

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01 – CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

SCALA:

-

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

NT01 04 D 26 CL IN0100 003 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	A. Ingletti	Dic. 2018	A.Malcangi	Dic. 2018	F. Perrone	Dic. 2018	F. Sacchi Dicembre 2018



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	2 di 77

INDICE

1	PREMESSA	5
2	NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
3	ELABORATI DI RIFERIMENTO	7
4	UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIA	8
5	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	9
5.1	CALCESTRUZZO	9
5.2	ACCIAIO PER STRUTTURE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	10
6	STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI	11
7	ANALISI DEI CARICHI	12
7.1	PESI PROPRI	12
7.2	PERMANENTI NON STRUTTURALI	12
7.3	CARICHI MOBILI (TRAFFICO FERROVIARIO)	13
7.4	AZIONE DI AVVIAMENTO / FRENATURA	15
7.5	AZIONE DI SERPEGGIO	15
7.6	AZIONE DEL SISMA	16
7.7	RITIRO DEL CALCESTRUZZO	19
7.8	VARIAZIONE TERMICA	19
7.9	SPINTA STATICA DEL TERRENO	19
7.10	SPINTA DOVUTA AL SOVRACCARICO PERMANENTE E ACCIDENTALE SUL RILEVATO	20
7.11	SOVRASPINTA SISMICA	20
8	COMBINAZIONE DEI CARICHI	21
9	VERIFICHE STRUTTURALI	23



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	3 di 77

9.1	VERIFICHE PER GLI STATI LIMITE ULTIMI A FLESSIONE-PRESSOFLESSIONE	23
9.2	VERIFICA AGLI STATI LIMITE ULTIMI A TAGLIO	23
9.3	VERIFICA AGLI STATI LIMITE D'ESERCIZIO	25
10	MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	26
10.1	ANALISI STRUTTURALE	26
10.2	ANALISI DEI CARICHI.....	27
10.3	SOLLECITAZIONI	33
10.4	VERIFICHE STRUTTURALI	38
10.4.1	<i>Verifica piedritti</i>	<i>38</i>
10.4.2	<i>Verifica soletta superiore</i>	<i>44</i>
10.4.3	<i>Verifica soletta inferiore.....</i>	<i>50</i>
11	DIMENSIONAMENTO DELL' APPARATO DI SPINTA	56
11.1	FASI REALIZZATIVE	56
11.2	CALCOLO DELLA SPINTA	57
11.2.1	<i>Analisi dei carichi nella Fase 1 (spinta iniziale).....</i>	<i>57</i>
11.2.2	<i>Analisi dei carichi nella Fase 2 (spinta massima).....</i>	<i>58</i>
11.3	CALCOLO DELLE AZIONI E VERIFICA GEOTECNICA.....	59
11.4	PLATEA DI VARO	64
11.4.1	<i>Ipotesi di calcolo</i>	<i>64</i>
11.4.2	<i>Verifiche strutturali</i>	<i>65</i>
11.5	MURO REGGISPINTA	66
11.5.1	<i>Ipotesi di calcolo</i>	<i>66</i>
11.5.2	<i>Verifiche strutturali paramento verticale</i>	<i>69</i>
11.5.3	<i>Verifiche strutturali armatura orizzontale.....</i>	<i>73</i>



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	4 di 77

12 INCIDENZE.....76

13 CONCLUSIONI.....77

1 PREMESSA

Nell'ambito del progetto di ammodernamento dell'attuale tratta Bussoleno Avigliana sulla linea Torini Modane, è richiesto l'adeguamento del modulo di linea a 750 m con l'inserimento di due PM sfalsati, uno pari ed uno dispari, nelle località di Bruzolo e di Condove e l'adeguamento a STI delle Stazioni di Bruzolo, Borgone e di Sant'Ambrogioscopo del documento

Nella seguente relazione, in particolare, vengono descritte le verifiche agli Stati Limite del monolite in cemento armato, varato a spinta (ed in parte gettati in opera), da realizzarsi in corrispondenza della linea ferroviaria Torino-Modane, nel Comune di Chiusa S. Michele (TO).

Si riportano, di seguito, la sezione longitudinale e trasversale tipica della struttura.

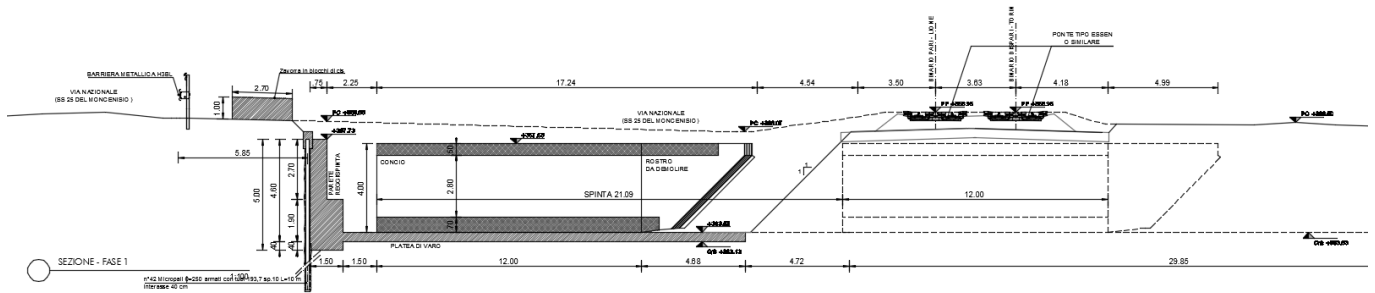


Fig. 1 – Sezione longitudinale

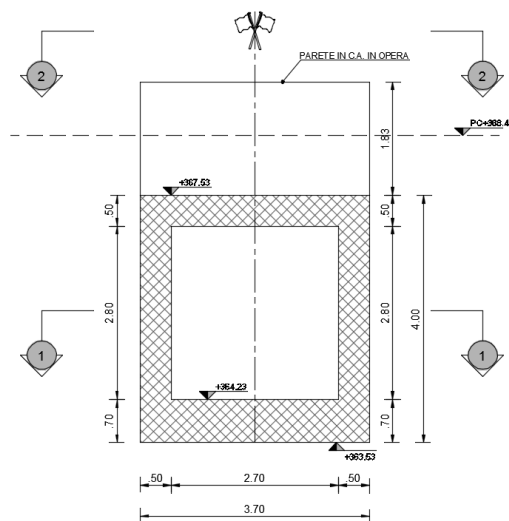


Fig. 2 – Sezione trasversale

	LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)					
	IN01-CANALE SCOLMATORE Relazione di calcolo tombino	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IN0100003	REV. A

2 NORMATIVE E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Si riporta nel seguito l'elenco delle leggi e dei decreti di carattere generale, assunti come riferimento.

- Legge 5-1-1971 n° 1086: Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64. Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni
- D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle 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.
- UNI EN 1992-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Regole generali”.
- UNI EN 1992-2 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Ponti”.
- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
- UNI EN 206-1:2014: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- UNI 11104: “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità – Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.
- “Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.”.

Si riporta, ora, l'elenco delle norme tecniche, delle circolari e delle istruzioni F.S. delle quali si è tenuto conto.

- RFI DTC SI MA IFS 001 A – Parte I
- RFI DTC SI AG MA IFS 001 A Parte II sezione 1
- RFI DTC SI PS MA IFS 001 A Parte II sezione 2
- RFI DTC SI CS MA IFS 001 A Parte II sezione 3
- RFI DTC SI GA MA IFS 001 A Parte II sezione 4
- RFI DTC SI CS MA IFS 002 A Parte II sezione 5
- RFI DTC SI CS MA IFS 003 A Parte II sezione 6

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	7 di 77

3 ELABORATI DI RIFERIMENTO

- Carpenteria tombino 1/2 – NT0I04D26BBIN0100001A
- Carpenteria tombino 2/2 – NT0I04D26BBIN0100002A
- Pianta prospetto e sezioni opere provvisionali – NT0I04D26PBIN0100001A
- Fasi realizzative – NT0I04D26PAIN0100001A
- Relazione geotecnica – NT0I04D26GEGE0005001A

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	8 di 77

4 UNITÀ DI MISURA E SIMBOLOGIAUnità di misura principali

N (Newton)	unità di forza
m (metro)	unità di lunghezza
kg (kilogrammo-massa)	unità di massa
s (secondo)	unità di tempo

Unità di misura derivate

kN (kiloNewton)	10^3 N
MN (megaNewton)	10^6 N
kgf (kilogrammo-forza)	1 kgf = 9.81 N
cm (centimetro)	10^{-2} m
mm (millimetro)	10^{-3} m
Pa (Pascal)	1 N/m ²
kPa (kiloPascal)	10^3 N/m ²
MPa	(megaPascal) 10^6 N/m ²
N/m³	(peso specifico)
g (accelerazione di gravità)	~ 9.81 m/s ²

Corrispondenze notevoli

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} \sim 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \sim 100 \text{ kgf/m}^3$$

Si utilizzano i seguenti principali simboli con le relative unità di misura normalmente adottate:

γ (gamma)	peso dell'unità di volume	(kN/m ³)
σ (sigma)	tensione normale	(N/mm ²)
τ (tau)	tensione tangenziale	(N/mm ²)
ε (epsilon)	deformazione	(m/m - adimensionale)
φ (fi)	angolo di resistenza	(° sessagesimali)


LINEA MODANE-TORINO
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA
REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NTOI	04	D26CL	IN0100003	A	9 di 77

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI
5.1 Calcestruzzo

MAGRONE					
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	15.00	
Contenuto minimo cemento			kg/m ³	150.00	

CALCESTRUZZO SCATOLARE					
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	37.00	
Resistenza cilindrica a compressione	f_{ck}	$0.83 * R_{ck}$	N/mm ²	30.71	
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm}	$f_{ck} + 8$	N/mm ²	38.71	
Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli	$\alpha_{cc} (>28gg)$		-	0.85	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	γ_c		-	1.50	Viene ridotto a 1.40 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio della resistenza) non superiore al 10%)
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	$(\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c$	N/mm ²	17.40	
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctm}	$0.3 * (f_{ck})^{2/3}$	N/mm ²	2.94	Per classi \leq C50/60
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.06	
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	f_{ctk} / γ_c	N/mm ²	1.37	
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm}	$1.2 * f_{ctm}$	N/mm ²	3.53	
Resistenza cilindrica caratteristica a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.47	
Modulo elastico	E_{cm}	$22000 * (f_{cm} / 10)^{0.3}$	N/mm ²	33019.43	
Peso proprio	γ_c		N/m ³	25000.00	
Coefficiente di Poisson	ν		-	0.20	Secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC208, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).
Coefficiente di aderenza	η		-	1.00	Per barre di diametro \leq 32mm
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	$2.25 * \eta * f_{ctk}$	N/mm ²	4.63	
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	f_{bd}	f_{bk} / γ_c	N/mm ²	3.09	
Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.					
Massima tensione di compressione in combinazione di carico RARA	σ_c	$0.55 * f_{ck}$	N/mm ²	16.89	Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.
Massima tensione di compressione in combinazione di carico PERMANENTE	σ_c	$0.40 * f_{ck}$	N/mm ²	12.28	Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.
					Calcestruzzo con mix design studiato in modo da eliminare fenomeni di ritiro



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NTOI 04 D26CL IN0100003 A 10 di 77

Relazione di calcolo tombino

CALCESTRUZZO MURO REGGISPINTA

Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza cubica a compressione	R_{ck}		N/mm ²	40.00	
Resistenza cilindrica a compressione	f_{ck}	$0.83 * R_{ck}$	N/mm ²	33.20	
Resistenza cilindrica media a compressione	f_{cm}	$f_{ck} + 8$	N/mm ²	41.20	
Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli	α_{cc} (>28gg)		-	0.85	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo	γ_c		-	1.50	Viene ridotto a 1.40 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio della resistenza) non superiore al 10%)
Resistenza di calcolo a compressione	f_{cd}	$(\alpha_{cc} * f_{ck}) / \gamma_c$	N/mm ²	18.81	
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctm}	$0.3 * (f_{ck})^{2/3}$	N/mm ²	3.10	Per classi \leq C50/60
Resistenza cilindrica media a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.17	
Resistenza di calcolo a trazione	f_{ctd}	f_{ctk} / γ_c	N/mm ²	1.45	
Resistenza media a trazione per flessione	f_{ctm}	$1.2 * f_{ctm}$	N/mm ²	3.72	
Resistenza cilindrica caratteristica a trazione	f_{ctk}	$0.7 * f_{ctm}$	N/mm ²	2.60	
Modulo elastico	E_{cm}	$22000 * (f_{cm} / 10)^{0.3}$	N/mm ²	33642.78	
Peso proprio	γ_c		N/m ³	25000.00	
Coefficiente di Poisson	ν		-	0.20	Secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC208, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).
Coefficiente di aderenza	η		-	1.00	Per barre di diametro \leq 32mm
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza	f_{bk}	$2.25 * \eta * f_{ctk}$	N/mm ²	4.88	
Resistenza tangenziale di aderenza di calcolo	f_{bd}	f_{bk} / γ_c	N/mm ²	3.25	
Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.					
Massima tensione di compressione in combinazione di carico RARA	σ_c	$0.55 * f_{ck}$	N/mm ²	18.26	Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.
Massima tensione di compressione in combinazione di carico PERMANENTE	σ_c	$0.40 * f_{ck}$	N/mm ²	13.28	Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori di calcestruzzo minori di 50 mm i valori limite sopra scritti vanno ridotti del 20%.
Calcestruzzo con mix design studiato in modo da eliminare fenomeni di ritiro					

5.2 Acciaio per strutture in conglomerato cementizio

ACCIAIO DA C.A.					
Acciaio ad aderenza migliorata B450C					
Descrizione	Simbolo	Formula	Unità di misura	Valore	Note
Resistenza caratteristica di rottura	$f_{t\ nom}$		N/mm ²	540.00	
Resistenza caratteristica a snervamento	$f_{y\ nom}$		N/mm ²	450.00	
Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio	γ_s		-	1.15	
Resistenza di calcolo	$f_{y\ d}$	$f_{y\ k} / \gamma_s$	N/mm ²	391.30	
Modulo elastico	E_s		N/mm ²	206000.00	
Tensioni di progetto del cls allo S.L.E.					
Tensione massima di esercizio per l'acciaio	σ_s	$0.75 * f_{y\ k}$	N/mm ²	337.50	



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	11 di 77

6 STRATIGRAFIA E PARAMETRI GEOTECNICI

Nel rispetto dell'elaborato contenente la definizione dei parametri geotecnici, lo scatolare oggetto della relazione presenta una stratigrafia di progetto come riportata nel seguito.

Tipologia	γ (kN/m ³)	c' (kPa)	ϕ (°)	c_u (kPa)	E_u (MPa)	E' (MPa)	k (cm/s)
Rilevato ferroviario	20.0	0	38	-	-	-	-
Unità A – Sabbie e ghiaie	19.0-20.0	0	30-34 (da 0 a 5m dal p.c.) 35-37 (>5 m dal p.c.)	-	-	20-30 (da 0 a 5 m dal p.c.) 35-45 (>5 m dal p.c.)	$1.08 \cdot 10^{-3}$ (da 0 a 5m dal p.c.) $2.84 \cdot 10^{-3}$ (>5 m dal p.c.)
Unità B – Limi sabbiosi	18.0-20.0	0-5	26-30	80-100	25-30	20-25	$5.19 \cdot 10^{-4}$

Per quanto riguarda la falda idrica, questa si considera coincidente con il piano di fondazione delle opere.

Le misure piezometriche a disposizione, indicano che durante i lavori è possibile, in particolare in alcuni periodi dell'anno, riscontrare la presenza di falda freatica a pochi metri dal piano campagna. Al fine di garantire l'abbattimento della falda e creare condizioni di lavoro ottimali, anche nel caso in cui il periodo dei lavori dovesse coincidere con il periodo di massimo innalzamento della falda, sarà predisposto un impianto provvisorio di emungimento attorno all'area di scavo.

	<p>LINEA MODANE-TORINO</p> <p>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</p> <p>REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)</p>												
<p>IN01-CANALE SCOLMATORE</p> <p>Relazione di calcolo tombino</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NT01</td> <td>04</td> <td>D26CL</td> <td>IN0100003</td> <td>A</td> <td>12 di 77</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NT01	04	D26CL	IN0100003	A	12 di 77
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	12 di 77								

7 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi considerata nel calcolo delle sollecitazioni sulle strutture in oggetto.

7.1 Pesi propri

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

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

7.2 Permanenti non strutturali

Il peso dei carichi permanenti in copertura è stato calcolato considerando i differenti spessori di ballast e supercompattato, ciascuno per il suo peso dell'unità di volume:

$$q_{pp} = h_b \gamma_b + h_{sc} \gamma_{sc}$$

dove:

- h_b = spessore del ballast;
- γ_b = peso specifico del ballast;
- H_{sc} = spessore del supercompattato;
- γ_b = peso specifico del super compattato.

Viene aggiunto anche 1kN/m pari allo peso del massetto e dell'impermeabilizzazione.

	LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)					
	IN01-CANALE SCOLMATORE Relazione di calcolo tombino	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IN0100003	REV. A

7.3 Carichi mobili (traffico ferroviario)

Per quanto attiene il sovraccarico ferroviario si applica il peggiore tra il carico verticale dovuto al treno SW/2 pari a 150 kN/m e il carico verticale dovuto al treno LM71 pari a 250 kN / 1.6 m = 156.25 kN/m uniformemente distribuito su una larghezza trasversale di calcolo fino a livello del piano d'asse della soletta di copertura.

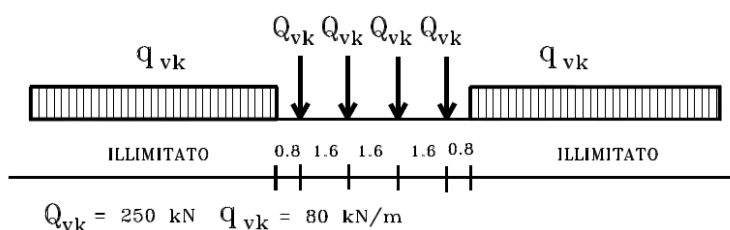
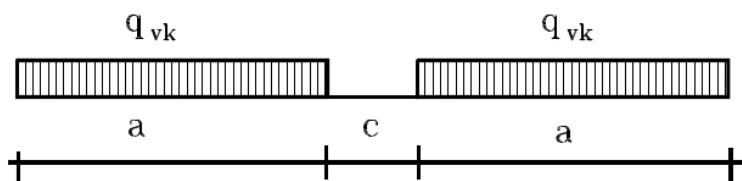


Fig. 3 – Treno di carico LM71



Tipo di Carico	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Fig. 4 – Treno di carico SW

Le azioni associate al solo treno di carico LM71 devono essere amplificate attraverso un coefficiente di adattamento “ α ”. La tratta in esame è classificata come appartenente alla categoria P4 per il traffico passeggeri e F2 per il traffico merci, pertanto il coefficiente di adattamento presenta un valore unitario. Data la presente considerazione, si applicherà il carico dovuto al treno LM71 che risulta più sfavorevole rispetto l’SW.

Coefficiente di amplificazione dinamica ϕ :

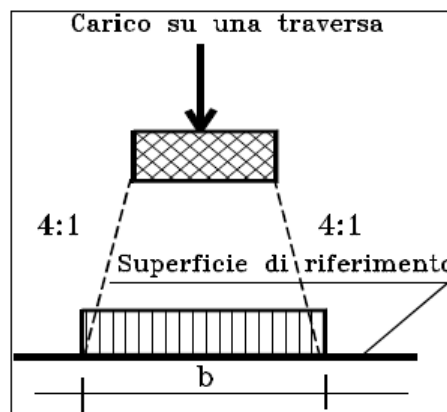
Le sollecitazioni e gli spostamenti determinati sulle strutture dall’applicazione statica dei treni di carico debbono essere incrementati per tener conto della natura dinamica del transito dei convogli.

Determinazione delle larghezze di diffusione dei carichi mobili:

La diffusione dei carichi attraverso ballast avviene con pendenza 4:1, attraverso il ricoprimento con angolo di attrito mentre, nella soletta in cls con pendenza 1:1.

Gli spessori di ballast, ricoprimento e soletta sono i seguenti:

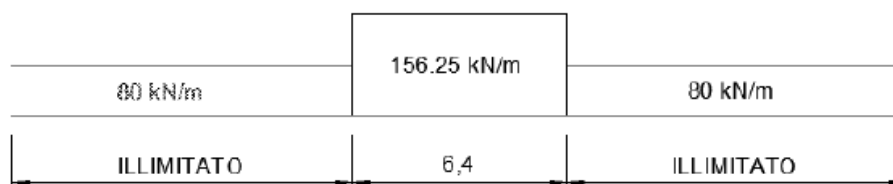
$$\begin{aligned} h_{\text{Ballast+armamento}} &= 0.80 \text{ m} \\ h_{\text{ricoprimento}} &= 0.60 \text{ m} \\ h_{\text{soletta}} &= 0.50 \text{ m} \end{aligned}$$

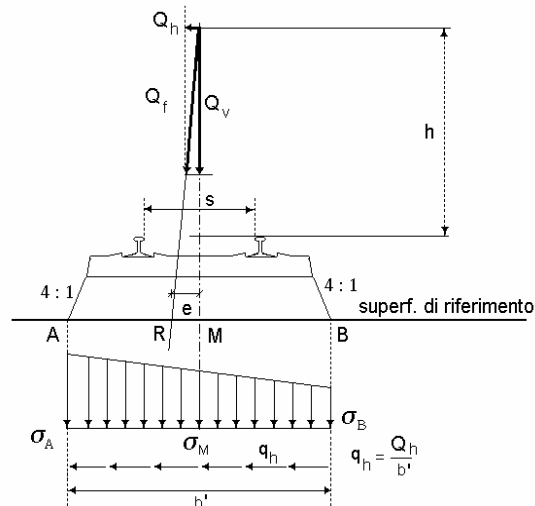


Il carico equivalente si ricava dalla ripartizione trasversale e longitudinale dei carichi per effetto delle traverse e del ballast previsti dalla stessa norma EN 1991-2:2003/AC:2010.

Considerando i 4 carichi assiali da 250 kN e la relativa distribuzione longitudinale, il carico verticale equivalente a metro lineare agente alla quota della piattaforma ferroviaria (convenzionalmente a 70 cm dal piano del ferro) risulta pari a:

$$p = \frac{4 \times 250}{4 \times 1.60} = 156.25 \text{ kN/m}$$





Tenendo conto della ripartizione del carico Q_{vk} sulla propria superficie di influenza e della ripartizione trasversale fino al piano medio del traverso di copertura, il carico verticale a mq, uniformemente distribuito, da considerare sul traverso di copertura è pari a:

$$Q_{sf} = 53,23 \text{ kN/mq}$$

$$q_{sf} = 27,26 \text{ kN/mq}$$

7.4 Azione di avviamento / frenatura

Si associano al convoglio di progetto le azioni di avviamento del carico LM71 in quanto maggiormente gravose per la struttura in esame. Visto che il treno sfavorevole è quello LM71, anche per il calcolo della frenatura si considera il carico LM71 in avviamento.

- Avviamento $Q_{1a,k} = 33 \text{ [kN/m]} * L \text{ [m]}$ per LM71

7.5 Azione di serpeggio

La forza laterale indotta dal serpeggio si considera come una forza concentrata agente orizzontalmente, applicata alla sommità della rotaia più alta, perpendicolarmente all'asse del binario. Tale azione si applicherà sia in rettilineo che in curva. Il valore caratteristico di tale forza sarà assunto pari a $Q_{sk} = 100 \text{ kN}$. Tale valore deve essere moltiplicato per a , (se $a > 1$), ma non per il coefficiente F . Questa forza laterale deve essere sempre combinata con i carichi verticali.

Tale azione viene trascurata in quanto con un modello piano non si possono considerare gli effetti trasversali.

	<p>LINEA MODANE-TORINO</p> <p>ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA</p> <p>REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)</p>												
<p>IN01-CANALE SCOLMATORE</p> <p>Relazione di calcolo tombino</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NT01</td> <td>04</td> <td>D26CL</td> <td>IN0100003</td> <td>A</td> <td>16 di 77</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	NT01	04	D26CL	IN0100003	A	16 di 77
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	16 di 77								

7.6 Azione del sisma

Si riporta il calcolo dell'azione sismica secondo le modalità previste dalle NTC 2018. I parametri utilizzati per la definizione dell'azione sismica sono riportati di seguito.

- Classe d'uso: III
- Coefficiente d'uso $C_U = 1.5$
- Vita nominale $V_N = 50$ anni
- Categoria di suolo: C
- Condizione topografica: T1
- Fattore di struttura $q = 1$

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



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	17 di 77

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

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DEL SITO


Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 7.3087
LATTITUDINE: 45.1183

Ricerca per comune

REGIONE: Piemonte | PROVINCIA: Torino | COMUNE: Condove

Reticolo di riferimento



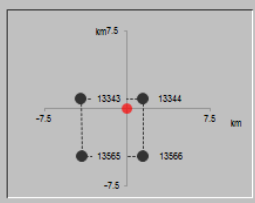
Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

Elaborazioni grafiche: Grafici spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



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

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Di seguito si riportano gli spettri di risposta orizzontale e verticale allo Stato limite di salvaguardia della vita SLV utilizzati per il calcolo dell'azione sismica. Con tale azione sismica agente, le forze risultanti trasmesse dall'impalcato al piano appoggi della spalla in corrispondenza della sommità del muro di testata sono riportate al paragrafo successivo, sotto le voci **Ex**, **Ey** ed **Ez**.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_n : info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_u : info

Valori di progetto

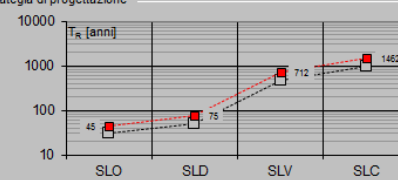
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R : info

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

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	45
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	75
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	712
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1462

Elaborazioni: Grafici parametri azione, Grafici spettri di risposta, Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

--- Strategia per costruzioni ordinarie - - - Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NTOI 04 D26CL IN0100003 A 18 di 77

Relazione di calcolo tombino

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
 Stato Limite considerato: **SLV** info

Risposta sismica locale
 Categoria di sottosuolo: **C** info $S_g = 1.493$ $C_0 = 1.627$ info
 Categoria topografica: **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(= quota sito, altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%): **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_a : **1** Regol. in altezza: **si** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q_v : **1** $\eta = 1/q = 1.000$ info

Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

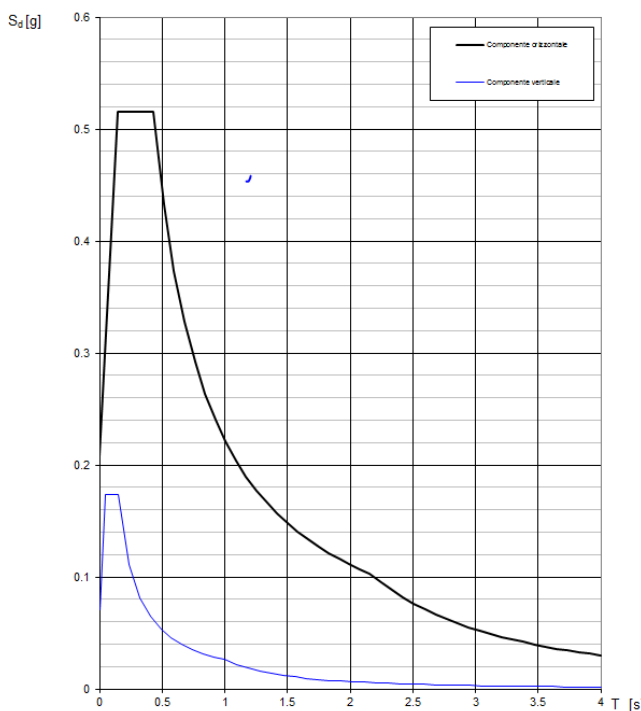
Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cl. A-T1, L+St)

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

Di seguito si riporta a titolo di esempio lo **spettro di progetto** per lo **Stato Limite di salvaguardia della Vita SLV** relativamente alle componenti **orizzontali**, con coefficiente di smorzamento strutturale canonico pari al 5%.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_0	0.140 g
F_a	2.472
T_c	0.285 s
S_g	1.493
C_0	1.627
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.493
η	1.000
T_B	0.144 s
T_C	0.431 s
T_D	2.158 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$S = S_g \cdot S_T$ (NTC-08 Eq. 3.2.5)
 $\eta = \sqrt{10 \cdot (S + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$ (NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)
 $T_B = T_c / 3$ (NTC-07 Eq. 3.2.8)
 $T_C = C_0 \cdot T_c$ (NTC-07 Eq. 3.2.7)
 $T_D = 4 \cdot 0.1 \cdot a_0 / g + 1.6$ (NTC-07 Eq. 3.2.9)

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$0 \leq T < T_B$ $S_d(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$
 $T_B \leq T < T_C$ $S_d(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$
 $T_C \leq T < T_D$ $S_d(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$
 $T_D \leq T$ $S_d(T) = a_0 \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_d(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S_d [g]
0.000	0.238
0.144	0.515
0.431	0.515
0.514	0.433
0.596	0.373
0.678	0.328
0.760	0.282
0.843	0.264
0.925	0.240
1.007	0.221
1.089	0.204
1.171	0.190
1.254	0.177
1.336	0.166
1.418	0.157
1.500	0.148
1.583	0.140
1.665	0.133
1.747	0.127
1.829	0.121
1.912	0.116
1.994	0.111
2.076	0.107
2.158	0.103
2.246	0.095
2.334	0.088
2.421	0.082
2.509	0.076
2.597	0.071
2.685	0.067
2.772	0.062
2.860	0.059
2.948	0.055
3.035	0.052
3.123	0.049
3.211	0.047
3.298	0.044
3.386	0.042
3.474	0.040
3.562	0.038
3.649	0.036
3.737	0.034
3.825	0.033
3.912	0.031
4.000	0.030

7.7 Ritiro del calcestruzzo

Gli effetti del ritiro del calcestruzzo sono valutati impiegando i coefficienti indicati al punto 11.2.10.6 delle NTC2008. La deformazione totale da ritiro è data dalla somma della deformazione per ritiro da essiccamento e della deformazione da ritiro autogeno. Il ritiro è stato applicato mediante una variazione termica equivalente pari a 10°, ed un umidità relativa del 75% a 7 gg.

Il fenomeno del ritiro è stato applicato solo alla soletta di copertura.

7.8 Variazione termica

La variazione termica applicata sulla struttura è pari a $\Delta T = +15^{\circ}\text{C}$, con un variazione termica a aggiuntiva a farfalla pari a $\Delta T = +5^{\circ}\text{C}$ applicata sulla soletta di copertura.

Per il coefficiente di dilatazione termica si assume:

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

7.9 Spinta statica del terreno

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

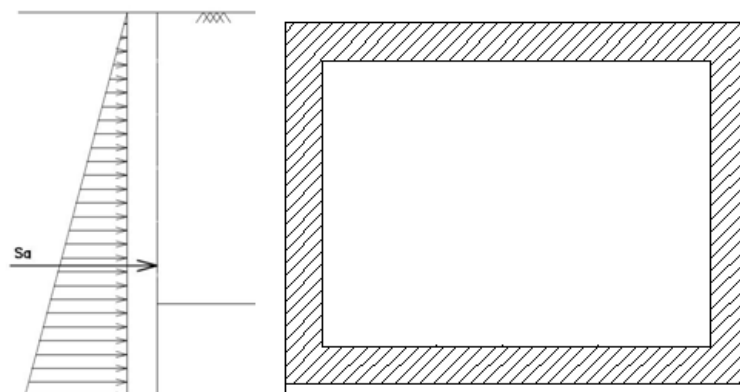


Fig. 5 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta statica del terreno

La spinta in condizioni di esercizio viene calcolata con il coefficiente di spinta a riposo k_0 .

7.10 Spinta dovuta al sovraccarico permanente e accidentale sul rilevato

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

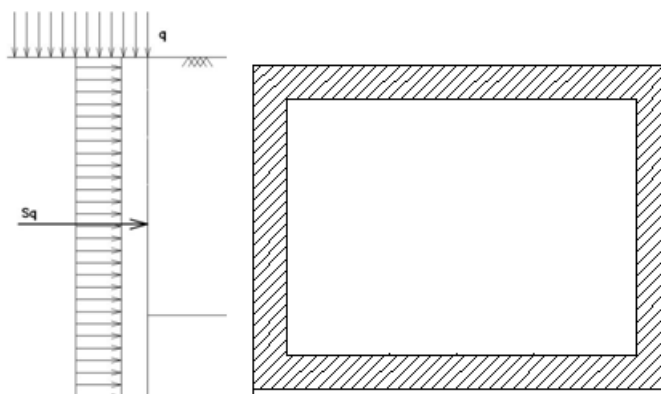


Fig. 6 – Schema per il calcolo degli effetti della spinta dovuta al sovraccarico accidentale

7.11 Sovrappinta sismica

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

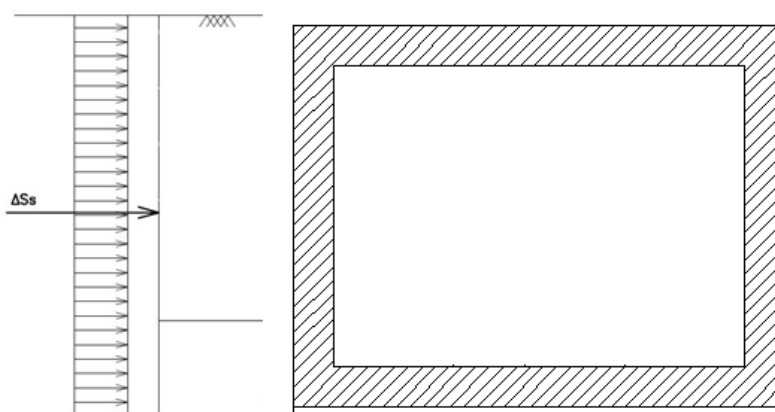


Fig. 7 – Schema per il calcolo degli effetti della sovrappinta sismica



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	21 di 77

8 COMBINAZIONE DEI CARICHI

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

combinazione fondamentale (SLU):

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

combinazione sismica:

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

combinazione eccezionale:

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

combinazione Rara (SLE irreversibile):

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

combinazione Frequente (SLE reversibile):

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

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

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

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati nella tabella seguente.

TIPO DI CARICO	Azioni verticali		Azioni orizzontali			Commenti
	Carico verticale (1)	Treno scarico	Frenatura e avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppo 1 (2)	1,00	-	0,5 (0,0)	1,0 (0,0)	1,0 (0,0)	massima azione verticale e laterale
Gruppo 2 (2)	-	1,00	0,00	1,0 (0,0)	1,0(0,0)	stabilità laterale
Gruppo 3 (2)	1,0 (0,5)	-	1,00	0,5 (0,0)	0,5 (0,0)	massima azione longitudinale
Gruppo 4	0,8 (0,6; 0,4)	†	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	0,8 (0,6; 0,4)	fessurazione

Azione dominante
 (1) Includendo tutti i fattori ad essi relativi (Φ, t , ecc.)
 (2) La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

Tab. 1 – Valutazione dei carichi da traffico

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

		Coefficiente	EQU ⁽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 ⁽⁵⁾	0,20 ⁽⁵⁾
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

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.
⁽³⁾ Quando si prevedano variazioni significative del carico dovuto al ballast, se ne dovrà tener conto esplicitamente nelle verifiche.
⁽⁴⁾ Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico gr della Tab. 5.2.IV.
⁽⁵⁾ Aliquota di carico da traffico da considerare.
⁽⁶⁾ 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
⁽⁷⁾ 1,20 per effetti locali

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

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	gr1	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr2	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	-
	gr3	0,80 ⁽²⁾	0,80 ⁽¹⁾	0,0
	gr4	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

(1) 0,80 se è carico solo un binario, 0,60 se sono carichi due binari e 0,40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti ψ_0 relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0,0.

Tab. 3 – Coefficienti di combinazione ψ delle azioni

	LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)					
	IN01-CANALE SCOLMATORE Relazione di calcolo tombino	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IN0100003	REV. A

9 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche sono condotte nel rispetto di quanto dichiarato nell'istruttoria RFI DTC INC PO SP IFS 001 A § 1.8.3.

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

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

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

Per le sezioni in cemento armato si effettuano:

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

9.1 Verifiche per gli stati limite ultimi a flessione-pressoflessione

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

9.2 Verifica agli stati limite ultimi a taglio

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



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	24 di 77

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

$$V_{Rd,c} = \max \left\{ \left[\frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + 0.15 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d; (v_{\min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \right\}, \text{ resistenza di}$$

calcolo dell'elemento privo di armatura a taglio

$$V_{Rd,s} = 0.9 \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot (\cot \alpha + \cot \vartheta) \cdot \sin \alpha, \text{ valore di progetto dello sforzo di taglio che può essere}$$

sopportato dall'armatura a taglio alla tensione di snervamento

$$V_{Rd,max} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} (\cot \alpha + \cot \vartheta) / (1 + \cot^2 \vartheta), \text{ valore di progetto del massimo sforzo di taglio}$$

che può essere sopportato dall'elemento, limitato dalla rottura delle bielle compresse.

Nelle espressioni precedenti, i simboli hanno i seguenti significati:

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

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{b_w \cdot d} \leq 0.02;$$

A_{s1} è l'area dell'armatura tesa;

b_w è la larghezza minima della sezione in zona tesa;

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

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

A_c è l'area della sezione di calcestruzzo;

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

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

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

s è il passo delle staffe;

f_{ywd} è la tensione di snervamento di progetto dell'armatura a taglio;

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	25 di 77

Relazione di calcolo tombino

$f'_{cd} = 0.5 \cdot f_{cd}$ è la resistenza ridotta a compressione del calcestruzzo d'anima;

$\alpha_{cw} = 1$ è un coefficiente che tiene conto dell'interazione tra la tensione nel corrente compresso e qualsiasi tensione di compressione assiale.

9.3 Verifica agli stati limite d'esercizio

Si effettuano le seguenti verifiche agli stati limite di esercizio:

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

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

$$\sigma_c < 0.55 f_{ck} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.40 f_{ck} \text{ per combinazione di carico quasi permanente;}$$

$$\sigma_s < 0.75 f_{yk} \text{ per combinazione di carico caratteristica (rara).}$$

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

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

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

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

10 MODELLAZIONE STRUTTURALE

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

Convenzione assi

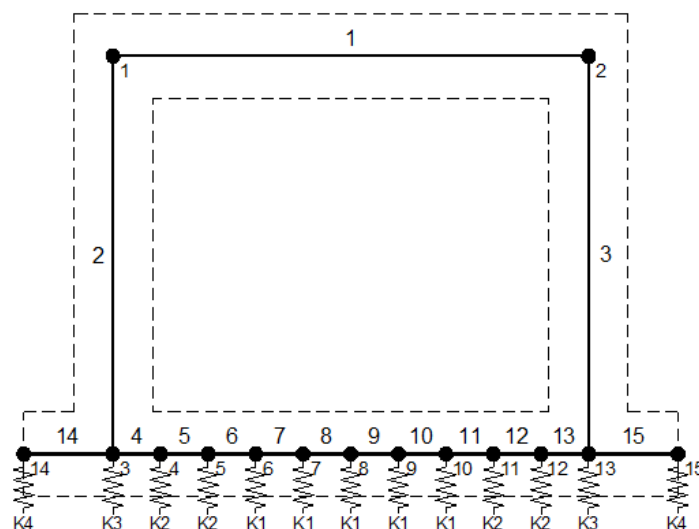
x = asse trasversale dello scatolare

y = asse longitudinale dello scatolare

z = asse verticale dello scatolare

10.1 Analisi strutturale

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



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



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	27 di 77

Per la rigidezza delle molle, nell'opera in esame si considera un modulo di reazione verticale Kw pari a 5000 kN/m³. Con questo valore si ricavano i valori delle singole molle:

Rigidezze molle

Interasse molle	i	$(0.50/2 + 2.70 + 0.50/2) / 10 =$	0.32	m
Molle centrali	K1	$6000 \cdot 0.32 =$	1,920	kN/m
Molle intermedie	K2	$1.5 \cdot 6000 \cdot 0.32 =$	2,880	kN/m
Molle laterali	K3	$2.0 \cdot 6000 \cdot (0.32/2 + 0.50/2) =$	4,920	kN/m
Molle risolto	K4	-	0	kN/m

In funzione dello stato di sollecitazione, si differenziano le rigidezze delle molle verso il piedritto.

10.2 Analisi dei carichi

Geometria

Caratteristiche materiali e terreno

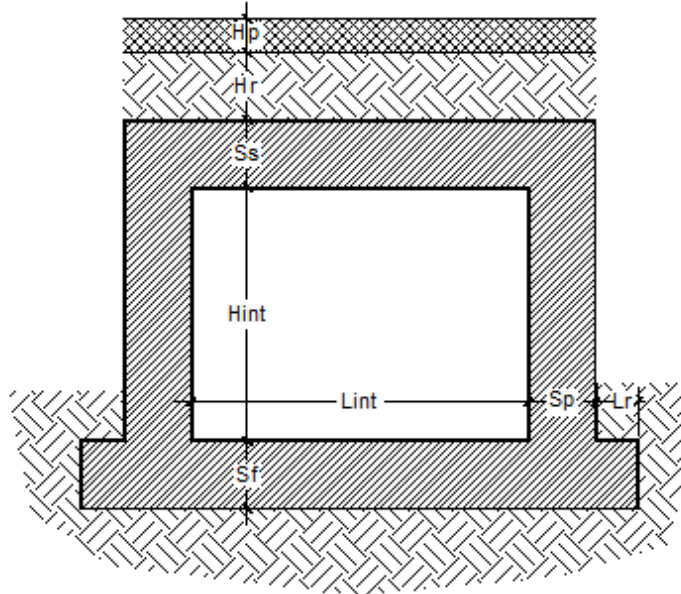
Calcestruzzo armato - Peso specifico	γ		25	kN/m ³
Calcestruzzo armato - Tipo			C30/37	
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cubica	R _{ck}		37	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Res. caratt. cilindrica	f _{ck}	0.83 · 37 =	30.7	N/mm ²
Calcestruzzo armato - Modulo elastico	E		33000	N/mm ²
Ballast - Peso specifico	γ _b		18	kN/m ³
Terreno del rilevato - Peso specifico	γ		20	kN/m ³
Terreno del rilevato - Angolo di attrito	φ		32	°
Terreno di fondazione	Kw		6000	kN/m ³
Condizioni ambientali per ver. a fessurazione			ordinarie	

Ricoprimento

Spessore ballast+armamento	Hb		0.80	m
Spessore medio traversina+binario	Ht		0.35	m
Spessore ballast sotto la traversina			0.45	m
Spessore del rinterro	Hr		0.60	m

Geometria

Spessore soletta superiore	Ss		0.50	m
Spessore soletta di fondazione	Sf		0.70	m
Spessore piedritti	Sp		0.50	m
Altezza netta	Hint		2.80	m
Larghezza netta	Lint		2.70	m
Lunghezza risvolti sol. inf.	Lr		0.00	m



Tab. 4: Geometria del modello

Azioni elementari applicate

Carichi permanenti (Condizione PERM)

Soletta superiore			
Peso ballast	Ps	$0.80 \cdot 18 =$	14.40 kN/m ²
Peso del rinterro	Pr	$0.60 \cdot 20 =$	12.00 kN/m ²
Totale			26.40 kN/m²

Risvolti soletta inferiore			
Peso ballast	Ps	-	0.00 kN/m ²
Peso del rinterro	Pr	-	0.00 kN/m ²
Totale			0.00 kN/m²

Carichi accidentali sulla copertura LM71 (Condizioni ACC-M e ACC-T)

Coefficiente dinamico			
Lunghezza caratteristica per coeff. din.	L_{ϕ}	$= 1.3 \cdot 1/3 \cdot (3.05 + 3.20 + 3.05)$	4.03 m
Coefficiente dinamico	Φ_3	$= 1.35$ se $L_{int} \leq 8$ m e $H_{int} \leq 5$ m	1.35
Qvk			
Coefficiente di adattamento	α		1.00
Larghezza traversa	Lt		2.30 m
Impronta di carico y	Ld1	$2.30 + 2 \times (0.45/4 + 0.60 \times \tan(32^\circ) + 0.50/2) =$	3.77 m
Impronta di carico x	Ld2	$0.8 + 1.6 + 1.6 + 1.6 + 0.8 =$	6.40 m
Carico Qvk (totale)			1000 kN
Carico Qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.35 \cdot 1000 / (3.77 \cdot 6.40) =$	55.88 kN/m²
qvk			
Carico qvk			80 kN/m
Carico qvk (ripartito)		$1 \cdot 1.35 \cdot 80 / 3.77 =$	28.61 kN/m²

Per il calcolo della lunghezza caratteristica si fa riferimento a:

Caso 5.3 pag. 41 di 481 Manuale Parte II - Sezione II - Ponti


LINEA MODANE-TORINO
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA
REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)
IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NTOI	04	D26CL	IN0100003	A	29 di 77

Relazione di calcolo tombino

Avviamento e frenatura (Condizione *AVV*)

$$Q_{1ak} (= 33 / Ld1) \quad 33 / 3.77 = \quad \mathbf{8.74 \text{ kN/m}^2}$$

Azione termica (Condizione *TERM*)

Variazione termica uniforme	ΔT_U		15 °
Variazione termica a farfalla	ΔT_F		5 °
Variazione termica uniforme di calcolo	ΔT_{U*}	$15 / 2 =$	7.50 °
Variazione termica a farfalla di calcolo	ΔT_{F*}	$5 / 2 =$	2.50 °

Ritiro (Condizione *RITIRO*)

Ritiro applicato alla sol. Superiore	ΔT_R		-10 °
--------------------------------------	--------------	--	-------

Spinta del terreno (Condizioni *SPTSX* e *SPTDX*)

K0		$1 - \text{sen}(32^\circ) =$	0.470
Spinta alla quota di estradosso sol. sup.	p1	$0.470 \cdot 26.40 =$	12.41 kN/m ²
Spinta in asse sol. sup.	p2	$0.470 \cdot (26.40 + 20 \cdot 0.50/2) =$	14.76 kN/m²
Spinta in asse sol. inf.	p3	$0.470 \cdot [26.40 + 20 \cdot (0.50/2 + 2.80 + 0.70/2)] =$	46.73 kN/m²
Spinta alla quota di intradosso sol. inf.	p4	$0.470 \cdot [26.40 + 20 \cdot (0.50/2 + 2.80 + 0.70)] =$	50.02 kN/m ²
Spinta semispessore sol. sup.	F1	$(12.41 + 14.76) / 2 \cdot 0.50 / 2 =$	3.40 kN/m
Spinta semispessore sol. inf.	F2	$(46.73 + 50.02) / 2 \cdot 0.70 / 2 =$	16.93 kN/m

Spinta del carico accidentale (Condizioni *SPACCSX* e *SPACCDX*)

Spinta dovuta al q1	p	$0.470 \cdot 1 \cdot 1000 / (3.77 \cdot 6.40) =$	21.40 kN/m²
---------------------	---	--	-------------------------------

Sisma orizzontale (Condizione *SISMAH*)

Stato limite		Salvaguardia della vita - SLU -	SLV
Vita nominale	V_N		50 anni
Classe d'uso			III
Coefficiente C_U	C_U		1.5
Periodo di riferimento	V_R		75 anni
Accelerazione orizzontale	a_g/g		0.14
Amplificazione spettrale	F_o		2.473
Categoria sottosuolo		A, B, C, D, E	C
Coeff. Amplificazione stratigrafica	S_s		1.492
Coeff. Amplificazione topografica	S_t		1
Coefficiente S	$S = S_s \cdot S_t$		1.492
accelerazione orizzontale max	$a_{max}/g = a_g/g \cdot S$		0.209
Fattore di struttura	q		1.00
Coeff. sismico orizzontale	$k_h = a_{max}/g$		0.209
Coeff. sismico verticale	$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$		0.104

Carico accidentale totale gravante sulla cop.		$1.1 \cdot 1000 / (3.77 \cdot 6.40) \cdot 3.70 + 1.1 \cdot 80 / 3.77 \cdot 3.70 =$	239.4 kN/m
---	--	--	------------

Forza orizz. sulla sol. di cop.	F _{Hs}	$0.209 \cdot (0.50 \cdot 25 + 26.40 + 0.2 \cdot 239.4 / 3.20) / 1.00 =$	11.25 kN/m²
Forza orizz. sui piedritti	F _{Hp}	$0.209 \cdot (0.50 \cdot 25) / 1.00 =$	2.61 kN/m²

Sisma verticale (Condizione *SISMAV*)

Forza vert. sulla sol. di cop.	F _{Vs}	$0.104 \cdot (0.50 \cdot 25 + 26.40 + 0.2 \cdot 239.4 / 3.20) / 1.00 =$	5.63 kN/m²
--------------------------------	-----------------	---	------------------------------

Spinta del terreno in fase sismica (Condizione *SPSDX*)

Risultante della spinta sismica	ΔS_E	$= (a_{max}/g) \cdot \gamma \cdot (H_{int} + S_s + S_f + H_b + H_r)^2 = 0.209 \cdot 20 \cdot 5.40^2$	121.8 kN/m
Pressione risultante	Δp_E	$= \Delta S_E / H = 121.8 / 3.40$	35.84 kN/m²



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NTOI 04 D26CL IN0100003 A 30 di 77

Relazione di calcolo tombino

Combinazioni:

STRU	PERM	PERM-G2	ACC-M	ACC-T	AVV	SPTSX	SPTDX	SPACCSX	SPACCDX	TERM	RITIRO	SISMAH	SISMAV	SPSDX
01S1-11M	1.35	1.50	1.45	0	0.50	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0
02S1-11T	1.35	1.50	0	1.45	0.50	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0
03S1-12M	1.35	1.50	1.45	0	0.50	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0
04S1-12T	1.35	1.50	0	1.45	0.50	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0
05S1-13M	1.35	1.50	1.45	0	0.50	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0
06S1-13T	1.35	1.50	0	1.45	0.50	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0
07S1-14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0
08S1-15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0
09S1-21M	1.35	1.50	1.45	0	0.50	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0
10S1-21T	1.35	1.50	0	1.45	0.50	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0
11S1-22M	1.35	1.50	1.45	0	0.50	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.35	0	0	0
12S1-22T	1.35	1.50	0	1.45	0.50	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.35	0	0	0
13S1-23M	1.35	1.50	1.45	0	0.50	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.35	0	0	0
14S1-23T	1.35	1.50	0	1.45	0.50	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.35	0	0	0
15S1-24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.45	1.45	-0.9	1.35	0	0	0
16S1-25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.45	-0.9	1.35	0	0	0
17S1T11M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0	0
18S1T11T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	1.5	0	0	0	0
19S1T12M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	0	0	0	0
20S1T12T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	0	0	0	0
21S1T13M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	0	0	0	0
22S1T13T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	1.5	0	0	0	0
23S1T14-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	1.5	0	0	0	0
24S1T15-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	1.5	0	0	0	0
25S1T21M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.35	0	0	0
26S1T21T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.00	0	0	-1.5	1.35	0	0	0
27S1T22M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.35	0	0	0
28S1T22T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.35	0	0	0
29S1T23M	1.35	1.50	1.16	0	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.35	0	0	0
30S1T23T	1.35	1.50	0	1.16	1.16	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.35	0	0	0
31S1T24-	1.35	1.50	0	0	0	1.35	1.35	1.16	1.16	-1.5	1.35	0	0	0
32S1T25-	1.35	1.50	0	0	0	1.00	1.35	0	1.16	-1.5	1.35	0	0	0



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NT01 04 D26CL IN0100003 A 31 di 77

Relazione di calcolo tombino

33S3-11M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0
34S3-11T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	0.9	0	0	0	0
35S3-12M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0
36S3-12T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.45	1.45	0.9	0	0	0	0
37S3-13M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0
38S3-13T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.45	0.9	0	0	0	0
39S3-21M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0
40S3-21T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.00	0	0	-0.9	1.35	0	0	0
41S3-22M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.35	0	0	0
42S3-22T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.35	1.35	1.16	1.16	-0.9	1.35	0	0	0
43S3-23M	1.35	1.50	1.45	0	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.35	0	0	0
44S3-23T	1.35	1.50	0	1.45	1.45	1.00	1.35	0	1.16	-0.9	1.35	0	0	0
45SSS1--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	1	0.3	1
46SSS2--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	1	-0.3	1
47SSS3--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	0.3	1	0.3
48SSS4--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	0.5	0	0.3	-1	0.3
49SSS5--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	1	0.3	1
50SSS6--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	1	-0.3	1
51SSS7--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	-1	0.3
52SSS8--	1	1	0.2	0	0	0.6	1	0	0.2	-0.5	1	0.3	-1	0.3
53R3-11M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	0.6	0	0	0	0
54R3-11T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	0.6	0	0	0	0
55R3-12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	0	0	0	0
56R3-12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	0.6	0	0	0	0
57R3-13M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	0.6	0	0	0	0
58R3-13T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	0.6	0	0	0	0
59R3-21M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	-0.6	1	0	0	0
60R3-21T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	-0.6	1	0	0	0
61R3-22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0
62R3-22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-0.6	1	0	0	0
63R3-23M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0
64R3-23T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	-0.6	1	0	0	0
65R1T11M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	1	0	0	0	0
66R1T11T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	1	0	0	0	0
67R1T12M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	1	0	0	0	0
68R1T12T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	1	0	0	0	0
69R1T13M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	1	0	0	0	0
70R1T13T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	1	0	0	0	0
71R1T21M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	0.6	0	0	-1	1	0	0	0
72R1T21T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	0.6	0	0	-1	1	0	0	0
73R1T22M	1	1	0.8	0	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0
74R1T22T	1	1	0	0.8	0.8	1	1	0.8	0.8	-1	1	0	0	0
75R1T23M	1	1	0.8	0	0.8	0.6	1	0	0.8	-1	1	0	0	0
76R1T23T	1	1	0	0.8	0.8	0.6	1	0	0.8	-1	1	0	0	0

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	32 di 77

Dove:

- PERM** → permanenti
- PERM-G2k** → permanenti non strutturali
- ACC-M** → carico accidentale (max momento)
- ACC-T** → carico accidentale (max taglio)
- AVV** → avviamento
- SPTSX** → Spinta del terreno sulla parete SX
- SPTDX** → Spinta del terreno sulla parete DX
- SPACCSX** → Spinta del carico acc. sulla parete SX
- SPACCDX** → Spinta del carico acc. sulla parete DX
- TERM** → Termica
- RITIRO** → Ritiro
- SISMAH** → Sisma orizzontale
- SISMAV** → Sisma verticale
- SPSDX** → Incremento sismico della spinta del terreno



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

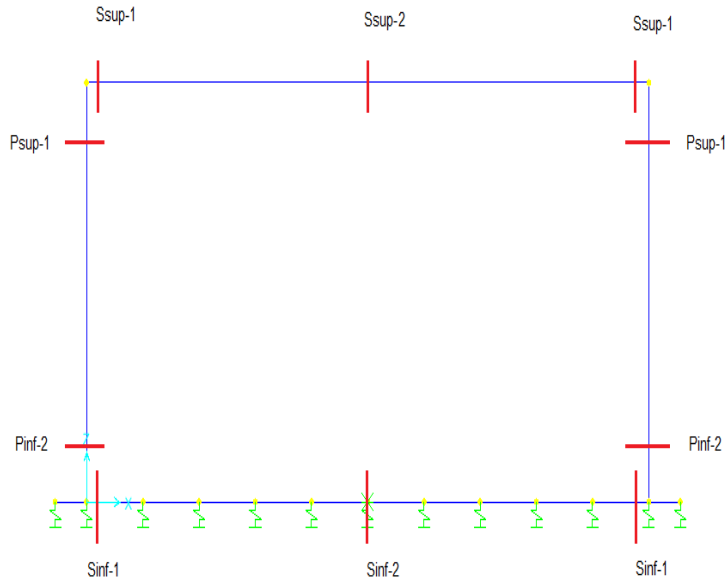
REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

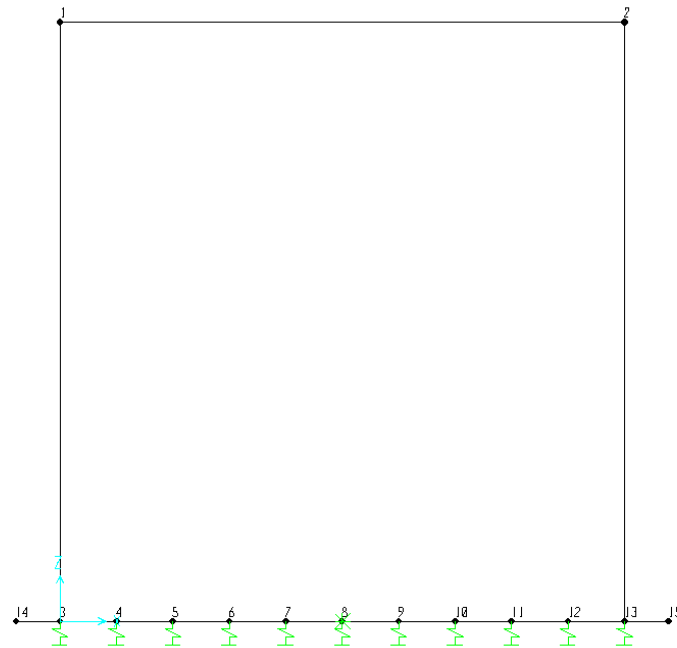
Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	33 di 77

10.3 Sollecitazioni



Tab. 5: Sezioni di verifica



Tab. 6: Nomenclatura nodi



LINEA MODANE-TORINO

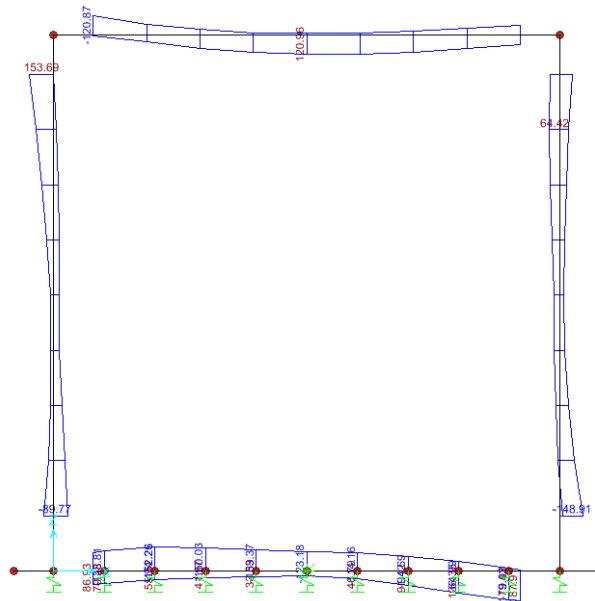
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

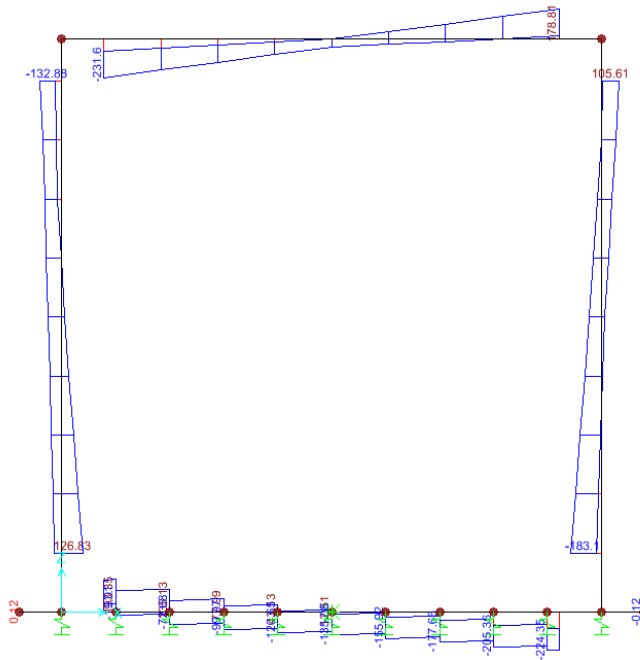
IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	35 di 77



Tab. 9: Momento flettente – Inviluppo SLU



Tab. 10: Taglio – Inviluppo SLU



LINEA MODANE-TORINO

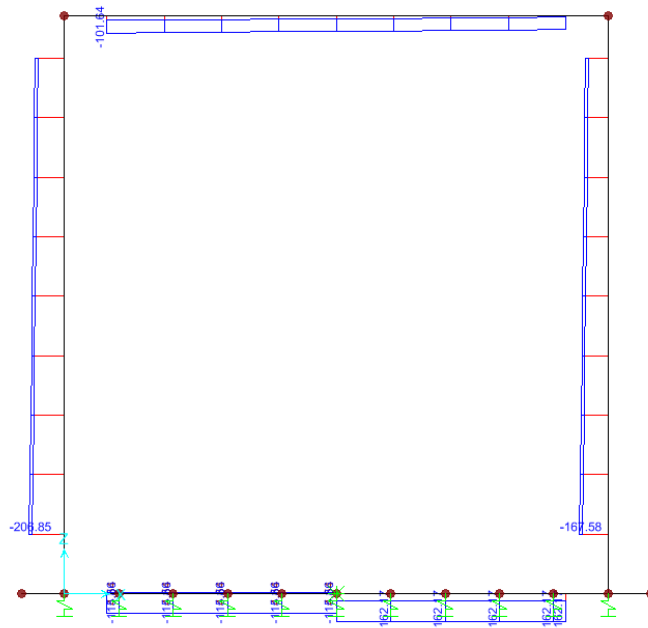
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

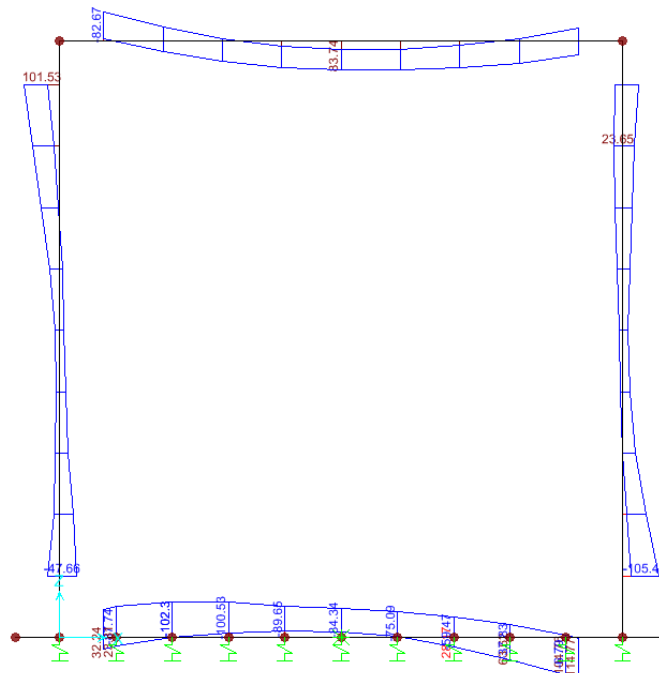
IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	36 di 77



Tab. 11: Sforzo Normale – Involuppo SLE



Tab. 12: Momento flettente – Involuppo SLE



LINEA MODANE-TORINO

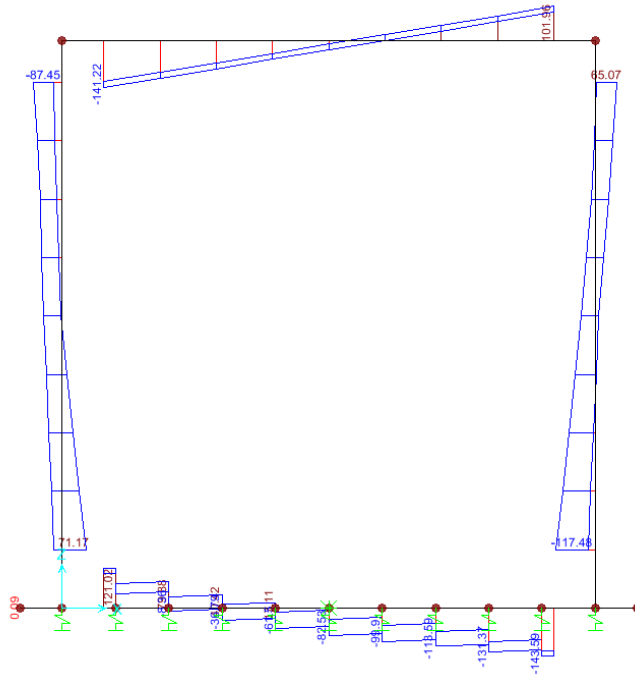
ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	37 di 77



Tab. 13: Taglio – Involuppo SLE

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	38 di 77

10.4 Verifiche strutturali**10.4.1 Verifica piedritti****Sezione: 100 x 50 cm**Armatura a flessione:

- Sommità Psup-1

Armatura tesa

 ϕ 20/20 cm

Armatura compressa

 ϕ 20/20 cm

- Spiccato Pinf-2

Armatura tesa

 ϕ 20/20 cm

Armatura compressa

 ϕ 20/20 cmArmatura a taglio:Spille ϕ 12/40x40 cm.



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

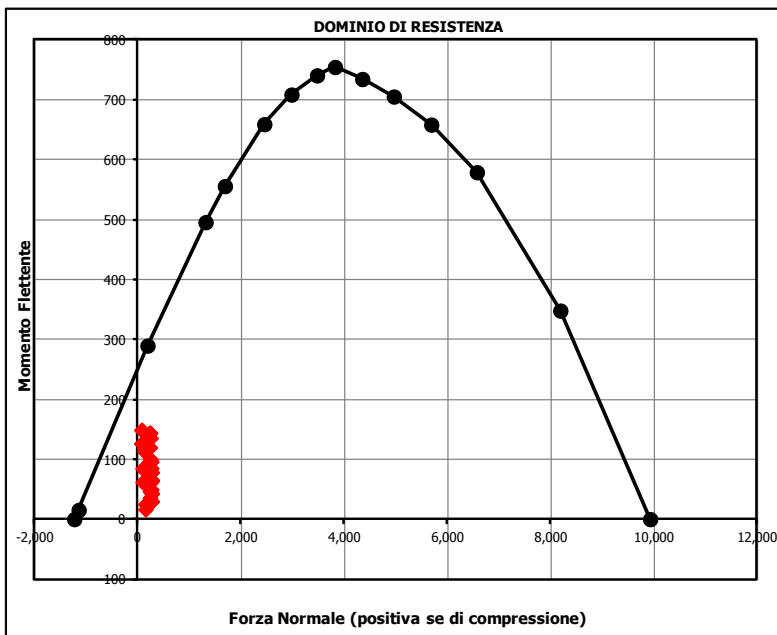
IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	39 di 77

- Verifica a pressoflessione (Spiccato Pinf-2)

Acciaio		Calcestruzzo			
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²	Tipo	C30/37	copriferro	40 mm
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²	R_{ck}	37 N/mm ²	staffe	10 mm
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	f_{ck}	30.71 N/mm ²	armat. sec	12 mm
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²	γ_c	1.5		
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²	f_{ctd}	20.5 N/mm ²		
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$	f_{cc}	17.4 N/mm ²		
Geometria della sezione		Armatura tesa		Armatura compressa	
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm	N° ferri	Diametro	Area	
Base della sezione	$b = 100$ cm	5	20	15.71	cm ²
Copriferro	$d' = 7.2$ cm			0.00	cm ²
Altezza utile della sezione	$d = 42.8$ cm			0.00	cm ²
				15.71	cm²
				15.71	cm²



Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	275	30
02S1-11T	275	30
03S1-12M	275	43
04S1-12T	275	43
05S1-13M	248	100
06S1-13T	248	100
07S1-14-	152	25
08S1-15-	126	82
09S1-21M	275	65
10S1-21T	275	65
11S1-22M	275	78
12S1-22T	275	78
13S1-23M	248	135
14S1-23T	248	135
15S1-24-	152	60
16S1-25-	126	118
17S1T11M	240	35
18S1T11T	240	35
19S1T12M	240	46
20S1T12T	240	46
21S1T13M	218	95
22S1T13T	218	95
23S1T14-	152	16
24S1T15-	130	64
25S1T21M	240	84
26S1T21T	240	84
27S1T22M	240	95
28S1T22T	240	95
29S1T23M	218	143
30S1T23T	218	143
31S1T24-	152	65
32S1T25-	130	113
33S3-11M	262	49
34S3-11T	262	49
35S3-12M	262	63
36S3-12T	262	63
37S3-13M	235	120
38S3-13T	235	120
39S3-21M	262	85
40S3-21T	262	85
41S3-22M	262	96
42S3-22T	262	96
43S3-23M	240	144
44S3-23T	240	144
45SSS1--	78	126
46SSS2--	73	126
47SSS3--	113	63
48SSS4--	95	62
49SSS5--	78	149
50SSS6--	73	149
51SSS7--	113	85
52SSS8--	95	84



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

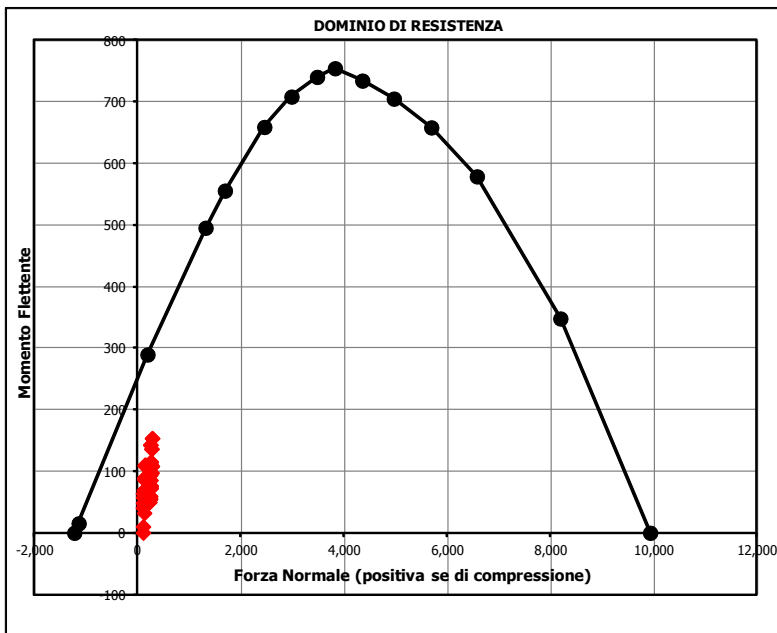
COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 NTOI 04 D26CL IN0100003 A 40 di 77

Relazione di calcolo tombino

• Verifica a pressoflessione (Sommità Psup-1)

Acciaio		Calcestruzzo		Copriferro	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²	Tipo	C30/37	copriferro	40 mm
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²	R_{ck}	37 N/mm ²	staffe	10 mm
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	f_{ck}	30.71 N/mm ²	armat. sec	12 mm
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²	γ_c	1.5		
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²	f_{ctd}	20.5 N/mm ²		
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$	f_{cc}	17.4 N/mm ²		

Geometria della sezione			Armatura tesa			Armatura compressa		
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm	N° ferri	Diametro	Area	N° ferri	Diametro	Area	
Base della sezione	$b = 100$ cm	5	20	15.71 cm ²	5	20	15.71 cm ²	
Copriferro	$d' = 7.2$ cm			0.00 cm ²			0.00 cm ²	
Altezza utile della sezione	$d = 42.8$ cm			0.00 cm ²			0.00 cm ²	
				15.71 cm²			15.71 cm²	



Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	241	94
02S1-11T	241	94
03S1-12M	241	98
04S1-12T	241	98
05S1-13M	267	136
06S1-13T	267	136
07S1-14-	104	49
08S1-15-	131	87
09S1-21M	241	55
10S1-21T	241	55
11S1-22M	241	60
12S1-22T	241	60
13S1-23M	267	98
14S1-23T	267	98
15S1-24-	104	10
16S1-25-	131	48
17S1T11M	224	107
18S1T11T	224	107
19S1T12M	224	111
20S1T12T	224	111
21S1T13M	246	143
22S1T13T	246	143
23S1T14-	104	58
24S1T15-	126	90
25S1T21M	224	50
26S1T21T	224	50
27S1T22M	224	54
28S1T22T	224	54
29S1T23M	246	86
30S1T23T	246	86
31S1T24-	104	0
32S1T25-	126	32
33S3-11M	254	111
34S3-11T	254	111
35S3-12M	254	116
36S3-12T	254	116
37S3-13M	280	154
38S3-13T	280	154
39S3-21M	254	73
40S3-21T	254	73
41S3-22M	254	76
42S3-22T	254	76
43S3-23M	276	108
44S3-23T	276	108
45SSS1--	142	111
46SSS2--	136	109
47SSS3--	120	70
48SSS4--	102	64
49SSS5--	142	87
50SSS6--	136	86
51SSS7--	120	46
52SSS8--	102	41

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	41 di 77

Relazione di calcolo tombino

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo		Sollecitazioni		Piedritto	
Tipo	C30/37	V_{Ed}	kN		183
R_{ck}	37 N/mm ²	N_{Ed}	kN		0
f_{ck}	30.7 N/mm ²	Armatura a taglio			
γ_c	1.5	Diametro	mm		12
α_{cc}	0.85	Numero barre			2.5
f_{cd}	17.4 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		2.83
Acciaio		Passo s	cm		40
f_{tk}	540 N/mm ²	Angolo α	°		90
f_{yk}	450 N/mm ²	Armatura longitudinale			
γ_s	1.15	n_1			5
f_{yd}	391 N/mm ²	\varnothing_1	mm		20
		n_2			
		\varnothing_2	mm		
		Asl	cm ²		15.71
		Sezione			
		b_w	cm		100
		H	cm		50
		c	cm		7.2
		d	cm		42.8
		k	N/mm ²		1.68
		v_{min}	N/mm ²		0.42
		ρ			0.0037
		σ_{cp}	N/mm ²		0.00
		α_c			1.00
		Resistenza senza armatura a taglio			
		V_{Rd}	kN		194
		Resistenza con armatura a taglio			
		Inclinazione puntone θ	°		21.8
		V_{RSd}	kN		266
		V_{RCd}	kN		1156
		V_{Rd}	kN		266



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	42 di 77

Relazione di calcolo tombino

- Verifica a fessurazione (Spiccato Pinf-2)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	105	kN m
Sforzo normale	N	150	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	37	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	11.5	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.0	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.1	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	50	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = 7.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{t1} = 7.2$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ	4.2	N/mm ²	< σ_{amm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ	127.6	N/mm ²	< σ_{amm}

Eccentricità	e (M)	70.2	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	45.2	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	14.2	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	5440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	1190974	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	299987	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	113	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	43 di 77

Relazione di calcolo tombino

- Verifica a fessurazione (Sommità Psup-1)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	102	kN m
Sforzo normale	N	172	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	37	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	11.5	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.0	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.1	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	50	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = 7.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5.0 Ø 20	$C_{t1} = 7.2$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ	4.1	N/mm ²	< σ_{amm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ	114.7	N/mm ²	< σ_{amm}

Eccentricità	e (M)	59.1	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	34.1	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	14.9	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	5440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	1190974	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	307229	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	115	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	44 di 77

10.4.2 Verifica soletta superiore**Sezione: 100 x 50 cm**Armatura a flessione:

- Appoggio Ssup-1

Armatura tesa

 ϕ 20/20 cm

Armatura compressa

 ϕ 20/20 cm

- Campata Ssup-2

Armatura tesa

 ϕ 20/20 cm

Armatura compressa

 ϕ 20/20 cmArmatura a taglio:Spille ϕ 12/40x40 cm.



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

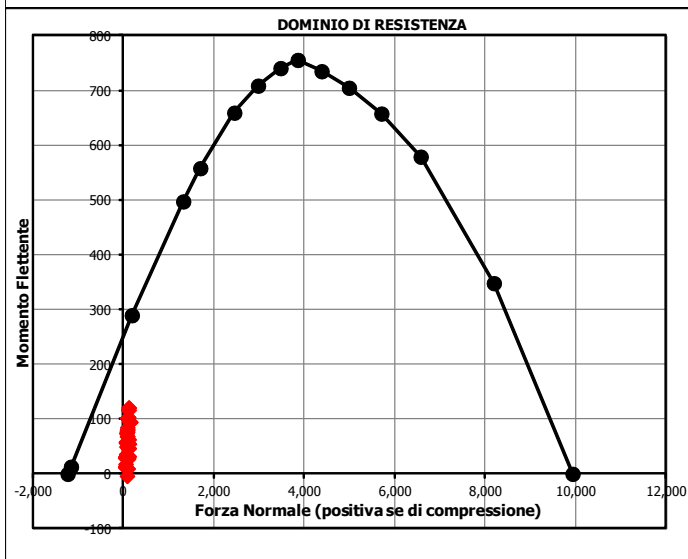
Relazione di calcolo tombino

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NT01 04 D26CL IN0100003 A 45 di 77

• Verifica a pressoflessione (Appoggio Ssup-1)

Acciaio		Calcestruzzo		Copriferro	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²	Tipo	C30/37	copriferro	40 mm
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²	R_{ck}	37 N/mm ²	staffe	10 mm
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	f_{ck}	30.71 N/mm ²	armat. sec	12 mm
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²	γ_c	1.5		
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²	f_{ctd}	20.5 N/mm ²		
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	f_{cc}	17.4 N/mm ²		

Geometria della sezione			Armatura tesa			Armatura compressa		
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm	N° ferri	Diametro	Area	N° ferri	Diametro	Area	
Base della sezione	$b = 100$ cm	5	20	15.71 cm ²	5	20	15.71 cm ²	
Copriferro	$d' = 7.2$ cm			0.00 cm ²			0.00 cm ²	
Altezza utile della sezione	$d = 42.8$ cm			0.00 cm ²			0.00 cm ²	
				15.71 cm²			15.71 cm²	



Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	73	59
02S1-11T	73	59
03S1-12M	144	77
04S1-12T	144	77
05S1-13M	108	103
06S1-13T	108	103
07S1-14-	126	55
08S1-15-	91	81
09S1-21M	47	14
10S1-21T	47	14
11S1-22M	118	32
12S1-22T	118	32
13S1-23M	82	58
14S1-23T	82	58
15S1-24-	100	10
16S1-25-	64	36
17S1T11M	84	79
18S1T11T	84	79
19S1T12M	144	95
20S1T12T	144	95
21S1T13M	114	117
22S1T13T	114	117
23S1T14-	121	63
24S1T15-	91	85
25S1T21M	46	12
26S1T21T	46	12
27S1T22M	106	28
28S1T22T	106	28
29S1T23M	76	50
30S1T23T	76	50
31S1T24-	83	-4
32S1T25-	53	18
33S3-11M	84	76
34S3-11T	84	76
35S3-12M	155	95
36S3-12T	155	95
37S3-13M	120	121
38S3-13T	120	121
39S3-21M	58	31
40S3-21T	58	31
41S3-22M	117	47
42S3-22T	117	47
43S3-23M	88	69
44S3-23T	88	69
45SSS1--	91	102
46SSS2--	90	101
47SSS3--	61	59
48SSS4--	59	57
49SSS5--	74	74
50SSS6--	74	74
51SSS7--	44	31
52SSS8--	43	29



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

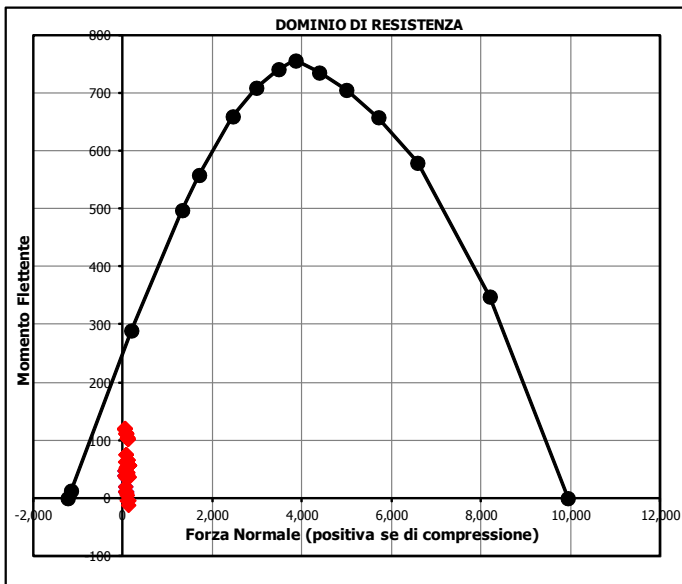
COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 NTOI 04 D26CL IN0100003 A 46 di 77

Relazione di calcolo tombino

• Verifica a pressoflessione (Campata Ssup-2)

Acciaio		Calcestruzzo		Copriferro	
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²	Tipo	C30/37		40 mm
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²	R_{ck}	37 N/mm ²	staffe	10 mm
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	f_{ck}	30.71 N/mm ²	armat. sec.	12 mm
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²	γ_c	1.5		
Modulo elastico	$E_s = 205000$ N/mm ²	f_{ctd}	20.5 N/mm ²		
	$\epsilon_{yd} = 0.00191$	f_{cc}	17.4 N/mm ²		

Geometria della sezione		Armatura tesa			Armatura compressa		
Altezza geometrica della sezione	$h = 50$ cm	N° ferri	Diametro	Area	N° ferri	Diametro	Area
Base della sezione	$b = 100$ cm	5	20	15.71 cm ²	5	20	15.71 cm ²
Copriferro	$d' = 7.2$ cm			0.00 cm ²			0.00 cm ²
Altezza utile della sezione	$d = 42.8$ cm			0.00 cm ²			0.00 cm ²
				15.71 cm²			15.71 cm²



Caratteristiche di sollecitazione

Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	67	76
02S1-11T	67	76
03S1-12M	138	57
04S1-12T	138	57
05S1-13M	103	66
06S1-13T	103	66
07S1-14-	126	-3
08S1-15-	91	6
09S1-21M	41	121
10S1-21T	41	121
11S1-22M	112	102
12S1-22T	112	102
13S1-23M	76	112
14S1-23T	76	112
15S1-24-	100	42
16S1-25-	64	51
17S1T11M	70	53
18S1T11T	70	53
19S1T12M	130	37
20S1T12T	130	37
21S1T13M	100	45
22S1T13T	100	45
23S1T14-	121	-12
24S1T15-	91	-4
25S1T21M	33	120
26S1T21T	33	120
27S1T22M	92	104
28S1T22T	92	104
29S1T23M	62	112
30S1T23T	62	112
31S1T24-	83	55
32S1T25-	53	63
33S3-11M	67	76
34S3-11T	67	76
35S3-12M	138	57
36S3-12T	138	57
37S3-13M	103	66
38S3-13T	103	66
39S3-21M	41	121
40S3-21T	41	121
41S3-22M	100	105
42S3-22T	100	105
43S3-23M	70	113
44S3-23T	70	113
45SSS1--	75	12
46SSS2--	75	9
47SSS3--	56	20
48SSS4--	55	12
49SSS5--	59	39
50SSS6--	58	37
51SSS7--	40	48
52SSS8--	38	39



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	47 di 77

Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo		Sollecitazioni		Soletta sup	
Tipo	C30/37	V_{Ed}	kN		232
R_{ck}	37 N/mm ²	N_{Ed}	kN		0
f_{ck}	30.7 N/mm ²	Armatura a taglio			
γ_c	1.5	Diametro	mm		12
α_{cc}	0.85	Numero barre			2.5
f_{cd}	17.4 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		2.83
Acciaio		Passo s	cm		40
f_{tk}	540 N/mm ²	Angolo α	°		90
f_{yk}	450 N/mm ²	Armatura longitudinale			
γ_s	1.15	n_1			5.0
f_{yd}	391 N/mm ²	\varnothing_1	mm		20
		n_2			5.0
		\varnothing_2	mm		20
		Asl	cm ²		15.71
		Sezione			
		b_w	cm		100
		H	cm		50
		c	cm		7.2
		d	cm		42.8
		k	N/mm ²		1.68
		v_{min}	N/mm ²		0.42
		ρ			0.0037
		σ_{cp}	N/mm ²		0.00
		α_c			1.00
		Resistenza senza armatura a taglio			
		V_{Rd}	kN		194
		Resistenza con armatura a taglio			
		Inclinazione puntone θ	°		21.8
		V_{Rsd}	kN		266
		V_{Rcd}	kN		1156
		V_{Rd}	kN		266



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	48 di 77

Relazione di calcolo tombino

- Verifica a fessurazione (Appoggio Ssup-1)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	83	kN m
Sforzo normale	N	78	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	37	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	11.5	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.0	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.1	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	50	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = 7.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5.0 Ø 20	$C_{t1} = 7.2$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ	3.3	N/mm ²	< σ_{amm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ	112.1	N/mm ²	< σ_{amm}

Eccentricità	e (M)	106.4	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	81.4	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	13.2	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	5440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	1190974	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	291345	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	107	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	49 di 77

Relazione di calcolo tombino

- Verifica a fessurazione (Campata Ssup-2)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	84	kN m
Sforzo normale	N	18	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	37	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	11.5	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.0	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.1	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	50	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = 7.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5.0 Ø 20	$C_{t1} = 7.2$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	3.3	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	132.4	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	454.6	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	429.6	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	11.7	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	5440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	1190974	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	286105	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	102	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	50 di 77

10.4.3 Verifica soletta inferiore**Sezione: 100 x 70 cm**Armatura a flessione:

- Appoggio Sinf-1

Armatura tesa

 ϕ 20/20 cm

Armatura compressa

 ϕ 20/20 cm

- Campata Sinf-2

Armatura tesa

 ϕ 20/20 cm

Armatura compressa

 ϕ 20/20 cmArmatura a taglio:Spille ϕ 12/40x40 cm.



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

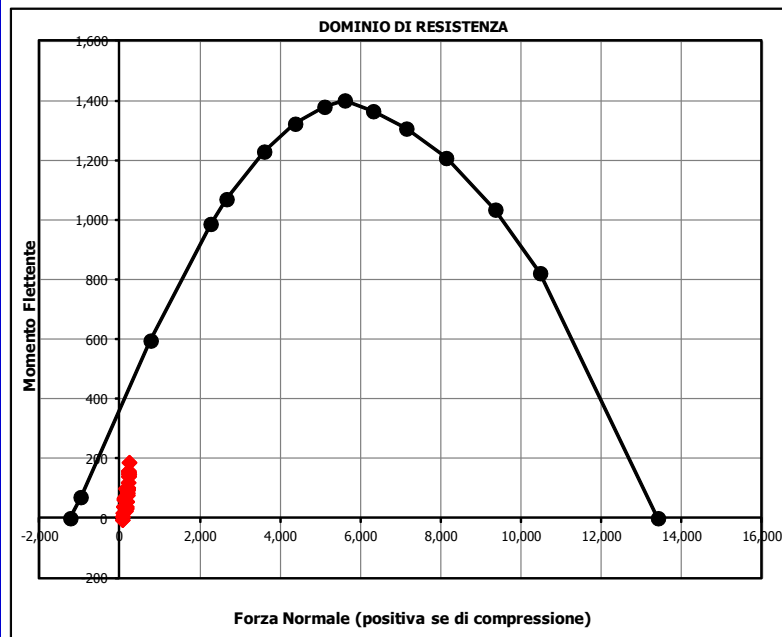
IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	51 di 77

Relazione di calcolo tombino

• Verifica a pressoflessione (Appoggio Sinf-1)

Acciaio		Calcestruzzo			
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²	Tipo	C30/37	copriferro	40 mm
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²	R_{ck}	37 N/mm ²	staffe	10 mm
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	f_{ck}	30.71 N/mm ²	armat. sec	12 mm
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²	γ_c	1.5		
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²	f_{ctd}	20.5 N/mm ²		
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$	f_{cc}	17.4 N/mm ²		
Geometria della sezione		Armatura tesa		Armatura compressa	
Altezza geometrica della sezione	$h = 70$ cm	N° ferri	Diametro	Area	
Base della sezione	$b = 100$ cm	5	20	15.71	cm ²
Copriferro	$d' = 7.2$ cm			0.00	cm ²
Altezza utile della sezione	$d = 62.8$ cm			0.00	cm ²
				15.71	cm²
				15.71	cm²



Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	65	-5
02S1-11T	65	-5
03S1-12M	162	33
04S1-12T	162	33
05S1-13M	197	97
06S1-13T	197	97
07S1-14-	166	39
08S1-15-	202	103
09S1-21M	91	39
10S1-21T	91	39
11S1-22M	188	77
12S1-22T	188	77
13S1-23M	224	141
14S1-23T	224	141
15S1-24-	193	84
16S1-25-	228	148
17S1T11M	71	6
18S1T11T	71	6
19S1T12M	154	39
20S1T12T	154	39
21S1T13M	184	92
22S1T13T	184	92
23S1T14-	147	25
24S1T15-	177	79
25S1T21M	109	68
26S1T21T	109	68
27S1T22M	192	101
28S1T22T	192	101
29S1T23M	222	154
30S1T23T	222	154
31S1T24-	185	87
32S1T25-	215	141
33S3-11M	78	18
34S3-11T	78	18
35S3-12M	175	56
36S3-12T	175	56
37S3-13M	210	120
38S3-13T	210	120
39S3-21M	105	63
40S3-21T	105	63
41S3-22M	188	95
42S3-22T	188	95
43S3-23M	218	149
44S3-23T	218	149
45SSS1--	215	159
46SSS2--	216	160
47SSS3--	130	71
48SSS4--	132	73
49SSS5--	232	187
50SSS6--	232	188
51SSS7--	147	99
52SSS8--	148	102



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

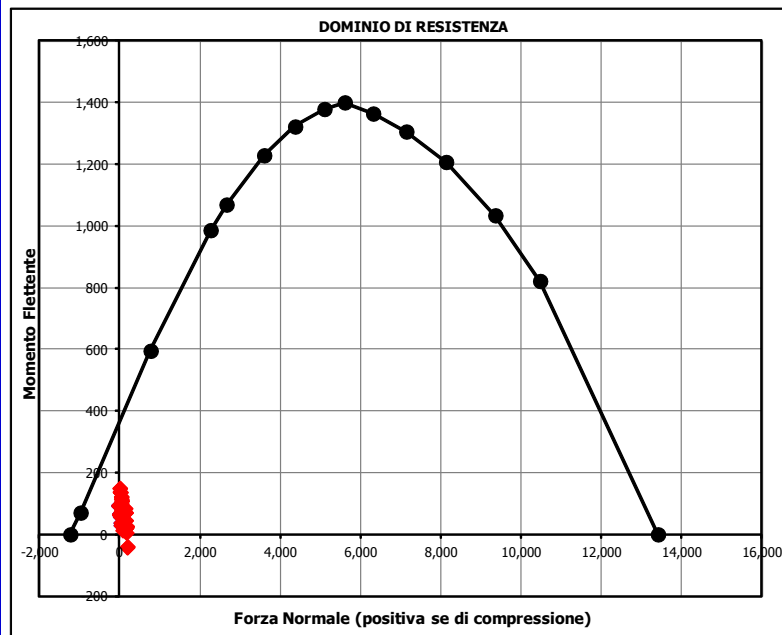
IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	52 di 77

Relazione di calcolo tombino

• Verifica a pressoflessione (Campata Sinf-2)

Acciaio		Calcestruzzo			
Tensione car. di rottura	$f_{tk} = 540$ N/mm ²	Tipo	C30/37	copriferro	40 mm
Tensione car. di snervamento	$f_{yk} = 450$ N/mm ²	R_{ck}	37 N/mm ²	staffe	10 mm
Coeff. parziale di sicurezza	$\gamma_s = 1.15$	f_{ck}	30.71 N/mm ²	armat. sec	12 mm
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = 391$ N/mm ²	γ_c	1.5		
Modulo elastico	$E_s = 200000$ N/mm ²	f_{ctd}	20.5 N/mm ²		
	$\epsilon_{yd} = 0.00196$	f_{cc}	17.4 N/mm ²		
Geometria della sezione		Armatura tesa		Armatura compressa	
Altezza geometrica della sezione	$h = 70$ cm	N° ferri	Diametro	Area	
Base della sezione	$b = 100$ cm	5	20	15.71	cm ²
Copriferro	$d' = 7.2$ cm			0.00	cm ²
Altezza utile della sezione	$d = 62.8$ cm			0.00	cm ²
				15.71	cm²
				15.71	cm²



Caratteristiche di sollecitazione		
Comb.	Nsd	Msd
01S1-11M	51	109
02S1-11T	51	109
03S1-12M	148	71
04S1-12T	148	71
05S1-13M	15	136
06S1-13T	15	136
07S1-14-	166	6
08S1-15-	34	71
09S1-21M	77	64
10S1-21T	77	64
11S1-22M	174	26
12S1-22T	174	26
13S1-23M	42	92
14S1-23T	42	92
15S1-24-	193	-39
16S1-25-	60	27
17S1T11M	38	115
18S1T11T	38	115
19S1T12M	121	83
20S1T12T	121	83
21S1T13M	8	138
22S1T13T	8	138
23S1T14-	147	20
24S1T15-	34	75
25S1T21M	76	54
26S1T21T	76	54
27S1T22M	159	21
28S1T22T	159	21
29S1T23M	46	77
30S1T23T	46	77
31S1T24-	185	-42
32S1T25-	72	13
33S3-11M	38	123
34S3-11T	38	123
35S3-12M	134	85
36S3-12T	134	85
37S3-13M	2	150
38S3-13T	2	150
39S3-21M	64	78
40S3-21T	64	78
41S3-22M	147	46
42S3-22T	147	46
43S3-23M	34	101
44S3-23T	34	101
45SSS1--	-27	95
46SSS2--	-27	92
47SSS3--	11	66
48SSS4--	12	58
49SSS5--	-11	67
50SSS6--	-10	64
51SSS7--	27	38
52SSS8--	29	30

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	53 di 77

Relazione di calcolo tombino

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo		Sollecitazioni		Soletta inf	
Tipo	C30/37	V_{Ed}	kN		224
R_{ck}	37 N/mm ²	N_{Ed}	kN		0
f_{ck}	30.7 N/mm ²	Armatura a taglio			
γ_c	1.5	Diametro	mm		12
α_{cc}	0.85	Numero barre			2.5
f_{cd}	17.4 N/mm ²	A_{sw}	cm ²		2.83
Acciaio		Passo s	cm		40
f_{tk}	540 N/mm ²	Angolo α	°		90
f_{yk}	450 N/mm ²	Armatura longitudinale			
γ_s	1.15	n_1			5
f_{yd}	391 N/mm ²	\varnothing_1	mm		20
		n_2			
		\varnothing_2	mm		
		Asl	cm ²		15.71
		Sezione			
		b_w	cm		100
		H	cm		70
		c	cm		7.2
		d	cm		62.8
		k	N/mm ²		1.56
		v_{min}	N/mm ²		0.38
		ρ			0.0025
		σ_{cp}	N/mm ²		0.00
		α_c			1.00
		Resistenza senza armatura a taglio			
		V_{Rd}	kN		238
		Resistenza con armatura a taglio			
		Inclinazione puntone θ	°		21.8
		V_{Rsd}	kN		391
		V_{Rcd}	kN		1696
		V_{Rd}	kN		391



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	54 di 77

Relazione di calcolo tombino

- Verifica a fessurazione (Appoggio Sinf-1)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	115	kN m
Sforzo normale	N	162	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	37	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	11.5	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.0	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.1	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	70	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = 7.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{t1} = 7.2$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ	2.5	N/mm ²	< σ_{amm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ	78.4	N/mm ²	< σ_{amm}

Eccentricità	e (M)	70.8	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	35.8	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	20.1	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3222526	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	740168	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	213	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	55 di 77

Relazione di calcolo tombino

- Verifica a fessurazione (Campata Sinf-2)

Sollecitazioni

Momento flettente	M	90	kN m
Sforzo normale	N	5	kN

Materiali

Res. caratteristica cls	R_{ck}	37	N/mm ²
Tensione ammissibile cls	σ_{amm}	11.5	N/mm ²
Res. media a trazione cls	f_{ctm}	3.0	N/mm ²
Res. caratteristica a trazione cls	f_{ctk}	2.1	N/mm ²
Tensione ammissibile acciaio	σ_{amm}	260	N/mm ²
Coefficiente omog. acciaio-cls	n	15	

Caratteristiche geometriche

Altezza sezione	H	70	cm		
Larghezza sezione	B	100	cm		
Armatura compressa (1° strato)	AS_1'	15.71	cm ²	5 Ø 20	$C_{s1} = 7.2$ cm
Armatura compressa (2° strato)	AS_2'	0.00	cm ²	Ø	$C_{s2} =$ cm
Armatura tesa (2° strato)	AS_2	0.00	cm ²	Ø	$C_{t2} =$ cm
Armatura tesa (1° strato)	AS_1	15.71	cm ²	5.0 Ø 20	$C_{t1} = 7.2$ cm

Tensioni nei materiali

Compressione max nel cls.	σ_c	1.9	N/mm ²	< σ_{camm}
Trazione nell'acciaio (1° strato)	σ_s	97.4	N/mm ²	< σ_{samm}

Eccentricità	e (M)	1975.0	cm	> H/6 Sez. parzializzata
	u (M)	1940.0	cm	
Posizione asse neutro	y (M)	14.2	cm	
Area ideale (sez. int. reagente)	A_{id}	7440	cm ²	
Mom. di inerzia ideale (sez. int. reag.)	J_{id}	3222526	cm ⁴	
Mom. di inerzia ideale (sez. parz. N=0)	J_{id*}	663531	cm ⁴	

Verifica a fessurazione

Momento di fessurazione (f_{ctk})	M_{fess}^*	194	kN m	La sezione non è fessurata
---------------------------------------	--------------	-----	------	----------------------------

	LINEA MODANE-TORINO ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)					
	IN01-CANALE SCOLMATORE Relazione di calcolo tombino	COMMESSA NT01	LOTTO 04	CODIFICA D26CL	DOCUMENTO IN0100003	REV. A

11 DIMENSIONAMENTO DELL'APPARATO DI SPINTA

11.1 Fasi realizzative

Il dispositivo di spinta è composto da una platea di varo e da un muro reggi-spinta che consentono l'infissione del monolite nel rispetto delle tolleranze plano-altimetriche richieste. La platea di varo costituisce la base di appoggio in sede provvisoria e il muro di spinta assicura il contrasto necessario per il varo del manufatto.

L'infissione avviene tramite martinetti che contrastano da un lato sulla struttura e dall'altro su una parete, detta muro reggispinta, che a sua volta scarica e ripartisce tale azione sul terreno retrostante.

La tecnica di spinta prevede l'utilizzo di lamiere da interporre tra il terreno di ricoprimento e la soletta superiore al fine di abbassare le aliquote di resistenza derivanti dall'attrito.

Il monolite viene messo in opera attraverso le seguenti fasi operative:

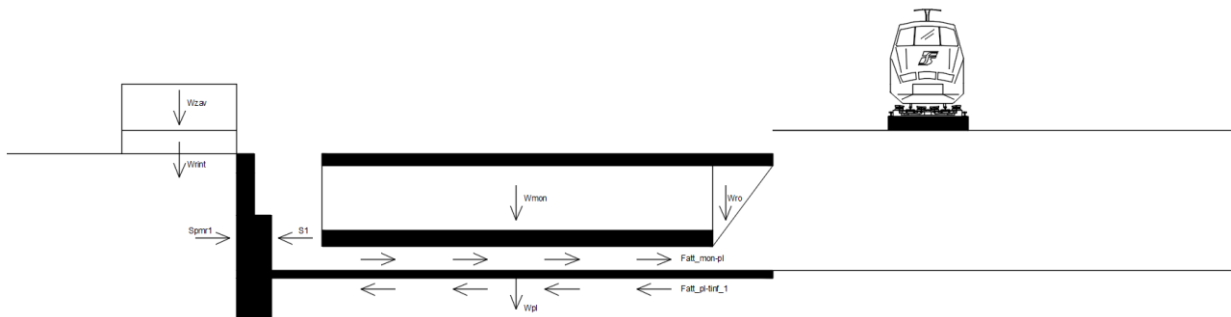
- realizzazione delle opere provvisionali;
- scavo per la realizzazione della platea reggi-spinta e del portale a sostegno del lamierino metallico;
- realizzazione della platea reggispinta;
- disposizione sulla platea di un doppio foglio di polietilene pesante per ottenere il distacco di getto tra manufatti e platea;
- realizzazione dei conci del sottopasso con il posizionamento del rostro con realizzazione del portale a sostegno del lamierino;
- avvio della fase di spinta dei conci;
- spinta del concio in posizione definitiva;
- rimozione del rostro demolendo il portale a sostegno del lamierino;
- rinterro;
- eventuale rimozione delle opere provvisionali.

11.2 Calcolo della spinta

Per la verifica delle strutture di contrasto, necessarie ad assorbire le azioni delle attrezzature di spinta, si individuano due configurazioni, relativamente una all'inizio e una alla fine delle operazioni di spinta.

11.2.1 Analisi dei carichi nella Fase 1 (spinta iniziale)

È la configurazione che si ha all'inizio delle operazioni di spinta.



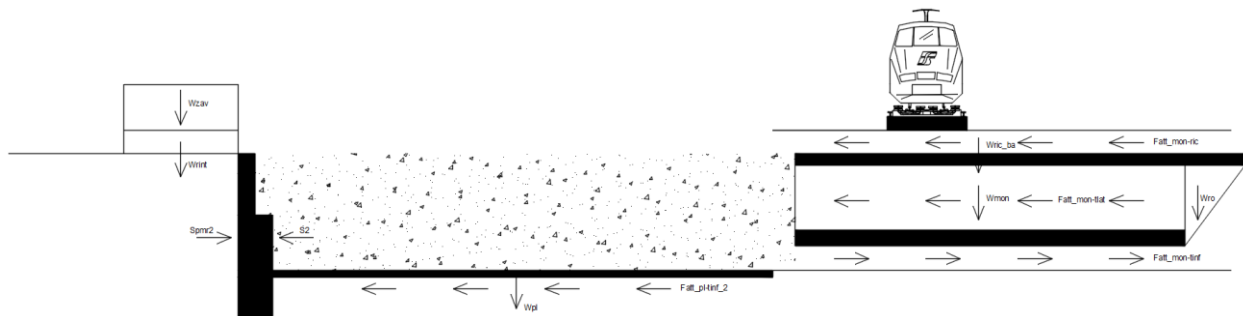
In questa configurazione i martinetti di spinta devono vincere l'attrito fra l'intradosso della fondazione e la platea di varo. Il coefficiente di attrito di primo distacco può raggiungere valori di poco superiori all'unità. Essendo il monolite ancora all'esterno del terrapieno ferroviario, non è presente alcun attrito fra terreno e pareti laterali, fra terreno e soletta superiore e fra terreno e soletta inferiore.

Questa configurazione risulta significativa per il dimensionamento dell'armatura della platea di varo, soggetta a prevalenti azioni di sforzo normale di trazione. Tale sforzo normale ha valore nullo all'estremità libera ed aumenta gradualmente fino a raggiungere il valore massimo all'attacco col muro reggispinta. Tale sforzo è generato dalle azioni di attrito che nascono al contatto tra il monolite e la platea ed è parzialmente limitato dalle azioni di attrito tra la platea e il terreno sottostante.

In questa configurazione il muro reggispinta deve assorbire l'azione dei martinetti. A resistere alla spinta attiva generata dai martinetti idraulici si hanno i contributi della spinta passiva del terreno a monte del muro reggispinta e dell'attrito e della forza di attrito tra la platea e il terreno sottostante. La spinta attiva sul muro generata dai martinetti risulta inferiore a quella presente nella fase 2, che viene considerata per la valutazione della capacità resistente del muro. Infatti, la spinta che viene trasmessa al terreno retrostante va aumentando gradualmente man mano che il monolite avanza dalla fase 1 alla fase finale 2.

11.2.2 Analisi dei carichi nella Fase 2 (spinta massima)

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



In questa fase è massima la spinta che deve assorbire il terreno a monte del muro ed è minimo invece il contributo resistente fornito dalla platea di varo che si oppone alle azioni di martinetti di spinta soltanto con l'attrito sul terreno relativo al suo peso proprio. In questa fase si ha la massima spinta attiva sul muro reggispinta, che viene presa a riferimento per il dimensionamento del muro.



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	59 di 77

11.3 Calcolo delle azioni e verifica geotecnica

Approccio di calcolo	A1+M1+R3			
1. Caratteristiche dei materiali				
1.1 Caratteristiche calcestruzzo muro reggispinta e platea di varo				
Classe di calcestruzzo				C32/40
Resistenza a compressione cubica caratteristica	R_{ck}		[MPa]	40.00
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	f_{ck}		[MPa]	33.20
Resistenza media a compressione cilindrica caratteristica	f_{cm}	$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$	[MPa]	41.20
Resistenza media a trazione caratteristica	f_{ctm}		[MPa]	3.10
Coefficiente parziale di sicurezza per resistenza	γ_c		[-]	1.50
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	α_{cc}		[-]	0.85
Resistenza a compressione cilindrica di calcolo	f_{cd}	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$	[MPa]	18.81
Peso specifico calcestruzzo	γ_{ds}		[kN/m ³]	25.00
1.2 Caratteristiche acciaio muro reggispinta e platea di varo				
Classe acciaio barre di armatura	Classe		[-]	B450C
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}		[MPa]	450.00
Tensione caratteristica di rottura	f_{tk}		[MPa]	540.00
Coefficiente parziale di sicurezza per resistenza	γ_s		[-]	1.15
Resistenza a snervamento di calcolo	f_{yd}		[MPa]	391.30
1.3 Caratteristiche del terreno di ricoprimento, del terreno ai lati del monolite e del terreno sotto la platea				
1.3.1 Parametri geotecnici caratteristici				
Peso specifico del terreno di ricoprimento sopra al monolite	$\gamma_{t,ric}$		[kN/m ³]	20.00
Peso specifico del terreno ai lati del monolite	$\gamma_{t,tlat}$		[kN/m ³]	19.00
Peso specifico del terreno sotto la platea e il monolite	$\gamma_{t,tinf}$		[kN/m ³]	19.00
Peso specifico del terreno a tergo del muro reggispinta	$\gamma_{t,mr}$		[kN/m ³]	19.00
Peso specifico del terreno di rinterro a tergo del muro reggispinta	$\gamma_{t,rint}$		[kN/m ³]	19.00
Angolo di attrito del terreno di ricoprimento sopra al monolite	ϕ'_{ric}		[°]	38.00
Angolo di attrito del terreno ai lati del monolite	ϕ'_{tlat}		[°]	32.00
Angolo di attrito del terreno sotto la platea e il monolite	ϕ'_{tinf}		[°]	32.00
Angolo di attrito del terreno alla base del muro reggispinta	$\phi'_{mr,tinf}$		[°]	32.00
Angolo di attrito del terreno a tergo del muro reggispinta	ϕ'_{mr}		[°]	32.00
Coazione efficace del terreno a tergo del muro reggispinta	c'_{mr}		[MPa]	0.00
Coazione non drenata del terreno a tergo del muro reggispinta	$c_{u,mr}$		[MPa]	0.00
1.3.2 Coefficienti parziali di sicurezza per i materiali				
Tipologia di metodo di calcolo	M		[-]	M1
Coefficiente per peso dell'unità di volume di terreno	γ_y		[-]	1.00
Coefficiente tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\phi'}$		[-]	1.00
Coefficiente per coazione efficace	$\gamma_{c'}$		[-]	1.00
Coefficiente per resistenza non drenata	γ_{cu}		[-]	1.00



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NT01 04 D26CL IN0100003 A 60 di 77

Relazione di calcolo tombino

1.3.3 Parametri geotecnici di calcolo

Peso specifico del terreno di ricoprimento sopra al monolite	γ_{td_ric}		[kN/m ³]	20.00
Peso specifico del terreno ai lati del monolite	γ_{td_tlat}		[kN/m ³]	19.00
Peso specifico del terreno sotto la platea e il monolite	γ_{td_tinf}		[kN/m ³]	19.00
Peso specifico del terreno a tergo del muro reggispinta	γ_{td_mr}		[kN/m ³]	19.00
Peso specifico del terreno di rinterro a tergo del muro reggispinta	γ_{td_rint}		[kN/m ³]	19.00
Angolo di attrito del terreno di ricoprimento sopra al monolite	ϕ'_d_{ric}		[°]	38.00
Angolo di attrito del terreno ai lati del monolite	ϕ'_d_{tlat}		[°]	32.00
Angolo di attrito del terreno sotto la platea e il monolite	ϕ'_d_{tinf}		[°]	32.00
Angolo di attrito del terreno alla base del muro reggispinta	ϕ'_{mr_tinf}		[°]	32.00
Angolo di attrito del terreno a tergo del muro reggispinta	ϕ'_d_{mr}		[°]	32.00
Coesione efficace del terreno a tergo del muro reggispinta	c_{d_mr}		[MPa]	0.00
Coesione non drenata del terreno a tergo del muro reggispinta	c_{ud_mr}		[MPa]	0.00

1.4 Coefficienti di spinta e attrito di calcolo

Grado di sovraconsolidazione del terreno ai lati del monolite	OCR		[-]	1.00
Coefficiente empirico	m		[-]	0.55
Coefficiente di spinta a riposo del terreno ai lati del monolite	k_{0_tlat}	$k_{0_tlat} = [1 - \sin(\phi'_d_{tlat})] * OCR^m$	[-]	0.47
Coefficiente di spinta passiva del terreno a tergo del muro reggispinta	k_{p_mr}	$k_{p_mr} = [1 + \sin(\phi'_d_{mr})] / [(1 - \sin(\phi'_d_{mr}))]$	[-]	3.25
Coefficiente di attrito monolite-terreno di ricoprimento	μ_{mon_ric}	$\mu_{mon_ric} = (2/3) * \text{tg}(\phi'_d_{ric})$	[-]	0.52
Coefficiente di attrito monolite-terreno laterale	μ_{mon_tlat}	$\mu_{mon_tlat} = (2/3) * \text{tg}(\phi'_d_{tlat})$	[-]	0.42
Coefficiente di attrito platea/monolite con il terreno sottostante	μ_{pl/mon_tinf}	$\mu_{pl/mon_tinf} = \text{tg}(\phi'_d_{tinf})$	[-]	0.62
Coefficiente di attrito muro-terreno sottostante	μ_{mr_tinf}	$\mu_{mr_tinf} = \text{tg}(\phi'_d_{mr_tinf})$	[-]	0.62
Coefficiente di attrito monolite-platea di primo distacco	μ_{mon_pl}		[-]	1.00

2. Geometria

2.1 Geometria del monolite

Dimensione longitudinale del monolite a meno del rostro	L_{long_mon-ro}	$L_{long_mon} = L_{long_mon-ro} + L_{long_ro}$	[m]	12.00
Spessore soletta superiore	S_s		[m]	0.50
Spessore soletta di fondazione	S_f		[m]	0.70
Spessore piedritti	S_p		[m]	0.50
Altezza netta del monolite	H_{int}		[m]	2.80
Larghezza netta del monolite	L_{int}		[m]	2.70
Larghezza ringrosso della soletta di fondazione	L_r		[m]	0.00
Altezza totale del monolite	H_{mon}	$H_{mon} = S_s + S_r + H_{int}$	[m]	4.00
Larghezza del monolite a meno del ringrosso	L_{trav_mon}	$L_{trav_mon} = 2 * S_p + L_{int}$	[m]	3.70
Area della sezione piena del monolite	A_{mon}	$A_{mon} = (H_{mon} * L_{trav_mon} - H_{int} * L_{int}) + 2 * L_r * S_f$	[m ²]	7.24
Dimensione longitudinale del rostro	L_{long_ro}		[m]	5.00
Spessore setti del rostro	S_{ro}	$S_{ro} = S_p$	[m]	0.50
Altezza del rostro	H_{ro}	$H_{ro} = H_{mon}$	[m]	4.00
Area laterale del rostro	A_{lat_ro}	$A_{lat_ro} = (L_{long_ro} * H_{ro}) / 2$	[m ²]	10.00
Larghezza trasversale del rostro	L_{trav_ro}	$L_{trav_ro} = L_{trav_mon}$	[m]	3.70
Dimensione longitudinale del monolite	L_{long_mon}	$L_{long_mon} = L_{long_mon-ro} + L_{long_ro}$	[m]	17.00
Area laterale del monolite	A_{lat_mon}	$A_{lat_mon} = H_{mon} * L_{long_mon-ro} + A_{lat_ro}$	[m ²]	58.00



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NT01 04 D26CL IN0100003 A 61 di 77

Relazione di calcolo tombino

2.2 Geometria della platea di varo

Dimensione longitudinale della platea	L_{long_pl}		[m]	18.20
Dimensione trasversale della platea	L_{trasv_pl}		[m]	5.50
Spessore della platea	S_{pl}		[m]	0.40
Area della sezione della platea	A_{pl}	$A_{pl} = L_{trasv_pl} * S_{pl}$	[m ²]	2.20

2.3 Geometria del muro reggispinta

Dimensione trasversale del muro	L_{trasv_mr}		[m]	5.50
Altezza del muro sopra al piano campagna	H_{mr_sup}		[m]	4.60
Altezza del dente sotto al piano campagna	H_{mr_inf}		[m]	0.40
Altezza del muro	H_{mr}	$H_{mr} = H_{mr_sup} + H_{mr_inf}$	[m]	5.00
Altezza del muro con spessore minimo sopra al piano campagna	H_{mr_smin}		[m]	2.70
Altezza del muro con spessore massimo sopra al piano campagna	H_{mr_smax}	$H_{mr_smax} = H_{mr_sup} - H_{mr_smin}$	[m]	1.90
Spessore minimo del muro	S_{mr_min}		[m]	0.75
Spessore massimo del muro	S_{mr_max}		[m]	1.50
Spessore del dente del muro	S_{mr_dente}	$S_{mr_dente} = S_{mr_max}$	[m]	1.50
Area della sezione del muro con spessore minore	A_{mr_min}	$A_{mr_min} = H_{mr_smin} * S_{mr_min}$	[m ²]	2.03
Area della sezione del muro con spessore maggiore	A_{mr_max}	$A_{mr_max} = H_{mr_smax} * S_{mr_max}$	[m ²]	2.85
Area della sezione del dente	A_{mr_dente}	$A_{mr_dente} = H_{mr_inf} * S_{mr_dente}$	[m ²]	0.60
Area della sezione del muro	A_{mr}	$A_{mr} = A_{mr_min} + A_{mr_max}$	[m ²]	5.48
Interasse martinetti idraulici	i_{mar}		[m]	1.00

2.4 Geometria della sovrastruttura sopra al monolite

Altezza dello strato di ricoprimento sopra al monolite	H_r		[m]	0.60
Spessore del complesso ballast più armamento	H_{ba}		[m]	0.80
Dimensione longitudinale del complesso ballast più armamento	L_{long_ba}		[m]	8.00
Altezza dello strato di rinterro permanente a tergo del muro di spinta	H_{rint}		[m]	1.00
Altezza della zavorra di blocchi di calcestruzzo prefabbricati	H_{zav}		[m]	1.00

3. Coefficienti parziali di sicurezza per le verifiche geotecniche e strutturali

3.1 Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni con effetto sfavorevole

Tipologia di metodo di calcolo	A		[-]	A1
Tipologia di coefficienti parziali per le azioni	S/F		[-]	Sfavorevoli
Coefficiente per carichi permanenti strutturali	γ_{G1_s}		[-]	1.30
Coefficiente per carichi permanenti non strutturali	γ_{G2_s}		[-]	1.50
Coefficiente per carichi variabili	γ_{Q_s}		[-]	1.50

3.2 Coefficienti parziali di sicurezza per le azioni con effetto favorevole

Tipologia di metodo di calcolo	A		[-]	A1
Tipologia di coefficienti parziali per le azioni	S/F		[-]	Favorevoli
Coefficiente per carichi permanenti strutturali	γ_{G1_f}		[-]	1.00
Coefficiente per carichi permanenti non strutturali	γ_{G2_f}		[-]	0.80
Coefficiente per carichi variabili	γ_{Q_f}		[-]	0.00

3.3 Coefficienti parziali di sicurezza per la resistenza

Tipologia di metodo di calcolo	R		[-]	R3
Coefficiente scorrimento	γ_R		[-]	1.10
Coefficiente per resistenza del terreno a valle	γ_R		[-]	1.40



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 NTOI 04 D26CL IN0100003 A 62 di 77

Relazione di calcolo tombino

4. Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro reggispinta nella fase 1

4.1 Analisi dei carichi nella fase 1 - spinta attiva sul muro reggispinta

4.1.1 Carichi permanenti strutturali per spinta attiva sul muro reggispinta

Peso proprio del monolite	W_{mon}	$W_{mon} = \gamma_{cls} * (A_{mon} * L_{long_mon-ro} + 2 * A_{lat-ro} * S_{ro})$	[kN]	2422.00
Forza di attrito tra monolite e platea di varo	F_{att_mon-pl}	$F_{att_mon-pl} = W_{mon} * \mu_{mon_pl}$	[kN]	2422.00
Spinta sul muro reggispinta per carichi strutturali in fase 1	S_{1_G1}	$S_{1_G1} = F_{att_mon-pl}$	[kN]	2422.00

4.2 Analisi dei carichi nella fase 1 - azioni resistenti alla spinta sul muro reggispinta

4.2.1 Carichi permanenti strutturali per spinta passiva del terreno

Tensione verticale in testa al muro reggispinta	σ_{vmr_t}	$\sigma_{vmr_t} = \gamma_{cls} * H_{zav} + \gamma_{td_rint} * H_{rint}$	[kPa]	44.00
Tensione orizzontale passiva in testa al muro reggispinta	σ_{hpmr_t}	$\sigma_{hpmr_t} = k_{p_mr} * \sigma_{vmr_t} + 2 * c'_d * \gamma_{td_mr} * \sqrt{k_{p_mr}}$	[kPa]	143.20
Tensione verticale alla base del muro reggispinta	σ_{vmr_b}	$\sigma_{vmr_b_G1} = \sigma_{vmr_t} + \gamma_{td_mr} * H_{mr}$	[kPa]	139.00
Tensione orizzontale passiva alla base del muro reggispinta	σ_{hpmr_b}	$\sigma_{hpmr_b} = k_{p_mr} * \sigma_{vmr_b} + 2 * c'_d * \gamma_{td_mr} * \sqrt{k_{p_mr}}$	[kPa]	452.39
Primo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta	S_{pmr_1}	$S_{pmr_1} = \sigma_{hpmr_t} * H_{mr} * L_{trav_mr}$	[kN]	3938.05
Secondo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta	S_{pmr_2}	$S_{pmr_2} = 0.50 * (\sigma_{hpmr_b} - \sigma_{hpmr_t}) * H_{mr} * L_{trav_mr}$	[kN]	4251.31
Spinta passiva statica del terreno a tergo del muro reggispinta	S_{pmr}	$S_{pmr} = S_{pmr_1} + S_{pmr_2}$	[kN]	8189.36

4.2.2 Carichi permanenti strutturali per forze di attrito resistenti

Peso proprio del muro reggispinta	W_{mr}	$W_{mr} = \gamma_{cls} * A_{mr} * L_{trav_mr}$	[kN]	752.81
Peso proprio della platea di varo	W_{pl}	$W_{pl} = \gamma_{cls} * A_{pl} * L_{long_pl}$	[kN]	1001.00
Forza di attrito caratteristica tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 1	$F_{att_pl-tinf_1}$	$F_{att_pl-tinf_1} = (W_{mon} + W_{pl}) * \mu_{pl/mon_tinf}$	[kN]	2138.93
Forza di attrito tra muro e terreno sottostante al muro in fase 1	$F_{att_mr-tinf_1}$	$F_{att_mr-tinf_1} = W_{mr} * \mu_{mr_tinf}$	[kN]	470.41

4.3 Spinta attiva di calcolo sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici

Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 1 per carichi strutturali	S_{1d_G1}	$S_{1d_G1} = \gamma_{G1_s} * S_{1_G1}$	[kN]	3148.60
Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 1	S_{1d}	$S_{1d} = S_{1d_G1}$	[kN]	3148.60

4.4 Azioni resistenti di calcolo alla spinta sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici

Spinta passiva di calcolo sul muro reggispinta per carichi strutturali	S_{pmrd}	$S_{pmrd} = (\gamma_{G1_f} * S_{pmr}) / \gamma_R$	[kN]	5849.54
Forza di attrito di calcolo tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 1	$F_{attd_pl-tinf_1}$	$F_{attd_pl-tinf_1} = (\gamma_{G1_f} * F_{att_pl-tinf_1}) / \gamma_R$	[kN]	1527.81
Forza di attrito di calcolo tra muro e terreno sottostante al muro in fase 1	$F_{attd_mr-tinf_1}$	$F_{attd_mr-tinf_1} = (\gamma_{G1_f} * F_{att_mr-tinf_1}) / \gamma_R$	[kN]	336.01
Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 1	R_{spd_1}	$R_{sp_1} = S_{pmrd} + F_{att_pl-tinf_1} + F_{att_mr-tinf_1}$	[kN]	7713.35

4.5 Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro reggispinta

Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 1	S_{1d}		[kN]	3148.60
Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 1	R_{spd_1}		[kN]	7713.35
Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro in fase 1	ρ_{Rmr_1}	$\rho_{Rmr_1} = S_{1d} / R_{spd_1}$	[-]	0.41



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	63 di 77

Relazione di calcolo tombino

5. Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro reggispinta nella fase 2

5.1 Analisi dei carichi nella fase 2 - spinta attiva sul muro reggispinta

5.1.1 Carichi permanenti strutturali per spinta attiva sul muro reggispinta

Peso proprio del monolite	W_{mon}	$W_{mon} = \gamma_{cls} * (A_{mon} * L_{long_mon-ro} + 2 * A_{lat_ro} * S_{ro})$	[kN]	2422.00
Forza di attrito tra monolite e terreno sotto il monolite per G1	$F_{att_mon-tinf_G1}$	$F_{att_pl-tinf_G1} = W_{mon} * \mu_{pl/mon_tinf}$	[kN]	1513.43
Spinta sul muro reggispinta per carichi strutturali in fase 2	S_{2_G1}	$S_{2_G1} = F_{att_mon-tinf_G1}$	[kN]	1513.43

5.1.2 Carichi permanenti non strutturali per spinta attiva sul muro reggispinta

Peso specifico del complesso ballast più armamento	γ_{ba}		[kN/m ³]	18.00
Tensione verticale in testa al monolite	σ_{vmon_t}	$\sigma_{vmon_t} = \gamma_{ba} * H_{ba} * (L_{long_ba}/L_{long_mon}) + \gamma_{td_ric} * H_r$	[kPa]	18.78
Tensione orizzontale in testa al monolite	σ_{hmon_t}	$\sigma_{hmon_t} = k_0_tat * \sigma_{vmon_t}$	[kPa]	8.83
Tensione verticale alla base del monolite	σ_{vmon_b}	$\sigma_{vmon_b} = \sigma_{vmon_t} + \gamma_{td_tat} * H_{mon}$	[kPa]	94.78
Tensione orizzontale alla base del monolite	σ_{hmon_b}	$\sigma_{hmon_b} = k_0_tat * \sigma_{vmon_b}$	[kPa]	44.55
Tensione orizzontale media all'interfaccia monolite-terreno laterale	σ_{hmon_tat}	$\sigma_{hmon_tat} = (\sigma_{hmon_t} + \sigma_{hmon_b}) / 2$	[kPa]	26.69
Tensione tangenziale media all'interfaccia monolite-terreno laterale	τ_{mon_tat}	$\tau_{mon_tat} = \sigma_{hmon_tat} * \mu_{mon_tat}$	[kPa]	11.12
Tensione tangenziale all'interfaccia monolite-terreno di ricoprimento	τ_{mon_ric}	$\tau_{mon_ric} = \sigma_{vmon_t} * \mu_{mon_ric}$	[kPa]	9.78
Forza di attrito tra monolite e terreno di ricoprimento	$F_{att_mon-ric}$	$F_{att_mon-ric} = \tau_{mon_ric} * L_{long_mon} * L_{trasv_mon}$	[kN]	615.15
Forza di attrito tra monolite e terreno laterale	$F_{att_mon-tlat}$	$F_{att_mon-tlat} = \tau_{mon_tat} * A_{lat_mon}$	[kN]	644.86
Forza di attrito tra monolite e terreno sotto il monolite per G2	$F_{att_mon-tinf_G2}$	$F_{att_mon-tinf_G2} = \sigma_{vmon_t} * L_{long_mon} * L_{trasv_mon} * \mu_{pl/mon_tinf}$	[kN]	738.00
Spinta sul muro reggispinta per carichi non strutturali in fase 2	S_{2_G2}	$S_{2_G2} = F_{att_mon-ric} + 2 * F_{att_mon-tlat} + F_{att_mon-tinf_G2}$	[kN]	2642.87

5.2 Analisi dei carichi nella fase 2 - azioni resistenti alla spinta sul muro reggispinta

5.2.1 Carichi permanenti strutturali per spinta passiva del terreno

Tensione verticale in testa al muro reggispinta	σ_{vmr_t}	$\sigma_{vmr_t} = \gamma_{cls} * H_{zav} + \gamma_{td_rint} * H_{rint}$	[kPa]	44.00
Tensione orizzontale passiva in testa al muro reggispinta	σ_{hpmr_t}	$\sigma_{hpmr_t} = k_p_mr * \sigma_{vmr_t} + 2 * c_d' * \mu * \gamma_{p_mr}$	[kPa]	143.20
Tensione verticale alla base del muro reggispinta	σ_{vmr_b}	$\sigma_{vmon_b_G1} = \sigma_{vmr_t} + \gamma_{td_mir} * H_{mr}$	[kPa]	139.00
Tensione orizzontale passiva alla base del muro reggispinta	σ_{hpmr_b}	$\sigma_{hpmr_b} = k_p_mr * \sigma_{vmr_b} + 2 * c_d' * \mu * \gamma_{p_mr}$	[kPa]	452.39
Primo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta	S_{pmr_1}	$S_{pmr_1} = \sigma_{hpmr_t} * H_{mr} * L_{trasv_mr}$	[kN]	3938.05
Secondo contributo spinta passiva statica a tergo del muro reggispinta	S_{pmr_2}	$S_{pmr_2} = 0.50 * (\sigma_{hpmr_b} - \sigma_{hpmr_t}) * H_{mr} * L_{trasv_mr}$	[kN]	4251.31
Spinta passiva statica del terreno a tergo del muro reggispinta	S_{pmr}	$S_{pmr} = S_{pmr_1} + S_{pmr_2}$	[kN]	8189.36

5.2.2 Carichi permanenti strutturali per forze di attrito resistenti

Peso proprio del muro reggispinta	W_{mr}	$W_{mr} = \gamma_{cls} * A_{mr} * L_{trav_mr}$	[kN]	752.81
Peso proprio della platea di varo	W_{pl}	$W_{pl} = \gamma_{cls} * A_{pl} * L_{long_pl}$	[kN]	1001.00
Forza di attrito caratteristica tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 2	$F_{att_pl-tinf_2}$	$F_{att_pl-tinf_2} = W_{pl} * \mu_{pl/mon_tinf}$	[kN]	625.49
Forza di attrito tra muro e terreno sottostante al muro in fase 2	$F_{att_mr-tinf_2}$	$F_{att_mr-tinf_2} = W_{mr} * \mu_{mr_tinf}$	[kN]	470.41

5.3 Spinta di calcolo sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici

Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2 per carichi strutturali	S_{2d_G1}	$S_{2d_G1} = \gamma_{G1_s} * S_{2_G1}$	[kN]	1967.46
Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2 per carichi non strutturali	S_{2d_G2}	$S_{2d_G2} = \gamma_{G2_s} * S_{2_G2}$	[kN]	3964.31
Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2	S_{2d}	$S_{2d} = S_{2d_G1} + S_{2d_G2}$	[kN]	5931.77

5.4 Azioni resistenti di calcolo alla spinta sul muro reggispinta indotta dai martinetti idraulici

Spinta passiva di calcolo sul muro reggispinta per carichi strutturali	S_{pmrd}	$S_{pmrd} = (\gamma_{G1_f} * S_{pmr}) / \gamma_R$	[kN]	5849.54
Forza di attrito di calcolo tra platea di varo e terreno sotto la platea in fase 2	$F_{att_pl-tinf_2}$	$F_{att_pl-tinf_2} = (\gamma_{G1_f} * F_{att_pl-tinf_2}) / \gamma_R$	[kN]	568.63
Forza di attrito di calcolo tra muro e terreno sottostante al muro in fase 2	$F_{att_mr-tinf_2}$	$F_{att_mr-tinf_2} = (\gamma_{G1_f} * F_{att_mr-tinf_2}) / \gamma_R$	[kN]	336.01
Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 2	R_{spd_2}	$R_{spd_2} = S_{pmrd} + F_{att_pl-tinf_2} + F_{att_mr-tinf_2}$	[kN]	6754.18

5.5 Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro reggispinta

Spinta di calcolo sul muro reggispinta in fase 2	S_{2d}		[kN]	5931.77
Azione resistente di calcolo alla spinta sul muro reggispinta in fase 2	R_{spd_2}		[kN]	6754.18
Verifica geotecnica di resistenza del terreno a tergo del muro in fase 2	ρ_{Rmr_2}	$\rho_{Rmr_2} = S_{2d} / R_{spd_2}$	[-]	0.88



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NTOI	04	D26CL	IN0100003	A	64 di 77

11.4 PLATEA DI VARO

11.4.1 Ipotesi di calcolo

La platea è soggetta a prevalenti azioni di sforzo normale di trazione. Tale sforzo normale ha valore nullo all'estremità libera ed aumenta gradualmente fino a raggiungere il valore massimo all'attacco col muro reggispinta.

La forza di trazione agente sulla platea è la massima tra quella che si ha in fase 1 e fase 2. In fase 1 tale forza è pari alla differenza tra la forza di attrito che nasce al contatto tra la il monolite e la platea (corrisponde alla spinta attiva sul muro reggispinta in fase 1) e la forza di attrito tra la platea e il terreno sottostante. In fase 2 tale forza è pari alla sola forza di attrito tra la platea e il terreno sottostante.

L'armatura a trazione progettata deve garantire l'assorbimento dello sforzo normale di trazione. Come minimo di armatura longitudinale da disporre inferiormente e superiormente si considerano le prescrizioni riportate al paragrafo 7.2.5 delle NTC 2018. Tali valori minimi si considerano anche per l'armatura trasversale, a cui si aggiunge un ulteriore minimo pari al 20% dell'armatura disposta in direzione longitudinale.

Nelle tabelle a seguire si riportano i calcoli di dimensionamento dell'armatura in direzione longitudinale e trasversale.

6. Progetto e verifica della platea di varo				
6.1 Dimensionamento armatura longitudinale della platea di varo				
Forza di trazione sulla platea di varo nella fase 1	F_{td_1}	$F_{td_1} = S_{1d} \cdot F_{att_pl_tinf_1}$	[kN]	1620.79
Forza di trazione sulla platea di varo nella fase 2	F_{td_2}	$F_{td_2} = Y_{G1_s} \cdot F_{att_pl_tinf_2}$	[kN]	813.14
Forza massima di trazione sulla platea di varo	F_{td}	$F_{td} = \max(F_{td_1}, F_{td_2})$	[kN]	1620.79
Larghezza media della zona tesa	b_t	$b_t = L_{trav_pl}$	[m]	5.50
Distanza lembo esterno sezione asse armatura	c		[cm]	5.00
Altezza utile della sezione	d	$d = S_{pl} \cdot c$	[cm]	35.00
Minimo d'armatura inferiore per NTC	$A_{s_min_inf_NTC}$	$A_{s_min_inf_NTC} = 0,001 \cdot b_t \cdot S_{pl}$	[cm ²]	22.00
Minimo d'armatura superiore per NTC	$A_{s_min_sup_NTC}$	$A_{s_min_sup_NTC} = 0,001 \cdot b_t \cdot S_{pl}$	[cm ²]	22.00
Minimo d'armatura longitudinale per NTC	$A_{s_min_NTC}$	$A_{s_min_NTC} = A_{s_min_inf_NTC} + A_{s_min_sup_NTC}$	[cm ²]	44.00
Minimo d'armatura per massima azione di trazione sulla platea	$A_{s_min_Ftd}$	$A_{s_min_Ftd} = F_{td} / f_{yd}$	[cm ²]	41.42
Minimo d'armatura in zona tesa	A_{s_min}	$A_{s_min} = \max(A_{s_min_NTC}, A_{s_min_Ftd})$	[cm ²]	44.00
Minimo d'armatura in zona tesa a metro lineare	$A_{s_min_ml}$	$A_{s_min_ml} = A_{s_min} / L_{trav_pl}$	[cm ² /m]	8.00
Diametro barra di armatura	ϕ		[mm]	20
Area della barra di armatura	A_s	$A_s = \pi \cdot \phi^2 / 4$	[mm ²]	314.16
Numero di ferri a metro lineare superiormente o inferiormente	n		[-]	5.00
Numero di ferri a metro lineare totale	n_{tot}	$n_{tot} = n \cdot 2$	[-]	10.00
Area totale delle barre di armatura a metro lineare	A_{s_tot}	$A_{s_tot} = n_{tot} \cdot A_s$	[cm ²]	31.42
Interasse barre di armatura superiori e inferiori	s	$s = 100 / n$	[cm]	20.00



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 NTOI 04 D26CL IN0100003 A 65 di 77

Relazione di calcolo tombino

6.2 Dimensionamento armatura trasversale della platea di varo

Larghezza media della zona tesa	b_t	$b_t = L_{\text{trav_pl}}$	[m]	5.50
Minimo d'armatura inferiore per NTC	$A_{s, \text{min_inf_NTC}}$	$A_{s, \text{min_inf_NTC}} = 0,001 \cdot b_t \cdot S_{pl}$	[cm ²]	22.00
Minimo d'armatura superiore per NTC	$A_{s, \text{min_sup_NTC}}$	$A_{s, \text{min_sup_NTC}} = 0,001 \cdot b_t \cdot S_{pl}$	[cm ²]	22.00
Minimo d'armatura trasversale per NTC	$A_{s, \text{min_NTC}}$	$A_{s, \text{min_NTC}} = A_{s, \text{min_inf_NTC}} + A_{s, \text{min_sup_NTC}}$	[cm ²]	44.00
Minimo d'armatura trasversale a metro lineare per NTC	$A_{s, \text{min_ml_NTC}}$	$A_{s, \text{min_ml_NTC}} = A_{s, \text{min_NTC}} / L_{\text{long_pl}}$	[cm ² /m]	2.42
Armatura minima trasversale pari al 20% di quella longitudinale	$A_{s, \text{min_perc}}$	$A_{s, \text{min_perc}} = 0.20 \cdot A_{s, \text{min_ml}}$	[cm ² /m]	1.60
Armatura minima trasversale	$A_{s, \text{min_trav_ml}}$	$A_{s, \text{min_trav_ml}} = \max(A_{s, \text{min_ml_NTC}}; A_{s, \text{min_perc}})$	[cm ² /m]	2.42
Diametro barra di armatura	ϕ		[mm]	14
Area della barra di armatura	A_s	$A_s = \pi \cdot \phi^2 / 4$	[mm ²]	153.94
Numero di ferri a metro lineare superiormente o inferiormente	n		[-]	5.00
Numero di ferri a metro lineare totale	n_{tot}	$n_{\text{tot}} = n \cdot 2$	[-]	10.00
Area totale delle barre di armatura a metro lineare	$A_{s, \text{tot}}$	$A_{s, \text{tot}} = n_{\text{tot}} \cdot A_s$	[cm ²]	15.39
Interasse barre di armatura superiori e inferiori	s	$s = 100/n$	[cm]	20.00

11.4.2 Verifiche strutturali

La platea di varo è armata con:

- ϕ 20/20 cm sup. e inf. in direzione longitudinale
- ϕ 14/20 cm sup. e inf. in direzione trasversale

La verifica strutturale della platea di varo è una verifica a sforzo normale. Nello specifico l'armatura longitudinale progettata deve essere in grado di sopportare lo sforzo normale di trazione agente.

6.3 Verifica strutturale della platea di varo in direzione longitudinale

Forza massima di trazione sulla platea di varo a metro lineare	$F_{\text{td_ml}}$	$F_{\text{td_ml}} = F_{\text{td}} / L_{\text{trav_pl}}$	[kN/m]	294.69
Resistenza di calcolo a trazione della platea di varo a metro lineare	$F_{\text{trd_ml}}$	$F_{\text{trd_ml}} = A_{s, \text{tot}} \cdot f_{yd}$	[kN/m]	1229.32
Verifica a trazione della platea di varo	ρ_t	$\rho_t = F_{\text{td_ml}} / F_{\text{trd_ml}}$	[-]	0.24

11.5 MURO REGGISPINTA

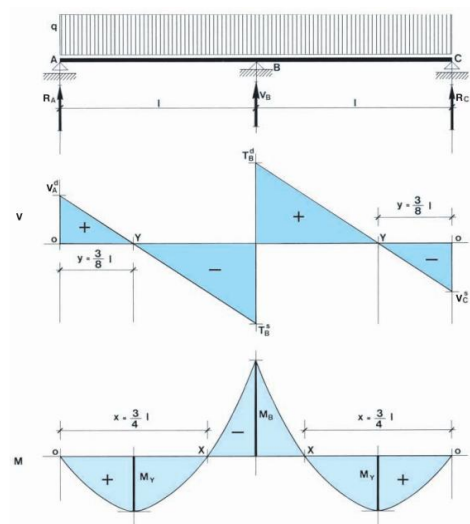
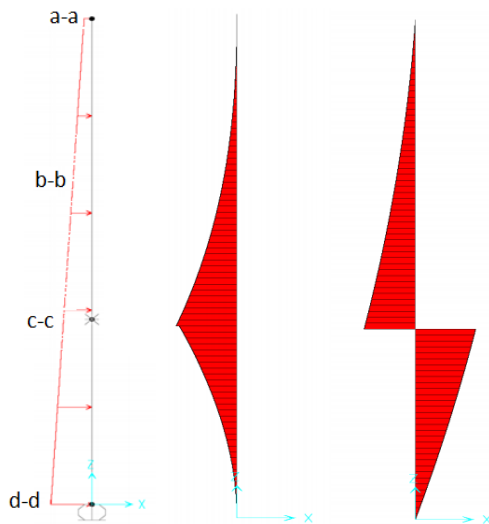
11.5.1 Ipotesi di calcolo

Il calcolo dell'armatura del muro riguarda l'armatura verticale e l'armatura orizzontale.

Per quanto riguarda il calcolo dell'armatura verticale, il muro reggispinta si modella considerando un vincolo di carrello alla base del dente e vincolo di appoggio con rotazione impedita attorno all'asse longitudinale del muro in corrispondenza della platea. Il muro si considera soggetto ad un carico trapezoidale dato dalla spinta passiva fornita dal terreno a monte del muro. Tale spinta si esprime come somma di un contributo costante ed uno triangolare. Si definiscono delle sezioni di verifica: a-a testa muro; b-b cambio spessore muro; c-c base muro quota platea; d-d base inferiore muro.

Per quanto riguarda il calcolo dell'armatura orizzontale, si modella il muro come una trave orizzontale su più appoggi (sono i martinetti idraulici). Per massimizzare le sollecitazioni si considera una trave continua su tre appoggi. La trave equivalente presa a riferimento riguarda la sola parte di muro reggispinta con spessore maggiore. Il carico distribuito a cui è soggetta la trave corrisponde al prodotto tra la tensione orizzontale ed spinta passiva nella sezione c-c moltiplicata per l'altezza della parte di muro con spessore maggiore.

Nell'immagine che segue si riportano il diagramma della spinta passiva del terreno ed il diagramma di momento flettente e taglio (nelle figure a sinistra per l'armatura verticale; nella figura a destra per l'armatura orizzontale).





LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NTOI 04 D26CL IN0100003 A 67 di 77

Relazione di calcolo tombino

Nelle tabelle a seguire si riportano i calcoli di dimensionamento dell'armatura in direzione verticale e orizzontale.

7. Dimensionamento dell'armatura verticale di base del muro reggispinta

7.1 Calcolo sollecitazioni di progetto per metro di lunghezza del muro reggispinta

Si modella il muro con vincolo di carrello alla base del dente e vincolo di appoggio con rotazione impedita attorno all'asse longitudinale del muro in corrispondenza della platea

Si schematizza il carico trapezoidale della spinta passiva come somma di un contributo costante ed uno triangolare.

Si definiscono delle sezioni di verifica: a-a testa muro; b-b cambio spessore muro; c-c base muro quota platea; d-d base inferiore muro

Luce di calcolo del muro con spessore minimo sopra al piano campagna	L_{mr_smin}	$L_{mr_smin} = H_{mr_smin}$	[m]	2.70
Luce di calcolo del muro sopra al piano campagna	L_{mr_sup}	$L_{mr_sup} = H_{mr_sup} - S_{pl}/2$	[m]	4.40
Luce di calcolo del dente sotto al piano campagna	L_{mr_inf}	$L_{mr_inf} = H_{mr_inf} + S_{pl}/2$	[m]	0.60
Tensione orizzontale passiva in testa al muro reggispinta	σ_{hpmr_t}		[kPa]	143.20
Tensione orizzontale passiva alla base del muro reggispinta	σ_{hpmr_b}		[kPa]	452.39
Tensione orizzontale passiva nella sezione a-a del muro	σ_{hpmr_aa}	$\sigma_{hpmr_aa} = \sigma_{hpmr_t}$	[kPa]	143.20
Tensione orizzontale passiva nella sezione b-b del muro	σ_{hpmr_bb}	$\sigma_{hpmr_bb} = \sigma_{hpmr_t} + (\sigma_{hpmr_b} - \sigma_{hpmr_t}) * L_{mr_smin} / H_{mr}$	[kPa]	310.16
Tensione orizzontale passiva nella sezione c-c del muro	σ_{hpmr_cc}	$\sigma_{hpmr_cc} = \sigma_{hpmr_t} + (\sigma_{hpmr_b} - \sigma_{hpmr_t}) * L_{mr_sup} / H_{mr}$	[kPa]	415.29
Tensione orizzontale passiva nella sezione d-d del muro	σ_{hpmr_dd}	$\sigma_{hpmr_dd} = \sigma_{hpmr_b}$	[kPa]	452.39
Carico distribuito uniforme sul muro	q_{uni}	$q_{uni} = \gamma_{G1_s} * 1 * \sigma_{hpmr_t}$	[kN/m]	186.16
Carico distribuito triangolare massimo nella sezione a-a del muro	q_{tr_aa}		[kN/m]	0.00
Carico distribuito triangolare massimo nella sezione b-b del muro	q_{tr_bb}	$q_{tr_bb} = \gamma_{G1_s} * 1 * (\sigma_{hpmr_bb} - \sigma_{hpmr_t})$	[kN/m]	217.05
Carico distribuito triangolare massimo nella sezione c-c del muro	q_{tr_cc}	$q_{tr_cc} = \gamma_{G1_s} * 1 * (\sigma_{hpmr_cc} - \sigma_{hpmr_t})$	[kN/m]	353.71
Carico distribuito triangolare massimo nella sezione d-d del muro	q_{tr_dd}	$q_{tr_dd} = \gamma_{G1_s} * 1 * (\sigma_{hpmr_dd} - \sigma_{hpmr_t})$	[kN/m]	401.94
Momento flettente di calcolo nella sezione a-a del muro	M_{Ed_aa}		[kNm]	0.00
Momento flettente di calcolo nella sezione b-b del muro	M_{Ed_bb}	$M_{Ed_bb} = L_{mr_smin}^2 * (q_{uni}/2 + q_{tr_bb}/6)$	[kNm]	942.28
Momento flettente di calcolo nella sezione c-c del muro superiore	$M_{Ed_cc_sup}$	$M_{Ed_cc_sup} = L_{mr_sup}^2 * (q_{uni}/2 + q_{tr_cc}/6)$	[kNm]	2943.35
Momento flettente di calcolo nella sezione c-c del muro inferiore	$M_{Ed_cc_inf}$	$M_{Ed_cc_inf} = L_{mr_inf}^2 * [q_{uni}/2 + (2 * q_{tr_dd} + q_{tr_cc})/6]$	[kNm]	102.96
Momento flettente di calcolo nella sezione d-d del muro	M_{Ed_dd}		[kNm]	0.00
Taglio di calcolo nella sezione a-a del muro	V_{Ed_aa}		[kN]	0.00
Taglio di calcolo nella sezione b-b del muro	V_{Ed_bb}	$V_{Ed_bb} = L_{mr_smin} * (q_{uni} + q_{tr_bb}/2)$	[kN]	795.65
Taglio di calcolo nella sezione c-c del muro superiore	$V_{Ed_cc_sup}$	$V_{Ed_cc_sup} = L_{mr_sup} * (q_{uni} + q_{tr_cc}/2)$	[kN]	1597.27
Taglio di calcolo nella sezione c-c del muro inferiore	$V_{Ed_cc_inf}$	$V_{Ed_cc_inf} = L_{mr_inf} * [q_{uni} + (q_{tr_dd} + q_{tr_cc})/2]$	[kN]	338.39
Taglio di calcolo nella sezione d-d del muro	V_{Ed_dd}		[kN]	0.00

7.2 Dimensionamento armatura verticale minima

Armatura verticale - Sezione b-b

Numero di ferri lato paramento compresso	n_{c_vert}		[-]	5.00
Diametro barra di armatura lato paramento compresso	ϕ_{c_vert}		[mm]	20
Passo tra le barre di armatura lato paramento compresso	s_{c_vert}		[cm]	20.00
Numero di ferri lato paramento teso	n_{t_vert}		[-]	10.00
Diametro barra di armatura lato paramento teso	ϕ_{t_vert}		[mm]	20.00
Passo tra le barre di armatura lato paramento teso	s_{t_vert}		[cm]	10.00

Armatura verticale - Sezione c-c

Numero di ferri lato paramento compresso	n_{c_vert}		[-]	5.00
Diametro barra di armatura lato paramento compresso	ϕ_{c_vert}		[mm]	20
Passo tra le barre di armatura lato paramento compresso	s_{c_vert}		[cm]	20.00
Numero di ferri lato paramento teso	n_{t_vert}		[-]	15.00
Diametro barra di armatura lato paramento teso	ϕ_{t_vert}		[mm]	20.00
Passo tra le barre di armatura lato paramento teso	s_{t_vert}		[cm]	10.00



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
NT01 04 D26CL IN0100003 A 68 di 77

Relazione di calcolo tombino

8. Dimensionamento dell'armatura orizzontale del muro reggispinta

Si modella il muro come una trave orizzontale su più appoggi (sono i martinetti idraulici). Per massimizzare le sollecitazioni si considera una trave continua su tre appoggi

Luce di calcolo del muro di verifica	L_{mr}	$L_{mr} = 2 * i_{mar}$	[m]	2.00
Luce singola campata del muro di verifica	L_{mr_camp}	$L_{mr_camp} = i_{mar}$	[m]	1.00
Tensione orizzontale passiva nella sezione c-c del muro	σ_{hpmr_cc}		[kPa]	415.29
Carico distribuito sulla parte di muro su cui insistono i martinetti idraulici	q_{mar}	$q = \gamma_{G1_s} * \sigma_{hpmr_cc} * H_{mr_smax}$	[kN/m]	1025.76
Momento flettente di calcolo	M_{Ed}	$M_{Ed} = (q * L_{mr_camp}^2) / 8$	[kNm]	128.22
Taglio di calcolo	V_{Ed}	$V_{Ed} = 0.625 * q * L_{mr_camp}$	[kN]	641.10
Larghezza media della zona tesa	b_t	$b_t = H_{mr_smax}$	[m]	1.90
Distanza lembo esterno sezione asse armatura	c		[cm]	5.00
Altezza utile della sezione	d	$d = S_{mr_max} - c$	[cm]	145.00
Diametro barra di armatura	ϕ		[mm]	16
Area della barra di armatura	A_s	$A_s = \pi * \phi^2 / 4$	[mm ²]	201.06
Numero di ferri lato monte e lato valle	n		[-]	10.00
Area totale delle barre di armatura in zona tesa	A_{s_tesa}		[cm ²]	20.11
Numero di ferri totali nella sezione	n_{tot}	$n_{tot} = n * 2$	[-]	20.00
Area totale delle barre di armatura	A_{s_tot}	$A_{s_tot} = n_{tot} * A_s$	[cm ²]	40.21
Minimo d'armatura per NTC	$A_{s_min_NTC}$	$A_{s_min_NTC} = \max(0.26 * f_{ctm} * b_t * d / f_{yk}, 0.0013 * b_t * d)$	[cm ²]	49.33
Minimo d'armatura in zona tesa	A_{s_min}	$A_{s_min} = A_{s_min_NTC}$	[cm ²]	49.33
Massimo d'armatura nella sezione del muro reggispinta	A_{s_max}	$A_{s_max} = 0.04 * A_{mr_max}$	[cm ²]	1140.00

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	69 di 77

11.5.2 Verifiche strutturali paramento verticale**Sezione c-c:**Armatura a flessione:

Armatura tesa

 ϕ 24/10 + ϕ 20/20cm

Armatura compressa

 ϕ 20/20 cmArmatura a taglio:Spille ϕ 12/20x40 cm.**Sezione b-b:**Armatura a flessione:

Armatura tesa

 ϕ 24/10 cm

Armatura compressa

 ϕ 20/20 cmArmatura a taglio:Spille ϕ 12/20x40 cm.



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	72 di 77

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo

R_{ck}	40.00	N/mm ²
f_{ck}	33.20	N/mm ²
γ_c	1.50	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.81	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540.00	N/mm ²
f_{yk}	450.00	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

		Sez c-c	Sez b-b
V_{Ed}	kN	1597.27	795.65
N_{Ed}	kN	0.00	0.00

Armatura a taglio

		Sez c-c	Sez b-b
Diametro	mm	12	12
Numero barre		2.5	2.5
A_{sw}	cm ²	2.83	2.83
Passo s	cm	20.00	20.00
Angolo α	°	90.00	90.00

Armatura longitudinale

		Sez c-c	Sez b-b
n_1		15	10
\varnothing_1	mm	24	24
n_2			
\varnothing_2	mm		
Asl	cm ²	67.86	45.24

Sezione

		Sez c-c	Sez b-b
b_w	cm	100.00	100.00
H	cm	150.00	75.00
c	cm	5.00	5.00
d	cm	145.00	70.00
k	N/mm ²	1.37	1.53
v_{min}	N/mm ²	0.32	0.38
ρ		0.0047	0.0065
σ_{cp}	N/mm ²	0.00	0.00
α_c		1.00	1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	595.44	358.18
----------	----	--------	--------

Resistenza con armatura a taglio

		Sez c-c	Sez b-b
Inclinazione puntone θ	°	21.80	21.80
V_{Rsd}	kN	1804.92	871.34
V_{Rcd}	kN	4232.78	2043.41
V_{Rd}	kN	1804.92	871.34

Elementi senza armatura a taglio

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

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

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

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

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	73 di 77

11.5.3 Verifiche strutturali armatura orizzontaleArmatura a flessione:

Armatura tesa

 ϕ 16/20 cm

Armatura compressa

 ϕ 16/20 cmArmatura a taglio:Spille ϕ 12/20x40 cm.



LINEA MODANE-TORINO

ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA

REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	75 di 77

- Verifica a taglio

La verifica a taglio viene condotta nel seguente modo:

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

Calcestruzzo

R_{ck}	40.00	N/mm ²
f_{ck}	33.20	N/mm ²
γ_c	1.50	
α_{cc}	0.85	
f_{cd}	18.81	N/mm ²

Acciaio

f_{tk}	540.00	N/mm ²
f_{yk}	450.00	N/mm ²
γ_s	1.15	
f_{yd}	391	N/mm ²

Sollecitazioni

V_{Ed}	kN	641.10
N_{Ed}	kN	0.00

Cordolo

Armatura a taglio

Diametro	mm	12
Numero barre		2
A_{sw}	cm ²	2.26
Passo s	cm	20.00
Angolo α	°	90.00

Armatura longitudinale

n_1		10
\varnothing_1	mm	16
n_2		
\varnothing_2	mm	
Asl	cm ²	20.11

Sezione

b_w	cm	190.00
H	cm	150.00
c	cm	5.00
d	cm	145.00
k	N/mm ²	1.37
v_{min}	N/mm ²	0.32
ρ		0.0007
σ_{cp}	N/mm ²	0.00
α_c		1.00

Resistenza senza armatura a taglio

V_{Rd}	kN	892.28
----------	----	---------------

Resistenza con armatura a taglio

Inclinazione puntone θ	°	21.80
V_{RSd}	kN	1443.94
V_{Rcd}	kN	8042.28
V_{Rd}	kN	1443.94

Elementi senza armatura a taglio

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

Elementi con armature trasversali resistenti al taglio

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

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

**LINEA MODANE-TORINO****ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-AVIGLIANA****REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	76 di 77

12 INCIDENZE

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

Canale scolmatore

Piedritti	90 kg/mc
Soletta superiore	90 kg/mc
Soletta inferiore	70 kg/mc

Apparato di spinta

Muro reggispinta sp=75cm	110 kg/mc
Muro reggispinta sp=150cm	70 kg/mc
Platea di varo	120 kg/mc



LINEA MODANE-TORINO
**ADEGUAMENTO LINEA STORICA TRATTA BUSSOLENO-
AVIGLIANA**
**REALIZZAZIONE DI PRECEDENZE A MODULO 750 m NELLE
LOCALITA' DI BORGONE-BRUZOLO (BIN. DISPARI) E
CONDOVE-VAIE (BIN. PARI)**

IN01-CANALE SCOLMATORE

Relazione di calcolo tombino

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NT01	04	D26CL	IN0100003	A	77 di 77

13 CONCLUSIONI

Con la presente relazione si è proceduto al progetto e alla verifica del sottopasso scatolare allo stato limite ultimo e allo stato limite di esercizio.

Le verifiche strutturali rispettano le indicazioni delle Normative tecniche di riferimento.