

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

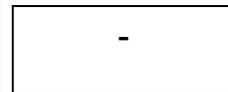
PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO

COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE – PRG E ACC DEL P.M.
CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI

SL01 Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

SCALA:



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

I Z 0 9 0 0 D 2 6 C L S L 0 1 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	F. Serrau	Sett. 2019	C. Laporta	Sett. 2019	S. Lo Presti	Sett. 2019	F. Sacchi Sett. 2019

ITALFERR - UO INFRASTRUTTURE NORD
Det. Ing. Francesco Sacchi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 231/22 Sp.A.

File: IZ0900D26CLSL0100001A

n. Elab.:

INDICE

1	INTRODUZIONE	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
3	PARAMETRI GEOTECNICI	7
	3.1 Stratigrafia di progetto.....	7
4	MATERIALI	9
	4.1 Calcestruzzo.....	9
	4.2 Acciaio da armatura ordinaria.....	10
5	CODICE DI CALCOLO	11
6	MODELLO DI CALCOLO.....	12
	6.1 Geometria	12
	6.2 Modellazione dell'interazione suolo-struttura	16
7	ANALISI DEI CARICHI	17
	7.1 Peso proprio della struttura (PP).....	17
	7.2 Carichi permanenti portati (PERM).....	17
	7.3 Ballast e Spinte Ballast sui piedritti (BALLAST & SPBSX & SPBDX)	18
	7.4 Spinta sulle pareti dovuta al terreno (SPTSX e SPTDX).....	20
	7.5 Carichi ferroviari soprastanti (ACC1/ACC2)	21
	7.6 Carichi stradali interni (ACC1-VH e ACC2-VH)	24
	7.7 Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico <i>LM71</i> (SASX e SADX / SASXLM71)	26
	7.8 Azione di frenatura e avviamento (AVV).....	28
	7.9 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)	29
	7.10 Ritiro (RITIRO)	29

7.11	Azioni sismiche.....	29
7.11.1	Sovraspinta sismica del terreno (SISX).....	30
7.11.2	Forze inerziali (INERZIEH e SISVER)	31
8	COMBINAZIONE DEI CARICHI e sollecitazioni	34
9	Verifiche 42	
9.1	Verifiche a flessione	42
9.1.1	Sezione 1 - soletta superiore appoggio destro	42
9.1.2	Sezione 2 - soletta superiore mezzeria	47
9.1.3	Sezione 3 - piedritto destro testa.....	51
9.1.4	Sezione 4 - piedritto sinistro piede	56
9.1.5	Sezione 5 - piedritto sinistro mezzeria	61
9.1.6	Sezione 6 - soletta inferiore appoggio sinistro	65
9.1.7	Sezione 7- soletta inferiore mezzeria.....	70
9.2	Verifica a deformazione soletta superiore	74
10	Riepilogo armature – scatolare	76
11	platea di varo e muro reggispinta.....	77
11.1	Descrizione dell’opera	77
11.2	Materiali	79
11.3	Azioni e sollecitazioni.....	80
11.4	Platea di varo.....	84
11.4.1	Riepilogo armature	91
11.5	Muro reggispinta.....	91
11.5.1	Riepilogo armature	106

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	4 di 116

12	PISTA CICLABILE	107
12.1	Geometria.....	107
12.2	Analisi dei carichi	108
12.3	Combinazioni e sollecitazioni.....	109
12.4	Verifiche	109
12.4.1	Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV).....	110
12.4.2	Verifica di resistenza a taglio	115
12.5	Riepilogo armature.....	116

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	6 di 116

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086: *Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica.*
- D.M. del 17.01.2018 “*Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*” (NTC 2018)
- Circolare del 21.01.2019 contenente le istruzioni per le l’applicazione delle “*Nuove norme tecniche per le costruzioni*” di cui al D.M. del 17.01.2018
 - *Manuale di progettazione RFI DTC SI PS MA IFS 001 C PARTE II – SEZIONE 2;*
 - *Manuale di progettazione RFI DTC SI CS MA IFS 001 C PARTE II – SEZIONE 3;*
- EN 1991-2 “*Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: carichi da traffico sui ponti*”.
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per edifici*”.
- EN 1992-1 “*Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Parte 2: ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi*”.
- EN 1997-1 “*Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica- Parte 1: Regole generali*”.
- Regolamento (UE) n.1299/2014 del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema “*infrastruttura*” del sistema ferroviario dell’Unione Europea.

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	7 di 116

3 PARAMETRI GEOTECNICI

3.1 Stratigrafia di progetto

Terreno di fondazione

Descrizione: Sabbia limosa /limo sabbioso 0.00 ÷ -1.5m

- Peso per unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 18 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito efficace $\Phi' = 32^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$
- Modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni $E_0 = 25 \text{ Mpa}$

Descrizione: Ghiaia sabbiosa con ciottoli -1.5m ÷ 30.00 m

- Peso per unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 20 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito efficace $\Phi' = 38^\circ$
- Coesione efficace $c' = 0 \text{ kPa}$
- Modulo di deformazione elastico iniziale, ovvero a piccole deformazioni $E_0 = 65 \text{ Mpa}$

Terreno di fondazione

ID	Descrizione	z iniz (m da p.c.)	z fin (m da p.c.)	Spessore (m)	z media (m da p.c.)	Densità relativa Dr (%)	Peso dell'unità di volume γ (kN/m ³)	Angolo di resistenza al taglio ϕ'	Coeseione efficace c' (MPa)	Modulo elastico di Young E_{op} (MPa)
1	Sabbia limosa /limo sabbioso	0	1,5	1,5	0,75	40	18	32	0	25 (*)
2	Ghiaia sabbiosa con ciottoli	1,5	30	28,5	14,25	75	20	38(**)	0	65
NOTE	(*) Da prove geofisiche									
	(**)Valore cautelativo definito sulla base delle prove in sito									

La presenza della falda non viene considerata poiché, trovandosi a quota +39.20 m s.l.m. non interferisce col regime di sforzi indotto dall'opera in progetto.

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	8 di 116

Per la spinta sui piedritti si è fatto riferimento al materiale proveniente dagli scavi associandogli le seguenti caratteristiche:

Angolo di attrito $\varphi' = 35^\circ$

Coesione $c' = 0$

peso unità di volume $\gamma = 19.5 \text{ kN/m}^3$

4 MATERIALI

4.1 Calcestruzzo

- SOLETTA SUPERIORE

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.13 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 33 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = : XC4-XF3

Calcestruzzo tipo C1

Copriferro minimo = 50mm

- PIEDRITTI

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.13 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 33 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = : XC4-XF2-XD1

Calcestruzzo tipo C2

Copriferro minimo = 50mm

- FONDAZIONE

Classe C25/30

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 14.17 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 31 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = XC2

Calcestruzzo tipo G2

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	10 di 116

Copriferro minimo = 50 mm

- **MAGRONE:**

Classe C12/15

Classe di esposizione = X0

- **PISTA CICLABILE**

Classe C32/40

Resistenza a compressione di progetto $f_{cd} = 0.85 f_{ck} / 1.5 = 18.13 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_{cm} = 33 \text{ GPa}$

Classe di esposizione = : XC4-XF2-XD1

Calcestruzzo tipo C2

Copriferro minimo = 50mm

4.2 Acciaio da armatura ordinaria

Acciaio tipo B450 C

Resistenza di calcolo $f_{yd} = f_{yk}/1.15 = 391 \text{ MPa}$

Modulo elastico $E_s = 200 \text{ GPa}$

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	11 di 116

5 CODICE DI CALCOLO

Per le analisi delle strutture è stato utilizzato il software Sap 2000 prodotto, distribuito ed assistito da Computers and Structures, Inc. 1995 University Ave. Berkeley.

SAP2000 è un programma di calcolo agli elementi finiti pensato fondamentalmente per l'ingegneria civile. Ha caratteristiche molto versatili, tanto da rientrare nella categoria dei programmi cosiddetti "generali", capaci cioè di analizzare strutture con caratteristiche molto diverse tra loro.

Le unità di misura adottate sono le seguenti:

- lunghezze: m
- forze: kN
- masse: kN massa
- temperature: gradi centigradi °
- angoli: gradi sessadecimali.

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	13 di 116

DATI GEOMETRICI			
Grandezza	Simbolo	Valore	U.M.
Larghezza totale	L _{tot}	12.60	m
Larghezza utile	L _{int}	10.80	m
Larghezza interasse	L _a	11.70	m
Spessore soletta superiore	S _s	0.90	m
Spessore piedritti	S _p	0.90	m
Spessore fondazione	S _f	0.90	m
Altezza totale	H _{tot}	8.85	m
Altezza libera	H _{int}	5.65	m
Spessore pavimentazione stradale superiore	H _p	0.00	m
Spessore medio del ballast (armamento ferroviario)	H _b	0.80	m
Spessore rinterro superiore	H _r	0.55	m
Spessore pavimentazione stradale interna		0.00	m
Spessore rinterro inferiore (medio)	H _{Rinf}	0.00	m

Le analisi per il calcolo delle sollecitazioni agenti sono state condotte su una “fetta” di struttura di 1.00 m.

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello di telaio piano chiuso che poggia su un letto di molle alla Winkler.

Nella modellazione vengono impiegati elementi finiti di tipo trave a 6 GL, che ovviamente nell’analisi 2D condotta (telaio piano) si riducono a 3. Ai suddetti elementi sono assegnate le caratteristiche inerziali della struttura reale derivanti dalle proprietà dei materiali e dalla geometria della sezione.

La geometria del modello ricalca la linea baricentrica degli elementi costituenti l’opera (modello in asse), pertanto alle intersezioni delle aste viene applicato un offset rigido che tiene conto delle dimensioni effettive delle sezioni degli elementi, in modo da tener conto delle effettive luci della struttura.

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IZ09

00

D26CL

SL0100001

A

14 di 116

B= 11.70 m

H= 6.55 m

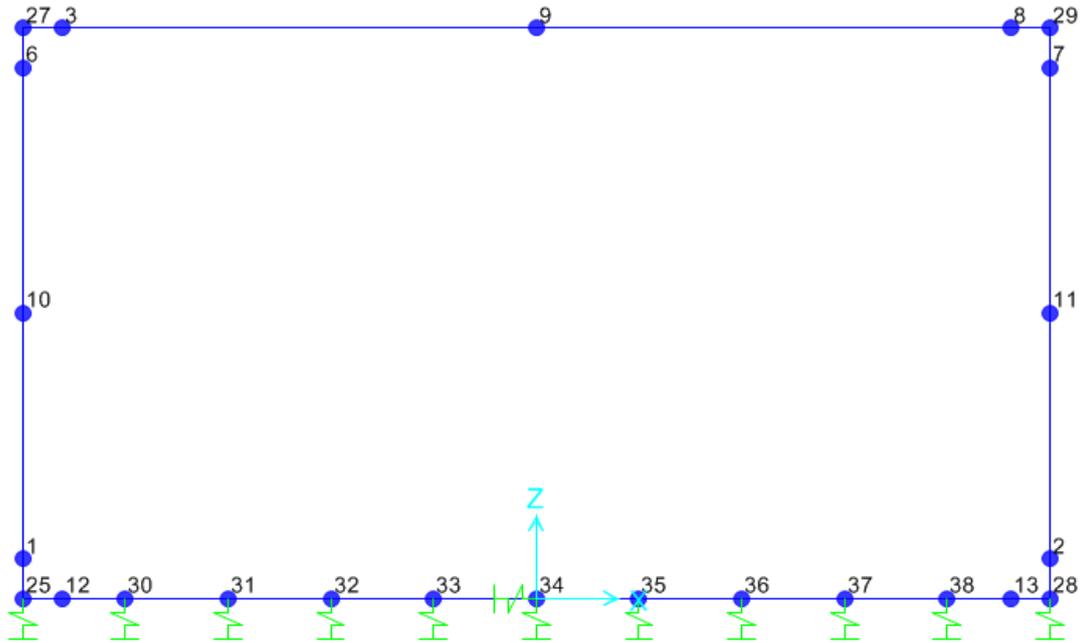


Figura 3: Numerazione dei nodi nel modello strutturale

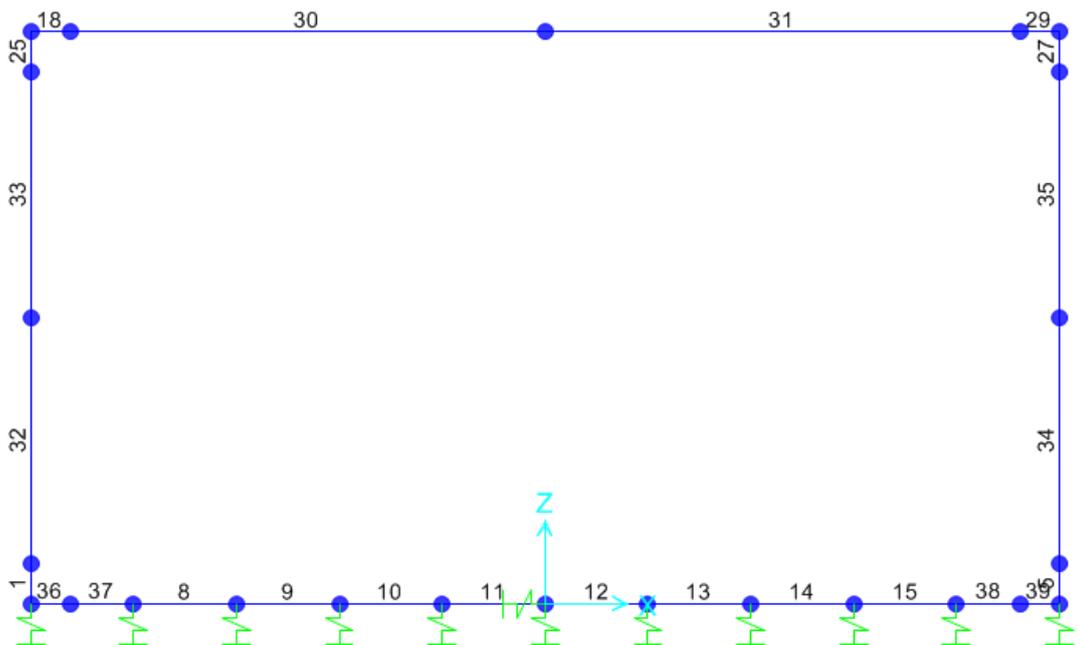


Figura 4: Numerazione dei frame nel modello strutturale

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	15 di 116

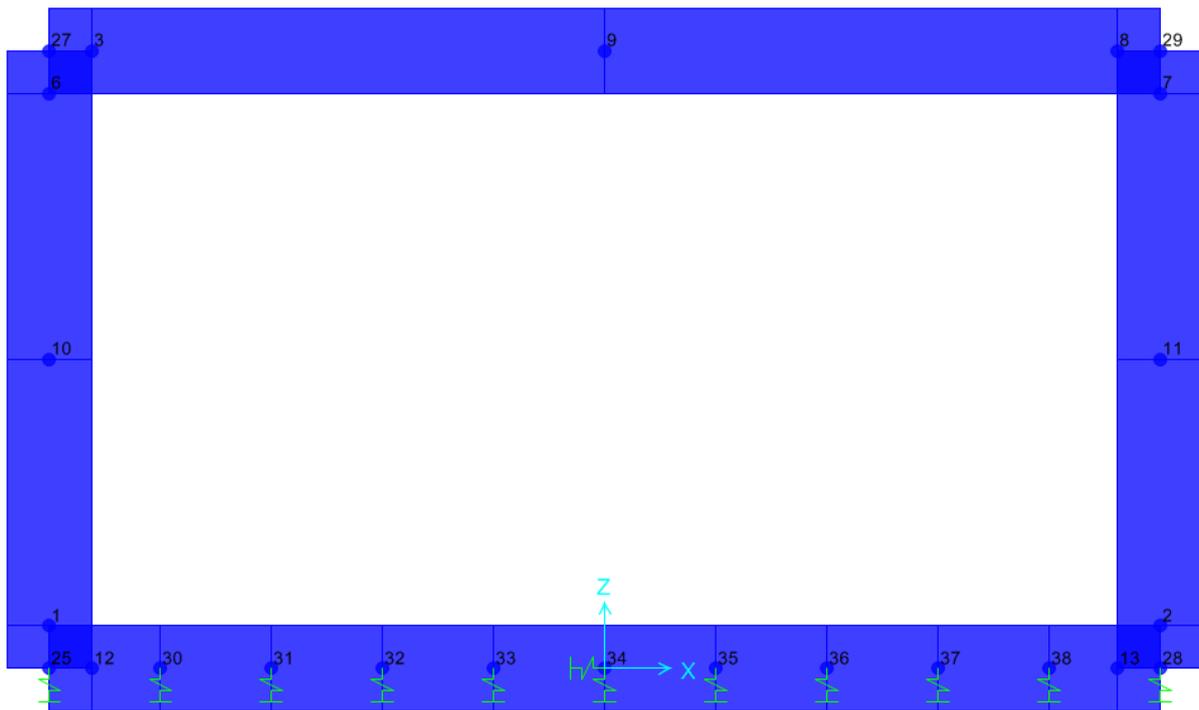


Figura 5: Vista estrusa del modello strutturale

6.2 Modellazione dell'interazione suolo-struttura

Si assume un valore del modulo di reazione verticale del terreno $K_s = 15966 \text{ kN/m}^3$, in base al quale ricavano i valori delle singole molle.

Terreno di fondazione

Modulo di Young	E	65000,00	kN/m^2	
numero di molle	n	11,00	per unità di lunghezza	
costante molla	kv	15966	kN/m^3	(Vogt)
distanza intradosso fondazione da p.c.		8,88	m	

Secondo le indicazioni contenute nel manuale di progettazione RFI, la soletta inferiore viene suddivisa in 10 elementi di pari lunghezza, ossia 11 nodi ai quali sono assegnate le seguenti molle verticali. Considerata la profondità unitaria del modello $B=1,0\text{m}$), si ha:

Molle centrali

$$\begin{aligned}
 K_{\text{centrale}} &= K_s * (L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10 \\
 &= 15966 * (0.90/2 + 10.80 + 0.90/2) \\
 &= 18680 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

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

$$K_1 = K_3 = 2 * K_s * [(L_p/2 + L_{\text{int}} + L_p/2) / 10/2 + (L_p/2)] = 33049 \text{ kN/m}$$

ed infine in valori delle molle nei nodi 5,6,12 e 13 come da letteratura si assumono:

$$K_5 = K_6 = K_{12} = K_{13} = 1.5 * K_{\text{centrale}} = 28020 \text{ kN/m}$$

7 ANALISI DEI CARICHI

Si riportano di seguito i carichi utilizzati per il calcolo delle sollecitazioni e le verifiche delle sezioni della struttura in esame.

7.1 Peso proprio della struttura (PP)

Il peso proprio delle solette e dei piedritti viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$. Il peso proprio viene automaticamente calcolato dal programma in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.

7.2 Carichi permanenti portati (PERM)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ricoprimento (escluso il ballast) di 0,55m con $\gamma_{ric} = 20,00\text{kN/m}^3$ ed uno spessore del massetto delle pendenze $s_b = 0,08 \text{ m}$ con peso per unità di volume $\gamma_b = 25,00\text{kN/m}^3$.

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 27 e 29 la parte di carico permanente esercitata su 1/2 spessore dei piedritti.

Spinta semi spessore piedritti.

$$F_{b_{27,28}} = 5.85 \text{ kN}$$

Sul solettone inferiore si considera un carico permanente pari a 30 kN/m (spessore medio 1.35 m e $\gamma_{med} = 22,00\text{kN/m}^3$) dovuto alla presenza della pavimentazione stradale, riempimento, pista ciclabile, canaletta idraulica ecc.

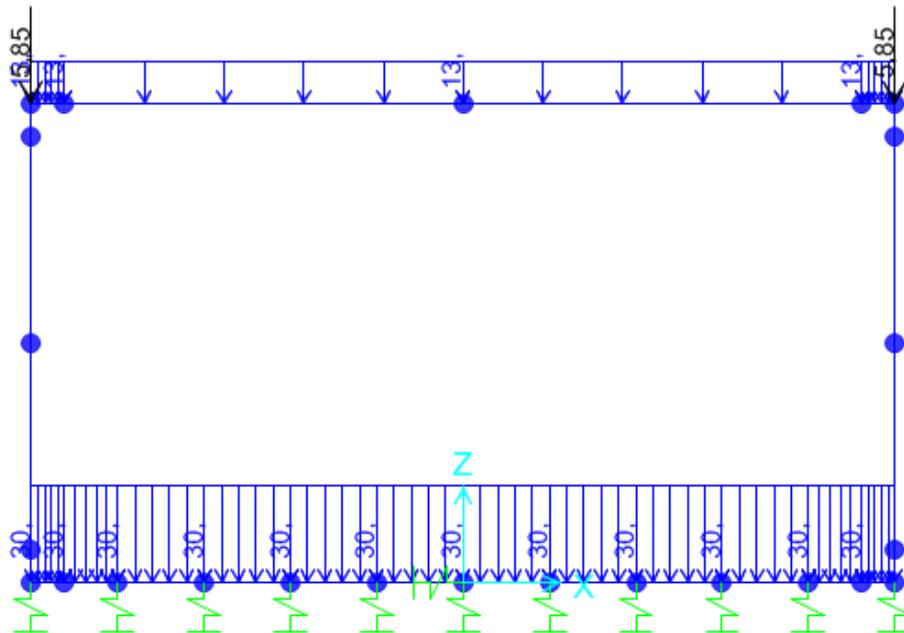


Figura 6: Carico permanente

7.3 Ballast e Spinte Ballast sui piedritti (BALLAST & SPBSX & SPBDX)

Sul solettone superiore si considera uno spessore di ballast compresa la traversina pari a $s_{ball} = 0.80$ con peso di unità di volume $\gamma_{ball} = 18.00 \text{ kN/m}^3$.

Ai lati dello scatolare si ha un carico orizzontale uniformemente distribuito sui piedritti dovuto alla spinta del ballast di intensità $p_b = k_0 q_{ballast} = 6.14 \text{ kN/m}$.

Oltre ai carichi suddetti viene aggiunta, come carico concentrato nei nodi 25,27 e 28,29 la parte di spinta del ballast esercitata su $1/2$ spessore della soletta sup. e su $1/2$ spessore della soletta inferiore.

Spinta semi spessore sol. sup.

$$F_{b_{27,29}} = 2.76 \text{ kN}$$

Spinta semi spessore sol. inf.

$$F_{b_{25,28}} = 2.76 \text{ kN}$$

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IZ09

00

D26CL

SL0100001

A

19 di 116

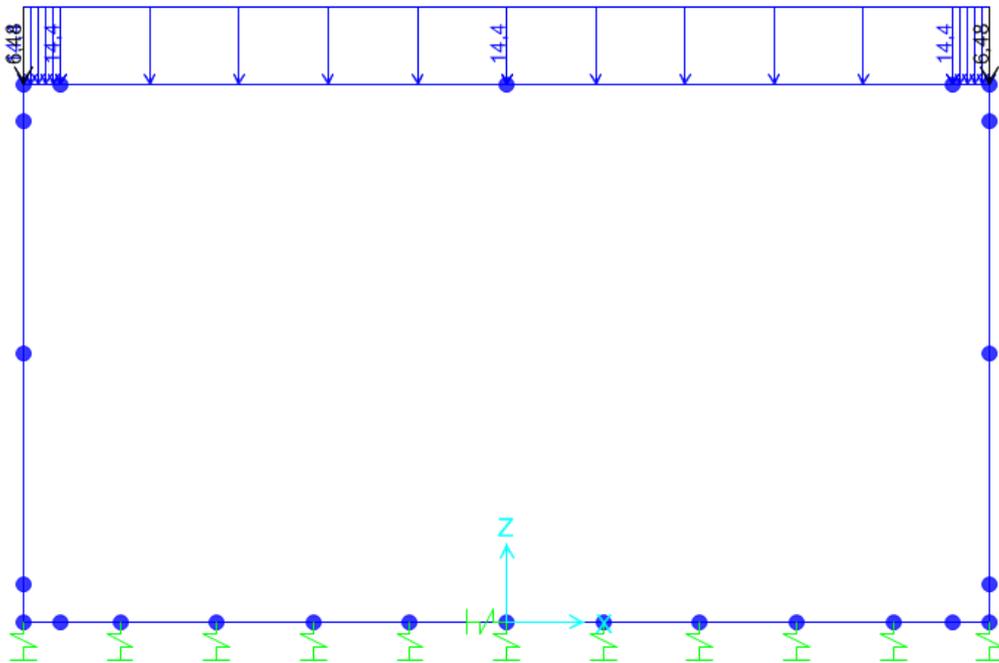


Figura 7: Carico verticale ballast

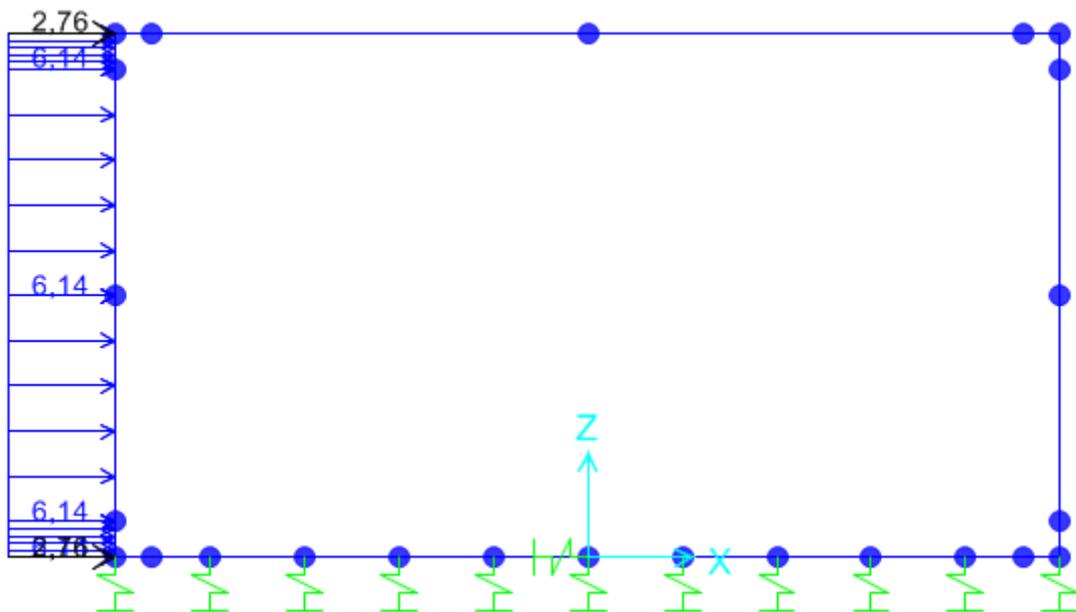


Figura 8: Spinte ballast sul piedritto sinistro(stesso per piedritto destro)

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	20 di 116

7.4 Spinta sulle pareti dovuta al terreno (SPTSX e SPTDX)

Per il rinterro si prevede un terreno avente angolo di attrito $\varphi = 35^\circ$ ed un peso di volume $\gamma_r = 19.5 \text{ kN/m}^3$, il coefficiente di spinta viene calcolato, considerando l'elevata rigidezza dello scatolare, utilizzando la formula:

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' = 0.426$$

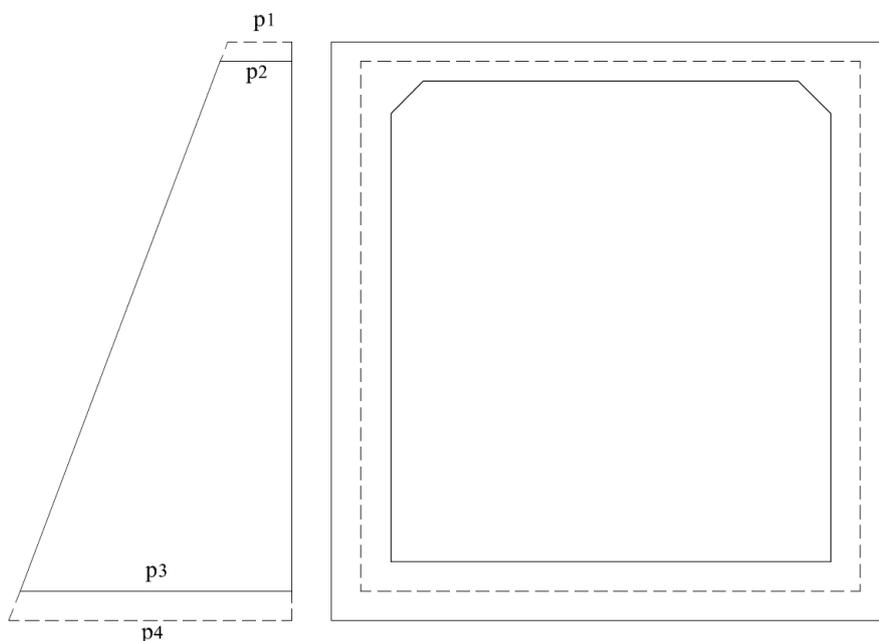


Figura 9: Spinte del terreno

Cond. STR			
$p_1 =$	5.24	kN/m	Pressione estradosso soletta superiore
$p_2 =$	8.98	kN/m	Pressione in asse soletta superiore
$p_3 =$	63.45	kN/m	Pressione in asse soletta inferiore
$p_4 =$	67.19	kN/m	Pressione intradosso soletta inferiore

In più, viene aggiunto, come carico concentrato nei di estremità del piedritto la parte di spinta del terreno esercitata su metà spessore della soletta superiore e quello agente su metà spessore della soletta inferiore.

Carico concentrato sui nodi 25,27,28 e 29				
Nodi sup.	$1/2 * (p_1 + p_2) * S_s/2$	3.20	kN	Spinta semispessore soletta superiore
Nodi inf.	$1/2 * (p_3 + p_4) * S_f/2$	29.40	kN	Spinta semispessore soletta inferiore

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	21 di 116

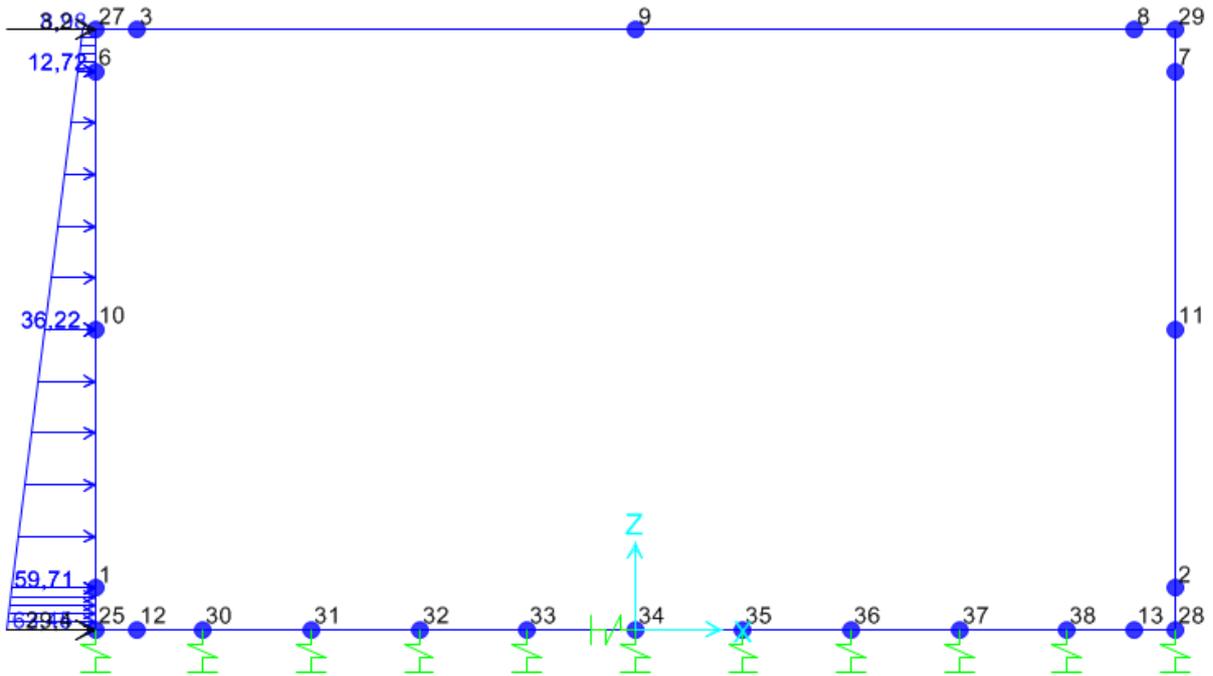


Figura 10: Spinte terre sul piedritto sinistro (stesso per piedritto destro)

7.5 Carichi ferroviari soprastanti (ACC1/ACC2)

I carichi da treno presi in considerazione nei calcoli sono il modello LM71 e SW/2.

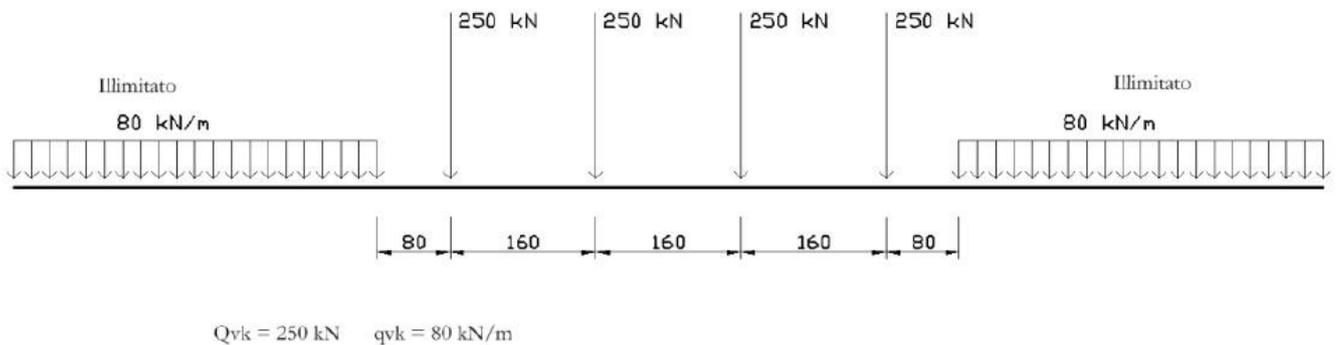


Figura 11: Treno di carico LM71

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COMPLETAMENTO DEL NODO DI UDINE – PRG E ACC DEL P.M. CARGNACCO E OPERE SOSTITUTIVE DEI PL INTERFERENTI					
	SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187 Relazione di calcolo sottovia	COMESSA IZ09	LOTTO 00	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO SL0100001	REV. A

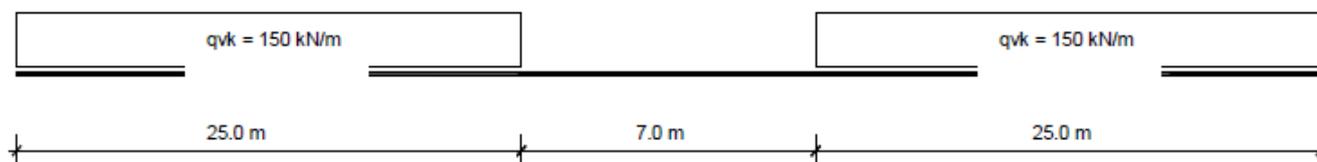


Figura 12: Treno di carico SW/2

In funzione delle caratteristiche geometriche dell'opera risulta più sfavorevole il carico dovuto al treno LM71 rispetto al carico dovuto al treno SW/2.

I valori dei suddetti carichi devono essere amplificati mediante un coefficiente di adattamento “ α ”, variabile in funzione della tipologia di infrastruttura, e un coefficiente dinamico “ Φ ”, che tiene conto della natura dinamica del transito dei convogli.

Per il calcolo del coefficiente dinamico Φ si fa riferimento al paragrafo 5.2.2.3.3 “Effetti dinamici” del DM18.

Per linea con ridotto standard manutentivo, si assume il coefficiente Φ_3 , ridotto del 10%:

$$1.00 \leq \Phi_3 = 0.9 * \left[\frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi} - 0.20} + 0.73 \right] \leq 2.00$$

Φ_3	1.289	
L_Φ	10.75	m

Il coefficiente di adattamento α , invece, viene assunto pari a 1.10, in accordo alla tabella 2.5.1.4.1-1 del succitato Manuale di progettazione delle opere civili.

Si considera che i sovraccarichi ferroviari si distribuiscano attraverso il ricoprimento con una pendenza 1 su 4 all'interno del ballast, con un angolo di diffusione pari all'angolo di attrito interno del terreno nel sub-ballast, super compattato, rinterro e con la pendenza a 45° all'interno del CLS.

Nel caso in esame la diffusione trasversale del carico ferroviario interessa una larghezza pari a:

Diffusione del carico in senso trasversale		
$L_d = L_t + ((H_b - H_{tb})/4 + H_r * 2/3 + S_s/2) * 2$	4.43	m

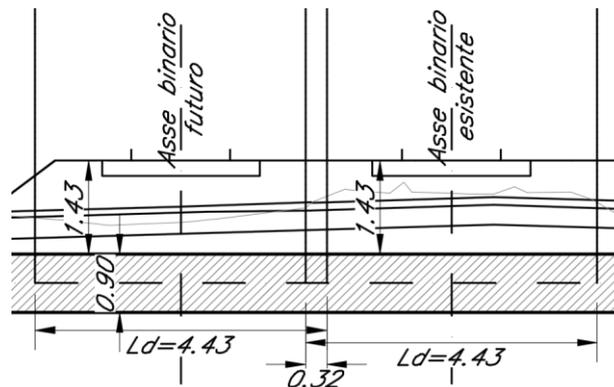
dove L_t indica la lunghezza della traversa pari a 2,40 m.

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	23 di 116

Avendo posizionati i due binari a una distanza di 4.11m , abbiamo una sovrapposizione delle zone di distribuzione di 0.32cm come nella figura seguente:



Pertanto il carico ripartito, dovuto al treno LM71 (considerando il coefficiente di adattamento $\alpha=1.10$, il coefficiente dinamico $\Phi_3=1.289$ e distribuendo nella larghezza di un metro la parte sovrapposta di 0.32cm), risulta:

Carico ripartito prodotto dalle forze concentrate	
$Q_{vk} = (4*250/6.40)*\alpha*\Phi_3/L_d$	67.75 kN/m ²
Carico ripartito prodotto dal carico distribuito	
$q_{vk} = (80*\alpha*\Phi_3)/L_d$	34.68 kN/m ²

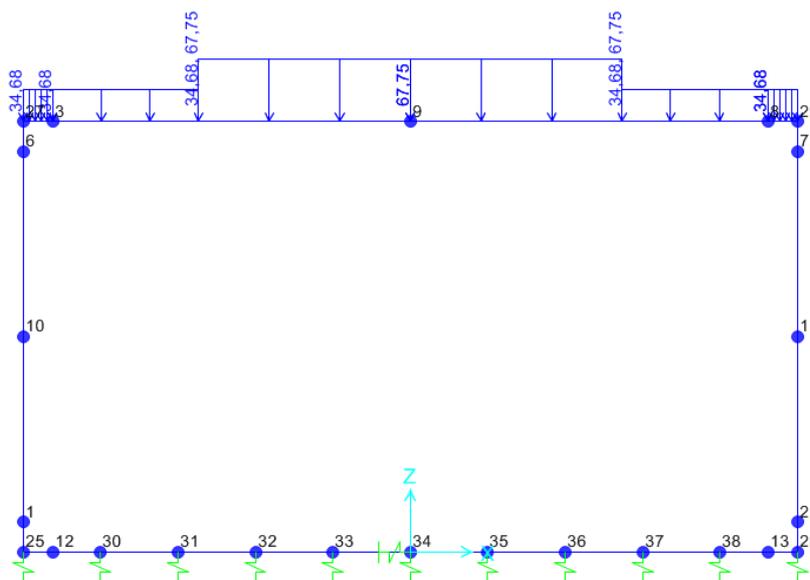


Figura 13: Carichi Treno LM71 condizione Momento massimo ACC1

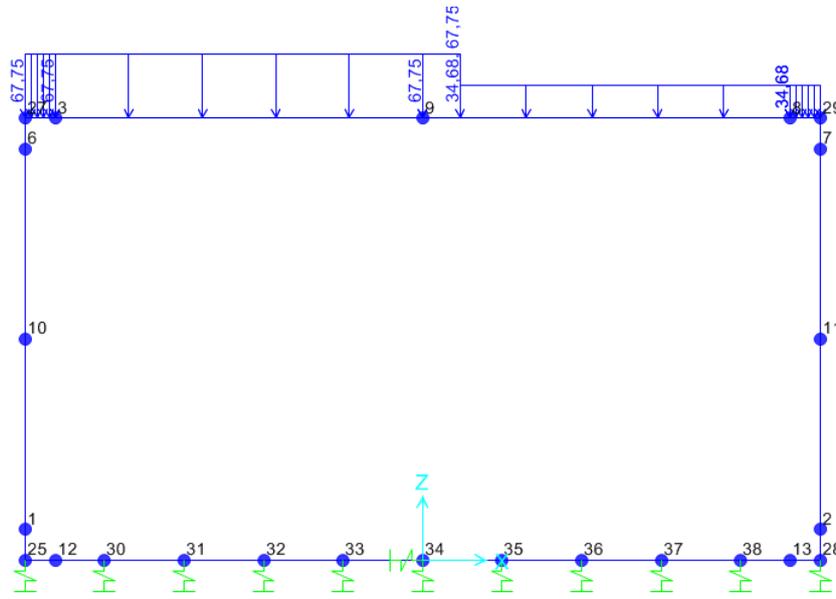


Figura 14: Carichi Treno LM71 condizione Taglio massimo ACC2

Il carico del treno è stato considerato longitudinale rispetto alla geometria dello scatolare, questa configurazione è ragionevolmente cautelativa rispetto alla effettiva disposizione dei carichi.

7.6 Carichi stradali interni (ACC1-VH e ACC2-VH)

In conformità alla normativa di riferimento (N.T.C.2008 §5.1.3.3), si prendono in considerazione i carichi mobili per ponti di 1° categoria come nella figura seguente:

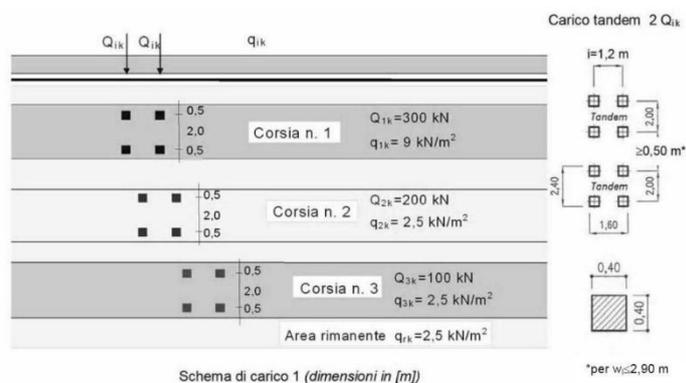


Figura 15 – NTC08- schema di carico 1

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	25 di 116

Sulla fondazione della struttura si applica un carico uniformemente distribuito dovuto al traffico stradale. Il valore del carico viene definito dopo la distribuzione dei carichi tandem sul rilevato stradale presente tra i muri laterali, al quale si aggiunge anche la parte del carico distribuito di 9 kN/m^2 .

Per massimizzare gli effetti del carico mobile in termini di sollecitazioni flettenti e taglio sugli elementi strutturali, sono state definite due distinte configurazioni di carico (ACC1, ACC2).

La prima, denominata ACC1, massimizza il momento flettente sull'appoggio della soletta inferiore della struttura; si ottiene disponendo i carichi tandem in entrambe le corsie convenzionali disposte affiancate e centrate rispetto all'asse di simmetria verticale della struttura. Ai carichi tandem si sovrappone il carico distribuito di intensità pari a 9.00 kN/m^2 sulla corsia 1 e 2.50 kN/m^2 sulla corsia 2.

La configurazione ACC2 massimizza il momento flettente in mezzeria; le corsie convenzionali sono disposte affiancate ed allineate con il filo interno del piedritto sinistro. Ai carichi tandem si sovrappone il carico distribuito di intensità pari a 9.00 kN/m^2 sulla corsia 1 e pari a 2.5 kN/m^2 sulla corsia 2.

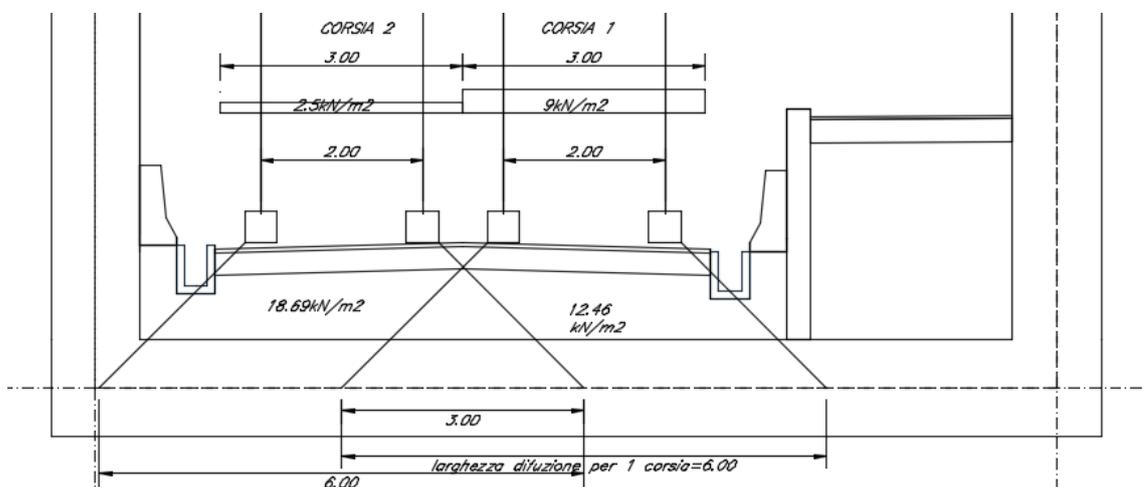


Figura 16: Schema di distribuzione del carico mobile considerato ACC1

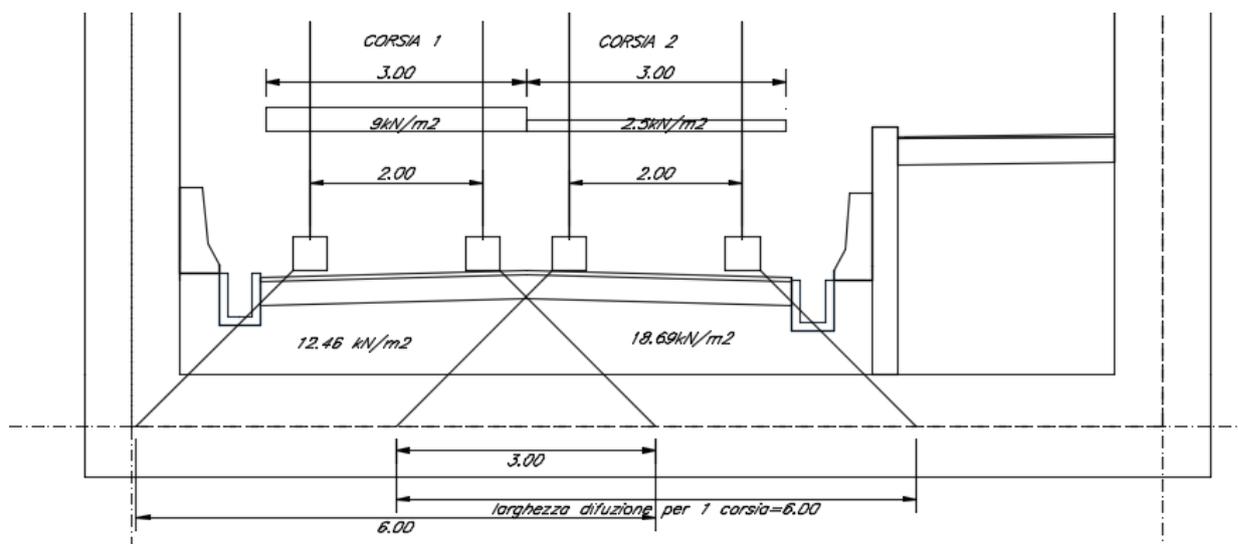


Figura 17: Schema di distribuzione del carico mobile considerato ACC2

7.7 Spinta sui piedritti prodotta dal sovraccarico LM71 (SASX e SADX / SASXML71)

Carico distribuito (80 kN/m)-SASX , SADX		
$q_h = (80 * \alpha / L_d) * K_0$	13.51	kN/m
Carico puntuale ripartito (4*250/6.40 kN/m)-SASXML71		
$Q_h = [4 * 250 * \alpha / (L_d * 6.40)] * K_0$	26.39	kN/m

Inoltre, vengono aggiunte, come carichi concentrati nei nodi 25,27,28 e 29 le seguenti forze, derivante dalla parte di spinta agente su metà spessore della soletta:

Nodi sup.&inf (SASX , SADX) sui nodi 25,27,28 e 29		
$Q_h * S_s / 2$	6.07	kN
Nodi sup.&inf (SASXML71) sui nodi 25,27,28 e 29		
$Q_h * S_f / 2$	11.87	kN

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	27 di 116

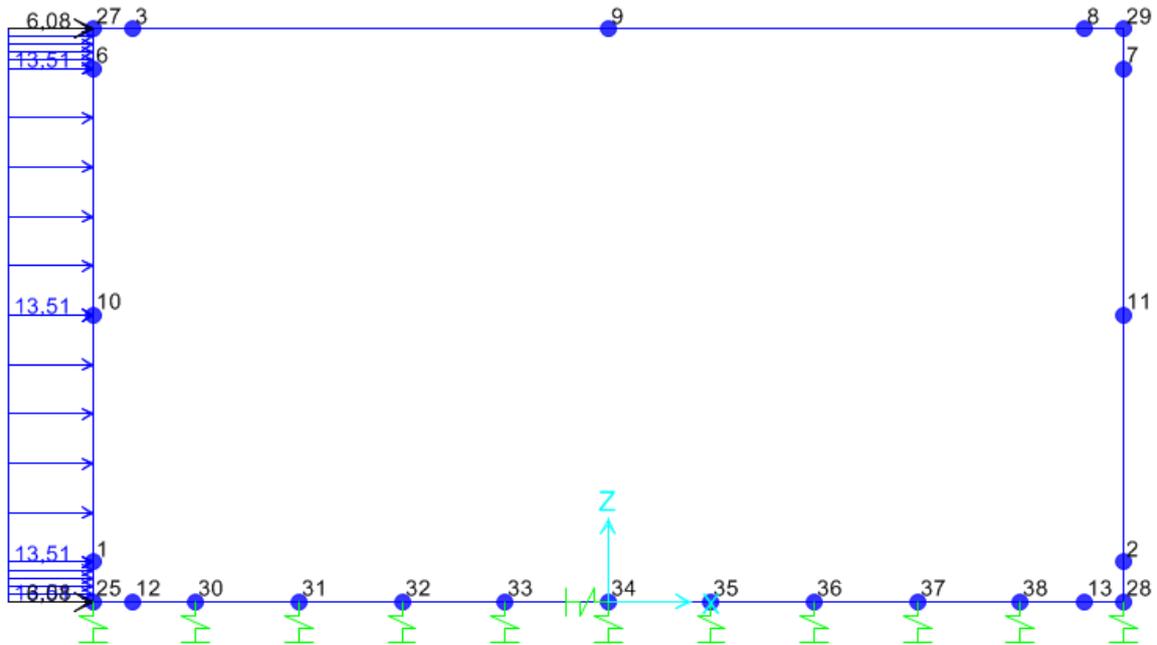


Figura 18: Spinta dal carico accidentale distribuito nel piedritto sinistra(stesso per piedritto destra)

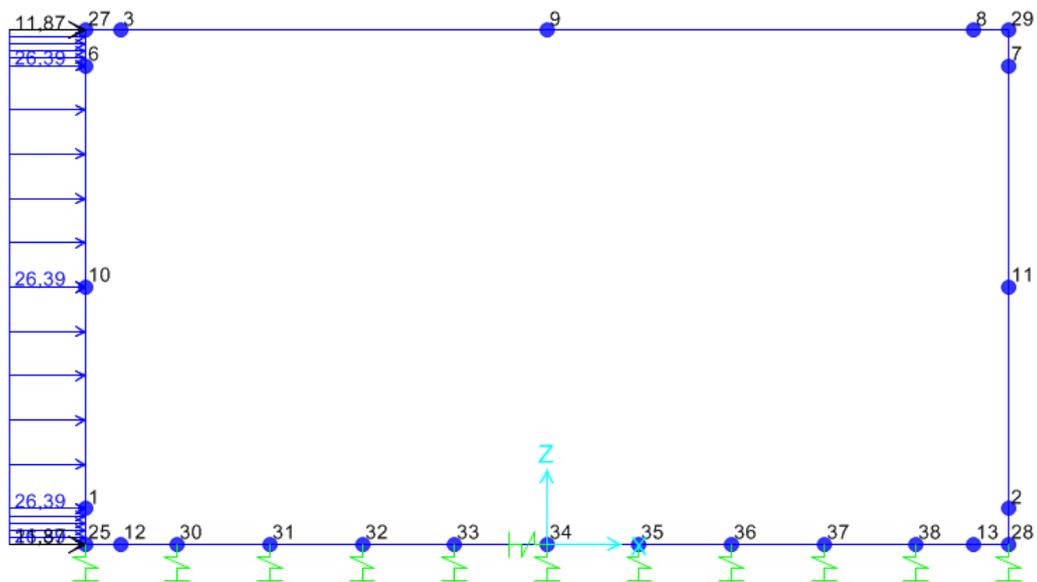


Figura 19: Spinta dal carico accidentale puntuale nel piedritto sinistra(stesso per piedritto destra)

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	28 di 116

7.8 Azione di frenatura e avviamento (AVV)

La forza di frenatura del modello SW/2 agente su tutta la larghezza dello scotolare è pari a 35 kN/m, mentre quella di avviamento del modello LM71 è di 33 kN/m. Visto che il treno sfavorevole è quello LM71, anche per il calcolo della frenatura si considera il carico LM71 in avviamento. Distribuendo tale forza sulla larghezza di diffusione del carico per uno binario si avrà:

A_{vv}	33	kN/m
$Q_{Av}=A_v/L_d$	8.2	kN/m

Avendo un'area di 0.32 m di sovrapposizione del carico di 2 treni (dovuto alla vicinanza di 2 binari) come spiegato nel paragrafo 7.5, l'azione d'avviamento è stata calcolata con una media pesata su una profondità di 1.00 metro con una sovrapposizione di 32 cm e il valore che viene considerata in asse alla soletta superiore è 11.1kN/m.

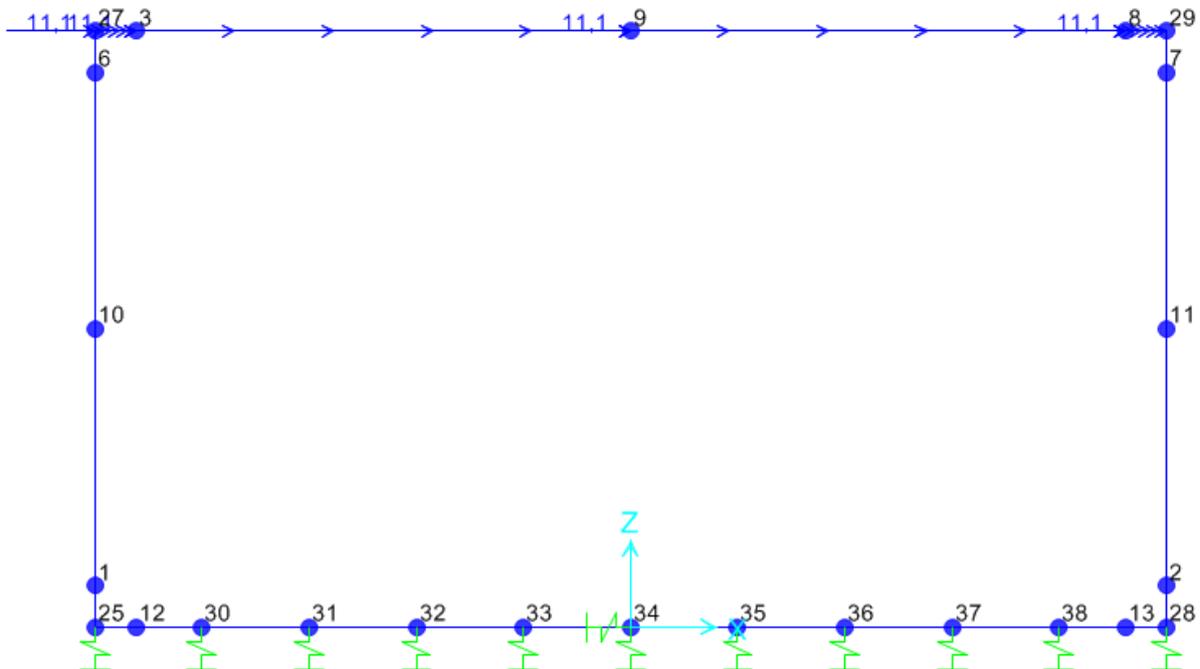


Figura 20: AVV

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	29 di 116

7.9 Azioni indotte dalle variazioni termiche (TERM)

La variazione termica uniforme applicata alla soletta di copertura è pari a $\Delta T = \pm 15^\circ\text{C}$.

La variazione termica a farfalla applicata alla soletta di copertura è pari a $\Delta T = \pm 5^\circ\text{C}$.

L'azione è applicata alla soletta superiore dello scatolare.

7.10 Ritiro (RITIRO)

Gli effetti del ritiro vanno valutati a “lungo termine” attraverso il calcolo dei coefficienti di ritiro finale $\epsilon_{cs}(t, t_0)$ e di viscosità $\phi(t, t_0)$, come definiti nell'EUROCODICE 2- UNI EN 1992-1-1 Novembre 2005 e D. M. 14-01-2008.

I fenomeni di ritiro vengono considerati agenti solo sulla soletta di copertura ed applicati nel modello come una variazione termica uniforme equivalente agli effetti del ritiro:

$$\Delta T_{\text{rit}} = -8.31^\circ\text{C}.$$

7.11 Azioni sismiche

L'azione sismica è stata individuata in accordo con le normative vigenti sulla base dei seguenti parametri:

- Vita nominale dell'opera $V_N = 75$ anni
- Classe d'uso dell'opera III $C_u = 1$
- Categoria di sottosuolo B
- Categoria topografica T1

Coordinate del sito di progetto (Lat. = $45,99765^\circ$ e Long. = 13.25172°).

		a_g	F_o	T^*_c
T_R	45	0,062	2,469	0,260
T_R	75	0,080	2,453	0,278
T_R	712	0,210	2,496	0,342
T_R	1462	0,276	2,516	0,357

dove:

$T_R \rightarrow$ tempo di ritorno;

$a_g \rightarrow$ accelerazione orizzontale massima del terreno su suolo di categoria A, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità;

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	30 di 116

$F_0 \rightarrow$ valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^* \rightarrow$ periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Le accelerazioni massime per i vari stati limite di normativa nelle condizioni di sito reali sono:

		a_{max}
T_R	45	0,075
T_R	75	0,096
T_R	712	0,250
T_R	1462	0,309

Il calcolo viene eseguito con il metodo pseudostatico. In queste condizioni l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico. I valori dei coefficienti sismici orizzontali k_h e verticale k_v possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \frac{a_{max}}{g} \quad k_v = \pm 0.50 \cdot k_h$$

dove :

- a_{max} = $S_s \cdot S_t \cdot a_g$ accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g = accelerazione di gravità;

Essendo lo scatolare una struttura che non ammette spostamenti relativi rispetto al terreno, il coefficiente β_m assume il valore unitario.

Pertanto, i due coefficienti sismici valgono:

		k_h	k_v
T_R	45	0,075	0,037
T_R	75	0,096	0,048
T_R	712	0,250	0,125
T_R	1462	0,309	0,155

7.11.1 Sovraspinta sismica del terreno (SISX)

In base alla teoria di Wood la risultante dell'incremento di spinta sismico su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

$$\Delta S_E = (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot H^2$$

La risultante viene applicata ad un'altezza pari ad $H/2$ e considerata agente su uno solo dei piedritti dell'opera.

Pertanto allo SLV la sovraspinta sismica delle terre vale:

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	32 di 116

Forze d'inerzia orizzontali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV

$F_{o,ballast+ricop+mass} =$	\pm	6,84	kN/m^2
$F_{o,soletta} =$	\pm	5,62	kN/m^2
$F_{o,montante} =$	\pm	5,62	kN/m^2
$F_{o,treno} =$	\pm	13,18	kN/m^2
$F_{o,solettasup,tot} =$	\pm	15,09	kN/m^2

Dove : $F_{o,solettasup,tot} = F_{o,ballast+ricop+mass} + F_{o,soletta} + 0.2 * F_{o,treno}$

Forze d'inerzia verticali sullo scatolare e sul terreno di ricoprimento della soletta SLV

$F_{v,treno} =$	\pm	6,59	kN/m^2
$F_{v,ballast+ricop+mass} =$	\pm	3,42	kN/m^2
$F_{v,solettasup} =$	\pm	2,81	kN/m^2
$F_{v,pav+ricop\ di\ sol.\ inf} =$	\pm	3,75	kN/m^2
$F_{v,solettainf} =$	\pm	2,81	kN/m^2
$F_{v,solettasup,tot} =$	\pm	7,55	kN/m^2
$F_{v,montante} =$	\pm	2,81	kN/m^2
$F_{v,solettainf,tot} =$	\pm	6,55	kN/m^2

Dove : $F_{v,solettasup,tot} = F_{v,ballast+ricop+mass} + F_{v,soletta} + 0.2 * F_{v,treno}$;

$F_{v,solettainf,tot} = F_{v,pav+ricop\ di\ sol.\ inf} + F_{v,soletta\ inf}$

- Il peso di treno è calcolato come in seguito: Per 6.4m è applicato il carico 67.75kN/ml e per la parte rimanente di 5.3m è applicato il carico 34.68 kN/m (vedi paragrafo 7.5). È stato alla fine calcolato un valore medio del carico verticale del treno, il quale risulta pari a 52.77 kN/m per tutta la larghezza di 11.70 m.
- Le inezie orizzontali e verticale per il treno ($F_{v, treno}$; $F_{o, treno}$) vengono come prodotto dei coefficienti sismici (verticali ed orizzontali) nel paragrafo 7.11 e il peso del treno di 52.77kN/m.

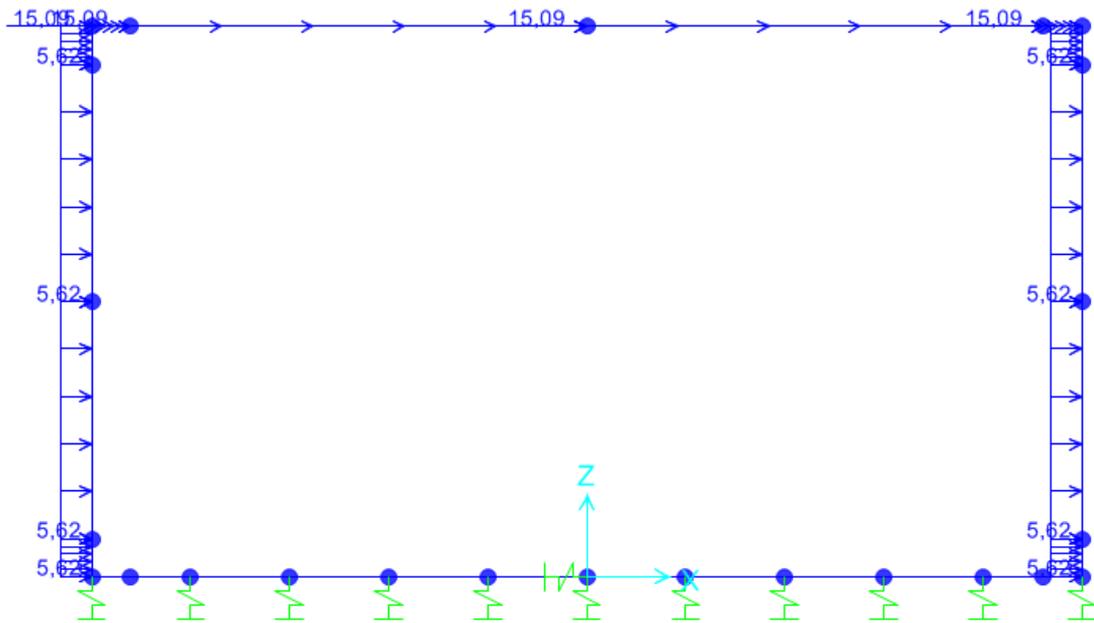


Figura 22: Forza inerziale orizzontale

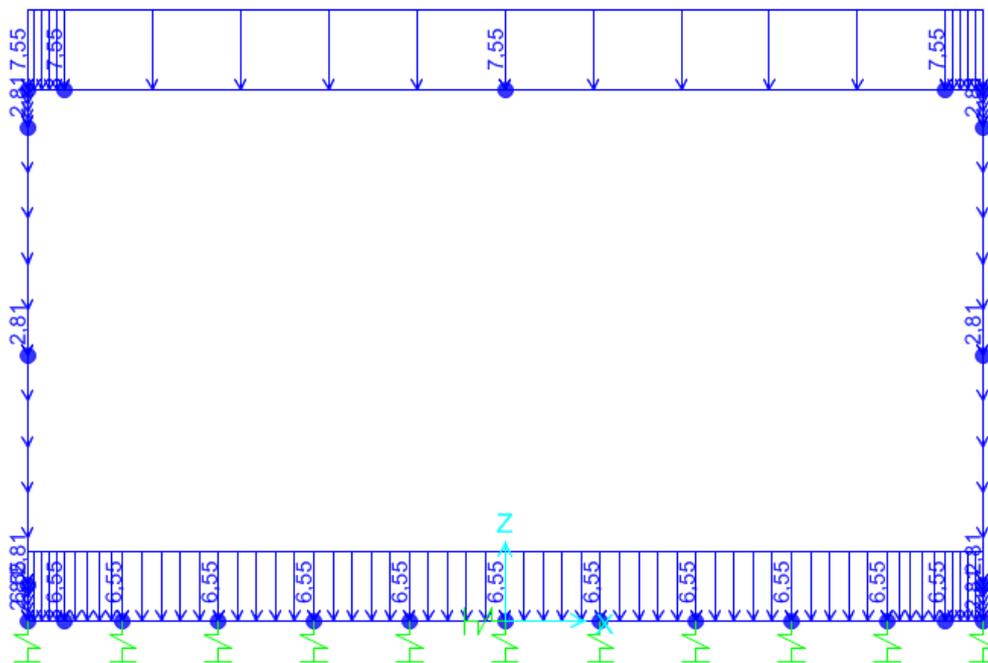


Figura 23: Forza inerziale verticale

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	34 di 116

8 COMBINAZIONE DEI CARICHI E SOLLECITAZIONI

Per i calcoli strutturali dell'opera sono state considerate le seguenti combinazioni di carico:

	SLU-1	SLU-2	SLU-3	SLU-4	SLU-5	SLU-6	SLU-7	SLU-8	SLU-9	SLU-10	SLU-11	SLU-12	SLU-13
PP	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
PERM	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
BALLAST	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
SPBSX	1	1	1	1,5	1	1,5	1	1	1	1	1	1	1,5
SPBDX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STSX	1	1	1,35	1,35	1,35	1,35	1	1	1	1	1	1	1,5
STDx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SASX	1	1	1,45	1,45	0	0	1	1	0	0	0	0	0
SADX	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
SASXLM71	0	0	0	0	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0	1,16
AVV	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0	1,16
ACC1	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	1,45	1,45	0	0	0	0	0
ACC2	0	0	0	0	1,45	1,45	0	0	0	0	0	0	1,16
ACC1-VH	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	1,45	1,45	0	0	0
ACC2-VH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,45	1,45	0
TF	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	1,2
TU	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-1,2
RITIRO	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,5

	RARA-1	RARA-2	RARA-3	RARA-4	RARA-5	RARA-6	RARA-7	RARA-8	RARA-9	RARA-10	RARA-11	RARA-12	RARA-13
PP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
BALLAST	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBSX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STSX	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
STDx	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SASX	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0,6	1	0	0	0	0	0
SADX	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0,6	1	0	0	0	0	0
SASXLM71	0	0	0	0	0,8	0,8	0	0	0	0	0	0	0,6
AVV	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0	0	0	0	0,6
ACC1	0,8	0,8	0,8	0,8	0	0	0,8	0,8	0	0	0	0	0
ACC2	0	0	0	0	0,8	0,8	0	0	0	0	0	0	0,6
ACC1-VH	0	0	0	0	0	0	0,6	0,6	0,75	0,75	0	0	0
ACC2-VH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0,75	0
TF	0,6	-0,6	0,6	-0,6	0,9	-0,6	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	1
TU	-0,6	0,6	-0,6	0,6	-0,9	0,6	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-0,9	0,9	-1
RITIRO	1	0	1	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1,2	0	1

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	35 di 116

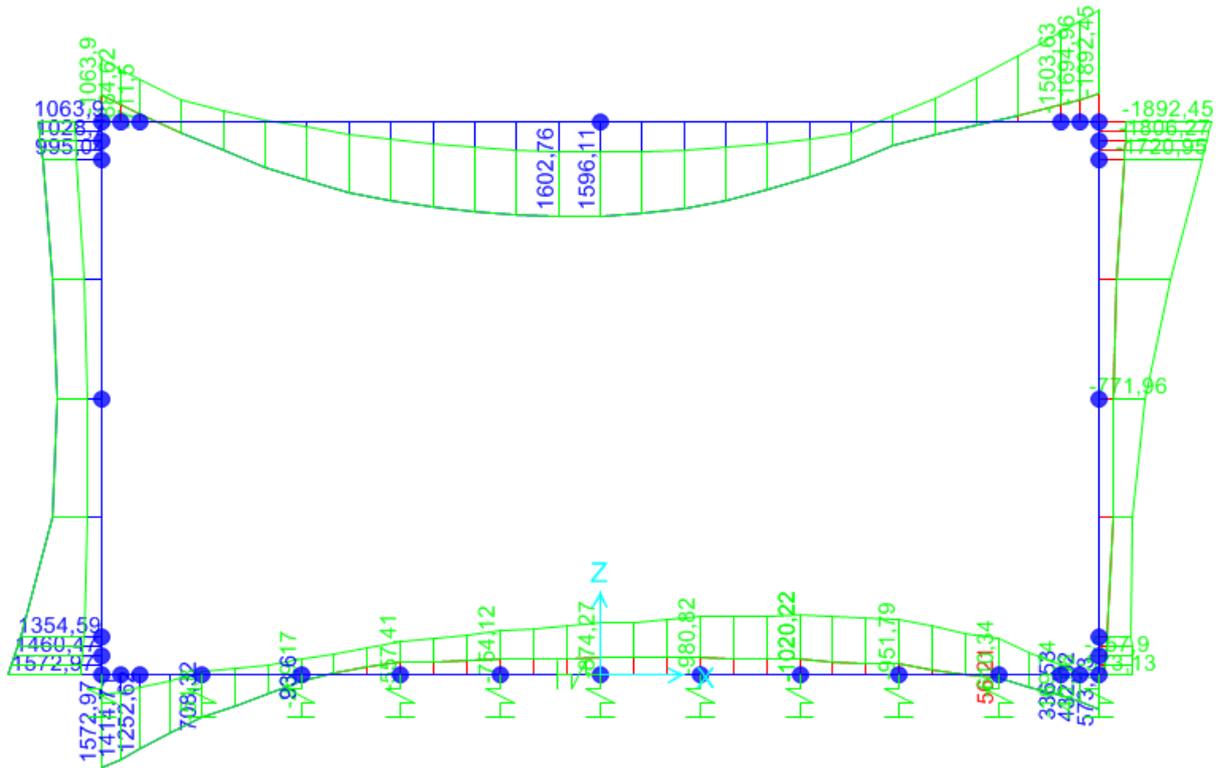
	SLV-1	SLV-2	SLV-3	SLV-4
PP	1	1	1	1
PERM	1	1	1	1
BALLAST	1	1	1	1
SPBSX	1	1	1	1
SPBDX	1	1	1	1
STSX	1	1	1	1
STDY	1	1	1	1
SASX	0	0	0	0
SADX	0	0	0	0
SASXLM71	0,2	0	0,2	0
AVV	0,2	0	0,2	0
ACC1	0	0,2	0	0
ACC2	0,2	0	0,2	0
ACC1-VH	0	0	0	0
ACC2-VH	0	0	0	0
TF	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5
TU	0,5	0,5	0,5	0,5
RITIRO	0	0	0	0
SISSX	1	0,3	1	0,3
INERZIEH	1	0,3	1	0,3
SISVER	0,3	1	-0,3	-1

Di seguito si riportano gli involuipi dei diagrammi delle sollecitazioni derivanti dalle combinazioni relative ai tre stati limite considerati.

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	37 di 116



SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	38 di 116

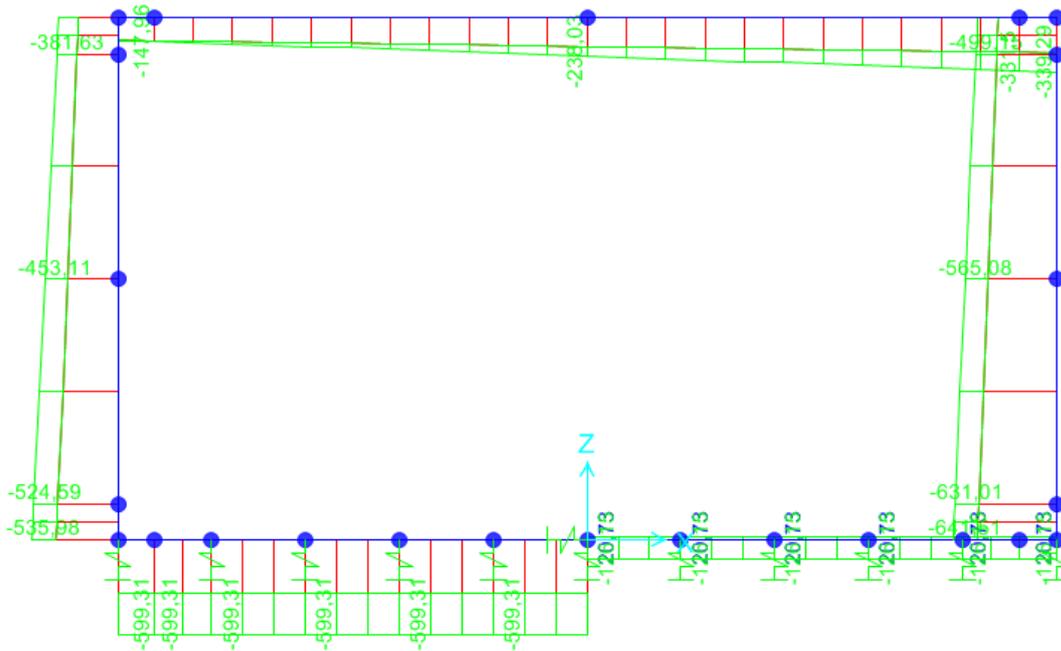


Figura 26: Involuppo N - SLV

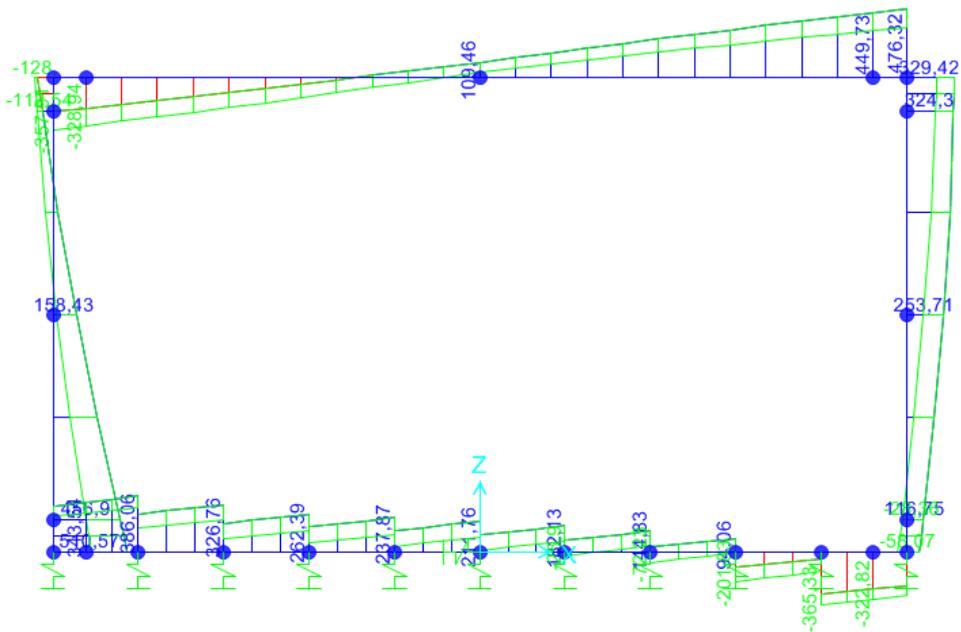


Figura 27: Involuppo T - SLV

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	40 di 116

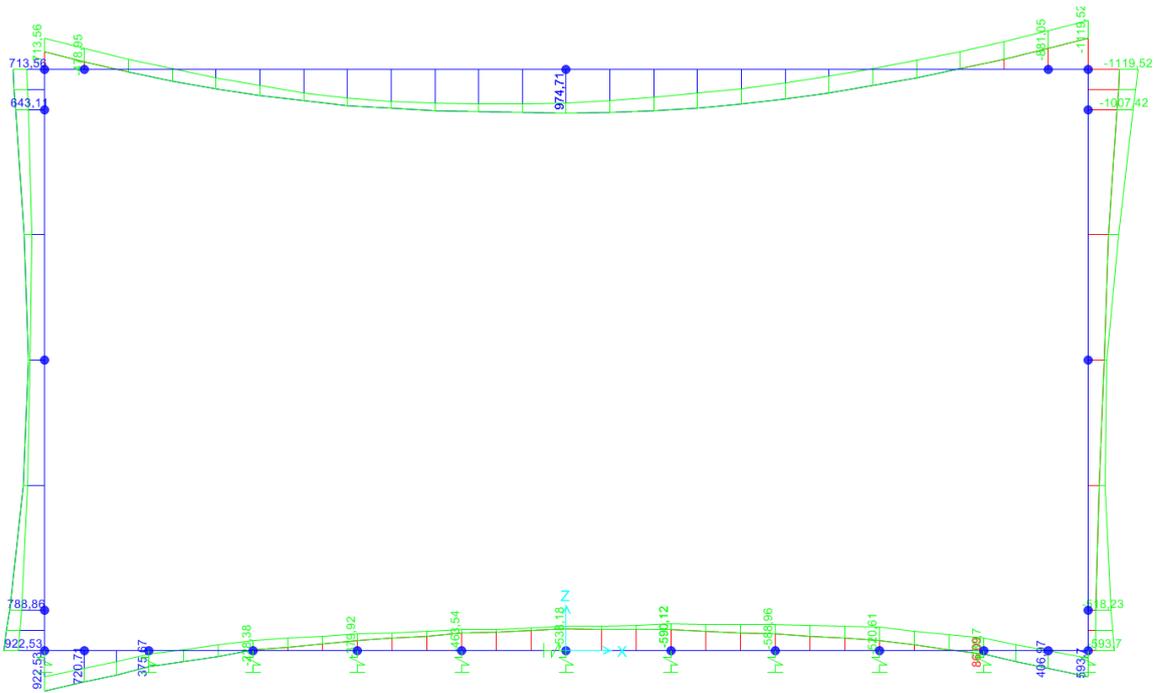


Figura 30: Involuppo M – SLE RARA

Le sezioni verificate sono le seguenti:

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	41 di 116

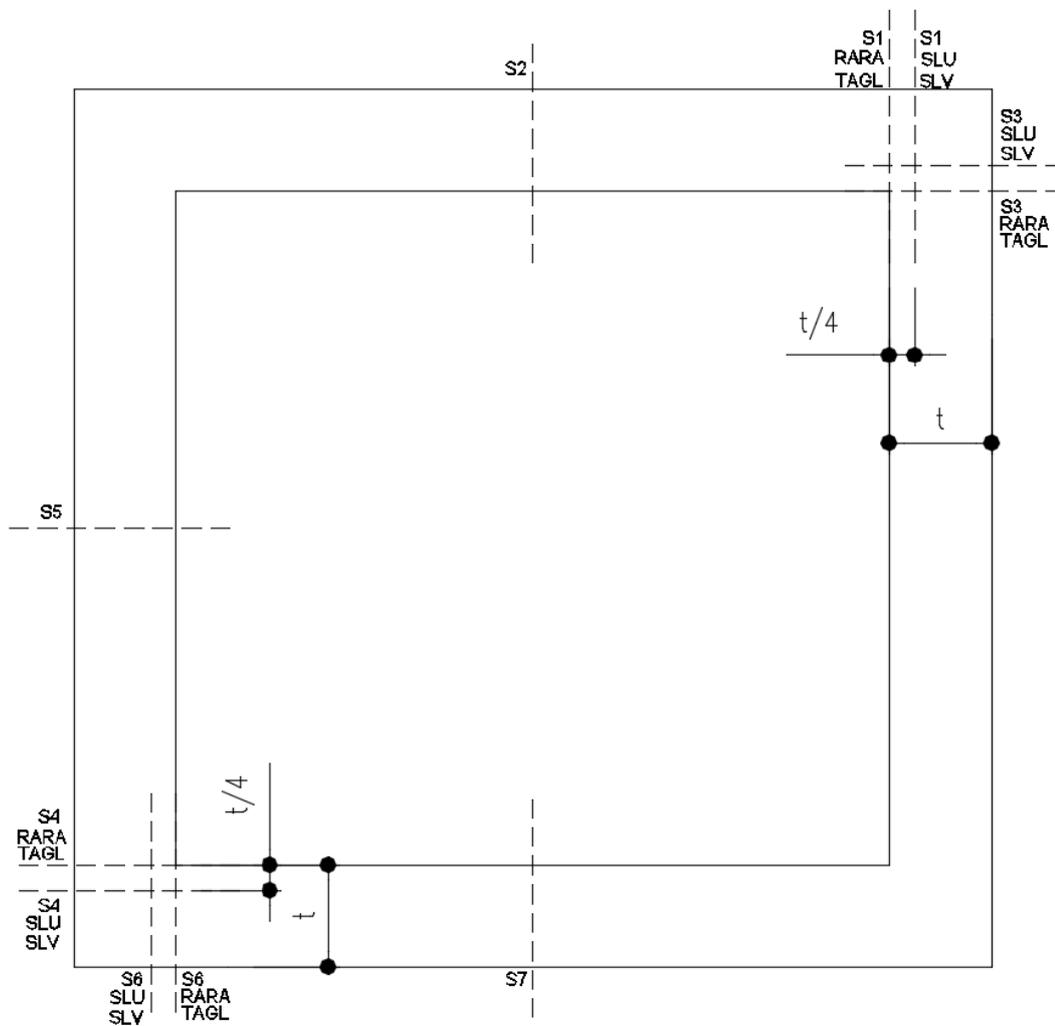


Figura 31: Sezioni di verifica

Le verifiche a flessione sono effettuate rispettivamente:

- nella sezione ubicata a metà fra asse piedritto e sezione d'attacco piedritto-soletta nel caso delle verifiche della soletta;
- nella sezione ubicata a metà fra asse soletta e sezione d'attacco del piedritto nel caso delle verifiche del piedritto.

Le verifiche a fessurazione ed a taglio sono eseguite nelle sezioni di attacco soletta-piedritto.

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	42 di 116

9 VERIFICHE

9.1 Verifiche a flessione

9.1.1 Sezione 1 - soletta superiore appoggio destro

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
31	5,4	SLU 6	Combination	-391,06	836,647	-1694,96
31	5,4	SLV 1	Combination	-338,479	449,731	-1164,89
31	5,4	RARA 6	Combination	-258,671	512,468	-881,0535

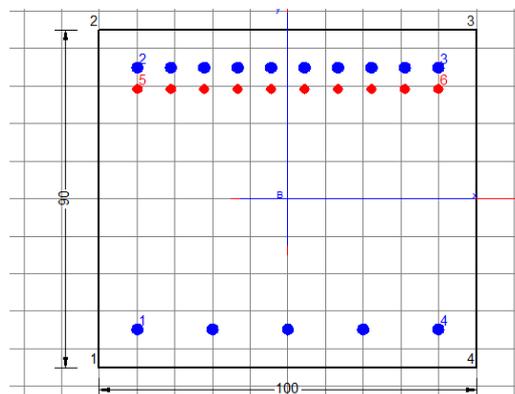
Armatura tesa Φ 30/10+ Φ 24/10

Armatura compressa Φ 30/20

Armatura a taglio Φ 12/20x40

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	43 di 116

Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-45.0
2	-50.0	45.0
3	50.0	45.0
4	50.0	-45.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-39.9	-34.9	30
2	-39.9	34.9	30
3	39.9	34.9	30
4	39.9	-34.9	30
5	-39.9	29.2	24
6	39.9	29.2	24

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	30
2	2	3	8	30
3	5	6	8	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	44 di 116

Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-1694.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-1164.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-881.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-1694.00	0.00	0.00	-3105.98	0.00	1.834	115.9(10.4)
2	S	0.00	-1164.00	0.00	0.00	-3105.98	0.00	2.668	115.9(10.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	45 di 116

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00285	-50.0	-45.0	0.00184	-39.9	-34.9	-0.00965	39.9	34.9
2	0.00350	-0.00285	-50.0	-45.0	0.00184	-39.9	-34.9	-0.00965	39.9	34.9

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000164605	-0.003907206	0.266	0.773
2	0.000000000	-0.000164605	-0.003907206	0.266	0.773

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.24	50.0	-45.0	-120.3	31.0	34.9	2750	115.9	5.7	1.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$) :

Apertura fessure
Apert.fessure = 0.176 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 227 mm
Area efficace = 2750 cm ²
Coeff. K3 = 0.168

Condizione soddisfatta

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	46 di 116

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cls R_{ck}

Cls condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

\varnothing_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

\varnothing_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

$ctg\theta$ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	47 di 116

9.1.2 Sezione 2 - soletta superiore mezzeria

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

TABLE: Element Forces - Frames					
Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN-m
31	0	SLV2	-238.03	27,116	543,8928
31	0	SLU 1	-210,763	-1,021E-11	1596,1135
31	0	RARA 1	-177,413	-6,508E-12	974,7061

Armatura tesa Φ 30/10+ Φ 26/10

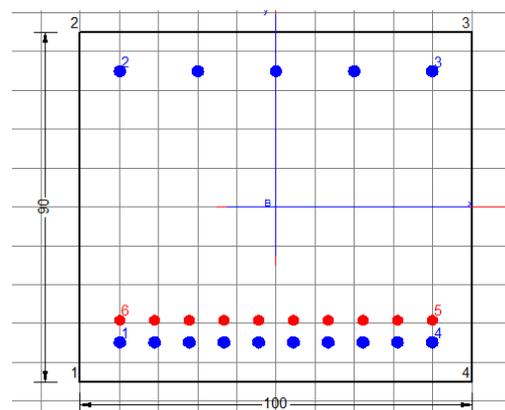
Armatura compressa Φ 30/20

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:		1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:		0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa	



SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	48 di 116

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-45.0
2	-50.0	45.0
3	50.0	45.0
4	50.0	-45.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-39.9	-34.9	30
2	-39.9	34.9	30
3	39.9	34.9	30
4	39.9	-34.9	30
5	39.9	-29.2	26
6	-39.9	-29.2	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	30
2	2	3	3	30
3	5	6	8	26

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1596.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	544.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	49 di 116

My con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	974.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.9 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1596.00	0.00	0.00	3284.10	0.00	2.058	123.8(10.4)
2	S	0.00	544.00	0.00	0.00	3284.10	0.00	6.037	123.8(10.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00243	-50.0	45.0	0.00195	-39.9	34.9	-0.00878	-39.9	-34.9
2	0.00350	-0.00243	-50.0	45.0	0.00195	-39.9	34.9	-0.00878	-39.9	-34.9

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
--------	---	---	---	-----	--------

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	50 di 116

1	0.000000000	0.000153713	-0.003417101	0.285	0.796
2	0.000000000	0.000153713	-0.003417101	0.285	0.796

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.80	-50.0	45.0	-126.1	31.0	-34.9	2700	123.8	5.7	1.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA (W1<0.2) :

Apertura fessure
Apert. fessure = 0.192 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 225 mm
Area efficace = 2700 cm ²
Coeff. K3 = 0.169

Condizione soddisfatta

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	51 di 116

9.1.3 Sezione 3 - piedritto destro testa

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

TABLE: Element Forces - Frames					
Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN-m
35	2,825	SLV3	-499,15	310,011	-1160.21
35	2,825	SLU 6	-916.76	377,16	-1806.27
35	2,825	RARA 6	-569,857	245,148	-1007,4248

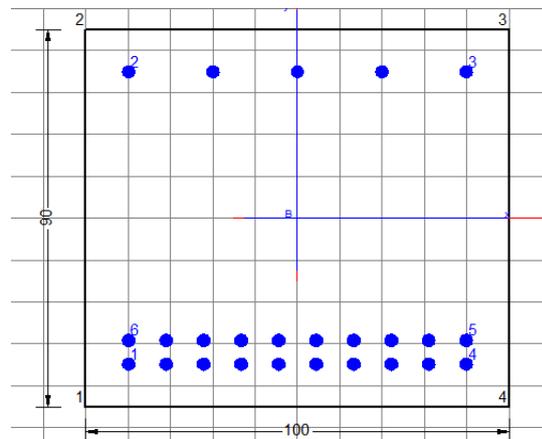
Armatura tesa Φ 30/10+ Φ 30/10

Armatura compressa Φ 30/20

Armatura a taglio Φ 12/40x40

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	ACCIAIO -	Tipo:
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068
Modulo Elastico Ef		2000000 daN/cm ²

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	52 di 116

Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-45.0
2	-50.0	45.0
3	50.0	45.0
4	50.0	-45.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-39.9	-34.9	30
2	-39.9	34.9	30
3	39.9	34.9	30
4	39.9	-34.9	30
5	39.9	-29.2	30
6	-39.9	-29.2	30

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	30
2	2	3	3	30
3	5	6	8	30

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
---------	---	----	----	----	----

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	53 di 116

1	0.00	1806.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	1040.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1007.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 2.7 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)
Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1,000
As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1806.00	0.00	0.00	3652.38	0.00	2.022	141.4(10.4)
2	S	0.00	1040.00	0.00	0.00	3652.38	0.00	3.512	141.4(10.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00145	-50.0	45.0	0.00220	-39.9	34.9	-0.00676	-39.9	-34.9
2	0.00350	-0.00145	-50.0	45.0	0.00220	-39.9	34.9	-0.00676	-39.9	-34.9

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	54 di 116

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000128443	-0.002279942	0.341	0.866
2	0.000000000	0.000128443	-0.002279942	0.341	0.866

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	6.85	-50.0	45.0	-117.1	31.0	-34.9	2650	141.4	5.7	1.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$) :

Apertura fessure
Apert.fessure = 0.176 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 222 mm
Area efficace = 2650 cm ²
Coeff. K3 = 0.169

Condizione soddisfatta

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	55 di 116

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cls R_{ck}

Cls condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

\varnothing_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

\varnothing_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

$ctg\theta$ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	56 di 116

9.1.4 Sezione 4 - piedritto sinistro piede

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

Frame	Station	OutputCase	P	V2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN-m
32	0	SLV1	-420	468.99	1020.34
32	0	SLU 5	-1050,51	456,109	1460.47
32	0	RARA 5	-679,807	277,2	788,8638

Armatura tesa Φ 30/10+ Φ 20/10
 Armatura compressa Φ 30/20
 Armatura a taglio Φ 12/40x40

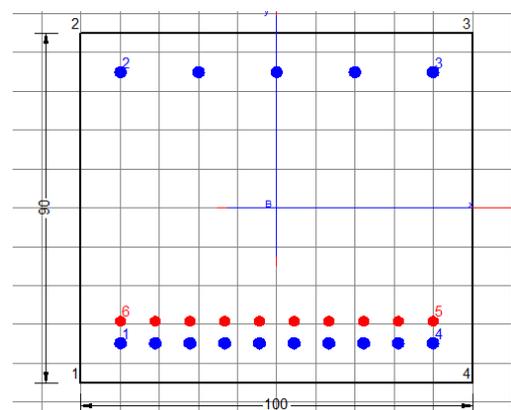
DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza: Stati Limite Ultimi
 Tipologia sezione: Sezione generica
 Normativa di riferimento: N.T.C.
 Percorso sollecitazione: A Sforzo Norm. costante
 Condizioni Ambientali: Molto aggressive
 Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO - Classe: C32/40
 Resis. compr. di calcolo fcd: 18.810
 Resis. compr. ridotta fcd': 0.000
 Def.unit. max resistenza ec2: 0.0020
 Def.unit. ultima ecu: 0.0035
 Diagramma tensione-deformaz.: Parabola-Rettangolo
 Modulo Elastico Normale Ec: 33643.0
 Resis. media a trazione fctm: 2.120
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00
 Coeff. Omogen. S.L.E.: 15.00

ACCIAIO - Tipo: B450C
 Resist. caratt. snervam. fyk: 450.00 MPa
 Resist. caratt. rottura ftk: 450.00 MPa
 Resist. snerv. di calcolo fyd: 391.30 MPa
 Resist. ultima di calcolo ftd: 391.30 MPa
 Deform. ultima di calcolo Epu: 0.068



SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	57 di 116

Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-45.0
2	-50.0	45.0
3	50.0	45.0
4	50.0	-45.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-39.9	-34.9	30
2	-39.9	34.9	30
3	39.9	34.9	30
4	39.9	-34.9	30
5	39.9	-29.2	20
6	-39.9	-29.2	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	30
2	2	3	3	30
3	5	6	8	20

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
---------	---	----	----	----	----

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	58 di 116

1	0.00	1020.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	1460.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	788.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1020.00	0.00	0.00	2784.28	0.00	2.730	102.1(10.4)
2	S	0.00	1460.00	0.00	0.00	2784.28	0.00	1.907	102.1(10.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00370	-50.0	45.0	0.00161	-39.9	34.9	-0.01142	-39.9	-34.9

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	59 di 116

2 0.00350 -0.00370 -50.0 45.0 0.00161 -39.9 34.9 -0.01142 -39.9 -34.9

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000186698	-0.004901418	0.235	0.733
2	0.000000000	0.000186698	-0.004901418	0.235	0.733

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.73	-50.0	45.0	-119.1	31.0	-34.9	2800	102.1	5.7	1.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$) :

Apertura fessure
Apert. fessure = 0.168 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 231 mm
Area efficace = 2800 cm ²
Coeff. K3 = 0.168

Condizione soddisfatta

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	60 di 116

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cls R_{ck}

Cls condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

\varnothing_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

\varnothing_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

$ctg\theta$ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	61 di 116

9.1.5 Sezione 5 - piedritto sinistro mezzeria

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
32	2,825	SLU 1	Combination	-928,443	3,752	714,7518
32	2,825	RARA 1	Combination	-624,832	-33,165	368,5312
32	2,825	SLV2	Combination	-453,112	17,42	218,0839

Armatura tesa Φ 30/20

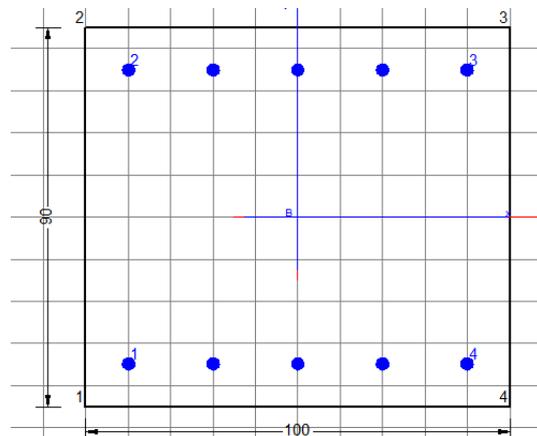
Armatura compressa Φ 30/20

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito



SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	62 di 116

Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$: 1.00
 Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
 Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
 Classe Conglomerato: C32/40

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-45.0
2	-50.0	45.0
3	50.0	45.0
4	50.0	-45.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-39.9	-34.9	30
2	-39.9	34.9	30
3	39.9	34.9	30
4	39.9	-34.9	30

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	30
2	2	3	3	30

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	714.75	0.00	0.00	0.00
2	0.00	218.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	771.00	0.00	0.00	0.00

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	63 di 116

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	368.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 17.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	714.75	0.00	0.00	1054.97	0.00	1.476	35.3(10.4)
2	S	0.00	218.00	0.00	0.00	1054.97	0.00	4.839	35.3(10.4)
3	S	0.00	771.00	0.00	0.00	1054.97	0.00	1.368	35.3(10.4)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01039	-50.0	45.0	-0.00014	-39.9	34.9	-0.02527	-39.9	-34.9
2	0.00350	-0.01039	-50.0	45.0	-0.00014	-39.9	34.9	-0.02527	-39.9	-34.9
3	0.00350	-0.01039	-50.0	45.0	-0.00014	-39.9	34.9	-0.02527	-39.9	-34.9

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	64 di 116

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000360024	-0.012701081	0.122	0.700
2	0.000000000	0.000360024	-0.012701081	0.122	0.700
3	0.000000000	0.000360024	-0.012701081	0.122	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	3.68	-50.0	45.0	-144.7	20.0	-34.9	3028	35.3	20.0	1.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$) :

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max = 3.68 Mpa	Apert. fessure = 0.187 mm
Sc limite = 16.50 Mpa	Apert. limite = 99999.000 mm
Sc min = 0.00 Mpa	Dist. fessure = 381 mm
Sf min = -144.66 Mpa	Area efficace = 3028 cm ²
Sf limite = -360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.165
Asse Neutro: $aX+bY+c=0$	
coeff. a = 0.000000000	

Condizione soddisfatta

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	65 di 116

9.1.6 Sezione 6 - soletta inferiore appoggio sinistro

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
37	0	SLU 5	Combination	-565.31	728,85	1414.71
37	0	SLV1	Combination	-613.72	346.78	1061.20
37	0	RARA 6	Combination	-394,743	460,32	720,7056

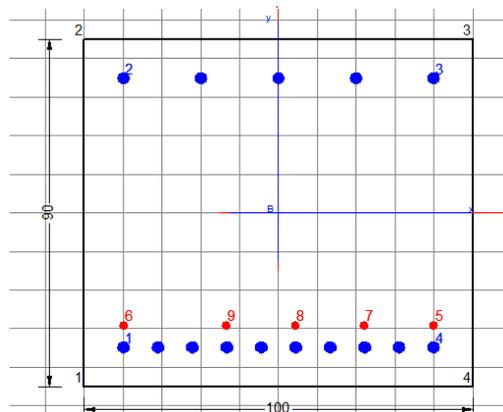
Armatura tesa Φ 30/10 + Φ 20/20

Armatura compressa Φ 30/20

Armatura a taglio Φ 12/20x40

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Descrizione Sezione:	
Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	66 di 116

Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068	
Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-45.0
2	-50.0	45.0
3	50.0	45.0
4	50.0	-45.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-39.9	-34.9	30
2	-39.9	34.9	30
3	39.9	34.9	30
4	39.9	-34.9	30
5	39.9	-29.2	20
6	-39.9	-29.2	20
7	22.0	-29.2	20
8	4.3	-29.2	20
9	-13.5	-29.2	20

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N° Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N° Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N° Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	1	4	8	30
2	2	3	3	30

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	67 di 116

My	con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez. Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia				
Vy	con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez. Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	1414.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	1061.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	720.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	8.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	3.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	1414.00	0.00	0.00	2369.60	7.07	1.676	86.4(11.9)
2	S	0.00	1061.00	0.00	0.00	2369.60	7.07	2.233	86.4(11.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	68 di 116

es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00334	50.0	45.0	0.00171	39.9	34.9	-0.01066	-39.9	-34.9
2	0.00350	-0.00334	50.0	45.0	0.00171	39.9	34.9	-0.01066	-39.9	-34.9

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000001721	0.000175327	-0.004475773	0.247	0.749
2	0.000001721	0.000175327	-0.004475773	0.247	0.749

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre Beta1*Beta2

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.47	50.0	45.0	-125.0	-39.9	-34.9	2886	86.4	5.7	1.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA (W1<0.2) :

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max =5.47 Mpa	Apert.fessure = 0.140 mm
Sc limite =12.50 Mpa	Apert. limite = 99999.000 mm
Sc min =0.00 Mpa	Dist. fessure =244 mm
Sf min =-124.98 Mpa	Area efficace =2886 cm ²
Sf limite =-360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.166
Asse Neutro: aX+bY+c=0	
coeff. a =0.000000084	

Condizione soddisfatta

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	69 di 116

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}
 Cl_s condizioni calcestruzzo
 Acciaio 1 acciaio barre longitudinali
 Acciaio 2 acciaio armature trasversali
 γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo
 γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)
 d mm altezza utile della sezione
 A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali
 Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali
 n_{bw} numero di bracci delle staffe
 Ø_{st} mm diametro delle staffe
 s_{st} mm passo delle staffe
 α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)
 V_{Ed} KN taglio di calcolo

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	70 di 116

Dati traliccio resistente

θ 22,00 ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

$\text{ctg}\theta$ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} 416,0 KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} 1047,4 KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

9.1.7 Sezione 7- soletta inferiore mezzeria

Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

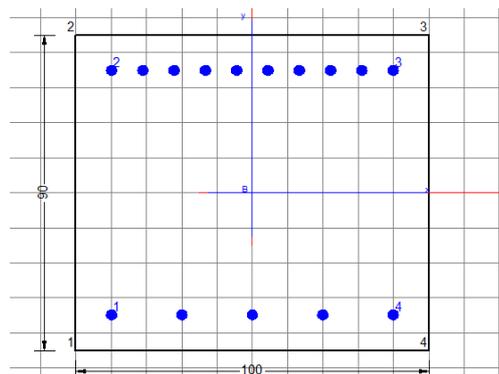


TABLE: Element Forces - Frames						
Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
11	1,17	SLU 13	Combination	-601,327	221,834	-818,5977
11	1,17	RARA 5	Combination	-353,876	116,196	-538,1822
11	1,17	SLV5	Combination	-599,312	196,379	-408,192

Armatura tesa Φ 30/10

Armatura compressa Φ 30/20

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	71 di 116

Condizioni Ambientali: Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati: Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	ACCIAIO -	Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:		450.00	MPa
Resist. caratt. rottura ftk:		450.00	MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:		391.30	MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:		391.30	MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:		0.068	
Modulo Elastico Ef		2000000	daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:		Bilineare finito	
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \beta_2$:		1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \beta_2$:		0.50	
Sf limite S.L.E. Comb. Rare:	360.00	MPa	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-45.0
2	-50.0	45.0
3	50.0	45.0
4	50.0	-45.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-39.9	-34.9	30
2	-39.9	34.9	30
3	39.9	34.9	30
4	39.9	-34.9	30

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	72 di 116

N°Barre
Ø Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	3	30
2	2	3	8	30

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-818.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-408.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-538.00	0.00

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.6 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.9 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	73 di 116

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-818.00	0.00	0.00	-1993.43	0.00	2.437	70.7(11.8)
2	S	0.00	-408.00	0.00	0.00	-1993.43	0.00	4.886	70.7(11.8)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.00489	-50.0	-45.0	0.00130	-39.9	-34.9	-0.01388	39.9	34.9
2	0.00350	-0.00489	-50.0	-45.0	0.00130	-39.9	-34.9	-0.01388	39.9	34.9

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.000217505	-0.006287713	0.201	0.700
2	0.000000000	-0.000217505	-0.006287713	0.201	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.22	-50.0	-45.0	-108.7	31.0	34.9	3042	70.7	8.9	1.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA (W1<0.2) :

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	74 di 116

Tensioni-Deform.	Apertura fessure
Sc max =4.22 Mpa	Apert. fessure = 0.101 mm
Sc limite =12.50 Mpa	Apert. limite = 99999.000 mm
Sc min =0.00 Mpa	Dist. fessure =274 mm
Sf min =-108.67 Mpa	Area efficace =3042 cm ²
Sf limite =-360.00 Mpa	Coeff. K3 = 0.163
Asse Neutro: aX+bY+c=0	
coeff = -0.000000000	

Condizione soddisfatta

9.2 Verifica a deformazione soletta superiore

In accordo alle normativa paragrafo 5.2.3.3.2.1/ Stati limite per i comfort dei passeggeri.

Valori limite di deformabilità della soletta superiore sono riportati nella tabella 5.2.1.8.3.2.2-2

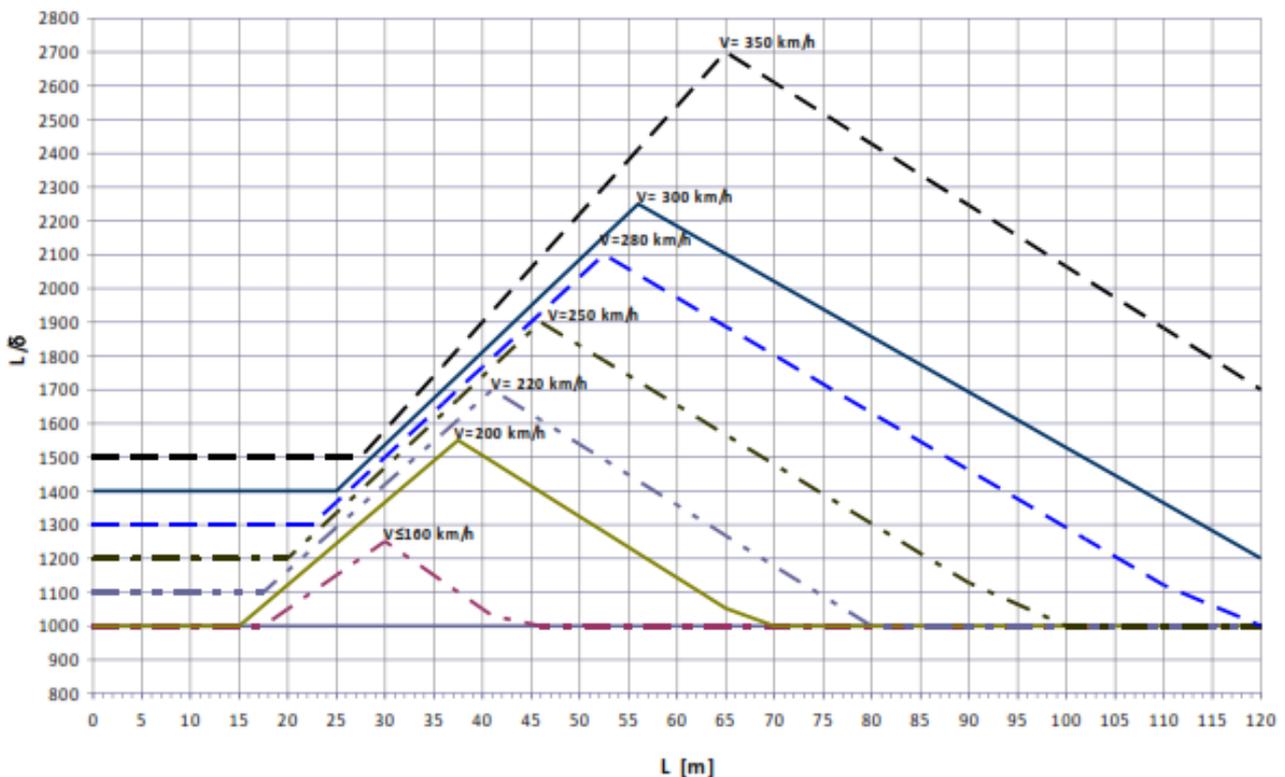


Fig. 5.2.1.8.3.2.2-2 Valori del limite di deformabilità L/δ per il comfort dei passeggeri.

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA

LOTTO

CODIFICA

DOCUMENTO

REV.

FOGLIO

IZ09

00

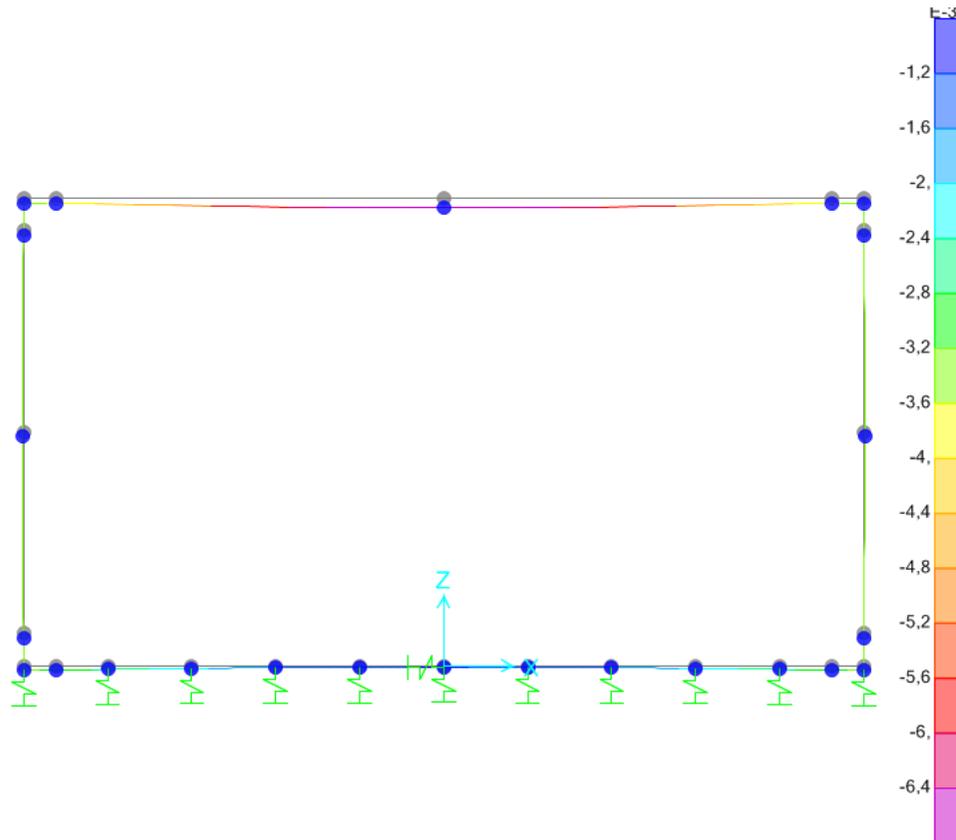
D26CL

SL0100001

A

75 di 116

Nella seguente immagine si riporta la deformazione della soletta superiore dovuto al singolo carico del treno LM71:



Condizione da soddisfare: $\delta/L < 1/1000$

Per il scatolare il valori per le frecce sono come segue:

- Freccia – mezzeria della soletta – 0.0068m
- Freccia – mezzeria della soletta – 0.0034m

$\delta = 0.0068 - 0.00338 = 0.00342\text{m}$; Per $L = 11.70\text{m}$ $\Rightarrow \delta/L < 1/1000$; $0.003342/11.7 = 0.000285 < 0.001$ - **Verificata**

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
 Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	76 di 116

10 RIEPILOGO ARMATURE – SCATOLARE

Elemento strutturale	Sezione	Armatura Principale	Armatura secondaria	Incidenze
soletta superiore	nodo	Φ 30/10+ Φ 24/10 sup. Φ 30/20 inf.	ϕ 24/20 ambo i lati	205 kg/m ³
	campata	Φ 30/20 sup. Φ 30/10 + Φ 26/10 inf.	ϕ 24/20 ambo i lati	
piedritti	nodo sup.	2 ϕ 30/10 est. ϕ 30/20 int.	ϕ 24/20 ambo i lati	170 kg/m ³
	nodo inf.	ϕ 20/10 + Φ 30/10 est. Φ 30/20 int.	ϕ 24/20 ambo i lati	
soletta inferiore	mezzeria	Φ 30/20 sup. Φ 30/20 inf.	ϕ 24/20 ambo i lati	145 kg/m ³
	nodo	Φ 30/20 sup. Φ 30/10 inf.	ϕ 24/20 ambo i lati	

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	78 di 116

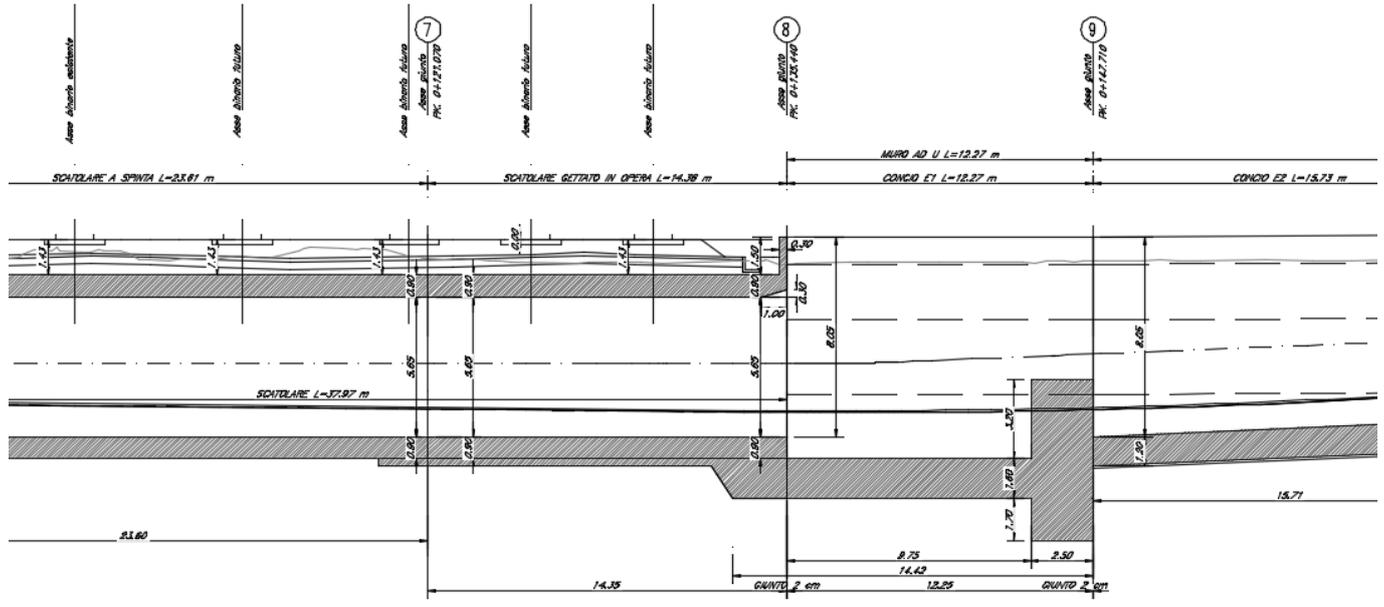


Figura 33 Sezione longitudinale

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	79 di 116

11.2 Materiali

Il progetto sarà realizzato utilizzando i seguenti materiali:

Classe di resistenza: PLATEA EMURO	C25/30	
Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	30 N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	24.9 N/mm ²
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	32.9 N/mm ²
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2.56 N/mm ²
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.07 N/mm ²
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	31447 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	1.79 N/mm ²
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	3.33 N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	14.1 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.19 N/mm ²
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	24.9 N/mm ²
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	1.79 N/mm ²
Massime tensioni di compressione in esercizio:		
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	14.94 N/mm ²
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	11.21 N/mm ²
Classe di esposizione		XC2
Classe di consistenza slump:		S3-S4
Contenuto minimo di cemento:		280 daN/m ³
Massima dimensione aggregato		25 mm
Copriferro		60 mm
Rapporto A/C		0.6

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	80 di 116

Acciaio per cemento armato

Acciaio per cemento armato tipo B450C secondo D.M. 14.01.2008, avente le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq$	450	N/mm ²
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq$	540	N/mm ²
Modulo elastico	$E_s =$	2.1E+05	N/mm ²
Coefficiente di sicurezza SLU:	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza di calcolo SLU:	$f_{sd} =$	391.30	N/mm ²
Tensione di calcolo SLE:	$\sigma_{y,ad} =$	360	N/mm ²

Deve rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella

CARATTERISTICHE	REQUISITI	FRATTILE (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{v, nom}$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{t, nom}$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
$(f_y/f_{nom})_k$	$< 1,35$	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$:	$\geq 7,5 \%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ	
$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ	
per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ	
per $25 < \phi \leq 40 \text{ mm}$	10 ϕ	

11.3 Azioni e sollecitazioni

La platea di varo deve essere dimensionata per sopportare le sollecitazioni derivanti dal peso e dallo scorrimento del monolite sulla stessa. La platea di varo è collegata al muro reggisplinta, necessario per garantire la necessaria azione di contrasto ai martinetti durante le fasi di spinta. All'inizio delle operazioni di spinta, i martinetti di spinta devono vincere l'attrito tra l'intradosso fondazione e la platea di varo; il coefficiente di attrito di primo distacco può raggiungere valori di poco superiori all'unità: si assume tuttavia il valore 1.00. Non è presente alcun attrito del

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	81 di 116

terreno sulle pareti laterali dell'opera. Il coefficiente di attrito assunto è sicuramente cautelativo in virtù degli accorgimenti tecnici assunti per favorire il distacco e lo scivolamento tra le due superfici (fogli di tessuto non tessuto del peso di 200gr/mq con interposto uno strato di scorrimento formato da due fogli a contatto di polietilene cerato del peso di 200gr/mq).

In tale configurazione la platea di varo è soggetta a prevalenti azioni di sforzo normale di trazione. Quest'ultimo è generato dalle azioni di attrito con la fondazione del monolite.

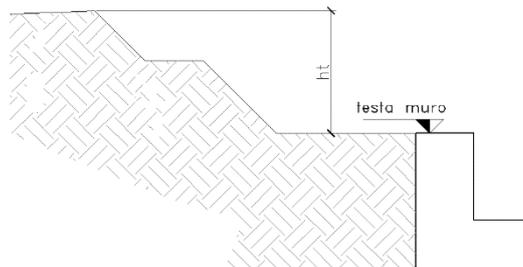
Le caratteristiche geometriche e i parametri geotecnici da tenere in considerazione sono i seguenti:

DATI GEOMETRICI				
B_{tot}	=	12.6	[m]	Larghezza totale scatolare
B_{int}	=	10.8	[m]	Larghezza utile scatolare
S_{sol_sup}	=	0.9	[m]	Spessore soletta superiore
L_{sol}	=	23.6	[m]	Lunghezza soletta superiore
S_{pie}	=	0.9	[m]	Spessore piedritti
L_{pied}	=	23.6	[m]	Lunghezza piedritti
S_{fond}	=	0.9	[m]	Spessore fondazione
L_{scat}	=	23.6	[m]	Lunghezza scatolare
H_{tot}	=	7.45	[m]	Altezza totale scatolare
H_{int}	=	5.65	[m]	Altezza libera scatolare
P_{ros}	=	2000	[kN]	Peso rostri e travi
P_{scat}	=	19382	[kN]	Peso scatolare finale
P_{mon}	=	21382	[kN]	Peso monolite
A_{ext}	=	946	[m ²]	Superficie esterna monolite
h_m	=	7.45	[m]	Altezza totale scatolare
L_{pv}	=	28.62	[m]	Lunghezza platea di varo
B_{pv}	=	13.92	[m]	Larghezza platea di varo
H_{pv}	=	0.3	[m]	Altezza platea di varo

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	82 di 116

P_{pv}	=	2988	[kN]	Peso platea di varo
h_{ms}	=	6.5	[m]	Altezza totale muro di spinta
h_{ms2}	=	3.2	[m]	Altezza muro sopra la platea
S_{ms}	=	2.5	[m]	Spessore muro di spinta
L_{ms}	=	13.92	[m]	Lunghezza muro di spinta
i_m	=	4	[m]	interasse martinetti
h_b	=	1.43	[m]	Altezza del ballast
h_t	=	4.9	[m]	Spessore terreno al di sopra del muro



La spinta sull'apparato di contrasto inizia a manifestarsi dopo il distacco del manufatto dalla platea di varo.

Questa configurazione corrisponde alla fase in cui il monolite è uscito dalla platea di varo e la spinta è nelle fasi finali.

In questa fase è massima la spinta che deve assorbire l'apparato di contrasto.

La spinta totale necessaria a terminare l'infissione risulta quindi:

$$ST = F_s + F_{le} + F_{li} + F_{ie} + F_{ii};$$

con rispettivamente:

F_s : Resistenza su estradosso soletta superiore;

F_{le} : Resistenza laterale su pareti (esterno);

F_{li} : Resistenza laterale su pareti (interno);

F_{ie} : Resistenza su soletta inferiore (estradosso);

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	83 di 116

Fii: Resistenza su soletta inferiore (intradosso).

NOTA: I contributi “Fli” e “Fie” non vengono presi in conto, date le modalità operative (rimozione del terreno all’interno in contemporaneità con l’infissione). Anche il termine “Fs” viene trascurato in quanto l’infissione del monolite avverrà con sistema sostegno binari “ponti Gui.Do” con slitte di scorrimento su travi di acciaio installate a sostegno dei binari esistenti.

A favore di sicurezza si ipotizza il monolite appesantito internamente dalle macchine operatrici nonché dalla presenza di terreno di risulta dello scavo quantificabile in un sovraccarico uniforme pari a 15.0 kN/mq che interessa tutta la soletta di base del monolite.

A favore di sicurezza si è trascurato il contributo resistente fornito dalla platea di varo che si oppone alle azioni dei martinetti di spinta tramite l’attrito sul terreno dovuto al suo peso proprio.

Dati geotecnici				
ϕ	=	38	[-]	Angolo di attrito
c	=	0	[kPa]	Coesione
K_0	=	0.384	[-]	Coefficiente di spinta a riposo
$\delta=\phi$	=	38	[-]	Angolo di attrito terreno-muro
$\tan\delta$	=	0.781	[-]	Coefficiente di attrito terreno-muro
γ_t	=	20	[kN/m ³]	Peso specifico terreno
K_p	=	8.5	[-]	Coefficiente di spinta passiva (vedere figura 9)
γ_{ball}	=	18	[kN/m ³]	Peso specifico ballast

Calcolo azioni di spinta				
$S_i=P_{mon} \times 1$	=	21382	[kN]	Spinta di primo distacco agente sulla platea
$s_i=S_i/B_{pv}$	=	1536	[kN/m]	Spinta distribuita di primo distacco agente sulla platea
$Q=15 \times L_{scat} \times B_{int}$	=	3823	[kN]	Carico macchine operatrici all'interno
$F_{ii}=(P_{mon}+Q) \times \tan\phi + B_{tot} \times L_{scat} \times C'$	=	19692	[kN]	Attrito alla base del monolite comprensivo di 15

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	84 di 116

				kN/mq di appesantimento
$\sigma_{1v} = \gamma_{ball} x h_b$	=	25.74	[kPa]	Tensione verticale all'estradosso soletta superiore
$\sigma_{2v} = \sigma_{1v} + \gamma_t x H_{tot}$	=	174.74	[kPa]	Tensione verticale all'intradosso fondazione
$F_{le} = 2x(\sigma_{v1} + \sigma_{v2}) / 2xk_0 x \tan\phi x H_{tot} x L_{scat}$ $+ c' x (2xH_{tot} x L_{scat})$	=	10584	[kN]	Forza di attrito pareti laterali
$S_T = F_{ii} + F_{le}$	=	30276	[kN]	Spinta totale
$S_{B,m} = S_T / L_{ms}$	=	2175	[kN/m]	Spinta per metro di muro reggispinta
$S^*_{B,m} = S_T / B_{tot}$	=	2403	[kN/m]	Spinta per metro di larghezza scatolare

11.4 Platea di varo

Il calcolo della platea di varo è effettuato nell'ipotesi che l'armatura longitudinale nella stessa sia in grado di assorbire l'azione di attrito trasmessa dal monolite in fase di spinta.

Verifica platea in fase di varo				
f_{yd}	=	391	[MPa]	Tensione di snervamento di calcolo dell'acciaio B450C
γ_{SLU}	=	1.5	[-]	Coefficiente moltiplicativo dei carichi
$S_{i,d} = S_i x \gamma_{SLU}$	=	2304	[kN/m]	Sforzo assiale di progetto
$A_{s,min} = S_{i,d} / f_{yd}$	=	5893	[mm ²]	Area minima di armatura resistente
ϕ_{long}	=	22	[mm]	Diametro barra longitudinale
p_1	=	100	[mm]	Passo delle barre longitudinali
n_1	=	20	[-]	Numero barre longitudinali a trazione (superiore + inferiore)
$A_{s,eff} = (\phi_{long})^2 x 3.1416 / 4 * n_1$	=	7603	[mm ²]	Area resistente di acciaio nella soletta (longitudinale)
ϕ_{tr}	=	16	[-]	Diametro barra trasversale
p_2	=	200	[mm]	Passo barre trasversali
n_2	=	10	[-]	Numero barre trasversali (superiore+ inferiore)

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo soletta

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	85 di 116

$25\% A_{s,eff}$	=	1901	[mm ²]	Area minima resistente di acciaio nella soletta (trasversale)
$A_{s,trasv} > 25\% A_{s,eff}$	=	2011	[mm ²]	Area resistente di acciaio nella soletta (trasversale)

In direzione trasversale si dispone in soletta armatura di ripartizione sia all'estradosso che all'intradosso della soletta pari a circa il 25% dell'armatura longitudinale principale.

Lo sforzo di trazione agente sulla platea di varo varia linearmente dal valore massimo calcolato nella sezione di attacco al muro reggispinta sino al valore nullo all'estremità opposta.

La platea di varo è soggetta ad azioni taglianti trascurabili, pertanto la relativa verifica a taglio viene omessa.

Ulteriore verifica si ottiene considerando la sezione di attacco tra platea e soletta:

L'azione di spinta applicata dai martinetti e la corrispettiva azione di tiro impressa dalla soletta di varo valgono

$s_{i,d} = 2304 \text{ kN/m}$.

Il muro reggispinta è quindi sottoposto ad un regime di sforzi le cui risultanti di trazione e compressione si esplicano come in figura a seguire:

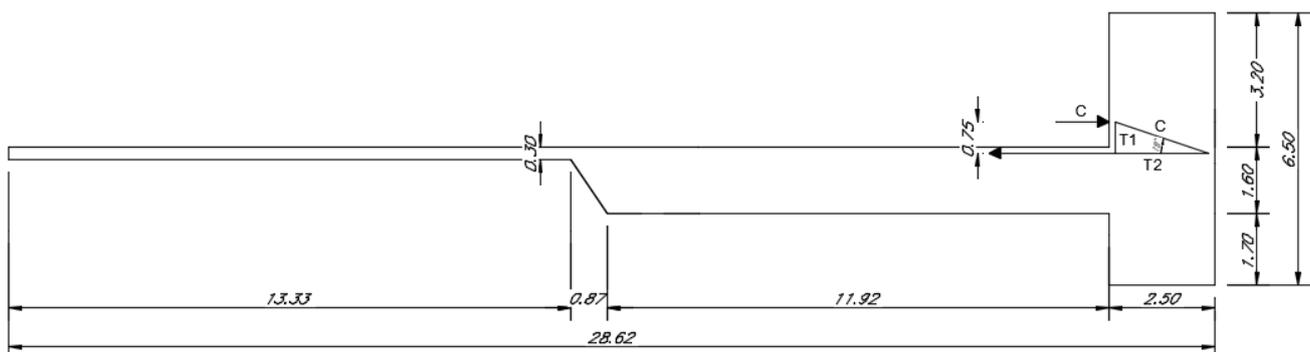


Figura 34 Sollecitazioni agenti all'interno del muro reggispinta al primo distacco.

$N_{Ed,T2}$	=	2304	[kN/m]
-------------	---	------	--------

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	86 di 116

$N_{Rd,T2}$	=	2973	[kN/m]
$N_{Ed,T1}$	=	793	[kN/m]
$N_{Rd,T1}$	=	1770	[kN/m]
M	=	1728	[kNm/m]

Il corrente teso inferiore (T2) sottopone a trazione le barre di armatura della soletta di varo, costituite da 10+10 ϕ 22/m ($A_s = 7603 \text{ mm}^2/\text{m}$).

Il corrente teso verticale (T1) sarà invece armato mediante 10 ϕ 24/m ($A_s = 4524 \text{ mm}^2/\text{m}$) dovendo sopperire ad un tiro di intensità pari a $N_{Ed,T1} = N_{Ed,T2} * \text{tg}19^\circ = 793.3 \text{ kN/m}$.

$$N_{Rd,T1} = 4524 * 391.3/1000 = 1770 \text{ kN/m.}$$

La spinta esercitata dai martinetti sul muro reggispinta e la risultante delle trazioni che si producono nella platea di varo risultano agenti a quote differenti. La differenza di quota tra il punto di applicazione della forza e della reazione è pari a 0.75m. Gli effetti indotti dalla coppia torcente sono $T = 2973 * 0.75 = 2230 \text{ kNm/m}$.

In corrispondenza della sezione di 160cm si ha un valore di 2230 kNm.

Verifica a flessione SLU

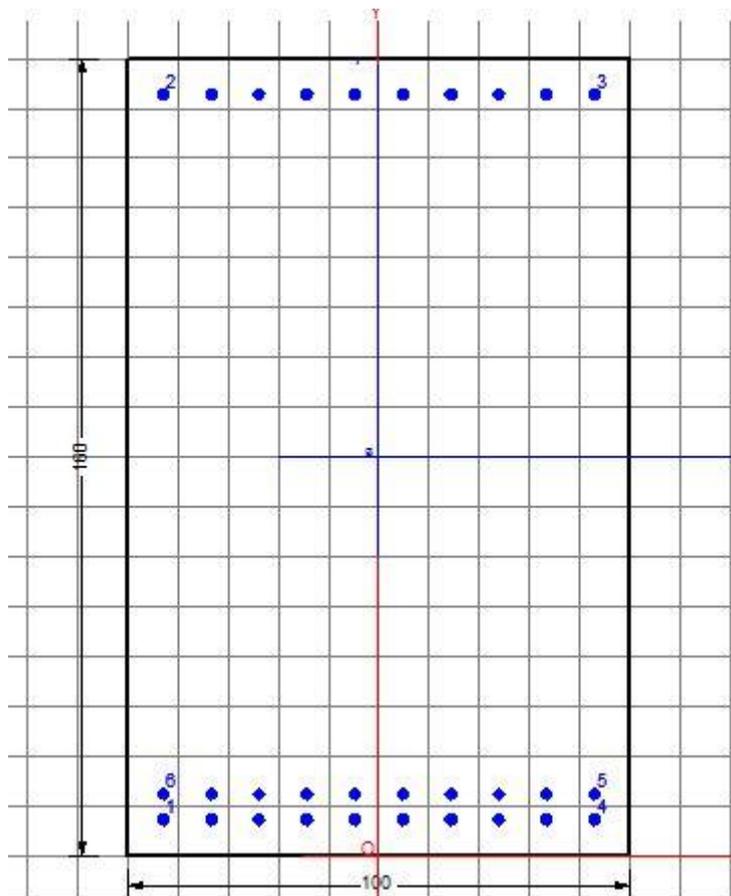
Considerando:

- B = 1000 mm;
- H = 1600 mm;
- c = 60 mm;
- $A_s = 1\phi 22/10 + 1\phi 22/10$
- $A'_s = 1\phi 22/10$

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	87 di 116



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	88 di 116

Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.00 Mpa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti: 0.200 mm

ACCIAIO -

Tipo:	B450C
Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	160.0
3	50.0	160.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.9	7.1	22
2	-42.9	152.9	22
3	42.9	152.9	22
4	42.9	7.1	22
5	42.9	12.3	22
6	-42.9	12.3	22

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	2	3	8	22
2	1	4	8	22
3	6	5	8	22

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	89 di 116

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	2230.00	0.00	0.00	0.00

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

N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	1859.00 (1405.43)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.0 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 3.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)								
	Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000								
As Tesa	Area armature [cm ²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	2230.00	0.00	0.00	4279.01	0.00	1.919	76.0(22.6)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	90 di 116

Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01330	-50.0	160.0	0.00176	-42.9	152.9	-0.03397	-42.9	7.1

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless. (travi)
C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000245060	-0.035709582	0.093	0.700

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1*Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	5.02	-50.0	160.0	-183.0	-4.8	7.1	2250	76.0	5.2	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

Ver. Esito della verifica
S1 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
S2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area Ac eff
k2 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
k3 = $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa Ac eff
Ø Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff
Cf Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
Psi = $1 - Beta12*(Ssr/Ss)^2 = 1 - Beta12*(f_{ctm}/S2)^2 = 1 - Beta12*(M_{fess}/M)^2$
e sm Deformazione unitaria media tra le fessure. Il valore limite = $0.4*Ss/Es$ è tra parentesi
srm Distanza media tra le fessure [mm]
wk Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e * s * srm$. Valore limite tra parentesi
MX fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	N	-3.4	-2.4	0.214	22	60.0	0.714	0.00065 (0.00037)	186	0.20 (0.20)	1405.43	0.00

11.4.1 Riepilogo armature

Platea di varo:

Elemento strutturale	Armatura Principale	Armatura secondaria
Sez. 160cm	$\phi 22/10 + \phi 22/10$ sup. longitudinale $\phi 22/10$ inf. longitudinale	$\phi 16/20$ sup. e inf. trasversale
Sez. 30cm (i primi 5m dalla sezione 160cm)	$\phi 22/10 + \phi 22/10$ sup. longitudinale $\phi 22/10$ inf. longitudinale	$\phi 16/20$ sup. e inf. trasversale
Sez. 30cm (dopo i primi 5m dalla sezione 160cm)	$\phi 22/10$ sup. longitudinale $\phi 22/10$ inf. longitudinale	$\phi 16/20$ sup. e inf. trasversale

11.5 Muro reggispinta

Durante l'infissione vengono ad aggiungersi alle forze che si oppongono all'avanzamento della struttura anche gli attriti laterali. La massima reazione del terreno a tergo della parete di spinta viene valutata in funzione dell'angolo di attrito.

La spinta massima sul monolite in fase di infissione deve essere equilibrata dalla spinta passiva del terreno retrostante al muro reggispinta, valutata sull'altezza del muro.

Il coefficiente di spinta passiva è determinato secondo la teoria di Caquot-Kerisel ipotizzando una superficie di rottura del terreno di tipo curvilineo. Si ipotizza inoltre l'attrito tra terreno e muro pari all'angolo di attrito del terreno ($\delta = \phi'$). Si riporta di seguito il grafico utilizzato per il calcolo del coefficiente di spinta passiva. In relazione alle condizioni in sito, il terreno a tergo dell'opera sarà realizzato con materiale arido caratterizzato da una frazione fine trascurabile ed angolo di attrito di 35° . Si ricava un valore pari a $K_p = 8.5$.

S. Rampello, L. Callisto, L. Masini

13

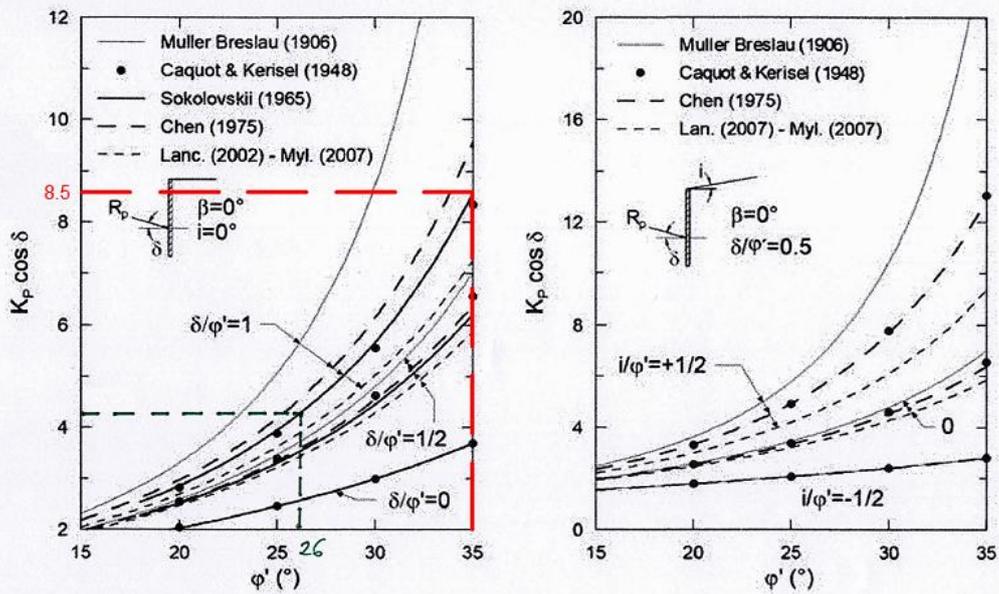


Figura 5: Confronto tra i valori di $K_p \cdot \cos \delta$ ottenuti in condizioni statiche da alcune soluzioni di letteratura.

Figura 35 Determinazione del coefficiente di spinta passiva.

Per il calcolo della spinta passiva si fa riferimento al seguente schema.

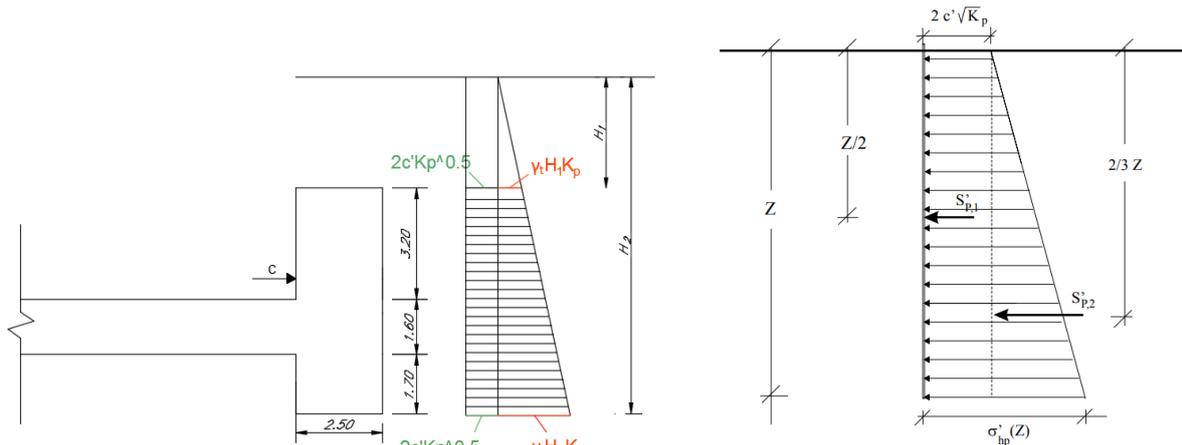


Figura 13.19 – Diagramma di spinta passiva in un terreno dotato di coesione e attrito

Figura 36 Schema di calcolo della spinta passiva.

Per il calcolo dell'armatura orizzontale si assume l'ipotesi che la spinta venga ripartita uniformemente sull'intera lunghezza della parete considerando l'interasse massimo tra i martinetti come distanza tra due appoggi.

Assumendo il valore massimo di pressione unitaria:

$$p = S_T / L_{ms}$$

il momento e il taglio considerando la struttura di ripartizione come una trave continua su più appoggi, i cui appoggi sono costituiti dai martinetti valgono:

$$M = pl^2 / 12$$

$$T = pl / 2$$

con l = interasse martinetti

Si ha:

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	94 di 116

Verifica del muro reggispinta

$S_T = F_{ii} + F_{ie}$	=	30276	[kN]	Spinta totale di infissione
γ_{SLU}	=	1.5	[-]	Coefficiente moltiplicativo dei carichi
$S_{T,d} = S_T \times \gamma_{SLU}$	=	45415	[kN]	Spinta di progetto
H_1	=	0	[m]	Inizio muro reggispinta
H_2	=	6.5	[m]	Fine muro reggispinta
L_{ms}	=	13.92	[m]	Lunghezza muro di spinta
K_p	=	8.5	[-]	Coefficiente di spinta passiva
γ_t	=	20	[kN/m ³]	Peso specifico terreno
$\sigma_{p1} = K_p \times \gamma_t \times H_1 + 2c' \times K_p^{0.5}$	=	0	[kN/m ²]	Pressione dovuta alla spinta passiva in testa al muro
$\sigma_{p2} = K_p \times \gamma_t \times H_2 + 2c' \times K_p^{0.5}$	=	1105	[kN/m ²]	Pressione dovuta alla spinta passiva alla base del muro
$R = (\sigma_{p1} + \sigma_{p2}) \times L_{ms} \times (H_2 - H_1) / 2$	=	49990	[kN]	Spinta passiva resistente
$FS = R / S_{T,d}$	=	1.101	[-]	Coefficiente di sicurezza
$p = S_{T,d} / L_{ms}$	=	3263	[kN/m]	Pressione agente sul muro reggispinta al metro
l	=	4	[m]	interasse martinetti
$M_{SLU} = 1/12 p l^2$	=	4350	[kNm]	Momento sul muro reggispinta
$T_{SLU} = 1/2 p l$	=	6525	[kN]	Taglio sul muro reggispinta
$m_{SLU} = M_{SLU} / (H_2 - H_1)$	=	669	[kNm/ml]	Momento sul muro reggispinta al metro
$t_{SLU} = T_{SLU} / (H_2 - H_1)$	=	1004	[kN/ml]	Taglio sul muro reggispinta al metro

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	95 di 116

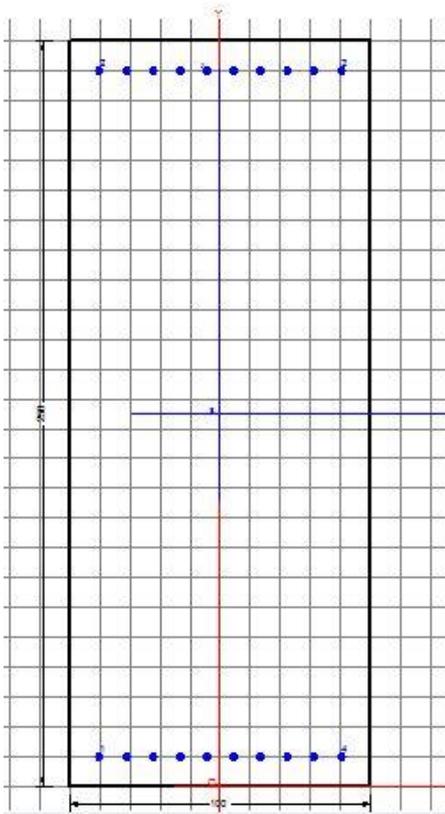
Per le verifiche agli SLE si considerano a favore di sicurezza le sollecitazioni $SLU/1.2=557.2$ kNm.

La sezione è armata con 1 ϕ 24/10 esterni e interni e spille ϕ 12 e passo 20/40 cm.

Verifica a flessione SLU (armatura orizzontale del muro)

Considerando:

- B = 1000 mm;
- H = 2500 mm;
- c = 60 mm;
- $A_s = 1\phi 24/10$
- $A'_s = 1\phi 24/10$



SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	96 di 116

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	
Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	250.0
3	50.0	250.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-40.2	9.8	24
2	-40.2	240.2	24
3	40.2	240.2	24
4	40.2	9.8	24

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	97 di 116

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
 N°Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
 N°Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
 N°Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
 Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	8	24
2	2	3	8	24

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
 My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
 Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
 Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	669.00	0.00	0.00	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
 Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
 My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	557.50 (3035.53)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 8.6 cm
 Interferro netto minimo barre longitudinali: 6.5 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

Ver S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
 N Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
 Mx Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 N ult Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	98 di 116

Mx ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
 My ult Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
 Mis.Sic. Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My)
 Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
 As Tesa Area armature [cm²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	669.00	0.00	0.00	4144.74	0.00	6.195	45.2(35.5)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00340	-0.02823	-50.0	250.0	0.00051	-40.2	240.2	-0.06750	-40.2	9.8

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000295170	-0.070392664	0.048	0.700

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $\beta_1 \cdot \beta_2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	0.87	50.0	250.0	-54.6	13.4	9.8	2623	45.2	8.9	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 Esito della verifica

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	99 di 116

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.5	-0.4	0.224	24	86.0	-13.823	0.00011 (0.00011)	314	0.058 (0.20)	3035.53	0.00

Per il calcolo dell'armatura verticale si assume la configurazione seguente:

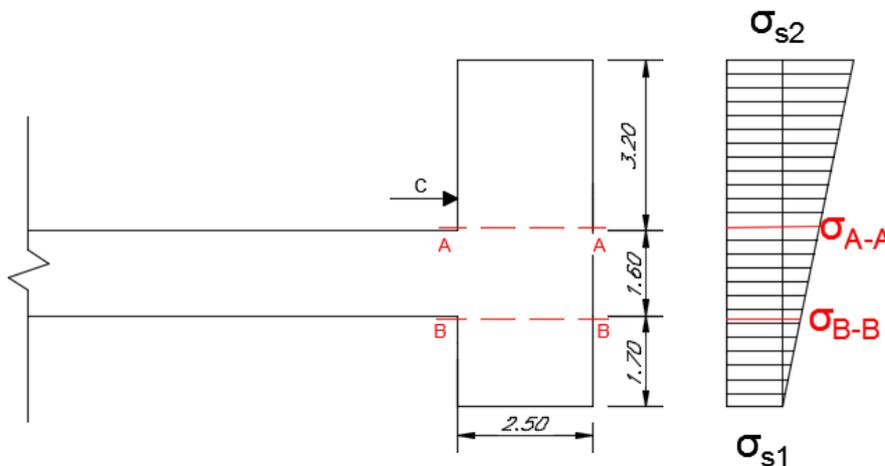


Figura 37 Schema di calcolo armature verticali

Al fine di valutare le sollecitazioni nelle sezioni critiche della parete di spinta si fa riferimento ad un diagramma della reazione del terreno fittizio. Di seguito si valutano il valor medio della reazione del terreno, le pressioni in testa e al piede del muro e il momento di verifica nella sezione A calcolato a favore di sicurezza:

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	100 di 116

Verifica del muro reggispinta (armature orizzontali)				
$S_T = F_{ii} + F_{ie}$	=	30276	[kN]	Spinta totale di infissione
γ_{SLU}	=	1.5	[-]	Coefficiente moltiplicativo dei carichi
$S_{T,d} = S_T \times \gamma_{SLU}$	=	45415	[kN]	Spinta di progetto
h_{ms}	=	6.5	[m]	Altezza muro di spinta
L_{ms}	=	13.92	[m]	Lunghezza muro di spinta
b_s	=	0.75	[m]	Inizio muro reggispinta
$\sigma_{tm} = S_{T,d} / (L_{ms} \times h_{ms})$	=	502	[kN/m ²]	
$\sigma_{1s} = \sigma_{tm} - S_{T,d} \times b_s / (L_{ms} \times h_{ms}^2 / 6)$	=	154.4	[kN/m ²]	
$\sigma_{2s} = \sigma_{tm} + S_{T,d} \times b_s / (L_{ms} \times h_{ms}^2 / 6)$	=	849.4	[kN/m ²]	
H_A	=	3.2	[m]	Altezza sezione di verifica A-A
H_B	=	1.7	[m]	Altezza sezione di verifica B-B
σ_{A-A}	=	507.3	[kN/m ²]	Pressione media dovuta alla spinta passiva nella sezione A-A
σ_{B-B}	=	336.2	[kN/m ²]	Pressione dovuta alla spinta passiva nella sezione B-B
M_{A-A}	=	3765.1	[kNm/m]	Momento massimale sezione A-A
M_{B-B}	=	310.71	[kNm/m]	Momento massimale sezione B-B
V_{A-A}	=	2171	[kN/m]	Taglio sezione A-A
V_{B-B}	=	417.0	[kN/m]	Taglio sezione B-B

Verifica a flessione SLU (armatura verticale del muro)

Considerando:

- B = 1000 mm;
- H = 2500 mm;
- c = 60 mm;

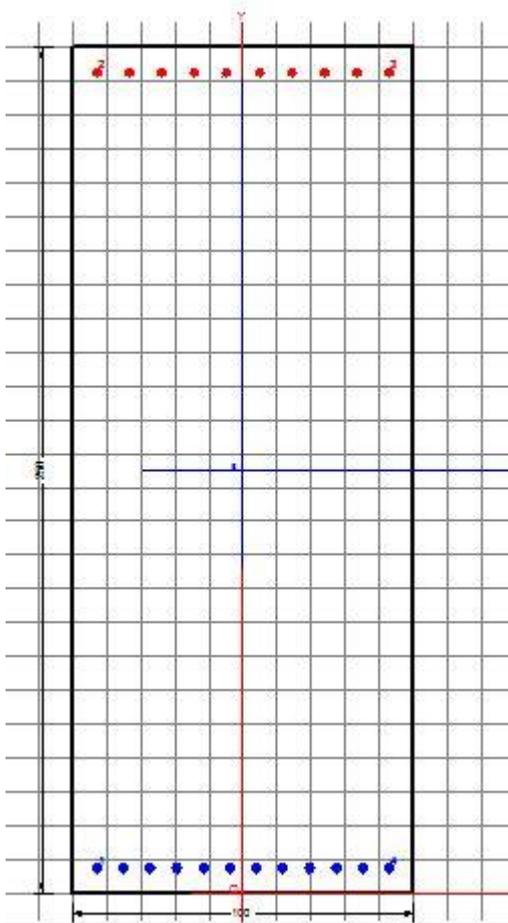
SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	101 di 116

- $A_s = 1\phi 26/8$

- $A'_s = 1\phi 24/10$



DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Moderat. aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia
Riferimento alla sismicità:	Zona non sismica

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30
	Resis. compr. di calcolo fcd:	14.160 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	102 di 116

Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
Def.unit. ultima ecu:	0.0035
Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0 MPa
Resis. media a trazione fctm:	2.560 MPa
Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm

ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
	Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00
	Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$:	0.50

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Poligonale
Classe Conglomerato:	C25/30

N°vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	0.0
2	-50.0	250.0
3	50.0	250.0
4	50.0	0.0

DATI BARRE ISOLATE

N°Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ[mm]
1	-42.8	7.3	26
2	-42.8	242.8	24
3	42.8	242.8	24
4	42.8	7.3	26

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N°Barra Ini.	Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N°Barra Fin.	Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N°Barre	Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø	Diametro in mm delle barre della generazione

N°Gen.	N°Barra Ini.	N°Barra Fin.	N°Barre	Ø
1	1	4	10	26
2	2	3	8	24

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	103 di 116

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

	N	Mx	My	Vy	Vx
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)				
Mx	Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.				
My	Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.				
Vy	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y				
Vx	Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x				
N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	3765.10	0.00	0.00	0.00

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

	N	Mx	My
N	Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)		
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione		
My	Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione		
N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	3137.60 (3160.74)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 5.9 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.2 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata								
N	Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)								
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
N ult	Sforzo normale ultimo [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)								
Mx ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia								
My ult	Momento flettente ultimo [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia								
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N ult,Mx ult,My ult) e (N,Mx,My) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000								
As Tesa	Area armature [cm ²] in zona tesa (solo travi). Tra parentesi l'area minima di normativa								
N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	3765.10	0.00	0.00	5902.40	0.00	1.568	63.7(35.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	104 di 116

Xs min Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys min Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
 es max Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
 Xs max Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
 Ys max Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00340	-0.02790	-50.0	250.0	0.00129	-42.8	242.8	-0.06750	-42.8	7.3

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
 x/d Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
 C.Rid. Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000292114	-0.069632430	0.048	0.700

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

Ver S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
 Sc max Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
 Xc max, Yc max Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
 Sf min Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
 Xs min, Ys min Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
 Ac eff. Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
 As eff. Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
 D barre Distanza tra le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
 Beta12 Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1*Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	4.19	50.0	250.0	-217.4	-3.9	7.3	2534	63.7	7.8	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Ver. La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}
 S1 Esito della verifica
 S2 Massima tensione [Mpa] di trazione del calcestruzzo, valutata in sezione non fessurata
 k2 Minima di trazione [Mpa] del cls. (in sezione non fessurata) nella fibra più interna dell'area $A_{c\ eff}$
 k3 = 0.4 per barre ad aderenza migliorata
 Ø = $(S1 + S2)/(2*S1)$ con riferimento all'area tesa $A_{c\ eff}$
 Cf Diametro [mm] medio delle barre tese comprese nell'area efficace $A_{c\ eff}$
 Psi Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
 e sm = $1-Beta12*(Ssr/Ss)^2 = 1-Beta12*(f_{ctm}/S2)^2 = 1-Beta12*(M_{fess}/M)^2$
 srm Deformazione unitaria media tra le fessure. Il valore limite = $0.4*Ss/Es$ è tra parentesi
 wk Distanza media tra le fessure [mm]
 MX fess. Valore caratteristico [mm] dell'apertura fessure = $1.7 * e_{sm} * s_{rm}$. Valore limite tra parentesi
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
 MY fess. Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	S1	S2	k3	Ø	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	N	-2.5	-2.0	0.225	26	60.0	0.493	0.00054 (0.00043)	228	0.20 (0.20)	3160.74	0.00

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	105 di 116

Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cls R_{ck} condizioni calcestruzzo

Cls condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

\varnothing_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

\varnothing_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe ($\alpha=90^\circ$ per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 40670.0 KN sforzo normale di compressione massimo

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	106 di 116

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

$\text{ctg}\theta$ 2.48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Lo sforzo normale agente è "significativo" (vedi par. 4.1.2.1.3.2 NTC)

- Sì
 No

τ N/mm² tensione tangenziale corda baricentrica

σ_1 N/mm² tensione principale di trazione sulla corda baricentrica

$\text{ctg}\theta_1$ valore limite dell'inclinazione delle bielle

Valore di verifica del taglio resistente

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento privo di armatura trasversale

V_{Rd} KN taglio resistente per elemento con armatura trasversale

11.5.1 Riepilogo armature

Elemento strutturale	Armatura verticale	Armatura orizzontale	Specificata armatura a taglio
muro	1 ϕ 26/8 esterni 1 ϕ 24/10 interni	1 ϕ 24/10 esterni e interni	spille ϕ 12/20/40

12 PISTA CICLABILE

12.1 Geometria

La pista ciclabile è composta da due elementi: il solettone superiore con uno spessore pari a 0.3m e il piedritto con uno spessore pari a 0.3m, come nella figura seguente. Larghezza della pista ciclabile è costante mentre il piedritto ha una altezza variabile da 1.69m da 3.00m.

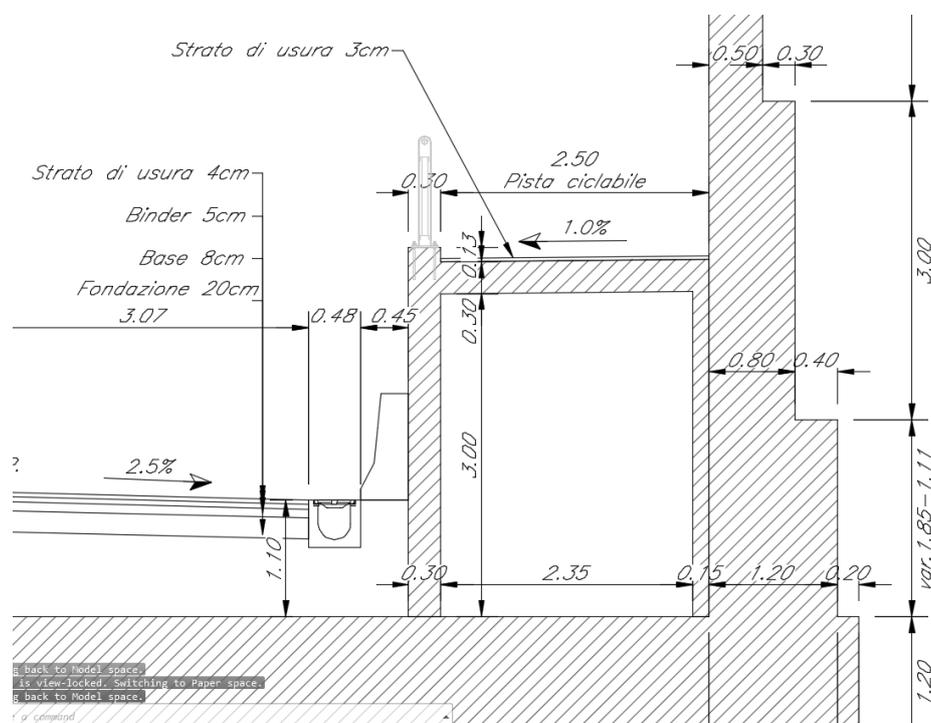


Figura 38: Geometria della pista ciclabile (sezione di verifica)

Le analisi per il calcolo delle sollecitazioni agenti sono state condotte su una “fetta” di struttura di 1.00 m per il sezione con altezza di piedritto massimale.

Il modello di calcolo attraverso il quale è schematizzata la struttura è quello di telaio a L piano dove il solettone si incastra sul elevazione del muro/scatolare e il piedritto si incastra nella soletta inferiore del muro/scatolare.

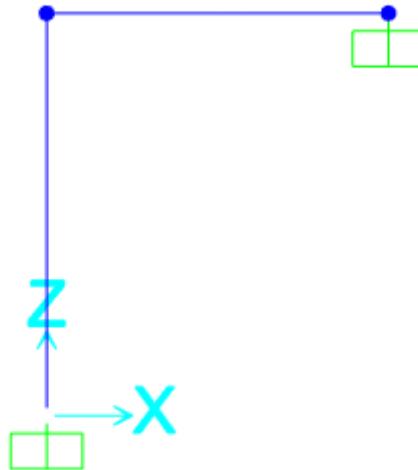


Figura 39: Modello di calcolo

12.2 Analisi dei carichi

1. Peso proprio (PP) - Viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo utilizzato considerando per il c.a. $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$, in base alle dimensioni delle sezioni degli elementi.
2. Carichi permanenti portati (PERM)– Sull solettone si considera un stratto di usura con un spessore pari à 3cm e una $\gamma_c = 24 \text{ kN/m}^3$. Il carico applicato sulla soletta superiore ha un valore di 0.72 kN/m^2 . Sulla testa del piedritto si applica un carico gravitazionale dovuto al parapetto pari à 1 kN/ml
3. Carico accidentale dovuto alla folla (ACC)– 5 kN/m^2 .
4. Inerzie orizzontale e verticale dovuto alla sisma (INERZIEH & SISVER) – Dal paragrafo 7.11 prendiamo le coefficienti sismici verticali e orizzontali.

Solettone spessore 0.3m :

Inerzia orizzontale: $0.3 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 * 0.25 + 0.03 * 24 \text{ kN/m}^3 * 0.25 = 2.06 \text{ kN/m}^2$

Sisma verticale : $0.3 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 * 0.125 + 0.03 * 24 \text{ kN/m}^3 * 0.125 = 1.03 \text{ kN/m}^2$

Piedritto spessore 0.3m :

Inerzia orizzontale: $0.3 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 * 0.25 = 1.88 \text{ kN/m}^2$

Sisma verticale : $0.3 \text{ m} * 25 \text{ kN/m}^3 * 0.125 = 0.94 \text{ kN/m}^2$

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	109 di 116

12.3 Combinazioni e sollecitazioni

SLU : 1.35 PP +1.5 PERM +1.5 ACC

RARA : 1 PP + 1PERM + 1 ACC

FREQ : 1PP + 1PERM + 0.7 ACC

QP : 1PP + 1 PERM

SLV 1 : 1 PP +1 PERM +1 INERZIEH +0.3 SISVER

SLV 2 : 1 PP +1 PERM +0.3 INERZIEH +1 SISVER

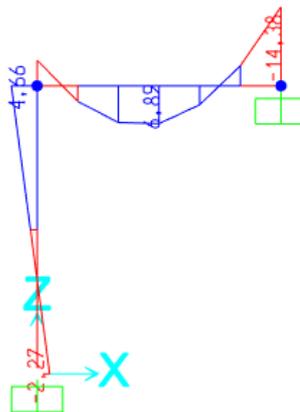


Figura 40: Diagramma del momento – SLU

12.4 Verifiche

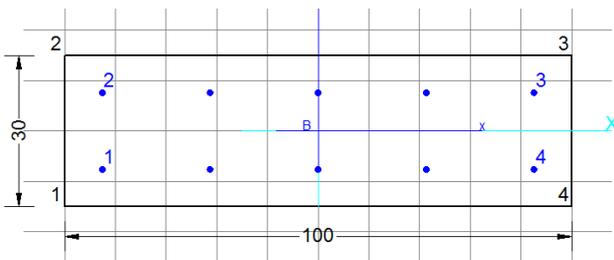
Si e fatta la verifica per il sezione piu caricato (nodo destra solettone) . Stessa armatura e usata per tutta la pista ciclabile.

Frame	Station	OutputCase	CaseType	P	V2	M3
Text	m	Text	Text	KN	KN	KN-m
5	2,65	SLU1	Combination	-2,20	28,45	-14,38
5	2,65	RARA1	Combination	-1,55	20,11	-10,17
5	2,65	FREQ1	Combination	-1,37	17,84	-9,04
5	2,65	SLV 2	Combination	-3,48	13,98	-7,08
5	2,65	QP 1	Combination	-0,95	12,55	-6,39
5	2,65	SLV 1	Combination	-9,02	12,57	-6,25

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	110 di 116



Armatura tesa Φ 12/20
 Armatura compressa Φ 12/20
 Armatura a taglio Φ 8/40x40

12.4.1 Verifica di resistenza a pressoflessione (SLU e SLV)

DATI GENERALI SEZIONE IN C.A.

Metodo di calcolo resistenza:	Stati Limite Ultimi
Tipologia sezione:	Sezione generica
Normativa di riferimento:	N.T.C.
Percorso sollecitazione:	A Sforzo Norm. costante
Condizioni Ambientali:	Molto aggressive
Riferimento Sforzi assegnati:	Assi x,y principali d'inerzia

CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C32/40
	Resis. compr. di calcolo fcd:	18.810 MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	0.000 MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33643.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.120 MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00
	Sc limite S.L.E. comb. Frequenti:	165.00 daN/cm ²
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Frequenti:	0.200 mm
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00 Mpa
	Ap.Fessure limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.200 mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. snerv. di calcolo fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di calcolo ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di calcolo Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef	2000000 daN/cm ²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istantaneo $\beta_1 \cdot \beta_2$:	1.00	

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	111 di 116

Coeff. Aderenza differito $\beta_1 \cdot \beta_2$: 0.50
Sf limite S.L.E. Comb. Rare: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio: Poligonale
Classe Conglomerato: C32/40

N° vertice:	X [cm]	Y [cm]
1	-50.0	-15.0
2	-50.0	15.0
3	50.0	15.0
4	50.0	-15.0

DATI BARRE ISOLATE

N° Barra	X [cm]	Y [cm]	DiamØ [mm]
1	-42.6	-7.6	12
2	-42.6	7.6	12
3	42.6	7.6	12
4	42.6	-7.6	12

DATI GENERAZIONI LINEARI DI BARRE

N° Gen. Numero assegnato alla singola generazione lineare di barre
N° Barra Ini. Numero della barra iniziale cui si riferisce la generazione
N° Barra Fin. Numero della barra finale cui si riferisce la generazione
N° Barre Numero di barre generate equidistanti cui si riferisce la generazione
Ø Diametro in mm delle barre della generazione

N° Gen.	N° Barra Ini.	N° Barra Fin.	N° Barre	Ø
1	2	3	3	12
2	1	4	3	12

ST.LIM.ULTIMI - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [daNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My Momento flettente [daNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N° Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	0.00	-14.38	0.00	0.00	0.00
2	0.00	-6.25	0.00	0.00	0.00
3	0.00	-7.08	0.00	0.00	0.00

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

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	112 di 116

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-10.17	0.00

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-9.04 (-33.18)	0.00 (0.00)

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

N Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione)
con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	0.00	-6.39 (-33.18)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 6.8 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 14.0 cm

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - RISULTATI PRESSO-TENSO FLESSIONE

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

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187

Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	113 di 116

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N ult	Mx ult	My ult	Mis.Sic.	As Tesa
1	S	0.00	-14.38	0.00	0.00	-60.99	0.00	4.241	11.3(2.9)
2	S	0.00	-6.25	0.00	0.00	-60.99	0.00	9.758	11.3(2.9)
3	S	0.00	-7.08	0.00	0.00	-60.99	0.00	8.614	11.3(2.9)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

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

N°Comb	ec max	ec 3/7	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	-0.01203	-50.0	-15.0	-0.00544	-42.6	-7.6	-0.02380	42.6	7.6
2	0.00350	-0.01203	-50.0	-15.0	-0.00544	-42.6	-7.6	-0.02380	42.6	7.6
3	0.00350	-0.01203	-50.0	-15.0	-0.00544	-42.6	-7.6	-0.02380	42.6	7.6

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro $aX+bY+c=0$ nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità a rottura in presenza di sola fless.(travi)
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	-0.001208181	-0.014622709	0.128	0.700
2	0.000000000	-0.001208181	-0.014622709	0.128	0.700
3	0.000000000	-0.001208181	-0.014622709	0.128	0.700

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm ²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm ²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure
D barre	Distanza tre le barre tese [cm] ai fini del calcolo dell'apertura fessure
Beta12	Prodotto dei coeff. di aderenza delle barre $Beta1 \cdot Beta2$

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.87	50.0	-15.0	-84.5	21.3	7.6	883	5.7	15.2	1.00

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
--------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	---------	---------	---------	--------

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	114 di 116

1 S 1.66 50.0 -15.0 -75.1 21.3 7.6 883 5.7 15.2 0.50

COMBINAZIONI FREQUENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a f_{ctm}

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

Comb.	Ver	S1	S2	k3	\emptyset	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.6	-0.1	0.152	12	68.0	-5.738	0.00015 (0.00015)	280	0.072 (0.20)	-33.18	0.00

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

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.	D barre	Beta12
1	S	1.18	50.0	-15.0	-53.1	21.3	7.6	883	5.7	15.2	0.50

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE

Comb.	Ver	S1	S2	k3	\emptyset	Cf	Psi	e sm	srm	wk	Mx fess	My fess
1	S	-0.4	-0.1	0.152	12	68.0	-12.485	0.00011 (0.00011)	280	0.051 (0.20)	-33.18	0.00

❖ Aperture fessure per combinazione RARA ($W1 < 0.2$) :

Apertura fessure
Apert. fessure = 0.081 mm
Apert. limite = 99999.000 mm
Dist. fessure = 280 mm
Area efficace = 883 cm ²
Coeff. K3 = 0.152

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	115 di 116

12.4.2 Verifica di resistenza a taglio

Caratteristiche materiali

Cl_s R_{ck}

Cl_s condizioni calcestruzzo

Acciaio 1 acciaio barre longitudinali

Acciaio 2 acciaio armature trasversali

γ_c coefficiente parziale relativo al calcestruzzo

γ_s coefficiente parziale relativo all'acciaio

Geometrie sezione

b_w mm larghezza dell'anima resistente (larghezza minima d'anima)

d mm altezza utile della sezione

A_c mm² area della sezione di calcestruzzo

Caratteristiche armature

n_{bl} numero di barre longitudinali

Ø_{bl} mm diametro delle barre longitudinali

n_{bw} numero di bracci delle staffe

Ø_{st} mm diametro delle staffe

s_{st} mm passo delle staffe

α ° inclinazione delle staffe (α=90° per staffe ortogonali all'asse)

Caratteristiche sollecitazioni

N_{Ed} KN sforzo normale di calcolo (+ per compressione)

V_{Ed} KN taglio di calcolo

N_{Rd} 5533,3 KN sforzo normale di compressione massimo

Dati traliccio resistente

θ ° inclinazione delle bielle di calcestruzzo rispetto all'asse

ctgθ 2,48 (il valore deve essere compreso fra 1.0 e 2.5)

Elemento non armato a taglio

k 1,89

k_{eff} 1,89 coefficiente considerato nei calcoli

v_{min} 0,526

V_{Rd,1} 111,3 KN taglio resistente - valore 1

V_{Rd,2} 131,5 KN taglio resistente - valore 2

V_{Rd} **131,5** KN taglio resistente di calcolo

SL01 - Nuovo sottopasso al km 7+187
Relazione di calcolo sottovia

COMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IZ09	00	D26CL	SL0100001	A	116 di 116

12.5 Riepilogo armature

Elemento strutturale	Armatura principale	Armatura secondaria	Incidenze
Pista ciclabile	1ϕ12/20 esterni	1ϕ10/20 esterni e interni	57 kg/m³
	1ϕ12/20 interni		