

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO**

**Adeguamento Via Chiaravagna**

**Cordoli porta barriera**

**Relazione di calcolo**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing. E. Pagani	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 2	E	C V	C L	N V 0 3 0 X	0 0 8	A

Progettazione :								
Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	ALPINA <i>Adriano Farina</i>	13/05/2016	COCIV <i>[Signature]</i>	13/05/2016	A.Mancarella <i>[Signature]</i>	13/05/2016	 Consorzio Collegamenti Integrati Veloci Dott. Ing. Aldo Mancarella Ordine Ingegneri Prov. TO n. 6271 R

n. Elab.:	File: IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008-A00
-----------	---------------------------------------

# INDICE

INDICE.....	2
1.     PREMESSA.....	3
2.     CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	4
2.1.   Calcestruzzo.....	4
2.2.   Acciaio per cemento armato.....	4
2.1.   Acciaio da carpenteria.....	4
2.2.   Durabilità e prescrizioni sui materiali.....	6
3.     NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	7
4.     ANALISI DEI CARICHI.....	8
4.1.   Carichi.....	8
4.2.   Combinazioni di carico.....	9
5.     CORDOLO TIPO “A”.....	10
5.1.   Verifica a ribaltamento.....	10
5.1.   Verifica a scorrimento.....	11
5.1.   Verifica capacità portante.....	12
5.2.   Verifiche strutturali.....	14
6.     CORDOLO TIPO “B”.....	15
6.1.   Verifica a ribaltamento.....	16
6.2.   Verifica a scorrimento.....	16
6.3.   Verifica capacità portante.....	17
6.4.   Verifiche strutturali.....	19
7.     CORDOLO TIPO 5.....	21
7.1.   Verifica a ribaltamento.....	22
7.2.   Verifica a scorrimento.....	22
7.3.   Verifica capacità portante.....	23
7.4.   Verifiche strutturali.....	25
7.1.   Verifica carpenteria metallica.....	27
7.1.1.   Verifica di deformabilità.....	28
7.1.1.   Verifica di resistenza.....	29
7.1.1.   Verifica dell'ancoraggio.....	29
7.1.1.   Verifica della piastra.....	32

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo</p> <p style="text-align: right;">Foglio 3 di 32</p>

## 1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la verifica delle solette a sbalzo previste nell'ambito dell'intervento di miglioramento della attuale viabilità che corre lungo la Val Chiaravagna, in Genova, civicamente denominata Via Chiaravagna, a partire dagli accessi alle cave poste nella parte alta della valle lungo il Rio Bianchetta, fino all'innesto della prevista nuova strada per Borzoli ed Erzelli, previsto in vicinanza dell'esistente viadotto ferroviario.

Il progetto prevede la realizzazione di una soletta a sbalzo rispetto murature esistenti, con il posizionamento di una barriera di sicurezza, dotata di una fondazione in c.a. ad imposta diretta in grado di controbilanciare, per peso proprio, le azioni dell'urto sul guardiavia

Si tratta (vedere figura seguente) di strutture in c.a gettata in opera in corrispondenza del ciglio della strada attuale atte a garantire gli allargamenti richiesti senza caricare le murature esistenti. A tale scopo i cordoli di fondazione, sui quali sono impostate le solette, sono opportunamente dimensionati in lunghezza e dimensioni trasversali.

Le dimensioni delle fondazioni delle solette sono tali da garantire in tutte le fasi di costruzione il transito a senso unico alternato su una corsia di larghezza minima pari a 3.00 m.

I cordoli analizzati nella presente relazione sono di 3 tipi e sono presenti sia nella Tratta 1, sia nella Tratta 3 dell'intervento in oggetto.

- Cordolo tipo "A" con base di fondazione  $b = 1.30$  m;
- Cordolo tipo "B" con base di fondazione  $b = 1.80$  m;
- Cordolo tipo 5 con passerella metallica per marciapiede.

Le verifiche di sicurezza vengono effettuate con il metodo delle Tensioni Ammissibili.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo
	Foglio 4 di 32

## 2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 2.1. Calcestruzzo

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe Rck 15.

Per la realizzazione dei cordoli si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza C32/40 ( $R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$ ) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 33.20 \text{ N/mm}^2$
Resistenza media a compressione	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41.20 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33643 \text{ N/mm}^2$
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 18.81 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.10 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.17 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.45 \text{ N/mm}^2$
Tensioni ammissibili	$\sigma_c = 12.20 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c0} = 0.70 \text{ N/mm}^2$
	$\tau_{c1} = 2.10 \text{ N/mm}^2$

### 2.2. Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento $f_y$	$\geq 450 \text{ MPa}$
Limite di rottura $f_t$	$\geq 540 \text{ MPa}$
Allungamento totale al carico massimo $A_{gt}$	$\geq 7.5\%$
Rapporto $f_t/f_y$	$1,15 \leq R_m/R_e \leq 1,35$
Rapporto $f_y \text{ misurato} / f_{ynom}$	$\leq 1,25$

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Tensione ammissibile	$\sigma_s = 260.00 \text{ N/mm}^2$

### 2.1. Acciaio da carpenteria



Acciaio per impalcato

S275JO EN 10025 (Fe430C UNI 7070/82)

tensione di rottura a trazione	$f_t \geq 430 \text{ N/mm}^2$
tensione di snervamento	$f_y \geq 275 \text{ N/mm}^2$
modulo elastico	$E = 206 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$
coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo
	Foglio 6 di 32

## 2.2. Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Per le opere della presente relazione si adotta quanto segue:

Cordoli (solette impalcati) CLASSE DI ESPOSIZIONE XF1

Si omettono le verifiche di fessurazione qualora il tasso di lavoro dell'acciaio risulti inferiore a 160MPa. In caso contrario le verifiche vengono svolte per condizioni ambientali "poco aggressive" e considerando armature di tipo "poco sensibile".

In questo caso si verificano gli stati limite di fessurazione "frequente" e "quasi permanente" assumendo come valore limite di apertura delle fessure 0.4 e 0.2 mm rispettivamente.

Il copriferro minimo assunto è pari a 4 cm.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 
	<p>IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo</p> <p style="text-align: right;">Foglio 7 di 32</p>

### 3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il dimensionamento e la verifica degli elementi strutturali sono stati condotti nel rispetto delle vigenti normative di seguito riportate:

- D.M. 09/01/1996: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi";
- Circ. Min. 04/07/1996 n. 156 STC: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi";
- L. 05/11/1971 n. 1086: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica";
- D.M. 14/02/1992: "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (valido per il metodo alle tensioni ammissibili);
- Circ. Min. 24/06/1993 n. 37406: "Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" (valido per il metodo alle tensioni ammissibili);
- Circ. Min. 15/10/1996 n. 252: "Istruzioni relative alle Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche";
- L. 02/02/1974 n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- D.M. 16/01/1996: "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Ordinanza n. 3274: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Circ. Min. 10/04/1997 n. 65: "Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica di cui al D.M. 16/01/1996";
- Asa Servizi di Ingegneria (Ferrovie dello Stato), Istruzione n. I/SC/PS-OM/2298 del 02/06/1995, Testo completo delle relative integrazioni: 13/01/1997: "Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari. Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo";
- Ferrovie dello Stato - Istruzione F.S. 44/b (Testo aggiornato secondo il D.M. 16/01/1999): "Istruzioni tecniche per i manufatti sotto binario da costruire in zona sismica";
- D. M. del 23 Febbraio 1971 – Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto;
- D.M. 12 Dicembre 1985 – Norme tecniche relative alle tubazioni;
- UNI EN 1916 – Tubi di calcestruzzo armato, non armato e rinforzato con fibre d'acciaio.

## 4. ANALISI DEI CARICHI

### 4.1. Carichi

#### Pesi propri

Strutture in c.a. ( $\gamma$ ):	25 kN/m <sup>3</sup>
Guardia via metallico:	1 kN/ml
Pavimentazione (sp. medio 30cm):	22 kN/m <sup>3</sup> x 0.3 m = 6.6 kPa

#### Traffico stradale

Per la ripartizione del carico da traffico (ex DM 04/05/1990) sulla soletta si considerano impronte di carico 30x30 cm (3 assi da 200 kN/cad con interasse tra le ruote di 2 m). Si precisa che poiché la massima lunghezza dello sbalzo (al netto del cordolo) risulta pari a circa 0.70 m (cordolo tipo 5), in tutti i casi analizzati nel seguito si considera l'effetto indotto dalla presenza di una sola ruota per asse.

Come incremento dinamico si considera  $\Phi = 1.4$ .

Nello specifico si ottiene:

$$N_{V-max} = (100\text{kN} \times 3 \text{ assi}) \times 1.4 / L \quad (\text{da posizionarsi a } 0.15\text{m} \text{ dal cordolo})$$

#### Urto di un veicolo in svio

Come indicato nel D.M. LL.PP. "Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo di ponti stradali" del 4 Maggio 1990, si assume che l'effetto dell'urto di un veicolo in svio sia assimilabile ad una forza orizzontale perpendicolare all'asse stradale di intensità pari a 45 kN agente sul montante del sicurvia ad una quota di 60 cm dal piano viario. Si considera una larghezza di ripartizione pari alla lunghezza del cordolo.

#### Sisma

Si considera:  $S = 6$        $C = 0.04$        $I = 1$        $\varepsilon = 1$        $R = 1$

con:  $I =$  coefficiente di protezione sismica

$\varepsilon =$  coefficiente di fondazione

$R =$  coefficiente di risposta

da cui:  $F_h = 0.04 \times 1.0 \times 1.0 \times W_i = 0.04 \times W_i$

## 4.2. Combinazioni di carico

COMBINAZIONE	Pesi propri	Traffico	Urto su guardiavia	Sisma
<b>TRAFFICO</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	0.0
<b>SISMA</b>	<b>1.0</b>	0.0	0.0	<b>1.0</b>
<b>Fessurazione QP</b>	<b>1.0</b>	0.0	0.0	0.0
<b>Fessurazione RA</b>	<b>1.0</b>	<b>1.0</b>	0.0	0.0
<b>Fessurazione FR</b>	<b>1.0</b>	<b>0.7</b>	0.0	0.0

Tabella 1 Combinazioni di carico

Nelle verifiche non si è considerata la combinazione sismica in quando non dimensionante.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Foglio 10 di 32
IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo		

## 5. CORDOLO TIPO "A"

Di seguito la geometria del cordolo tipo "A" che presenta una larghezza della base di fondazione di 1.30 m.

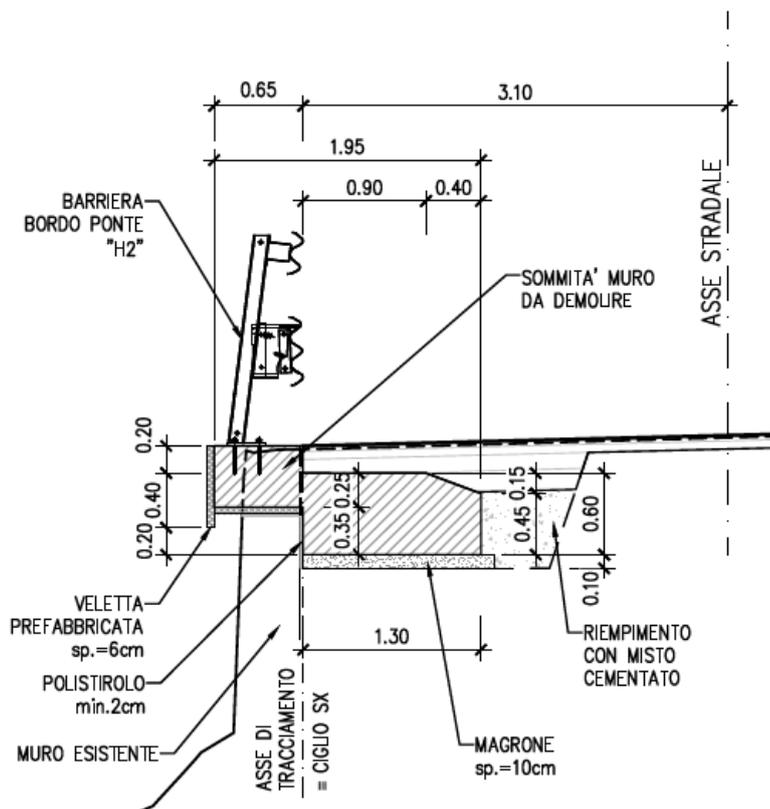


Figura 1 – Sezione tipo cordolo tipo "A"

Di seguito sono riportate le verifiche per l'intervento in oggetto:

- Verifica a ribaltamento;
- Verifica a scorrimento;
- Verifica della capacità portante della fondazione;
- Verifica strutturale della sezione di carpenteria in c.a.

### 5.1. Verifica a ribaltamento

Si verifica l'equilibrio alla rotazione rispetto al punto più esterno della fondazione. Si considera per la verifica una lunghezza del concio  $L = 10$  m a favore di sicurezza, si dovranno realizzare conci di lunghezze minime pari a 12 m.

### VERIFICA A RIBALTAMENTO

		<b>b</b>	<b>h</b>	<b>γ</b>	<b>P</b>	<b>b</b>	<b>M</b>
		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m	m	kNm/m
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	25	8.75	-0.350	-3.06
Permanenti_2	fondazione	1.30	0.60	25	19.50	0.650	12.68
Spinta terreno	contributo rettangolare			20	1.20	-0.300	-0.36
	contributo triangolare			20	1.80	-0.200	-0.36
Pavimentazione	(6.6 kPa)	6.60	1.30		8.58	0.650	5.58
Peso guardiavia	(1 kN/m)				1.00	-0.325	-0.33
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				42.00	0.150	6.30
Urto su guardiavia (applicata a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				4.50	-1.400	-6.30

**Totale ribaltante:** -10.41 kNm/m  
**Totale stabilizzante:** 24.55 kNm/m  
**FS:** 2.36 > 1.5 OK

(convenzione di segno: momenti positivi in senso orario)

Il cordolo di base 1.30 m e altezza 0.60 m soddisfa la verifica al ribaltamento.

### 5.1. Verifica a scorrimento

Si verifica lo scorrimento alla base della fondazione senza tenere conto di alcun contributo da parte del muro esistente.

Si analizzano due condizioni di carico, nella prima si considera l'urto e quindi la presenza del mezzo convenzionale sul cordolo, nella seconda l'azione da traffico è posta a lato della fondazione (l'urto non è quindi considerato).

Si considera per la verifica una lunghezza del concio L= 10 m a favore di sicurezza, si dovranno realizzare conci di lunghezze minime pari a 12 m.

### VERIFICA A SCORRIMENTO

<u>Condizione 1</u>		<b>b</b>	<b>h</b>	<b>γ</b>	<b>P</b>
<b>Carichi verticali</b>		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	0	0.00
Permanenti_2	fondazione	1.30	0.60	25	19.50
Pavimentazione	(6.6 kPa)	6.60	1.30		8.58
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				42.00
<b>Totale carico verticale:</b>					<b>70.08</b> kN/m

<b>Carichi orizzontali</b>		<b>b</b>	<b>h</b>	<b>γ</b>	<b>P</b>
Spinta terreno	contributo rettangolare			20	1.20
	contributo triangolare			20	1.80

Urto su guardiavia (applicata a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				4.50
<b>Totale carico orizzontale:</b>					<b>7.50</b> kN/m

**FS: 5.39 > 1.3 OK**

### Condizione 2

#### Carichi verticali

		b	h	γ	P
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	0	0.00
Permanenti_2	fondazione	1.30	0.60	25	19.50
Pavimentazione	(6.6 kPa)	6.60	1.30		8.58
<b>Totale carico verticale:</b>					<b>28.08</b> kN/m

#### Carichi orizzontali

		b	h	γ	P
Spinta terreno	contributo rettangolare			20	1.20
	contributo triangolare			20	1.80
Spinta traffico a lato fondazione	(q=20 kN/m <sup>2</sup> )				6.00
<b>Totale carico orizzontale:</b>					<b>9.00</b> kN/m

**FS: 1.80 > 1.3 OK**

La verifica a scorrimento è soddisfatta.

## 5.1. Verifica capacità portante

Si verifica che (in accordo con quanto stabilito dal D.M. 11/03/88 per opere di sostegno – paragrafo D.4.4) risulti:  $FS_Q = q_{lim} / q_{med} \geq 2$

Per il calcolo della capacità portante limite del terreno di fondazione (carico a rottura) si fa riferimento ai tradizionali metodi basati sulla teoria dell'equilibrio limite così come originariamente proposti da Brinch-Hansen (1970) per terreno granulare omogeneo (condizioni di carico drenate a lungo termine):

$$q_{lim} = 1/2 \cdot B' \cdot \gamma_c \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q$$

dove:  $B'$  = dimensione minima effettiva della fondazione

$\gamma_c$  = peso del terreno di fondazione

$q'$  = tensione verticale efficace alla quota di imposta nell'intorno della fondazione.

$N_\gamma, N_q$  = fattori di capacità portante funzione dell'angolo di attrito

Anche per la valutazione della capacità portante si valuta un concio di lunghezza pari a 10 m.

Di seguito si riporta l'entità delle azioni agenti e il momento calcolato rispetto al baricentro del cordolo di fondazione.

### VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

<b>b</b>	<b>h</b>	<b>γ</b>	<b>P</b>	<b>b</b>	<b>M</b>
----------	----------	----------	----------	----------	----------

**Carichi verticali**

		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m	m	kNm/m
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	25	8.75	-1.000	-8.75
Permanenti_2	fondazione	1.30	0.60	25	19.50	0.000	0.00
Pavimentazione	(6.6 kPa)	6.60	1.30		8.58	0.000	0.00
Peso guardavia	(1 kN/m)				1.00	-0.975	-0.98
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				42.00	-0.500	-21.00
					<b>79.83</b>		

**Carichi orizzontali**

Urto su guardavia (appl. a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				4.50	-1.100	-4.95
					<b>4.50</b>		<b>-35.68</b>

**Sollecitazioni di calcolo**

N	T <sub>B</sub>	T <sub>L</sub>	M <sub>B</sub>	M <sub>L</sub>
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
79.8	4.5	0.0	35.7	0.0

**Fondazione**

Fondazione	Terreno
nastriforme	sabbioso-ghiaioso

**Parametri geotecnici**

$\gamma_{TOT}$	c'	$\phi'$	q'	h <sub>w</sub>	$\gamma'_1$	$\gamma'_{2B}$	$\gamma'_{2L}$
[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kPa]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]
19.0	0	35	9.5	5.00	9.0	19.0	19.0

**Geometria**

D	B	L	$\alpha$	$\beta$	$\delta_B$	$\delta_L$
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[°]	[°]
0.5	1.3	1.0	0.00	0.00	3.2	0.0

**Eccentricità dei carichi**

e <sub>B</sub>	e <sub>L</sub>	B'	L'	A'
[m]	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]
0.45	0.00	0.41	1.00	0.41

**Coefficienti di capacità portante**

N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>
[-]	[-]	[-]
48.03	33.30	46.12

**Verifica capacità portante**

	q <sub>UM</sub>	R <sub>dn</sub>	R <sub>dn</sub> /N	
	[kPa]	[kN]	[-]	
Direz. B	426	173	2.2	OK
Direz. L	502	204	2.6	OK

**Fattori correttivi**

		Direz. B	Direz. L
Forma	s <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	s <sub>q</sub>	1.000	1.000
	s <sub>c</sub>	1.000	1.000
Inclinazione piano di posa	b <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	b <sub>q</sub>	1.000	1.000
	b <sub>c</sub>	1.000	1.000
Affondamento	d <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	d <sub>q</sub>	1.000	1.000
	d <sub>c</sub>	1.000	1.000
Inclinazione del carico	i <sub>γ</sub>	0.818	1.000
	i <sub>q</sub>	0.867	1.000
	i <sub>c</sub>	0.863	1.000
Inclinazione del piano campagna	g <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	g <sub>q</sub>	1.000	1.000
	g <sub>c</sub>	1.000	1.000

La verifica a capacità portante del cordolo di fondazione è soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo		Foglio 14 di 32

## 5.2. Verifiche strutturali

Per la verifica locale dell'armatura si considera la sezione di attacco tra la soletta/cordolo barriera e il cordolo di fondazione, di spessore 25 cm (esclusa la predalle tralicciata).

Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate (esse si riferiscono alla combinazione "Traffico" riportata nel § 4.2), per la loro determinazione si è considerata una lunghezza di diffusione che tiene conto dell'area caricata dagli assi stradali:  $L_{diff} = 4.30$  m.

		<b>b</b>	<b>h</b>	<b><math>\gamma</math></b>	<b>P</b>	<b>b</b>	<b>M</b>
		<b>m</b>	<b>m</b>	<b>kN/m<sup>3</sup></b>	<b>kN/m</b>	<b>m</b>	<b>kNm/m</b>
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	25	8.75	-0.350	-3.06
Peso guardiavia	(1 kN/m)				1.00	-0.325	-0.33
Urto su guardiavia (applicata a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				10.47	-0.925	-9.68
							<b>-13.07</b>

Momento flettente  $M = 13.07$  kNm/m

Azione tagliante  $V = 9.75$  kN/m

Si dispongono nella sezione  $\phi 12/20$  al lembo superiore e inferiore.

<b>Momento massimo</b>	M =	13.07	kNm
<b>Taglio massimo</b>	T =	9.75	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	x =	5.03	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	J =	24296	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	2.71	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-124.0	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	2.71	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	124.0	MPa
momento di prima fessurazione	M <sub>fcfk</sub> =	30.25	kNm
momento di apertura fessure	M <sub>fctm</sub> =	36.01	kNm
tensione acciaio per M <sub>fctm</sub>	$\sigma_{sr} =$	341.6	MPa
		M <sub>cr</sub> > M	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.05	MPa

La sezione è verificata, non si ha apertura di fessure e non è necessaria apposita armatura a taglio.

## 6. CORDOLO TIPO "B"

Di seguito la geometria del cordolo tipo "B" che presenta una larghezza della base di fondazione di 1.30 m.

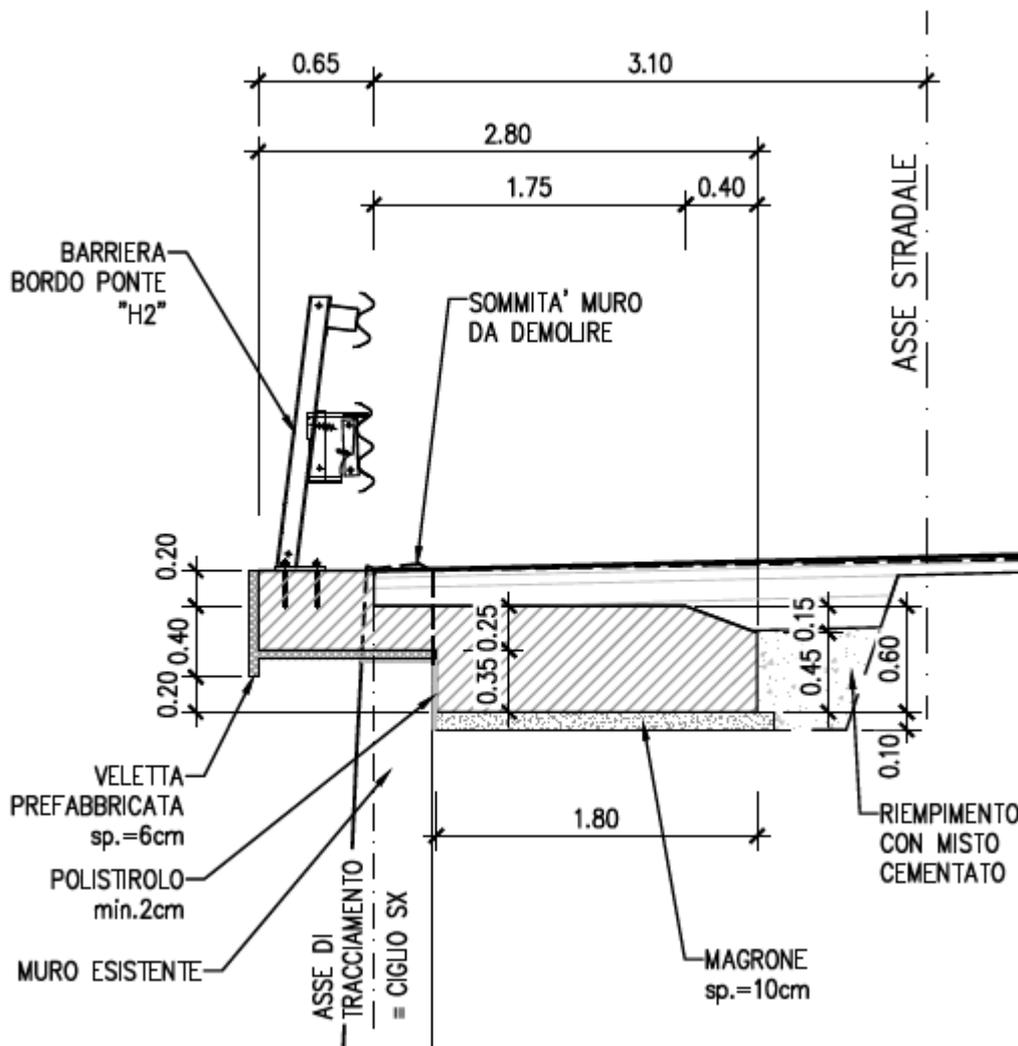


Figura 2 – Sezione tipo cordolo tipo "B"

Di seguito sono riportate le verifiche per l'intervento in oggetto:

- Verifica a ribaltamento;
- Verifica a scorrimento;
- Verifica della capacità portante della fondazione;
- Verifica strutturale della sezione di carpenteria in c.a.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo		Foglio 16 di 32

## 6.1. Verifica a ribaltamento

Si verifica l'equilibrio alla rotazione rispetto al punto più esterno della fondazione.

Si considera per la verifica una lunghezza del concio  $L = 12$  m, i conci dovranno avere lunghezza minima pari a 12 m.

### VERIFICA A RIBALTAMENTO

		<b>b</b>	<b>h</b>	$\gamma$	<b>P</b>	<b>b</b>	<b>M</b>
		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m	m	kNm/m
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	25	8.75	-0.680	-5.95
Permanenti_2	cordolo	0.33	0.30	25	2.48	-0.165	-0.41
Permanenti_3	fondazione	1.80	0.60	25	27.00	0.900	24.30
Spinta terreno	contributo rettangolare			20	1.20	-0.300	-0.36
	contributo triangolare			20	1.80	-0.200	-0.36
Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.33		2.18	-0.165	-0.36
Pavimentazione_2	(6.6 kPa)	6.60	1.80		11.88	0.900	10.69
Peso guardiavia	(1 kN/m)				1.00	-0.655	-0.66
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				35.00	-0.180	-6.30
Urto su guardiavia (applicata a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				3.75	-1.400	-5.25

<b>Totale ribaltante:</b>	<b>-19.64</b> kNm/m
<b>Totale stabilizzante:</b>	<b>34.99</b> kNm/m
<b>FS:</b>	<b>1.78 &gt; 1.5 OK</b>

(convenzione di segno: momenti positivi in senso orario)

Il cordolo di base 1.80 m e altezza 0.60 m soddisfa la verifica al ribaltamento.

## 6.2. Verifica a scorrimento

Si verifica lo scorrimento alla base della fondazione senza tenere conto di alcun contributo da parte del muro esistente.

Si analizzano due condizioni di carico, nella prima si considera l'urto e quindi la presenza del mezzo convenzionale sul cordolo, nella seconda l'azione da traffico è posta a lato della fondazione (l'urto non è quindi considerato).

Si considera per la verifica una lunghezza del concio  $L = 12$  m, i conci dovranno avere lunghezza minima pari a 12 m.

### VERIFICA A SCORRIMENTO

<u>Condizione 1</u>		<b>b</b>	<b>h</b>	$\gamma$	<b>P</b>
<b>Carichi verticali</b>		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	0	0.00
Permanenti_2	cordolo	0.33	0.30	0	0.00

Permanenti_3	fondazione	1.80	0.60	25	27.00
Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.33		0.00
Pavimentazione_2	(6.6 kPa)	6.60	1.80		11.88
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				35.00
<b>Totale carico verticale:</b>					<b>73.88</b> kN/m

Carichi orizzontali		b	h	γ	P
Spinta terreno	contributo rettangolare			20	1.20
	contributo triangolare			20	1.80
Urto su guardiavia (applicata a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				3.75
<b>Totale carico orizzontale:</b>					<b>6.75</b> kN/m

**FS: 6.32 > 1.3 OK**

Condizione 2

Carichi verticali		b	h	γ	P
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	0	0.00
Permanenti_2	cordolo	0.33	0.30	0	0.00
Permanenti_3	fondazione	1.80	0.60	25	27.00
Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.33		0.00
Pavimentazione_2	(6.6 kPa)	6.60	1.80		11.88
<b>Totale carico verticale:</b>					<b>38.88</b> kN/m

Carichi orizzontali		b	h	γ	P
Spinta terreno	contributo rettangolare			20	1.20
	contributo triangolare			20	1.80
Spinta traffico a lato fondazione	(q=20 kN/m <sup>2</sup> )				6.00
<b>Totale carico orizzontale:</b>					<b>9.00</b> kN/m

**FS: 2.49 > 1.3 OK**

La verifica a scorrimento è soddisfatta.

### 6.3. Verifica capacità portante

Si verifica che (in accordo con quanto stabilito dal D.M. 11/03/88 per opere di sostegno – paragrafo D.4.4) risulti:  $FS_Q = q_{lim} / q_{med} \geq 2$

Per il calcolo della capacità portante limite del terreno di fondazione (carico a rottura) si fa riferimento ai tradizionali metodi basati sulla teoria dell'equilibrio limite così come originariamente proposti da Brinch-Hansen (1970) per terreno granulare omogeneo (condizioni di carico drenate a lungo termine):

$$q_{lim} = 1/2 \cdot B' \cdot \gamma_c \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q$$

dove:  $B'$  = dimensione minima effettiva della fondazione

$\gamma_c$  = peso del terreno di fondazione

$q'$  = tensione verticale efficace alla quota di imposta nell'intorno della fondazione.

$N_\gamma, N_q$  = fattori di capacità portante funzione dell'angolo di attrito

Anche per la valutazione della capacità portante si valuta un concio di lunghezza pari a 12 m.

Di seguito si riporta l'entità delle azioni agenti e il momento calcolato rispetto al baricentro del cordolo di fondazione.

#### VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

##### Carichi verticali

		<b>b</b>	<b>h</b>	$\gamma$	<b>P</b>	<b>b</b>	<b>M</b>
		<b>m</b>	<b>m</b>	<b>kN/m<sup>3</sup></b>	<b>kN/m</b>	<b>m</b>	<b>kNm/m</b>
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	25	8.75	-1.580	-13.83
Permanenti_2	cordolo	0.33	0.30	25	2.48	-1.065	-2.64
Permanenti_3	fondazione	1.80	0.60	25	27.00	0.000	0.00
Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.33		2.18	-1.065	-2.32
Pavimentazione_2	(6.6 kPa)	6.60	1.80		11.88	0.000	0.00
Peso guardiavia	(1 kN/m)				1.00	-1.555	-1.56
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				35.00	-1.080	-37.80
					<b>88.28</b>		

##### Carichi orizzontali

Urto su guardiavia (appl. a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				3.75	-1.100	-4.13
					<b>3.75</b>		<b>-62.26</b>

**Sollecitazioni di calcolo**

N	T <sub>B</sub>	T <sub>L</sub>	M <sub>B</sub>	M <sub>L</sub>
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
88.3	3.8	0.0	62.26	0.0

**Fondazione**

nastriforme	sabbioso-ghiaioso
-------------	-------------------

**Terreno**

**Parametri geotecnici**

$\gamma_{TOT}$	c'	$\phi'$	q'	h <sub>w</sub>	$\gamma'_1$	$\gamma'_{2B}$	$\gamma'_{2L}$
[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kPa]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]
20.0	0	35	10.0	5.00	10.0	20.0	20.0

**Geometria**

D	B	L	$\alpha$	$\beta$	$\delta_B$	$\delta_L$
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[°]	[°]
0.5	1.8	1.0	0.00	0.00	2.4	0.0

**Eccentricità dei carichi**

e <sub>B</sub>	e <sub>L</sub>	B'	L'	A'
[m]	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]
0.71	0.00	0.39	1.00	0.39

**Coefficienti di capacità portante**

N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>
[-]	[-]	[-]
48.03	33.30	46.12

**Verifica capacità portante**

	q <sub>UM</sub>	R <sub>dn</sub>	R <sub>dn</sub> /N	
	[kPa]	[kN]	[-]	
Direz. B	460	179	2.0	OK
Direz. L	520	203	2.3	OK

**Fattori correttivi**

		Direz. B	Direz. L
Forma	s <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	s <sub>q</sub>	1.000	1.000
	s <sub>c</sub>	1.000	1.000
Inclinazione piano di posa	b <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	b <sub>q</sub>	1.000	1.000
	b <sub>c</sub>	1.000	1.000
Affondamento	d <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	d <sub>q</sub>	1.000	1.000
	d <sub>c</sub>	1.000	1.000
Inclinazione del carico	i <sub>γ</sub>	0.860	1.000
	i <sub>q</sub>	0.898	1.000
	i <sub>c</sub>	0.895	1.000
Inclinazione del piano campagna	g <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	g <sub>q</sub>	1.000	1.000
	g <sub>c</sub>	1.000	1.000

La verifica a capacità portante del cordolo di fondazione è soddisfatta.

### 6.4. Verifiche strutturali

Per la verifica locale dell'armatura si considera la sezione di attacco tra la soletta/cordolo barriera e il cordolo di fondazione, di spessore 25 cm (esclusa la predalle tralicciata).

Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate (esse si riferiscono alla combinazione "Traffico" riportata nel § 4.2), per la loro determinazione si è considerata una lunghezza di diffusione che tiene conto dell'area caricata dagli assi stradali: Ldiff = 4.30 m.

		b	h	γ	P	b	M
		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m	m	kNm/m
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	25	8.75	-0.680	-5.95
Permanenti_2	cordolo	0.33	0.30	25	2.48	-0.165	-0.41

Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.33		2.18	-0.165	-0.36
Peso guardiavia	(1 kN/m)				1.00	-0.655	-0.66
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				97.67	-0.180	-17.58
Urto su guardiavia (applicata a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				10.47	-0.925	-9.68
							<b>-34.63</b>

Momento flettente  $M = 34.63 \text{ kNm/m}$

Azione tagliante  $V = 112.08 \text{ kN/m}$

Si dispongono nella sezione  $\phi 16/20$  al lembo superiore e  $\phi 12/20$  al lembo inferiore.

<b>Momento massimo</b>	$M =$	34.63	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	112.08	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	6.26	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	37714	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	5.75	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-192.0	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	5.75	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	192.0	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	31.46	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	37.45	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	207.6	MPa
apertura fessure	$w_k =$	0.11	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.59	MPa

La sezione è verificata, l'apertura di fessure è pari a 0.11 mm ( $< 0.20 \text{ mm}$  per combinazione quasi permanente) e non è necessaria apposita armatura a taglio.

## 7. CORDOLO TIPO 5

Di seguito la geometria del cordolo tipo 5 che presenta una larghezza della base di fondazione di 2.15 m.

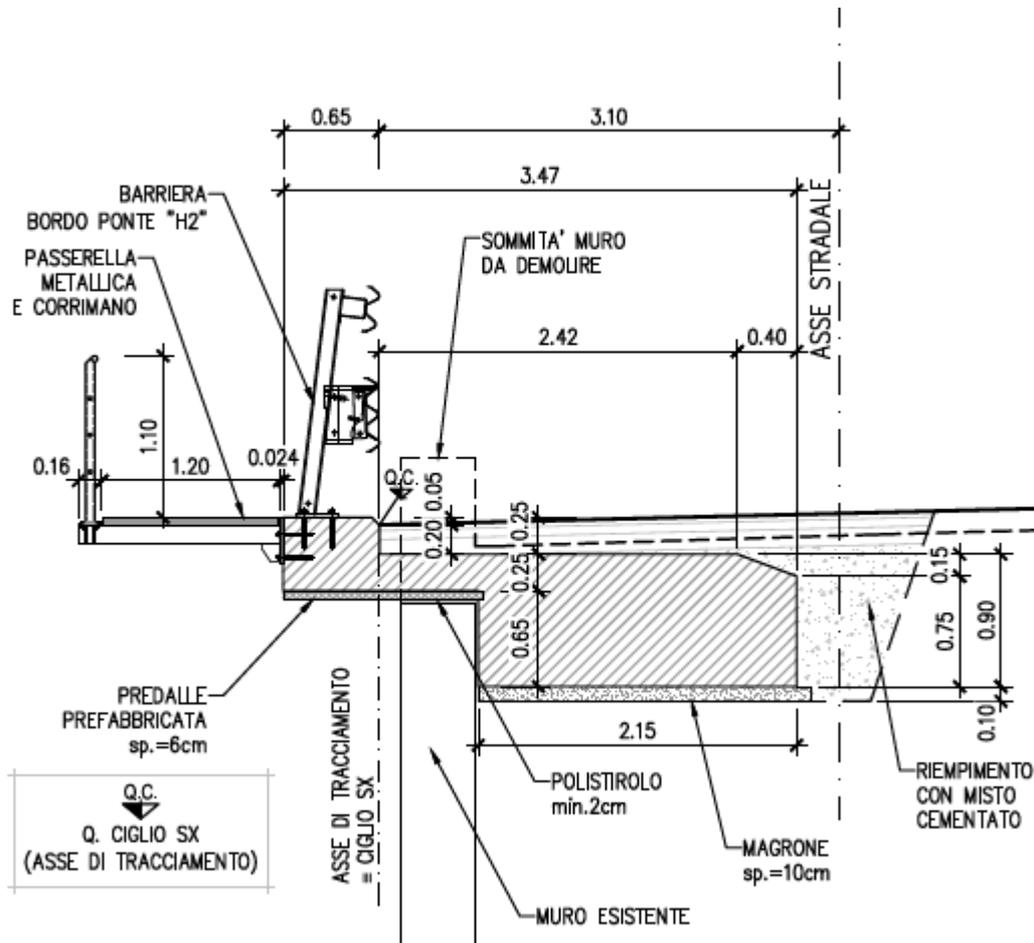


Figura 3 – Sezione tipo cordolo tipo 5 con passerella metallica

Di seguito sono riportate le verifiche per l'intervento in oggetto:

- Verifica a ribaltamento;
- Verifica a scorrimento;
- Verifica della capacità portante della fondazione;
- Verifica strutturale della sezione di carpenteria in c.a.;
- Verifica carpenteria metallica del marciapiede.

## 7.1. Verifica a ribaltamento

Si verifica l'equilibrio alla rotazione rispetto al punto più esterno della fondazione.

Si considera per la verifica una lunghezza del concio  $L = 12$  m, i conci dovranno avere lunghezza minima pari a 12 m.

### VERIFICA A RIBALTAMENTO

		<b>b</b>	<b>h</b>	$\gamma$	<b>P</b>	<b>b</b>	<b>M</b>
		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m	m	kNm/m
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	25	8.75	-1.020	-8.93
Permanenti_2	cordolo	0.67	0.30	25	5.03	-0.335	-1.68
Permanenti_3	fondazione	2.15	0.90	25	48.38	1.075	52.00
Permanenti_4	passerella metallica (2 kN/m)				2.00	-1.920	-3.84
Permanenti_5	corrimano				1.00	-2.520	-2.52
Spinta terreno	contributo rettangolare			20	1.80	-0.450	-0.81
	contributo triangolare			20	4.05	-0.300	-1.22
Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.67		4.42	-0.335	-1.48
Pavimentazione_2	(6.6 kPa)	6.60	2.15		14.19	1.075	15.25
Peso guardiavia	(1 kN/m)				1.00	-0.995	-1.00
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				35.00	-0.180	-6.30
Urto su guardiavia (applicata a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				3.75	-1.700	-6.38

<b>Totale ribaltante:</b>	<b>-34.14</b> kNm/m
<b>Totale stabilizzante:</b>	<b>67.26</b> kNm/m
<b>FS:</b>	<b>1.97 &gt; 1.5 OK</b>

(convenzione di segno: momenti positivi in senso orario)

Il cordolo di base 2.15 m e altezza 0.90 m soddisfa la verifica al ribaltamento.

## 7.2. Verifica a scorrimento

Si verifica lo scorrimento alla base della fondazione senza tenere conto di alcun contributo da parte del muro esistente.

Si analizzano due condizioni di carico, nella prima si considera l'urto e quindi la presenza del mezzo convenzionale sul cordolo, nella seconda l'azione da traffico è posta a lato della fondazione (l'urto non è quindi considerato).

Si considera per la verifica una lunghezza del concio  $L = 12$  m, i conci dovranno avere lunghezza minima pari a 12 m.

### VERIFICA A SCORRIMENTO

#### Condizione 1

<b>b</b>	<b>h</b>	$\gamma$	<b>P</b>
----------	----------	----------	----------

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo		Foglio 23 di 32

Carichi verticali		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	0	0.00
Permanenti_2	cordolo	0.67	0.30	0	0.00
Permanenti_3	fondazione	2.15	0.90	25	48.38
Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.67		0.00
Pavimentazione_2	(6.6 kPa)	6.60	2.15		14.19
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				35.00
<b>Totale carico verticale:</b>					<b>97.57</b> kN/m

Carichi orizzontali		b	h	γ	P
Spinta terreno	contributo rettangolare			20	1.80
	contributo triangolare			20	4.05
Urto su guardiavia (applicata a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				3.75
<b>Totale carico orizzontale:</b>					<b>9.60</b> kN/m

**FS: 5.87 > 1.3 OK**

#### Condizione 2

Carichi verticali		b	h	γ	P
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	0	0.00
Permanenti_2	cordolo	0.67	0.30	0	0.00
Permanenti_3	fondazione	2.15	0.90	25	48.38
Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.67		0.00
Pavimentazione_2	(6.6 kPa)	6.60	2.15		14.19
<b>Totale carico verticale:</b>					<b>62.57</b> kN/m

Carichi orizzontali		b	h	γ	P
Spinta terreno	contributo rettangolare			20	1.80
	contributo triangolare			20	4.05
Spinta traffico a lato fondazione	(q=20 kN/m <sup>2</sup> )				9.00
<b>Totale carico orizzontale:</b>					<b>14.85</b> kN/m

**FS: 2.43 > 1.3 OK**

La verifica a scorrimento è soddisfatta.

### 7.3. Verifica capacità portante

Si verifica che (in accordo con quanto stabilito dal D.M. 11/03/88 per opere di sostegno – paragrafo D.4.4) risulti:  $FS_Q = q_{lim} / q_{med} \geq 2$

Per il calcolo della capacità portante limite del terreno di fondazione (carico a rottura) si fa riferimento ai tradizionali metodi basati sulla teoria dell'equilibrio limite così come originariamente proposti da Brinch-Hansen (1970) per terreno granulare omogeneo (condizioni di carico drenate a lungo termine):

$$q_{lim} = 1/2 \cdot B' \cdot \gamma_c \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q$$

dove:  $B'$  = dimensione minima effettiva della fondazione

$\gamma_c$  = peso del terreno di fondazione

$q'$  = tensione verticale efficace alla quota di imposta nell'intorno della fondazione.

$N_\gamma, N_q$  = fattori di capacità portante funzione dell'angolo di attrito

Anche per la valutazione della capacità portante si valuta un concio di lunghezza pari a 12 m.

Di seguito si riporta l'entità delle azioni agenti e il momento calcolato rispetto al baricentro del cordolo di fondazione.

### VERIFICA CAPACITA' PORTANTE

#### **Carichi verticali**

		<b>b</b>	<b>h</b>	$\gamma$	<b>P</b>	<b>b</b>	<b>M</b>
		<b>m</b>	<b>m</b>	<b>kN/m3</b>	<b>kN/m</b>	<b>m</b>	<b>kNm/m</b>
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	25	8.75	-2.095	-18.33
Permanenti_2	cordolo	0.67	0.30	25	5.03	-1.410	-7.09
Permanenti_3	fondazione	2.15	0.90	25	48.38	0.000	0.00
Permanenti_4	passerella metallica (2 kN/m)				2.00	-2.995	-5.99
Permanenti_4	corrimano				1.00	-3.595	-3.60
Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.67		4.42	-1.410	-6.24
Pavimentazione_2	(6.6 kPa)	6.60	2.15		14.19	0.000	0.00
Peso guardiavia	(1 kN/m)				1.00	-2.070	-2.07
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				35.00	-1.595	-55.83
					<b>119.76</b>		

#### **Carichi orizzontali**

Urto su guardiavia (appl. a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				3.75	-1.250	-4.69
					<b>3.75</b>		<b>-103.82</b>

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo		Foglio 25 di 32

**Sollecitazioni di calcolo**

N	T <sub>B</sub>	T <sub>L</sub>	M <sub>B</sub>	M <sub>L</sub>
[kN]	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]
119.8	3.8	0.0	103.82	0.0

**Fondazione**

nastriforme	sabbioso-ghiaioso
-------------	-------------------

**Terreno**
**Parametri geotecnici**

$\gamma_{TOT}$	c'	$\phi'$	q'	h <sub>w</sub>	$\gamma'_1$	$\gamma'_{2B}$	$\gamma'_{2L}$
[kN/m <sup>3</sup> ]	[kPa]	[°]	[kPa]	[m]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]
20.0	0	35	18.0	5.00	10.0	20.0	20.0

**Geometria**

D	B	L	$\alpha$	$\beta$	$\delta_B$	$\delta_L$
[m]	[m]	[m]	[°]	[°]	[°]	[°]
0.9	2.15	1.0	0.00	0.00	1.8	0.0

**Eccentricità dei carichi**

e <sub>B</sub>	e <sub>L</sub>	B'	L'	A'
[m]	[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]
0.87	0.00	0.42	1.00	0.42

**Coefficienti di capacità portante**

N <sub>γ</sub>	N <sub>q</sub>	N <sub>c</sub>
[-]	[-]	[-]
48.03	33.30	46.12

**Verifica capacità portante**

	q <sub>UM</sub>	R <sub>dn</sub>	R <sub>dn</sub> /N	
	[kPa]	[kN]	[-]	
Direz. B	733	305	2.5	OK
Direz. L	799	333	2.8	OK

**Fattori correttivi**

		Direz. B	Direz. L
Forma	s <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	s <sub>q</sub>	1.000	1.000
	s <sub>c</sub>	1.000	1.000
Inclinazione piano di posa	b <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	b <sub>q</sub>	1.000	1.000
	b <sub>c</sub>	1.000	1.000
Affondamento	d <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	d <sub>q</sub>	1.000	1.000
	d <sub>c</sub>	1.000	1.000
Inclinazione del carico	i <sub>γ</sub>	0.895	1.000
	i <sub>q</sub>	0.924	1.000
	i <sub>c</sub>	0.922	1.000
Inclinazione del piano campagna	g <sub>γ</sub>	1.000	1.000
	g <sub>q</sub>	1.000	1.000
	g <sub>c</sub>	1.000	1.000

La verifica a capacità portante del cordolo di fondazione è soddisfatta.

## 7.4. Verifiche strutturali

Per la verifica locale dell'armatura si considera la sezione di attacco tra la soletta/cordolo barriera e il cordolo di fondazione, di spessore 25 cm (esclusa la predalle tralicciata).

Le sollecitazioni nella sezione di verifica sono di seguito determinate (esse si riferiscono alla combinazione "Traffico" riportata nel § 4.2), per la loro determinazione si è considerata una lunghezza di diffusione che tiene conto dell'area caricata dagli assi stradali: L<sub>diff</sub> = 4.30 m.

		b	h	γ	P	b	M
		m	m	kN/m <sup>3</sup>	kN/m	m	kNm/m
Permanenti_1	cordolo barriera	0.70	0.50	25	8.75	-1.020	-8.93
Permanenti_2	cordolo	0.67	0.30	25	5.03	-0.335	-1.68

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo		Foglio 26 di 32

Permanenti_4	passerella metallica (2 kN/m)				2.00	-1.920	-3.84
Permanenti_5	corrimano				1.00	-2.520	-2.52
Pavimentazione_1	(6.6 kPa)	6.60	0.67		4.42	-0.335	-1.48
Peso guardiavia	(1 kN/m)				1.00	-0.995	-1.00
Traffico	(100 kN x 3 assi x 1.4) / L				91.30	-0.180	-16.43
Urto su guardiavia (applicata a 0.60 m piano viario)	(45 kN / L)				9.78	-0.925	-9.05
							<b>-44.93</b>

Momento flettente  $M = 44.93 \text{ kNm/m}$

Azione tagliante  $V = 113.50 \text{ kN/m}$

Si dispongono nella sezione  $\phi 16/20$  al lembo superiore e  $\phi 12/20$  al lembo inferiore.

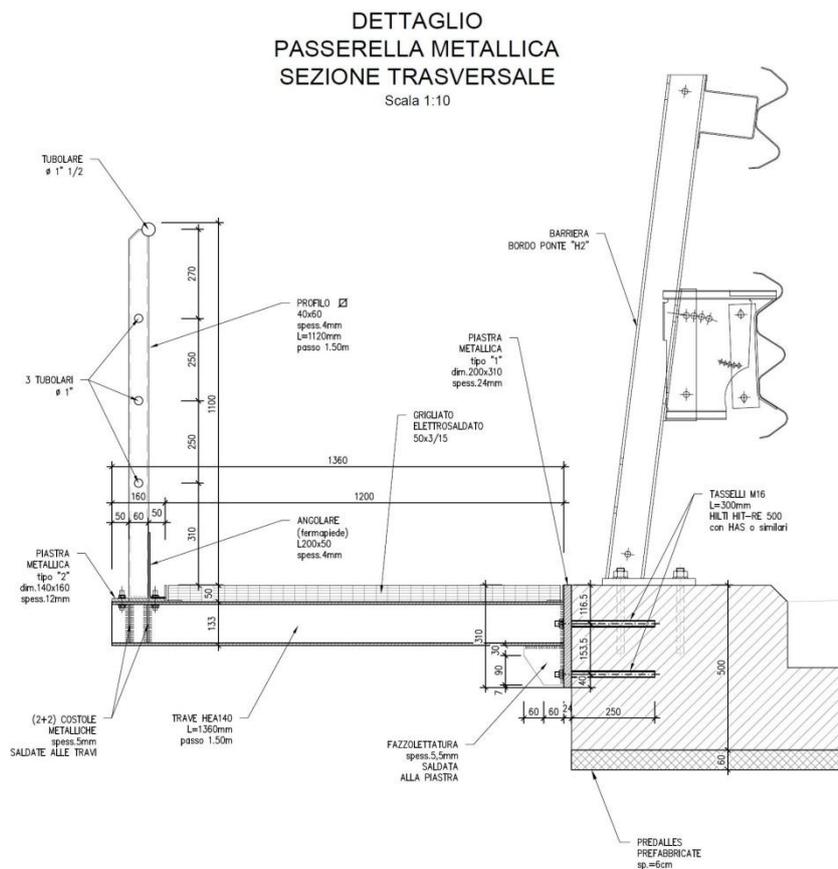
<b>Momento massimo</b>	$M =$	44.93	kNm
<b>Taglio massimo</b>	$T =$	113.50	kN
<b>Verifiche di resistenza</b>			
Asse neutro (da lembo compresso)	$x =$	6.26	cm
Momento di inerzia sezione parzializzata	$J =$	37714	cm <sup>4</sup>
tensione cls	$\sigma_c =$	7.46	MPa
tensione acciaio layer 1	$\sigma_{s1} =$	-249.1	MPa
tensione acciaio layer 2	$\sigma_{s2} =$		MPa
<b>Verifica a fessurazione</b>			
tensione cls per fessurazione	$\sigma_c =$	7.46	MPa
tensione acciaio per fessurazione	$\sigma_{s1} =$	249.1	MPa
momento di prima fessurazione	$M_{fck} =$	31.46	kNm
momento di apertura fessure	$M_{fctm} =$	37.45	kNm
tensione acciaio per $M_{fctm}$	$\sigma_{sr} =$	207.6	MPa
apertura fessure	$w_k =$	0.22	mm
<b>Verifica a taglio</b>			
massimo sforzo di taglio	$\tau_{max} =$	0.60	MPa

La sezione è verificata, l'apertura di fessure è pari a 0.22 mm e non è necessaria apposita armatura a taglio.

## 7.1. Verifica carpenteria metallica

La passerella metallica è costituita da un grigliato sorretto da una serie di mensole incastrate al cordolo mediante connettori. Le travi hanno interasse massimo pari a 1,50 m e sono costituite da profili HEA140.

Di seguito le geometrie impiegate per la passerella metallica.



**Figura 4 – Sezione tipo passerella metallica**

Le caratteristiche principali del profilo sono le seguenti:

$$J_x = 1033 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 155,4 \text{ cm}^3$$

$$A_v = 6,765 \text{ cm}^2$$

I carichi agenti sulla trave sono:

Peso proprio del profilo incrementato del 15%:

$$0,247 \text{ kN/m} \times 1,15 = 0,285 \text{ kN/m}$$

Folla

$$4 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 6 \text{ kN/m}$$

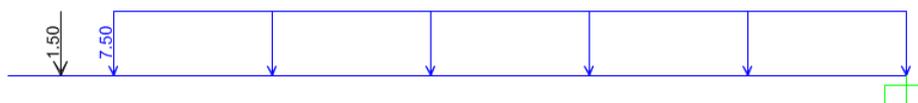
GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo	Foglio 28 di 32

Peso proprio del grigliato (in favore di sicurezza)  $1 \text{ kN/m}^2 \times 1,5 \text{ m} = 1,5 \text{ kN/m}$

Peso proprio del parapetto (in favore di sicurezza)  $1 \text{ kN/m} \times 1,5 \text{ m} = 1,5 \text{ kN}$

Per valutare correttamente le sollecitazioni è stato realizzato un modello di calcolo con il codice agli elementi finiti SAP2000. Il modello rappresenta una trave incastrata su cui sono stati applicati i carichi sopra descritti; si precisa che il peso proprio della trave viene calcolato automaticamente dal programma tenendo conto anche dell'incremento.

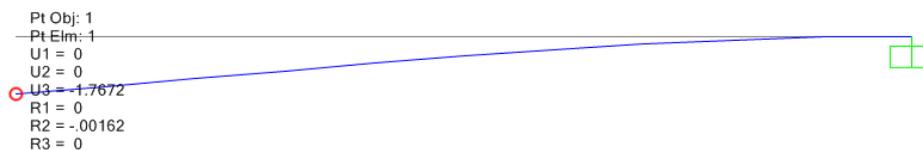
Nella seguente figura si mostra la distribuzione dei carichi.



**Figura 5 – Carichi applicati su modello**

### 7.1.1. Verifica di deformabilità

La freccia massima del profilo viene mostrata nella seguente immagine.



**Figura 6 – Freccia massima della mensola**

La freccia massima vale 1,77 mm, pari a 1/768 della luce, pertanto la verifica di deformabilità risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A00 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo
	Foglio 29 di 32

### 7.1.1. Verifica di resistenza

La verifica di resistenza della trave viene condotta alle tensioni ammissibili.

Dai carichi applicati si ricavano le seguenti sollecitazioni, massime all'incastro:

$$M_{\max} = 7,58 \text{ kNm}$$

$$V_{\max} = 10,88 \text{ kN}$$

Si ottengono le seguenti tensioni:

$$\sigma = M/W_x = 48,78 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = V_y/A_w = 16,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{(\sigma^2 + 3\tau^2)} = 56,71 \text{ N/mm}^2 \quad <\sigma_{amm} = 190 \text{ N/mm}^2$$

La verifica di resistenza risulta pertanto soddisfatta.

### 7.1.1. Verifica dell'ancoraggio

Per l'ancoraggio della trave si utilizzano dei tasselli M16 di tipo HILTI HIT-RE 500 con HAS o similari con lunghezza di ancoraggio 25 cm.

#### Verifica a trazione

Il momento massimo agente all'incastro, agli stati limite ultimi vale:

$$M_{SLU} = 7,58 \text{ kNm} \times 1,5 = 11,37 \text{ kNm}$$

La forza assiale di trazione sul singolo tassello vale:

$$F_b = M/n_b d = 11,37 / 2 \times 0,153 = 37,04 \text{ kN}$$

Si calcola la resistenza del tassello.

Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo/sfilamento:

$$N_{Rd,c} = N_{Rd,c}^0 \times f_t \times f_{B,N} \times f_{A,N} \times f_{R,N} \times f_{Temp} \times f_{W,sat}$$

Si determinano i parametri utili al calcolo della resistenza.

$$N_{Rd,c}^0 = 34,70 \text{ kN}$$

$$h_{nom} = 125 \text{ mm}$$

Influenza della profondità di ancoraggio:

$$h_{act} = 250 \text{ mm}$$

$$f_t = h_{act} / h_{nom} = 2$$

Influenza della resistenza del calcestruzzo:

$$f_{B,N} = 1 + (f_{c,k,cube} - 25) / 100 = 1 + (40 - 25) / 100 = 1,15$$

Influenza dell'interasse tra gli ancoranti:

$$s = 12 \text{ cm}$$

$$f_{A,N} = 0,74$$

Influenza della distanza dal bordo:

$$c = 11 \text{ cm}$$

$$f_{A,N} = 0,91$$

Influenza del materiale base

$$f_{Temp} = 1$$

Influenza del calcestruzzo saturo d'acqua

$$f_{W,sat} = 1$$

Si ottiene quindi:

$$N_{Rd,c} = 34,70 \times 2 \times 1,15 \times 0,74 \times 0,91 \times 1 \times 1 = 53,74 \text{ kN}$$

Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio

$$N_{Rd,s} = 48,1 \text{ kN}$$

$$N_{Rd} = \min(N_{Rd,c}, N_{Rd,s}) = 48,1 \text{ kN}$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

### Verifica a taglio

Il taglio massimo agente all'incastro, agli stati limite ultimi vale:

$$M_{SLU} = 10,88 \text{ kNm} \times 1,5 = 16,32 \text{ kNm}$$

La forza di taglio sul singolo tassello vale:

$$F_b = V / n_b = 16,32 / 4 = 4,5 \text{ kN}$$

Si calcola la resistenza del tassello.

Resistenza alla rottura conica del calcestruzzo/sfilamento:

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 \times f_{BV} \times f_{AR,V} \times f_{\beta,V}$$

Si determinano i parametri utili al calcolo della resistenza.

$$V_{Rd,c}^0 = 6,70 \text{ kN}$$

Influenza della resistenza del calcestruzzo:

$$f_{BV} = \sqrt{(f_{c,k,cube}/25)} = 1 + (40 - 25) / 100 = 1,26$$

Influenza dell'interasse tra gli ancoranti e della distanza dal bordo:

$$s = 12 \text{ cm}$$

$$c = 11 \text{ cm}$$

$$f_{A,RV} = \frac{3c + s}{6c_{min}} \cdot \sqrt{\frac{c}{c_{min}}} = \frac{3 \cdot 110 + 120}{6 \cdot 65} \cdot \sqrt{\frac{110}{65}} = 1,5$$

Si ottiene quindi:

$$V_{Rd,c} = 6,70 \times 1,26 \times 1,5 = 12,66 \text{ kN}$$

#### Resistenza di progetto a taglio dell'acciaio

$$V_{Rd,s} = 34,6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,c}, V_{Rd,s}) = 12,66 \text{ kN}$$

La verifica risulta pertanto soddisfatta.

#### **Verifica a taglio-trazione**

$$F_{Sd} = \sqrt{N_{Sd}^2 + V_{Sd}^2} = 37,3 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctan V_{Sd}/N_{Sd} = 0,108$$

$$F_{Rd} = \left( \left( \frac{\cos \alpha}{N_{Rd}} \right)^{1,5} + \left( \frac{\sin \alpha}{V_{Rd}} \right)^{1,5} \right)^{-2/3} = 41,4 \text{ kN}$$

$$F_{Sd} < F_{Rd}$$

La verifica risulta soddisfatta.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-02-E-CV-CL-NV03-0X-008_A0 Cordoli porta barriera - Relazione di calcolo
	Foglio 32 di 32

### 7.1.1. Verifica della piastra

La piastra, di dimensioni 200x310x24 mm, è in acciaio S275.

Si riporta la sintesi della verifica di resistenza alle tensioni ammissibili.

M	75800.00 daNcm
b	20 cm
h	31 cm
s	2.4 cm
w	3203.333 cm <sup>3</sup>
sigma cls	-5.372 daN/cm <sup>2</sup>
sigma acc	147.4 daN/cm <sup>2</sup>
asse neutro	6.714 cm

N	-360.6761 kg
M	-1614.386 kgm

sezione di verifica

distanza bullone	4 cm
σ1	-2.171523 daN/cm <sup>2</sup>
N	-301.7409 daN
M	-688.8279 daNcm

w	19.2 cm <sup>3</sup>
σ	-35.87645 daN/cm <sup>2</sup> <b>OK</b>

F su bullone	24.69055 kN
distanza	6 cm
M	14814.33 daNcm

sez. resistente

b	8.53 cm
s	2.4 cm
w	8.1888 cm <sup>3</sup>
σ	1809.097 daN/cm <sup>2</sup> <b>OK</b>

La piastra risulta verificata.