25-	548	913	
17S1T11M	881	1828	
18S1T11T	881	1828	
19S1T12M	881	1809	
20S1T12T	881	1809	
21S1T13M	912	2067	
22S1T13T	912	2067	
23S1T14-	509	1101	
24S1T15-	541	1358	
25S1T21M	881	1226	
26S1T21T	881	1226	
27S1T22M	881	1207	
28S1T22T	881	1207	
29S1T23M	912	1465	
30S1T23T	912	1465	
31S1T24-	509	499	
32S1T25-	541	757	
33S2-11M	912	1936	
34S2-11T	912	1936	
35S2-12M	912	1917	
36S2-12T	912	1917	
37S2-13M	943	2175	
38S2-13T	943	2175	
39S2-21M	912	1536	
40S2-21T	912	1536	
41S2-22M	912	1517	
42S2-22T	912	1517	
43S2-23M	943	1775	
44S2-23T	943	1775	
45S2T11M	881	1828	
46S2T11T	881	1828	
47S2T12M	881	1809	
48S2T12T	881	1809	
49S2T13M	912	2067	
50S2T13T	912	2067	
51S2T21M	881	1226	
52S2T21T	881	1226	
53S2T22M	881	1207	
54S2T22T	881	1207	
55S2T23M	912	1465	
56S2T23T	912	1465	
57SED1-	562	1674	
58SED2-	562	1424	



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

		Piedritto sx	Piedritto dx
V_{Ed}	kN	429	698
N_{Ed}	kN	0	0

Armatura a taglio

Diametro	mm	12	12
Numero barre		2.5	2.5
A_{sw}	cm ²	2.83	2.83
Passo s	cm	20	20
Angolo α	°	90	90

Armatura longitudinale

n_1		10	10
\varnothing_1	mm	26	26
n_2			
\varnothing_2	mm		
Asl	cm ²	53.09	53.09

Sezione

b_w	cm	100	100
H	cm	150	150
c	cm	8.7	8.7
d	cm	141.3	141.3
k	N/mm ²	1.38	1.38
v_{min}	N/mm ²	0.33	0.33
ρ		0.0038	0.0038
σ_{cp}	N/mm ²	0.00	0.00
α_c		1.00	1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	541	541
V_{Rd}	kN	VERIFICATO	NECESSITA ARMATURA A TAGLIO

Resistenza con armatura a taglio

$\cot \alpha$		0.5	0.5
v		0.5	0.5
ω_{sw}		0.03	0.03
$\cot \theta$		2.50	2.50
Inclinazione puntone θ	°	21.8	21.8
V_{RSd}	kN	1759	1759
V_{RCd}	kN	4125	4125
V_{Rd}	kN	1759	1759
V_{Rd}	kN	VERIFICATO	VERIFICATO

- Verifica a fessurazione spiccato (Pied-Spicc)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	1663.61	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	997.17	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	1453.47	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	889.72	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{cd}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	150.00	cm
Larghezza sezione	B	100.00	cm
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	53.09	cm ²
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²
		10 Ø 26	$C_{s1} = 8.7$ cm
		0 Ø 0	$C_{s2} = 10.0$ cm
		10 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm
		0 Ø 0	$C_{t2} = 10.0$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	166.83	cm	< H/6 Sez. interamente reagente
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	91.83	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	50.10	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	16486.60	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	35126399.98	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	12180085.23	cm ⁴	

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.82	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	158.96	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	163.36	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	88.36	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	50.46	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	16486.60	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	35126399.98	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	12242455.21	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	1604.06	kNm	La sezione è fessurata
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	180.29	cm	
Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$	u (M_{fess})	105.29	cm	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	48.86	cm	
Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cf}	5.59	N/mm ²	
Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sf}	158.78	N/mm ²	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.40	-	
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	33.71	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.09	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	3371.48	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0157	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.0003	-	
Copriferro netto	c'	5.00	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barre di armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	450.68	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	265.10	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.08	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.14	mm	

• Verifica a fessurazione sommità (Pied-Sommità)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	1558.12	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	783.33	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	1366.01	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	664.65	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	150.00	cm	
Larghezza sezione	B	100.00	cm	
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	53.09	cm ²	10 Ø 26 $C_{S1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_{S2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26 $C_1 = 8.7$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0 $C_2 = 10.0$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	198.91	cm	< H/6 Sez. interamente reagente
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	123.91	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	47.45	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	16486.60	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	35126399.98	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	11771458.05	cm ⁴	

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.41	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	160.53	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	205.52	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	130.52	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	47.02	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	16486.60	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	35126399.98	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	11713504.70	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	1540.12	kNm	La sezione è fessurata
Eccentricità per $M=M_{fess}$	e (M_{fess})	231.72	cm	
Distanza sforzo N dal bordo sezione per $M=M_{fess}$	u (M_{fess})	156.72	cm	
Posizione asse neutro per $M=M_{fess}$	y (M_{fess})	45.58	cm	
Compressione massima nel cls. per $M=M_{fess}$	σ_{cf}	5.31	N/mm ²	
Trazione nell'acciaio (1° str.) per $M=M_{fess}$	σ_{sf}	167.34	N/mm ²	
Coefficiente dipendente dalla durata del carico	k_t	0.40	-	
Altezza efficace	$h_{c,eff}$	34.81	cm	
Rapporto tra moduli elastici	α_e	6.09	-	
Armatura nell'area efficace	AS_{eff}	53.09	cm ²	
Area efficace	AC_{eff}	3480.61	cm ²	
Rapporto geometrico di armatura	ρ_{eff}	0.0153	-	
Deformazione unitaria media dell'armatura	ϵ_{sm}	0.0003	-	
Copriferro netto	c'	5.00	cm	
Coefficiente dipendente dall'aderenza dell'acciaio	K_1	0.80	-	
Coefficiente dipendente dal diagramma tensioni	K_2	0.50	-	
Coefficiente adimensionale	K_3	3.40	-	
Coefficiente adimensionale	K_4	0.425	-	
Diametro equivalente delle barr ed armatura	ϕ_{eq}	26.00	mm	
Distanza massima tra le fessure	Δs_{max}	459.76	mm	
Distanza media tra le fessure	Δs_m	270.45	mm	
Valore medio dell'apertura delle fessure	w_m	0.09	mm	
Valore di calcolo dell'apertura delle fessure	w_d	0.15	mm	

10.5.4 Verifica soletta inferiore

- Verifica a pressoflessione campata (Solinf-Camp)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm ²
f_{ck}	33.2 N/mm ²
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm ²
f_{cc}	18.8 N/mm ²

copriferro	50	mm
staffe	10	mm
armat. sec	14	mm

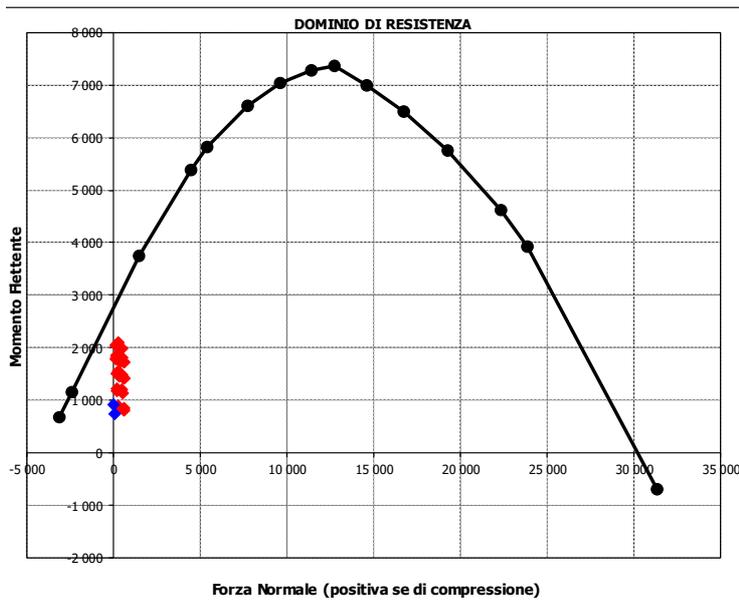
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 150$ cm
Base della sezione	$b = 100$ cm
Copriferro	$d' = 8.7$ cm
Altezza utile della sezione	$d = 141.3$ cm

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		53.09	cm²

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55	cm ²
		0.00	cm ²
		0.00	cm ²
		26.55	cm²

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax) 24-1.62	625	848	
(Nmin) 1-1.625	23	925	
(Mmax) 11M_1.62	263	2084	
(Mmin) 2-1.625	80	738	

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
01S1-11M	263	2084	
02S1-11T	263	2084	
03S1-12M	499	1995	
04S1-12T	499	1995	
05S1-13M	172	2039	
06S1-13T	172	2039	
07S1-14-	535	1126	
08S1-15-	208	1170	
09S1-21M	353	1806	
10S1-21T	353	1806	
11S1-22M	588	1717	
12S1-22T	588	1717	
13S1-23M	262	1762	
14S1-23T	262	1762	
15S1-24-	625	848	
16S1-25-	298	892	
17S1T11M	254	1884	
18S1T11T	254	1884	
19S1T12M	455	1809	
20S1T12T	455	1809	
21S1T13M	180	1846	
22S1T13T	180	1846	
23S1T14-	481	1193	
24S1T15-	205	1230	
25S1T21M	383	1500	
26S1T21T	383	1500	
27S1T22M	585	1425	
28S1T22T	585	1425	
29S1T23M	309	1463	
30S1T23T	309	1463	
31S1T24-	611	809	
32S1T25-	335	847	
33S2-11M	217	1830	
34S2-11T	217	1830	
35S2-12M	418	1755	
36S2-12T	418	1755	
37S2-13M	143	1792	
38S2-13T	143	1792	
39S2-21M	306	1552	
40S2-21T	306	1552	
41S2-22M	508	1477	
42S2-22T	508	1477	
43S2-23M	232	1515	
44S2-23T	232	1515	
45S2T11M	254	1884	
46S2T11T	254	1884	
47S2T12M	455	1809	
48S2T12T	455	1809	
49S2T13M	180	1846	
50S2T13T	180	1846	
51S2T21M	383	1500	
52S2T21T	383	1500	
53S2T22M	585	1425	
54S2T22T	585	1425	
55S2T23M	309	1463	
56S2T23T	309	1463	
57SEd1-	23	925	
58SEd2-	80	738	



Forza Normale (positiva se di compressione)

• Verifica a pressoflessione appoggio (Solinf-App)

Acciaio	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_s = 205000 \text{ N/mm}^2$
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$

Calcestruzzo	
Tipo	C32/40
R_{ck}	40 N/mm^2
f_{ck}	33.2 N/mm^2
γ_c	1.5
f_{cd}	22.1 N/mm^2
f_{cc}	18.8 N/mm^2

copriferro	50 mm
staffe	10 mm
armat. sec	14 mm

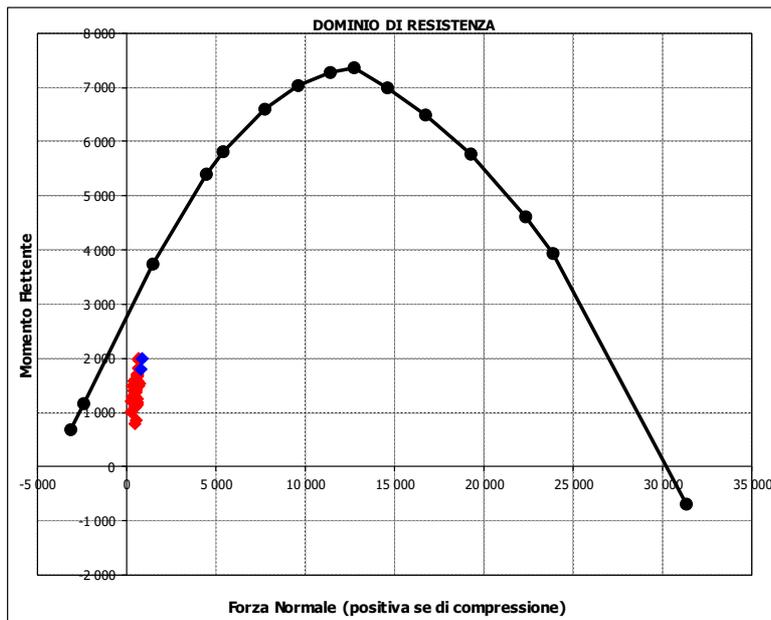
Geometria della sezione	
Altezza geometrica della sezione	$h = 150 \text{ cm}$
Base della sezione	$b = 100 \text{ cm}$
Copriferro	$d' = 8.7 \text{ cm}$
Altezza utile della sezione	$d = 141.3 \text{ cm}$

Armatura tesa			
N° ferri	Diametro	Area	
10	26	53.09 cm^2	
		0.00 cm^2	
		0.00 cm^2	
		53.09 cm^2	

Armatura compressa			
N° ferri	Diametro	Area	
5	26	26.55 cm^2	
		0.00 cm^2	
		0.00 cm^2	
		26.55 cm^2	

Caratteristiche di sollecitazione			
Comb.	Nsd	Msd	
(Nmax)	2_-0.875	863	1993
(Nmin)	11M_0.87	254	1022
(Mmax)	2_-0.875	863	1993
(Mmin)	14_-0.87	481	791

Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	263	1202
02S1-11T	263	1202
03S1-12M	499	1293
04S1-12T	499	1293
05S1-13M	590	1687
06S1-13T	590	1687
07S1-14-	535	859
08S1-15-	626	1253
09S1-21M	353	1485
10S1-21T	353	1485
11S1-22M	588	1576
12S1-22T	588	1576
13S1-23M	680	1969
14S1-23T	680	1969
15S1-24-	625	1142
16S1-25-	716	1535
17S1T11M	254	1022
18S1T11T	254	1022
19S1T12M	455	1098
20S1T12T	455	1098
21S1T13M	529	1419
22S1T13T	529	1419
23S1T14-	481	791
24S1T15-	555	1111
25S1T21M	383	1413
26S1T21T	383	1413
27S1T22M	585	1489
28S1T22T	585	1489
29S1T23M	659	1810
30S1T23T	659	1810
31S1T24-	611	1181
32S1T25-	685	1502
33S2-11M	332	1306
34S2-11T	332	1306
35S2-12M	533	1382
36S2-12T	533	1382
37S2-13M	607	1703
38S2-13T	607	1703
39S2-21M	421	1589
40S2-21T	421	1589
41S2-22M	623	1665
42S2-22T	623	1665
43S2-23M	697	1986
44S2-23T	697	1986
45S2T11M	254	1022
46S2T11T	254	1022
47S2T12M	455	1098
48S2T12T	455	1098
49S2T13M	529	1419
50S2T13T	529	1419
51S2T21M	383	1413
52S2T21T	383	1413
53S2T22M	585	1489
54S2T22T	585	1489
55S2T23M	659	1810
56S2T23T	659	1810
57SED1-	805	1803
58SED2-	863	1993



- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

1. Verifica della sezione senza armatura al taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd1}$ la verifica è soddisfatta;
2. Altrimenti si verifica la sezione con armatura a taglio → se $V_{Ed} < V_{Rd2}$ la verifica è soddisfatta.

Calcestruzzo

Tipo	C32/40	
R_{ck}	40	N/mm ²
f_{ck}	33.2	N/mm ²
γ_c	1.5	
α_{cc}	0.85	
f_{ctd}	18.8	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540	N/mm ²
f_{yk}	450	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	1064
N_{Ed}	kN	0

Soletta inf

Armatura a taglio

Diametro	mm	12
Numero barre		2.5
A_{sw}	cm ²	2.83
Passo s	cm	20
Angolo α	°	90

Armatura longitudinale

n_1		10
\varnothing_1	mm	26
n_2		
\varnothing_2	mm	
Asl	cm ²	53.09

Sezione

b_w	cm	100
H	cm	150
c	cm	8.7
d	cm	141.3
k	N/mm ²	1.38
v_{min}	N/mm ²	0.33
ρ		0.0038
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	541
V_{Rd}	kN	NECESSITA ARMATURA A TAGLIO

Resistenza con armatura a taglio

$\cot\alpha$		0.5
v		0.5
ω_{sw}		0.03
$\cot\theta$		2.50
Inclinazione puntone θ	°	21.8
V_{RSd}	kN	1759
V_{RCd}	kN	4125
V_{Rd}	kN	1759
V_{Rd}	kN	VERIFICATO

- Verifica a fessurazione campata (Solinf-Camp)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	1358.24	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	244.67	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	1310.59	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	282.39	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	150.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26	$c_{s1} = 8.7$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{s2} = 10.0$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$c_{t1} = 8.7$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$c_{t2} = 10.0$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	555.12	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	480.12	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	41.67	cm	
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	16114.95	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	33376049.98	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	10749792.96	cm ⁴	

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	4.95	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	177.49	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	464.11	cm	> H/6 Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	389.11	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	42.48	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	16114.95	cm ²	
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	33376049.98	cm ⁴	
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id}^*	10786850.25	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	1361.95	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	---------	-----	----------------------------

• Verifica a fessurazione appoggio (Solinf-App)

Sollecitazioni

Momento flettente - Combinazione rara	M_R	1396.43	kNm
Sforzo normale - Combinazione rara	N_R	499.62	kN
Momento flettente - Combinazione frequente	M_F	1216.91	kNm
Sforzo normale - Combinazione frequente	N_F	453.49	kN

Materiali

Resistenza caratteristica cubica calcestruzzo	R_{ck}	40	N/mm ²
Resistenza caratteristica cilindrica calcestruzzo	f_{ck}	33.20	N/mm ²
Modulo elastico del calcestruzzo	E_{cm}	33642.78	N/mm ²
Tensione ammissibile di compressione calcestruzzo	σ_{camm}	19.92	N/mm ²
Resistenza media a trazione calcestruzzo	f_{ctm}	3.46	N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione calcestruzzo	f_{ctk}	2.42	N/mm ²
Tensione ammissibile di trazione calcestruzzo	σ_{tamm}	2.89	N/mm ²
Tensione di snervamento acciaio	f_{yk}	450.00	N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	205000.00	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{samm}	360.00	N/mm ²
Coefficiente omogeneizzazione acciaio-calcestruzzo	n	15.00	-

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	150.00	cm		
Larghezza sezione	B	100.00	cm		
Armadura compressa (1° strato)	As_1'	26.55	cm ²	5 Ø 26	$C_{s1} = 8.7$ cm
Armadura compressa (2° strato)	As_2'	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{s2} = 10.0$ cm
Armadura tesa (1° strato)	As_1	53.09	cm ²	10 Ø 26	$C_{t1} = 8.7$ cm
Armadura tesa (2° strato)	As_2	0.00	cm ²	0 Ø 0	$C_{t2} = 10.0$ cm

Proprietà sezione in combinazione rara

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	279.50	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	204.50	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	45.87	cm		
Area ideale (sezione interamente reagente)	A_{id}	16114.95	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	33376049.98	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	11020085.57	cm ⁴		

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	5.21	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	162.48	N/mm ²	< σ_{samm}

Proprietà sezione in combinazione frequente

Eccentricità dello sforzo normale	e (M)	268.34	cm	> H/6	Sez. parzializzata
Distanza sforzo N dal bordo sezione	u (M)	193.34	cm		
Posizione asse neutro	y (M)	46.24	cm		
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	16114.95	cm ²		
Momento di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	33376049.98	cm ⁴		
Momento di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	11053038.34	cm ⁴		

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (σ_{tamm})	M_{fess}	1409.20	kNm	La sezione non è fessurata
---	------------	---------	-----	----------------------------

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA</p>					
<p>SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale</p>	<p>COMMESSA IV01</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 26 CL</p>	<p>DOCUMENTO SL0500003</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 58 di 60</p>

11. INCIDENZA SCATOLARE

I valori delle incidenze di armatura lenta sono indicati nella seguente tabella:

Soletta superiore	80 kg/mc
Soletta inferiore	80 kg/mc
Piedritti	90 kg/mc

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 stata considerata un' armatura longitudinale diffusa $\phi 20/20$ ed un incremento del 15% per tener conto della presenza di legature e spille.

	PROGETTO DEFINITIVO RADDOPPIO LINEA GENOVA - VENTIMIGLIA TRATTA FINALE LIGURE - ANDORA					
SL05 – Nuovo Sottovia al km 77+661.54 Relazione di calcolo sottovia autostradale	COMMESSA IV01	LOTTO 00	CODIFICA D 26 CL	DOCUMENTO SL0500003	REV. A	FOGLIO 59 di 60

12. DICHIARAZIONI SECONDO D.M. 17/01/2018 (P.TO 10.2)

12.1 Tipo di analisi svolte

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. L'analisi strutturale è condotta con l'analisi statica, utilizzando il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato limite indotto dai carichi statici. L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, schematizzando la struttura in elementi lineari e nodi. Le incognite del problema sono le componenti di spostamento in corrispondenza di ogni nodo (2 spostamenti e 1 rotazioni).

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite. Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

12.2 Origine e caratteristiche dei Codici di Calcolo

Titolo: SAP2000 Ultimate
 Versione: 21.0.2
 Produttore: CSI Computers and Structures, Inc.

12.3 Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a valutazione che ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali.

Inoltre sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In base a quanto sopra, si asserisce che l'elaborazione è corretta ed idonea al caso specifico, pertanto i risultati di calcolo sono da ritenersi validi ed accettabili.