

# Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131  
Risoluzione dei nodi critici – 1° stralcio  
dal km 158+000 al km 162+700

PROGETTO ESECUTIVO

CA283

PROGETTAZIONE: ANAS–Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI    Dott. Ing. Alessandro MICHELI  
Ordine Ing. di Roma n. 19116            Ordine Ing. di Roma n. 19645

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Serena MAJETTA  
Ordine Geol. Lazio n. 928

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA

PROTOCOLLO

DATA

OPERE D'ARTE MAGGIORI  
CAVALCAVIA ALLA PROGR. 158+290 DELLA SS 131  
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

CODICE PROGETTO

PROGETTO    LIV. PROG.    N. PROG.

L O P L S P   E   1 7 0 1

NOME FILE

T00CV02STRRE01A.doc

REVISIONE

SCALA:

CODICE ELAB. T 0 0 C V 0 2 S T R R E 0 1

A

–

D

C

B

A

EMISSIONE

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO

---

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>RIFACIMENTO CORDOLI PER SOSTITUZIONE BARRIERA SULL'IMPALCATO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>5</b>
<b>3.3</b>	<b>INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI NELL'AMBITO NORMATIVO VIGENTE.....</b>	<b>6</b>
3.3.1	<i>CASO DI URTO PER VEICOLO IN SVIO - AZIONI .....</i>	<i>6</i>
<b>3.4</b>	<b>TABULATO DI CALCOLO .....</b>	<b>8</b>
3.4.1	<i>CASO DI URTO PER VEICOLO IN SVIO.....</i>	<i>8</i>
<b>4</b>	<b>RIFACIMENTO CORDOLI PER SOSTITUZIONE BARRIERA SULLE SPALLE .....</b>	<b>19</b>
<b>4.1</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>19</b>
<b>4.2</b>	<b>MATERIALI.....</b>	<b>19</b>
<b>4.3</b>	<b>INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI NELL'AMBITO NORMATIVO VIGENTE.....</b>	<b>20</b>
4.3.1	<i>AZIONI SUI PARAPETTI E URTO DI VEICOLO IN SVIO .....</i>	<i>20</i>
<b>4.4</b>	<b>DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE .....</b>	<b>21</b>
4.4.1	<i>PREMESSA.....</i>	<i>21</i>
4.4.2	<i>VERIFICHE GLOBALI.....</i>	<i>22</i>
4.4.2.1	<i>Verifica a traslazione, all'interfaccia calcestruzzo di base-terreno .....</i>	<i>22</i>
4.4.2.2	<i>Verifica a traslazione, all'interfaccia banchettone-strato di base.....</i>	<i>22</i>
4.4.2.3	<i>Verifica a ribaltamento .....</i>	<i>22</i>
4.4.3	<i>VERIFICHE LOCALI .....</i>	<i>23</i>
4.4.3.1	<i>Verifica a tenso flessione della sezione di attacco tra soletta e cordolo .....</i>	<i>23</i>
4.4.3.2	<i>Verifica delle staffe disposte all'interno del cordolo .....</i>	<i>23</i>
<b>4.5</b>	<b>TABULATO DI CALCOLO .....</b>	<b>25</b>

---

## **1 PREMESSA**

L'oggetto della presente relazione riguarda il dimensionamento delle opere connesse all'intervento di sostituzione delle barriere di sicurezza sull'impalcato e sulle spalle del cavalcavia esistente al km 158+920 della S.S. 131, nell'ambito del Progetto Esecutivo relativo all'intervento denominato S.S. 131 di "Carlo Felice" Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131 Risoluzione dei nodi critici - 1° stralcio dal km 158+000 al km 162+700.

---

## **2 RIFERIMENTI NORMATIVI**

Le normative utilizzate sono le seguenti:

- Ministero delle Infrastrutture. Decreto ministeriale 14 gennaio 2008

Norme tecniche per le costruzioni.

- Ministero delle Infrastrutture. Circolare n. 617, 02 febbraio 2009

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

---

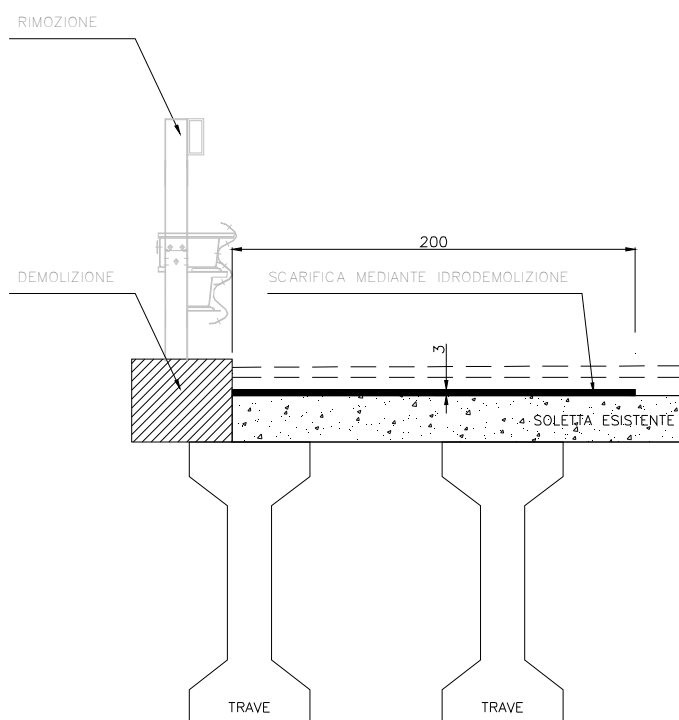
### 3 RIFACIMENTO CORDOLI PER SOSTITUZIONE BARRIERA SULL'IMPALCATO

#### 3.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Per la sostituzione delle barriere di sicurezza esistenti sull'impalcato del cavalcavia con nuove barriere si prevede la demolizione dei cordoli laterali esistenti e la successiva conseguente realizzazione di nuovi cordoli.

Gli interventi connessi con la sostituzione delle barriere di sicurezza bordo opera sono elencati di seguito:

- rimozione del pacchetto stradale esistente, inclusi i giunti di sottopavimentazione, fino all'estradosso della soletta;
- demolizione dei cordoli e delle velette, con tutela delle armature esistenti;
- asportazione, con intervento di idrodemolizione, di uno spessore di calcestruzzo della soletta pari a 3 cm per una larghezza di 2,00 m a partire dal filo interno dei cordoli, per tutta l'estensione del viadotto.

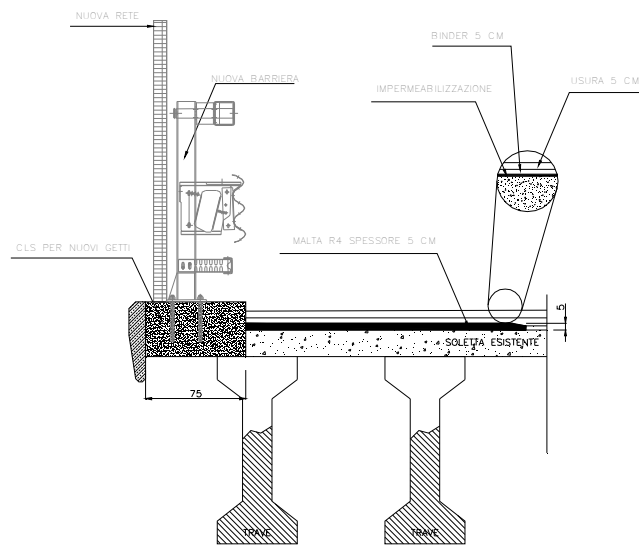


**Figura 1 – Sezione impalcato esistente con evidenza dell'intervento di demolizione.**

Terminate le operazioni di demolizione si procederà al ripristino della soletta, per uno spessore di 5 cm, con una malta a fluidità modulabile, rinforzata con fibre di polipropilene antiritiro e anticorrosione, previo posizionamento di nuove barre di armatura, alla ricostruzione dei cordoli in cemento armato con velette prefabbricate e, successivamente, alla posa in opera di una nuova barriera bordo-ponte.

Infine verrà posato lo strato di impermeabilizzazione e verranno realizzati i nuovi giunti di sottopavimentazione.

Terminate queste operazioni si procederà a realizzare un nuovo pacchetto di pavimentazione che consenta di ripristinare la quota del piano viabile.



**Figura 2 – Sezione impalcato con evidenza dell'intervento di ricostruzione.**

Per le caratteristiche delle operazioni sommariamente descritte precedentemente, si rinvia all'elaborato grafico allegato al progetto.

### **3.2 MATERIALI**

#### Intervento di idrodemolizione di parti in calcestruzzo:

A conclusione dell'intervento le superfici devono essere pulite, prive di elementi estranei e deve essere eliminato ogni altro elemento che possa alterare la coesione per i successivi trattamenti e/o getti

#### Intervento di ripristino:

##### Nuovi cordoli:

Calcestruzzo: C32/40

Acciaio per c.a.: B450C

##### Soletta d'impalcato:

Malta da ripristino Classe R4

La ricostruzione dei centimetri di spessore del calcestruzzo della soletta verrà eseguita con malta tixotropica o a fluidità modulabile, rinforzata con fibre polipropilene, antiritiro, anticorrosione, contenente inibitori di corrosione.

---

L'applicazione della malta va eseguita su un supporto saturato a superficie asciutta. Immediatamente dopo la saturazione applicare la malta per il ripristino della sezione fino allo spessore utile lasciando una finitura a fratazzo. Il prodotto non va applicato con temperature inferiori ai 5° C e va applicato con attenzione nel caso in cui le temperature superino i 35°C.

Il prodotto applicato dovrà essere conforme a quanto previsto dalla EN 1504-3 e i documenti da questa richiamati.

Caratteristiche tecniche della malta R4 secondo UNI EN 1504-3:

Resistenza a compressione (UNI EN 12190)	≥45 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza alla penetrazione della Co <sub>2</sub> (UNI EN 13295)	μ= 10.000
Contenuto ioni cloruro (UNI EN 1015-17)	≤0.05 %
Modulo elastico (UNI EN 13412)	≥20.000 N/mm <sup>2</sup>
Adesione al cls per trazione diretta a 28gg (EN 1542)	≥2,0 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a flessione a 28gg (UNI EN 196/1)	≥8 N/mm <sup>2</sup>
Pull-out a 28 gg (UNI EN 15184)	>15 N/mm <sup>2</sup>
Ritiro/espansione impedita (EN 12617-4)	≥ 2,0 MPa

### **3.3 INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI NELL'AMBITO NORMATIVO VIGENTE**

L'intervento descritto nella presente relazione è progettato secondo la vigente normativa e più precisamente è disciplinato dal capitolo 8 "Costruzioni esistenti" delle NTC2008: nel caso specifico la categoria di interventi in cui ricade il ponte è quella di cui al paragrafo 8.4.3 "*Riparazione o interventi locali che interessino elementi isolati*" in quanto lo stato di fatto delle opere comporta l'effettuazione di interventi locali, che non comportano ampliamento dell'opera, alterazione dello schema statico, cambio di destinazione d'uso e né variazione dei carichi globali in fondazione in misura eccedente il 10%.

Per tale intervento è necessario procedere alla verifica anche delle porzioni di struttura del ponte interagenti con le nuove barriere e quindi alla verifica dei cordoli laterali. Tale verifica si estenderà alla valutazione della sicurezza della connessione tra i cordoli stessi e la soletta esistente.

Nei paragrafi che seguono sono riportati i calcoli di verifica del cordolo, sia in caso di urto di veicolo in svio (azione eccezionale), sia sotto l'azione del vento su barriera antirumore (azione dominante) e carichi da traffico.

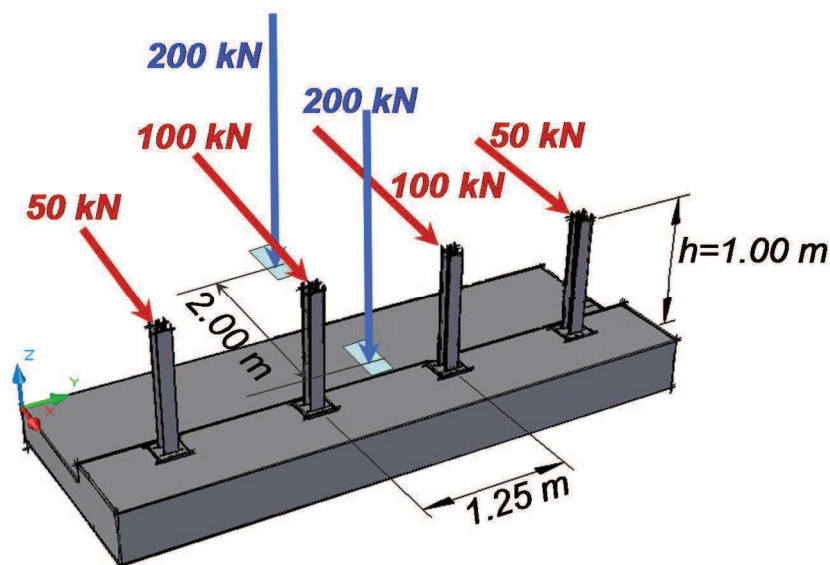
#### **3.3.1 CASO DI URTO PER VEICOLO IN SVIO - AZIONI**

In assenza di maggiori elementi di conoscenza, provenienti da risultanze sperimentali e conseguenti valutazioni teoriche, specifiche per la tipologia di barriere prevista in progetto e per le condizioni locali di installazione, nel

progetto strutturale si deve tener conto delle forze causate da collisioni sugli elementi di sicurezza attraverso il seguente **sistema di forze equivalenti**:

- **Forze trasversali**: si assumono quattro forze orizzontali in corrispondenza dei montanti della barriera, la cui interdistanza è stabilita in 1.25 m; le due forze applicate ai paletti di estremità della zona considerata sono pari a 50kN e le altre due, applicate ai montanti interni, sono pari a 100kN. Tutte le forze agiscono trasversalmente ad un'altezza di 1.00 m dal piano viabile e sono dirette verso l'esterno dell'impalcato.
- **Carichi verticali**: oltre al peso proprio della struttura, si considera lo Schema di Carico 2 previsto nelle NTC e costituito da due impronte di carico di dimensioni 0.35 x 0.60 m su ciascuna delle quali è applicata una forza di 200 kN; le impronte sono collocate longitudinalmente in mezzeria della zona di impalcato interessata dall'applicazione del suindicato carico orizzontale e trasversalmente una è posta all'estremità della piattaforma stradale mentre l'altra è distante 2.00 m da essa.

Lo schema di carico equivalente sopra descritto può pertanto rappresentarsi come mostrato nella figura successiva.



**Figura 3 – Sistema di forze equivalenti per condizioni di progetto ordinarie.**

Lo schema della figura precedente risulta idoneo a rappresentare le azioni equivalenti alle forze di collisione, riferite a condizioni ordinarie della strada e delle barriere, con particolare riferimento alle connessioni tra queste e la struttura.

Le azioni orizzontali equivalenti all'urto sono azioni a carattere eccezionale e pertanto, ai sensi delle vigenti NTC08, comportano coefficienti parziali unitari sui materiali.

Nel caso specifico non sarà considerata l'azione stabilizzante dei carichi verticali dovuti ai veicoli viaggianti.

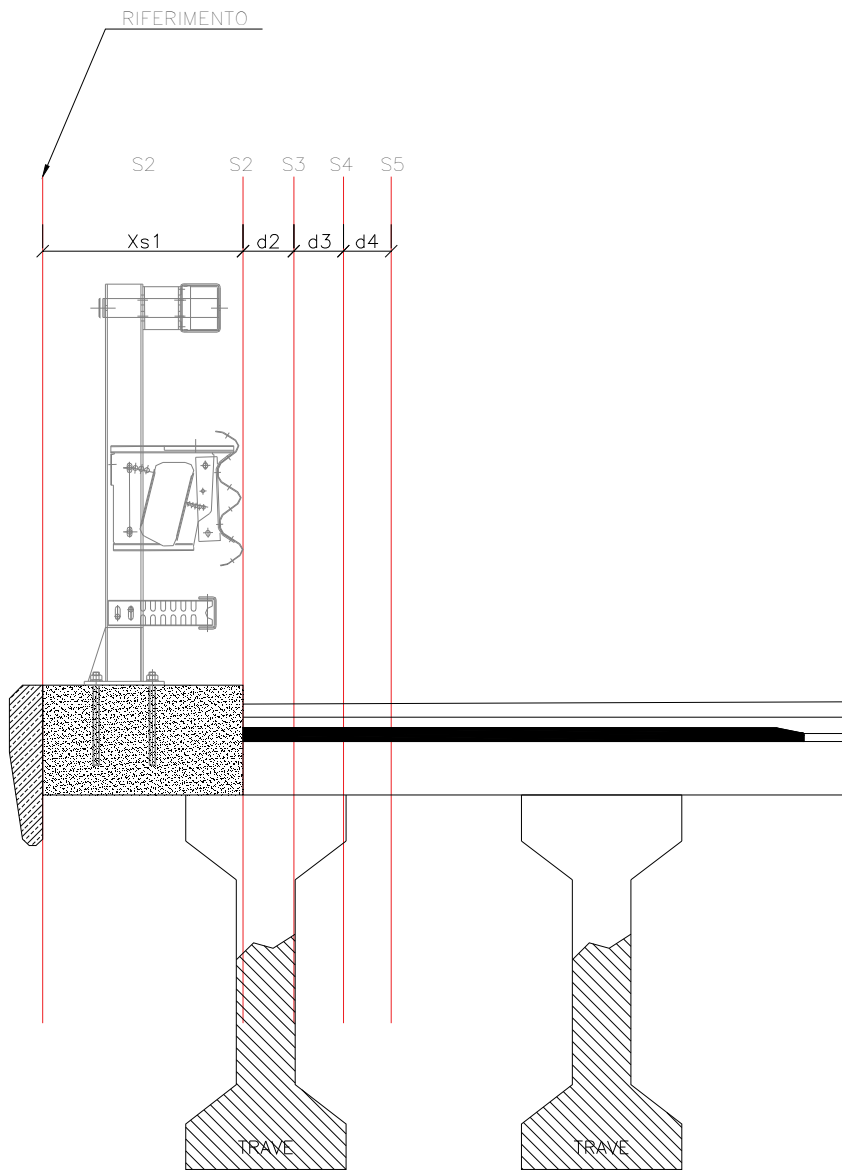


### 3.4 TABULATO DI CALCOLO

#### 3.4.1 CASO DI URTO PER VEICOLO IN SVIO

<b>Cordolo in c.a.</b>									
<b>sezione rettangolare costruita a sbalzo dalla soletta</b>									
<b>Materiali</b>									
<b>Cls del cordolo</b>									
f <sub>ck</sub> :	32	Mpa, resistenza cilindrica caratteristica a compressione del cls							
	25	KN/m3, peso specifico							
gamma <sub>c</sub> :	1,00	, coefficiente di sicurezza							
<b>Cls della soletta</b>									
f <sub>ck</sub> o f <sub>cm</sub> :	25	Mpa, resistenza cilindrica caratteristica (o media) a compressione del cls							
	25	KN/m3, peso specifico							
gamma <sub>c</sub> :	1,00	, coefficiente di sicurezza							
FC :	1,00	, fattore di confidenza							
<b>Armatura NUOVA di rinforzo in estradosso di soletta</b>									
f <sub>y</sub> :	450	Mpa, resistenza caratteristica							
gamma <sub>s</sub> :	1,00	, coefficiente di sicurezza							
E :	200.000	, Mpa modulo elastico							
<b>Armatura ESISTENTE di rinforzo in estradosso di soletta</b>									
(non inserire valori nulli in queste celle)									
	Tipo 1	Tipo 2							
f <sub>yk</sub> o f <sub>ym</sub> :	390	1600	Mpa, resistenza caratteristica o media						
gamma <sub>s</sub> :	1,00	1,00	, coefficiente di sicurezza						
FC :	1,00	1,00	, fattore di confidenza						
E :	200.000	190.000	, Mpa modulo elastico						
<b>Armatura interna del cordolo</b>									
f <sub>yk</sub> :	450	Mpa, resistenza caratteristica							
gamma <sub>s</sub> :	1,00	, coefficiente di sicurezza							
E :	200.000	, Mpa modulo elastico							
<b>Geometria delle armature</b>									
<b>Armatura NUOVA e aggiuntiva di rinforzo in estradosso di soletta</b>									
(utilizzata per le verifiche a tenso flessione di soletta)									
	Sez. S2	Sez. S3	Sez. S4	Sez. S5					
Ds :	14	14	14	14	mm, diametro				
ps :	100	100	100	100	mm, passo				
c :	30	30	30	30	mm copriferro				
<b>Armatura ESISTENTE di rinforzo in estradosso di soletta</b>									
(per un solo tipo di armatura assegnare valori a "tipo 1")									
	Sez. S2 tipo 1	Sez. S2 tipo 2	Sez. S3 tipo 1	Sez. S3 tipo 2	Sez. S4 tipo 1	Sez. S4 tipo 2	Sez. S5 tipo 1	Sez. S5 tipo 2	
Ds :	1	0	1	0	1	0	1	0	mm, diametro
ps :	250	100	250	100	250	100	250	100	mm, passo
c :	60	70	60	70	60	70	60	70	mm copriferro
<b>Armatura interna del cordolo</b>									
	Staffe				Barre longitudinali dedicate alla sola flessione orizzontale				
Ds :	12	mm, diametro			Ds :	12	mm, diametro		
ps :	100	mm, passo			numero:	1			
c :	30	mm copriferro							
	Barre longitudinali per torsione								
Ds :	12	mm, diametro							
numero:	10								

<b>Carpenterie</b>					
<b>Barriera stradale</b>					
ip:	1,500	m, interasse dei paletti della barriera			
dcl:	0,000	m, distanza tra il limite della carreggiata (la lama della barriera) e il ciglio interno del cordolo			
<b>Cordolo</b>					
l12	0,750	m, larghezza del cordolo			
delta_c:	0,070	m, sovralzato del cordolo rispetto alla pavimentazione			
scp:	0,270	m, distanza dell'intradosso del cordolo dall'estradosso di soletta post operam			
hc=	0,45	m, altezza del cordolo			
<b>Pavimentazione</b>					
	Sez. S2	Sez. S5			
Spessori	0,11	0,11	metri	24	KN/m3, peso specifico
<b>Soletta</b>					
	Sez. S2	Sez. S3	Sez. S4	Sez. S5	
Spessori	0,27	0,27	0,27	0,27	metri
		l23	l34	l45	
Distanze	0,75	0,10	0,10	0,10	metri
Lo sbalzo della soletta (escluso il cordolo) risulta pari a = 0,30 m					
Lo sbalzo della soletta (incluso il cordolo) risulta pari a = 1,05 m					
<b>Predalla NON collaborante</b>					
spessore=	0,00	m			
	25	KN/m3, peso specifico			
<b>Azioni</b>					
<b>Forze d'urto orizzontali agenti sulla barriera</b>					
P=	100,00	KN, forza agente sul singolo paletto			
	1,00	m, altezza rispetto al pavimentato			
gamma=	1,00	, coefficiente di sicurezza			
<b>Forze del vento orizzontali agenti sulla barriera</b>					
W=	0,00	KN, forza agente sul singolo paletto			
	2,50	m, altezza rispetto al pavimentato			
gamma=	1,50	, coefficiente di sicurezza			
<b>Peso AL METRO LINEARE della barriera</b>					
Gb=	1,00	KN/m			
	0,38	m, distanza orizzontale dal ciglio esterno del cordolo			
gamma=	1,00	, coefficiente di sicurezza			
<b>Peso AL METRO LINEARE della veletta esterna</b>					
Gv=	1,05	KN/m			
	0,00	m, distanza orizzontale dal ciglio esterno del cordolo			
gamma=	1,00	, coefficiente di sicurezza			
<b>Peso AL METRO LINEARE dei sottoservizi appesi in intradosso</b>					
Gv=	0,50	KN/m			
	0,85	m, distanza orizzontale dal ciglio esterno del cordolo			
gamma=	1,00	, coefficiente di sicurezza			
<b>Peso AL METRO LINEARE del cordolo</b>					
Gc=	8,44	KN/m			
	0,38	m, distanza orizzontale dal ciglio esterno del cordolo			
gamma=	1,00	, coefficiente di sicurezza			
<b>Altri coefficienti di sicurezza</b>					
gamma=	1,00	, coefficiente di sicurezza per il secondo schema di carico veicolare agente in aderenza alla barriera			
gamma=	1,00	, coefficiente di sicurezza per il peso proprio della pavimentazione			
gamma=	1,00	, coefficiente di sicurezza per il peso proprio della soletta			
gamma=	1,00	, coefficiente di sicurezza per il peso proprio della predalla non collaborante			



## Verifica della sezione S2

Calcolo delle sollecitazioni agenti rispetto al baricentro della sezione verticale di soletta intercettata dalla sez. S2

Tutte le sollecitazioni sono riferite ad una larghezza di soletta pari a 1,00m.

	Med	Ned	Ved
azioni di progetto carichi permanenti	-4,33	0,00	-10,49
azioni di progetto carichi orizzontali	-83,00	-66,67	0,00
azioni di progetto carichi verticali da traffico	-4,14	0,00	-33,80
Med=	-91,47 KNm, momento agente di progetto (negativo tende le fibre di estradosso soletta)		
Ned=	-66,67 KN, forza assiale di progetto (negativo = trazione)		
Ved=	-44,29 KN, taglio di progetto		

### Verifica a tenso flessione della sezione

	cls	barre aggiuntive	barre esist. Tipo 1	barre esist. Tipo 2	
fy o fc =	25	450	390	1600	Mpa
gamma =	1,00	1,00	1,00	1,00	, coeff. Sicurezza
FC =	1,00	1,00	1,00	1,00	, fatt. confidenza
numero barre =	-----	10,00	4,00	10,00	
c =	-----	30,0	60,0	70,0	mm, copriferro rispetto estradosso soletta
W =	1000 mm, larghezza della sezione (calcolo per metro lineare)				
D =	270 mm, altezza della sezione				
A.N. =	35 mm, profondità asse neutro				
Mrd =	-143,92 KNm, momento resistente				
Med =	-91,47 KNm, momento agente				
<b>FS=Mrd/Med=</b>	<b>1,57</b>				

### Verifica a taglio (configurazione senza staffe)

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

larghezza sezione	b <sub>w</sub>	[mm]	1000
altezza sezione	h	[mm]	270
altezza utile sezione	d	[mm]	233
armatura longitudinale tesa: area	A <sub>sl</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	1541
rapporto geometrico di armatura longitudinale	r <sub>l</sub>		0,007
	k		1,926
	v <sub>min</sub>	[MPa]	0,468
tensione media nella sezione (neg.=traz.)	σ <sub>cp</sub>	[MPa]	-0,25
resistenza caratteristica o media cilindrica	f <sub>ck</sub>	[MPa]	25
tensione tangenziale resistente	tau <sub>rd</sub>	[MPa]	0,85
taglio resistente	V <sub>Rd</sub>	[kN]	197,22
taglio di progetto agente	V <sub>Ed</sub>	[kN]	44,29
	<b>FS=Vrd/Ved=</b>		<b>4,45</b>

## Verifica della sezione S3

Calcolo delle sollecitazioni agenti rispetto al baricentro della sezione verticale di soletta intercettata dalla sez. S3

Tutte le sollecitazioni sono riferite ad una larghezza di soletta pari a 1,00m.

	Med	Ned	Ved
azioni di progetto carichi permanenti	-5,42	0,00	-11,43
azioni di progetto carichi orizzontali	-83,00	-66,67	0,00
azioni di progetto carichi verticali da traffico	-7,14	0,00	-41,37
Med=	-95,56 KNm, momento agente di progetto (negativo tende le fibre di estradosso soletta)		
Ned=	-66,67 KN, forza assiale di progetto (negativo = trazione)		
Ved=	-52,80 KN, taglio di progetto		

### Verifica a tenso flessione della sezione

	cls	barre aggiuntive	barre esist. Tipo 1	barre esist. Tipo 2	
fy o fc =	25	450	390	1600	Mpa
gamma=	1,00	1,00	1,00	1,00	, coeff. Sicurezza
FC=	1,00	1,00	1,00	1,00	, fatt. confidenza
numero barre=	-----	10,00	4,00	10,00	
c=	-----	30,0	60,0	70,0	mm, copriferro rispetto estradosso soletta
W=	1000 mm, larghezza della sezione (calcolo per metro lineare)				
D=	270 mm, altezza della sezione				
A.N.=	35 mm, profondità asse neutro				
Mrd=	-143,92 KNm, momento resistente				
Med=	-95,56 KNm, momento agente				
<b>FS=Mrd/Med=</b>	<b>1,51</b>				

### Verifica a taglio (configurazione senza staffe)

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

larghezza sezione	b <sub>w</sub>	[mm]	1000
altezza sezione	h	[mm]	270
altezza utile sezione	d	[mm]	233
armatura longitudinale tesa: area	A <sub>sl</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	1541
rapporto geometrico di armatura longitudinale	r <sub>l</sub>		0,007
	k		1,926
	v <sub>min</sub>	[MPa]	0,468
tensione media nella sezione (neg.=traz.)	s <sub>cp</sub>	[MPa]	-0,25
resistenza caratteristica o media cilindrica	f <sub>ck</sub>	[MPa]	25
tensione tangenziale resistente	tau,rd	[MPa]	0,85
taglio resistente	V <sub>Rd</sub>	[kN]	197,22
taglio di progetto agente	V <sub>Ed</sub>	[kN]	52,80
	<b>FS=Vrd/Ved=</b>		<b>3,74</b>

## Verifica della sezione S4

Calcolo delle sollecitazioni agenti rispetto al baricentro della sezione verticale di soletta intercettata dalla sez. S4

Tutte le sollecitazioni sono riferite ad una larghezza di soletta pari a 1,00m.

	Med	Ned	Ved
azioni di progetto carichi permanenti	-6,66	0,00	-12,87
azioni di progetto carichi orizzontali	-83,00	-66,67	0,00
azioni di progetto carichi verticali da traffico	-10,50	0,00	-47,20
Med=	-100,16 KNm, momento agente di progetto (negativo tende le fibre di estradosso soletta)		
Ned=	-66,67 KN, forza assiale di progetto (negativo = trazione)		
Ved=	-60,06 KN, taglio di progetto		

### Verifica a tenso flessione della sezione

	cls	barre aggiuntive	barre esist. Tipo 1	barre esist. Tipo 2	
fy o fc =	25	450	390	1600	Mpa
gamma =	1,00	1,00	1,00	1,00	, coeff. Sicurezza
FC =	1,00	1,00	1,00	1,00	, fatt. confidenza
numero barre =	-----	10,00	4,00	10,00	
c =	-----	30,0	60,0	70,0	mm, copriferro rispetto estradosso soletta
W =	1000 mm, larghezza della sezione (calcolo per metro lineare)				
D =	270 mm, altezza della sezione				
A.N. =	35 mm, profondità asse neutro				
Mrd =	-143,92 KNm, momento resistente				
Med =	-100,16 KNm, momento agente				
<b>FS=Mrd/Med=</b>	<b>1,44</b>				

### Verifica a taglio (configurazione senza staffe)

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

larghezza sezione	b <sub>w</sub>	[mm]	1000
altezza sezione	h	[mm]	270
altezza utile sezione	d	[mm]	233
armatura longitudinale tesa: area	A <sub>sl</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	1541
rapporto geometrico di armatura longitudinale	r <sub>l</sub>		0,007
	k		1,926
	v <sub>min</sub>	[MPa]	0,468
tensione media nella sezione (neg.=traz.)	σ <sub>cp</sub>	[MPa]	-0,25
resistenza caratteristica o media cilindrica	f <sub>ck</sub>	[MPa]	25
tensione tangenziale resistente	tau,rd	[MPa]	0,85
taglio resistente	V <sub>Rd</sub>	[kN]	197,22
taglio di progetto agente	V <sub>Ed</sub>	[kN]	60,06
	<b>FS=Vrd/Ved=</b>		<b>3,28</b>

## Verifica della sezione S5

Calcolo delle sollecitazioni agenti rispetto al baricentro della sezione verticale di soletta intercettata dalla sez. S5

Tutte le sollecitazioni sono riferite ad una larghezza di soletta pari a 1,00m.

	Med	Ned	Ved
azioni di progetto carichi permanenti	-8,00	0,00	-13,80
azioni di progetto carichi orizzontali	-83,00	-66,67	0,00
azioni di progetto carichi verticali da traffico	-14,12	0,00	-51,81
Med=	-105,11 KNm, momento agente di progetto (negativo tende le fibre di estradosso soletta)		
Ned=	-66,67 KN, forza assiale di progetto (negativo = trazione)		
Ved=	-65,62 KN, taglio di progetto		

### Verifica a tenso flessione della sezione

	cls	barre aggiuntive	barre esist. Tipo 1	barre esist. Tipo 2	
fy o fc =	25	450	390	1600	Mpa
gamma =	1,00	1,00	1,00	1,00	, coeff. Sicurezza
FC =	1,00	1,00	1,00	1,00	, fatt. confidenza
numero barre =	-----	10,00	4,00	10,00	
c =	-----	30,0	60,0	70,0	mm, copriferro rispetto estradosso soletta
W =	1000 mm, larghezza della sezione (calcolo per metro lineare)				
D =	270 mm, altezza della sezione				
A.N. =	35 mm, profondità asse neutro				
Mrd =	-143,92 KNm, momento resistente				
Med =	-105,11 KNm, momento agente				
<b>FS=Mrd/Med=</b>	<b>1,37</b>				

### Verifica a taglio (configurazione senza staffe)

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

larghezza sezione	b <sub>w</sub>	[mm]	1000
altezza sezione	h	[mm]	270
altezza utile sezione	d	[mm]	233
armatura longitudinale tesa: area	A <sub>sl</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	1541
rapporto geometrico di armatura longitudinale	r <sub>l</sub>		0,007
	k		1,926
	v <sub>min</sub>	[MPa]	0,468
tensione media nella sezione (neg.=traz.)	s <sub>cp</sub>	[MPa]	-0,25
resistenza caratteristica o media cilindrica	f <sub>ck</sub>	[MPa]	25
tensione tangenziale resistente	tau <sub>rd</sub>	[MPa]	0,85
taglio resistente	V <sub>Rd</sub>	[kN]	197,22
taglio di progetto agente	V <sub>Ed</sub>	[kN]	65,62
	<b>FS=Vrd/Ved=</b>		<b>3,01</b>

## Verifica a flessione del cordolo nel piano orizzontale

Azioni orizzontali agenti sul cordolo:

	Urto	Vento	
valore di progetto=	100,00	0,00	KN, forza agente sul singolo paletto
ip:	1,50 m, interasse dei paletti della barriera		
H=	100,00 KNm, valore di progetto della forza totale agente sul singolo paletto		

Il momento agente vale:

$$M_{ed} = 18,75 \text{ KNm} = (0,5 \cdot H) \cdot (0,25 \cdot ip)$$

Verifica a flessione del rettangolo orizzontale del cordolo:

W	450 mm, larghezza della sezione
D	750 mm, altezza della sezione
Diam	1 mm, diametro barre
num	1 numero barre
d	30 mm, distanza delle barre dal lembo teso
A.N.=	5 mm, profondità asse neutro
Mrd=	35 KNm, momento resistente
<b>FS=Mrd/Med=</b>	<b>1,88</b>

## Verifica a taglio del cordolo nel piano orizzontale

Il taglio agente vale:

$$V_{ed} = 50,00 \text{ KN} = 0,5 \cdot H$$

Verifica a taglio (configurazione senza staffe)

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

larghezza sezione	$b_w$	[mm]	450
altezza sezione	$h$	[mm]	750
altezza utile sezione	$d$	[mm]	702
armatura longitudinale tesa: area	$A_{sl}$	[mm <sup>2</sup> ]	113,1
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_1$		0,00036
	$k$		1,534
	$v_{min}$	[MPa]	0,376
resistenza caratteristica o media cilindrica	$f_{ck}$	[MPa]	32
tensione tangenziale resistente	$\tau_{rd}$	[MPa]	0,38
taglio resistente	$V_{Rd}$	[kN]	118,80
taglio di progetto agente	$V_{Ed}$	[kN]	50,00
	<b>FS=Vrd/Ved=</b>		<b>2,38</b>



<b>Verifica a taglio (configurazione con staffe)</b>						
$V_{Rsd} = 0,9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) \cdot \sin\alpha$						
$V_{Rcd} = 0,9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\theta) / (1 + \operatorname{ctg}^2\theta)$						
			larghezza sezione	$b_w$	[mm]	450
			altezza sezione	$h$	[mm]	750
			altezza utile sezione	$d$	[mm]	702
			interasse staffe	$s$	[mm]	100
area dell'armatura trasversale <b>disponibile</b> per il taglio				$A_{sw}$	[mm <sup>2</sup> ]	226,2
				$f_{yd}$	[MPa]	450
				$f_{cd}$	[MPa]	32
inclinazione delle staffe rispetto all'asse elemento				$\alpha$	[DEG]	90
				$\operatorname{ctg}\theta$	$\leq 2,5$	1,00
			tensione tangenziale al baricentro	$\tau = 1,5 \cdot V_{ed} / (b_w \cdot d) =$	[MPa]	0,24
			tensione principale di trazione al baricentro	$\sigma_1$	[MPa]	-0,24
				$\operatorname{ctg}\theta_1$	$= \tau / \sigma_1 =$	1,00
				$\operatorname{ctg}\theta$	$\Rightarrow \operatorname{ctg}\theta_2$	1,00
				$\theta$	[DEG]	45,02
coefficiente maggiorativo in elementi compressi				$\alpha_c$		1,00
				$V_{Rsd}$	[kN]	643,1
			resistenza a taglio trazione	$V_{Rsd}$	[kN]	643,1
			resistenza a compressione del cls ridotta	$f'_{cd}$	[MPa]	16,0
resistenza a taglio compressione (funzione di $b_{w,nom}$ )				$V_{Rcd}$	[kN]	2274,48
			resistenza a taglio	$V_{Rd}$	[kN]	643,09
				$V_{Ed}$	[kN]	50,00
				$FS = V_{rd} / V_{ed} =$		12,86
			Percentuale di staffe necessaria ad equilibrare il solo taglio=			0,00
				$FS_{\text{taglio}} = V_{rd} / V_{ed} =$		2,38

## Verifica a torsione del cordolo

Ai sensi del par. 6,3,1,(3) dello EC2 la resistenza torsionale di una sezione ad "L" può essere calcolata come la somma delle resistenze torsionali dei singoli elementi rettangolari che la compongono.

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 32 \text{ Mpa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 \text{ Mpa}$$

Geometria della sezione

h=	750 mm	altezza della sezione rettangolare
b=	450 mm	larghezza della sezione rettangolare
c=	30 mm	copriferro sulle staffe
d=	702 mm	altezza utile della sezione

### Calcolo della resistenza a torsione dell'elemento orizzontale del cordolo

#### Resistenza delle staffe nel meccanismo COMBINATO TAGLIO - TORSIONE

Area della staffa esterna strettamente necessaria per equilibrare il solo taglio

$$A_s(1\phi) = 0,00 \text{ mm}^2 \quad \text{area singolo braccio}$$

Armatura trasversale che viene dedicata alla sola torsione

$$s = 100 \text{ mm} \quad \text{passo staffe}$$

$$A_s(1\phi)_{\text{torsione}} = 113,10 \text{ mm}^2 \quad \text{area di un braccio disponibile per la torsione}$$

$$A_c = 337500 \text{ mm}^2 \quad \text{area della sezione}$$

$$u = 2400 \text{ mm} \quad \text{perimetro della sezione}$$

$$t = 141 \text{ mm} \quad \text{spessore della sezione cava ideale}$$

$$u_m = 1838 \text{ mm} \quad \text{perimetro medio del nucleo resistente}$$

$$A = 188525 \text{ mm}^2 \quad \text{area racchiusa dalla fibra media del profilo periferico}$$

Con riferimento alle staffe trasversali la resistenza torsionale vale:

$$T_{Rsd} = 191,9 \text{ KNm}$$

#### Resistenza del cls nel meccanismo COMBINATO TAGLIO - TORSIONE

La resistenza di progetto a torsione pura, ovvero non penalizzata dalla presenza del taglio, calcolata con riferimento alla rottura delle bielle compresse del cls vale:

$$T_{Rcd\_pura} = 424,2 \text{ KNm}$$

La resistenza di progetto a torsione, tenendo in conto della presenza del taglio, calcolata con riferimento alla rottura delle bielle compresse del cls vale:

$$TRcd = 414,9 \text{ KNm} = TRcd\_pura \cdot (1 - V_{ed} / V_{rdc})$$

#### Resistenza della armatura longitudinale nel meccanismo di torsione pura

$$S_{A_l} = 1131 \text{ mm}^2 \quad \text{area complessiva delle barre longitudinali}$$

Con riferimento all'armatura longitudinale la resistenza per torsione pura vale:

$$T_{Rld} = 104,4 \text{ KNm}$$

#### Calcolo del momento torcente resistente di progetto

$$T_{Rd} = 104,4 \text{ KNm} = \min(T_{Rsd}; TRcd; T_{Rld})$$

### Verifica a torsione del cordolo

Il centro di taglio della sezione ad "L" è individuato nel punto di intersezione tra gli assi mediani dei rettangoli che la compongono. I bracci di leva e le forze che generano torsione valgono:

	Urto	Vento	
valore di progetto=	100,00	0,00	KN, forza agente sul singolo paletto
braccio di leva con il centro di taglio=	1,16	2,66	m
momento torcente=Tedi=	115,50	0,00	KNm

Il momento torcente agente vale:

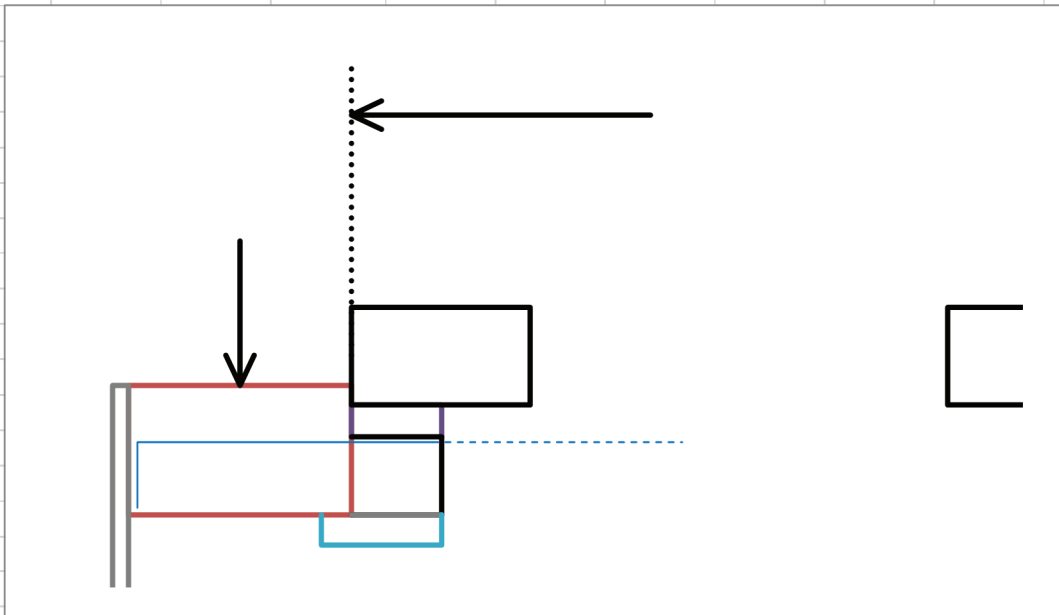
$$T_{ed} = 57,75 \text{ KNm}, = 0,5 \cdot \text{Somma}(T_{edi})$$

Il momento torcente resistente vale:

$$T_{rd} = 104,43 \text{ KNm}$$

$$FS = T_{rd} / T_{ed} = 1,81$$

## Riepilogo dei coefficienti di sicurezza



### Sezione S2

sicurezza a tenso flessione: FS= 1,57

sicurezza a taglio: FS= 4,45

### Sezione S3

sicurezza a tenso flessione: FS= 1,51

sicurezza a taglio: FS= 3,74

### Sezione S4

sicurezza a tenso flessione: FS= 1,44

sicurezza a taglio: FS= 3,28

### Sezione S5

sicurezza a tenso flessione: FS= 1,37

sicurezza a taglio: FS= 3,01

### Cordolo

sicurezza a flessione: FS= 1,88 (nel piano orizzontale)

sicurezza a taglio: FS= 2,38 (nel piano orizzontale)

sicurezza a torsione: FS= 1,81

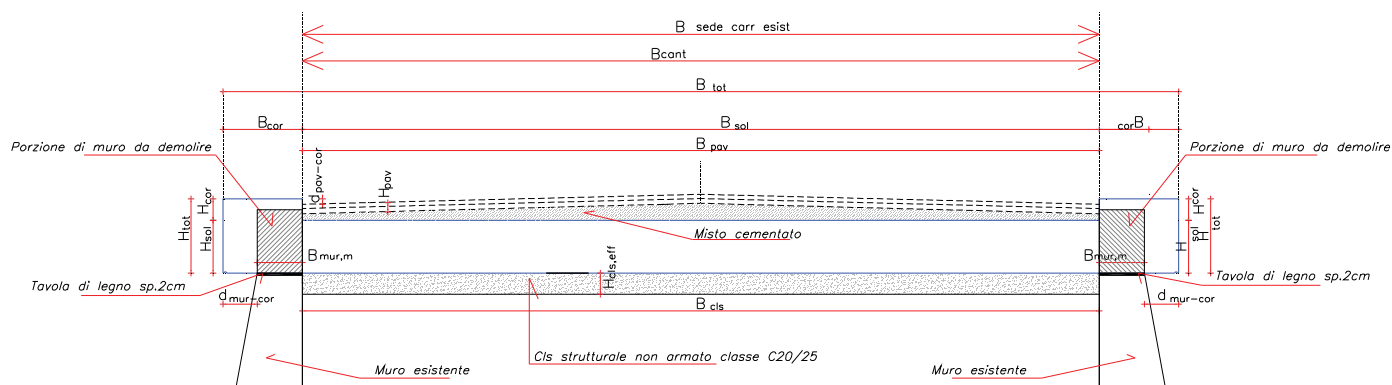
## 4 RIFACIMENTO CORDOLI PER SOSTITUZIONE BARRIERA SULLE SPALLE

### 4.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

La sostituzione di barriere di sicurezza poste sui muri delle due spalle esistenti prevede il rifacimento dei cordoli sommitali, attraverso la realizzazione di strutture in cemento armato (nel seguito denominati "banchettoni"), di opportuna geometria, che permettano l'ancoraggio delle nuove barriere e il loro corretto funzionamento.

L'insieme barriere e supporto deve essere infatti in grado di assorbire le azioni derivanti da urti di veicoli in svio previste dalle NTC2008, e, allo stesso tempo, deve soddisfare tutte le verifiche proprie del sistema strutturale, sia in termini globali (verifiche di stabilità a ribaltamento e traslazione) che in termini locali (verifiche di rottura interne).

L'intervento in oggetto prevede la demolizione parziale della parte sommitale dei muri delle spalle esistenti, per un'altezza compatibile con la geometria del nuovo cordolo, al fine di rendere l'esistente strutturalmente indipendente dalla nuova struttura in cemento armato. In questo modo, la struttura esistente dei muri, che prima dell'intervento assolveva la duplice funzione di contenimento del terreno e di ancoraggio delle barriere di sicurezza laterali, continua ad assolvere la sola funzione di contenimento del terreno, demandando alla nuova struttura in cemento armato l'onere di sopportare le azioni derivanti dallo svio dei veicoli viaggianti sulla sede stradale.



**Figura 4 – Schema di intervento (in sezione) in corrispondenza delle spalle esistenti**

### 4.2 MATERIALI

Calcestruzzo Banchettone (cordolo e soletta): C32/40

Calcestruzzo per getto di base: C20/25

Acciaio per c.a.: B450C

I calcestruzzi saranno confezionati secondo la norma UNI EN 206-1.

### 4.3 INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI NELL'AMBITO NORMATIVO VIGENTE

L'intervento di ricostruzione del cordolo di supporto per le barriere di sicurezza è progettato secondo la vigente normativa e, più precisamente, è disciplinato dal capitolo 8 "Costruzioni esistenti" delle NTC2008.

Nel caso in esame, l'intervento è inquadrato come un intervento locale di riparazione, ai sensi del paragrafo 8.4.3 "Riparazione o interventi locali che interessino elementi isolati".

#### 4.3.1 AZIONI SUI PARAPETTI E URTO DI VEICOLO IN SVIO

In assenza di maggiori elementi di conoscenza, provenienti da risultanze sperimentali e conseguenti valutazioni teoriche, specifiche per la tipologia di barriere prevista in progetto e per le condizioni locali di installazione, nel progetto strutturale si deve tener conto delle forze causate da collisioni sugli elementi di sicurezza attraverso il seguente **sistema di forze equivalenti**:

- **Forze trasversali:** si assumono quattro forze orizzontali in corrispondenza dei montanti della barriera, la cui interdistanza è stabilita in 1.25 m; le due forze applicate ai paletti di estremità della zona considerata sono pari a 50kN e le altre due, applicate ai montanti interni, sono pari a 100kN. Tutte le forze agiscono trasversalmente ad un'altezza di 1.00 m dal piano viabile e sono dirette verso l'esterno dell'impalcato.
- **Carichi verticali:** oltre al peso proprio della struttura, si considera lo Schema di Carico 2 previsto nelle NTC e costituito da due impronte di carico di dimensioni 0.35 x 0.60 m su ciascuna delle quali è applicata una forza di 200 kN; le impronte sono collocate longitudinalmente in mezzeria della zona di impalcato interessata dall'applicazione del suindicato carico orizzontale e trasversalmente una è posta all'estremità della piattaforma stradale mentre l'altra è distante 2.00 m da essa.

Lo schema di carico equivalente sopra descritto può pertanto rappresentarsi come mostrato nella figura successiva.

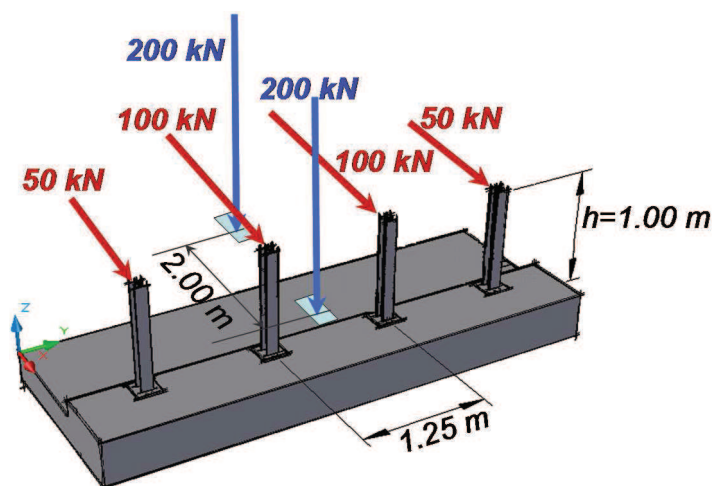


Figura 5 – Sistema di forze equivalenti per condizioni di progetto ordinarie.

---

Lo schema della figura precedente risulta idoneo a rappresentare le azioni equivalenti alle forze di collisione, riferite a condizioni ordinarie della strada e delle barriere, con particolare riferimento alle connessioni tra queste e la struttura.

Le azioni orizzontali equivalenti all'urto sono azioni a carattere eccezionale e pertanto, ai sensi delle vigenti NTC08, comportano coefficienti parziali unitari sui materiali.

Nel caso specifico non sarà considerata l'azione stabilizzante dei carichi verticali dovuti ai veicoli viaggianti.

## **4.4 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE**

### **4.4.1 PREMESSA**

L'intervento di rifacimento del cordolo laterale sui muri delle due spalle esistenti, prevede le seguenti fasi principali:

1. Demolizione parziale della sommità dei muri esistenti e scavo a tergo di essi;
2. Getto di uno strato di calcestruzzo strutturale non armato di opportuno spessore;
3. Realizzazione del banchettone in cemento armato;
4. Riempimento eventuale dello spazio al di sotto della pavimentazione con strato di misto cementato;
5. Posa del pacchetto della pavimentazione.

La fase 2 prevede il getto di uno strato di calcestruzzo strutturale non armato, al di sotto del banchettone. Tale elemento assolve diverse funzioni nell'ambito dell'intervento:

- contribuisce al peso complessivo della struttura ai fini della verifica globale a traslazione del manufatto, all'interfaccia strato di base-terreno;
- assicura l'aderenza col calcestruzzo del banchettone con coefficienti di aderenza che rendono di fatto la verifica a traslazione in corrispondenza dell'interfaccia tra i due getti di calcestruzzo poco influente;
- limita lo spessore del banchettone, limitando così i costi di intervento.

Il criterio seguito per il dimensionamento di questo tipo di opere (banchettoni), prevede una prima determinazione della geometria sezionale degli elementi costituenti il banchettone, sulla base delle caratteristiche dell'esistente e sulla base di esigenze legate all'esercizio dell'asse stradale su cui è previsto l'intervento.

A seguire, viene definita l'estensione longitudinale dell'intervento, determinata dal soddisfacimento della verifica globale più gravosa: tale valore deve risultare non superiore all'interasse dei giunti, previsti per le strutture in cemento armato e pari normalmente a circa 20m. In caso di superamento di tale limite prefissato, sarà necessario effettuare nuovamente il calcolo di dimensionamento della struttura, operando necessariamente sulla modifica delle caratteristiche sezionali degli elementi.

---

Nel caso in esame, trattandosi di intervento di rifacimento dei cordoli posti sui muri andatori di due spalle esistenti, per sostituzione delle barriere, l'estensione longitudinale dei due interventi è fissata dalla geometria delle due spalle (rispettivamente, 8.60 m e 8.54 m). Quindi per il soddisfacimento delle verifiche globali è necessario realizzare un banchettone continuo tra i due muri andatori, come precedentemente mostrato schematicamente in figura 1.

Per le caratteristiche dell'intervento si rimanda all'elaborato grafico specifico di progetto.

#### **4.4.2 VERIFICHE GLOBALI**

Le verifiche globali previste per il dimensionamento del banchettone sono le seguenti:

1. verifica a traslazione, all'interfaccia calcestruzzo di base-terreno;
2. verifica a traslazione, all'interfaccia banchettone- calcestruzzo di base;
3. verifica a ribaltamento.

##### *4.4.2.1 Verifica a traslazione, all'interfaccia calcestruzzo di base-terreno*

Si considerano i carichi verticali stabilizzanti, agenti sul terreno, dovuti al peso proprio della struttura e ai permanenti portati agenti su di essa. Il coefficiente di attrito del terreno viene ridotto opportunamente, per tenere conto del disturbo provocato sulla parte più esterna di esso, dallo scavo e dagli strumenti per realizzarlo.

##### *4.4.2.2 Verifica a traslazione, all'interfaccia banchettone-strato di base*

Le azioni stabilizzanti agenti sul terreno, sono dovute al peso proprio della struttura e ai permanenti portati agenti su di essa. L'azione resistente di calcolo, che si determina per aderenza delle due superfici in calcestruzzo, è composta da una componente attritiva e da una componente coesiva, i cui coefficienti sono desunti dal punto 6.2.5 dell'EC2. Come si nota da quanto riportato nel capitolo successivo, pur non considerando il peso dello strato di base, in quanto non agente in tale verifica, l'aderenza tra le due superfici di calcestruzzo ha un elevato valore.

##### *4.4.2.3 Verifica a ribaltamento*

Il momento ribaltante dovuto alle azioni orizzontali dei veicoli in svio e quello stabilizzante dovuto a peso proprio e permanenti portati sono determinati rispetto al polo A (vedi tabulato di calcolo), intersezione tra la superficie esterna del muro esistente e l'intradosso del banchettone. A favore di sicurezza si considera che nell'urto avvenga un distacco tra il banchettone e lo strato di calcestruzzo non armato sottostante, il cui peso quindi non viene considerato come azione stabilizzante.

### 4.4.3 VERIFICHE LOCALI

Le verifiche locali previste riguardano:

1. verifica a tenso flessione della sezione di attacco tra soletta e cordolo;
2. verifica delle staffe del cordolo.

#### 4.4.3.1 Verifica a tenso flessione della sezione di attacco tra soletta e cordolo

Le sollecitazioni agenti nel meccanismo di rottura in corrispondenza della sezione di attacco cordolo-soletta, sono quelle dovute all'urto e trasmesse da ogni montante della barriera.

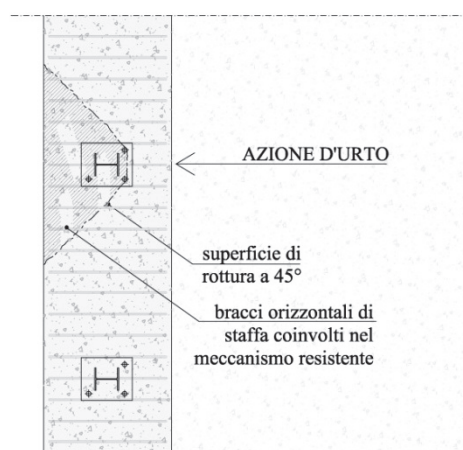
Le sollecitazioni agenti sulla sezione di verifica si applicano ipotizzando una diffusione a 45° delle stesse, a partire dalla larghezza della piastra metallica di base della barriera fino al piano medio della soletta, identificando così nel meccanismo di tenso flessione la larghezza collaborante che deve risultare non superiore all'interasse dei montanti.

#### 4.4.3.2 Verifica delle staffe disposte all'interno del cordolo

La funzione di tali staffe è duplice:

1. equilibrare l'azione orizzontale dovuta all'urto del veicolo in svio;
2. equilibrare la trazione dei tirafondi post installati della barriera nel meccanismo di pull out.

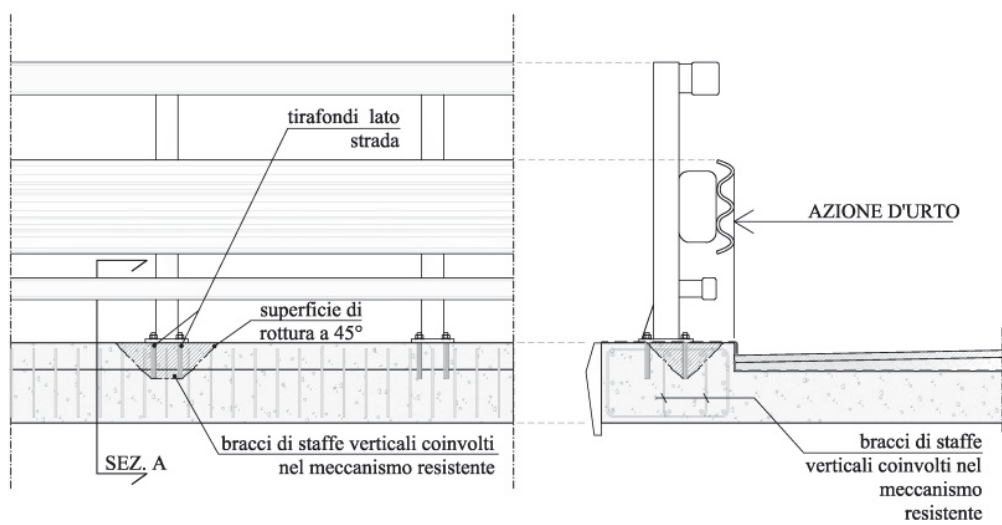
Per il punto 1. il cono di rottura che determina il numero di staffe resistenti si determina secondo quanto riportato nella figura che segue, ipotizzando una diffusione a 45° della sollecitazione agente, a partire dalla posizione dei tirafondi tesi.



**Figura 6 – Vista in pianta. Verifica 1 delle staffe del cordolo**

Riguardo al punto 2. il cono di rottura che determina il numero di staffe e quindi di bracci verticali resistenti si determina secondo quanto riportato in figura, ipotizzando una diffusione a 45° a partire dall'interasse dei tirafondi tesi. La trazione agente nei tirafondi della barriera è equilibrata dai bracci verticali di staffe.





**Figura 7 – Vista in prospettiva e sezione A. Verifica 2 delle staffe del cordolo**

## 4.5 TABULATO DI CALCOLO

Viene riportato il calcolo di verifica relativo alla spalla avente la minore estensione longitudinale.

### S.S.131 1°STRALCIO. RIFACIMENTO CORDOLI SULLE SPALLE DEL CAVALCAVIA ESISTENTE

#### DATI

#### ELEMENTI

##### SOLETTA E CORDOLO

spessore soletta	$H_{sol}$	=	0,50	m
estensione della soletta oltre il filo interno cordolo	$B_{sol}$	=	5,95	m
altezza cordolo sopra la soletta	$H_{cor}$	=	0,27	m
larghezza cordolo	$B_{cor}$	=	0,75	m
distanza estradosso pavimentazione-estradosso cordolo	$d_{pav-cor}$	=	0,05	m
altezza totale (soletta+cordolo)	$H_{tot}$	=	0,77	m
larghezza totale intervento (cordolo+soletta)	$B_{tot}$	=	6,70	m

##### PAVIMENTAZIONE

spessore pavimentazione	$H_{pav}$	=	0,22	m
larghezza pavimentazione	$B_{pav}$	=	5,95	m

##### CLS STRUTTURALE NON ARMATO (STRATO DI BASE)

spessore cls (di calcolo)	$H_{cls,calc}$	=	0,15	m
spessore cls (effettivo in elaborato)	$H_{cls,eff}$	=	0,20	m
estensione magrone oltre filo interno soletta	$d_{cls-sol}$	=	0,00	m
larghezza calcestruzzo (strato di base)	$B_{cls}$	=	5,95	m

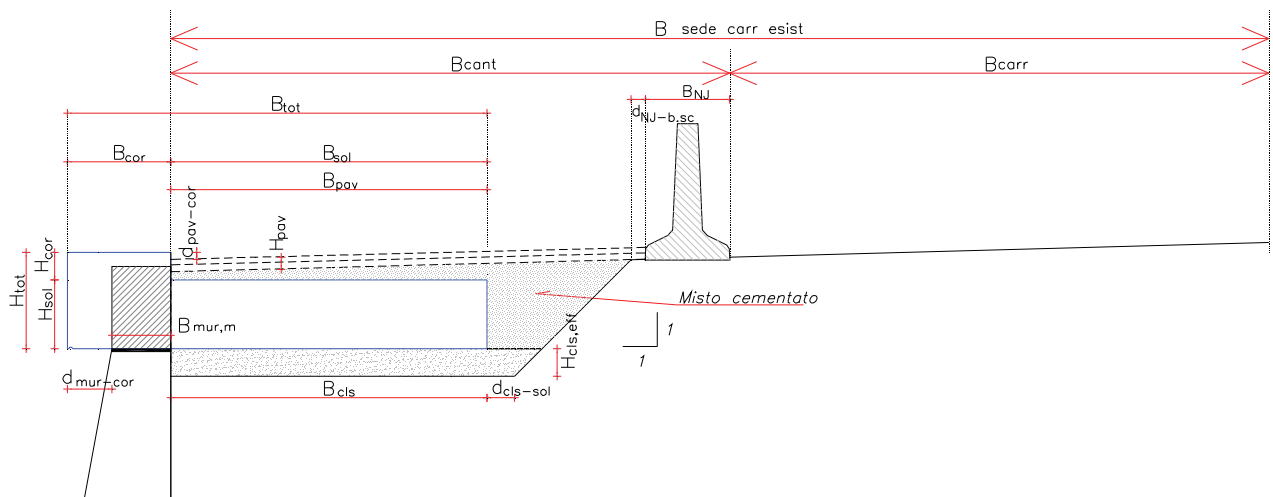
##### MURO ESISTENTE

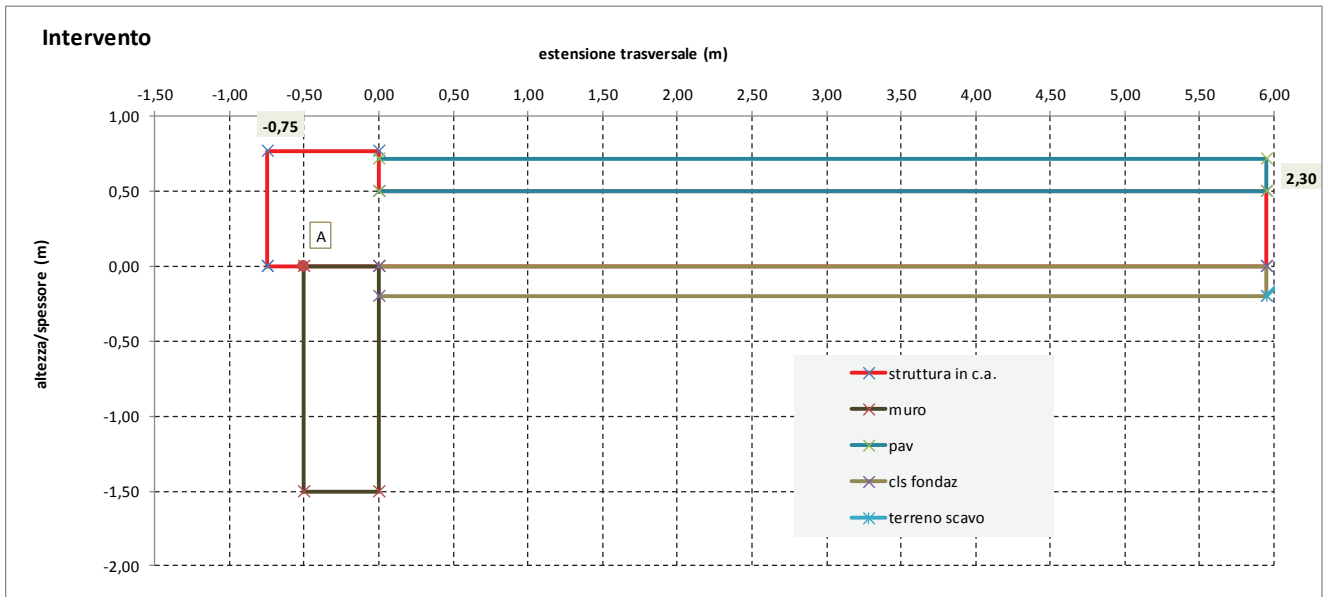
spessore medio in testa	$B_{mur,m}$	=	0,50	m
distanza filo esterno muro-filo esterno cordolo	$d_{mur-cor}$	=	0,25	m

positivo verso l'interno

##### SEDE STRADALE ESISTENTE

strada in esercizio? (0=no; 1=si)		=	0	
larghezza pavimentata esistente	$B_{sede\ carr\ esist}$	=	0,00	m
larghezza new jersey	$B_{NJ}$	=	0,00	m
distanza new jersey dal bordo scavo	$d_{NJ-b,sc}$	=	0,00	m
larghezza zona di cantiere	$B_{cant}$	=	0,00	m
larghezza zona carrabile in esercizio in fase di cantiere	$B_{carr}$	=	0,00	m





**CARATTERISTICHE TERRENO**

tipo di terreno di fondazione		rilevato	
angolo di attrito	$\phi$	=	35 gradi
angolo di attrito ridotto	$\phi_{RID} (2/3\phi)$	=	23 gradi
pendenza terreno per scavo di cantiere	$S_{scavo}$	=	45 gradi
			tra fondazione in cls e terreno
			1 su 1

**MATERIALI**

calcestruzzo getti in c.a. (soletta e cordolo)		C32/40	
classe di esposizione		XC4 XD1	
tensione caratteristica di rottura	$f_{ck}$	=	32 N/mm <sup>2</sup>
calcestruzzo getto di base		C20/25	
classe di esposizione		XC2	
acciaio per c.a.		B450C	
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450 N/mm <sup>2</sup>
modulo elastico acciaio	$E_y$	=	200000 N/mm <sup>2</sup>
peso specifico c.a.	$\gamma_{cls}$	=	25,00 kN/m <sup>3</sup>
peso specifico magrone-cls strutturale non armato C16/20	$\gamma_{cls}$	=	24,00 kN/m <sup>3</sup>
peso specifico pavimentazione	$\gamma_{pav}$	=	24,00 kN/m <sup>3</sup>
peso specifico terreno rilevato	$\gamma_{ril}$	=	19,00 kN/m <sup>3</sup>

cls strutturale non armato

**ARMATURA SOLETTA E CORDOLO**

copriferro armatura superiore soletta	$C_{opr}$	=	0,040	m
angolo di diffusione nel calcestruzzo	$\alpha_{lon}$	=	45	gradi

**armatura longitudinale**

diametro barra tipo 1	$\varnothing_{arm,1}$	=	14	mm
passo delle barre sup. in soletta	$p_{arm,sup1}$	=	10	cm
diametro barra tipo 2	$\varnothing_{arm,2}$	=	0	mm
passo delle barre sup. in soletta	$p_{arm,sup2}$	=	0	cm

**staffe**

diametro staffa tipo 1	$\varnothing_{arm,1}$	=	12	mm
passo delle staffe nel cordolo	$p_{st, cord}$	=	10	cm
numero braccia per staffa	$n_{br,1 st}$	=	2	
numero braccia resistenti alla trazione	$n_{br,1 res}$	=	2	

**AZIONI**

numero vettori	$n_{vett}$	=	4	
forza vettore laterale 1	$F_{or,L1}$	=	50,00	kN
forza vettore centrale 2	$F_{or,c2}$	=	100,00	kN
forza vettore centrale 3	$F_{or,c3}$	=	100,00	kN
forza vettore laterale 4	$F_{or,L4}$	=	50,00	kN
distanza di applicazione dal piano viabile	$h_{app}$	=	1,00	m
tipo di azione			ECCEZIONALE	

**COMBINAZIONI**

**TRASLAZIONE DEL BANCHETTONE**

$C_{TRASL}$	->	A1 - M1 - R3		
	->	A1		
	->	M1		
	->	R3		
coefficiente parziale per la tang.dell'angolo di resist.a taglio	$\gamma_{\phi'}$	=	1,00	
coefficiente parziale per la verifica a scorrimento	$\gamma_R$	=	1,10	
coefficiente di attrito fondazione in cls-terreno	$\mu$	=	0,43	
coefficiente di attrito soletta in c.a.-fondazione in cls	$\mu_{c.a.}$	=	0,60	EC2 punto 6.2.5
fattore di adesione	$c$	=	0,35	

**RIBALTAMENTO**

$C_{RIBALTAM}$	->	EQU		
coefficiente parziale azioni permanenti	$\gamma_{\phi'}$	=	0,90	
coefficiente parziale azioni permanenti non strutturali	$\gamma_R$	=	0,90	

**VERIFICA STRUTTURALE**

$C_{STRUTT}$	->	A1		
coefficiente parziale azioni permanenti	$\gamma_{perm}$	=	1,00	
coefficiente parziale azioni permanenti non strutturali	$\gamma_{p.N.STR}$	=	1,00	
coefficiente parziale azioni eccezionali	$\gamma_{urto}$	=	1,00	
coefficiente parziale calcestruzzo	$\gamma_c$	=	1,00	DM2008 - PAR.4.1.4
coefficiente parziale acciaio	$\gamma_s$	=	1,00	

**VERIFICHE****GLOBALI****TRASLAZIONE INTERFACCIA FONDAZIONE IN CLS-TERRENO**

<b>azione agente di calcolo</b>	$T_d$	=	300,00 kN
peso struttura in c.a.	$P_{C.A.}$	=	88,81 kN/m
peso soletta	$P_{sol}$	=	74,38 kN/m
peso cordolo	$P_{cord}$	=	14,44 kN/m
peso fondazione in cls	$P_{F.CLS}$	=	21,42 kN/m
peso pavimentazione	$P_{PAV}$	=	31,42 kN/m
peso totale	$P_{TOT}$	=	141,65 kN/m
<b>azione resistente di calcolo</b>	$T_R$	=	55,55 kN/m
lunghezza minima tratto di soletta	$L_{min}$	>	5,40 m
lunghezza fissata tratto di soletta	$L_{sol}$	=	8,54 m
coefficiente di sicurezza alla traslazione	$C_T$	=	1,58

**TRASLAZIONE INTERFACCIA SOLETTA IN C.A.- FONDAZIONE IN CLS**

azione agente di calcolo	$T_d$	=	300,00 kN
peso struttura in c.a.	$P_{C.A.}$	=	88,81 kN/m
peso soletta	$P_{sol}$	=	74,38 kN/m
peso cordolo	$P_{cord}$	=	14,44 kN/m
peso pavimentazione	$P_{PAV}$	=	31,42 kN/m
peso totale	$P_{TOT}$	=	120,23 kN/m
azione resistente di calcolo	$T_R$	=	2855,40 kN/m
componente attritiva	$T_{R,ATTR}$	=	65,58 kN/m
componente coesiva	$T_{R,COES}$	=	2789,82 kN/m
estensione tratto di adesione	$B_{COES}$	=	5,95 m
lunghezza minima tratto di soletta	$L_{min}$	>	0,11 m
lunghezza fissata tratto di soletta	$L_{sol}$	=	8,54 m
coefficiente di sicurezza alla traslazione	$C_T$	=	81,28

**RIBALTAMENTO**

azione agente di calcolo	$M_d$	=	516,00 kN
contributo struttura in c.a.	$M_{1,C.A.}$	=	260,26 kN/m
peso soletta	$M_{sol}$	=	258,45 kN/m
peso cordolo	$M_{cord}$	=	1,80 kN/m
contributo pavimentazione	$M_{3,PAV}$	=	109,17 kN/m
momento totale a metro lineare	$M_{TOT*}$	=	332,49 kN/m
lunghezza fissata tratto di soletta	$L_{sol}$	=	8,54 m
azione resistente di calcolo	$M_R$	=	2839,43 kN
coefficiente di sicurezza al ribaltamento	$C_R$	=	5,50

**STRUTTURALI****ARMATURA LONGITUDINALE (IN SOLETTA)**

momento agente sulla sezione S1	$M_{Ed}$	=	147 kNm/m	positivo se antiorario
sfuerzo normale agente sulla sezione S1	$N_{Ed}$	=	-100 kN/m	negativo se di trazione
larghezza collaborante di soletta	$B_{coll}$	=	1250,00 mm	se la larghezza collaborante risulta superiore all'interasse dei montanti, allora si considera pari all'interasse dei montanti stessi
numero delle barre che equilibrano la trazione	$n_{bar,eq}$	=	13	

**armatura longitudinale**

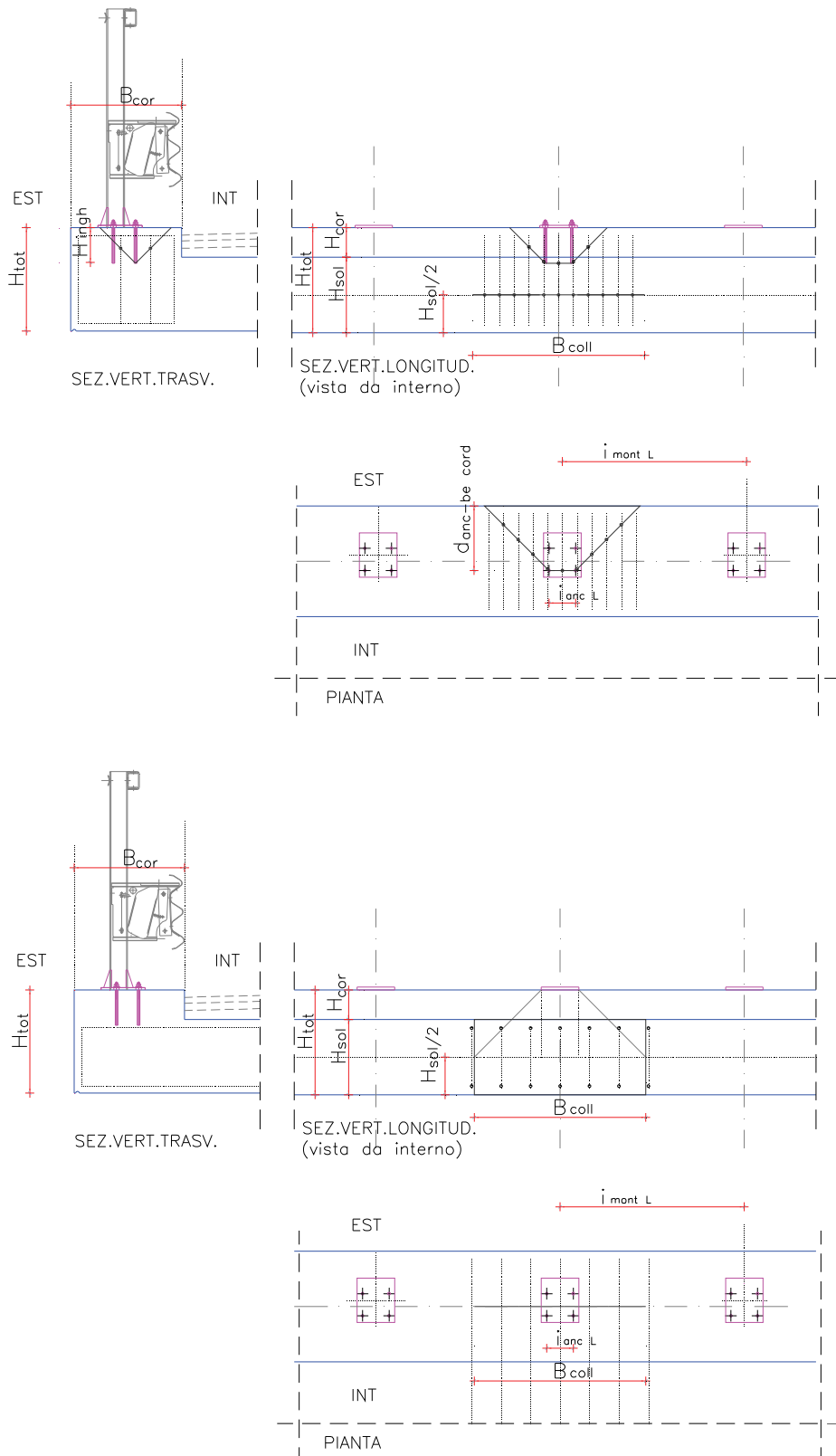
larghezza della sezione rettangolare:	$B$	=	1250 mm
altezza della sezione rettangolare:	$H$	=	500 mm
diametro barre tipo 1 (compressa)	$\varnothing_{arm,1}$	=	0 mm
numero barra tipo 1 (compressa)	$n_{arm,1}$	=	0
copriferro armatura compressa	$C$	=	40 mm
numero barra tipo 2 (tesa)	$\varnothing_{arm,2}$	=	14 mm
area barre tipo 2 (tesa)	$n_{arm,2}$	=	13
copriferro armatura tesa	$C$	=	40 mm
Resist. a compressione del calcestruzzo:	$f_{yk}$	=	32 N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento dell'acciaio:	$f_{yk}$	=	450 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio:	$E$	=	200000 N/mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo	$M_{Rd}$	=	307 kN
coefficiente di sicurezza	$M_{Rd}/M_{Ed}$	=	2,088174 >1 ok

**VERIFICA STAFFE****verifica staffe (braccia orizzontali)**

azione di taglio agente in soletta	$T_{ag}$	=	100 kN
larghezza minima superficie di rottura	$B_{min}$	=	0,18 m
larghezza massima superficie di rottura	$B_{MAX}$	=	1,15 m
numero staffe nel cordolo	$n_{st,cord}$	=	12
area staffe	$A_{arm,1}$	=	1300,62 mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo	$T_R$	=	585 kN
coefficiente di sicurezza	$T_R/T_A$	=	5,852787 >1 ok

**verifica staffe (pull-out, braccia verticali)**

braccio delle forze interne	$i_{anc,T}$	=	0,22 m
distanza forza applicata-piastra di ancoraggio	$p_{st,cord}$	=	0,95 m
trazione nei tirafondi della barriera	$T_d$	=	432 kN
larghezza di diffusione-sup di rottura	$B_{diff}$	=	0,68 m
passo delle staffe nel cordolo	$p_{st,cord}$	=	10 cm
numero staffe nel cono di rottura	$n_{st,cord}$	=	6,8
numero braccia complessivo	$n_{br,tot}$	=	13,6
area barre tipo 1	$A_{arm,1}$	=	1538,12 mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo	$T_R$	=	692 kN
coefficiente di sicurezza	$T_R/T_A$	=	1,602887 >1 ok



**Figura 8 – Schemi relativi alla disposizione delle armature nel cordolo laterale**