

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIRETTRICE FERROVIARIA MESSINA – CATANIA – PALERMO

NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO–CATANIA

U.O. INFRASTRUTTURE SUD

PROGETTO DEFINITIVO

TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA

VIABILITÀ

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155

Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte

SCALA:


-

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

RS3E 50 D 29 RH NV0100 002 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F.Oliviero	Dicembre 2019	M. Arrangeli	Dicembre 2019	F. Sperasino	Dicembre 2019	F. Arduini Dicembre 2019

ITALFERR S.p.A.
Direzione Tecnica
Dipartimento Centro
Cassa degli Ingegneri della Provincia di Roma

 <p>ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ</p>												
<p>NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RS3E</td> <td>50</td> <td>D 29 RH</td> <td>NV 01 00 002</td> <td>A</td> <td>2 di 35</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	2 di 35
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	2 di 35								

INDICE

1	PREMESSA	3
2	1 VERIFICHE CORDOLI IN C.A.	4
1.1.	VERIFICHE GEOTECNICHE	4
1.1.1.	AZIONE SOLLECITANTE DI CALCOLO PER EFFETTO DELL'URTO.....	4
1.1.2.	VERIFICA ALLO SCORRIMENTO	6
1.1.3.	VERIFICA A RIBALTAMENTO	8
1.2.	VERIFICHE ANCORAGGI E MECCANISMI DI ROTTURA NEL CORDOLO.....	9
1.2.1.	CRITERI DI CALCOLO DEGLI SFORZI NEGLI ANCORAGGI.....	9
1.2.2.	CRITERI DI VERIFICA DEGLI ANCORANTI E MECCANISMI DI ROTTURA CORDOLO	14
1.2.3.	SFORZI DI PROGETTO SUGLI ANCORANTI PER LE VERIFICHE SINGOLE E DI GRUPPO	18
1.2.4.	VERIFICHE A TRAZIONE DEGLI ANCORANTI	21
1.2.5.	VERIFICHE DEGLI ANCORANTI A TAGLIO	24
1.2.6.	ROTTURA COMBINATA TAGLIO TRAZIONE	26
1.2.7.	RIEPILOGO RISULTATI VERIFICHE	27
1.3.	VERIFICA A FLESSIONE DEL CORDOLO.....	29
1.3.1.	PROCEDURA DI VERIFICA	29
1.3.2.	SOLLECITAZIONI DI CALCOLO	30
1.4.	ESITO VERIFICHE SEZIONE DEL CORDOLO	32

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A	FOGLIO 3 di 35

1 PREMESSA


Il presente documento viene emesso nell’ambito della redazione degli elaborati tecnici di progetto definitivo relativo alla tratta a semplice binario Dittaino – Catenanuova del Nuovo Collegamento Palermo – Catania. L’intera tratta Dittaino – Catenanuova ha uno sviluppo complessivo di circa 22,8 km.

L’opera oggetto delle analisi riportate nei paragrafi seguenti rientra fra quelle inserite nella categoria denominata “Opere di sostegno”.

Quanto riportato di seguito consentirà di verificare che il dimensionamento delle strutture è stato effettuato nel rispetto dei requisiti di resistenza e deformabilità richiesti all’opera.

Tutti i muri presentano generalmente tratti di sviluppo variabile caratterizzati da diverse sezioni tipologiche individuate in progetto con le lettere da B ad H, in funzione dell’altezza massima del paramento di elevazione.

Nel presente documento è affrontato il dimensionamento dei tratti di muri di sostegno con sezione tipologica C e di sottoscarpa C_{ssc}.

	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A	FOGLIO 4 di 35

2 1 VERIFICHE CORDOLI IN C.A.

Nel seguente capitolo sono riportate le verifiche geotecniche e strutturali di un cordolo in cemento armato soggetto all'azione da urto. La tipologia di barriera installata è del tipo H4BP.

1.1. Verifiche geotecniche

Le verifiche di tipo geotecnico sono effettuate nel rispetto delle NTC2008 a cui si rimanda per specifici chiarimenti. In particolare la verifica geotecnica è quella che riguarda lo scorrimento. Oltre la verifica allo scorrimento sarà riportata, nello stesso paragrafo anche se espressamente non di natura geotecnica, la verifica a ribaltamento. Prima di soffermarci sul calcolo delle resistenze per i differenti meccanismi di collasso, seguirà un paragrafo sul calcolo dell'azione sollecitante.

1.1.1. Azione sollecitante di calcolo per effetto dell'urto

L'azione sollecitante dovuta allo svio del veicolo può essere calcolata considerando la plasticizzazione del montante; tuttavia si farà riferimento a quanto stabilito dai quaderni ANAS (§2-Volume 4) di cui si riporta il relativo estratto:

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	5 di 35

Le condizioni della progettazione vengono qualificate come "non ordinarie" quando ricorrano una o più tra le seguenti condizioni:

- **connessioni tra barriere e strutture:** le barriere sono inghisate nella struttura, ovvero sono vincolate ad essa da un elevato numero di connettori (più di 4 per ciascuna piastra alla base dei montanti), o da dispositivi più complessi quali, in particolare, sistemi a contrasto piastra-contropiastra tra intradosso ed estradosso della struttura trattenuti da elementi passanti attraverso il cordolo;

- **traffico stradale:** l'aliquota relativa ai veicoli pesanti è maggiore del 30% del flusso totale di traffico e/o le velocità praticate sono più elevate delle velocità di riferimento (velocità di progetto per i veicoli leggeri e limiti legali di velocità per i veicoli pesanti);

- **configurazione geometrica della strada:** l'andamento piano-altimetrico della strada può favorire lo svio dei veicoli secondo traiettorie caratterizzate da valori elevati (> 20°) degli angoli di incidenza sulla barriera ovvero da elevate energie d'impatto; in particolare ciò può accadere quando la barriera sia posta a protezione di un margine stradale curvo, con concavità rivolta verso la carreggiata, e verso il quale si rivolgano i veicoli provenienti da un tratto stradale in discesa con pendenza superiore al 3%.

In questo caso le previsioni di progetto devono essere riferite a condizioni di urto o sollecitazione più severe rispetto a quanto sopra esplicitato. In particolare, qualora le caratteristiche locali della strada siano particolarmente critiche e/o le connessioni tra barriera metallica e struttura siano molto rigide, si dovrà adottare un sistema equivalente caratterizzato tutto da forze di entità pari a 100 kN; tale sistema è rappresentato in forma grafica nella figura seguente.

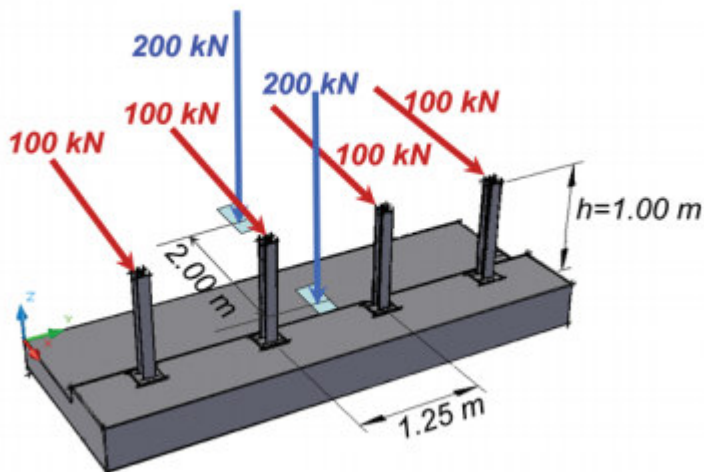


Figura 4 - Schema di carico globale da considerare nel caso di condizioni di progettazione "non ordinarie" (è omessa la rappresentazione dei carichi permanenti)

Le indicazioni Anas schematizzano l'azione da svio con un sistema di forze equivalenti costituito da forze applicate alla testa del montante pari a 100KN. I montanti coinvolti dall'urto sono di numero pari a 4 e distano tra di essi ad una distanza di 1.5m. Facendo riferimento a queste prescrizioni la risultante delle forze applicate in testa ai montanti delle barriere è pari a 400KN.

Tuttavia, per il calcolo della risultante delle azioni da svio-ai fini delle verifiche geotecniche-si farà riferimento all'azione risultante calcolata a partire dalla quantità di moto: quest'ultima risulta essere maggiore rispetto a quanto stabilito dai Quaderni ANAS (400KN).

L'azione risultante, necessaria per le verifiche di natura geotecnica (scorrimento e ribaltamento), sarà calcolata considerando la quantità di moto come segue:

$$0.5 \cdot m \cdot (v \cdot \sin \theta)^2$$

Dove:

-m: massa del veicoli pari a 380KN;


-v: velocità del veicoli pari a 60Km/h;

- θ : angolo di incidenza pari a circa 20°;

Applicando tale formula si ottiene una risultante dell'azione da svio pari a 450KN

1.1.2. Verifica allo scorrimento

Per la verifica a scorrimento del cordolo lungo il piano di fondazione deve risultare che la somma di tutte le forze parallele al piano di posa che tendono a fare scorrere il muro, sia minore di tutte le forze resistenti lungo la stessa direzione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

La verifica a scorrimento risulta in particolare soddisfatta se il rapporto fra la risultante delle forze resistenti allo scivolamento (F_r) fattorizzata secondo un opportuno coefficiente parziale γ_r stabilito dalla normativa e la risultante delle forze mobilitanti (F_s) risulti non inferiore all'unità:

$$(F_r / \gamma_r) / F_s \geq 1$$

ovvero che il rapporto F_r/F_s risulti non inferiore di γ_r , fissato dalla normativa pari ad 1,1 (R3-Approccio2) per verifiche in fase statica.

Le forze che intervengono nella F_s sono rappresentate, in questo caso, solo dall'azione da svio del veicolo. Quest'ultima pari a 450KN è valutata secondo la combinazione di carico eccezionale.

La forza resistente è data dalla resistenza d'attrito e dalla resistenza per adesione lungo la base della fondazione.

Detta N la componente normale al piano di fondazione del carico totale gravante in fondazione e indicando con δ_f l'angolo d'attrito terreno-fondazione, con c_a l'adesione terreno-fondazione e con B_r la larghezza della fondazione reagenti, la forza resistente può esprimersi come

$$F_r = N \operatorname{tg} \delta_f + c_a B_r$$

Per quanto riguarda l'attrito fondazione muro – terreno considerato ai fini delle verifiche di scorrimento sul piano di posa della fondazione, si è assunto quanto segue:

- per $\phi < 30^\circ$ $\mu = \operatorname{tg} \phi'$;
- per $\phi > 35^\circ$ $\mu = 0.85 \operatorname{tg} \phi'$;
- per $30^\circ \leq \phi \leq 35^\circ$ μ si ricava per interpolazione lineare

Infine l'adesione c_a terra-opera è stata assunta pari al valore nullo.

L'azione resistente è fornita dal peso del cordolo valutato a partire dalla propria geometria del cordolo Figura 1.

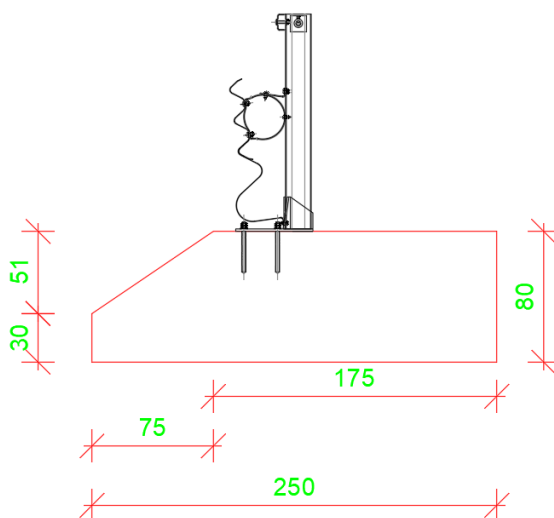



Figura 1-Geometria del cordolo

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

Il valore della resistenza a scorrimento è calcolato su una lunghezza del cordolo pari a 20 m. Si è ipotizzato che i cordoli siano giuntati ogni 20 m, per cui la resistenza allo scorrimento è stata calcolata considerando l'intera lunghezza del cordolo. Nella Tabella 1 sono riportati i valori appena citati per il soddisfacimento della verifica.

Ved	L diff.	Qed*	Ned	ϕ	δ	γ_r	V_{RD}	C.S
[KN]	[m]	[KN/m]	[KN]	[°]	[-]	[-]	[KN]	
450	5.82	77.31959	943.55	35	0.595	1.1	510.53	1.13

Tabella 1-Verifica a scorrimento

Dalla Tabella 1 viene alla luce che la verifica, nei confronti del meccanismo a scorrimento, risulta soddisfatta essendo il rapporto tra resistenza e sollecitazione (C.S) maggiore dell'unità.

1.1.3. Verifica a ribaltamento

La verifica al ribaltamento dell'opera di sostegno, prevede la valutazione del coefficiente di sicurezza nei confronti del meccanismo di rotazione dell'opera rispetto al vertice esterno della fondazione.

Nella fattispecie, detti:

$$M_{rib} : \text{momento delle azioni ribaltanti}; \quad M_{sta} : \text{momento delle azioni stabilizzanti}$$

occorrerà verificare quanto segue:

$$M_{sta} \geq M_{rib}$$

La resistenza rappresentata dal momento stabilizzante è dovuta al momento esercitato dal peso del cordolo rispetto al punto esterno della fondazione. Mentre il momento instabilizzante si sviluppa per effetto dell'azione da svio (450KN). Nella Tabella 2 sono riportati i valori del momento stabilizzante e instabilizzante.

M stab	Mrib	C.S
[KN.m]	[KN.m]	[-]
902.14	810	1.11

Tabella 2-Verifica al ribaltamento

Nella Tabella 2 si evidenzia l'esito positivo della verifica essendo il coefficiente di sicurezza maggiore dell'unità.

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	10 di 35

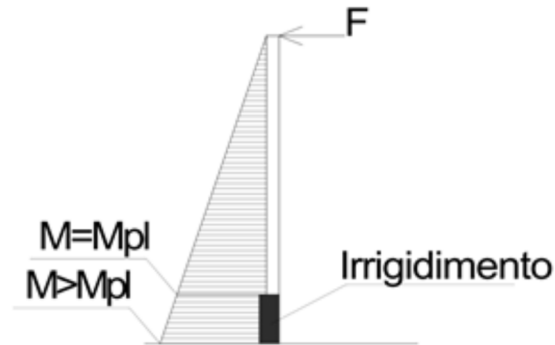


Figura 3-Distribuzione del momento

La verifica degli ancoranti della barriera rappresenta una condizione eccezionale di carico.

Alla luce di quanto sopra detto, partendo dal momento plastico della barriera, e dopo aver determinato il braccio della forza ridotto per tenere in conto della formazione della cerniera plastica al disopra dell'irrigidimento, si potrà calcolare l'azione di taglio maggiorata da applicare in testa al montante.

Le NTC2008, al paragrafo §5.1.3.10, prescrivono che la forza d'urto sia applicata ad una quota di 1 m a partire dal piano viario; inoltre prescrivono che ai fini della verifica tale azione sollecitante il montante va determinata considerando un momento di plasticizzazione del paletto amplificato del fattore 1.5.

Per la messa in opera delle barriere di sicurezza tipo Anas si prevede un'altezza del cordolo fuori dalla pavimentazione al massimo di 7cm. Questa variazione dà luogo a bracci delle forze interne diverse in funzione della reale posizione della pavimentazione stradale rispetto all'estradosso del cordolo, riportato nella seguente immagine.

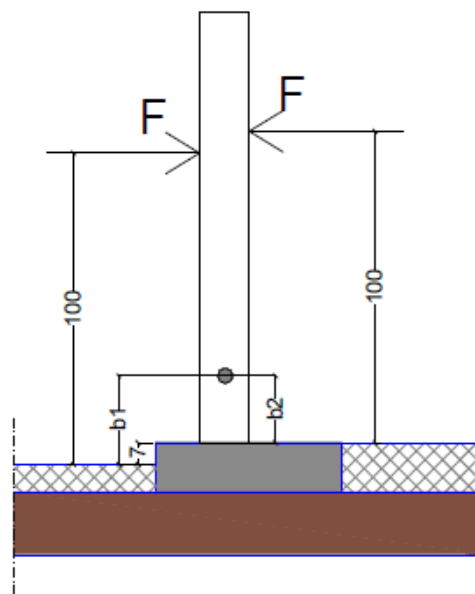



Figura 4-Bracci delle azioni di progetto in funzione della pavimentazione

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

Si vengono a creare 2 casi limite per ogni tipologia di barriera, e i valori di progetto sono riportati nella sottostante tabella riepilogativa.

BARRIERA DI SICUREZZA	TIPO DI PROFILO/ ACCIAIO	MODULO DI RESISTENZA	MOMENTO RESISTENTE AMPLIFICATO DI 1.5	ALTEZZA CORDOLO FUORI PAVIMENTAZIONE	ALTEZZA IRRIGIDIMENTI	AZIONE DI PROGETTO
Barriera H2BP	C 160 x 120 x 40 s=5mm(S2 75JR)	141.25 cm ³	58.3 kNm	0 cm	21.5 cm	74,3 kN
				7 cm	21.5 cm	81,5 kN
Barriera H3BP	C 160 x 120 x 40 s=5mm(S2 75JR)	141.25 cm ³	58.3 kNm	0 cm	21.5 cm	74,3 kN
				7 cm	21.5 cm	81,5 kN
Barriera H4BP	C 160 x 120 x 40 s=5,5 mm(S275JR)	154.22 cm ³	63.6 kNm	0 cm	21.5 cm	81,0 kN
				7 cm	21.5 cm	88.9 kN

Tabella 3-Azioni di progetto per le tipologia di barriere tipo Anas

Nota l'azione di progetto, avendo fatto riferimento nel caso specifico alla condizione più gravosa (s=7cm), sarà possibile calcolare il valore del momento a quota piastra:

$$M_d = V_s * (h - s) = 88.9 * (1.00 - 0.07) = 82.7 \text{ KNm}$$

Dove:

V_s è l'azione di progetto, funzione della tipologia di barriera. Essa viene ricavata dalla Tabella 3;

h è l'altezza di applicazione della forza misurata dal piano stradale posta, secondo la normativa, pari all'unità;

s è la differenza di quota tra il cordolo e la pavimentazione

Il momento flettente genera azioni di trazione sui tirafondi e compressione sul calcestruzzo attraverso la piastra di base. Questa svolge un ruolo decisivo nella trasmissione delle azioni sugli ancoraggi, che variano in funzione della sua rigidità. Infatti nel caso di piastra di base infinitamente rigida, per il mantenimento delle sezioni piane, si avrebbe che la massima deformazione (allungamento) si avrebbe per la fila di tirafondi più lontana dal montante della barriera, pertanto questi sarebbero quelli maggiormente sollecitati a trazione. La fila più vicina al montante, invece, avrebbe una deformazione minore a cui è associata una minore azione di trazione.

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	12 di 35

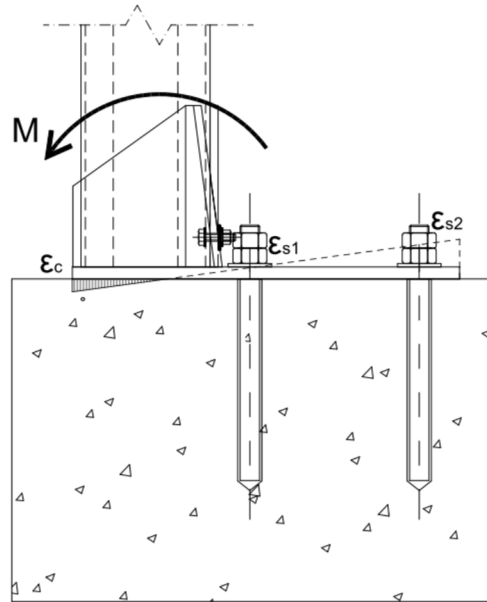


Figura 5-Deformazione piastra infinitamente rigida

In questo caso le azioni sui tirafondi possono essere determinate calcolando le tensioni come in una sezione in c.a. pari all'area della piastra e armata con 4 barre in corrispondenza degli ancoranti. Nel caso invece di piastra di base non infinitamente rigida, non ci sarebbe il mantenimento delle sezioni piane e i tirafondi più sollecitati risulterebbero essere quelli più vicini al montante della barriera.

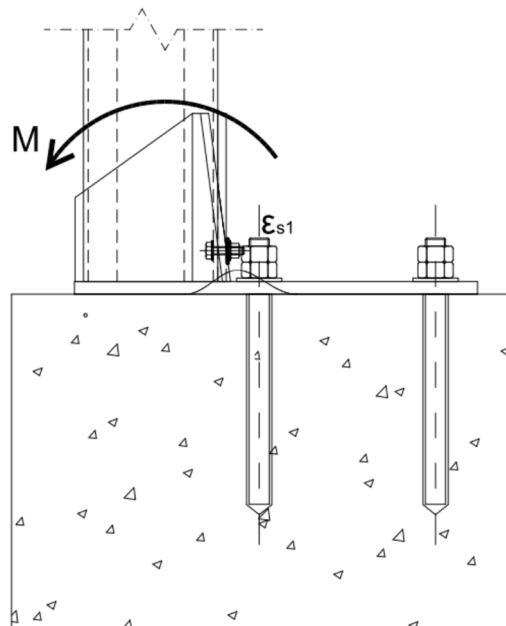


Figura 6-Deformazione piastra flessibile

Da evidenze sperimentali viene alla luce che per un valore del momento pari al 20-25% di quello plastico, la distribuzione degli sforzi negli ancoranti avviene secondo l'ipotesi di piastra rigida. Superato tale valore limite (20-

25% M_p) la distribuzione non sarà quella secondo lo schema di piastra rigida ma secondo lo schema di piastra deformabile.

In conclusione per il calcolo delle trazioni sui tirafondi è stata ipotizzata una procedura distinta in due fasi:

- 1° Fase: si considera la piastra infinitamente rigida e la connessione è sollecitata con un momento pari a :
 $M' = 0.25 * M_{plastico}$;
- 2° Fase: la piastra è considerata flessibile, il momento che sollecita la connessione è pari $\Delta M = M_{base} - M'$ e l'azione di trazione generata è assorbita dai soli tirafondi più vicini al montante (P6 e P7-Figura 7), utilizzando un braccio delle forze interne ridotto.

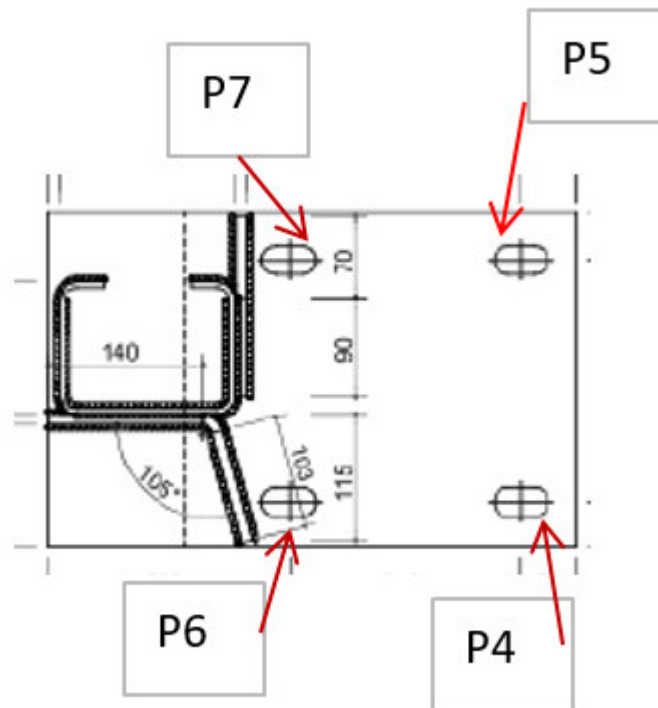



Figura 7-Numerazione ancoranti

Per cui le azioni di trazione totali che agiscono sui tirafondi saranno:

$$N_{fila1} = N_{fila1, fase 1} \text{ (tirafondi P4 e P5)}$$

$$N_{fila2} = N_{fila2, fase 2} + N_{fila2, fase 1} \text{ (tirafondi P6 e P7)}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

Per il caso in esame si ottengono i seguenti valori:

1° Fase-M'=0.25*Mp		
	1° fila	2° fila
N [KN]	5.08	19.84
2° Fase-M=Mp-M'		
	1° fila	2° fila
N [KN]	131.56	[-]
Sforzi di trazione sing. Anc.		
	1° fila	2° fila
N [KN]	136.65	19.84

Tabella 4-Sollecitazioni di trazioni per i tirafondi

I valori sopra riportati sono stati ricavati eseguendo un calcolo, in campo elastico, di una sezione in c.a. con armature pari all'area resistente del tirafondo. Nello specifico per la prima fase la sezione era armata con due file di tirafondi, mentre nella fase due la sezione è armata con una sola fila di ancoranti (quelli più vicini al montante).

Oltre al momento flettente sulla piastra di base è applicata anche una forza di taglio pari alla forza di progetto. Tale forza si considera applicata solo a 2 dei 4 tirafondi, a favore di sicurezza.

1.2.2. Criteri di verifica degli ancoranti e meccanismi di rottura cordolo

Gli ancoranti metallici inseriti all'interno di elementi in calcestruzzo sono verificati secondo le indicazioni riportate nelle ETAG 001 – Allegato C e nel documento EOTA TR029, in cui sono elencate differenti modalità di rottura, suddivise tra rottura a taglio e a trazione.

Si riportano di seguito tali verifiche integrate con alcuni stralci, tratti dalle suddette normative, che descrivono come condurre tali controlli.

Le verifiche sono condotte considerando i carichi nella combinazione eccezionale:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \sum_{i=2}^n \psi_{2i} Q_{ki}$$

Secondo il paragrafo 4.1.4 e 4.2.6, in caso di verifiche in combinazione eccezionale, le resistenze di calcolo dei materiali si ottengono con dei coefficienti parziali di sicurezza pari all'unità.

Le verifiche da effettuare riguardano due differenti modalità di rottura:

- **Trazione:**

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	15 di 35

	single anchor	anchor group	
steel failure	$N_{Sd} \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$N_{Sd}^h \leq N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
combined pull-out and concrete cone failure	$N_{Sd} \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$		$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$
concrete cone failure	$N_{Sd} \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$		$N_{Sd}^g \leq N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$
splitting failure	$N_{Sd} \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$		$N_{Sd}^s \leq N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$

Tabella 5-Verifiche per meccanismi di collasso a trazione

- **Taglio:**


	Ancorante singolo	Gruppo di ancoranti	
Rottura dell'acciaio, senza braccio di leva	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V_{Sd}^h \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Rottura dell'acciaio, con braccio di leva	$V_{Sd} \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	$V_{Sd}^h \leq V_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$	
Rottura per pryout del calcestruzzo	$V_{Sd} \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$		$V_{Sd}^g \leq V_{Rk,cp} / \gamma_{Mc}$
Rottura del bordo del calcestruzzo	$V_{Sd} \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Msc}$		$V_{Sd}^g \leq V_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$

Tabella

6- Verifiche per meccanismi di collasso a taglio

Come evidenziato dalla tabella nel caso di gruppo di ancoranti, le verifiche vanno riferite al gruppo e non al singolo ancoraggio (ad eccezione della rottura per trazione del solo acciaio). In tali casi quindi si deve calcolare l'azione di trazione del gruppo, pari alla somma della forza di trazione di ogni singolo ancoraggio

Nelle verifiche a trazione sul gruppo di ancoranti l'azione sollecitante è stata ridotta per la presenza di armature che attraversano la superficie di rottura del cono e alle quali viene affidata parte della sollecitazione. Tale armatura integrativa, disposta come riportato nella figura seguente, assorbirà una quota dell'azione di trazione pari alla forza di snervamento o alla forza di aderenza, sviluppata dalla propria lunghezza di ancoraggio, qualora minore. La disposizione dell'armatura equivalente avrà effetto nelle verifiche a trazione sul gruppo di ancoranti (sfilamento, rottura del cono di calcestruzzo, splitting e rottura combinata di pull-out e rottura del cono).

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

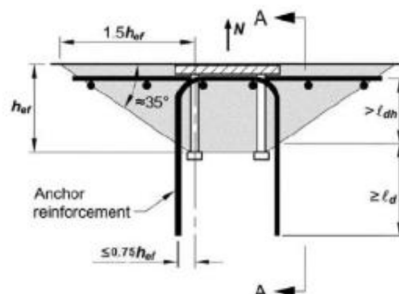


Figura 8-Armatura integrativa per rottura del cono

L'armatura integrativa scelta in fase di progetto è costituita da una staffa con 4 bracci di diametro $\phi 14/20$ cm. Ai fini delle verifiche il numero di bracci che interessano il cono di rottura risultano essere 2. Per cui il numero totale di bracci che interesserà il cono di rottura, essendo il passo di 20cm, sarà pari a 4. Nella Tabella 7 sono riportate le informazioni relative all'armatura integrativa e allo sforzo risultante che andrà a decurtare la sollecitazione di trazione dovuta ai carichi.

Armatura prevista		
Tipologia acciaio	B450C	[-]
fyk	450.00	[Mpa]
Gamma	1.00	[-]
fyd	450.00	[Mpa]
diametro ferri	14.00	[mm]
n. ferri	4.00	[-]
N res sing braccio	69.27	[KN]
Risultante N _{traz}	277.09	[KN]

Tabella 7- Dettagli armatura integrativa

Alla stregua di quanto fatto per le verifiche a trazione nei confronti dei meccanismi di gruppo, la stessa procedura sarà portata in conto per le verifiche di gruppo nei confronti di sollecitazioni taglianti. La sollecitazione tagliente nei confronti del meccanismo di pryout, per il soddisfacimento della verifica combinata taglio-trazione, sarà decurtata del contributo esercitato dalle barre allo scorrimento. Considerando il meccanismo appena citato il numero di bracci coinvolto nel meccanismo viene assunto pari a 1. Essendo il passo delle staffe pari a 20 cm, il numero di tondini che si oppone allo scorrimento risulta 2.

La resistenza allo scorrimento, esercitata dalle barre, è stata calcolata allo stesso modo di come viene fatto per la verifica dei pioli (NTC2008-§4.3.4.3.1.2). Nello specifico, la resistenza a taglio di una singola barra, è pari al minimo tra

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	17 di 35

$$P_{Rd,a} = 0,8 f_t (\pi d^2 / 4) / \gamma_v \quad (4.3.7)$$

$$P_{Rd,c} = 0,29 \alpha d^2 (f_{ck} E_c)^{0,5} / \gamma_v \quad (4.3.8)$$

dove

γ_v è il fattore parziale definito al § 4.3.3.

f_t è la resistenza a rottura dell'acciaio del piolo (comunque $f_t \leq \text{MPa}$),

f_{ck} è la resistenza cilindrica del calcestruzzo della soletta,

d è il diametro del piolo, compreso tra 16 e 25 mm;

h_{sc} è l'altezza del piolo dopo la saldatura, non minore di 3 volte il diametro del gambo del piolo;

$$\alpha = 0,2 (h_{sc} / d + 1) \text{ per } 3 \leq h_{sc} / d \leq 4, \quad (4.3.9 \text{ a})$$

$$\alpha = 1,0 \quad \text{per } h_{sc} / d > 4. \quad (4.3.9 \text{ b})$$

Di seguito si allegano i calcoli e il valor finale della resistenza determinato.

CALCOLO RESISTENZA A TAGLIO DEI CONNETTORI

Dati di progetto:

$d =$	<input type="text" value="12"/>	mm	(diametro connettore)
$A_c =$	<input type="text" value="113.10"/>	mm ²	
$f_{ck} =$	<input type="text" value="35.0"/>	Mpa	(resistenza cilindrica cls soletta)
$f_{cm} =$	<input type="text" value="43.0"/>	MPa	
$E_c =$	<input type="text" value="34077"/>	MPa	
$f_t =$	<input type="text" value="540.0"/>	Mpa	(resistenza a rottura acciaio piolo)
$h_{sc} =$	<input type="text" value="100.0"/>	mm	(altezza del piolo/connettore $\geq 3d$)
$\alpha =$	<input type="text" value="1"/>		
$\gamma_v =$	<input type="text" value="1.25"/>		coefficiente parziale

Resistenza dei connettori :

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	18 di 35

$$P_{Rd,a} = 39.1 \text{ KN}$$

$$P_{Rd,c} = 36.5 \text{ KN}$$

$$P_{Rd,a} = 36.5 \text{ KN} \quad (\text{resistenza di progetto})$$

Il valore di resistenza a taglio della singola barra è pari a 36.5KN, considerando il contributo di due barre si avrà che come resistenza allo scorrimento:

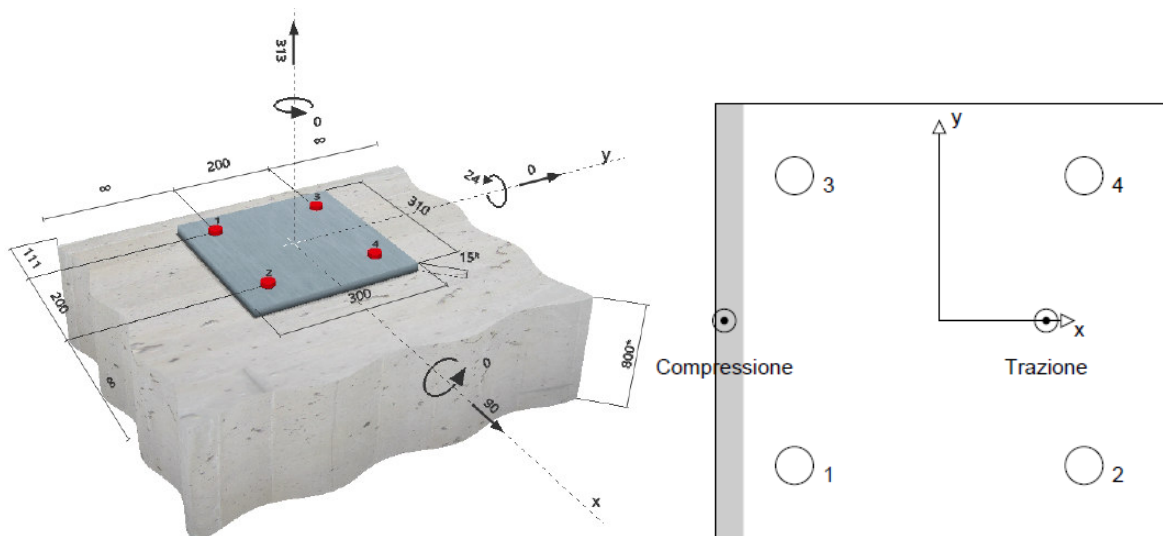
$$P_{Rd} = 2 * 36.5 = 73KN$$

Tale valore andrà decurtato alla sollecitazione tagliante di gruppo.

1.2.3. Sforzi di progetto sugli ancoranti per le verifiche singole e di gruppo

Nel seguente paragrafo è riportato un riepilogo degli sforzi di progetto che saranno considerati nelle successive verifiche per meccanismi di trazione e taglio, singole e di gruppo, tenendo conto di quanto esposto ai precedenti paragrafi.

- **Sforzi negli ancoranti per verifiche nei riguardi di meccanismi di singoli ancorante:** gli sforzi riportati nel seguito, sono stati valutati senza portare in conto alcuna riduzione legata alla presenza di armature; con queste azioni saranno effettuate le verifiche a taglio, trazione e sfilamento dei singoli ancoranti. Di seguito sono riportati in Tabella 8 gli sforzi di trazione e taglio.



NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

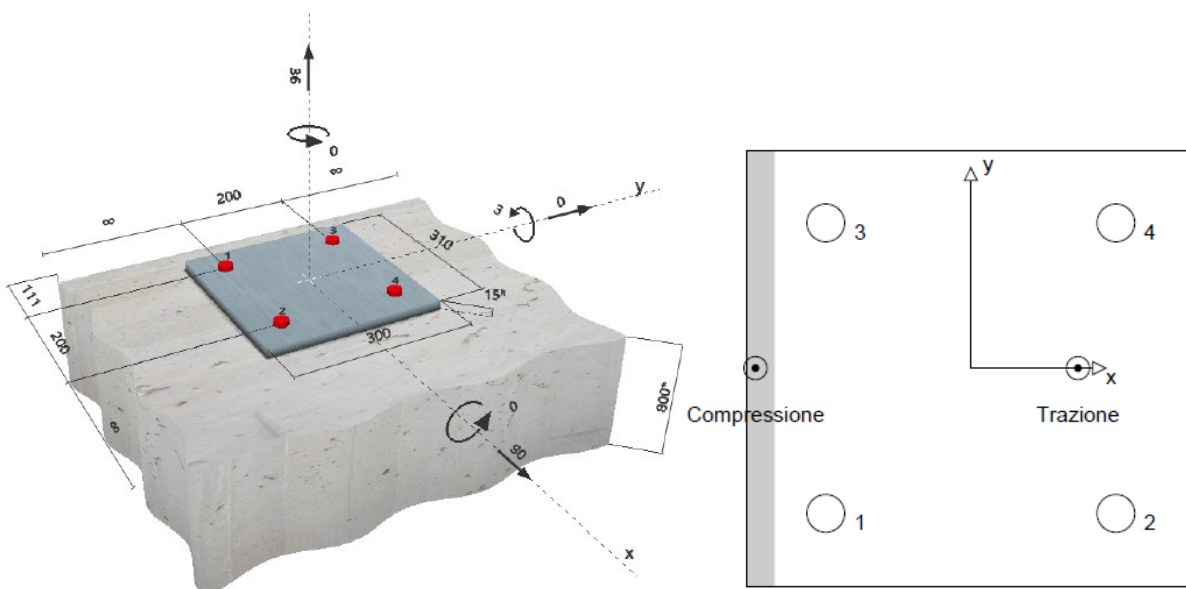
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	19 di 35


Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	23.08	22.50	22.50	0,000
2	137.30	22.50	22.50	0,000
3	23.08	22.50	22.50	0,000
4	137.30	22.50	22.50	0,000

Tabella 8- Sollecitazioni di trazione e taglio degli ancoranti

Si precisa che i valori degli sforzi di taglio negli ancoranti indicati nella tabella precedente, fanno riferimento ad una distribuzione uniforme dell'intero taglio su tutto il gruppo di ancoranti; in via cautelativa, le verifiche sono state comunque condotte assumendo che l'intero sforzo tagliante sia assorbito solo dalla fila più esterna del gruppo di tirafondi, per cui lo sforzo di taglio considerato per la verifica del singolo tirafondo è stato assunto pari al doppio di quanto indicato in tabella.

- **Sollecitazioni per verifiche per meccanismi di gruppo:** gli sforzi riportati nel seguito, sono stati valutati portando in conto la riduzione legata alla presenza di armature interferenti con le potenziali superfici di rottura caratteristiche dei meccanismi di gruppo. Con queste azioni saranno effettuate le verifiche a taglio e a trazione di gruppo. Nella Tabella 9 sono riportate le sollecitazioni per i diversi ancoranti



 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

Ancorante	Trazione	Taglio	Taglio in dir. x	Taglio in dir. y
1	2.50	22.50	22.50	0,000
2	16.50	22.50	22.50	0,000
3	2.50	22.50	22.50	0,000
4	16.50	22.50	22.50	0,000

Tabella 9- Sollecitazioni di trazione e taglio degli ancoranti con riduzione delle sollecitazioni

Si fa notare che le sollecitazioni di trazione considerate per i due schemi sono state ricavate a partire dalle sollecitazioni di Tabella 4, considerando una piastra fittizia, il cui baricentro coincide con il quello dei tirafondi, a cui è applicata uno sforzo equivalente e un momento pari al prodotto tra lo sforzo equivalente e l'eccentricità, tale da ottenere lo stesso valore effettivo degli sforzi (Tabella 4) nelle due file di ancoranti, come di seguito rappresentato:

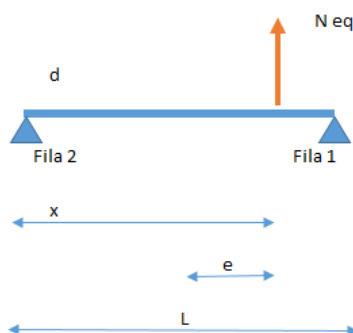


Figura 9-Schema di piastra equivalente


Neq	L	x	e	Meq
[KN]	[mm]	[mm]	[mm]	[KNm]
312.97	200.00	174.64	74.64	23.36

Tabella 10-Sforzo di trazione e momento equivalente senza contributo armature

Successivamente, tenendo del contributo “resistente” dei bracci verticali delle staffe presenti nel cordolo, come già valutate nella precedente Tabella 7, da decurtare al valore Neq, è stato calcolato l’effettivo valore dello sforzo di trazione N’eq, da considerare per le verifiche di gruppo a trazione, come riportato in Tabella 11.

Neq	e	Meq
[KN]	[mm]	[KNm]
35.88	74.64	2.68

Tabella 11- Sforzo di trazione e momento equivalente con contributo delle armature

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

Analogamente, per le verifiche nei confronti di meccanismi di taglio di gruppo di pry-out, lo sforzo di taglio di progetto considerato, tiene conto del contributo riduttivo legato ai bracci delle staffe di armatura potenzialmente interferenti con le superfici di rottura, come già valutate al § 1.2.2 , per cui risulta :

$$V_{sd,pryout} = V_{sd,gruppo} - P_{rd,contributo\ barre} = 83 - 73 = 10KN$$

1.2.4. Verifiche a trazione degli ancoranti

Si premette che le formule riportate di seguito, per il calcolo della resistenza corrispondente ai differenti meccanismi di collasso, sono quelle delle ETA TR029 a cui si rimanda per ogni approfondimento.

- **Rottura dell'acciaio (steel failure)**

La resistenza caratteristica di un ancorante ($N_{Rk,s}$) nel caso di rottura dell'acciaio, vale:

$$N_{Rk,s} = A_s f_{uk}$$

Tale valore è indicato nel relativo documento ETA.

Viene riportata di seguito la tabella con i relativi valori necessari per il calcolo della resistenza.

$N_{Rk,s}$	282.40	[kN]
$\gamma_{M,s}$	1.00	[-]
$N_{Rd,s}$	282.40	[kN]
N_{Sd}	137.30	[kN]

Tabella 12-Resistenza a trazione dell'acciaio

- **Rottura combinata per sfilamento e formazione del cono di calcestruzzo (pull-out and concrete cone failure)**


La resistenza caratteristica nel caso di rottura combinata per sfilamento e formazione del cono (pull-out and concrete cone failure), $N_{Rk,p}$, è data dalla seguente equazione:

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \psi_{s,N} \psi_{re,N} \psi_{ec,N} \psi_{urc,N}$$

La resistenza caratteristica ($N_{Rk,p}^0$) di un ancorante vale:

$$N_{Rk,p}^0 = \pi d h_{ef} \tau_{Rk}$$

Di seguito nella Tabella 13 si riportano i parametri necessari al calcolo della resistenza $N_{Rk,p}$.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

$A_{p,N}$	519384.00	[mm ²]
$A_{p,N}^0$	460800.00	[mm ²]
$\tau_{Rk,ucr,25}$	15.00	[N/mm ²]
ψ_c	1.06	[-]
$\tau_{Rk,ucr}$	9.01	[N/mm ²]
$\psi_{g,Np}^0$	1.17	[-]
$\psi_{g,Np}$	1.08	[-]
$\psi_{ec1,Np}$	0.82	[-]
$\psi_{ec2,Np}$	1.00	[-]
$\psi_{s,Np}$	0.80	[-]
$\psi_{re,Np}$	1.00	[-]
$N_{Rk,p}^0$	169.92	[KN]
$N_{Rk,p}$	135.05	[KN]
$\gamma_{M,p}$	1.00	[-]
$N_{Rd,p}$	135.05	[KN]
N_{sd}	38.00	[KN]

Tabella 13-Resistenza Pull-out and concrete cone failure

- **Rottura allo sfilamento (pull-out)**

Oltre alle classiche verifiche riportate in tabella è stata eseguita la verifica a sfilamento del singolo ancorante. La resistenza del meccanismo vale:


$$N_{R,k\text{ sfilamento}} = \tau_{rk,c} * (\pi * d * h_{eff})$$

Nella Tabella 14 sono esplicitati i fattori che concorrono al calcolo della suddetta resistenza.

$\tau_{Rk,cr,25}$	9.28	[N/mm ²]
h_{ef}	250.00	[mm]
d_{nom}	24.00	[mm]
$N_{Rk,sfil.}$	174.92	[KN]
$\gamma_{M,p}$	1.00	[-]
$N_{Rd,sfil.}$	174.92	[KN]
N_{sd}	137.30	[KN]

Tabella 14-Resistenza alla rottura allo sfilamento

- **Rottura del cono di calcestruzzo (concrete cone failure)**

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

La resistenza caratteristica di un gruppo di ancoranti nel caso di rottura del cono di calcestruzzo è data dall'equazione:

$$N_{Rk,c} = N_{Rk,c}^0 \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \psi_{s,N} \psi_{re,N} \psi_{ec,N}$$

Il valore iniziale della resistenza caratteristica ($N_{Rk,c}^0$) di un ancorante è dato dalla formula:

$$N_{Rk,c}^0 = K_1 * \sqrt{f_{ck} h_{ef}^{1,5}}$$

Dove K_1 , per calcestruzzi fessurati, vale 7.2

Di seguito, nella Tabella 15, sono riportati i fattori utili al calcolo della resistenza per il suddetto meccanismo.

$A_{c,N}$	561.45	[mm ²]
$A_{c,N}^0$	562.50	[mm ²]
$\psi_{ec1,N}$	0.84	[-]
$\psi_{ec2,N}$	1.00	[-]
$\psi_{s,Np}$	0.79	[-]
$\psi_{re,Np}$	1.00	[-]
K_1	7.20	[-]
$N_{Rk,c}^0$	190.92	[KN]
$\gamma_{M,c}$	1.00	[-]
$N_{Rd,c}$	125.70	[KN]
N_{Sd}	38.00	[KN]


Tabella 15-Resistenza alla rottura del cono di calcestruzzo

- **Rottura per fessurazione (splitting)**

La resistenza caratteristica di rottura per fessurazioni di un gruppo di ancoranti è data dalla seguente equazione:

$$N_{Rk,sp} = N_{Rk,c}^0 \frac{A_{c,N}}{A_{c,N}^0} \psi_{s,N} \psi_{re,N} \psi_{ec,N} \psi_{ucr,N} \psi_{h,sp}$$

Nella Tabella 16 sono evidenziati i fattori utili al calcolo della resistenza per la rottura a fessurazione.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

$A_{c,N}$	605184.00	[mm ²]
$A_{c,N}^0$	678976.00	[mm ²]
$\Psi_{h,sp}$	1.22	[-]
$\Psi_{ec1,N}$	0.85	[-]
$\Psi_{ec2,N}$	1.00	[-]
$\Psi_{s,N}$	0.78	[-]
$\Psi_{re,N}$	1.00	[-]
K_1	7.20	[-]
$N_{Rk,c}^0$	190.92	[KN]
$\gamma_{M,sp}$	1.00	[-]
$N_{Rd,sp}$	137.09	[KN]
N_{Sd}	38.00	[KN]

Tabella 16-Resistenza alla rottura per fessurazione

1.2.5. Verifiche degli ancoranti a taglio

Nel seguente paragrafo sono riportate le verifiche nei confronti dei diversi meccanismi di rottura a taglio , tenendo conto delle formulazioni definite a riguardo dalle ETA TR029 a cui si rimanda per ogni approfondimento.

- **Rottura dell'acciaio senza braccio di leva (steel failure without lever arm)**

La resistenza caratteristica di un ancorante ($V_{Rk,s}$), nel caso di rottura dell'acciaio, deve essere ricavata dal relativo documento ETA. In base all'esperienza consolidata, il valore $V_{Rk,s}$ per gli ancoranti è dato dall'equazione:


$$V_{Rk,s} = 0.5 A_s f_{uk}$$

Di seguito nella Tabella 17 sono indicati i fattori utili al calcolo della resistenza a taglio nei confronti della rottura dell'acciaio.

$V_{Rk,s}$	141.20	[kN]
$\gamma_{M,s}$	1.00	[-]
$V_{Rd,s}$	141.20	[kN]
V_{Sd}	45.00	[kN]

Tabella 17-Resistenza alla rottura a taglio dell' ancorante

- **Rottura per scalzamento del calcestruzzo (pry-out failure)**

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

Gli ancoraggi realizzati con ancoranti corti e rigidi possono cedere per rottura del calcestruzzo nel lato opposto al verso del carico. La resistenza caratteristica ($V_{Rk,cp}$) vale:

$$V_{Rk,cp} = K N_{Rk,c}$$

Nella verifica si considera il valore minimo di $N_{Rk,c}$, tra la rottura del cono e la rottura combinata di pull-out e formazione del cono.

Nella Tabella 18 sono indicati i fattori che concorrono al calcolo della resistenza per lo scalzamento del calcestruzzo.

$A_{c,N}$	561450.00	[mm ²]
$A_{c,N}^0$	562500.00	[mm ²]
K-factor	2.00	[-]
K_1	7.20	[-]
$\Psi_{ec1,N}$	1.00	[-]
$\Psi_{ec2,N}$	1.00	[-]
$\Psi_{s,N}$	0.79	[-]
$\Psi_{re,Np}$	1.00	[-]
$N_{Rk,c}^0$	190.92	[KN]
$\gamma_{M,c,p}$	1.00	[-]
$V_{Rd,cp}$	300.71	[KN]
V_{Sd}	90.00	[kN]


Tabella 18-Resistenza allo scalzamento del calcestruzzo (pry-out failure)

- **Rottura del bordo di calcestruzzo (concrete edge failure)**

La resistenza caratteristica per un ancorante o un gruppo di ancoranti nel caso del bordo di calcestruzzo è data dalla seguente equazione:

$$V_{Rk,c} = V_{Rk,c}^0 \frac{A_{c,V}}{A_{c,V}^0} \psi_{s,V} \psi_{h,V} \psi_{\alpha,V} \psi_{ec,V} \psi_{ucr,V}$$

Di seguito, nella Tabella 19, sono evidenziati i fattori utili al calcolo della resistenza alla rottura del bordo.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

h_{ef}	250.00	[mm]
d_{nom}	24.00	[mm]
K_1	1.70	[-]
α	0.09	[-]
β	0.06	[-]
$A_{c,v}$	426400.00	[mm ²]
$A_{c,v}^0$	352800.00	[mm ²]
$\Psi_{s,v}$	1.00	[-]
$\Psi_{h,v}$	1.01	[-]
$\Psi_{\alpha,v}$	1.00	[-]
$\Psi_{ec,v}$	1.00	[-]
$\Psi_{re,v}$	1.00	[-]
$V_{Rk,c}^0$	101.14	[KN]
$\gamma_{M,c}$	1.00	[-]
$V_{Rd,c}$	123.70	[KN]
V_{Sd}	90.00	[kN]

Tabella 19-Resistenza a taglio per la rottura del bordo di calcestruzzo

1.2.6. Rottura combinata taglio trazione

Nel caso di carichi combinati di trazione-taglio deve essere soddisfatta la seguente equazione:

$$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1$$

con :

β_N (β_V) il massimo dei rapporti tra la capacità e la domanda per i meccanismi a trazione (taglio) che coinvolgono i singoli ancoranti o il gruppo.

$\alpha = 2$ se la resistenza N_{Rd} e V_{Rd} dipendono dalla rottura dell'acciaio

$\alpha = 1.5$ per tutte le altre modalità di rottura.

Nella tabella sono riportati i fattori necessari all'esecuzione della verifica.

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	27 di 35

SOLLECITAZIONE	MECCANISMO DI ROTTURA						
	Lato	Denominazione		Resistenza di progetto		Azioni di progetto	β
				Ni	KN	Ned (KN)	[-]
TRAZIONE	Acciaio	1a	Trazione (axial tensile)	Nrd_s	282.40	137.30	0.49
	Calcestruzzo	2a	Sfilamento (Pull-out)	Nrd_sfil.	174.92	137.30	0.78
			Sfiamento (Pull out and cone concrete failure)	Nrd_p	135.05	38.00	0.28
		3a	Rottura conica (Cone failure)	Nrd_c	125.70	38.00	0.30
		4a	Rottura combinata (Splitting failure)	Nrd_sp	137.09	38.00	0.28
TAGLIO	Acciaio	1b	Taglio puro (shear)	Vrd_s	141.20	45.00	0.32
		2b	Taglio Flessione (shear/bending)	Vrd_sm	-	-	-
	Calcestruzzo	3b	Rottura bordo (Edge Failure)	Vrd_c	300.71	90.00	0.30
		4b	Scalzamento (Pry-out)	Vrd_cp	123.70	18.00	0.15


$\alpha =$	1.5	<u>Verifica Combinata per meccanismi di rottura di gruppo</u>
$\beta_N =$	0.30	
$\beta_V =$	0.30	
$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha =$	0.330	
Verifica Soddisfatta		

$\alpha =$	1.5	<u>Verifica Combinata per meccanismi di rottura per ancoranti singoli</u>
$\beta_N =$	0.78	
$\beta_V =$	0.32	
$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha =$	0.875	
Verifica Soddisfatta		

Tabella 20- Verifica taglio-trazione

1.2.7. Riepilogo risultati verifiche

Nel seguente paragrafo sono evidenziati i risultati delle verifiche per tutti i meccanismi di rottura sia per azioni di trazione che per azioni di taglio.


 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

Meccanismi di rottura a trazione (EOTA TR 029, § 5.2.2)	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_N [%]	Stato
<i>Rottura dell'acciaio*</i> (§ 5.2.2)	137.30	282.40	0.49	OK
<i>Rottura per sfilamento (pull-out)*</i>	137.30	174.92	0.78	OK
<i>Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**</i> (§ 5.2.2.3)	38.00	135.05	0.28	OK
<i>Rottura conica del calcestruzzo**</i> (§ 5.2.2.4)	38.00	125.70	0.30	OK
<i>Fessurazione**</i> (§ 5.2.2.6)	38.00	137.09	0.28	OK
*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)				

Tabella 21-Riepilogo verifiche per meccanismi di rottura a trazione

Meccanismi di rottura a taglio (EOTA TR 029, § 5.2.3)	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo β_v [%]	Stato
<i>Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*</i> (§ 5.2.3.2)	45.00	141.20	0.32	OK
<i>Rottura del bordo del calcestruzzo (dit. +x)**</i> (§ 5.2.3.4)	90.00	300.71	0.30	OK
<i>Rottura per pryout**</i> (§ 5.2.3.3)	18.00	123.70	0.15	OK
*ancorante più sollecitato **gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)				

Tabella 22- Riepilogo verifiche per meccanismi di rottura a taglio

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

1.3. VERIFICA A FLESSIONE DEL CORDOLO

1.3.1. Procedura di verifica

Le verifiche flessionali delle sezioni in CLS armato verranno condotte in accordo alle normative tecniche nazionali (NTC2008). Alla base del calcolo si assumono le seguenti ipotesi:

1. Conservazione delle sezioni piane;
2. Perfetta aderenza tra calcestruzzo-acciaio;
3. Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla;
4. Legame elasto-plastico per le barre di armatura;
5. Legame costitutivo stress block per il cls.

A partire, quindi, dai modelli di comportamento tensioni-deformazioni è possibile determinare le tensioni e le forze agenti sulla singola sezione. Il dominio M-N si costruisce attraverso la risoluzione di due equazioni di equilibrio alla traslazione e alla rotazione, assumendo il raggiungimento della deformazione ultima nel calcestruzzo, al variare della posizione dell'asse neutro, o, in modo equivalente, della curvatura della sezione. La deformazione ultima in compressione del calcestruzzo (ϵ_{cu}) può essere assunta pari a 0.35% in accordo alle attuali normative.

La sezione rispetto alla quale è stata eseguita la verifica a tensoflessione del cordolo è quella denominata A-A.

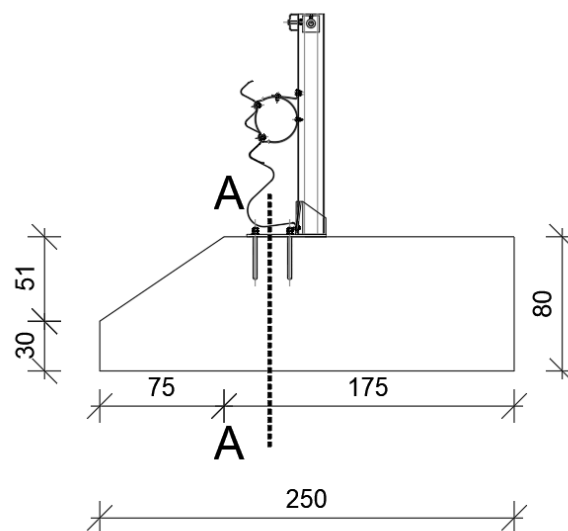


Figura 10-Sezione di verifica

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	30 di 35

1.3.2. Sollecitazioni di calcolo

Le sollecitazioni necessarie per la verifica del cordolo (sezione A-A) sono ricavate in combinazione eccezionale. L'urto che provoca la plasticizzazione del montante si trasformerà in momento flettente in corrispondenza della sezione, mentre lo sforzo di taglio, ricavato a partire dal momento di plasticizzazione del montante, diverrà sforzo normale di trazione. In conclusione la sezione di verifica A-A sarà soggetta un regime di tensoflessione. Le sollecitazioni saranno riferite per unità di lunghezza, per cui considerando 4 paletti con un'interasse di 1.5m e una diffusione delle sollecitazioni fino all'asse del cordolo a 45 gradi si avrà una determinata lunghezza efficace.

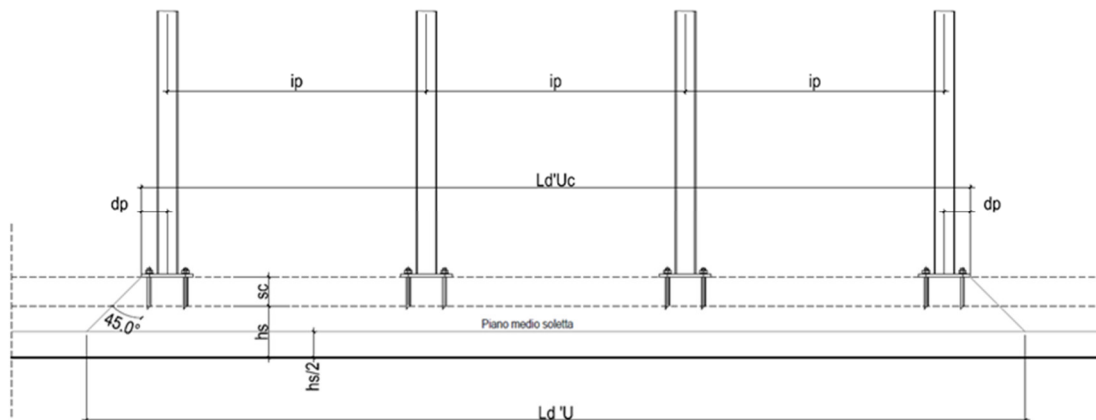


Figura 11-Lunghezza di diffusione delle sollecitazione da urto

Ottenuta la lunghezza di diffusione, verrà divisa la somma delle sollecitazioni relativa ai 4 paletti per tale parametro geometrico.

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	31 di 35

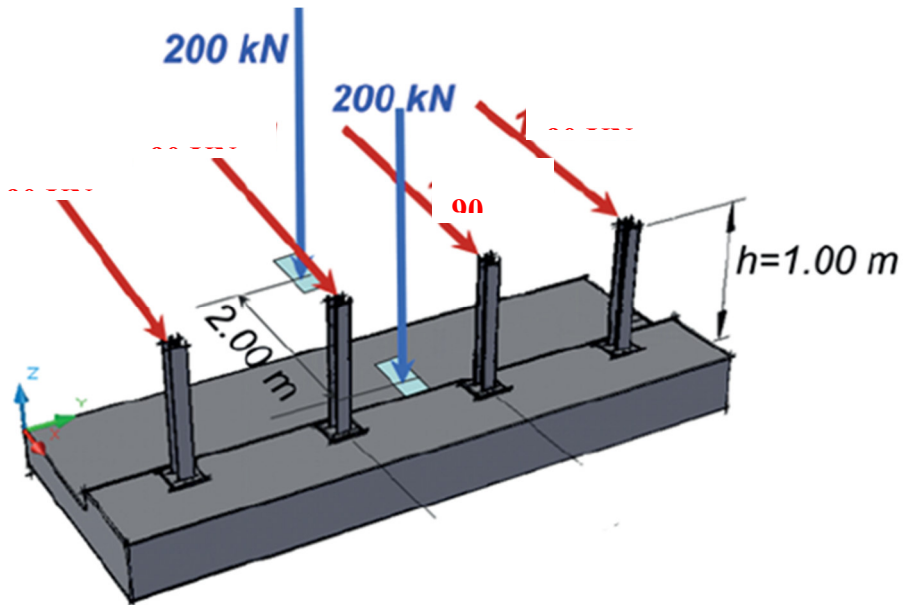



Figura 12-Azioni da urto

Nella tabella sono indicati i valori delle sollecitazioni ottenute

			Sezione A-A	
			N (KN/m)	M (KNm/m)
<u>Condizione di Carico</u>	ECC		70.04	78.2
<u>2</u>				

Tabella 23-Sollecitazioni sezione cordolo S3

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

1.4. Esito verifiche sezione del cordolo

Nel paragrafo seguente sarà riportato l'esito della verifica a tensoflessione del cordolo. La verifica sarà condotta, analiticamente, confrontando il momento sollecitante con il momento resistente funzione dello sforzo normale di progetto. Analogamente dal punto di vista grafico la verifica consiste nel controllare che la coppia di sollecitazione (N,M) sia all'interno del dominio resistente. Il dominio M-N è stato costruito a partire dalle ipotesi elencate nel paragrafo 12.1 e dai seguenti dati, geometrici e meccanici, di input:

- Caratteristiche meccaniche CLS

Classe di Resistenza

- - -

Rif. 4.1.2.1 e 11.2.10 NTC

Valore caratteristico della resistenza a compressione cubica a 28 gg:

$$R_{ck} = \boxed{45} \text{ MPa}$$

Valore caratteristico della resistenza a compressione cilindrica a 28 gg:

$$f_{ck} = \boxed{37.4} \text{ MPa} \quad (0,83 \cdot R_{ck})$$

Coefficiente parziale per le verifiche secondo comb. ECC.

$$\gamma_c = \mathbf{1.0} \quad (\text{o } \gamma_f \text{ CNR DT 204 §3.6.1})$$

Resistenza di calcolo a compressione per comb. ECC.

$$f_{cd} = \boxed{31.7} \text{ MPa} \quad (0,85 \cdot f_{ck} / \gamma_c)$$

- Caratteristiche meccaniche acciaio B450C

Tensione caratteristica di rottura:

$$f_{tk} = \boxed{540} \text{ MPa} \quad (\text{frattile al 5\%})$$

Tensione caratteristica allo snervamento:

$$f_{yk} = \boxed{450} \text{ MPa} \quad (\text{frattile al 5\%})$$

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	33 di 35

Coefficiente parziale per le verifiche secondo comb. ECC.

$$\gamma_c = 1,00$$

Per situazioni di carico eccezionali, tale valore va considerato pari ad 1,0

Resistenza di calcolo allo SLU:

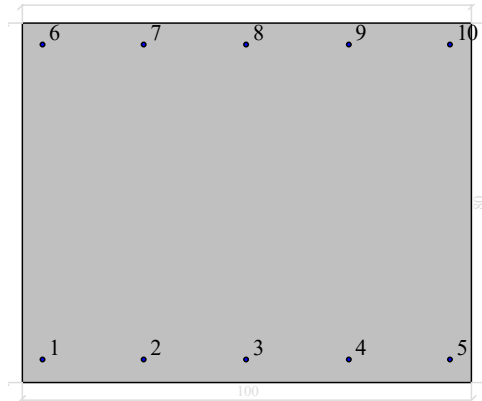
$$f_{yd} = 450,0 \text{ MPa} \quad (f_{yk}/\gamma_s)$$

Modulo di elasticità :

$$E_f = 210000 \text{ MPa}$$

- Valori geometrici sezione e armatura**

La sezione di verifica del cordolo sarà una sezione rettangolare con una base di 1m e un'altezza di 80cm. Le caratteristiche geometriche e le relative armature sono indicate nella Tabella 24.



Caratteristiche della sezione

B =	100	cm
H =	80	cm
c =	5	cm

Livelli di armatura superiore

	c(mm)	n°	φ (mm)	Af (cm ²)
A'1	50	5	14	7.70

Livelli di armatura inferiore

	c(mm)	n°	φ (mm)	Af (cm ²)
--	-------	----	--------	-----------------------

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO	NUOVO COLLEGAMENTO PALERMO – CATANIA TRATTA DITTAINO - CATENANUOVA PROGETTO DEFINITIVO VIABILITÀ					
	NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155: Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera bordo ponte	COMMESSA RS3E	LOTTO 50	CODIFICA D 29 RH	DOCUMENTO NV 01 00 002	REV. A

A1	50	5	14	7.70
----	----	---	----	------

Tabella 24-Caratteristiche geometriche e armature cordolo

- **Esito verifica**

Mx(KN*m)	My(KN*m)	N(KN)	Mxu(KN*m)	Myu(KN*m)	Nu(KN)	c.s.
78.20	0.00	70.00	190.58	170	170.60	2.44

Tabella 25-Esito verifica

Dalla tabella sopra riportata si evince che la verifica risulta soddisfatta; nello specifico il fattore di sicurezza (C.S) dato dal rapporto tra momento resistente e momento sollecitante è maggiore dell'unità. Viene inoltre riportato , nella Figura 13, il dominio resistente della sezione del cordolo e la coppia sollecitante.

NV01 - Adeguamento S.P. 75 - km 0+155:
Relazione di calcolo cordolo di fondazione barriera
bordo ponte

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3E	50	D 29 RH	NV 01 00 002	A	35 di 35

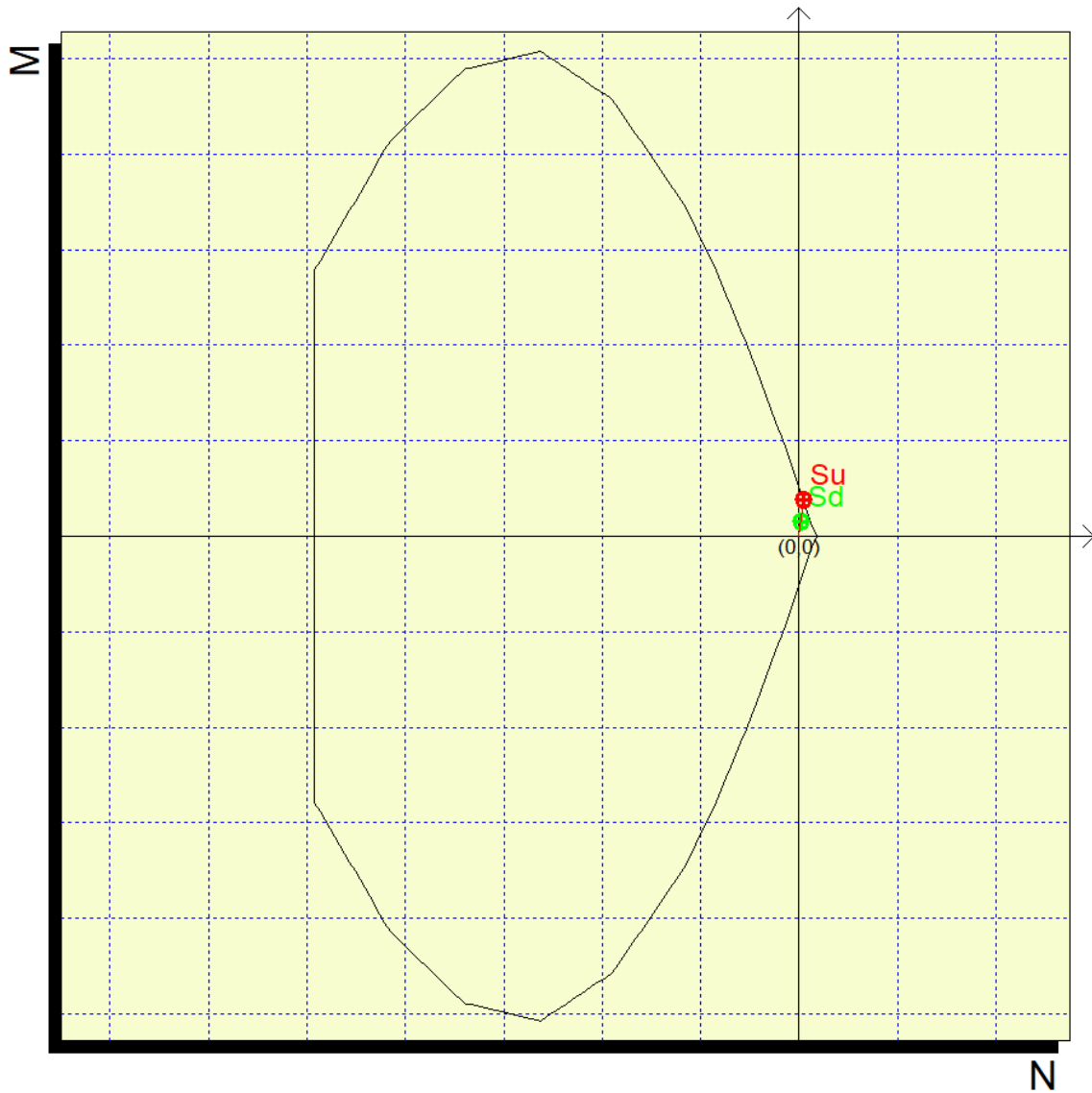


Figura 13-Dominio M-N della sezione del cordolo