

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J47109000030009

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA MILANO-GENOVA
QUADRUPPLICAMENTO MILANO-ROGOREDO-PAVIA
FASE 2 – QUADRUPPLICAMENTO PIEVE EMANUELE - PAVIA
OPERE PRINCIPALI - SOTTOVIA E SOTTOPASSI

SL05 - Prolungamento sottovia via Del Sole km 17+182,25

Relazione di calcolo sottopasso

SCALA:

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

N M 0 Z 2 0 D 2 6 C L S L 0 5 0 0 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	CONSORZIO INTEGRATA	Novembre 2018	F.Coppini/A.Maran 	Novembre 2018	S. Borelli 	Novembre 2018	F. Saccoccia Novembre 2018 	Novembre 2018

ITALFERR - UC INFRASTRUTTURE
Dott. Ing. Francesco Saccoccia
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
n. 23172 Sez. A

File: NM0Z20D26CLSL0500001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	DESCRIZIONE	5
3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
4	ALLEGATI	8
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
6	MODELLO DI CALCOLO.....	10
7	ANALISI DEI CARICHI.....	12
7.1	PESO PROPRIO	12
7.2	PERMANENTI PORTATI.....	12
7.3	SPINTA DEL TERRENO	13
7.4	CARICHI MOBILI	13
7.4.1	Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico.....	13
7.4.2	Disposizione dei convogli.....	14
7.5	SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI	16
7.6	SERPEGGIO.....	17
7.7	AVVIAMENTO/FRENATURA	17
7.8	VARIAZIONI TERMICHE.....	17
7.9	AZIONI SISMICHE	17
7.10	RITIRO	19
8	COMBINAZIONI DI CARICO	21
9	VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE	24
9.1	CRITERI DI VERIFICA	24
9.2	VERIFICA SEZIONE 1: Soletta Inferiore_Nodo Piedritto.....	27
9.2.1	Presso-Flessione	27
9.2.2	Taglio.....	27
9.2.3	Fessurazione	29
9.3	VERIFICA SEZIONE 2: Soletta Inferiore_Mezzeria.....	31
9.3.1	Presso-Flessione	31
9.3.2	Taglio.....	31
9.3.3	Fessurazione	33
9.4	VERIFICA SEZIONE 3: Piedritto_ Nodo Soletta Superiore	35
9.4.1	Presso-Flessione	35
9.4.2	Taglio.....	43
9.4.3	Fessurazione	44
9.5	VERIFICA SEZIONE 6: Piedritto_ Nodo Soletta Inferiore	46
9.5.1	Presso-Flessione	46
9.5.2	Taglio.....	54
9.5.3	Fessurazione	55
9.6	VERIFICA SEZIONE 4: Soletta Superiore_ Nodo Piedritto	57
9.6.1	Presso-Flessione	57
9.6.2	Taglio.....	65
9.6.3	Fessurazione	66
9.7	VERIFICA SEZIONE 5: Soletta Superiore_ Mezzeria	68
9.7.1	Presso-Flessione	68

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	3 di 94

9.7.2	Taglio.....	76
9.7.3	Fessurazione	77
9.8	RIEPILOGO VERIFICHE.....	79
10	VERIFICHE LONGITUDINALI	83
11	VERIFICA SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO.....	87
11.1	Tratto nuovo sottopasso	88
11.2	Tratto di imbocco.....	89
11.3	Verifica sollevamento in fase di esercizio	92

1 PREMESSA

Nell'ambito degli interventi di potenziamento della linea Milano – Genova, si prevede il quadruplicamento della linea ferroviaria nella tratta Milano Rogoredo-Pavia; in prima fase il quadruplicamento interesserà il tratto di linea compreso fra le stazioni di Milano Rogoredo e Pieve Emanuele, per essere esteso in fase successiva fino a Pavia.

Il quadruplicamento in oggetto, a partire dall'uscita della stazione Milano Rogoredo, prosegue in affiancamento alla linea storica e su una nuova sede e si sviluppa a sud di Milano, estendendosi per circa 30 km lungo l'attuale linea ferroviaria tra i nodi di Milano Rogoredo e Pavia.



Figura 1-1 – Ubicazione del tracciato dell'opera in progetto

Nella presente relazione è riportato il calcolo strutturale dell'opera principale SL05 – *Prolungamento sottovia via del Sole al km 17+182.25.*

2 DESCRIZIONE

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

Geometria del tombino			
Larghezza totale	Ltot	6.00	m
Altezza totale	Htot	6.30	m
Spessore soletta superiore	ss	0.50	m
Spessore piedritti	sp	0.50	m
Spessore soletta inferiore	sf	0.60	m
Luce libera	Lint	5.00	m
Altezza libera	Hint	5.20	m

Tabella 1

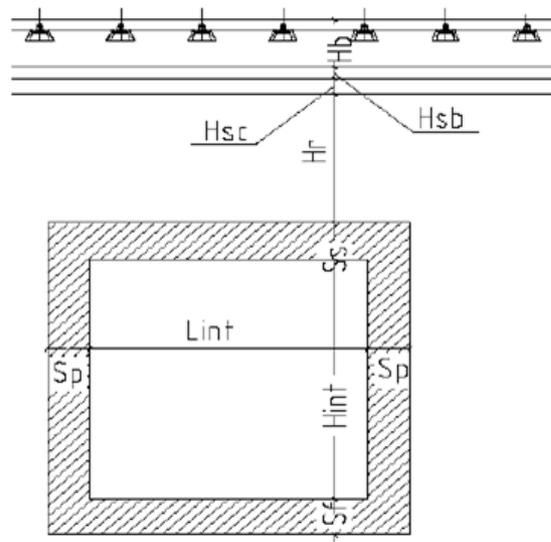


Figura 2-1 - Caratteristiche geometriche

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

Si è tenuto conto della nuova zonazione sismica emanata tramite il D.M. 14.1.2008.

Il calcolo della struttura è stato effettuato considerando una striscia di calcolo pari ad 1m disposta ortogonalmente all'asse longitudinale dello scatolare. In caso di obliquità ϕ dello scatolare rispetto alla linea ferroviaria il calcolo è stato eseguito analizzando sempre una striscia di larghezza unitaria, assumendo però come luce di calcolo quella misurata in parallelo alla linea ferroviaria tra gli assi dei piedritti valutati lungo lo "spessore corrente" (spessore corrente=spessore piedritto/cos ϕ). In tal caso le stesse verifiche di resistenza sono state condotte con riferimento allo spessore corrente.

Geometria del Ricoprimento			
Ballast+Armamento	Hb	0.75	m
Sub Ballast	Hsb	0.00	m
Ricoprimento	Hsc	0.15	m
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	Hr	0.05	m

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

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008: Nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare 2 febbraio 2009, n.617: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;
- Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C.: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui al decreto ministeriale 9 gennaio 1996;
- RFI DTC SI MA IFS 001 B: "Manuale di progettazione delle opere civili" del 22/12/2017.
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 B: Sezione 2 – Ponti e Strutture.

Riferimenti STI:

- Regolamento (UE) N. 1299/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "infrastruttura" del sistema ferroviario dell'Unione europea;
- Regolamento (UE) N. 1300/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta;
- Regolamento (UE) N. 1301/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema "energia" del sistema ferroviario dell'Unione europea;
- Regolamento (UE) N. 1303/2014 della Commissione del 18 novembre 2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità concernente la "sicurezza nelle gallerie ferroviarie" del sistema ferroviario dell'Unione europea;
- Regolamento (UE) 2016/919 della Commissione del 27 maggio 2016 relativo alla specifica tecnica di interoperabilità per i sottosistemi "controllo-comando e segnalamento" del sistema ferroviario nell'Unione europea.

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	8 di 94

4 ALLEGATI

Gli allegati alla presente relazione sono:

- Allegato A: Combinazioni di carico

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzati nei calcoli sono riportate nelle successive tabelle. Per il calcestruzzo, cautelativamente, si assume una classe di resistenza C28/35, a fronte della C30/37 con cui sarà realizzata l'opera.

Calcestruzzo			
Classe	C28/35		Classe di Resistenza
fck	28	MPa	Resistenza cilindrica caratteristica
Rck	35		Resistenza cubica caratteristica
fcm	36	MPa	Resistenza cilindrica media
fctm	2.76626	MPa	Resistenza media a trazione semplice
fctk	1.93638	MPa	Resistenza caratteristica a trazione semplice (frt. 5%)
fcfm	3.31951	MPa	Resistenza media a trazione per flessione
Ecm	32308.2	MPa	Modulo Elastico
ν Poisson	0.2		Coefficiente di Poisson
$\alpha\Delta T$	0.00001	1/°C	Coefficiente di Dilatazione Termica
$\alpha\chi\chi$	0.85		coeff. riduttivo per le resistenze di lunga durata
$\gamma\chi$	1.5		coeff. parziale di sicurezza
fcd	15.8667	MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	1.29092	MPa	Resistenza di calcolo a trazione
$\sigma\tau$	2.30522	MPa	Tensione limite di calcolo per formazione di fessure
$\sigma\chi$ limite	12.6	MPa	Tensione limite per combinazione quasi permanente
$\sigma\chi$ limite	16.8	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

Acciaio Armature_B450C			
fynom.	450	MPa	Tensione nominale di snervamento a trazione
ftnom.	540	MPa	Tensione nominale di rottura a trazione
fyk	450	MPa	Tensione caratteristica di snervamento
Ecm	206000	MPa	Modulo Elastico
$\gamma\sigma$	1.15		coeff. parziale di sicurezza
fyd	391.304	MPa	Resistenza di calcolo
$\sigma\sigma$ limite	360	MPa	Tensione limite per combinazione caratteristica (rara)

Per la classe di esposizione del calcestruzzo, la consistenza e il rapporto acqua/cemento si faccia riferimento alle tabelle riportate negli elaborati grafici.

6 MODELLO DI CALCOLO

Nella figura seguente è riportato il modello di calcolo utilizzato per le analisi.

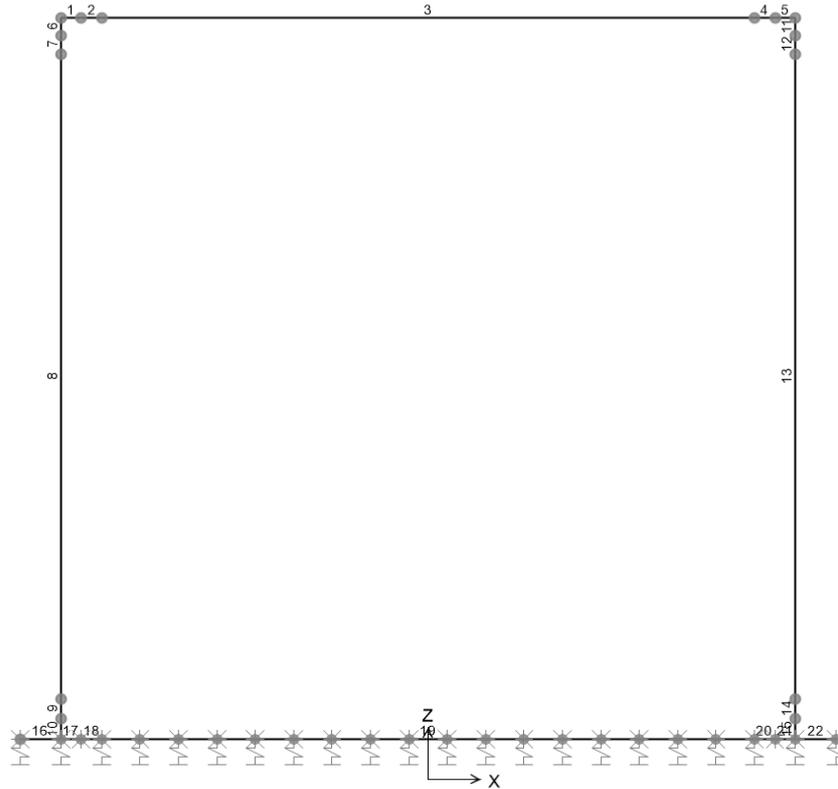


Figura 6-1 - Modello di calcolo

Per ottenere le sollecitazioni sulla struttura è stato realizzato un modello agli e.f. schematizzando la struttura mediante un telaio chiuso su letto di molle alla Winkler.

Le caratteristiche geometriche delle membrature resistenti e le caratteristiche meccaniche dei materiali utilizzate nella modellazione sono riportate nel paragrafo 2. Per analizzare l'interazione con il terreno, la soletta inferiore è stata vincolata allo stesso mediante molle verticali.

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

Nella seguente tabella sono riassunti i valori delle caratteristiche del terreno assunti.

ZONA	SONDAGGIO DI RIFERIMENTO	PROFONDITA'	UNITA' TERRENO
11	PNNMOZ007	da 0 a 30m	S

γ_{sat} [kN/m ³]	γ_d [kN/m ³]	$\phi' [^\circ]$		$\phi' [^\circ]$	$\phi' [^\circ]$	E'_{op} [MPa]		V_s [m/s]		categoria terreno	G_0 [MPa]	
		max	min			laboratorio	scelto	max	min		max	min
20	17	30	22	29	29	62	4	356	125	C	261	32

Tabella 6

La falda è situata a quota 87.11 m s.l.m., si veda l'ultimo capitolo per la verifica al sollevamento del fondo scavo.

Per la valutazione del coefficiente di sottofondo è stata utilizzata la seguente espressione:

$$k=k_1 [(B+b)/(2B)]^2$$

dove:

-B è la larghezza della fondazione;

-b è 30 cm;

- k_1 è un coefficiente ricavabile dalla letteratura tecnica in funzione del tipo di terreno (il valore assunto è pari a 30 N/cm³).

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

Il valore assunto per il coefficiente di sottopasso è riportato nella successiva tabella.

Coefficiente di Sottopasso			
valore limite di estremità	KESTR	16537.5	kN/m ³
valore limite di mezzera	kMEZZ	8268.75	kN/m ³

7 ANALISI DEI CARICHI

Nei successivi paragrafi si riportano, sotto forma tabellare, i valori dei carichi caratteristici assunti nel calcolo nonché il nome dell' "Analysis Case" a cui il carico è associato.

7.1 PESO PROPRIO

Il peso proprio della struttura è stato calcolato considerando un peso in volume del c.a. pari a $\gamma_{cls} = 25$ kN/m³.

Peso Proprio Analysis Case: PP			
Soletta superiore	G1_p.p.	12.5	kN/m
Piedritti	G1_p.p.	12.5	kN/m
Soletta Inferiore	G1_p.p.	15	kN/m

Tabella 8

7.2 PERMANENTI PORTATI

Di seguito sono stati riassunti i valori dei carichi permanenti portati che competono la soletta superiore e inferiore:

Permanente Portato soletta sup. Analysis Case: PERM			
Ballast+Armamento	γ	18	kN/m ³
Sub Ballast	γ	20	kN/m ³
Ricoprimento	γ	20	kN/m ³
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	γ	25	kN/m ³
Permanenti totali (striscia di 1m)		17.75	kN/m

Tabella 9

Permanente Portato soletta inf. Analysis Case: PERM			
Riempimento	γ	25	kN/m ³
Massetto	γ	15	kN/m ³
Pavimento	γ	20	kN/m ³
0	γ	0	kN/m ³
Permanenti totali (striscia di 1m)		0.00	kN/m

Tabella 10

7.3 SPINTA DEL TERRENO

Una volta definito se la spinta sia prodotta dal rilevato ferroviario o dal terreno in sito non scavato (nel caso di scatolare completamente interrato) il calcolo della spinta è stato eseguito a partire dal coefficiente di spinta a riposo calcolato con la formula $K_0 = 1 - \sin \phi'$ dove ϕ' è l'angolo di attrito assunto. In caso di falda il peso specifico del terreno è stato sostituito da quello efficace.

Si assume una distribuzione lineare per l'andamento delle pressioni a tergo della parete. Nella successiva figura si riportano le caratteristiche meccaniche del terreno che costituisce il rinterro nonché il valore della pressione sul solettone superiore e inferiore.

N.B. in tale caso si assume che a spingere sia il terreno in sito.

Spinta T. Analysis Case: SP TERRA_sx/SP TERRA_dx			
Angolo di Attrito	ϕ	29	°
Q.ta falda in esercizio	ZW	6.30	m
Peso di Volume Efficace	γ	10	kN/m ³
Coeff. Di spinta a riposo	ko	0.51519	
Pressione in asse sol. sup.	PH	10.43	kN/m ²
Pressione in asse sol. inf.	P0	40.06	kN/m ²

7.4 CARICHI MOBILI

7.4.1 Calcolo larghezza di diffusione / coefficiente dinamico

Considerando una diffusione 4:1 nel ballast e 1:1 nel sub ballast, super compattato, rinterro e all'interno del c.l.s., si è ottenuta, arrivando fino all'asse della soletta superiore, la seguente larghezza di diffusione trasversale.

DIFFUSIONE TRASVERSALE SU SOLETTONE SUP.				
	Ripartizione	Diffus.	h [m]	Larg. Diff.
Ballast+Armamento	1/4	0.25	0.35	0.0875
Sub Ballast	1/1	1	0.00	0
Ricoprimento	1/1	1	0.15	0.15
Imperm. più massetto cls sp. 5 cm	1/1	1	0.05	0.05
Semi spess. soletta	1/1	1	0.25	0.25
Larghezza della Traversina		Bo	2.40	m
Larghezza di diffusione massima		Bmax	4.00	m
Larghezza di diffusione effettiva		Ld	3.48	m

Nella precedente tabella si assume come larghezza di diffusione massima l'interasse tra i binari, in questo modo può essere considerato sempre il caso di singoli binari carichi.

Per il calcolo del coefficiente dinamico è stato applicato quanto è riportato al paragrafo 1.4.2 delle istruzioni per la progettazione ed esecuzione dei ponti ferroviari. In particolare per il calcolo della "luce caratteristica" $L\phi$ si fa riferimento al Caso 5 della tabella 1.4.2.5.3-1 delle istruzioni. Si ipotizza uno standard manutentivo normale inoltre in funzione dell'altezza di ricoprimento il coefficiente di incremento dinamico è stato opportunamente ridotto.

Il valore assunto per il coefficiente di incremento dinamico è riportato nelle successive tabelle.

7.4.2 Disposizione dei convogli

I modelli di carico considerati per la struttura sono il treno di carico LM71 ed il treno SW/2.

Per entrambi i convogli sono state considerate le posizioni che massimizzano le sollecitazioni nei vari elementi costituenti la struttura (Cfr. figure seguenti)

Per il treno di carico LM71 è stato considerato il carico equivalente alle 4 forze concentrate di 250 kN pari a:

$$q_{eq, locomotore, LM71} = 250 \times 4 / 6.4 = 156.25 \text{ kN/m}$$

Tale carico è disposto su 6.4m (vedere schema seguente).

Per le zone non interessate dal locomotore è stato considerato un carico pari a:

$$q_{LM71} = 80 \text{ kN/m}$$

Per il treno di carico SW2 si considerano due carichi distribuiti:

$$q_{SW2} = 150 \text{ kN/m}$$

entrambi distribuiti su 25 m e distanti tra loro di 7m.

I carichi descritti sono stati ripartiti sulla larghezza di diffusione trasversale precedentemente calcolata e ad essi è stato applicato il coefficiente di adattamento α .

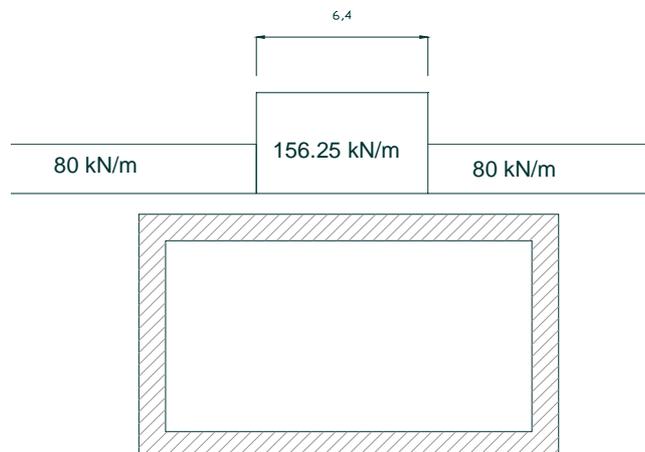


Figura 7-1 - LM72 in pos.1 (LM71 SIMM)

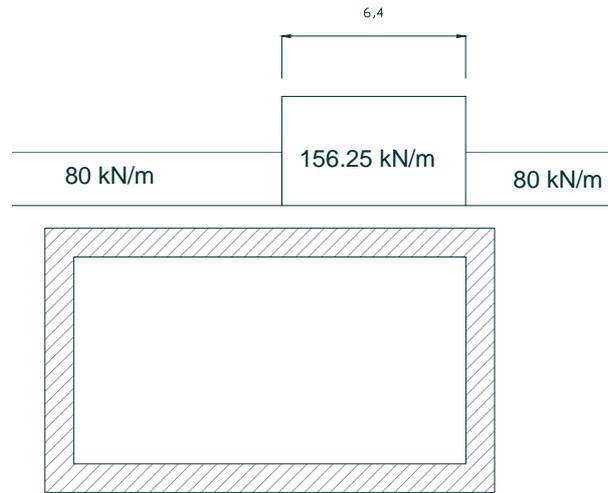


Figura 7-2 - LM71 in pos.2 (LM71 ASIMM)

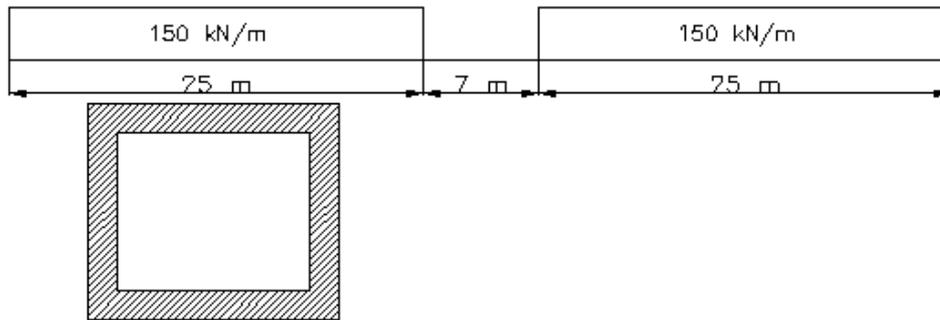


Figura 7-3 - SW2 in pos.1 (SW2 SIMM)

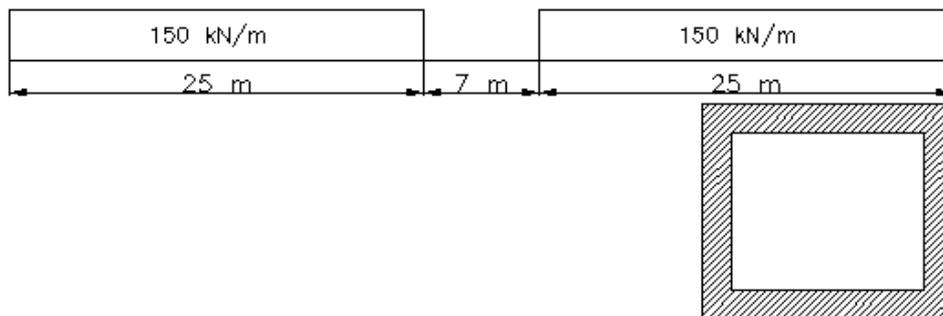
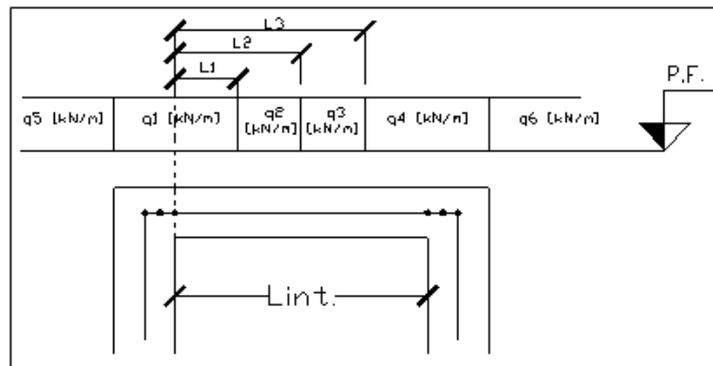


Figura 7-4 - SW2 in pos.2 (SW2 ASIMM)

Nella successiva tabella e figura si indica, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, la discretizzazione del carico sul modello di calcolo.

Carico Variabile su solettone superiore

Coefficiente di Adattamento	α	1	
Luce caratteristica	L_f	7.37	m
Coefficiente dinamico	Φ	1.43	
Variabile_q1_diffuso Long.	q1	150	kN/m
Variabile_q2_diffuso Long.	q2	150	kN/m
Variabile_q3_diffuso Long.	q3	150	kN/m
Variabile_q4_diffuso Long.	q4	150	kN/m
Variabile_q5_indefinito	q5	150	kN/m
Variabile_q6_indefinito	q6	150	kN/m
	L1	1.25	m
	L2	2.5	m
	L3	3.75	m


Figura 7-5 - Modalità con cui è stato applicato il carico: Soletta sup

Carico Variabile Sup. Analysis Case: Q1A			
q1_diff. trasv. amplificato	qd1	61.74	kN/m
q2_diff. trasv. amplificato	qd2	61.74	kN/m
q3_diff. trasv. amplificato	qd3	61.74	kN/m
q4_diff. trasv. amplificato	qd4	61.74	kN/m

A favore di sicurezza si trascura la presenza del carico accidentale stradale sulla soletta inferiore.

7.5 SPINTA DOVUTA AI CARICHI MOBILI

Per il generico treno di carico è stata considerata la spinta sulle pareti sinistra/destra dovuta alla presenza del sovraccarico stesso. La spinta è congruente con il modello di carico assunto sul solettone superiore.

Nella successiva tabella si riporta, limitatamente al solo treno di carico SW2 nella posizione 1, l'intensità della spinta, avente diagramma rettangolare.

Spinta Carico Variabile Analysis Case: Q1AKOSX/Q1AKODX			
Larg. di diff. estradosso soletta	Ld_estr_sol	2.98	m
q5 ad estradosso soletta	q5	50.42	kN/m2
q6 ad estradosso soletta	q6	50.42	kN/m2
Spinta su piedritto sx	qo5_sx	25.98	kN/m2
Spinta su piedritto dx	qo6_dx	25.98	kN/m2

7.6 SERPEGGIO

L'azione indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata, applicata alla sommità della rotaia perpendicolare all'asse del binario. Il valore caratteristico di questa forza è pari a $Q_{sk}=100$ KN.

L'adozione di un modello piano di analisi, ottenuto considerando una striscia unitaria parallela alla rotaia, giustifica l'aver trascurato tale sollecitazione poiché ortogonale all'asse del binario.

7.7 AVVIAMENTO/FRENATURA

Come prescritto si considera, per ogni treno, l'azione più gravosa tra avviamento e frenatura ripartita sulla larghezza di diffusione trasversale al piano medio della soletta superiore.

Frenatura su soletta sup. Analysis Case: FREN			
Frenatura /Avviamento	ql_b/a, k	35	kN/m
Fren. /Avv. Distribuita trasv.	qdist.l_b/a, k	11.76	kN/m2

7.8 VARIAZIONI TERMICHE

È costituita da una variazione termica uniforme e da un gradiente lineare applicato al solo solettone superiore. Per ricoprimenti superiori ad 1,5m non si applica alcuna variazione termica. Nella successiva tabella si riportano i valori applicati al caso specifico.

Azioni Termiche Analysis Case: TEMP/TEMPFARF			
Var. di temperatura uniforme	ΔT_{unif}	+/- 15	°C
Gradiente lineare su tutto lo scatolare	ΔT_{grad}	+/- 5	°C

7.9 AZIONI SISMICHE

Per il calcolo dell'azione sismica si utilizza il metodo dell'analisi pseudo-statica in cui l'azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico k . In questo modo si definiscono le componenti inerziali verticali e orizzontali. Per i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali si usano le seguenti espressioni:

$$K_h = a_{max}/g \quad ; \quad K_v = \pm K_h$$

Definite vita nominale dell'opera e coefficiente d'uso è possibile, in base alla classificazione sismica del territorio nazionale fatta dal D.M. 14.01.2008, definire per il generico stato limite di verifica il parametro a_g . Nelle successive tabelle si riportano i parametri necessari a definire l'azione sismica nonché l'intensità della stessa.

Carichi Sismici			
Vita Nominale dell'opera	VN	75	anni
Coefficiente D'uso	Cu	1.5	
Periodo di riferimento	VR	112.5	anni
Probabilità di Superamento Evento	PVR	10	
Periodo di Ritorno	TR	1068	anni
Acc. orizzontale di picco al sito	ag	0.076	g
Amplificazione Spettrale max.	F0	2.584	
CATEGORIA SOTTOSUOLO		C	
CATEGORIA TOPOGRAFICA		T1	
Coeff. di amp. stratigrafica	Ss	1.50	
Coeff. di amp. Topografica	ST	1	
amax = SS x ST x ag	amax	0.114	g

Gli effetti della azione sismica sono stati calcolati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali: $G1+G2+0,2xQki$.

Potendo assegnare un carico variabile da traffico non uniforme sul traverso, anche l'azione sismica manterrà tale disuniformità. Di seguito si riportano le azioni sismiche orizzontali e verticali applicate su traverso e piedritti.

Azione sismica Orizzontale Analysis Case: Sis_H			
Coefficiente Sismico Orizzontale	Kh	0.114	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
$G1+G2+0.2xq1$		42.60	kN/m
$G1+G2+0.2xq2$		42.60	kN/m
$G1+G2+0.2xq3$		42.60	kN/m
$G1+G2+0.2xq4$		42.60	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
$qsh1 = (G1+G2+0.2xq1) \times Kh$		4.9	kN/m
$qsh2 = (G1+G2+0.2xq2) \times Kh$		4.9	kN/m
$qsh3 = (G1+G2+0.2xq3) \times Kh$		4.9	kN/m
$qsh4 = (G1+G2+0.2xq4) \times Kh$		4.9	kN/m
<i>Massa Distribuita sui Piedritti Laterali</i>			
G1		12.5	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate ai Piedritti Laterali</i>			
$q'sh = (G1) \times Kh$		1.4	kN/m

Azione sismica Verticale Analysis Case: Sis_V			
Coefficiente Sismico Verticale	Kv	0.057	
<i>Massa Distribuita sul Trasverso per il carico da traffico assunto</i>			
G1+G2+0.2xq1		42.60	kN/m
G1+G2+0.2xq2		42.60	kN/m
G1+G2+0.2xq3		42.60	kN/m
G1+G2+0.2xq4		42.60	kN/m
<i>Forze Inerziali applicate al Trasverso</i>			
qsv1 = (G1+G2+0.2xq1) x Kv		2.4	kN/m
qsv2 = (G1+G2+0.2xq2) x Kv		2.4	kN/m
qsv3 = (G1+G2+0.2xq3) x Kv		2.4	kN/m
qsv4 = (G1+G2+0.2xq4) x Kv		2.4	kN/m

Per completare l'azione sismica si definisce l'incremento di spinta delle terre sotto sisma. Questa è stata definita applicando la teoria di Wood, secondo la quale la risultante dell'incremento di spinta per effetto del sisma su una parete di altezza H viene determinato con la seguente espressione:

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

Tale risultante è stata assunta come distribuita sull'altezza del piedritto e agente su uno solo dei due piedritti.

Incremento spinta sotto Sisma Analysis Case: DSe_sx/DSe_dx			
Altezza Totale	Htot	6.30	m
Peso di Volume	γ	20	kN/m ³
$a_{max} = SS \times ST \times a_g$	a_{max}	0.114	g
$\Delta SE = (a_{max}/g) \times \gamma \times H^2$	ΔSE	90.49	kN
Pressione Equivalente Uniforme:	DSE / H	17.40	kN/m ²

7.10 RITIRO

Gli effetti del ritiro trasversale sul solettone superiore sono stati modellati con una variazione termica equivalente applicata allo stesso.

Ritiro Trasversale Analysis Case: RITIRO			
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	ts	1	gg
Età del c.l.s. alla messa in carico	t0	1	gg
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t	18000	gg
Umidità relativa	RH	75	%
Dimensione fittizia elemento in c.a.	h0	1000	mm
Def. per ritiro da essiccamento	$\epsilon\chi\delta(t)$	0.000213	
Def. per ritiro autogeno	$\epsilon\chi\alpha(t)$	4.5E-05	
Deformazione da Ritiro	$\epsilon\sigma(t,t0)$	0.000258	
Var. Termica equivalente al ritiro	ΔT_{ritiro}	-6.3	°C

8 COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico sono state effettuate secondo quanto prescritto dal D.M.14.01.2008 e dalle istruzioni ferroviarie.

In particolare sono state considerate le seguenti combinazioni:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

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

- Combinazione Caratteristica Rara (SLE):

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

- Combinazione Sismica (SLU):

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

dove

$$E = \pm 1.00 \times E_Y \pm 0.30 \times E_Z \quad \text{oppure} \quad E = \pm 0.30 \times E_Y \pm 1.00 \times E_Z$$

ed E_x e E_y sono le componenti della azione sismica orizzontale e verticale.

Gli effetti dei carichi verticali, generati dalla presenza dei convogli, sono combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, utilizzando i coefficienti indicati in tabella. Per ogni gruppo di carico si definisce una azione dominante considerata per intero, per le altre azioni si assume una aliquota del valore caratteristico.

I gruppi, così come definiti, vanno applicati ad ogni treno di carico considerato per la verifica.

Gruppo di carico considerati	Verticali	Frenatura avviamento
Gruppo 1.1	1.0	0
Gruppo 3.1	1.0	1.0
Gruppo 3.2	0.5	1.0
Gruppo 4 (Fessurazione)	0.8	0.8

I gruppi definiscono le azioni che nelle diverse combinazioni sono generalmente definite come Q_{ki} . Queste sono combinate con i valori caratteristici delle azioni permanenti (portati e portanti), i carichi variabili non associati al traffico e alla azione sismica adottando i coefficienti di combinazione riportati nelle successive tabelle.

In questo modo si ottengono le sollecitazioni di progetto con cui effettuare le verifiche per lo stato limite considerato.

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO	Combinazione eccezionale	Combinazione Sismica
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00	1,00	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Ballast ⁽³⁾	favorevoli	γ_B	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	1,00
Carichi variabili da traffico ⁽⁴⁾	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,45	1,45	1,25	0,20 ⁽²⁾	0,20 ⁽²⁾
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30	1,00	0,00
Precompressione	favorevole	γ_P	0,90	1,00	1,00	1,00	1,00
	sfavorevole		1,00 ⁽⁶⁾	1,00 ⁽⁷⁾	1,00	1,00	1,00

In particolare per il calcolo della struttura scatolare si fa riferimento alla combinazione *A1 STR*.

Nella combinazione sismica le azioni indotte dal traffico ferroviario sono combinate con un coefficiente Ψ pari a 0.2 coerentemente all' aliquota di massa afferente ai carichi da traffico.

Azioni		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Azioni singole da traffico	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0,80	0,50	0,0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0,80	0,50	0,0
Gruppi di carico	gr_1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr_3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr_4	1,00	1,00 ⁽¹⁾	0,0
Azioni del vento	F_{Wk}	0,60	0,50	0,0
Azioni da neve	in fase di esecuzione	0,80	0,0	0,0
	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
Azioni termiche	T_k	0,60	0,60	0,50

Di seguito si riepilogano le analysis case definite in precedenza.

Riepilogo Analisis Case Considerati		
Peso Proprio elementi Strutturali	PP	G1
Permanenti portati (non strutturali)	PERM	G2
Spinta riempimento su piedritto sx	SPTERRA_sx	
Spinta riempimento su piedritto dx	SPTERRA_dx	
Spinta Idrraulica in caso di falda	SPIDRAUL	
Ritiro	RITIRO	P
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1A	Qtraffico
Carico variabile da traffico su solettone sup.	Q1B	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto sx	Q1AKOSX	
Spinta sovraccarico variabile sup. su piedritto dx	Q1AKODX	
Frenatura	FREN	Qtemp.
Variazione termica uniforme su solettone sup.	TEMP	
Gradiente termico su solettone sup., inf. e su piedritti	TEMPFARF	
Incremento spinta sotto sisma su piedritto sx	DSe_sx	E
Incremento spinta sotto sisma su piedritto dx	DSe_dx	
Componente orizzontale azione sismica	Sis_H	
Componente verticale azione sismica	Sis_V	

Le combinazioni di carico sono riportate negli allegati.

9 VERIFICHE SEZIONE TRASVERSALE

9.1 CRITERI DI VERIFICA

Le verifiche di resistenza degli elementi in c.a. sono state condotte con il metodo degli Stati Limite. L'unità di misura adottata per le forze, momenti e tensioni saranno di volta in volta indicate.

COPRIFERRI ADOTTATO

$c=5.0$ cm

STAZIONI DI VERIFICA

Le verifiche di resistenza a flessione vengono eseguite nei nodi a $\frac{1}{4}$ dello spessore dell'elemento (misurato a partire dal punto in cui convergono gli assi dei due frame), mentre a taglio e a fessurazione sul filo dell'elemento (ossia $\frac{1}{2}$ dello spessore).

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



Figura 9-1 - Sezioni di verifica

VERIFICHE ALLO SLU: Presso-Flessione

La verifica secondo il metodo degli stati limite si basa sulle seguenti ipotesi:

- Conservazione delle sezioni piane;
- Calcestruzzo non resistente a trazione;
- Perfetta aderenza acciaio-c.l.s.

Il controllo eseguito consiste nel verificare che lo stato di sollecitazione (N_{sd} , M_{sd}) sia interno alla frontiera del dominio di rottura della sezione tracciata nel piano Nrd-Mrd. Ciò viene fatto definendo due coefficienti di sicurezza o meglio due percorsi di carico che portano a rottura. Il primo è quello a sforzo normale $N=N_{sd}$ costante il secondo è quello a rapporto $M/N=M_{sd}/N_{sd}$ costante.

Il **coefficiente di sicurezza c.s.** rappresenta il rapporto tra la lunghezza del segmento che, per il fissato percorso di carico, collega l'origine del piano Nrd-Mrd ad un punto della frontiera e il segmento che, per lo stesso percorso, individua lo stato di sollecitazione applicato alla sezione.

La verifica è rispettata se $c.s. \geq 1$.

Nella verifica si sono imposte le seguenti deformazioni ultime:

Calcestruzzo:

ϵ_{cu1}	ϵ_{cu2}
0.200%	0.350%

Acciaio:

ϵ_{ys}	ϵ_{us}	α_s	ϵ_{ud}
0.196%	1.000%	1	1.000%

VERIFICHE ALLO SLU: Taglio

La resistenza a taglio V_{rd} è stata definita inizialmente pensando il generico elemento privo di armatura specifica a taglio. Qualora necessario ($V_{rd} < V_{sd}$) è stata aggiunta l'apposita armatura e ricalcolato il V_{rd} . Si riporta di seguito uno stralcio del D.M.14.01.2008 in cui sono indicate le relazioni con cui la V_{rd} è stata definita.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \quad (4.1.14)$$

con

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

$$v_{\min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove

d è l'altezza utile della sezione (in mm);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w \cdot d)$ è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ($\leq 0,02$);

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0,2 f_{cd}$);

b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

Con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha \quad (4.1.18)$$

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

$$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta) \quad (4.1.19)$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min(V_{Rsd}, V_{Rcd}) \quad (4.1.20)$$

dove d , b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto in § 4.1.2.1.3.1. e inoltre si è posto:

A_{sw}	area dell'armatura trasversale;		
s	interasse tra due armature trasversali consecutive;		
α	angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;		
f'_{cd}	resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima ($f'_{cd} = 0,5 \cdot f_{cd}$);		
α_c	coefficiente maggiorativo pari a	1	per membrature non compresse
		$1 + \sigma_{cp}/f_{cd}$	per $0 \leq \sigma_{cp} < 0,25 f_{cd}$
		1,25	per $0,25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \leq 0,5 f_{cd}$
		$2,5(1 - \sigma_{cp}/f_{cd})$	per $0,5 f_{cd} < \sigma_{cp} < f_{cd}$

VERIFICHE A FESSURAZIONE

Le verifiche a fessurazione sono state condotte utilizzando le espressioni riportate nella "Circolare 15 ottobre 1996, n.252 AA.GG./S.T.C". In particolari sono stati assunti i seguenti coefficienti:

$$\beta_1 = 1$$

$$\beta_2 = 0.5$$

$$k_2 = 0.4$$

$f_{ctk} = \sigma_t = 2.305$ MPa; tensione di trazione limite per la formazione delle fessure.

La classe di esposizione dello scatolare rientra nelle condizioni ambientali aggressive inoltre l'opera è in c.a. ordinario si utilizza pertanto una armatura definita poco sensibile.

A seguito delle condizioni di seguito riassunte:

- Combinazione Rara;
- Armatura poco sensibile;
- Ambiente aggressivo.

Secondo quanto riportato nell'istruzione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari l'ampiezza massima delle fessure deve essere inferiore a $w_1 = 0.20$ mm.

Vengono riportate di seguito per ogni sezione i tabulati delle verifiche in resistenza condotte secondo quanto sopra specificato.

I valori delle resistenze di progetto di acciaio e c.l.s. assunte nei calcoli sono quelle riportate nel paragrafo relativo ai materiali.

9.2 VERIFICA SEZIONE 1: SOLETTA INFERIORE_NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	60

Armatura inf As

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	32	40.21	9.4
5	26	26.55	9.1
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0
0	10	0.00	0

Armatura sup A's

n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

9.2.1 Presso-Flessione

Per come è stato modellato lo scatolare la sezione risulta per lo più inflessa. Si riportano quindi le verifiche per il valore max. e min. del momento flettente applicato. Inoltre in tale caso si ha un solo possibile percorso di carico.

Si riportano le caratteristiche della armatura e il tabulato delle verifiche:

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	M_u	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	655	1141.4	1.74
2	0	29	1141.4	38.92

9.2.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spille ϕ 12 /20x20).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
 Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	28 di 94

Altezza della Sezione	H	60	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	\varnothing_{sup}	26	mm
Diametro armatura tesa inf.	\varnothing_{inf}	26	
Diametro ferro ortogonale	$\varnothing_{ferro\ ortogonale}$	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\varnothing_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	θ	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n° _{st.} /m	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	471	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd_y}	VR _{sd_y}	VR _{d_y}	C.S. _{y,min}
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_55	412.6	0.0			1867.1	709.1	709.1	1.719

9.2.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-123	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.105	0.179	Verificato
2	Fessurata	-125	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.108	0.184	Verificato
3	Fessurata	-125	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.108	0.183	Verificato
4	Fessurata	-123	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.105	0.178	Verificato
5	Non fessurata	0	-46	0.125							
6	Non fessurata	0	-48	0.125							
7	Non fessurata	0	-48	0.125							
8	Non fessurata	0	-46	0.125							
9	Fessurata	-122	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.104	0.176	Verificato
10	Fessurata	-124	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.106	0.181	Verificato
11	Fessurata	-124	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.106	0.180	Verificato
12	Fessurata	-122	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.103	0.175	Verificato
13	Non fessurata	0	-45	0.125							
14	Non fessurata	0	-47	0.125							
15	Non fessurata	0	-47	0.125							
16	Non fessurata	0	-44	0.125							
17	Non fessurata	0	-65	0.125							
18	Non fessurata	0	-67	0.125							
19	Non fessurata	0	-67	0.125							
20	Non fessurata	0	-65	0.125							
21	Non fessurata	0	-64	0.125							
22	Non fessurata	0	-66	0.125							
23	Non fessurata	0	-66	0.125							
24	Non fessurata	0	-64	0.125							
25	Fessurata	-85	-81	0.125	190804	100	219	0.0002	0.050	0.084	Verificato
26	Fessurata	-87	-81	0.125	190804	100	219	0.0002	0.053	0.090	Verificato
27	Fessurata	-86	-81	0.125	190804	100	219	0.0002	0.053	0.089	Verificato
28	Fessurata	-84	-81	0.125	190804	100	219	0.0002	0.049	0.084	Verificato
29	Non fessurata	0	-46	0.125							
30	Non fessurata	0	-48	0.125							
31	Non fessurata	0	-48	0.125							
32	Non fessurata	0	-46	0.125							
33	Fessurata	-83	-81	0.125	190804	100	219	0.0002	0.048	0.081	Verificato
34	Fessurata	-85	-81	0.125	190804	100	219	0.0002	0.051	0.087	Verificato
35	Fessurata	-85	-81	0.125	190804	100	219	0.0002	0.051	0.086	Verificato
36	Fessurata	-83	-81	0.125	190804	100	219	0.0002	0.047	0.080	Verificato
37	Non fessurata	0	-45	0.125							
38	Non fessurata	0	-47	0.125							
39	Non fessurata	0	-47	0.125							
40	Non fessurata	0	-44	0.125							
41	Non fessurata	0	-56	0.125							
42	Non fessurata	0	-58	0.125							
43	Non fessurata	0	-57	0.125							
44	Non fessurata	0	-55	0.125							

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	30 di 94

45	Non fessurata	0	-54	0.125							
46	Non fessurata	0	-56	0.125							
47	Non fessurata	0	-56	0.125							
48	Non fessurata	0	-54	0.125							
49	Fessurata	-123	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.105	0.179	Verificato
50	Fessurata	-125	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.108	0.184	Verificato
51	Fessurata	-125	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.108	0.183	Verificato
52	Fessurata	-123	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.105	0.178	Verificato
53	Fessurata	-122	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.104	0.176	Verificato
54	Fessurata	-124	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.106	0.181	Verificato
55	Fessurata	-124	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.106	0.180	Verificato
56	Fessurata	-122	-81	0.125	190804	100	219	0.0005	0.103	0.175	Verificato

9.3 VERIFICA SEZIONE 2: SOLETTA INFERIORE_MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
[cm]	[cm]
100	60

9.3.1 Presso-Flessione

Analogamente alla sezione S1 si riportano le verifiche per i soli valori max e min. del momento flettente. Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	18	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	0	-23	-497.5	21.75
2	0	-261	-497.5	1.90

9.3.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome	VE _{dy}	NE _d	σ _{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
------	------------------	-----------------	-----------------	-------------------	--------------------	--------------------	-------------------	-----------

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	32 di 94

Combinazione	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
SH1	92.6	0.0	0.0	235.0				2.537

9.3.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-129	0.13						
2	Non fessurata	0	-124	0.13						
3	Non fessurata	0	-125	0.13						
4	Non fessurata	0	-130	0.13						
5	Non fessurata	0	-27	0.13						
6	Non fessurata	0	-22	0.13						
7	Non fessurata	0	-23	0.13						
8	Non fessurata	0	-28	0.13						
9	Non fessurata	0	-132	0.13						
10	Non fessurata	0	-127	0.13						
11	Non fessurata	0	-128	0.13						
12	Non fessurata	0	-133	0.13						
13	Non fessurata	0	-30	0.13						
14	Non fessurata	0	-25	0.13						
15	Non fessurata	0	-26	0.13						
16	Non fessurata	0	-31	0.13						
17	Non fessurata	0	-129	0.13						
18	Non fessurata	0	-124	0.13						
19	Non fessurata	0	-125	0.13						
20	Non fessurata	0	-130	0.13						
21	Non fessurata	0	-132	0.13						
22	Non fessurata	0	-127	0.13						
23	Non fessurata	0	-128	0.13						
24	Non fessurata	0	-133	0.13						
25	Non fessurata	0	-78	0.13						
26	Non fessurata	0	-73	0.13						
27	Non fessurata	0	-74	0.13						
28	Non fessurata	0	-79	0.13						
29	Non fessurata	0	-27	0.13						
30	Non fessurata	0	-22	0.13						
31	Non fessurata	0	-23	0.13						
32	Non fessurata	0	-28	0.13						
33	Non fessurata	0	-81	0.13						
34	Non fessurata	0	-76	0.13						
35	Non fessurata	0	-77	0.13						
36	Non fessurata	0	-82	0.13						
37	Non fessurata	0	-30	0.13						
38	Non fessurata	0	-25	0.13						
39	Non fessurata	0	-26	0.13						
40	Non fessurata	0	-31	0.13						
41	Non fessurata	0	-78	0.13						
42	Non fessurata	0	-73	0.13						
43	Non fessurata	0	-74	0.13						

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	34 di 94

44	Non fessurata	0	-79	0.13						
45	Non fessurata	0	-81	0.13						
46	Non fessurata	0	-76	0.13						
47	Non fessurata	0	-77	0.13						
48	Non fessurata	0	-82	0.13						
49	Non fessurata	0	-129	0.13						
50	Non fessurata	0	-124	0.13						
51	Non fessurata	0	-125	0.13						
52	Non fessurata	0	-130	0.13						
53	Non fessurata	0	-132	0.13						
54	Non fessurata	0	-127	0.13						
55	Non fessurata	0	-128	0.13						
56	Non fessurata	0	-133	0.13						

9.4 VERIFICA SEZIONE 3: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA SUPERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	50

9.4.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro [mm]	Area [cm ²]	copriferro [cm]
5	26	26.55	9.1
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	397	-285	-785.9	2.761
2	343	-254	-778.1	3.069
3	397	-263	-785.9	2.985
4	343	-232	-778.1	3.350
5	397	-279	-785.9	2.820
6	343	-248	-778.1	3.142
7	397	-300	-785.9	2.620
8	343	-269	-778.1	2.894
9	343	-256	-778.1	3.045
10	343	-220	-778.1	3.536
11	343	-246	-778.1	3.168
12	343	-281	-778.1	2.768

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	36 di 94

13	397	-285	-785.9	2.761
14	128	-129	-746.0	5.774
15	397	-263	-785.9	2.985
16	128	-108	-746.0	6.913
17	397	-279	-785.9	2.820
18	128	-123	-746.0	6.053
19	397	-300	-785.9	2.620
20	128	-145	-746.0	5.161
21	128	-131	-746.0	5.686
22	128	-96	-746.0	7.796
23	128	-121	-746.0	6.151
24	128	-157	-746.0	4.759
25	397	-285	-785.9	2.756
26	343	-254	-778.1	3.062
27	397	-264	-785.9	2.978
28	343	-233	-778.1	3.342
29	397	-279	-785.9	2.815
30	343	-248	-778.1	3.135
31	397	-301	-785.9	2.615
32	343	-269	-778.1	2.888
33	343	-256	-778.1	3.038
34	343	-221	-778.1	3.527
35	343	-246	-778.1	3.161
36	343	-282	-778.1	2.762
37	397	-285	-785.9	2.756
38	128	-130	-746.0	5.749
39	397	-264	-785.9	2.978
40	128	-108	-746.0	6.878
41	397	-279	-785.9	2.815
42	128	-124	-746.0	6.025
43	397	-301	-785.9	2.615
44	128	-145	-746.0	5.141
45	128	-132	-746.0	5.663
46	128	-96	-746.0	7.751
47	128	-122	-746.0	6.123
48	128	-157	-746.0	4.742
49	89	-79	-740.0	9.321
50	89	-115	-740.0	6.441
51	89	-93	-740.0	7.988
52	89	-57	-740.0	12.950
53	346	-150	-778.4	5.193
54	302	-146	-772.0	5.297
55	346	-129	-778.4	6.053
56	302	-124	-772.0	6.203
57	346	-144	-778.4	5.408
58	302	-140	-772.0	5.522
59	346	-165	-778.4	4.711
60	302	-161	-772.0	4.792

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	37 di 94

61	302	-148	-772.0	5.226
62	302	-112	-772.0	6.878
63	302	-138	-772.0	5.602
64	302	-173	-772.0	4.454
65	346	-150	-778.4	5.193
66	128	-129	-746.0	5.774
67	346	-129	-778.4	6.053
68	128	-108	-746.0	6.913
69	346	-144	-778.4	5.408
70	128	-123	-746.0	6.053
71	346	-165	-778.4	4.711
72	128	-145	-746.0	5.161
73	128	-131	-746.0	5.686
74	128	-96	-746.0	7.796
75	128	-121	-746.0	6.151
76	128	-157	-746.0	4.759
77	346	-150	-778.4	5.174
78	302	-146	-772.0	5.277
79	346	-129	-778.4	6.027
80	302	-125	-772.0	6.176
81	346	-145	-778.4	5.387
82	302	-140	-772.0	5.500
83	346	-166	-778.4	4.695
84	302	-162	-772.0	4.776
85	302	-148	-772.0	5.206
86	302	-113	-772.0	6.844
87	302	-138	-772.0	5.579
88	302	-174	-772.0	4.440
89	346	-150	-778.4	5.174
90	128	-130	-746.0	5.749
91	346	-129	-778.4	6.027
92	128	-108	-746.0	6.878
93	346	-145	-778.4	5.387
94	128	-124	-746.0	6.025
95	346	-166	-778.4	4.695
96	128	-145	-746.0	5.141
97	128	-132	-746.0	5.663
98	128	-96	-746.0	7.751
99	128	-122	-746.0	6.123
100	128	-157	-746.0	4.742
101	89	-79	-740.0	9.321
102	89	-115	-740.0	6.441
103	89	-93	-740.0	7.988
104	89	-57	-740.0	12.950
105	448	-419	-793.4	1.892
106	384	-361	-784.1	2.170
107	448	-398	-793.4	1.993
108	384	-340	-784.1	2.306

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	38 di 94

109	448	-413	-793.4	1.919
110	384	-355	-784.1	2.206
111	448	-435	-793.4	1.825
112	384	-377	-784.1	2.082
113	384	-363	-784.1	2.158
114	384	-328	-784.1	2.392
115	384	-353	-784.1	2.219
116	384	-389	-784.1	2.016
117	448	-419	-793.4	1.892
118	169	-237	-752.2	3.174
119	448	-398	-793.4	1.993
120	169	-216	-752.2	3.487
121	448	-413	-793.4	1.919
122	169	-231	-752.2	3.256
123	448	-435	-793.4	1.825
124	169	-252	-752.2	2.981
125	169	-239	-752.2	3.148
126	169	-203	-752.2	3.697
127	169	-229	-752.2	3.284
128	169	-265	-752.2	2.843
129	448	-420	-793.4	1.889
130	384	-362	-784.1	2.167
131	448	-399	-793.4	1.990
132	384	-341	-784.1	2.302
133	448	-414	-793.4	1.916
134	384	-356	-784.1	2.203
135	448	-435	-793.4	1.823
136	384	-377	-784.1	2.078
137	384	-364	-784.1	2.155
138	384	-328	-784.1	2.388
139	384	-354	-784.1	2.215
140	384	-389	-784.1	2.013
141	448	-420	-793.4	1.889
142	169	-238	-752.2	3.167
143	448	-399	-793.4	1.990
144	169	-216	-752.2	3.478
145	448	-414	-793.4	1.916
146	169	-232	-752.2	3.248
147	448	-435	-793.4	1.823
148	169	-253	-752.2	2.974
149	169	-240	-752.2	3.140
150	169	-204	-752.2	3.687
151	169	-230	-752.2	3.276
152	169	-265	-752.2	2.837
153	89	-79	-740.0	9.321
154	89	-115	-740.0	6.441
155	89	-93	-740.0	7.988
156	89	-57	-740.0	12.950

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	39 di 94

157	211	-72	-758.5	10.509
158	195	-84	-756.0	9.045
159	211	-51	-758.5	14.908
160	195	-62	-756.0	12.138
161	211	-66	-758.5	11.453
162	195	-78	-756.0	9.738
163	211	-88	-758.5	8.666
164	195	-99	-756.0	7.642
165	195	-86	-756.0	8.836
166	195	-50	-756.0	15.100
167	195	-76	-756.0	9.994
168	195	-111	-756.0	6.802
169	211	-72	-758.5	10.509
170	236	-191	-762.1	3.982
171	211	-51	-758.5	14.908
172	236	-170	-762.1	4.481
173	211	-66	-758.5	11.453
174	236	-185	-762.1	4.110
175	211	-88	-758.5	8.666
176	236	-207	-762.1	3.687
177	236	-193	-762.1	3.942
178	236	-158	-762.1	4.828
179	236	-183	-762.1	4.155
180	236	-219	-762.1	3.481
181	211	-73	-758.5	10.429
182	195	-84	-756.0	8.986
183	211	-51	-758.5	14.747
184	195	-63	-756.0	12.031
185	211	-67	-758.5	11.358
186	195	-78	-756.0	9.669
187	211	-88	-758.5	8.611
188	195	-99	-756.0	7.599
189	195	-86	-756.0	8.779
190	195	-51	-756.0	14.934
191	195	-76	-756.0	9.921
192	195	-112	-756.0	6.768
193	211	-73	-758.5	10.429
194	236	-192	-762.1	3.971
195	211	-51	-758.5	14.747
196	236	-171	-762.1	4.467
197	211	-67	-758.5	11.358
198	236	-186	-762.1	4.098
199	211	-88	-758.5	8.611
200	236	-207	-762.1	3.677
201	236	-194	-762.1	3.930
202	236	-158	-762.1	4.811
203	236	-184	-762.1	4.142
204	236	-219	-762.1	3.472

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	40 di 94

205	89	-79	-740.0	9.321
206	89	-115	-740.0	6.441
207	89	-93	-740.0	7.988
208	89	-57	-740.0	12.950
209	314	-342	-773.8	2.265
210	277	-299	-768.3	2.568
211	314	-320	-773.8	2.415
212	277	-278	-768.3	2.765
213	314	-336	-773.8	2.305
214	277	-293	-768.3	2.620
215	314	-357	-773.8	2.167
216	277	-315	-768.3	2.443
217	277	-301	-768.3	2.551
218	277	-266	-768.3	2.892
219	277	-291	-768.3	2.638
220	277	-327	-768.3	2.351
221	314	-342	-773.8	2.265
222	277	-299	-768.3	2.568
223	314	-320	-773.8	2.415
224	277	-278	-768.3	2.765
225	314	-336	-773.8	2.305
226	277	-293	-768.3	2.620
227	314	-357	-773.8	2.167
228	277	-315	-768.3	2.443
229	277	-301	-768.3	2.551
230	277	-266	-768.3	2.892
231	277	-291	-768.3	2.638
232	277	-327	-768.3	2.351
233	314	-342	-773.8	2.261
234	277	-300	-768.3	2.563
235	314	-321	-773.8	2.411
236	277	-278	-768.3	2.759
237	314	-336	-773.8	2.301
238	277	-294	-768.3	2.615
239	314	-358	-773.8	2.164
240	277	-315	-768.3	2.438
241	277	-302	-768.3	2.546
242	277	-266	-768.3	2.886
243	277	-292	-768.3	2.633
244	277	-327	-768.3	2.347
245	314	-342	-773.8	2.261
246	277	-300	-768.3	2.563
247	314	-321	-773.8	2.411
248	277	-278	-768.3	2.759
249	314	-336	-773.8	2.301
250	277	-294	-768.3	2.615
251	314	-358	-773.8	2.164
252	277	-315	-768.3	2.438

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	41 di 94

253	277	-302	-768.3	2.546
254	277	-266	-768.3	2.886
255	277	-292	-768.3	2.633
256	277	-327	-768.3	2.347
257	89	-79	-740.0	9.321
258	89	-115	-740.0	6.441
259	89	-93	-740.0	7.988
260	89	-57	-740.0	12.950
261	86	-5	-739.4	146.101
262	86	7	-408.0	60.263
263	100	-42	-741.6	17.560
264	100	-30	-741.6	24.395
265	86	-2	-739.4	421.138
266	86	-14	-739.4	54.419
267	157	-198	-750.3	3.791
268	157	-186	-750.3	4.032
269	100	-39	-741.6	19.051
270	100	-51	-741.6	14.610
271	171	-235	-752.5	3.201
272	171	-223	-752.5	3.371
273	157	-195	-750.3	3.856
274	157	-206	-750.3	3.635
275	171	-232	-752.5	3.247
276	171	-244	-752.5	3.089
277	81	-3	-738.8	236.255
278	81	9	-407.3	46.792
279	95	-40	-740.9	18.387
280	95	-28	-740.9	26.029
281	81	0	-407.3	2283.175
282	81	-12	-738.8	63.394
283	153	-196	-749.7	3.825
284	153	-184	-749.7	4.071
285	95	-37	-740.9	20.030
286	95	-49	-740.9	15.176
287	167	-233	-751.8	3.225
288	167	-221	-751.8	3.397
289	153	-193	-749.7	3.891
290	153	-204	-749.7	3.666
291	167	-230	-751.8	3.271
292	167	-242	-751.8	3.111
293	116	-69	-744.0	10.785
294	116	-57	-744.0	13.018
295	130	-106	-746.2	7.029
296	130	-94	-746.2	7.911
297	116	-66	-744.0	11.328
298	116	-78	-744.0	9.599
299	137	-127	-747.3	5.892
300	137	-115	-747.3	6.498

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	42 di 94

301	130	-103	-746.2	7.255
302	130	-115	-746.2	6.507
303	151	-164	-749.4	4.570
304	151	-152	-749.4	4.925
305	137	-124	-747.3	6.049
306	137	-135	-747.3	5.521
307	151	-161	-749.4	4.664
308	151	-173	-749.4	4.344
309	101	-63	-741.8	11.862
310	101	-51	-741.8	14.630
311	115	-100	-744.0	7.461
312	115	-88	-744.0	8.466
313	101	-59	-741.8	12.524
314	101	-71	-741.8	10.439
315	123	-120	-745.1	6.189
316	123	-109	-745.1	6.863
317	115	-96	-744.0	7.717
318	115	-108	-744.0	6.874
319	137	-158	-747.2	4.742
320	137	-146	-747.2	5.128
321	123	-117	-745.1	6.364
322	123	-129	-745.1	5.780
323	137	-154	-747.2	4.844
324	137	-166	-747.2	4.499

9.4.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli $\phi 12 / 20 \times 20$).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	50	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	\emptyset_{sup}	26	mm
Diametro armatura tesa inf.	\emptyset_{inf}	26	
Diametro ferro ortogonale	\emptyset_{ferro} ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\emptyset_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	θ	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	381	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VEdy	NEd	σ_{cp}	$V_{Rd,c}$	$V_{Rcd,y}$	$V_{Rsd,y}$	$V_{Rd,y}$	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_83	-319.0	450.4			1595.8	573.5	573.5	1.798

9.4.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-25	0.125						
2	Non fessurata	0	-18	0.125						
3	Non fessurata	0	-23	0.125						
4	Non fessurata	0	-30	0.125						
5	Non fessurata	0	-32	0.125						
6	Non fessurata	0	-24	0.125						
7	Non fessurata	0	-30	0.125						
8	Non fessurata	0	-37	0.125						
9	Non fessurata	0	-26	0.125						
10	Non fessurata	0	-19	0.125						
11	Non fessurata	0	-24	0.125						
12	Non fessurata	0	-32	0.125						
13	Non fessurata	0	-33	0.125						
14	Non fessurata	0	-26	0.125						
15	Non fessurata	0	-31	0.125						
16	Non fessurata	0	-38	0.125						
17	Fessurata	-96	-75	0.125	148609	100	212	0.0003	0.071	0.121
18	Fessurata	-89	-74	0.125	147630	100	212	0.0003	0.061	0.104
19	Fessurata	-94	-75	0.125	148355	100	212	0.0003	0.069	0.117
20	Fessurata	-102	-75	0.125	149244	100	213	0.0004	0.079	0.133
21	Fessurata	-98	-75	0.125	148782	100	212	0.0003	0.073	0.125
22	Fessurata	-90	-74	0.125	147828	100	212	0.0003	0.063	0.108
23	Fessurata	-96	-75	0.125	148534	100	212	0.0003	0.071	0.120
24	Fessurata	-103	-75	0.125	149401	100	213	0.0004	0.080	0.137
25	Non fessurata	0	-28	0.125						
26	Non fessurata	0	-21	0.125						
27	Non fessurata	0	-26	0.125						
28	Non fessurata	0	-34	0.125						
29	Non fessurata	0	-32	0.125						
30	Non fessurata	0	-24	0.125						
31	Non fessurata	0	-30	0.125						
32	Non fessurata	0	-37	0.125						
33	Non fessurata	0	-30	0.125						
34	Non fessurata	0	-22	0.125						
35	Non fessurata	0	-28	0.125						
36	Non fessurata	0	-35	0.125						
37	Non fessurata	0	-33	0.125						
38	Non fessurata	0	-26	0.125						
39	Non fessurata	0	-31	0.125						
40	Non fessurata	0	-38	0.125						
41	Fessurata	-64	-75	0.125	148510	100	212	0.0001	0.027	0.046
42	Non fessurata	0	-56	0.125						
43	Non fessurata	0	-62	0.125						
44	Fessurata	-69	-75	0.125	149449	100	213	0.0001	0.030	0.051
45	Fessurata	-65	-75	0.125	148770	100	212	0.0001	0.028	0.047
46	Non fessurata	0	-58	0.125						
47	Fessurata	-63	-75	0.125	148395	100	212	0.0001	0.027	0.046

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	45 di 94

48	Fessurata	-71	-75	0.125	149676	100	213	0.0002	0.032	0.055
49	Non fessurata	0	-25	0.125						
50	Non fessurata	0	-18	0.125						
51	Non fessurata	0	-23	0.125						
52	Non fessurata	0	-30	0.125						
53	Non fessurata	0	-26	0.125						
54	Non fessurata	0	-19	0.125						
55	Non fessurata	0	-24	0.125						
56	Non fessurata	0	-32	0.125						

9.5 VERIFICA SEZIONE 6: PIEDRITTO_ NODO SOLETTA INFERIORE

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

<i>B</i>	<i>H</i>
<i>[cm]</i>	<i>[cm]</i>
<i>100</i>	<i>50</i>

9.5.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	32	40.21	9.4
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	445	-485	-939.7	1.94
2	400	-428	-934.0	2.18
3	445	-493	-939.7	1.90
4	400	-437	-934.0	2.14
5	445	-493	-939.7	1.91
6	400	-436	-934.0	2.14
7	445	-484	-939.7	1.94
8	400	-428	-934.0	2.18
9	400	-426	-934.0	2.19
10	400	-440	-934.0	2.12
11	400	-439	-934.0	2.13
12	400	-425	-934.0	2.20
13	445	-485	-939.7	1.94
14	221	-201	-910.4	4.52
15	445	-493	-939.7	1.90
16	221	-210	-910.4	4.34
17	445	-493	-939.7	1.91
18	221	-209	-910.4	4.36
19	445	-484	-939.7	1.94
20	221	-201	-910.4	4.54
21	221	-199	-910.4	4.58
22	221	-213	-910.4	4.28
23	221	-211	-910.4	4.31
24	221	-198	-910.4	4.61
25	445	-484	-939.7	1.94
26	400	-428	-934.0	2.18
27	445	-493	-939.7	1.91
28	400	-436	-934.0	2.14
29	445	-492	-939.7	1.91
30	400	-435	-934.0	2.15
31	445	-484	-939.7	1.94
32	400	-427	-934.0	2.19
33	400	-425	-934.0	2.20
34	400	-439	-934.0	2.13
35	400	-438	-934.0	2.13
36	400	-424	-934.0	2.20
37	445	-484	-939.7	1.94
38	221	-201	-910.4	4.54
39	445	-493	-939.7	1.91
40	221	-209	-910.4	4.36
41	445	-492	-939.7	1.91
42	221	-208	-910.4	4.37

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	48 di 94

43	445	-484	-939.7	1.94
44	221	-200	-910.4	4.55
45	221	-198	-910.4	4.60
46	221	-212	-910.4	4.30
47	221	-211	-910.4	4.32
48	221	-197	-910.4	4.62
49	158	-147	-902.0	6.12
50	158	-133	-902.0	6.76
51	158	-130	-902.0	6.92
52	158	-144	-902.0	6.25
53	394	-631	-933.1	1.48
54	359	-545	-928.7	1.70
55	394	-639	-933.1	1.46
56	359	-553	-928.7	1.68
57	394	-638	-933.1	1.46
58	359	-552	-928.7	1.68
59	394	-630	-933.1	1.48
60	359	-544	-928.7	1.71
61	359	-542	-928.7	1.71
62	359	-556	-928.7	1.67
63	359	-555	-928.7	1.67
64	359	-541	-928.7	1.72
65	394	-631	-933.1	1.48
66	221	-201	-910.4	4.52
67	394	-639	-933.1	1.46
68	221	-210	-910.4	4.34
69	394	-638	-933.1	1.46
70	221	-209	-910.4	4.36
71	394	-630	-933.1	1.48
72	221	-201	-910.4	4.54
73	221	-199	-910.4	4.58
74	221	-213	-910.4	4.28
75	221	-211	-910.4	4.31
76	221	-198	-910.4	4.61
77	394	-630	-933.1	1.48
78	359	-544	-928.7	1.71
79	394	-638	-933.1	1.46
80	359	-552	-928.7	1.68
81	394	-638	-933.1	1.46
82	359	-552	-928.7	1.68
83	394	-629	-933.1	1.48
84	359	-543	-928.7	1.71
85	359	-541	-928.7	1.72
86	359	-555	-928.7	1.67
87	359	-554	-928.7	1.68
88	359	-540	-928.7	1.72
89	394	-630	-933.1	1.48
90	221	-201	-910.4	4.54

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	49 di 94

91	394	-638	-933.1	1.46
92	221	-209	-910.4	4.36
93	394	-638	-933.1	1.46
94	221	-208	-910.4	4.37
95	394	-629	-933.1	1.48
96	221	-200	-910.4	4.55
97	221	-198	-910.4	4.60
98	221	-212	-910.4	4.30
99	221	-211	-910.4	4.32
100	221	-197	-910.4	4.62
101	158	-147	-902.0	6.12
102	158	-133	-902.0	6.76
103	158	-130	-902.0	6.92
104	158	-144	-902.0	6.25
105	496	-340	-946.1	2.79
106	441	-312	-939.2	3.01
107	496	-348	-946.1	2.72
108	441	-320	-939.2	2.93
109	496	-347	-946.1	2.72
110	441	-320	-939.2	2.94
111	496	-339	-946.1	2.79
112	441	-311	-939.2	3.02
113	441	-309	-939.2	3.03
114	441	-323	-939.2	2.90
115	441	-322	-939.2	2.92
116	441	-308	-939.2	3.05
117	496	-340	-946.1	2.79
118	262	-85	-915.9	10.78
119	496	-348	-946.1	2.72
120	262	-93	-915.9	9.82
121	496	-347	-946.1	2.72
122	262	-93	-915.9	9.89
123	496	-339	-946.1	2.79
124	262	-84	-915.9	10.87
125	262	-82	-915.9	11.11
126	262	-96	-915.9	9.51
127	262	-95	-915.9	9.63
128	262	-81	-915.9	11.28
129	496	-339	-946.1	2.79
130	441	-311	-939.2	3.02
131	496	-347	-946.1	2.72
132	441	-320	-939.2	2.94
133	496	-347	-946.1	2.73
134	441	-319	-939.2	2.94
135	496	-338	-946.1	2.80
136	441	-311	-939.2	3.02
137	441	-309	-939.2	3.04
138	441	-323	-939.2	2.91

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	50 di 94

139	441	-321	-939.2	2.92
140	441	-308	-939.2	3.05
141	496	-339	-946.1	2.79
142	262	-84	-915.9	10.87
143	496	-347	-946.1	2.72
144	262	-93	-915.9	9.89
145	496	-347	-946.1	2.73
146	262	-92	-915.9	9.97
147	496	-338	-946.1	2.80
148	262	-84	-915.9	10.97
149	262	-82	-915.9	11.21
150	262	-96	-915.9	9.58
151	262	-94	-915.9	9.70
152	262	-81	-915.9	11.38
153	158	-147	-902.0	6.12
154	158	-133	-902.0	6.76
155	158	-130	-902.0	6.92
156	158	-144	-902.0	6.25
157	282	-489	-918.6	1.88
158	269	-431	-917.0	2.13
159	282	-497	-918.6	1.85
160	269	-440	-917.0	2.09
161	282	-496	-918.6	1.85
162	269	-439	-917.0	2.09
163	282	-488	-918.6	1.88
164	269	-430	-917.0	2.13
165	269	-429	-917.0	2.14
166	269	-443	-917.0	2.07
167	269	-441	-917.0	2.08
168	269	-427	-917.0	2.15
169	282	-489	-918.6	1.88
170	311	-315	-922.3	2.93
171	282	-497	-918.6	1.85
172	311	-323	-922.3	2.85
173	282	-496	-918.6	1.85
174	311	-322	-922.3	2.86
175	282	-488	-918.6	1.88
176	311	-314	-922.3	2.94
177	311	-312	-922.3	2.95
178	311	-326	-922.3	2.83
179	311	-325	-922.3	2.84
180	311	-311	-922.3	2.96
181	282	-488	-918.6	1.88
182	269	-430	-917.0	2.13
183	282	-496	-918.6	1.85
184	269	-439	-917.0	2.09
185	282	-496	-918.6	1.85
186	269	-438	-917.0	2.09

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
 Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	51 di 94

187	282	-487	-918.6	1.89
188	269	-430	-917.0	2.13
189	269	-428	-917.0	2.14
190	269	-442	-917.0	2.08
191	269	-441	-917.0	2.08
192	269	-427	-917.0	2.15
193	282	-488	-918.6	1.88
194	311	-314	-922.3	2.94
195	282	-496	-918.6	1.85
196	311	-322	-922.3	2.86
197	282	-496	-918.6	1.85
198	311	-322	-922.3	2.87
199	282	-487	-918.6	1.89
200	311	-313	-922.3	2.94
201	311	-312	-922.3	2.96
202	311	-325	-922.3	2.83
203	311	-324	-922.3	2.84
204	311	-310	-922.3	2.97
205	158	-147	-902.0	6.12
206	158	-133	-902.0	6.76
207	158	-130	-902.0	6.92
208	158	-144	-902.0	6.25
209	384	-198	-931.9	4.71
210	352	-198	-927.7	4.67
211	384	-206	-931.9	4.52
212	352	-207	-927.7	4.49
213	384	-205	-931.9	4.54
214	352	-206	-927.7	4.50
215	384	-197	-931.9	4.73
216	352	-198	-927.7	4.69
217	352	-196	-927.7	4.73
218	352	-210	-927.7	4.42
219	352	-209	-927.7	4.45
220	352	-195	-927.7	4.76
221	384	-198	-931.9	4.71
222	352	-198	-927.7	4.67
223	384	-206	-931.9	4.52
224	352	-207	-927.7	4.49
225	384	-205	-931.9	4.54
226	352	-206	-927.7	4.50
227	384	-197	-931.9	4.73
228	352	-198	-927.7	4.69
229	352	-196	-927.7	4.73
230	352	-210	-927.7	4.42
231	352	-209	-927.7	4.45
232	352	-195	-927.7	4.76
233	384	-197	-931.9	4.73
234	352	-198	-927.7	4.69

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	52 di 94

235	384	-205	-931.9	4.54
236	352	-206	-927.7	4.50
237	384	-205	-931.9	4.55
238	352	-205	-927.7	4.52
239	384	-196	-931.9	4.75
240	352	-197	-927.7	4.71
241	352	-195	-927.7	4.75
242	352	-209	-927.7	4.44
243	352	-208	-927.7	4.46
244	352	-194	-927.7	4.78
245	384	-197	-931.9	4.73
246	352	-198	-927.7	4.69
247	384	-205	-931.9	4.54
248	352	-206	-927.7	4.50
249	384	-205	-931.9	4.55
250	352	-205	-927.7	4.52
251	384	-196	-931.9	4.75
252	352	-197	-927.7	4.71
253	352	-195	-927.7	4.75
254	352	-209	-927.7	4.44
255	352	-208	-927.7	4.46
256	352	-194	-927.7	4.78
257	158	-147	-902.0	6.12
258	158	-133	-902.0	6.76
259	158	-130	-902.0	6.92
260	158	-144	-902.0	6.25
261	148	-349	-900.6	2.58
262	148	-354	-900.6	2.54
263	162	-309	-902.6	2.92
264	162	-314	-902.6	2.88
265	148	-354	-900.6	2.55
266	148	-349	-900.6	2.58
267	219	-65	-910.3	13.94
268	219	-70	-910.3	13.02
269	162	-313	-902.6	2.88
270	162	-309	-902.6	2.92
271	234	-25	-912.2	36.24
272	234	-30	-912.2	30.61
273	219	-70	-910.3	13.09
274	219	-65	-910.3	14.03
275	234	-29	-912.2	31.02
276	234	-25	-912.2	36.82
277	143	-348	-900.0	2.58
278	143	-353	-900.0	2.55
279	158	-308	-902.0	2.92
280	158	-313	-902.0	2.88
281	143	-353	-900.0	2.55
282	143	-348	-900.0	2.59

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	53 di 94

283	215	-64	-909.7	14.12
284	215	-69	-909.7	13.18
285	158	-313	-902.0	2.89
286	158	-308	-902.0	2.93
287	229	-24	-911.6	37.54
288	229	-29	-911.6	31.53
289	215	-69	-909.7	13.25
290	215	-64	-909.7	14.21
291	229	-29	-911.6	31.97
292	229	-24	-911.6	38.16
293	178	-242	-904.7	3.74
294	178	-246	-904.7	3.67
295	192	-202	-906.6	4.50
296	192	-206	-906.6	4.39
297	178	-246	-904.7	3.68
298	178	-241	-904.7	3.75
299	200	-157	-907.6	5.80
300	200	-161	-907.6	5.63
301	192	-206	-906.6	4.40
302	192	-201	-906.6	4.50
303	214	-116	-909.5	7.81
304	214	-121	-909.5	7.51
305	200	-161	-907.6	5.64
306	200	-156	-907.6	5.81
307	214	-121	-909.5	7.54
308	214	-116	-909.5	7.84
309	163	-239	-902.8	3.78
310	163	-243	-902.8	3.71
311	178	-199	-904.7	4.55
312	178	-203	-904.7	4.45
313	163	-243	-902.8	3.71
314	163	-238	-902.8	3.79
315	185	-154	-905.6	5.89
316	185	-158	-905.6	5.72
317	178	-203	-904.7	4.46
318	178	-198	-904.7	4.56
319	199	-114	-907.5	8.00
320	199	-118	-907.5	7.68
321	185	-158	-905.6	5.74
322	185	-153	-905.6	5.91
323	199	-118	-907.5	7.71
324	199	-113	-907.5	8.02

9.5.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli $\phi 12 / 20 \times 20$).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	50	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	26	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	26	
Diametro ferro ortogonale	ϕ_{ferro} ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	θ	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
$n^{\circ}_{st.} / m$	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
$z = 0.9d$	381	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VE _{dy}	NE _d	sc _p	VR _{d,c}	VR _{cd,y}	VR _{sd,y}	VR _{d,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_3	482.2	391.3			1584.6	573.5	573.5	1.189

9.5.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Fessurata	-127	-67	0.125	146499	100	209	0.0005	0.114	0.194	Verificato
2	Fessurata	-129	-67	0.125	146637	100	209	0.0006	0.117	0.198	Verificato
3	Fessurata	-129	-67	0.125	146632	100	209	0.0006	0.116	0.198	Verificato
4	Fessurata	-127	-67	0.125	146494	100	209	0.0005	0.114	0.193	Verificato
5	Non fessurata	0	-36	0.125							
6	Non fessurata	0	-39	0.125							
7	Non fessurata	0	-39	0.125							
8	Non fessurata	0	-36	0.125							
9	Fessurata	-125	-67	0.125	146404	100	209	0.0005	0.112	0.191	Verificato
10	Fessurata	-128	-67	0.125	146545	100	209	0.0005	0.115	0.195	Verificato
11	Fessurata	-128	-67	0.125	146539	100	209	0.0005	0.115	0.195	Verificato
12	Fessurata	-125	-67	0.125	146399	100	209	0.0005	0.112	0.190	Verificato
13	Non fessurata	0	-35	0.125							
14	Non fessurata	0	-37	0.125							
15	Non fessurata	0	-37	0.125							
16	Non fessurata	0	-35	0.125							
17	Fessurata	-55	-60	0.125	134244	100	206	0.0001	0.023	0.040	Verificato
18	Fessurata	-58	-61	0.125	134872	100	206	0.0001	0.026	0.045	Verificato
19	Fessurata	-57	-61	0.125	134849	100	206	0.0001	0.026	0.045	Verificato
20	Fessurata	-55	-60	0.125	134220	100	206	0.0001	0.023	0.039	Verificato
21	Fessurata	-54	-60	0.125	133799	100	206	0.0001	0.022	0.038	Verificato
22	Fessurata	-56	-60	0.125	134453	100	206	0.0001	0.024	0.041	Verificato
23	Fessurata	-56	-60	0.125	134429	100	206	0.0001	0.024	0.041	Verificato
24	Fessurata	-54	-60	0.125	133774	100	206	0.0001	0.022	0.038	Verificato
25	Fessurata	-82	-66	0.125	144487	100	208	0.0003	0.057	0.097	Verificato
26	Fessurata	-84	-66	0.125	144741	100	208	0.0003	0.060	0.102	Verificato
27	Fessurata	-84	-66	0.125	144732	100	208	0.0003	0.060	0.102	Verificato
28	Fessurata	-82	-66	0.125	144478	100	208	0.0003	0.057	0.097	Verificato
29	Non fessurata	0	-36	0.125							
30	Non fessurata	0	-39	0.125							
31	Non fessurata	0	-39	0.125							
32	Non fessurata	0	-36	0.125							
33	Fessurata	-80	-66	0.125	144310	100	208	0.0003	0.055	0.094	Verificato
34	Fessurata	-82	-66	0.125	144571	100	208	0.0003	0.058	0.099	Verificato
35	Fessurata	-82	-66	0.125	144562	100	208	0.0003	0.058	0.099	Verificato
36	Fessurata	-80	-66	0.125	144300	100	208	0.0003	0.055	0.094	Verificato
37	Non fessurata	0	-35	0.125							
38	Non fessurata	0	-37	0.125							
39	Non fessurata	0	-37	0.125							
40	Non fessurata	0	-35	0.125							
41	Non fessurata	0	-46	0.125							
42	Non fessurata	0	-48	0.125							
43	Non fessurata	0	-48	0.125							
44	Non fessurata	0	-46	0.125							

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	56 di 94

45	Non fessurata	0	-44	0.125							
46	Non fessurata	0	-47	0.125							
47	Non fessurata	0	-47	0.125							
48	Non fessurata	0	-44	0.125							
49	Fessurata	-127	-67	0.125	146499	100	209	0.0005	0.114	0.194	Verificato
50	Fessurata	-129	-67	0.125	146637	100	209	0.0006	0.117	0.198	Verificato
51	Fessurata	-129	-67	0.125	146632	100	209	0.0006	0.116	0.198	Verificato
52	Fessurata	-127	-67	0.125	146494	100	209	0.0005	0.114	0.193	Verificato
53	Fessurata	-125	-67	0.125	146404	100	209	0.0005	0.112	0.191	Verificato
54	Fessurata	-128	-67	0.125	146545	100	209	0.0005	0.115	0.195	Verificato
55	Fessurata	-128	-67	0.125	146539	100	209	0.0005	0.115	0.195	Verificato
56	Fessurata	-125	-67	0.125	146399	100	209	0.0005	0.112	0.190	Verificato

9.6 VERIFICA SEZIONE 4: SOLETTA SUPERIORE_ NODO PIEDRITTO

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	50

9.6.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni di carico più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	26	26.55	9.1
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	26	26.55	9.1
5	20	15.71	8.8
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	N	M	Mu	CN_{=cost}
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	293	-276	-638.5	2.31
2	268	-248	-634.6	2.56
3	288	-254	-637.7	2.51
4	263	-226	-633.7	2.80
5	291	-270	-638.1	2.36
6	266	-242	-634.2	2.62
7	296	-292	-639.0	2.19
8	271	-264	-635.0	2.41
9	269	-250	-634.7	2.54
10	260	-214	-633.3	2.96
11	265	-240	-634.1	2.64
12	274	-276	-635.5	2.30
13	293	-276	-638.5	2.31
14	168	-135	-618.8	4.58
15	288	-254	-637.7	2.51
16	163	-113	-617.9	5.46
17	291	-270	-638.1	2.36
18	166	-129	-618.4	4.80
19	296	-292	-639.0	2.19
20	171	-151	-619.3	4.10
21	169	-137	-618.9	4.51
22	160	-101	-617.5	6.13
23	165	-127	-618.3	4.87
24	174	-163	-619.7	3.79
25	293	-277	-638.6	2.31
26	268	-249	-634.6	2.55
27	288	-255	-637.7	2.50
28	263	-227	-633.8	2.79
29	291	-271	-638.2	2.36
30	266	-242	-634.2	2.62
31	296	-293	-639.0	2.18
32	271	-264	-635.1	2.40
33	269	-251	-634.8	2.53
34	260	-214	-633.3	2.96
35	265	-240	-634.1	2.64
36	274	-277	-635.5	2.29
37	293	-277	-638.6	2.31
38	168	-136	-618.8	4.56
39	288	-255	-637.7	2.50
40	163	-114	-618.0	5.43
41	291	-271	-638.2	2.36
42	166	-130	-618.4	4.77
43	296	-293	-639.0	2.18
44	171	-152	-619.3	4.09

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	59 di 94

45	169	-138	-619.0	4.49
46	160	-101	-617.5	6.10
47	165	-127	-618.3	4.85
48	174	-164	-619.7	3.78
49	108	-83	-609.3	7.38
50	117	-119	-610.8	5.13
51	114	-96	-610.2	6.33
52	105	-60	-608.8	10.17
53	248	-142	-631.5	4.46
54	232	-140	-629.0	4.48
55	243	-120	-630.6	5.27
56	227	-118	-628.1	5.31
57	246	-135	-631.1	4.66
58	230	-134	-628.6	4.69
59	251	-157	-632.0	4.02
60	235	-156	-629.4	4.03
61	233	-142	-629.1	4.42
62	224	-106	-627.7	5.93
63	229	-132	-628.5	4.76
64	238	-169	-629.9	3.73
65	248	-142	-631.5	4.46
66	168	-135	-618.8	4.58
67	243	-120	-630.6	5.27
68	163	-113	-617.9	5.46
69	246	-135	-631.1	4.66
70	166	-129	-618.4	4.80
71	251	-157	-632.0	4.02
72	171	-151	-619.3	4.10
73	169	-137	-618.9	4.51
74	160	-101	-617.5	6.13
75	165	-127	-618.3	4.87
76	174	-163	-619.7	3.79
77	249	-142	-631.5	4.44
78	233	-141	-629.0	4.46
79	243	-120	-630.7	5.24
80	227	-119	-628.2	5.28
81	246	-136	-631.1	4.64
82	230	-135	-628.6	4.67
83	252	-158	-632.0	4.00
84	235	-157	-629.5	4.02
85	233	-143	-629.1	4.40
86	224	-106	-627.7	5.90
87	229	-133	-628.5	4.74
88	238	-169	-629.9	3.72
89	249	-142	-631.5	4.44
90	168	-136	-618.8	4.56
91	243	-120	-630.7	5.24
92	163	-114	-618.0	5.43

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	60 di 94

93	246	-136	-631.1	4.64
94	166	-130	-618.4	4.77
95	252	-158	-632.0	4.00
96	171	-152	-619.3	4.09
97	169	-138	-619.0	4.49
98	160	-101	-617.5	6.10
99	165	-127	-618.3	4.85
100	174	-164	-619.7	3.78
101	108	-83	-609.3	7.38
102	117	-119	-610.8	5.13
103	114	-96	-610.2	6.33
104	105	-60	-608.8	10.17
105	338	-411	-645.5	1.57
106	304	-356	-640.2	1.80
107	333	-389	-644.7	1.66
108	299	-334	-639.4	1.91
109	335	-405	-645.1	1.59
110	302	-350	-639.8	1.83
111	341	-427	-646.0	1.51
112	307	-372	-640.7	1.72
113	305	-358	-640.3	1.79
114	296	-321	-638.9	1.99
115	301	-348	-639.7	1.84
116	310	-384	-641.1	1.67
117	338	-411	-645.5	1.57
118	204	-243	-624.5	2.57
119	333	-389	-644.7	1.66
120	198	-221	-623.6	2.82
121	335	-405	-645.1	1.59
122	201	-237	-624.1	2.64
123	341	-427	-646.0	1.51
124	207	-259	-624.9	2.42
125	205	-245	-624.6	2.55
126	196	-208	-623.2	2.99
127	201	-235	-624.0	2.66
128	210	-271	-625.4	2.31
129	338	-412	-645.6	1.57
130	304	-357	-640.2	1.80
131	333	-390	-644.7	1.65
132	299	-335	-639.4	1.91
133	336	-405	-645.2	1.59
134	302	-350	-639.9	1.83
135	341	-427	-646.0	1.51
136	307	-372	-640.7	1.72
137	305	-359	-640.4	1.79
138	296	-322	-639.0	1.98
139	301	-348	-639.7	1.84
140	310	-385	-641.1	1.67

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	61 di 94

141	338	-412	-645.6	1.57
142	204	-244	-624.5	2.56
143	333	-390	-644.7	1.65
144	199	-222	-623.7	2.81
145	336	-405	-645.2	1.59
146	202	-237	-624.1	2.63
147	341	-427	-646.0	1.51
148	207	-259	-625.0	2.41
149	205	-246	-624.6	2.54
150	196	-209	-623.2	2.98
151	201	-235	-624.0	2.65
152	210	-272	-625.4	2.30
153	108	-83	-609.3	7.38
154	117	-119	-610.8	5.13
155	114	-96	-610.2	6.33
156	105	-60	-608.8	10.17
157	186	-71	-621.6	8.75
158	182	-84	-621.1	7.40
159	180	-49	-620.8	12.64
160	177	-62	-620.2	10.01
161	183	-65	-621.2	9.58
162	180	-78	-620.7	7.99
163	189	-87	-622.1	7.17
164	185	-100	-621.5	6.24
165	183	-86	-621.2	7.22
166	174	-49	-619.8	12.55
167	179	-76	-620.5	8.21
168	188	-112	-622.0	5.54
169	186	-71	-621.6	8.75
170	218	-192	-626.7	3.27
171	180	-49	-620.8	12.64
172	213	-170	-625.9	3.69
173	183	-65	-621.2	9.58
174	216	-185	-626.3	3.38
175	189	-87	-622.1	7.17
176	221	-207	-627.2	3.02
177	219	-194	-626.9	3.24
178	210	-157	-625.4	3.98
179	215	-183	-626.2	3.42
180	224	-220	-627.6	2.85
181	186	-72	-621.7	8.67
182	182	-84	-621.1	7.35
183	181	-50	-620.8	12.49
184	177	-63	-620.2	9.92
185	184	-65	-621.3	9.50
186	180	-78	-620.7	7.93
187	189	-87	-622.1	7.12
188	185	-100	-621.6	6.20

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	62 di 94

189	183	-87	-621.2	7.18
190	174	-50	-619.8	12.41
191	179	-76	-620.6	8.15
192	188	-113	-622.0	5.52
193	186	-72	-621.7	8.67
194	218	-192	-626.8	3.26
195	181	-50	-620.8	12.49
196	213	-170	-625.9	3.68
197	184	-65	-621.3	9.50
198	216	-186	-626.4	3.37
199	189	-87	-622.1	7.12
200	221	-208	-627.2	3.02
201	219	-194	-626.9	3.23
202	210	-158	-625.5	3.97
203	215	-184	-626.3	3.40
204	224	-221	-627.7	2.85
205	108	-83	-609.3	7.38
206	117	-119	-610.8	5.13
207	114	-96	-610.2	6.33
208	105	-60	-608.8	10.17
209	275	-341	-635.7	1.87
210	254	-299	-632.4	2.11
211	270	-319	-634.9	1.99
212	248	-277	-631.5	2.28
213	273	-334	-635.3	1.90
214	251	-293	-632.0	2.16
215	278	-356	-636.2	1.79
216	257	-315	-632.8	2.01
217	255	-302	-632.5	2.10
218	246	-265	-631.1	2.38
219	251	-291	-631.8	2.17
220	260	-328	-633.3	1.93
221	275	-341	-635.7	1.87
222	254	-299	-632.4	2.11
223	270	-319	-634.9	1.99
224	248	-277	-631.5	2.28
225	273	-334	-635.3	1.90
226	251	-293	-632.0	2.16
227	278	-356	-636.2	1.79
228	257	-315	-632.8	2.01
229	255	-302	-632.5	2.10
230	246	-265	-631.1	2.38
231	251	-291	-631.8	2.17
232	260	-328	-633.3	1.93
233	276	-341	-635.8	1.86
234	254	-300	-632.4	2.11
235	270	-319	-634.9	1.99
236	249	-278	-631.5	2.27

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	63 di 94

237	273	-335	-635.4	1.90
238	252	-294	-632.0	2.15
239	279	-357	-636.2	1.78
240	257	-316	-632.9	2.00
241	255	-302	-632.5	2.09
242	246	-266	-631.1	2.38
243	251	-292	-631.9	2.17
244	260	-328	-633.3	1.93
245	276	-341	-635.8	1.86
246	254	-300	-632.4	2.11
247	270	-319	-634.9	1.99
248	249	-278	-631.5	2.27
249	273	-335	-635.4	1.90
250	252	-294	-632.0	2.15
251	279	-357	-636.2	1.78
252	257	-316	-632.9	2.00
253	255	-302	-632.5	2.09
254	246	-266	-631.1	2.38
255	251	-292	-631.9	2.17
256	260	-328	-633.3	1.93
257	108	-83	-609.3	7.38
258	117	-119	-610.8	5.13
259	114	-96	-610.2	6.33
260	105	-60	-608.8	10.17
261	135	-12	-613.6	51.53
262	132	0	-415.6	1379.69
263	147	-49	-615.5	12.54
264	144	-37	-615.0	16.68
265	134	-8	-613.3	72.76
266	137	-21	-613.8	29.74
267	160	-200	-617.6	3.09
268	157	-188	-617.1	3.29
269	146	-46	-615.3	13.50
270	149	-58	-615.8	10.65
271	173	-237	-619.6	2.61
272	170	-225	-619.1	2.75
273	159	-196	-617.4	3.14
274	162	-209	-617.9	2.96
275	171	-234	-619.3	2.65
276	174	-246	-619.8	2.52
277	135	-10	-613.5	59.04
278	132	2	-415.5	228.91
279	147	-48	-615.5	12.94
280	144	-35	-615.0	17.40
281	133	-7	-613.3	88.69
282	136	-19	-613.8	32.10
283	160	-198	-617.6	3.11
284	157	-186	-617.1	3.31

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	64 di 94

285	146	-44	-615.3	13.96
286	149	-56	-615.7	10.94
287	173	-236	-619.5	2.63
288	170	-223	-619.1	2.77
289	159	-195	-617.4	3.17
290	162	-207	-617.8	2.98
291	171	-232	-619.3	2.67
292	174	-244	-619.8	2.54
293	127	-72	-612.3	8.55
294	124	-59	-611.9	10.30
295	140	-109	-614.3	5.65
296	137	-97	-613.8	6.36
297	126	-68	-612.1	8.99
298	129	-80	-612.6	7.63
299	135	-128	-613.5	4.79
300	132	-116	-613.1	5.30
301	138	-105	-614.1	5.83
302	141	-117	-614.6	5.23
303	147	-165	-615.5	3.73
304	144	-153	-615.0	4.02
305	134	-125	-613.3	4.93
306	137	-137	-613.8	4.49
307	146	-162	-615.3	3.81
308	149	-174	-615.8	3.54
309	127	-67	-612.2	9.20
310	124	-54	-611.8	11.26
311	139	-104	-614.2	5.92
312	136	-91	-613.7	6.71
313	125	-63	-612.0	9.70
314	128	-75	-612.5	8.14
315	134	-123	-613.4	4.99
316	131	-111	-613.0	5.54
317	138	-100	-614.0	6.13
318	141	-112	-614.5	5.46
319	147	-160	-615.4	3.84
320	144	-148	-614.9	4.16
321	133	-119	-613.2	5.13
322	136	-132	-613.7	4.66
323	145	-157	-615.2	3.93
324	148	-169	-615.7	3.65

9.6.2 Taglio

La sezione richiede armatura a Taglio (spilli $\phi 12 / 20 \times 20$).

Caratteristiche Sezione in C.A.			
Larghezza della Sezione	bw	100	cm
Altezza della Sezione	H	50	cm
Copriferro Superiore	c	50	mm
Copriferro Inferiore		50	
Diametro armatura tesa sup.	ϕ_{sup}	20	mm
Diametro armatura tesa inf.	ϕ_{inf}	26	
Diametro ferro ortogonale	ϕ_{ferro} ortogonale	14	mm

Caratteristiche Armatura a Taglio			
Diametro staffa	$\phi_{st.}$	14	mm
N° di bracci resistenti a Taglio	nb	5	
Passo Staffe	s	20	cm
Inclinazione del puntone	θ	45	°
Qta. min. armatura a taglio	$(AsW/s)_{min.}$	1500	mm ² / m

Sezione Armata a Taglio: Dati		
n°st. /m	5	1/m
Asw	770	mm ²
ctg θ	1	
ctg α	0	
z = 0.9d	383	mm
f 'cd	7.93	MPa

Si riporta la verifica per la combinazione più gravosa.

Nome Combinazione	VEdy	NEd	σ_{cp}	V _{Rd,c}	V _{Rcd,y}	V _{Rsd,y}	V _{Rd,y}	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_1_53	-383.9	335.8			1585.2	577.6	577.6	1.505

9.6.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]
1	Non fessurata	0	-31	0.13						
2	Non fessurata	0	-22	0.13						
3	Non fessurata	0	-28	0.13						
4	Non fessurata	0	-38	0.13						
5	Non fessurata	0	-42	0.13						
6	Non fessurata	0	-32	0.13						
7	Non fessurata	0	-39	0.13						
8	Non fessurata	0	-49	0.13						
9	Non fessurata	0	-33	0.13						
10	Non fessurata	0	-23	0.13						
11	Non fessurata	0	-30	0.13						
12	Non fessurata	0	-40	0.13						
13	Non fessurata	0	-44	0.13						
14	Non fessurata	0	-34	0.13						
15	Non fessurata	0	-41	0.13						
16	Non fessurata	0	-51	0.13						
17	Fessurata	-121	-92	0.13	####	100	221	####	###	###
18	Fessurata	-112	-91	0.13	####	100	221	####	###	###
19	Fessurata	-119	-92	0.13	####	100	221	####	###	###
20	Fessurata	-128	-92	0.13	####	100	221	####	###	###
21	Fessurata	-123	-92	0.13	####	100	221	####	###	###
22	Fessurata	-114	-91	0.13	####	100	221	####	###	###
23	Fessurata	-120	-92	0.13	####	100	221	####	###	###
24	Fessurata	-130	-92	0.13	####	100	221	####	###	###
25	Non fessurata	0	-36	0.13						
26	Non fessurata	0	-27	0.13						
27	Non fessurata	0	-34	0.13						
28	Non fessurata	0	-43	0.13						
29	Non fessurata	0	-42	0.13						
30	Non fessurata	0	-32	0.13						
31	Non fessurata	0	-39	0.13						
32	Non fessurata	0	-49	0.13						
33	Non fessurata	0	-38	0.13						
34	Non fessurata	0	-29	0.13						
35	Non fessurata	0	-36	0.13						
36	Non fessurata	0	-45	0.13						
37	Non fessurata	0	-44	0.13						
38	Non fessurata	0	-34	0.13						
39	Non fessurata	0	-41	0.13						
40	Non fessurata	0	-51	0.13						
41	Fessurata	-82	-91	0.13	####	100	221	####	###	###
42	Non fessurata	0	-72	0.13						
43	Fessurata	-79	-90	0.13	####	100	221	####	###	###
44	Fessurata	-88	-91	0.13	####	100	221	####	###	###
45	Fessurata	-83	-91	0.13	####	100	221	####	###	###
46	Non fessurata	0	-74	0.13						
47	Fessurata	-81	-90	0.13	####	100	221	####	###	###

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	67 di 94

48	Fessurata	-90	-91	0.13	####	100	221	####	###	###
49	Non fessurata	0	-31	0.13						
50	Non fessurata	0	-22	0.13						
51	Non fessurata	0	-28	0.13						
52	Non fessurata	0	-38	0.13						
53	Non fessurata	0	-33	0.13						
54	Non fessurata	0	-23	0.13						
55	Non fessurata	0	-30	0.13						
56	Non fessurata	0	-40	0.13						

9.7 VERIFICA SEZIONE 5: SOLETTA SUPERIORE_ MEZZERIA

La sezione ha le seguenti caratteristiche geometriche:

B	H
[cm]	[cm]
100	50

9.7.1 Presso-Flessione

Si riportano le caratteristiche delle armature e i tabulati di verifica per le combinazioni più gravose.

Armatura inf As			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	24	22.62	7.6
5	16	10.05	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

Armatura sup A's			
n° ferri	Diametro	Area	copriferro
	[mm]	[cm ²]	[cm]
5	24	22.62	7.6
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0
0	16	0.00	0

RISULTATI VERIFICHE MULTIPLE				
	<u>N</u>	<u>M</u>	<u>Mu</u>	<u>CN_{=cost}</u>
	[KN]	[KN m]	[KN m]	
1	250	232	534.7	2.30
2	234	189	531.8	2.82
3	245	254	533.7	2.10
4	228	211	530.9	2.52
5	248	239	534.2	2.24
6	231	195	531.4	2.72
7	253	217	535.2	2.47
8	237	173	532.3	3.08
9	234	187	532.0	2.85
10	225	223	530.4	2.37
11	230	197	531.2	2.69
12	239	161	532.8	3.32
13	250	232	534.7	2.30
14	168	15	520.4	35.52
15	245	254	533.7	2.10
16	163	37	519.4	14.18
17	248	239	534.2	2.24
18	166	21	519.9	24.87
19	253	217	535.2	2.47
20	171	-1	382.9	359.66
21	169	13	520.5	41.43
22	160	49	518.9	10.55
23	165	23	519.8	22.60
24	174	-14	383.4	28.13
25	250	232	534.7	2.31
26	234	188	531.9	2.83
27	245	254	533.8	2.10
28	228	210	530.9	2.53
29	248	238	534.3	2.24
30	231	194	531.4	2.73
31	253	216	535.2	2.48
32	237	173	532.4	3.09
33	235	186	532.0	2.86
34	226	223	530.4	2.38
35	231	197	531.3	2.70
36	240	160	532.9	3.33
37	250	232	534.7	2.31
38	168	14	520.4	37.00
39	245	254	533.8	2.10
40	163	36	519.5	14.41
41	248	238	534.3	2.24
42	166	20	520.0	25.58
43	253	216	535.2	2.48

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	70 di 94

44	171	-2	382.9	232.25
45	169	12	520.5	43.45
46	160	49	519.0	10.68
47	165	22	519.8	23.19
48	174	-14	383.4	26.98
49	108	22	510.0	23.52
50	117	-15	373.3	24.99
51	114	8	510.9	65.94
52	105	44	509.3	11.48
53	250	232	534.7	2.30
54	234	189	531.8	2.82
55	245	254	533.7	2.10
56	228	211	530.9	2.52
57	248	239	534.2	2.24
58	231	195	531.4	2.72
59	253	217	535.2	2.47
60	237	173	532.3	3.08
61	234	187	532.0	2.85
62	225	223	530.4	2.37
63	230	197	531.2	2.69
64	239	161	532.8	3.32
65	250	232	534.7	2.30
66	168	15	520.4	35.52
67	245	254	533.7	2.10
68	163	37	519.4	14.18
69	248	239	534.2	2.24
70	166	21	519.9	24.87
71	253	217	535.2	2.47
72	171	-1	382.9	359.66
73	169	13	520.5	41.43
74	160	49	518.9	10.55
75	165	23	519.8	22.60
76	174	-14	383.4	28.13
77	250	232	534.7	2.31
78	234	188	531.9	2.83
79	245	254	533.8	2.10
80	228	210	530.9	2.53
81	248	238	534.3	2.24
82	231	194	531.4	2.73
83	253	216	535.2	2.48
84	237	173	532.4	3.09
85	235	186	532.0	2.86
86	226	223	530.4	2.38
87	231	197	531.3	2.70
88	240	160	532.9	3.33
89	250	232	534.7	2.31
90	168	14	520.4	37.00
91	245	254	533.8	2.10

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	71 di 94

92	163	36	519.5	14.41
93	248	238	534.3	2.24
94	166	20	520.0	25.58
95	253	216	535.2	2.48
96	171	-2	382.9	232.25
97	169	12	520.5	43.45
98	160	49	519.0	10.68
99	165	22	519.8	23.19
100	174	-14	383.4	26.98
101	108	22	510.0	23.52
102	117	-15	373.3	24.99
103	114	8	510.9	65.94
104	105	44	509.3	11.48
105	250	232	534.7	2.30
106	234	189	531.8	2.82
107	245	254	533.7	2.10
108	228	211	530.9	2.52
109	248	239	534.2	2.24
110	231	195	531.4	2.72
111	253	217	535.2	2.47
112	237	173	532.3	3.08
113	234	187	532.0	2.85
114	225	223	530.4	2.37
115	230	197	531.2	2.69
116	239	161	532.8	3.32
117	250	232	534.7	2.30
118	168	15	520.4	35.52
119	245	254	533.7	2.10
120	163	37	519.4	14.18
121	248	239	534.2	2.24
122	166	21	519.9	24.87
123	253	217	535.2	2.47
124	171	-1	382.9	359.66
125	169	13	520.5	41.43
126	160	49	518.9	10.55
127	165	23	519.8	22.60
128	174	-14	383.4	28.13
129	250	232	534.7	2.31
130	234	188	531.9	2.83
131	245	254	533.8	2.10
132	228	210	530.9	2.53
133	248	238	534.3	2.24
134	231	194	531.4	2.73
135	253	216	535.2	2.48
136	237	173	532.4	3.09
137	235	186	532.0	2.86
138	226	223	530.4	2.38
139	231	197	531.3	2.70

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	72 di 94

140	240	160	532.9	3.33
141	250	232	534.7	2.31
142	168	14	520.4	37.00
143	245	254	533.8	2.10
144	163	36	519.5	14.41
145	248	238	534.3	2.24
146	166	20	520.0	25.58
147	253	216	535.2	2.48
148	171	-2	382.9	232.25
149	169	12	520.5	43.45
150	160	49	519.0	10.68
151	165	22	519.8	23.19
152	174	-14	383.4	26.98
153	108	22	510.0	23.52
154	117	-15	373.3	24.99
155	114	8	510.9	65.94
156	105	44	509.3	11.48
157	209	123	527.5	4.27
158	201	102	526.1	5.17
159	204	145	526.6	3.62
160	195	124	525.1	4.25
161	207	130	527.1	4.06
162	198	108	525.7	4.87
163	212	108	528.0	4.90
164	204	86	526.6	6.12
165	202	100	526.2	5.28
166	193	136	524.7	3.85
167	198	110	525.5	4.77
168	207	73	527.1	7.18
169	209	123	527.5	4.27
170	201	102	526.1	5.17
171	204	145	526.6	3.62
172	195	124	525.1	4.25
173	207	130	527.1	4.06
174	198	108	525.7	4.87
175	212	108	528.0	4.90
176	204	86	526.6	6.12
177	202	100	526.2	5.28
178	193	136	524.7	3.85
179	198	110	525.5	4.77
180	207	73	527.1	7.18
181	209	123	527.6	4.29
182	201	101	526.1	5.20
183	204	145	526.6	3.63
184	196	123	525.2	4.27
185	207	129	527.1	4.08
186	199	107	525.7	4.89
187	212	107	528.1	4.93

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	73 di 94

188	204	85	526.6	6.16
189	202	99	526.3	5.31
190	193	136	524.7	3.87
191	198	109	525.6	4.80
192	207	73	527.1	7.23
193	209	123	527.6	4.29
194	201	101	526.1	5.20
195	204	145	526.6	3.63
196	196	123	525.2	4.27
197	207	129	527.1	4.08
198	199	107	525.7	4.89
199	212	107	528.1	4.93
200	204	85	526.6	6.16
201	202	99	526.3	5.31
202	193	136	524.7	3.87
203	198	109	525.6	4.80
204	207	73	527.1	7.23
205	108	22	510.0	23.52
206	117	-15	373.3	24.99
207	114	8	510.9	65.94
208	105	44	509.3	11.48
209	209	123	527.5	4.27
210	201	102	526.1	5.17
211	204	145	526.6	3.62
212	195	124	525.1	4.25
213	207	130	527.1	4.06
214	198	108	525.7	4.87
215	212	108	528.0	4.90
216	204	86	526.6	6.12
217	202	100	526.2	5.28
218	193	136	524.7	3.85
219	198	110	525.5	4.77
220	207	73	527.1	7.18
221	209	123	527.5	4.27
222	201	102	526.1	5.17
223	204	145	526.6	3.62
224	195	124	525.1	4.25
225	207	130	527.1	4.06
226	198	108	525.7	4.87
227	212	108	528.0	4.90
228	204	86	526.6	6.12
229	202	100	526.2	5.28
230	193	136	524.7	3.85
231	198	110	525.5	4.77
232	207	73	527.1	7.18
233	209	123	527.6	4.29
234	201	101	526.1	5.20
235	204	145	526.6	3.63

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	74 di 94

236	196	123	525.2	4.27
237	207	129	527.1	4.08
238	199	107	525.7	4.89
239	212	107	528.1	4.93
240	204	85	526.6	6.16
241	202	99	526.3	5.31
242	193	136	524.7	3.87
243	198	109	525.6	4.80
244	207	73	527.1	7.23
245	209	123	527.6	4.29
246	201	101	526.1	5.20
247	204	145	526.6	3.63
248	196	123	525.2	4.27
249	207	129	527.1	4.08
250	199	107	525.7	4.89
251	212	107	528.1	4.93
252	204	85	526.6	6.16
253	202	99	526.3	5.31
254	193	136	524.7	3.87
255	198	109	525.6	4.80
256	207	73	527.1	7.23
257	108	22	510.0	23.52
258	117	-15	373.3	24.99
259	114	8	510.9	65.94
260	105	44	509.3	11.48
261	148	32	516.9	16.25
262	145	44	516.3	11.73
263	148	32	516.9	16.25
264	145	44	516.3	11.73
265	147	35	516.6	14.64
266	150	23	517.2	22.40
267	148	32	516.9	16.25
268	145	44	516.3	11.73
269	147	35	516.6	14.64
270	150	23	517.2	22.40
271	148	32	516.9	16.25
272	145	44	516.3	11.73
273	147	35	516.6	14.64
274	150	23	517.2	22.40
275	147	35	516.6	14.64
276	150	23	517.2	22.40
277	148	28	516.8	18.35
278	145	40	516.3	12.79
279	148	28	516.8	18.35
280	145	40	516.3	12.79
281	146	32	516.6	16.33
282	149	19	517.1	26.61
283	148	28	516.8	18.35

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	75 di 94

284	145	40	516.3	12.79
285	146	32	516.6	16.33
286	149	19	517.1	26.61
287	148	28	516.8	18.35
288	145	40	516.3	12.79
289	146	32	516.6	16.33
290	149	19	517.1	26.61
291	146	32	516.6	16.33
292	149	19	517.1	26.61
293	131	44	514.0	11.69
294	128	56	513.4	9.14
295	131	44	514.0	11.69
296	128	56	513.4	9.14
297	130	47	513.7	10.83
298	133	35	514.3	14.60
299	131	44	514.0	11.69
300	128	56	513.4	9.14
301	130	47	513.7	10.83
302	133	35	514.3	14.60
303	131	44	514.0	11.69
304	128	56	513.4	9.14
305	130	47	513.7	10.83
306	133	35	514.3	14.60
307	130	47	513.7	10.83
308	133	35	514.3	14.60
309	131	32	513.9	16.17
310	128	44	513.3	11.67
311	131	32	513.9	16.17
312	128	44	513.3	11.67
313	129	35	513.6	14.57
314	132	23	514.1	22.30
315	131	32	513.9	16.17
316	128	44	513.3	11.67
317	129	35	513.6	14.57
318	132	23	514.1	22.30
319	131	32	513.9	16.17
320	128	44	513.3	11.67
321	129	35	513.6	14.57
322	132	23	514.1	22.30
323	129	35	513.6	14.57
324	132	23	514.1	22.30

9.7.2 Taglio

La sezione non necessita di armatura a taglio.

Nome Combinazione	VE_dy	NE_d	scp	VR_d,c	VR_{cd},y	VR_{sd},y	VR_d,y	C.S.y,min
	kN	kN	MPa	kN	kN	kN	kN	
G3_0.5_3	49.2	203.6	0.4	254.0				5.165

9.7.3 Fessurazione

	Formazione	ss	ssr	k3	Aeff	s	srm	esm	wm	wd	
	fessure	[MPa]	[MPa]	[-]	[mm²]	[mm]	[mm]	[-]	[mm]	[mm]	
1	Non fessurata	0	-98	0.125							
2	Fessurata	-112	-127	0.125	160097	100	58	0.0002	0.013	0.022	Verificato
3	Non fessurata	0	-102	0.125							
4	Non fessurata	0	-88	0.125							
5	Non fessurata	0	-1	0.125							
6	Non fessurata	0	-11	0.125							
7	Non fessurata	0	-3	0.125							
8	Non fessurata	0	2	0.125							
9	Non fessurata	0	-95	0.125							
10	Fessurata	-109	-127	0.125	159708	100	57	0.0002	0.013	0.021	Verificato
11	Non fessurata	0	-99	0.125							
12	Non fessurata	0	-85	0.125							
13	Non fessurata	0	0	0.125							
14	Non fessurata	0	-9	0.125							
15	Non fessurata	0	-2	0.125							
16	Non fessurata	0	3	0.125							
17	Non fessurata	0	-98	0.125							
18	Fessurata	-112	-127	0.125	160097	100	58	0.0002	0.013	0.022	Verificato
19	Non fessurata	0	-102	0.125							
20	Non fessurata	0	-88	0.125							
21	Non fessurata	0	-95	0.125							
22	Fessurata	-109	-127	0.125	159708	100	57	0.0002	0.013	0.021	Verificato
23	Non fessurata	0	-99	0.125							
24	Non fessurata	0	-85	0.125							
25	Non fessurata	0	-47	0.125							
26	Non fessurata	0	-61	0.125							
27	Non fessurata	0	-51	0.125							
28	Non fessurata	0	-38	0.125							
29	Non fessurata	0	-1	0.125							
30	Non fessurata	0	-11	0.125							
31	Non fessurata	0	-3	0.125							
32	Non fessurata	0	2	0.125							
33	Non fessurata	0	-44	0.125							
34	Non fessurata	0	-58	0.125							
35	Non fessurata	0	-48	0.125							
36	Non fessurata	0	-35	0.125							
37	Non fessurata	0	0	0.125							
38	Non fessurata	0	-9	0.125							
39	Non fessurata	0	-2	0.125							
40	Non fessurata	0	3	0.125							
41	Non fessurata	0	-47	0.125							
42	Non fessurata	0	-61	0.125							

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	78 di 94

43	Non fessurata	0	-51	0.125							
44	Non fessurata	0	-38	0.125							
45	Non fessurata	0	-44	0.125							
46	Non fessurata	0	-58	0.125							
47	Non fessurata	0	-48	0.125							
48	Non fessurata	0	-35	0.125							
49	Non fessurata	0	-98	0.125							
50	Fessurata	-112	-127	0.125	160097	100	58	0.0002	0.013	0.022	Verificato
51	Non fessurata	0	-102	0.125							
52	Non fessurata	0	-88	0.125							
53	Non fessurata	0	-95	0.125							
54	Fessurata	-109	-127	0.125	159708	100	57	0.0002	0.013	0.021	Verificato
55	Non fessurata	0	-99	0.125							
56	Non fessurata	0	-85	0.125							

9.8 RIEPILOGO VERIFICHE

Nel seguito per le varie posizioni dei due treni di carico si riportano le verifiche riassuntive delle verifiche allo SLU.

01_SW2 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_3	0	480	-	2.378
	Taglio	G3_1_55	0	-	403	1.759
2	Presso-flessione	G1_31	0	-201	-	2.473
	Taglio	SH1	0	-	235	2.562
3	Presso-flessione	G3_1_83	448	-435	-	1.823
	Taglio	G3_1_83	450	0	-319	1.798
4	Presso-flessione	G3_1_83	341	-427	-	1.511
	Taglio	G3_1_53	336	0	-384	1.505
5	Presso-flessione	G1_3	288	204	-	2.655
	Taglio	G3_0.5_3	225	-	51	5.003
6	Presso-flessione	G3_1_3	438	-467	-	2.010
	Taglio	G3_1_3	435	-	425	1.348

02_SW2 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_3	0	655	-	1.742
	Taglio	G3_1_55	0	-	413	1.719
2	Presso-flessione	G1_31	0	-235	-	2.116
	Taglio	G3_1_1	0	-	235	1.198
3	Presso-flessione	G3_1_83	404	-297	-	2.652
	Taglio	G3_1_83	406	0	-262	2.187
4	Presso-flessione	G3_0.5_83	250	-287	-	2.203
	Taglio	G3_1_53	279	0	-340	1.701
5	Presso-flessione	G3_1_3	231	228	-	2.331
	Taglio	G3_1_3	231	-	96	2.695
6	Presso-flessione	G3_1_3	394	-639	-	1.460
	Taglio	G3_1_3	391	-	482	1.189

03_LM71 SIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_3	0	447	-	2.551
	Taglio	G3_1_55	0	-	433	1.637
2	Presso-flessione	G1_31	0	-261	-	1.903
	Taglio	SH1	0	-	235	2.552
3	Presso-flessione	G3_1_83	484	-430	-	1.855
	Taglio	G3_1_83	487	0	-280	2.046
4	Presso-flessione	G3_1_83	295	-414	-	1.542
	Taglio	G3_1_53	290	0	-414	1.397
5	Presso-flessione	G1_3	245	254	-	2.099
	Taglio	G3_0.5_3	204	-	48	5.249
6	Presso-flessione	G3_1_3	480	-444	-	2.127
	Taglio	G3_1_3	478	-	381	1.506

04_LM71 ASIMM						
SEZ.	VERIFICA	COMBO	N[KN]	M[KN m]	V[KN]	C.S.
1	Presso-flessione	G3_1_3	0	455	-	2.509
	Taglio	G3_1_55	0	-	433	1.636
2	Presso-flessione	G1_31	0	-261	-	1.903
	Taglio	SH1	0	-	235	2.537
3	Presso-flessione	G3_1_83	483	-426	-	1.873
	Taglio	G3_1_83	485	0	-280	2.048
4	Presso-flessione	G3_1_83	295	-410	-	1.558
	Taglio	G3_1_53	290	0	-412	1.402
5	Presso-flessione	G3_1_3	245	254	-	2.099
	Taglio	G3_0.5_3	204	-	49	5.165
6	Presso-flessione	G3_1_3	479	-451	-	2.093
	Taglio	G3_1_3	476	-	385	1.491

10 VERIFICHE LONGITUDINALI

Nel presente paragrafo sono riportati i criteri da utilizzare sulla singola opera per la determinazione del quantitativo di armatura longitudinale.

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE <20m

Per lunghezze dei conci dello scatolare inferiori a 20m non si effettua il calcolo dell'armatura longitudinale e si dispone il quantitativo minimo.

La minima armatura longitudinale da disporre è pari al 20% dell'armatura trasversale disposta in mezzera della sezione trasversale stessa.

LUNGHEZZA OPERA SCATOLARE ≥20m

Per lunghezze dei conci superiori a 20m si effettua il dimensionamento dell'armatura longitudinale considerando l'azione di trazione che si sviluppa per effetto dell'attrito offerto dal terreno.

La formulazione per il calcolo di tale azione (e quindi dell'armatura longitudinale antiritiro) è mutuata dall'EC2:

$$A_s = \text{armatura longitudinale} = N_{tr} / \sigma_s$$

in cui:

$$N_{tr} = k_c \times k \times \sigma_{tr} \times A_c \quad \text{azione normale di trazione dovuta alle } \varepsilon_r \text{ di ritiro}$$

$$\sigma_s \quad \text{massima tensione ammessa nell'armatura}$$

$$A_c \quad \text{area della sezione di cls che si ritira}$$

$$\sigma_{tr} = \varepsilon_r \times E_c / 3 \quad \text{tensione di trazione indotta dal ritiro}$$

$$k_c = 1.0 \quad \text{coefficiente di distribuzione delle tensioni nella sezione}$$

$$k = 0.8 \text{ per } h \leq 30\text{cm}, 0.5 \text{ per } h \geq 80\text{cm} \quad \text{coefficiente che tiene conto degli effetti di tensione autoequilibrata non uniforme}$$

Per tenere in conto del fatto che il grado di impedimento del terreno sullo scatolare è parziale e non totale si fa riferimento alla norma ACI 207.2R-95 che propone di utilizzare il seguente coefficiente:

$$K_r = [(L/H-2)/(L/H+1)]^{h/H} \quad \text{grado di impedimento}$$

$$m = 1/(1+A_c/At \cdot E_c/E_t) \quad \text{moltiplicatore del grado di impedimento}$$

L = lunghezza del concio di scatolare

H = altezza dell'elemento di cls a contatto con il terreno

h = H/2 = altezza all'interno dell'elemento in cui si valuta il grado di impedimento

E_c = modulo elastico del cls ridotto a 1/3 per tenere in conto gli effetti viscosi

E_t = modulo elastico del terreno

A_c = area dell'elemento in cls

A_t = superficie del terreno a contatto

Per la determinazione di E_t si considerano le seguenti ipotesi:

E_{t1} = terreno a contatto con la soletta di fondazione = 750 MPa

E_{t2} = terreno a contatto con la soletta di copertura = 300 MPa

E_{t3} = terreno a contatto con i piedritti = 525 MPa

$E_t = (E_{t1} \cdot A_{sf} + E_{t2} \cdot A_s + E_{t3} \cdot A_{sp}) / (A_{sf} + A_s + A_{sp})$

In cui

A_{sf} = sezione della soletta inferiore

A_s = sezione della soletta superiore

A_{sp} = sezione dei piedritti

A seguito di quanto esposto, prendendo in considerazione una striscia di larghezza unitaria pari a 1.00m, l'armatura antiritiro longitudinale si ottiene da:

$$A_s = (k_c \cdot k \cdot \sigma_{tr} \cdot A_c / \sigma_s) \cdot m \cdot K_r$$

Per il calcolo della tensione di trazione dovuta al ritiro, sempre utilizzando le prescrizioni dell'EC2, è stata calcolata mediante le seguenti formule:

$$\sigma_{tr} = \epsilon_{cs_m} \cdot E_{cs} / 3$$

in cui:

$\epsilon_{cs}(t_1, t_0) = \epsilon_{cr0} \cdot \beta_s(t_1 - t_0)$ deformazione di ritiro del cls

$\epsilon_{cr0} = \epsilon_s(f_{cm}) \cdot \beta_{RH}$ coefficiente nominale di ritiro

$\beta_s(t_1, t_0) = [(t_1 - t_0) / (0.035 \cdot h_0^2 + t_1 - t_0)]^{0.5}$ coefficiente di sviluppo del ritiro nel tempo

$\epsilon_s(f_{cm}) = [160 + \beta_{sc} \cdot (90 - f_{cm})] \cdot 10^{-6}$ fattore che tiene conto della R_{ck}

$\beta_{RH} = 1.55 \cdot [1 - (RH/100)^3]$ fattore che tiene conto delle condizioni di maturazione

$f_{cm} = 0.83 \cdot R_{ck} + 8$ [MPa] resistenza media a compressione del cls

$t_0 = 1$ età del cls all'inizio della contrazione

$t_1 = 18000$ età finale del cls (18000 giorni = 50 anni)

$RH = 75\%$ umidità relativa ambientale

$h_0 = 2A_c/u$ [mm] Spessore fittizio

SL05 - Prolungamento Sottovia via Del Sole
Relazione di calcolo sottopasso

COMMESSA	LOTTO	FASE-ENTE	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NM0Z	20	D 26	CLSL0500001	A	85 di 94

Ac = area del cls che si ritira

u = perimetro dell'elemento di cls a contatto con l'atmosfera, assunto pari alla luce interna degli elementi dello scatolare

$$\varepsilon_{cs_m}(t_1, t_0) = (\varepsilon_{sf} * A_{sf} + \varepsilon_p * A_{sp} + \varepsilon_s * A_s) / (A_{sf} + A_s + A_{sp})$$

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Valutazione del ritiro		<i>Fondazione</i>	<i>Piedritti</i>	<i>Solettone</i>
Area c.l.s. che ritira	Ac [mmq]	3840000	2600000	3000000
Per. a contatto con atmosfera	u [mm]	5000	5200	5000
Spessore Fittizio	h ₀ [mm]	1536.000	1000	1200.000
Età c.l.s inizio ritiro essiccamento	t ₁ [gg]	18000	18000	18000
Età c.l.s. a cui si valuta il ritiro	t ₀ [gg]	1	1	1
Fattore di maturazione	β _{rh}	0.896	0.896	0.896
Fattore di resistenza	ε _s (f _{cm})	1	1	1
Coefficiente nominale di ritiro	ε _{cr0}	0.000214	0.000214	0.000214
Coefficiente di sviluppo nel tempo	β _s (t ₁ , t ₀)	0.000192	0.000192	0.000192
Deformazione di ritiro del c.l.s.	ε _{cs} (t ₁ , t ₀)	0.42304	0.58276	0.51298

Calcolo armatura longitudinale anti ritiro: Parametri e verifica armatura			
Deformazione media di ritiro	ecs_m	9.5E-05	
Tensione per ritiro impedito	$\sigma_{\tau\rho}$	1.02353	MPa
Modulo terreno fondazione	Et1	10	MPa
Modulo terreno ricoprimento	Et2	10	MPa
Modulo terreno rinterro laterale	Et3	10	MPa
Modulo terreno medio	Et	10	MPa
Lunghezza concio scatolare	L	12900	mm
Altezza elemento equivalente	H	533.333	mm
Perimetro ext. Scatolare	p	24600	mm
Coeff. di distribuzione delle tensioni	kc	1	
Coeff. effetti tensioni autoequilibrate	K	0.8	
Grado di impedimento	Kr	0.93856	
Moltiplicatore Kr	m	0.02197	
Tensione di lavoro assunta	ss_L	220	MPa
Armatura longitudinale inserita / m		1+1Ø 12 / 20	
Verifica		OK	
coefficiente di sicurezza C.S.		27.61189146	

La scelta del diametro della armatura longitudinale tiene conto anche del contenuto minimo richiesto in questa direzione.

11 VERIFICA SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO

Per la verifica di stabilità al sollevamento si sono utilizzati i coefficienti parziali delle azioni indicati nella Tab. 6.2.III del D.M. 14/01/08, di seguito riportati per comodità:

Tabella 6.2.III – *Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento.*

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale γ_F (o γ_E)	SOLLEVAMENTO (UPL)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9
	Sfavorevole		1,1
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0
	Sfavorevole		1,5
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0
	Sfavorevole		1,5

11.1 TRATTO NUOVO SOTTOPASSO

Al di sotto del nuovo sottopasso si prevede un tappo di fondo in jet grouting dello spessore di 3.50m.

Nel seguito si riporta la verifica del sollevamento del fondo dello scavo dello scatolare.

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO				
Lo stato limite di sollevamento del fondo dello scavo si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente alla base del tappo di fondo ed il peso dei terreni sovrastranti.				
Essendo il sollevamento una condizione istantanea la verifica viene effettuata nella fase di scavo, quando la soletta di fondazione non è ancora stata gettata.				
Peso specifico jet grouting	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	84.45	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	3.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	80.95	[m]
	Δh_w	=	6.16	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	61.60	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	77	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	67.8	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	69.3	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.02	
				verificato

11.2 TRATTO DI IMBOCCO

Al di sotto delle opere di imbocco sono previsti tappi di fondo in jet grouting, come di seguito specificato:

MURO [Concio]	SPESSORE TAPPO [m]
1	Vedi sottopasso
2	3.00
3	2.00
4	1.50
5	0.5

Nel seguito si riporta la verifica del sollevamento del fondo dello scavo.

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 2				
Lo stato limite di sollevamento del fondo dello scavo si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente alla base del tappo di fondo ed il peso dei terreni sovrastranti.				
Essendo il sollevamento una condizione istantanea la verifica viene effettuata nella fase di scavo, quando la soletta di fondazione non è ancora stata gettata.				
Peso specifico jet grouting	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	85.05	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	3.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	82.05	[m]
	Δh_w	=	5.06	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	50.60	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	66	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	55.7	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	59.4	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.07	
				verificato

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 3

Lo stato limite di sollevamento del fondo dello scavo si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente alla base del tappo di fondo ed il peso dei terreni sovrastranti.

Essendo il sollevamento una condizione istantanea la verifica viene effettuata nella fase di scavo, quando la soletta di fondazione non è ancora stata gettata.

Peso specifico jet grouting	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	85.65	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	2.00	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	83.65	[m]
	Δh_w	=	3.46	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	34.60	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	44	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	38.1	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	39.6	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.04	
				verificato

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 4

Lo stato limite di sollevamento del fondo dello scavo si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente alla base del tappo di fondo ed il peso dei terreni sovrastranti.

Essendo il sollevamento una condizione istantanea la verifica viene effettuata nella fase di scavo, quando la soletta di fondazione non è ancora stata gettata.

Peso specifico jet grouting	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	86.25	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	1.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	84.75	[m]
	Δh_w	=	2.36	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	23.60	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	33	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	26.0	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	29.7	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.14	
				verificato

SOLLEVAMENTO FONDO SCAVO - CONCIO 5

Lo stato limite di sollevamento del fondo dello scavo si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente alla base del tappo di fondo ed il peso dei terreni sovrastranti.

Essendo il sollevamento una condizione istantanea la verifica viene effettuata nella fase di scavo, quando la soletta di fondazione non è ancora stata gettata.

Peso specifico jet grouting	γ_t	=	22	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (estradosso tampone)	q_s	=	86.85	[m]
altezza tampone di fondo	h_t	=	0.50	[m]
quota intradosso tampone di fondo	q_t	=	86.35	[m]
	Δh_w	=	0.76	[m]
pressione idraulica all'intradosso del tappo di fondo	u_{inst}	=	7.60	[kN/m ²]
pressione del terreno sovrastante (tappo di fondo)	σ_{stb}	=	11	[kN/m ²]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	8.4	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	9.9	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.18	
				verificato

11.3 VERIFICA SOLLEVAMENTO IN FASE DI ESERCIZIO

Segue la verifica al sollevamento a lungo termine ad opera realizzata. A favore di sicurezza si trascura l'attrito laterale e l'efficacia del tappo di fondo.

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - SOTTOPASSO e CONCIO 1				
Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta				
Peso specifico struttura in c.a.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	5.80	[m]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	84.45	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	2.66	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	154.28	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	201.00	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	169.7	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	180.9	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.07	
				verificato

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 2				
Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta				
Peso specifico struttura in c.a.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	5.80	[m]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	85.05	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	2.06	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	119.48	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	166.20	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	131.4	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	149.6	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.14	
				verificato

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 3

Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta				
Peso specifico struttura in c.a.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	5.80	[m]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	85.65	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	1.46	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	84.68	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	154.20	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	93.1	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	138.8	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	1.49	
				verificato

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 4

Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta				
Peso specifico struttura in c.a.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	5.80	[m]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	86.25	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	0.86	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	49.88	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	142.20	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	54.9	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	128.0	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	2.33	
				verificato

SOLLEVAMENTO IN ESERCIZIO - CONCIO 5

Lo stato limite di sollevamento si ha quando si raggiunge l'uguaglianza tra la spinta idraulica agente all'intradosso della struttura ed il peso della struttura sovrastante (e, se del caso, anche dei permanenti non strutturali).

Peso specifico struttura in c.a.	γ_t	=	25	[kN/m ³]
Peso specifico acqua	γ_w	=	10	[kN/m ³]
peso specifico medio del pacchetto di pavimentazione	γ_p	=	20	[kN/m ³]
altezza minima pacchetto pavimentazione	h_p	=	0	[m]
larghezza soletta inferiore	B	=	5.80	[m]
quota falda	q_w	=	87.11	[m]
quota fondo scavo (intradosso soletta inferiore)	q_s	=	86.85	[m]
altezza idraulica	Δh_w	=	0.26	[m]
spinta idraulica all'intradosso della soletta inf.	U_{inst}	=	15.08	[kN/m]
Peso della struttura sovrastante - permanente G1	$W_{1,stab}$	=	130.20	[kN/m]
Peso pacchetto pavimentazione - permanente G2	$W_{2,stab}$	=	0.00	[kN/m]
coefficiente parziale favorevole	γ_{inst}	=	1.1	
coefficiente parziale sfavorevole	γ_{stb}	=	0.9	
azione instabilizzante di progetto	$V_{inst,d}$	=	16.6	[kN/m²]
azione stabilizzante di progetto	$G_{stb,d}$	=	117.2	[kN/m²]
	R_d/E_d	=	7.06	
				verificato