



COMUNE DI SERINO

(Provincia di Avellino)



Messa in sicurezza della strada Turistica
per il Monte Terminio ex SS.574 - 2°lotto

CUP: E47H24001890002

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA
art. 41 D.Lgs n. 36/2023

ELABORATO : RTE_PON_01_Relazione_tecnica_cordolo

VISTI ED APPROVAZIONI

Approvazione PFTE : D.G.M. n.209 del 17/12/2024

Provincia di Avellino N.O. : 13/12/2024

Validazione RUP : Verbale prot. n.12876 del 17/12/2024

Aggiornamento economico : Determina n. 228/2026

SCALA:

DATA: dicembre 2024

AGG: agosto 2026

RUOLI TECNICI-AMMINISTRATIVI

ANNO 2024

PROGETTISTA PFTE : dott. ing. Antonio Ragano

R.U.P. PFTE : geom. Alfonso Moscariello

ANNO 2026

PROGETTISTA PFTE : dott. ing. Antonio Ragano

R.U.P. PFTE : dott. ing. Vincenza Amoroso

Responsabile IV Settore Tecnico
dott. ing. Vincenza Amoroso

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 ponte "Matrunolo" sul fiume "Sabato" lungo la SS 574 nel tratto compreso tra le progressive km 5+437.00 circa progr. Km 5+530.00 circa.

1. DESCRIZIONE GENERALE DELL'OPERA

Di seguito si descrivono le verifiche dei cordoli in c.a. bordo ponte alle azioni trasmesse dalle barriere laterali. La configurazione strutturale della barriera da installare sui bordi dei viadotti è del tipo H2 (figura 1).

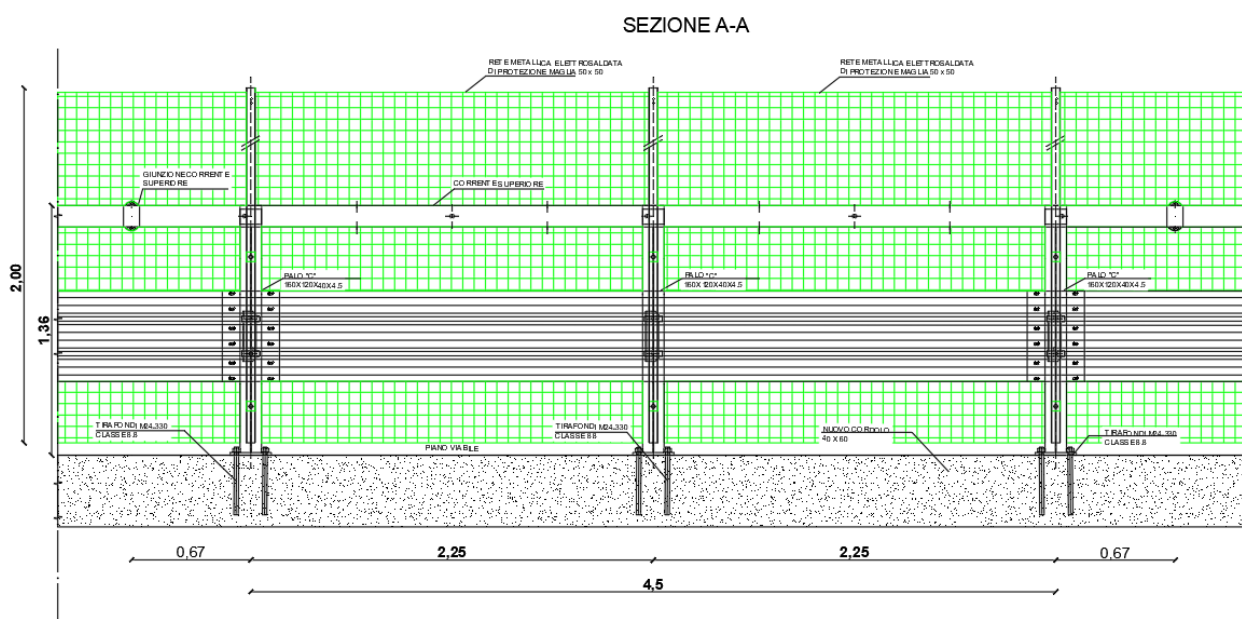


Figura 1 - Barriera tipo H2 bordo ponte con nastro a tripla onda

Lo studio oggetto di questa relazione di calcolo si inserisce tra le valutazioni strutturali necessarie per le opere di manutenzione del predetto ponte che presenta segni di degrado e, quindi, necessita di interventi di rinforzo e/o sostituzione di alcuni elementi resistenti.

Uno degli elementi che presentano spesso segni di degrado del calcestruzzo dovute all'esposizione del materiale a sali disgelanti, agenti chimici inquinanti prodotti dalla circolazione stradale e/o a cicli gelo-disgelo è il cordolo in c.a. che ospita la barriera di sicurezza. Segni tipici di degrado sono un deterioramento superficiale diffuso del calcestruzzo con perdita di copriferro per le armature, eventuale esposizione all'atmosfera esterna delle stesse con ossidazione dell'acciaio e riduzione della sezione resistente.

La necessità di ripristinare le condizioni di sicurezza per la barriera stradale rende spesso necessario il completo rifacimento del cordolo.

La geometria tipica dell'intervento è illustrata nella figura seguente. Ai sensi del Decreto Ministeriale 17.1.2018 §8.4.1 e della Circolare n. 7 del 21.01.2019 §C8.4.1, l'intervento si configura come locale, quindi la sezione di analisi è limitata al solo cordolo.

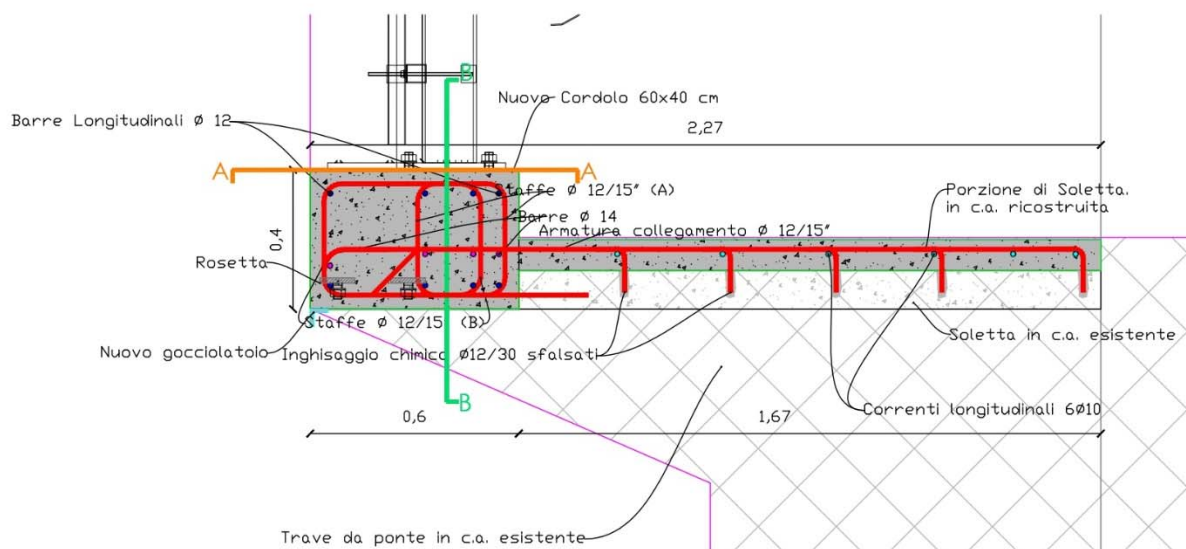


Figura 2: Cordolo in calcestruzzo armato, zona di intervento locale

Nella verifica dell'elemento strutturale di bordo ponte, in particolare delle parti di esso direttamente interessate dall'installazione del sicurvias (cordolo), possono essere considerate le sollecitazioni trasmesse dalla barriera considerando il momento plastico che il montante della barriera metallica di sicurezza può fornire o considerando un'azione di 100 kN applicata ad un'altezza dal piano di marcia h . Tale approccio ottempera quanto previsto dal § 4.7.3.3 della UNI EN 1991-2 così come emendato dall'appendice nazionale (G.U. 27 Marzo 2013, DM 31/07/2012). Tale metodologia è applicabile in quando in fase di progetto si conosce già il dispositivo di ritenuta da installare e le sue caratteristiche geometriche e meccaniche.

La scelta del sicurvias è stata, altresì, correlata ai criteri di sicurezza derivanti dall'analisi approfondita dei seguenti ulteriori fattori:

- caratteristiche e collocazione del manufatto rispetto al tipo ed importanza dell'attraversamento e delle zone da proteggere da eventuali situazioni di pericolo derivanti da veicoli in svio;
- sezione stradale;
- velocità di progetto;
- tipologia di traffico veicolare.

In relazione a quanto innanzi esposto la scelta è stata operata, conformemente a quanto disposto dal D.M. n° 223 del 18/02/1992 e successivo del 21/06/2004, tenendo presente i seguenti fattori:

- caratteristiche della strada di progetto;
- traffico;

- velocità di progetto;
- livello di contenimento.

L'ancoraggio dei montanti della barriera all'elemento strutturale del bordo ponte è previsto a mezzo di:

- n. 4 tirafondi M24 classe 8.8 di lunghezza 360 mm, spinti nel cordolo di calcestruzzo armato per una profondità di infissione di 300 mm;

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 8 cm per una larghezza di 2,00 m a partire dal filo interno dei cordoli, per tutta l'estensione del viadotto, così come riportato negli elaborati grafici riportati.

Terminate le operazioni di demolizione si procederà al ripristino della soletta, per uno spessore di 8 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 e, successivamente, alla posa in opera di una nuova barriera bordoponte.

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.

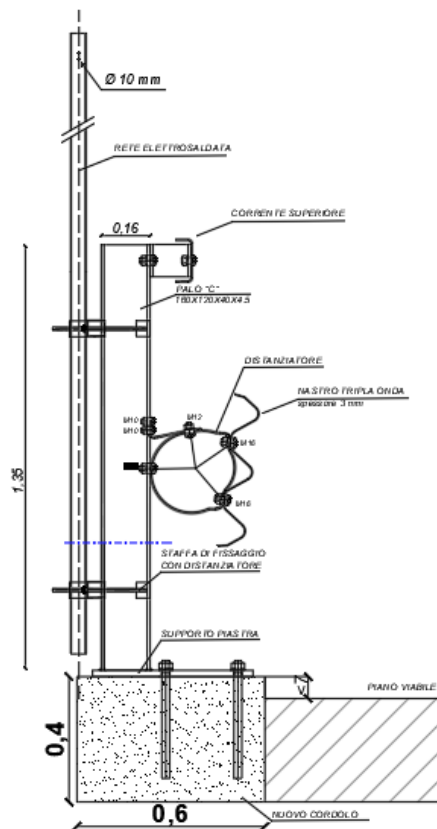


Figura 3 - Sezione impalcato con evidenza dell'intervento di ricostruzione

1.1. 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 NTC2018: nel caso specifico la categoria di interventi in cui ricade il ponte è quella di cui al paragrafo 8.4.1 "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.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le verifiche di sicurezza sono effettuate nel rispetto delle seguenti norme:

- **D.M. Infrastrutture Trasporti 17 gennaio 2018** (G.U. 20/02/2018 n.42 – Suppl. Ord. n.8) "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni".

Inoltre, in mancanza di specifiche indicazioni, ad integrazione della norma precedente e per quanto con esse non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nelle seguenti norme:

- **Circolare 21 gennaio 2009, n.7 del ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti** (G.U. 11 febbraio 2019 n.35 – Suppl. Ord.)

“Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle “Norme Tecniche delle Costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.

- **Legge 5 novembre 1971 n. 1086** (G.U. 21 dicembre 1971 n.321)

“Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.

- **Eurocodice 0** – *“Criteri generali di progettazione strutturale – EN1990.*

- **Eurocodice 1** – *Azioni sulle strutture*

UNI EN 1991-1-7:2006 Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali

UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Carichi da traffico sui ponti

- **Eurocodice 2** – *Progettazione delle strutture in calcestruzzo*

UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi

- **ETAG 001: 1997.** *Linee guida per il B.T.E di ancoranti metallici da utilizzare nel calcestruzzo - Così come recepite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici*
- *fib Model Code for Concrete Structures 2010 (MC2010)*
- *ACI Manual of Concrete Practice 2010 Part 3*
- **CNR DT204/2006** – *Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Fibrorinforzato*
- **UNI EN 14651** – *Metodo di prova per calcestruzzo con fibre metalliche – Misurazione della resistenza a trazione per flessione [limite di proporzionalità (LOP), resistenza residua].*
- **Eurocodice 3** – *“Progettazione delle strutture in acciaio” – ENV 1993-1-1*

Per la verifica dell’ancoraggio chimico, che non viene esplicitamente regolata dalle NTC 2018, si è fatto riferimento a quanto fornito dall’ETA (European Technical Approval) attraverso l’ETAG 001.

3. CARATTERISTICHE MATERIALI

Calcestruzzo

Calcestruzzo di classe C50/60:

- $f_{ck} = 50.0 \text{ N/mm}^2$;
- $f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 4.07 \text{ N/mm}^2$;
- $f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.85 \text{ N/mm}^2$;

- $f_{bk} = 2.25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctk} = 4.49 \frac{N}{mm^2}$ con $\eta = 0.7$;
- $\gamma_c = 1.0$ (trattandosi di una verifica per situazioni eccezionali);
- $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{cd}/\gamma_c = 0.85 \cdot 50/1.0 = 42.5 N/mm^2$;
- $f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c} = 4.49 \frac{N}{mm^2}$.

Acciaio

Barre di classe B450C:

- $f_{yk} = 450.0 N/mm^2$;
- $\gamma_s = 1.0$ (trattandosi di una verifica per situazioni eccezionali);
- $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 450/1.00 = 450.0 N/mm^2$.

Tirafondi piastra di fondazione barriera di sicurezza

Tirafondi M24 di classe 8.8:

- $f_{yb} = 640 N/mm^2$;
- $f_{tb} = 800 N/mm^2$.

4. ANALISI DEI CARICHI

Ai sensi del § 5.1.3.10 “Urto di veicolo in svio” delle NTC “I sicurvia e gli elementi strutturali ai quali sono collegati sono dimensionati in funzione della classe di contenimento richiesta per l'impiego specifico (D.M. 21-06-04 n.2367)”.

I carichi secondo cui deve essere calcolato/verificato il cordolo sono:

- Peso proprio dell'elemento (g_1)
- Carichi permanenti (g_2)
- Pavimentazione (g_{2pav})
- Parapetto (g_{2par})
- Guardrail (g_{2g})

Sempre il § 5.1.3.10 recita “Per altri elementi si può fare riferimento al § 3.6.3.3.2”, ovvero “In assenza di specifiche prescrizioni, nel progetto strutturale dei ponti si può tenere conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN. Esse deve essere considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 100 mm sotto la sommità dell'elemento o 1.0 m sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo. Questa forza deve essere applicata su una linea lunga 0.5 m”

Tenuto conto delle indicazioni del punto § 3.6.3.3.2 delle NTC08 e delle indicazioni del § 4.7.3.3 della UNI EN 1991-2 (appendice nazionale G.U. 27-03-2013, DM 31-07-2012), è possibile valutare l'azione d'urto secondo due approcci:

- Considerando un'azione di 100 kN applicata ad una altezza dal piano di marcia h (definita come la minore tra 1.0 m e l'altezza della barriera depurata di 100 mm);
- Considerando il momento plastico che il montante della barriera metallica di sicurezza può offrire.

In particolare, occorre considerare un carico orizzontale Q_{urto} pari a 100 kN “in assenza di specifiche prescrizioni”, ovvero quando non si conoscono in fase di progetto del cordolo le caratteristiche geometriche della barriera che dovrà essere installata. In alternativa, a descrizione del progettista è possibile utilizzare come azione di progetto il momento di plasticizzazione del montante solo quando sia certo il tipo di barriera da installare.

Nel caso in esame si fa riferimento alle caratteristiche di resistenza della barriera H2 con sezione del montante a C con le dimensioni che compaiono nella figura seguente ($H=160$ mm, $B=120$ mm, $C=40$ mm, $s=4.5$ mm). L'acciaio è di tipo S275.

La sezione è classificata come di classe 1 secondo il § 4.2.3.1 delle NTC08 e il § C4.2.4.1.3.4.2 come si ricava dalle verifiche seguenti:

Elementi di anima interni soggetti a flessione (anima sezione a C):

$$c/t = 127/4.5 = 28.22 < 72\varepsilon = 72 \times 0.92 = 66.24 \text{ (Classe 1, Tabella 5.2 EN 1993-1-1)}$$

Elementi di flangia interni soggetti a compressione (flangia superiore sezione a C):

$$c/t = 87/4.5 = 19.33 < 33\varepsilon = 33 \times 0.92 = 30.36 \text{ (Classe 1, Tabella 5.2 EN 1993-1-1)}$$

Elementi di ala sporgenti soggetti a flessione (elemento superiore sezione a C):

$$c/t = 23.5/4.5 = 5.22 < 9\varepsilon = 9 \times 0.92 = 8.28 \text{ (Classe 1, Tabella 5.2 EN 1993-1-1)}$$

Essendo la sezione classificata di classe 1, i valori caratteristici della tipologia “Barriera tripla onda bordo ponte H2” vengono di seguito così riportati:

- Profilo montante: Sezione a C;
- Dimensione montante: $B=160$ mm; $H=120$ mm; $C=40$ mm; $s=4.5$ mm;
- Materiale: S275JR
- Resistenza acciaio: 275 Mpa
- $W_{plastico}$: 128.07 cm³
- $M_{plastico}$: 35.22 kNm
- $M_{amplificato}$: 52.83 kNm
- $V_{plastico}$: 137.2 kNm
- $V_{amplificato}$: 205.8 kNm

Al valore del momento plastico così calcolato corrisponde una forza di urto orizzontale (H_{urto}) da applicare a 1 metro dalla superficie di transito del traffico stradale. Si assume che la sezione resistente di riferimento della barriera sia posta a 45 cm dalla superficie della pavimentazione. Questa posizione infatti corrisponde all'inizio degli irrigidimenti di collegamento tra il montante della barriera e la piastra di base in acciaio e rappresenta la sezione più debole del montante dove è molto probabile che si possa concentrare la sua rottura. La forza di urto ha un braccio di 45 cm rispetto alla sezione di riferimento su cui si instaura il momento resistente pari a $M_{ampi} = 52.83 \text{ kNm}$. La forza d'urto corrispondente ha quindi valore pari a $H_{urto} = M_{ampi}/0.55 = 96.05 \text{ kN}$.

I carichi di peso proprio e permanente che debbono essere in generale considerati riguardano il peso proprio del cordolo, della soletta, della pavimentazione, nonché il peso della barriera. Per la determinazione di tali quantità si considera il peso specifico del calcestruzzo γ_{cls} pari a 25 kN/m^3 e un peso proprio della pavimentazione pari a 14 kN/m^3 , mentre il peso proprio delle barriere di sicurezza è stato assunto, pari a 1.0 kN/m .

Oltre al peso proprio della struttura occorre considerare la presenza dello Schema di Carico 2 previsto nelle NTC18, costituito da due impronte di carico di dimensioni $0.35 \times 0.6 \text{ m}$ su ciascuna delle quali è applicata una forza di 200 kN .

5. COMBINAZIONI DI CARICO

Si è definita una combinazione di carico eccezionale agli SLU (Stati Limite Ultimi) che prevede la presenza dei carichi del peso proprio (G_1), di carichi permanenti (G_2) con valore caratteristico e dell'azione eccezionale dell'urto (A_d):

Tali azioni, essendo azioni eccezionali, sono caratterizzate da coefficienti di sicurezza dei materiali unitari secondo quanto riportato al § 4.1.4. delle NTC2018 e da coefficienti di amplificazione dei carichi unitari secondo quanto riportato al § 2.5.3.

Di seguito si riporta la combinazione eccezionale, così come definita al punto 2.5.3 del D.M. 17 gennaio 2018, prevede:

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

Dove:

- G_1 è il valore caratteristico delle azioni permanenti strutturali;
- G_2 è il valore caratteristico delle azioni permanenti non strutturali;
- P è il valore caratteristico delle azioni di precompressione (se presenti);
- Q_{k1} è il valore caratteristico dell'azione variabile dominante;
- A è il valore caratteristico dell'azione eccezionale;
- Q_{ki} è il valore caratteristico delle azioni variabili che possono agire contemporaneamente con quella dominante (se presenti);
- Ψ_{0i} è il coefficiente di combinazione che tiene conto di azioni variabili concomitanti ($\Psi_{0i} = 0.5$ per azione neve a quota $\leq 1000 \text{ m s.l.m.}$; $\Psi_{0i} = 0.7$ per azione neve a quota $> 1000 \text{ m s.l.m}$ per variazioni termiche).

6. DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE DI SICUREZZA DEL CORDOLO DI BORDO PONTE

L'azione che il singolo montante trasferisce agli ancoraggi ed al cordolo è da ricercare tra le massime azioni che il sistema montante-ancoraggio è in grado di trasferire durante l'urto.

Il comportamento della barriera sotto l'effetto dell'urto di un veicolo, come noto, risulta molto complesso. Durante l'impulso la barriera si deforma considerevolmente, i montanti si plasticizzano dando luogo ad una tipica configurazione a catenaria che costituisce il reale dispositivo di ritenuta. Al fine di valutare l'effettivo trasferimento di sollecitazioni alle strutture sottostanti è necessario, pertanto, individuare la resistenza ultima del montante in acciaio.

L'azione che il singolo montante trasferisce agli ancoraggi, al cordolo ed infine alla soletta è pertanto pari al momento di plasticizzazione del montante della barriera di sicurezza incrementato di un fattore di una sovra resistenza pari a 1.5 (paragrafo 4.7.3.3 dell'UNI EN 1991-2 come emendato dal documento di applicazione nazionale pubblicato in G.U. 27 Marzo 2013, decreto ministeriale 31/07/2012).

Ricercando una azione che sarà utilizzata per sollecitare le strutture esistenti occorre porre l'attenzione sulle caratteristiche di resistenza che forniscono i massimi valori. Verrà trattato il caso di barriere bordo ponte di classe H2.

La base del montante è costituita da una piastra in acciaio ancorata al calcestruzzo a mezzo di quattro tasselli ad alta resistenza inghisati con resine epossidiche.

La resistenza degli ancoraggi è influenzata dalle caratteristiche del materiale di supporto, il calcestruzzo del cordolo nel nostro caso.

Nella figura seguente sono riportate le caratteristiche geometriche della piastra di ancoraggio della BARRIERA TRIPLA ONDA BORDO PONTE CLASSE H2 [ANAS H2BP SM] ed i relativi tasselli, con l'avvertenza che si prevedranno, nel caso oggetto dell'intervento, lunghezze di ancoraggio dei tirafondi pari a 300 mm.

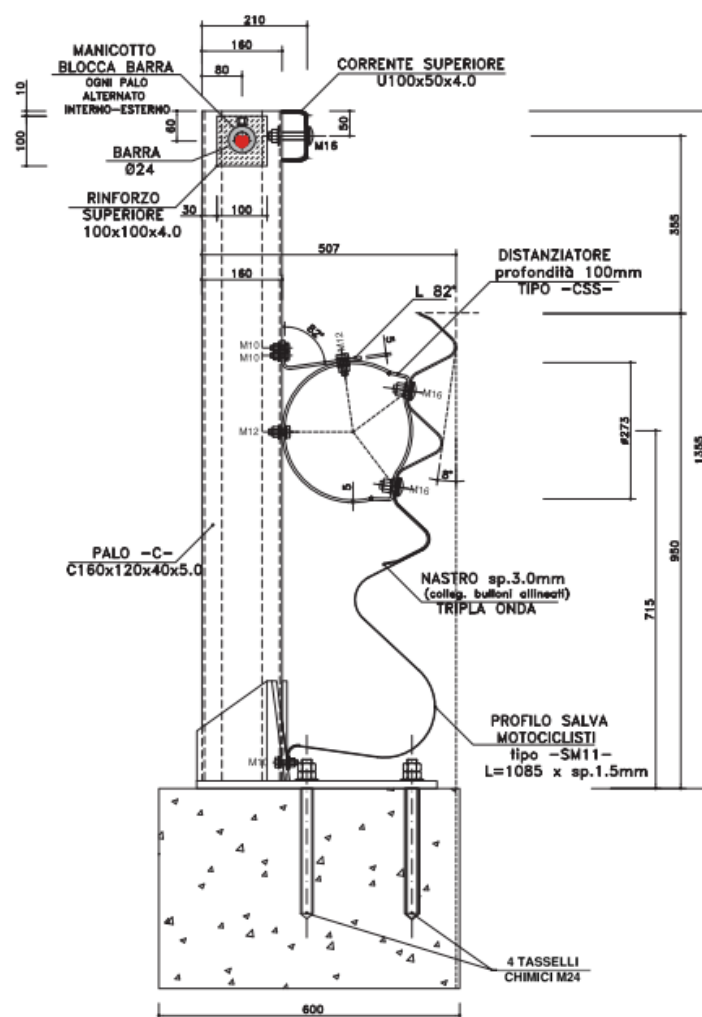


Figura 4 - Sezione barriera tripla onda bordo ponte classe H2

Nella verifica dell'elemento strutturale di bordo ponte, in particolare delle parti di esso direttamente interessate dall'installazione dei sicurvia (cordolo), vengono considerate le sollecitazioni massime trasmesse dalla barriera, considerando il momento plastico che il montante della barriera metallica di sicurezza può fornire. Tale approccio ottempera quanto previsto dal § 4.7.3.3 della UNI EN 1991-2 così come emendato dall'appendice nazionale (G.U. 27 Marzo 2013, DM 31/07/2012). Tale metodologia è applicabile in quando in fase di progetto si conosce già il dispositivo di ritenuta da installare e le sue caratteristiche geometriche e meccaniche.

È evidente che tale momento da urto non viene impiegato per effettuare la verifica del montante, ma per determinare l'azione massima di sollecitazione proveniente dalla barriera.

L'azione da taglio trasferibile alla base del montante ($F_{H,urto}$) non è altro che la forza in grado di generare il momento plastico (M_{urto}) calcolato per ciascun montante considerando un braccio di 0.55 m, pari a $F_{H,urto}=96.05$ kN.

Le verifiche locali previste riguardano:

1. sollecitazioni di taglio scorrimento per effetto dell'azione da urto (connessione del cordolo alla soletta);

2. ribaltamento del cordolo per effetto del momento indotto dall'urto (connessione del cordolo alla soletta);
3. verifiche locali relative agli ancoraggi cordolo-barriera (combinazione eccezionale).

Si prevede la realizzazione di connessione secondo lo schema riportato in figura 6, mediante la realizzazione di connessioni “ad L rovescio”, inghisate nella soletta con ancorante chimico ed annegate nel calcestruzzo all'interno del cordolo, lavorando per aderenza.

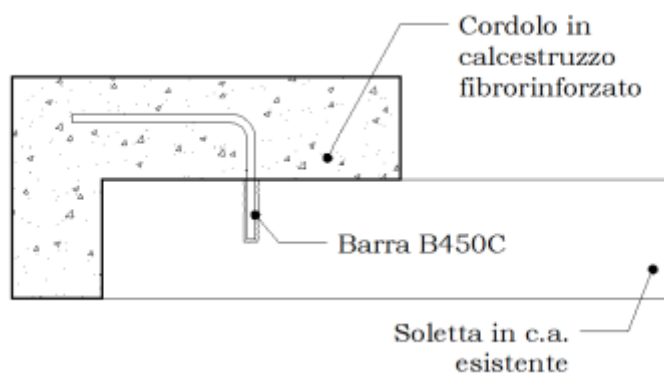


Figura 5 - Esempio di collegamento con barra verticale B450C