

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

AMPLIAMENTO ALLA TERZA CORSIA DEL TRATTO RIMINI NORD-PEDASO

TRATTO: CATTOLICA - FANO

OPERE COMPENSATIVE COMUNE DI PESARO

PROGETTO DEFINITIVO

NUOVO SVINCOLO DI PESARO SUD

OPERE COMPLEMENTARI
BARRIERE DI SICUREZZA

RELAZIONE TECNICA

IL RESPONSABILE PROGETTAZIONE SPECIALISTICA Ing. Lorenzo Bartolini Ord. Ingg. Milano N.A22921 RESPONSABILE UFFICIO ATA	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Michele Angelo Parrella Ord. Ingg. Avellino N.933 CAPO COMMESSA/PROJECT ENGINEER	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Maurizio Torresi Ord. Ingg. Milano N. 16492 RESPONSABILE DIREZIONE OPERATIVA TECNICA E PROGETTAZIONE
---	--	---

WBS	RIFERIMENTO ELABORATO							DATA: MARZO 2015	REVISIONE									
	DIRETTORIO			FILE					n.	data								
—	codice commessa	N.Prog.	unita'	ufficio	n. progressivo	Rev.												
—	1	1	1	4	3	1	0	1	STP	A	0	0	5	0	—	—		

 ingegneria europea	PIANIFICAZIONE COMMESSE Ing. Massimiliano Giacobbi Ord. Ingg. Milano N. 20746	ELABORAZIONE GRAFICA A CURA DI :	
		ELABORAZIONE PROGETTUALE A CURA DI :	Ing. Andrea Ricciardi
CONSULENZA A CURA DI :	—	IL RESPONSABILE UNITA' STP :	Ing. Andrea Tanzi Ord. Ingg. Parma N.1154

	VISTO DEL COMMITTENTE  Geom. Mauro MORETTI	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti <small>DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI</small>
--	--	--

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	SCOPO DEL LAVORO E LIMITI DI INTERVENTO	3
3	ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO	4
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	5
5	SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA	6
6	CORPO AUTOSTRADALE, SVINCOLO E RELATIVE RAMPE.....	7
6.1	BARRIERE SPARTITRAFFICO (MARGINE INTERNO).....	8
6.2	BARRIERE PER BORDO LATERALE IN SEDE NATURALE.....	11
6.2.1	<i>Definizione del tipo e della classe delle barriere</i>	<i>11</i>
6.2.2	<i>Modalità d’installazione delle barriere per bordo laterale</i>	<i>12</i>
6.3	BARRIERE PER IL BORDO LATERALE DELLE OPERE D’ARTE	14
6.3.1	<i>Definizione del tipo e della classe delle barriere</i>	<i>14</i>
6.3.2	<i>Modalità d’installazione delle barriere per i bordi laterali delle opere d’arte</i>	<i>15</i>
6.4	BARRIERE IN CORRISPONDENZA DI OSTACOLI	17
6.4.1	<i>Ostacoli sul bordo laterale</i>	<i>17</i>
6.4.2	<i>Protezioni muri di controripa</i>	<i>19</i>
6.5	ELEMENTI DI PROTEZIONE COMPLEMENTARI	21
6.5.1	<i>Transizioni</i>	<i>21</i>
6.5.2	<i>Terminali</i>	<i>22</i>
6.5.3	<i>Cuspidi e attenuatori d’urto.....</i>	<i>23</i>
6.5.4	<i>Dispositivi amovibili per varchi in spartitraffico.....</i>	<i>24</i>
6.6	RETI DI PROTEZIONE	25
APPENDICE	26	
	DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO DEI TERMINALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN CORRISPONDENZA DEI MURI DI CONTRORIPA	27

1 PREMESSA

Il presente documento è riferito al progetto delle barriere di sicurezza del nuovo Svincolo di Pesaro Sud, facente parte delle opere compensative di Pesaro previste nell'ambito del progetto di adeguamento alla 3° corsia del tratto Cattolica – Fano.

Il progetto definisce la tipologia delle barriere da installare lungo i tratti stradali citati, all'interno dei confini di intervento precisati nel capitolo 2, ed individua le relative modalità di installazione in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente richiamata al capitolo 4.

Per definire le soluzioni tecniche alla base del presente progetto, il Progettista ha preso a riferimento le principali tipologie di barriere, installabili secondo normativa vigente, presenti sul mercato. Quanto rappresentato negli elaborati del progetto delle barriere di sicurezza rappresenta pertanto una esemplificazione atta a definire compiutamente il progetto.

La presente relazione è redatta conformemente a quanto richiesto dall'art. 2 del Decreto 18 febbraio 1992 n. 223.

2 SCOPO DEL LAVORO E LIMITI DI INTERVENTO

Come già anticipato in premessa il presente documento è riferito al progetto delle barriere di sicurezza del nuovo Svincolo di Pesaro Sud, facente parte delle opere compensative di Pesaro previste nell'ambito del progetto di adeguamento alla 3° corsia del tratto Cattolica – Fano.

In particolare, il progetto prevede:

- la nuova stazione e svincolo si Pesaro sud a schema parziale a servizio del tratto Sud dell'Autostrada A14, con collegamento esclusivamente "da" e "per" Ancona. La versione ridotta prevede una rampa monodirezionale di entrata in direzione Sud e una di uscita in direzione Nord. Le restanti manovre sono servite dall'esistente svincolo di "Pesaro-Urbino";
- il casello, posto a Nord dell'Autostrada, si connette direttamente alla rotatoria Sud della "Strada Interquartieri" di Pesaro (via Sandro Pertini), di recente realizzazione e di cui è previsto il potenziamento nell'ambito delle opere compensative di Pesaro.

- per ricavare la corsia di decelerazione si è reso necessario un intervento sull'asse della A14 che prevede lo spostamento verso Sud della piattaforma autostradale; la variante autostradale si estende dal km 161+080 al km 162+148 ed è strettamente vincolata dai due viadotti presenti nel tratto in questione: il Viadotto di santa Veneranda e il Viadotto Colombaraccia.

I dispositivi di protezione si estendono oltre i confini delle zone d'intervento per garantire la protezione dei montanti verticali ubicati fuori lotto, e in particolare del nuovo portale PMV in itinere e dei portali a bandiera e monopalo di segnaletica di preavviso di svincolo.

Gli esatti confini dell'area d'intervento per il progetto delle barriere di sicurezza sono riportati nelle relative planimetrie di progetto.

3 ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Per lo sviluppo del progetto sono state effettuate le attività preliminari di acquisizione dei seguenti dati contenuti all'interno degli elaborati di progetto relativi all'andamento plano-altimetrico, alle sezioni tipo e alle sezioni correnti:

- altezza dei rilevati, pendenza delle scarpate e larghezza degli arginelli;
- caratteristiche geometriche dei cordoli di bordo delle opere d'arte (ponti, sottovia, tombini);
- ostacoli lungo il bordo della strada (barriere acustiche, cartelli di segnaletica, pali d'illuminazione, manufatti vari, ecc.).

Nello sviluppo del progetto delle barriere sono state svolte le seguenti attività:

- a) definizione della classe minima delle barriere di sicurezza per i diversi elementi infrastrutturali presenti in progetto;
- b) definizione delle modalità d'installazione dei diversi tipi di barriera previsti, in funzione delle caratteristiche costruttive dei bordi stradali e delle opere d'arte nonché della presenza di barriere antifoniche o altri ostacoli a bordo strada.

Il progetto è corredato dai seguenti elaborati grafici:

- Planimetria stato attuale e rimozioni delle barriere esistenti;
- Planimetrie di progetto delle barriere di sicurezza;
- tipologici barriere e reti di protezione;
- Schemi di installazione;
- Tipologici dispositivi complementari.

4 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

A1. Direttiva del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 3065 del 25.08.2004.

“Direttiva sui criteri di progettazione, installazione, verifica e manutenzione dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”.

A2. D.M. 21 giugno 2004 (G.U. n. 182 del 05.08.04).

“Aggiornamento alle istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale”.

A3. D.M. 18 febbraio 1992, n. 223. (G:U: n. 63 del 16.03.92).

Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l’omologazione e l’impiego delle barriere stradali di sicurezza.

A4. D. Lg.vo n. 285/92 e s.m.i..

Nuovo codice della Strada.

A5. D.P.R. n. 495/92 e s.m.i..

Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada.

A6. D.M. 5 novembre 2001, n. 6792.

Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade.

A7. Autostrade per l’Italia - Spea

“Monografia di progetto n. 2 BARRIERE DI SICUREZZA”, Rev. Maggio 2012.

A8. Circolare Ministero dei Trasporti del 15.11.2007 “Scadenza della validità delle omologazioni delle barriere di sicurezza rilasciate ai sensi delle norme antecedenti il D.M. 21.06.2004”.

- A9. Circolare Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21.07.2010 “Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”.
- A10. Norme UNI EN 1317 “Barriere di sicurezza stradali”:
- UNI EN 1317-1:2010: "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova";
 - UNI EN 1317-2:2010: "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 2: Classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari";
 - UNI EN 1317-3:2010: "Sistemi di ritenuta stradali - Parte 3: Classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto";
 - UNI ENV 1317-4:2003 “Barriere di sicurezza stradali- Classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d’urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza”;
 - UNI EN 1317-5:2012 “Sistemi di ritenuta stradali - Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli”.

- A11. DM 28.06.2011 (Gun. 233 del 06.10.2011)

"Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale".

5 SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA

Le soluzioni progettuali esposte nei documenti di progetto sono dimensionate e verificate in relazione alle principali tipologie di barriere installabili secondo normativa presenti sul mercato.

Dato che il progetto riguarda l’installazione di manufatti prefabbricati e che le caratteristiche dei supporti (arginelli, cordoli di opere d’arte, testa dei muri di sostegno) influenzano le modalità d’installazione dei manufatti stessi, non potendo prescrivere in progetto l’impiego di prodotti commerciali specifici, si è operato secondo il criterio di seguito precisato:

tutte le soluzioni previste in progetto sono state studiate in modo da essere adeguate alle caratteristiche di almeno due barriere installabili secondo normativa presenti sul mercato. Pertanto, si precisa che laddove i disegni e i dettagli costruttivi costituenti il progetto delle barriere fanno riferimento alle caratteristiche costruttive di specifici modelli di barriere, questi hanno un valore puramente indicativo, utile solo ad identificare la soluzione progettuale proposta. Nei casi in cui i

criteri progettuali fanno riferimento alla larghezza operativa W (vedi Norma EN 1317-2), questa deve essere intesa in maniera conforme al significato attribuito ad oggi a tale grandezza dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ai fini dell'omologazione dei dispositivi di ritenuta e a quanto indicato nel doc. in rif. A9, ossia come lo spazio occupato in condizioni dinamiche dal complesso barriera-veicolo; quindi, di fatto, come la grandezza maggiore tra la massima posizione laterale della barriera e la massima posizione laterale del veicolo. Qualora tale definizione dovesse essere modificata, il requisito progettuale dovrà comunque intendersi riferito al maggiore tra i due valori misurati durante la prova d'urto.

A tal riguardo si precisa che in progetto, nel caso di protezione di ostacoli di altezza superiore al dispositivo di ritenuta, e che quindi possono essere interessati anche dal moto del veicolo durante l'urto si è fatto riferimento sempre alla larghezza operativa W , mentre nei restanti casi in cui invece l'ostacolo sia di altezza inferiore o uguale a quella della barriera di sicurezza, come nel caso di accoppiamento di due barriere in spartitraffico, si è fatto riferimento alla posizione laterale massima della barriera in condizioni dinamiche $Plb(din)$, ciò è in linea con quanto indicato nei doc. in rif. A7 e A9.

6 CORPO AUTOSTRADALE, SVINCOLO E RELATIVE RAMPE

La definizione delle classi minime delle barriere da adottare in progetto è stata operata, secondo quanto previsto dal D.M. 21.6.2004, in funzione della classe funzionale a cui appartiene la strada e della classe di traffico che la impegna. Il caso in esame riguarda il progetto delle barriere di sicurezza per un'autostrada (classe A secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "Nuovo Codice della Strada") e relative zone di svincolo. Nel tratto in esame risultano condizioni di traffico di tipo III secondo il D.M. del 21.06.2004, pertanto le classi minime di contenimento per le barriere da installare sono quelle indicate al terzo rigo della tabella seguente:

Tipo di strada	Traffico	Destinazione barriere		
		Barriere spartitraffico a	Barriere bordo laterale b	Barriere bordo ponte c
Autostrade (A) e strade extraurbane principali (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3-H4	H2-H3	H3-H4

Tabella 1: classi minime di contenimento ai sensi del DM 21.06.2004.

6.1 Barriere spartitraffico (margine interno)

Il caso in esame riguarda il progetto delle barriere di sicurezza per una strada di classe A (autostrada) secondo il D.L.vo 285/92. Come già detto in precedenza nel tratto in esame, sia in carreggiata nord, sia in quella sud, sono previste condizioni di traffico di tipo III secondo il D.M. del 21.06.2004. Infatti i valori di TGM sono molto maggiori di 1000 veicoli/giorno e la percentuale di veicoli pesanti è superiore al 15% indicato nella norma. Pertanto le classi minime di contenimento per le barriere da installare nello spartitraffico sono, ai sensi del citato D.M., H3 o H4.

La tipologia richiesta per le barriere da spartitraffico, anche per considerazioni di omogeneità con le soluzioni esistenti lungo i tratti di non intervento, è quella di barriere in calcestruzzo. I dispositivi impiegati dovranno essere preferibilmente caratterizzati da classe di severità A. Potranno essere adottate barriera con livello di severità d'urto B nel caso in cui non risultino disponibili dispositivi della classe di contenimento e del materiale previsti nonché con caratteristiche di deformazione compatibili con i requisiti progettuali, rientranti in classe di severità A.

La tipologia delle barriere previste per lo spartitraffico autostradale in sede naturale e sulle opere d'arte che non prevedono impalcati separati è quella di barriere in cls da spartitraffico di classe H4. In corrispondenza del tratto autostradale in curva dalla pk 161+275 alla pk 162+150, dove la sezione trasversale tipologica di progetto prevede l'impiego di un margine interno di larghezza 4.00m (salvo allargamenti per visibilità) associato a uno spartitraffico costante di 2.60m, è stata prevista la protezione mediante un dispositivo monofilare in cls di classe minima H4, associato a uno spartitraffico di larghezza 2.60m, e a una larghezza del margine interno variabile e minima di 4.00m.

L'impostazione progettuale è congruente con quanto previsto dal D.M. 21.06.2004, che per strade di classe A e condizioni di traffico III prevede l'adozione di barriere con classe di contenimento H3 o H4.

Coerentemente con quanto definito all'interno del documento *"Monografia di progetto n. 2 BARRIERE DI SICUREZZA, Autostrade per l'Italia - Spea Rev. Maggio 2012"* (rif. A7), dovrà essere garantito il contenimento del dispositivo in condizioni permanenti (statiche) all'interno del margine interno, mentre in condizioni istantanee (dinamiche) sarà ammessa un'invasione parziale della carreggiata da parte del veicolo ma non del dispositivo.

Conseguentemente dovranno essere previsti dispositivi che rispettino i seguenti requisiti progettuali:

- $2 \cdot W - L_b \leq L_{mi}(4,00m)$;
- $L_b \leq L_{sp}(2,60m)$;

dove:

- W = Larghezza operativa del dispositivo;
- L_b = Larghezza dispositivo;
- L_{mi} = Larghezza margine interno;
- L_{sp} = Larghezza spartitraffico.

Per maggiori chiarimenti si veda anche il dettaglio "J4m" all'interno dell'elaborato "tipologici barriere e reti di protezione" facente parte del presente progetto

Nei tratti a carreggiate sfalsate (da pk 161+050 a pk 161+275), dove la pendenza dello spartitraffico è superiore al 3.85% (corrispondente ad un dislivello massimo di 10cm), è stato previsto in progetto l'impiego di barriere in cls di tipo bordo ponte di classe minima H4 installate su cordoli in c.a. lato carreggiata alta, mentre lato carreggiata bassa di barriere in cls da spartitraffico di classe minima H4 e appoggiate direttamente sulla pavimentazione; i dispositivi impiegati dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- $P_{lb(din)} + L_{b1} \leq L_{sp} (2.60m)$;

dove:

- $P_{lb(din)}$ = Posizione laterale estrema del dispositivo durante l'urto (condizioni dinamiche);
- L_{b1} = Larghezza dispositivo sul lato opposto;
- L_{sp} = Larghezza spartitraffico.

Per maggiori chiarimenti si veda anche il dettaglio "J4r" all'interno dell'elaborato "tipologici barriere e reti di protezione" facente parte del presente progetto.

Con riferimento a tale dettaglio occorre però precisare che, non risultando ad oggi disponibili sul mercato dispositivi in cls da spartitraffico (appoggiati sulla pavimentazione) con tali requisiti progettuali, si è fatto riferimento a quanto chiarito dalla Circolare Ministeriale 21.07.2010 che prevede la possibilità che possano esistere elementi collocati all'interno della larghezza operativa delle barriere di sicurezza, andando a verificare che non si modifichino le severità d'urto per gli occupanti dei veicoli leggeri e le conseguenze dell'urto con veicolo pesante sull'elemento posto

all'interno della larghezza operativa. Al fine di verificare la prestazione delle soluzioni progettuali individuate è stato quindi condotto uno studio realizzato tramite l'utilizzo di metodi numerici basati sulla teoria degli elementi finiti sui dispositivi di Abesca denominati "NJBP" e "ET100".

Lo studio ha analizzato soltanto le conseguenze dell'urto di un veicolo pesante, dal quale è emerso che le conseguenze sull'elemento posto all'interno della larghezza operativa, rappresentato in questo caso dal dispositivo di ritenuta posto a protezione dell'altra carreggiata, non comportano né modifiche di funzionalità della barriera né modifiche sostanziali della dinamica di urto da parte del veicolo impattante. Con riferimento invece alle conseguenze dell'urto del veicolo leggero non è stata svolta alcuna analisi in quanto le installazioni previste sono sempre, in relazione alle caratteristiche dei suddetti dispositivi, tali da garantire uno spazio a tergo del dispositivo stesso compatibile con la deformazione associata all'urto dell'autovettura con cui si effettua la valutazione di ASI e THIV.

Le soluzioni proposte sono pertanto da ritenersi valide con riferimento ai dispositivi considerati; laddove l'Appaltatore nelle successive fasi progettuali intenda impiegare dispositivi diversi (ma comunque uguali per materiali, classi di contenimento e classi di severità rispetto a quelli previsti in progetto) dovrà, ai sensi di norma, ripetere gli approfondimenti e le verifiche con riferimento ai dispositivi effettivamente installati.

Per il collegamento della barriere in cls bifilari con le barriere monofilari si veda quanto rappresentato nella specifica transizione "T44JN" dell'elaborato "tipologici dispositivi complementari", facente parte del presente progetto.

6.2 Barriere per bordo laterale in sede naturale

6.2.1 Definizione del tipo e della classe delle barriere

Per la definizione dei livelli di contenimento si è fatto riferimento a quanto indicato dal D.M. 21.06.2004 per autostrade (classe A) e relative zone di svincolo in condizioni di traffico III. Di conseguenza, ai sensi del citato D.M., le classi di contenimento per le barriere da installare sono H2 o H3. In corrispondenza del piazzale di stazione, in linea con quanto indicato all'art.6 del D.M. 21.06.2004 per le pertinenze autostradali, sono state previste barriere di classe minima N2.

La tipologia delle barriere per bordo laterale è quella di barriere metalliche a nastri e a paletti infissi, caratterizzate da un livello di severità di classe A. Le barriere metalliche dovranno avere larghezza totale del dispositivo non inferiore a 30cm, per consentirne la corretta installazione in relazione alla presenza sul margine stradale di cordolature ed altri elementi facenti parte del sistema di smaltimento idraulico delle acque di piattaforma. Dovranno essere impiegati dispositivi con nastro longitudinale principale a tripla onda, in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia.

La protezione del rilevato verrà realizzata ponendo un tratto di barriera a monte delle zone da proteggere (al riguardo si veda quanto indicato in Tabella 2) normalmente non inferiore ai 2/3 della lunghezza minima di installazione (L_f , indicata nei certificati di crash test) e a valle non inferiore alla lunghezza di contatto (lunghezza del tratto interessato dall'urto nel crash con il mezzo pesante, indicata nei certificati di crash test). Nel caso nel tratto a monte non sia stato possibile installare una lunghezza di barriera pari a $2/3L_f$ per la presenza di elementi ai margini della piattaforma, questa è stata ridotta fino al valore di lunghezza di barriera installata in prova prima dell'urto, in linea con quanto indicato nel doc. in rif. A9.

Pendenza delle scarpate	Altezza del rilevato (m)	Classe barriera
4/7	≤ 3	nessuna protezione ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
4/7	> 3	min H2 ⁽²⁾

(1) In presenza di strade, ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale compresa tra 12 m e 60 m (fascia di rispetto) deve essere sempre prevista una barriera di classe H2.

(2) In presenza di strade, ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale minore di 12 m deve essere sempre prevista una barriera di classe H2 (e classe H3 sulle rampe di svincolo).

(3) Al fine di evitare continue discontinuità nella protezione del margine laterale, anche i tratti in rilevato non richiedenti la protezione secondo i criteri indicati in tabella, dovranno comunque essere protetti se di sviluppo inferiore a 100 m.

Tabella 2: Criteri di scelta per barriere bordo laterale - Classi di traffico II-III.

Nelle sezioni in trincea, in presenza di cunetta triangolare transitabile, non è stata prevista alcuna protezione del margine laterale. I dispositivi di ritenuta sono stati comunque previsti nei casi in cui sono presenti elementi di cui si rende necessaria la protezione, o in relazione alla necessità di realizzare una estensione degli impianti nei tratti immediatamente adiacenti al fine di garantirne il corretto funzionamento. In tali casi in progetto è stata prevista la sostituzione della canaletta triangolare con canaletta grigliata e posa della barriera con fronte lama a filo ciglio pavimentato analogamente alla sezioni in rilevato (per maggiore chiarezza si veda lo schema “S10a” dell’elaborato “Schemi di installazione”). Nei tratti di intervento in trincea su piattaforma autostradale esistente, in presenza della cunetta alla francese le barriere verranno posate a tergo, prevedendo opportuni tratti di transizione rilevato-trincea al fine di limitare le interferenze tra i pali della barriera e la cunetta e contemporaneamente di garantire che il raccordo tra le due configurazioni venga realizzato con pendenze tali da limitare il possibile angolo di impatto di un mezzo in svio con la barriera convergente verso la carreggiata (per maggiore chiarezza si veda lo schema S10b dell’elaborato “schemi di installazione”).

Si precisa che, in carreggiata nord, è stata prevista anche la protezione dei montanti verticali ubicati fuori lotto, e in particolare del nuovo portale PMV in itinere e dei portali a bandiera e monopalo di segnaletica di preavviso di svincolo. Per maggiore dettaglio circa l’ubicazione e le modalità di protezione di tali ostacoli, nonché agli eventuali interventi previsti sui dispositivi esistenti, si rimanda alle planimetrie dello stato di fatto e di progetto delle barriere di sicurezza.

6.2.2 Modalità d’installazione delle barriere per bordo laterale

L’art. 6 del D.M. 21.06.2004 prescrive di adattare il supporto dei dispositivi di ritenuta alle caratteristiche della sede stradale ove questi sono installati.

Ai fini dell’installazione delle barriere da bordo laterale con paletti infissi, le dimensioni geometriche previste dalla norma adottate in progetto (vedi Figura 1) sono considerate sufficienti a ripristinare in opera le condizioni di installazione delle barriere adottate in occasione delle prove d’urto¹ laddove gli arginelli risultino realizzati con materiali idonei per un rilevato stradale opportunamente compattati

Pertanto, stanti le suddette condizioni, tutte le barriere potranno essere installate con paletti aventi una profondità d’infissione pari a quella riportata nei certificati di crash test.

¹ Cfr. anche doc.in rif. A7, Cap. 7

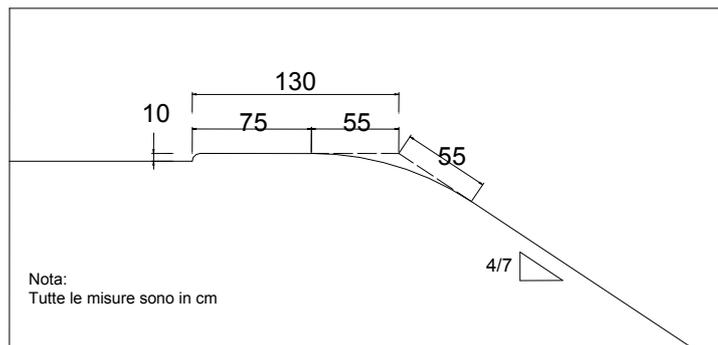


Figura 1: Configurazione dell'arginello assunta come riferimento

Per quanto riguarda le considerazioni legate alla stabilità trasversale (rollio ed eventuale ribaltamento) dei veicoli che urtano le barriere e che, in relazione all'ampiezza della deformazione dinamica delle stesse a seguito dell'urto, si possono trovare a percorrere con una o due ruote la scarpata del rilevato a valle dell'arginello (vedi Figura 2), si è riscontrato che, con l'arginello della larghezza minima di 1.30m previsto in progetto, considerando le principali tipologie di barriere installabili secondo normativa vigente, presenti sul mercato e con valori di deformazione dinamica $D_{din} \leq 2.30m$ (requisito richiesto in progetto), nessuna di queste porta a valori dell'accelerazione trasversale conseguenti al fenomeno di rollio maggiori di quelli limiti per il ribaltamento in fase dinamica (0,2 – 0,3 g). Pertanto, anche sotto questo aspetto non si pongono condizioni particolari all'installazione delle barriere da bordo laterale.

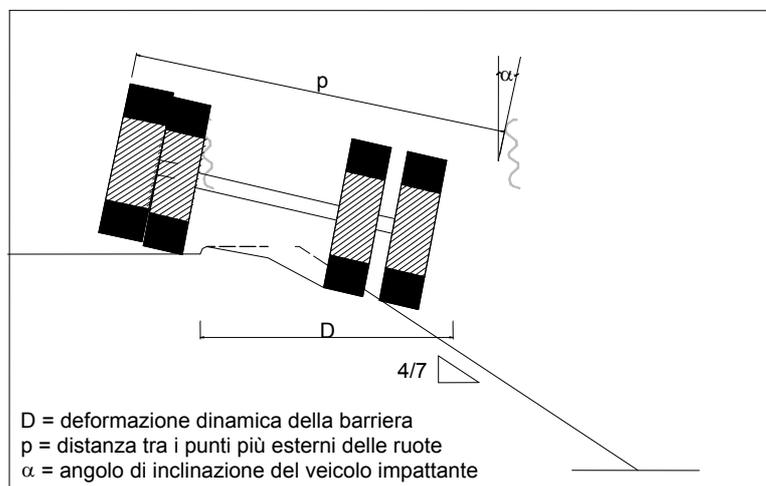


Figura 2: Schema per la determinazione dell'angolo di inclinazione del mezzo in funzione della deformazione della barriera, della configurazione geometrica del mezzo e della larghezza dell'arginello

6.3 Barriere per il bordo laterale delle opere d'arte

6.3.1 Definizione del tipo e della classe delle barriere

Le barriere per bordo opera d'arte (dette anche "bordo ponte") devono essere quelle prescritte dalla normativa per autostrade (classe A) e condizioni di traffico III. Di conseguenza, le classi di contenimento per le barriere da installare su bordo opera d'arte sono, ai sensi del D.M. 21.06.2004, H2, H3 o H4.

La tipologia prevista su opera d'arte è quella di barriere metalliche a nastri, preferibilmente caratterizzate da classe di severità A. Potrà essere adottata in progetto una barriera con livello di severità d'urto B nel caso in cui non risultino disponibili dispositivi della classe e del materiale previsti e con le caratteristiche di deformazione compatibili con le larghezze dei cordoli previsti in progetto (ovvero con la distanza da eventuali ostacoli) rientrante nella classe A.

I criteri seguiti per la scelta della classe delle barriere da adottare in progetto, tra quelle consentite dalla norma, sono riassunti in Tabella 3.

Luce libera complessiva (m)	Insedimenti abitativi o industriali al margine / scavalcamenti su strade, ferrovie	Classe
≤ 10	NO	classe prevista per l'adiacente bordo laterale (H2-H3)
≤ 10	SI	H3
> 10 ⁽¹⁾	NO	min H3 ⁽²⁾
> 10 ⁽¹⁾	SI	H4

(1) Per quanto attiene al dimensionamento ed alle verifiche dello sbalzo sulle opere d'arte, si farà riferimento, in ogni caso, alla più gravosa tra le due protezioni previste;

(2) La scelta tra la classe H3 o H4 verrà effettuata sulla base delle seguenti considerazioni: livello di incidentalità, percentuale di mezzi pesanti, andamento planoaltimetrico del tracciato (rettifilo o curva, tratti a forte pendenza), altezza delle pile, vulnerabilità ambientale del fiume attraversato.

Tabella 3: Criteri di scelta per barriere bordo da bordo opera d'arte – Autostrade – traffico tipo III

Di conseguenza, per la protezione delle opere d'arte principali (sottovia) si sono sempre previste barriere bordo ponte di classe H4 in linea con le specifiche indicate in tabella.

6.3.2 Modalità d'installazione delle barriere per i bordi laterali delle opere d'arte

Lo sviluppo complessivo delle barriere per bordo opera d'arte dovrà essere commisurato a quello indicato nel certificato di crash test (lunghezza di funzionamento L_f), ponendone circa i 2/3 prima dell'opera d'arte (muri andatori compresi) e proseguendola dopo la fine dell'opera per una lunghezza pari a quella interessata dall'urto. Nel caso nel tratto a monte non sia stato possibile installare una lunghezza di barriera pari a $2/3L_f$ per la presenza di elementi ai margini della piattaforma (quali, ad esempio, muri di controripa), questa è stata ridotta fino al valore di lunghezza di barriera installata in prova prima dell'urto, in linea con quanto indicato nel doc. in rif. A9. Lo sviluppo complessivo della protezione non dovrà risultare comunque inferiore alla lunghezza minima di installazione (L_f ca. 90m) relativa allo sviluppo totale del dispositivo che compone il sistema misto.

Secondo quanto previsto dal D.M. 21.06.2004 all'art. 6, l'estensione della protezione dell'opera a monte ed a valle, potrà essere realizzata attraverso un dispositivo diverso (testato con pali infissi nel terreno), di pari classe di contenimento (o di classe ridotta - H3 nel caso di affiancamento a barriere bordo ponte di classe H4), andando a realizzare una transizione strutturalmente continua (transizione speciale), in grado cioè di trasferire gli sforzi ed evitare una significativa differenza di deformazione laterale. In questo caso la lunghezza della barriera installata nel sistema misto dovrà essere almeno pari alla maggiore delle lunghezze di funzionamento dei 2 dispositivi installati.

La transizione sarà considerata strutturalmente continua laddove il sistema realizzato dall'affiancamento dei due dispositivi (bordo opera e bordo laterale) preveda:

- l'utilizzo di barriere dello stesso materiale;
- la continuità degli elementi longitudinali resistenti².

In alternativa potrà essere valutata l'opportunità di modificare, innalzandola oltre il valore minimo indicato in progetto, la classe di contenimento di una o di entrambe le barriere contigue così da trovare un accoppiamento che garantisca i suddetti requisiti.

² Si considerano elementi longitudinali resistenti la lama principale a tripla onda, l'eventuale lama secondaria sottostante o soprastante la lama principale, ed i profilati aventi funzione strutturale. Non sono considerati elementi strutturali i correnti superiori con esclusiva funzione di antiribaltamento ed i correnti inferiori para ruota. La continuità degli elementi longitudinali delle 2 barriere può essere garantita anche se questi sono installati ad altezze diverse. In questo caso dovranno essere utilizzati elementi di raccordo inclinati con un angolo $\leq 4^\circ$ rispetto al piano stradale.

La rigidità dei singoli dispositivi del sistema misto dovrà essere confrontabile (valori di deformazione dinamica simili³); in caso contrario la barriera più deformabile dovrà essere irrigidita nelle parti terminali che precede la transizione.

Diversamente da quanto suddetto, la transizione non potrà essere considerata strutturalmente continua e pertanto la protezione dei tratti a monte e a valle dovrà essere realizzata con la stessa barriera prevista sull'opera, andando a realizzare sul rilevato adiacente alla spalla un cordolo con idonee caratteristiche geometriche e strutturali; in alternativa potrà essere interposta una barriera a paletti infissi con elementi longitudinali resistenti simili alla barriera installata sull'opera, per una estensione a monte e a valle dell'opera come indicato nello schema S4 dell'elaborato "schemi di installazione" che accompagna il progetto.

Sulle opere d'arte, in presenza dei giunti di dilatazione andranno individuati gli eventuali adattamenti dei dispositivi di ritenuta (ad esempio soluzioni standard quali fori asolati per le barriere metalliche), anche sulla base di quanto previsto dai manuali di installazione, affinché questi possano assecondare le escursioni di progetto nella combinazione risultata più gravosa tra le condizioni ultime statiche (S.L.U.) e quelle sismiche allo Stato Limite di Danno (S.L.D.), ove considerate. In linea generale è opportuno evitare soluzioni che consentano scorrimenti tra gli elementi solidali alla struttura a cavallo del giunto maggiori dell'escursione di progetto per l'opera d'arte e comunque non superiormente limitati (per assenza di un sistema di fine corsa).

Per giunti di escursione significativa che possono avere ampiezze superiori a quelle gestibili con soluzioni standard, dovranno essere progettate soluzioni ad hoc in fase di progetto costruttivo, a cura dell'Appaltatore in generale e del progettista del dispositivo in particolare, sulla base delle caratteristiche del giunto e delle barriere che si intendono impiegare.

Per maggiori dettagli circa le suddette modalità di installazione si rimanda allo schema S4 dell'elaborato "schemi di installazione" e alle transizioni dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari".

Per quanto attiene alla protezione delle opere di luce inferiore a 3 metri (tombini idraulici), equiparate in termini di classi di contenimento al bordo laterale (vedi art. 6 del D.M.21.06.2004 e il doc. in rif. A9), è stato invece previsto di mantenere la barriera bordo laterale corrente sull'opera.

³ Nel caso di collegamento tra barriera bordo ponte di classe H4 e barriera bordo laterale di classe H3 si dovrà tenere conto che la deformazione misurata deriva da urti con caratteristiche diverse. Deve essere pertanto valutata per una delle due barriere una deformazione equivalente in modo di riferirsi ad un'unica tipologia di urto.

6.4 Barriere in corrispondenza di ostacoli

Lungo i bordi laterali della viabilità in progetto sono presenti ostacoli rappresentati da portali di segnaletica, pali di illuminazione, e barriere antifoniche.

La tipologia delle barriere a protezione degli ostacoli è quella di barriere metalliche a nastri. Dove previsto l'impiego di barriere a paletti infissi (tipo bordo laterale) i dispositivi impiegati dovranno essere caratterizzati da un livello di severità di classe A; dove la protezione verrà realizzata con barriera tipo bordo ponte (eventualmente installata su cordolo in c.a. gettato in opera), questa dovrà essere preferibilmente caratterizzata da classe di severità A. Potrà essere adottata in progetto una barriera con livello di severità d'urto B nel caso in cui non risultino disponibili dispositivi rientranti in classe A, compatibili con le specifiche di progetto.

Dovranno essere impiegati dispositivi con nastro longitudinale principale a tripla onda, in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia.

6.4.1 Ostacoli sul bordo laterale

Per la protezione di detti ostacoli si è agito in progetto come segue:

a) *sostegni di cartelli di segnaletica verticale Ø60mm (con momento di plasticizzazione alla base non superiore a 5,7 kNm):*

Trattasi di ostacoli leggeri che, se rotti a seguito dell'urto, non creano danni per perdita di funzionalità e non sono in grado di costituire pericoli significativi né per l'utenza stradale né per l'utenza esterna, né sono in grado di influenzare il funzionamento delle barriere nel caso in cui queste siano presenti; di conseguenza, in presenza di questi non è prevista alcuna protezione specifica. Laddove i sostegni in oggetto ricadono in tratti in cui il progetto ha già previsto l'impiego di dispositivi di ritenuta (ad esempio in rilevato e/o a protezione di altri ostacoli), sarà previsto il mantenimento del tipo e della classe di barriera corrente, senza requisiti aggiuntivi ed indipendentemente dalla distanza esistente tra questa e i cartelli di segnaletica suddetti.

b) *sostegni di cartelli di segnaletica verticale > Ø60mm (max. Ø90mm) e montanti verticali di targhe su strutture monopalo:*

i sostegni di cartelli di segnaletica verticale > Ø60mm (max. Ø90mm) saranno protetti con barriere bordo laterale classe minima H2 (N2 in corrispondenza del piazzale di esazione),

senza requisiti aggiuntivi ed indipendentemente dalla distanza esistente tra questa e i cartelli di segnaletica suddetti.

I montanti verticali di targhe su strutture monopalo saranno ubicati ad una distanza non inferiore a 2.10m e protetti con dispositivi da bordo laterale di classe minima H2 (N2 in corrispondenza del piazzale di esazione) e larghezza operativa non superiore a W6.

c) *montanti verticali di portali di segnaletica:*

tali ostacoli, posizionati ad una distanza almeno pari a 2,10m dal bordo della piattaforma, saranno protetti con dispositivi da bordo laterale di classe minima H2 e larghezza operativa non superiore a W6.

d) *montanti verticali di portali a messaggio variabile in itinere:*

In progetto è stato contemplato anche un pannello a messaggio variabile in itinere, che verrà posizionato in corrispondenza della una nuova piazzola di servizio. Tale portale dovrà prevedere montanti verticali posizionati ad una distanza non inferiore a 1,50m dal ciglio della pavimentazione; in tal modo la protezione di detti ostacoli avverrà mediante l'impiego di un dispositivo di sicurezza con larghezza operativa $W \leq 1.50m$, in linea generale con barriere di tipo bordo ponte di classe H3 ancorate su nuovo cordolo in c.a. gettato in rilevato. La barriera bordo ponte sarà installata come indicato nello schema S7b dell'elaborato "schemi di installazione" (cui si rimanda per maggiore dettaglio) per un tratto di ca. 50m a cavallo dell'ostacolo, di cui 30 metri a monte dello stesso; la lunghezza di funzionamento (90m ca.) verrà raggiunta prevedendo il collegamento della barriera bordo ponte direttamente al muro di controripa esistente (vedi dettaglio "C4" dell'elaborato "tipologici dispositivi complementari"). In fase realizzativa, potrà essere valutata l'adozione di dispositivi metallici a paletti infissi per l'intero tratto, nel rispetto dei requisiti progettuali, della classe di contenimento, e prevedendo opportuni accorgimenti per l'infissione dei montanti nella pavimentazione. Per maggiore dettaglio circa l'ubicazione e le modalità di protezione di tale ostacolo, nonché agli eventuali interventi previsti sui dispositivi esistenti, si rimanda agli specifici elaborati planimetrici che accompagnano il progetto.

e) *montanti verticali dei portali a messaggio variabile in ingresso (rotatoria viabilità di adduzione):*

Il portale PMV ubicato in corrispondenza della rotatoria della viabilità di adduzione allo svincolo, posti con il montante a 2.10m dal ciglio pavimentato, saranno protetti con barriere bordo laterale di classe H2 e larghezza operativa non superiore a W6.

f) *Pali d' illuminazione:*

Tali ostacoli saranno ubicati ad una distanza non inferiore a 2.10m e protetti con dispositivi da bordo laterale di classe minima H2 (N2 in corrispondenza del piazzale di esazione) e larghezza operativa $W \leq 2.10m$.

g) *Barriere antifoniche:*

trattasi di ostacoli che possono influenzare il funzionamento delle barriere e che, se rotti a seguito di urto con veicolo in svio, possono produrre pericoli indiretti all'utenza autostradale e nell'ambiente esterno circostante l'autostrada. Pertanto, nei tratti in cui è presente una barriera antifonica ad una distanza minima di 2,10 m dal fronte lama barriera, sarà prevista la protezione con dispositivi di classe minima H2 e larghezza operativa non superiore a W6.

Su opera d'arte la barriera acustica verrà posizionata una distanza minima di 1,70 m dal fronte lama barriera, e sarà prevista la protezione con dispositivi di tipo bordo ponte di classe H4 e larghezza operativa non superiore a $W \leq 1.70m$.

La protezione degli ostacoli dovrà essere realizzata ponendo un tratto di barriera a monte dell'ostacolo non inferiore ai 2/3 della lunghezza minima di installazione e a valle non inferiore alla lunghezza di contatto, grandezze desumibili dai certificati di crash test del dispositivo che si prevede di impiegare. Nel caso di presenza di elementi ai margini della piattaforma, la lunghezza di barriera a monte dell'ostacolo potrà essere ridotta fino al valore di lunghezza di barriera installata in prova prima dell'urto, in linea con quanto indicato nel doc. in rif. A9. Lo sviluppo complessivo della protezione non dovrà in ogni caso risultare inferiore alla lunghezza minima di installazione.

Per maggiori dettagli circa le suddette modalità di installazione si rimanda anche allo schema S7 dell'elaborato "schemi di installazione".

6.4.2 Protezioni muri di controripa

A protezione della sezione frontale dei muri di controripa esistenti è stata prevista in progetto l'installazione di una barriera bordo laterale di classe H3.

A monte dell'ostacolo, nel caso la protezione del bordo laterale non sia continua, sarà garantita una lunghezza minima di barriera pari a 2/3 della lunghezza di funzionamento del dispositivo di cui è previsto l'impiego (grandezza desumibile dai certificati di crash test).

In tali ambiti, dovrà essere previsto l'irrigidimento della barriera mediante infittimento dei paletti (o mediante altra modalità individuata, in fase realizzativa, dal progettista del dispositivo in relazione alle caratteristiche strutturali del dispositivo che verrà effettivamente impiegato) in modo tale da garantire una variazione graduale della rigidità.

La protezione verrà completata attraverso il fissaggio del terminale sul muro, l'ancoraggio terminale della barriera al muro dovrà ripristinare una resistenza longitudinale comparabile alla lunghezza del dispositivo non installato rispetto alla configurazione standard e questo dovrà essere realizzato mediante sovrapposizione della lama della barriera al muro per una lunghezza minima di 4.00 metri (pari a 1 lama standard) e il fissaggio di questa mediante almeno 5 coppie in allineamento di tasselli in acciaio M16x200, nonché il fissaggio del terminale (manina) con minimo quattro tasselli in acciaio M16x200.

Tali modalità di ancoraggio valgono sia per il fissaggio della barriera in ingresso al muro (vedi protezione P8 degli "Schemi di installazione"), che per il fissaggio della barriera in uscita (vedi dispositivo complementare C4 dei "tipologici dispositivi complementari").

Quanto previsto discende da un dimensionamento di massima sviluppato secondo i seguenti criteri:

- le azioni trasmesse al sistema di ritenuta sono state considerate statiche, trascurando quindi l'impulsività dell'evento incidentale e ciò che sarebbe connesso con questo tipo di trattazione. Sono stati quindi utilizzati i concetti propri delle strutture civili ed i relativi riferimenti normativi (Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008), nell'ipotesi di operare entro i limiti di snervamento dei materiali.
- Il dimensionamento del numero minimo di ancoraggi fonda sulla considerazione che ogni montante può al più trasferire un momento pari a quello che plasticizza la sezione resistente; pertanto l'azione longitudinale massima che il sistema è in grado di trasferire equivale a quella che genera la cerniera plastica (presa indicativamente a 20cm sotto il piano campagna).

Per maggiori dettagli si rimanda all'appendice al presente documento; in fase realizzativa l'effettivo dimensionamento del sistema di ancoraggio dovrà essere eseguito dal progettista del dispositivo in base alle effettive caratteristiche dei dispositivi che si prevede di impiegare ma comunque nel rispetto dei criteri progettuali.

6.5 Elementi di protezione complementari

Oggetto del presente paragrafo sono sia dispositivi di ritenuta ai sensi della EN1317 (attenuatori d'urto, transizioni, terminali speciali) che gli elementi iniziali e finali di una barriera di sicurezza.

Per quanto riguarda i primi si rappresenta che ad oggi solo per gli attenuatori d'urto risulta l'obbligatorietà del marchio CE, mentre per transizioni e terminali speciali non è possibile la marcatura CE considerato che la ENV 1317-4 che ne stabilisce i requisiti per la valutazione di conformità è norma volontaria.

Nel seguito si riportano pertanto le modalità di installazione e requisiti dei dispositivi di ritenuta complementari (come da classificazione prestazionale individuata dalle EN1317/3 e EN1317/4), laddove questi non siano univocamente esplicitati dal D.M. 21.06.2004.

Per quanto attiene agli elementi iniziali e finali di una barriera di sicurezza verranno fissati requisiti geometrici e funzionali minimi (anche di carattere prestazionale) che dovranno trovare riscontro in fase realizzativa nel progetto tecnico a cura del progettista del dispositivo. Tale impostazione vale anche per le transizioni, per le quali ad oggi esiste un numero molto limitato di dispositivi testati dal vero e dotati di relativa documentazione e non vi sono all'interno della normativa (sia nazionale che europea) indicazioni e/o regole di buona progettazione condivise.

6.5.1 Transizioni

Le transizioni (standard) tra barriere di diverso tipo e classe dovranno essere ottenute utilizzando i raccordi ed i pezzi speciali di giunzione previsti dal costruttore, curando che non rimangano in alcun caso discontinuità tra gli elementi longitudinali che compongono le barriere.

I raccordi tra elementi longitudinali posti ad altezze e posizioni in pianta differenti dovranno essere risolti mediante elementi inclinati verticalmente e orizzontalmente, con angolo d'inclinazione, rispetto all'allineamento degli elementi adiacenti, non superiore a 4°.

L'interruzione di elementi longitudinali secondari nelle zone di transizione dovrà avvenire mediante l'installazione dei terminali previsti dal costruttore, utilizzando accorgimenti volti a scongiurare la possibilità di un urto diretto contro la parte terminale dell'elemento, ad esempio prevedendo di arretrare l'elemento stesso rispetto all'allineamento degli elementi longitudinali continui principali,

prima della sua interruzione, di inclinarlo fino a terra o andandolo a collocare dietro agli elementi longitudinali correnti.

Per le transizioni (speciali) da realizzare per l'estensione della protezione delle opere d'arte nei tratti a monte e a valle dell'opera stessa, si rimanda anche a quanto specificato al par.6.3.2.

Per maggiori dettagli si rimanda alle specifiche transizioni contenute nell'elaborato "tipologici dispositivi complementari" facente parte del presente progetto.

6.5.2 Terminali

Qualsiasi interruzione della continuità longitudinale delle barriere esposte al flusso di traffico dovrà essere dotata di un sistema terminale che impedisca l'urto frontale dei veicoli contro la parte iniziale della barriera.

Il terminale di inizio impianto delle barriere metalliche dovrà essere costituito da elementi inclinati trasversalmente verso l'esterno del corpo stradale, secondo le indicazioni contenute negli elaborati di progetto. In particolare, lo stesso sarà costituito da una lama standard di barriera deviata verso l'esterno della carreggiata con angolo di inclinazione pari a 5° e da un elemento iniziale calandrato con raggio di curvatura pari a 1.80m e lungo 1.50m (1 campata) più terminale (manina).

Non potranno essere impiegati dispositivi che prevedono ancoraggi terminali (utilizzati in fase di prova) non compatibili con la suddetta configurazione (ad esempio terminali degradanti ed infissi nel terreno) a meno che non sia data evidenza nella relativa documentazione tecnica che il terminale non assolve alla funzione di ancoraggio di estremità o che i dispositivi non siano ricondotti a prodotti modificati ai sensi della EN 1317-5.

Nel merito si ribadisce quanto precisato nel doc. in rif. A9 e cioè che *"i terminali semplici non devono essere confusi con gli ancoraggi terminali che possono essere utilizzati in fase di prova, secondo quanto previsto dall'art. 5.3.2 della norma UNI EN 1317-2. Questi ultimi hanno lo scopo di sviluppare tensione ma non di assicurare soddisfacenti condizioni di sicurezza derivanti dall'eventuale impatto contro il terminale e, se usati nella prova, devono essere impiegati anche nelle installazioni su strada"* laddove il progetto non preveda soluzioni alternative per garantire il corretto funzionamento delle barriere.

I terminali semplici, intesi come normali elementi iniziali di una barriera di sicurezza, potranno essere sostituiti o integrati alle estremità di barriere laterali con terminali speciali testati secondo UNI EN 1317-4, installabili secondo normativa vigente, e di classe adeguata in base alla velocità imposta nel sito da proteggere.

Per maggiori dettagli si rimanda allo specifico elaborato “Tipologici dispositivi complementari” facente parte del progetto delle barriere di sicurezza.

6.5.3 Cuspidi e attenuatori d’urto

I punti cui le barriere bordo laterale installate lungo il bordo stradale vengono raccordate con la barriera posta sul bordo sinistro di rampe di uscita dalla autostrada (denominati anche “nasi”) dovranno essere protetti con dispositivi attenuatori d’urto installabili secondo normativa vigente, di classe 100 di tipo redirettivo.

Per quel che riguarda invece le cuspidi tra i rami dello svincolo, è stata prevista in progetto la protezione con dispositivi attenuatori d’urto installabili secondo normativa vigente, di classe 50 di tipo redirettivo.

Le dimensioni trasversali dell'attenuatore d'urto dovranno essere commisurate a quelle delle barriere in cuspidi, individuando tra i diversi prodotti commerciali e tra le diverse tipologie di questi, che formano un sistema o famiglia (allargato, intermedio, parallelo), quelli a cui corrisponde una larghezza la più simile possibile al diametro dell'elemento di raccordo tra le barriere in corrispondenza della cuspidi.

Le dimensioni di tale raccordo potranno essere variate, rispetto a quanto rappresentato nel disegno tipologico dell'elaborato “Tipologici dispositivi complementari” che accompagna il progetto (particolare C, dettaglio C2), in relazione alla morfologia del sito e della geometria della rampa, per consentire l'installazione dell'attenuatore d'urto con una inclinazione massima compatibile con quella richiamata nel manuale di installazione e per contenere l'ingombro di questo all'interno della zona zebra garantendo adeguati franchi laterali, nel rispetto di quanto precedentemente detto.

Con specifico riferimento alle rampe bidirezionali, la larghezza del pezzo speciale calandrato di collegamento tra le due barriere confluenti nella cuspidi dovrà comunque avere una larghezza almeno pari a quella massima dell'attenuatore d'urto, tale per cui la sagoma posteriore di

quest'ultimo non costituisca in alcun modo elemento di pericolo per i flussi transitanti in entrambi i sensi. Sarà in ogni caso da valutare il collegamento delle lame delle barriere in cuspide all'attenuatore (non prevedendo quindi l'elemento calandrato) secondo modalità analoghe a quelle indicate nei manuali di installazione.

6.5.4 Dispositivi amovibili per varchi in spartitraffico

I varchi in spartitraffico previsti in progetto, dovranno essere protetti con barriere amovibili caratterizzate da un livello di protezione di classe minima H2.

Dovranno essere impiegati dispositivi idonei in relazione alle caratteristiche e alle geometrie delle barriere spartitraffico. In linea generale questo deve corrispondere all'uso di dispositivi testati in configurazione analoga a quella di progetto.

6.6 Reti di protezione

Le reti di protezione sono state previste in progetto con lo scopo di perseguire le seguenti finalità:

- con funzione di parapetto per garantire opportune condizioni di sicurezza in presenza di spazi pedonabili a tergo del dispositivo.
- Al fine di evitare la caduta di materiale nello spazio sottostante e/o il lancio di oggetti (ad esempio il lancio di sassi dai cavalcavia).

Di conseguenza le reti sono state poste nei seguenti casi:

- in corrispondenza di opere d'arte e muri di sostegno in presenza di attraversamenti di strade.
- lungo i bordi delle opere con cordolo di larghezza tale che al netto della barriera di sicurezza rimanga uno sbalzo di larghezza compatibile con un passaggio uomo ($\geq 0,60\text{m}$).

Tutte le reti di protezione sono state estese in progetto oltre il punto da proteggere per almeno 10m a monte e a valle dello stesso. In particolare, in corrispondenza di opere d'arte in linea (sottovia) in assenza di marciapiede di servizio, sono state previste reti di protezione di altezza 2 metri "tipo A" con pannelli a maglie 50x50 agganciate mediante staffe di collegamento direttamente alla barriera di sicurezza.

Le reti "tipo A" previste in progetto risultano agganciate mediante staffe di collegamento direttamente alla barriera di sicurezza e non sono state considerate un ostacolo ai sensi dell'art. 3 del D.M. 21.06.2004, in quanto si ritiene che possano essere eventualmente coinvolte nell'urto di un veicolo in svio senza alterare le condizioni di funzionamento del dispositivo di sicurezza e senza recare ulteriore danno. Il progetto costruttivo dovrà in ogni caso prevedere sistemi di ancoraggio (cavetti di sicurezza e/o cavi laschi ancorati alle estremità) con funzione di impedire la caduta dei pannelli nello spazio sottostante a seguito dell'eventuale distacco di quest'ultimi dai montanti in caso d'urto. In linea generale saranno da preferirsi dispositivi testati dal vero nella configurazione con rete a tergo e in tale configurazione dotati di marchiatura CE.

In corrispondenza dei sottovia in presenza di marciapiede di servizio, sono state invece previste reti autoportanti alte 2 metri con funzione anche di parapetto "tipo B".

In corrispondenza di tali reti, che prevedono pannelli a maglie 50x50 agganciate a montanti IPE 100 ancorati con piastra al cordolo del muro, e che possono influenzare il funzionamento delle barriere di sicurezza, dovranno essere impiegate barriere bordo ponte con larghezza operativa $W \leq 1.70\text{m}$.

APPENDICE

Dimensionamento preliminare del sistema di ancoraggio dei terminali delle barriere di sicurezza in corrispondenza dei muri di controripa

Premessa

La presente nota tecnica descrive la metodologia di dimensionamento preliminare del sistema di ancoraggio degli elementi terminali di una barriera metallica ad un elemento infinitamente rigido (paramento murario di tamponamento, opera di sostegno, ecc.).

Le configurazioni analizzate riguardano due casistiche: la prima in cui l'installazione della barriera è destinata alla protezione di un ostacolo laterale a monte del collegamento (di seguito indicata come "Configurazione 1"); la seconda in cui l'installazione della barriera è dedicata alla protezione di un ostacolo laterale a valle del collegamento (di seguito indicata come "Configurazione 2").

Il dimensionamento del numero dei tirafondi destinati all'ancoraggio del sistema metallico con quello rigido è stato eseguito seguendo un approccio di tipo analitico, basato sui principi classici della teoria delle strutture (di seguito indicato come "metodo plastico").

Per semplicità le azioni d'urto trasmesse al sistema di ritenuta sono state considerate statiche, trascurando quindi l'impulsività dell'evento incidentale e ciò che sarebbe connesso con questo tipo di trattazione; l'approssimazione, per altro a favore di sicurezza considerato che la resistenza di un materiale ad una sollecitazione impulsiva è solitamente maggiore di quella offerta per la stessa azione prolungata nel tempo, ha consentito di utilizzare i concetti propri delle strutture civili ed i relativi riferimenti normativi (Norme Tecniche delle Costruzioni del 2008 di seguito indicate come NTC08).

Qualora risulti disponibile il modello numerico del dispositivo riferito all'urto di un veicolo pesante, si potrà valutare il dimensionamento del sistema di ancoraggio sulla base delle sollecitazioni effettivamente registrate, adottando eventualmente il metodo plastico come strumento di verifica dimensionale.

Si osserva che un dimensionamento preliminare può essere ottenuto considerando l'azione sollecitante prevista dall'appendice B della UNI EN1317-1:2000. Tale approccio sarà di seguito indicato come "Metodo Energetico", e con " $F_{D,eng}$ " l'azione equivalente.

Caratteristiche meccaniche di progetto della barriera metallica

Viste le configurazioni di progetto, è stata considerata una barriera metallica costituita da montanti e da nastri longitudinali tripla onda. I profilati suddetti rientrano ragionevolmente nel caso di elementi con spessore inferiore a 40 mm e acciaio S275, in linea con quanto indicato nella tabella 11.3.IX delle NTC08 (laminati a caldo con sezione aperta). I parametri caratteristici della barriera di sicurezza utili al dimensionamento di cui ai prossimi paragrafi sono i seguenti:

- f_{yk} resistenza caratteristica allo snervamento dell'acciaio di progetto
- W_{Plx} modulo massimo di resistenza della sezione dei montanti
- γ_{M0} coefficiente di sicurezza per la resistenza delle membrature
- b braccio del momento di plasticizzazione dei montanti⁴
- A_{res} area della sezione resistente a trazione delle lame a tripla onda
- f_{tb} tensione di rottura delle viti
- γ_{M2} coefficiente di sicurezza per la verifica delle unioni
- ϕ area resistente delle viti quando il piano di taglio interessa la parte filettata
- A area resistente delle viti quando il piano di taglio interessa il gambo.

Dimensionamento dei tirafondi

Il criterio progettuale alla base delle configurazioni di progetto si basa sull'assunto che la protezione prevista sia tale per cui il sistema installato garantisca una prestazione equivalente a quella offerta dal dispositivo in condizione di crash test, condizione garantita ovunque attraverso un'opportuna estensione dell'impianto a monte e a valle del punto necessitante la protezione.

Con riferimento alle prova di crash con veicolo pesante, Il sistema di ancoraggio deve quindi concorrere a ottenere una connessione tra il dispositivo metallico e l'elemento rigido tale da offrire una resistenza a trazione equivalente alla porzione del tratto di barriera interessata dall'urto oltre il punto di impatto di cui non è possibile estendere lo posa (Configurazione 1), o del tratto installato a monte del punto suddetto (Configurazione 2).

⁴ Pari alla distanza tra all'asse della lama e 20cm sotto il piano campagna: solitamente la cerniera plastica si verifica in corrispondenza di una sezione interrata del montante, posta appunto a circa 20cm al di sotto del p.c.

Detto ciò, le connessioni oggetto della presente nota dovranno comunque garantire una resistenza strutturale equivalente a quella offerta da eventuali ancoraggi terminali.

Calcolo della azione di progetto: metodo plastico

Sulla base di quanto premesso sopra, il metodo di dimensionamento descritto nel presente paragrafo si fonda sull'assunto che la resistenza che il sistema di ancoraggio deve ripristinare sarà al più pari a quella capace di rompere/plasticizzare il numero di montanti ricadenti nel tratto interessato dall'urto con veicolo pesante a valle del punto d'impatto.

In prima approssimazione lo schema statico di progetto può essere assimilato ad un'asta isostatica vincolata ad una estremità con un incastro perfetto e soggetta ad un carico puntuale applicato ad una certa quota b ; si ipotizza inoltre che la sollecitazione sia orientata in modo tale che la sezione dei montanti offra la massima rigidità (azione ortogonale all'asse stradale). Lo schema, se pur sostanzialmente diverso dall'effettivo comportamento del dispositivo registrato nelle prove dal vero, può ritenersi cautelativo in quanto trascura le dissipazioni energetiche associate alla deformazione plastica del nastro principale e dei distanziatori (per altro di difficile valutazione).

La sezione portata a rottura di ciascun montante (posta generalmente ad una quota che varia dal piano carrabile a 20-30 cm al di sotto dello stesso) è evidentemente soggetta ad una combinazione di sollecitazioni di flessione e taglio, dato il sistema statico considerato. Trattandosi di un'analisi di dimensionamento preliminare, è ragionevole considerare che la sezione di studio sia soggetta unicamente a flessione retta, assumendo quindi trascurabile l'effetto plasticizzante del taglio, o comunque inferiore alla metà del valore del taglio di progetto $V_{c,Rd}$ come previsto dalle NTC08 (vedi espressione 4.2.31). Coerentemente con quanto indicato al paragrafo 4.2.4.1.2. delle suddette norme, la resistenza convenzionale di calcolo a flessione retta $M_{c,Rd}$ vale pertanto:

$$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = f_{yk} W_{Plx} \quad (3.1)$$

Trattandosi di una procedura di dimensionamento e non di verifica, il coefficiente di sicurezza γ_{M0} riduttivo della resistenza caratteristica è stato trascurato: l'adozione dello stesso avrebbe infatti comportato una riduzione dell'azione sollecitante, ponendosi di conseguenza a sfavore di sicurezza. L'azione che applicata alla quota b provoca la plasticizzazione della sezione d'incastro di ciascun montante è quindi la seguente:

$$F_{c,d} = M_{c,Rd} / b \quad (3.2)$$

Con riferimento alla Configurazione 1, sia L_1 la lunghezza del tratto interessato dall'urto con veicolo pesante a valle del punto di impatto (maggiore evidentemente di d_1 , distanza a monte del collegamento alla quale è ubicato l'elemento necessitante la protezione). Il numero n di montanti da ripristinare è pertanto quello associato al tratto d'impianto in configurazione standard di lunghezza L_1-d_1 .

Analogamente, data la configurazione 2, sia L_2 la lunghezza del tratto a monte del punto d'impatto del veicolo pesante (maggiore evidentemente di d_2 , distanza a valle del collegamento alla quale è ubicato l'elemento necessitante la protezione). Il numero "n" di montanti da ripristinare è pertanto quello associato al tratto d'impianto in configurazione standard di lunghezza L_2-d_2 .

Indicata quindi con "i" l'interasse standard dei paletti, n può essere stimato come segue, arrotondando il risultato per eccesso:

$$n = 1+(L_1-d_1) / i \quad \text{in Configurazione 1} \quad (3.3)$$

$$n = 1+(L_2-d_2) / i \quad \text{in Configurazione 2} \quad (3.4)$$

Laddove il collegamento tra la barriera ed il paramento murario sia irrigidito mediante l'adozione di interassi ridotti o elementi diagonali di controventatura, potrà esserne tenuto conto decurtando un corrispondente numero di montanti dai valori ottenuti con le (3.3) e (3.4).

Individuato n , l'azione longitudinale di progetto complessiva è la seguente:

$$F_{D,pl} = n F_{c,d} = n (M_{c,Rd} / b) \quad (3.5)$$

E' opportuno precisare che, sulla base di quanto già anticipato, l'azione $F_{D,pl}$ di cui alla (3.5) dovrà essere confrontata con la forza di trazione che può provocare la rottura degli elementi trasferenti le sollecitazioni d'urto, con specifico riferimento al nastro longitudinale principale ($f_{yk}A_{res}$).

Calcolo del numero minimo dei tirafondi

L'azione longitudinale trasmessa alla barriera durante l'urto viene scaricata dalle lame ai montanti attraverso le unioni bullonate. Condizione necessaria per cui avvenga ciò è che l'azione totale, ripartita in modo omogeneo su ogni collegamento, non sia superiore alla resistenza a taglio delle viti. Con riferimento al punto 4.2.8.1.1 delle NTC08, le resistenze a taglio e a trazione sono definite come:

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} \phi / \gamma_{M2} \quad \text{per bulloni classe 4.6, 5.6 e 8.8}$$

$$F_{V,Rd} = 0,5 f_{tb} \phi / \gamma_{M2} \quad \text{per bulloni classe 6.8 e 10.9}$$

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} A / \gamma_{M2} \quad \text{per tutte le classi qualora il piano di taglio interessi il gambo}$$

Segue pertanto che il numero minimo di tirafondi t_{min} necessari a riprodurre un sistema avente caratteristiche prestazionali idonee alla protezione attesa può essere individuato dalla seguente espressione:

$$t_{min} = \max(F_{D,pl} ; F_{D,eng}) / F_{V,Rd} \quad (3.6)$$

Trattandosi un dimensionamento preliminare, la presente nota non tratta la verifica a rifollamento delle unioni, fermo restando che sarà comunque necessaria in fase di progettazione costruttiva.

Sulla base della metodologia sopra esposta, considerato che generalmente i valori tipici di L_1 (lunghezza del tratto interessato dall'urto con veicolo pesante a valle del punto di impatto, generalmente indicata nei rapporti di prova come lunghezza di contatto L_c) e di L_2 (lunghezza del tratto a monte del punto d'impatto del veicolo pesante) sono circa 30m, è stato dimensionato il numero minimo di tirafondi nelle ipotesi che non siano adottati particolari sistemi di irrigidimento e che d_1 e d_2 siano nulle (punto necessitante la protezione in corrispondenza delle connessioni in oggetto).

Si consideri quindi una barriera metallica di classe di contenimento H3 con deflessione dinamica pari a 1.60m, avente montanti con sezione a C da 120x80x6 mm e lama longitudinale a tripla onda. Valgono le ipotesi poste sulle caratteristiche dei materiali (spessore inferiore a 40 mm e acciaio S235). Le unioni bullonate sono ottenute attraverso viti M16 classe 8.8 con piano di taglio interferente con la filettatura. I parametri caratteristici degli elementi resistenti sono i seguenti:

- $f_{yk} = 235 \text{ N/mm}^2$ resistenza allo snervamento caratteristico dell'acciaio di progetto
- $W_{Plx} = 60 \text{ cm}^3$ modulo di resistenza massimo della sezione resistente dei montanti
- $b = 646 \text{ mm}$ braccio del momento di plasticizzazione dei montanti

- $A_{res} = 2300 \text{ mm}^2$ area della sezione resistente a trazione delle lame a tripla onda
- $f_{tb} = 800 \text{ N/mm}^2$ tensione di rottura delle viti M16 classe 8.8
- $\gamma_{M2} = 1,25$ coefficiente di sicurezza per la verifica delle unioni
- $\phi = 157 \text{ mm}^2$ area resistente delle viti M16 classe 8.8

Dato $i=1,50\text{m}$ l'interasse standard del dispositivo, sia $n=21$ il numero di montanti di cui si rende necessario il loro ripristino. Seguendo l'approccio plastico, l'azione di progetto è la seguente:

$$F_{D,pl} = n F_{c,d} = n (M_{c,Rd} / b) = n (f_{yk} W_{Plx} / b) = 458 \text{ KN}$$

Mentre dall'approccio energetico risulta:

$$F_{D,eng} = 2,5 * F_{medio}(H3;1.60) = 357 \text{ KN}$$

In cui come F_{medio} è stato preso il valore di tabella "prospetto B.1", della *UNI-EN1317-1:2000 "Parte 1: Terminologia e criteri generali per i metodi di prova"*, nel caso di barriere con livello di contenimento H3 e deflessione dinamica pari a 1,60m.

Date le caratteristiche geometriche e meccaniche delle viti di progetto (M16 classe 8.8), la resistenza a taglio offerta da ciascun bullone è la seguente:

$$F_{V,Rd} = 0,6 f_{tb} \phi / \gamma_{M2} = 60 \text{ KN}$$

Il numero minimo di tirafondi è quindi dato dalla seguente:

$$t_{min} = \max(F_{D,pl} ; F_{D,eng}) / F_{V,Rd} = 8$$

Si tenga presente che, trattandosi come già indicato di un dimensionamento preliminare, la presente nota non tratta la verifica a rifollamento delle unioni. Per tenere comunque conto del suddetto fenomeno, il numero di tirafondi indicati negli allegati grafici è stato maggiorato del 25% (10 tirafondi in totale).

Si ribadisce in ogni caso che in fase realizzativa l'effettivo dimensionamento del sistema di ancoraggio dovrà essere eseguito dal progettista del dispositivo in base alle caratteristiche dei dispositivi che si prevede di impiegare, ma comunque nel rispetto dei criteri progettuali sopra descritti.