

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO

TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO

POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA
AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA

"PASSANTE DI BOLOGNA"

PROGETTO DEFINITIVO

AUTOSTRADA A14 / TANGENZIALE

OPERE COMPLEMENTARI

BARRIERE DI SICUREZZA

RELAZIONE TECNICA

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola
Ord. Ingg. Milano n.A26796
RESPONSABILE STRADE
E ARREDI STRADALI

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Raffaele Rinaldesi
Ord. Ingg. Macerata N. A1068

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Andrea Tanzi
Ord. Ingg. Parma N. 1154

PROGETTAZIONE NUOVE OPERE AUTOSTRADALI

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO		RIFERIMENTO DIRETTORIO					RIFERIMENTO ELABORATO				ORDINATORE
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	--
111465	0000	PD	AU	OPC	BS000	00000	R	S T D	0110	- 2	SCALA -



PROJECT MANAGER:

Ing. Raffaele Rinaldesi
Ord. Ingg. Macerata N. A1068

REDATTO:

SUPPORTO SPECIALISTICO:

VERIFICATO:

REVISIONE

n.	data
0	DICEMBRE 2017
1	SETTEMBRE 2019
2	SETTEMBRE 2020
3	-
4	-

VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Fabio Visintin

VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
DIPARTIMENTO PER LE INFRASTRUTTURE, GLI AFFARI GENERALI ED IL PERSONALE
STRUTTURA DI VIGILANZA SULLE CONCESSIONARIE AUTOSTRADALI

Sommario

1	PREMESSA	3
2	SCOPO DEL LAVORO E LIMITI DI INTERVENTO	4
3	ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO	5
4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
5	SCELTA DEI DISPOSITIVI DI RITENUTA	7
6	AUTOSTRADA A14 - TANGENZIALE.....	8
6.1	SPARTITRAFFICO: DEFINIZIONE DEL TIPO E DELLA CLASSE DELLE BARRIERE.....	8
6.1.1	<i>Spartitraffico autostradale (margine interno)</i>	8
6.1.2	<i>Spartitraffico tra A14 e Tangenziale (margine laterale)</i>	9
6.2	BARRIERE PER BORDO LATERALE IN SEDE NATURALE	11
6.2.1	<i>Definizione del tipo e della classe delle barriere</i>	11
6.2.2	<i>Modalità d'installazione delle barriere per bordo laterale</i>	13
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>	14
6.3.2	<i>Modalità d'installazione delle barriere per i bordi laterali delle opere d'arte</i>	15
6.4	BARRIERE IN PRESENZA DI OSTACOLI.....	17
6.4.1	<i>Ostacoli sul bordo laterale</i>	17
6.5	DISPOSITIVI DI PROTEZIONE DEI PUNTI SINGOLARI.....	20
6.5.1	<i>Protezione montanti di segnaletica e PMV in spartitraffico (protezione P7c)</i>	20
6.5.2	<i>Protezione dei muri di controripa (protezione P8)</i>	21
6.5.3	<i>Protezione imbocchi galleria S. Donnino - bordo laterale (protezione P10)</i>	21
6.5.4	<i>Protezione pile cavalcavia e setti gallerie in spartitraffico (protezioni P11, P12, P13 e P14)</i>	23
6.6	DISPOSITIVI DI RITENUTA COMPLEMENTARI	24
6.6.1	<i>Transizioni</i>	24
6.6.2	<i>Collegamenti alle barriere esistenti</i>	24
6.6.3	<i>Terminali semplici</i>	25
6.6.4	<i>Cuspidi ed attenuatori d'urto</i>	25
6.6.5	<i>Protezione dei varchi in spartitraffico</i>	26
6.6.6	<i>Terminali speciali</i>	26
6.7	RETI DI PROTEZIONE.....	27
7	VIABILITÀ INTERFERITE E INTERVENTI PER IL TERRITORIO.....	28
APPENDICI		29
APPENDICE 1: DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO DEI TERMINALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN CORRISPONDENZA DEI MURI		30

Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 6-1. CRITERI DI SCELTA PER BARRIERE BORDO LATERALE – AUTOSTRADE - CLASSE DI TRAFFICO III.....	12
FIGURA 6-1. CONFIGURAZIONE DELL'ARGINELLO ASSUNTA COME RIFERIMENTO.....	13
TABELLA 6-2. CRITERI DI SCELTA PER BARRIERE BORDO DA BORDO OPERA D'ARTE – AUTOSTRADE – CLASSE DI TRAFFICO III.....	15

1 PREMESSA

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.

L'Appaltatore dovrà, presentando ai sensi di legge il relativo progetto, individuare ed utilizzare, previa autorizzazione della Direzione Lavori, barriere installabili secondo quanto previsto dalla normativa vigente (ai sensi del D.M. 28.06.2011 (Gu. n. 233 del 06.10.2011), dovranno essere installate barriere marcate CE) che possano garantire prestazioni analoghe secondo i criteri definiti nel presente progetto. In conseguenza, tutti i disegni e i dettagli costruttivi dovranno, in fase costruttiva, essere adeguati alle caratteristiche delle barriere effettivamente utilizzate.

Sarà onere dell'Appaltatore/Installatore dimostrare, con specifici relazioni di calcolo e disegni costruttivi che la barriera che propone di utilizzare garantisca, nella configurazione reale del supporto in sito, un funzionamento analogo a quello certificato dalle prove di crash. Ai fini dell'accettazione della barriera proposta, la Direzione Lavori si riserva in ogni caso di richiedere eventuali crash test con barriera installata nella suddetta configurazione reale del supporto (con pavimentazione, arginello e scarpata come da progetto).

2 SCOPO DEL LAVORO E LIMITI DI INTERVENTO

La presente relazione riguarda il progetto definitivo delle barriere di sicurezza del potenziamento del sistema autostradale e tangenziale di Bologna che prevede l'ampliamento in sede del sistema autostradale e tangenziale di Bologna, a partire dallo svincolo n°3 del "ramo verde" della tangenziale complanare fino allo svincolo n°13 di Bologna S. Lazzaro, secondo le seguenti impostazioni generali:

- realizzazione di tre corsie con emergenza per senso di marcia sull'A14 con mantenimento del margine interno esistente;
- realizzazione di tre corsie più emergenza per senso di marcia nel tratto delle complanari che va dallo svincolo n°3 allo svincolo n°6 e dallo svincolo n°8 allo svincolo n°13 e a quattro corsie più emergenza lungo il tratto che collega lo svincolo n°6 allo svincolo n°8.

Il progetto definisce la tipologia delle barriere da installare lungo il tratto autostradale citato e delle viabilità interferite e degli interventi per il territorio coinvolti all'interno dei limiti d'intervento ed individua le modalità d'installazione corrispondenti in conformità con quanto previsto dalla normativa vigente (richiamata per completezza al paragrafo 4).

Gli esatti confini delle aree oggetto d'intervento per il progetto delle barriere di sicurezza sono altresì riportati nelle planimetrie di progetto.

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

3 ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO

Per lo sviluppo del progetto sono state effettuate le attività preliminari relative all'acquisizione dei seguenti dati contenuti all'interno degli elaborati di progetto, riguardanti l'andamento planimetrico, altimetrico, sezioni tipo e sezioni correnti:

- l'altezza dei rilevati, la pendenza delle scarpate e la larghezza degli arginelli;
- le caratteristiche geometriche dei cordoli di bordo delle opere d'arte (ponti, sottovia, tombini);
- gli ostacoli lungo il bordo dell'autostrada (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:

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

Gli elaborati di progetto delle barriera di sicurezza del corpo autostradale e degli svincoli sono inseriti all'interno del paragrafo "Opere Complementari - Barriere di sicurezza" del capitolo "AU – Autostrada A14 - Tangenziale", mentre i restanti elaborati di progetto relativi alla viabilità interferite e agli interventi territoriali si trovano nei paragrafi "Barriere di sicurezza" rispettivamente dei capitoli "IN - Viabilità Interferita" e "IT – Interventi Territoriali".

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 (G.U. n. 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 i criteri di seguito precisati:

- 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 indicati nel 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. Di conseguenza, tutti i disegni e i dettagli costruttivi dovranno, in fase costruttiva, essere adeguati alle caratteristiche delle barriere effettivamente installate.** Le soluzioni tecniche dovranno però rispettare tutti i criteri progettuali e prestazionali prescritti nel presente progetto;
- per consentire comunque, in fase costruttiva, l'utilizzo di qualsiasi tipo di barriera impiegabile al momento dell'appalto, negli elaborati che costituiscono il progetto sono stati definiti i criteri prestazionali che devono essere rispettati, indipendentemente dal tipo di barriera utilizzata.

Ne consegue che l'Appaltatore in generale e il/i progettista/i dei dispositivi saranno tenuti a rendere disponibili:

- 1) gli elaborati costruttivi e che dipendono dalle caratteristiche dei dispositivi scelti (transizioni, terminali, cuspidi, schema di montaggio attenuatori d'urto) accompagnati da opportune relazioni tecnico-illustrative e di calcolo e/o verifica (ad es. idoneità del sistema di ancoraggio) e da elaborati planimetrici in cui si indicano, tra l'altro, i modelli di barriere, il tipo di transizione, terminale, cuspidi ecc (con rimandi agli specifici elaborati);
- 2) tutte le certificazioni previste. Nel merito si rappresenta che ai sensi del DM 28.06.2011 "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale" l'Appaltatore dovrà rendere disponibile alla Stazione appaltante quanto meno:
 - certificato CE di conformità,
 - dichiarazione CE di conformità (o dichiarazione CE di prestazione),
 - report crash test,
 - manuale per l'utilizzo e l'installazione dei dispositivi di ritenuta, con i contenuti minimi di cui all'All.1 del citato decreto.

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 $P_{lb}(din)$, ciò è in linea con quanto indicato nei doc. in rif. A7 e A9.

6 AUTOSTRADA A14 - TANGENZIALE

6.1 SPARTITRAFFICO: DEFINIZIONE DEL TIPO E DELLA CLASSE DELLE BARRIERE

Il caso in esame riguarda il progetto delle barriere di sicurezza per una strada di categoria A (autostrada) secondo il D.M. 5.11.2001 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade". Nel tratto in esame, sia in carreggiata nord che in quella sud (sistema complessivo costituito da Autostrada A14 e relative Complanari nord e sud), sono previste condizioni di traffico di tipo III secondo il D.M. 21.06.2004. Infatti i valori di TGM bidirezionali sono molto maggiori di 1,000 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.

6.1.1 Spartitraffico autostradale (margine interno)

Come anticipato al par. 2 l'intervento di progetto in autostrada A14 prevede una sezione corrente per carreggiata a 3 corsie per senso di marcia con corsia di emergenza; contestualmente il margine interno esistente viene conservato, sebbene si preveda in progetto la sostituzione delle barriere di sicurezza esistenti.

Per le protezioni dei punti singolari esistenti in spartitraffico e che devono necessariamente essere mantenuti in progetto (quali, ad esempio: montanti di segnaletica fissa, PMV, pile di cavalcavia, ecc.), si rimanda alla trattazione nel dettaglio ai paragrafi successivi (v. par 6.5 e i relativi sotto paragrafi).

Per la gran parte dell'intervento il progetto prevede sostanzialmente di conservare lo spartitraffico ed il margine interno esistenti della A14, i quali presentano rispettivamente dimensioni dell'ordine di 2.20m e 3.20m (essendo presenti banchine interne dell'autostrada dell'ordine di 50cm). La protezione prevista in progetto a sostituzione di quella attuale contempla quindi l'utilizzo di due filari di barriere in cls di tipo bordo ponte di classe H4 installate su cordoli in c.a. testate singolarmente.

Tale tipologia di barriera in cls di tipo bordo ponte di classe H4 viene di fatto conservata inalterata anche sulle opere d'arte principali ad impalcati separati e nei tratti a carreggiate sfalsate, in cui il dislivello delle due carreggiate è stato gestito con maggiore approfondimento dei cordoli di supporto delle barriere.

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. Dicembre 2017" (rif. A7), dovranno essere previsti dispositivi che rispettino i seguenti requisiti progettuali:

- $P_{lb(din)} - L_b \leq L_{sp}$

dove:

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

In ragione quindi degli spazi disponibili, operando secondo quanto sopra definito, si è previsto l'impiego di dispositivi con $W \leq 0.80m$, requisito tale per cui risultano soddisfatte tutte le possibili condizioni di installazione, atteso che risulta essere pari al più alla larghezza del supporto della barriera stessa.

I dispositivi impiegati in spartitraffico 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 nella classe di severità A.

Per maggiori chiarimenti si vedano anche i dettagli relativi "J4c" all'interno dell'elaborato "Tipologici barriere da bordo laterale, spartitraffico e reti di protezione" facente parte del presente progetto.

6.1.2 Spartitraffico tra A14 e Tangenziale (margine laterale)

In corrispondenza degli spartitraffico di separazione tra le complanari nord e sud e l'autostrada A14 (margini laterali della A14), la sezione trasversale tipologica di progetto ha previsto l'impiego di un margine laterale di larghezza minima 2.60m (banchina in dx A14 min. 1.00 m, spartitraffico min. 0.90 m, banchina in sx complanare min. 0.70 m) associato a uno spartitraffico di larghezza minima 0.90 m e protetto mediante barriere di sicurezza metalliche monofilari bifacciali di classe H4, e rispettivamente a paletti infissi su sedime naturale e ancorate su piastra su opera d'arte.

L'impostazione progettuale è congruente con quanto previsto dal DM 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.

I dispositivi impiegati dovranno essere preferibilmente caratterizzati da classe di severità A. Potranno essere adottate barriere 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 nella classe di severità A.

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:

- $2 \cdot P_{lb(din)} - L_b \leq 2.30 \text{ m};$
- $P_{lb(din)} \leq 1.60 \text{ m};$
- $L_b \leq L_{sp} = 0,90 \text{ m}.$

dove:

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

Con riferimento alle barriere spartitraffico su opera d'arte il progetto prevede di utilizzare barriere di sicurezza da spartitraffico metalliche monofilari bifacciali di classe H4 di tipo bordo ponte (ancorate su piastra) con elementi longitudinali resistenti con caratteristiche simili alle barriere per spartitraffico in sede naturale. Per consentirne l'installazione, sarà prevista in progetto la realizzazione di un cordolo in c.a. collegato strutturalmente alla soletta delle opere esistenti. La lunghezza di installazione prevista in progetto per le barriere in spartitraffico di tipo bordo ponte è pari a quella dell'opera stessa, un adeguato tratto di transizione garantirà la continuità strutturale con le contigue barriere a paletti infissi, di pari classe. In tal modo essendo la protezione continua in spartitraffico la lunghezza della barriera installata nel sistema misto sarà in ogni caso maggiore delle lunghezze di funzionamento dei 2 dispositivi installati.

Tale soluzione è conforme alle indicazioni contenute nell'art. 6 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. 21.06.2004 che riportano: "Laddove non sia possibile installare un dispositivo con una lunghezza minima pari a quella effettivamente testata (per esempio ponti o ponticelli aventi lunghezze in alcuni casi sensibilmente inferiori all'estensione minima del dispositivo), sarà possibile installare una estensione di dispositivo inferiore a quella effettivamente testata, provvedendo però a raggiungere la estensione minima attraverso un dispositivo diverso (per esempio testato con pali infissi nel terreno), ma di pari classe di contenimento (o di classe ridotta - H3 nel caso di affiancamento a barriere bordo ponte di classe H4) garantendo inoltre la continuità strutturale".

La transizione sarà considerata strutturalmente continua laddove il sistema realizzato dall'affiancamento dei due dispositivi (bordo ponte e a paletti infissi) preveda:

- l'utilizzo di barriere dello stesso materiale;
- la continuità degli elementi longitudinali resistenti¹.

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

Laddove la transizione non potrà essere considerata strutturalmente continua la protezione dei tratti a monte e a valle dovrà essere necessariamente realizzata con la stessa barriera prevista sull'opera, andando a prevedere sul rilevato adiacente alla spalla un cordolo con idonee caratteristiche geometriche e strutturali e di estensione tale da garantire la lunghezza di funzionamento del dispositivo bordo ponte installato.

Per maggiori chiarimenti si vedano anche i dettagli "M4m" e "M4o" all'interno dell'elaborato "Tipologici barriere da bordo laterale, spartitraffico e reti di protezione" facente parte del presente progetto.

Infine, nei brevi tratti dove le carreggiate delle complanari divergono dalle carreggiate dell'A14, sono state previste barriere a paletti infissi di classe H4 in configurazione bifilare; 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.

Conseguentemente a protezione dello spartitraffico, relativo al margine laterale di separazione tra le complanari nord e sud e l'autostrada A14, che ha dimensioni variabili e minime di 2.50m, si dovranno prevedere barriere metalliche di classe H4 che rispettino i seguenti requisiti progettuali:

- $P_{lb(din)} + L_{b1} \leq L_{sp} = 2.50 \text{ m}$.

dove:

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

I due impianti di barriera sono stati considerati indipendenti, da cui il requisito $P_{lb(din)} + L_{b1} \leq L_{sp}$; qualora si intenda adottare un sistema di protezione il cui prototipo è stato effettivamente testato secondo le norme UNI EN 1317 in configurazione bifilare e dotato di marchio CE, il requisito da considerare sarà:

- $2 \cdot P_{lb(din)} - L_b \leq L_{mi} = 3.70 \text{ m}$;
- $L_b \leq L_{sp} = 2.50 \text{ m}$;

dove:

- $P_{lb(din)}$ = Posizione laterale estrema del dispositivo durante l'urto (condizioni dinamiche);
- L_b = Larghezza dispositivo (ingombro totale dei due filari di barriere);
- L_{sp} = Larghezza spartitraffico;
- L_{mi} = Larghezza margine laterale

¹ Si considerano elementi longitudinali resistenti la lama principale, 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 pararuota. 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.

Per maggiori chiarimenti si vedano anche i dettagli "M4n" all'interno dell'elaborato "Tipologici barriere da bordo laterale, spartitraffico e reti di protezione" facente parte del presente progetto.

Infine, circa alla modalità di transizione tra le barriere monofilari e bifilari metalliche previste in progetto si veda il relativo dettaglio all'interno dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari".

La continuità delle barriere in spartitraffico in direzione sud viene interrotta in corrispondenza della galleria fonica, laddove si è reso necessario prevedere due varchi atti a consentire l'evacuazione degli utenti in caso di emergenza. Tali varchi sono stato realizzati con uno schema di protezione a baionetta, affiancando due tratti di barriera monofilare bifacciale su cordolo, avendo l'accortezza di dimensionare i tratti di sovrapposizione delle barriere in modo tale che il varco non rappresenti di fatto un elemento di discontinuità nella protezione offerta dalle barriere. Infine, poiché lo schema a baionetta ipotizzato contempla necessariamente la presenza di un punto di avvio delle barriere lato tangenziale, allo scopo di proteggere tale punto singolare, è stato previsto in progetto l'utilizzo di opportuni terminali testati.

6.2 BARRIERE PER BORDO LATERALE IN SEDE NATURALE

Nei seguenti paragrafi si da descrizione dei criteri relativi alla protezione del bordo laterale in sede naturale che si applicano sia all'asse autostradale che alle rampe di svincolo, secondo quanto previsto dall'art.6 del D.M. 21.06.2004.

6.2.1 Definizione del tipo e della classe delle barriere

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 (tale requisito relativo alla larghezza e da ritenersi valido anche nelle configurazioni in spartitraffico dove è stata prevista l'installazione di dispositivi metallici a paletti infissi). Ad eccezione delle barriere di classe N2 e H1, dovranno essere impiegati dispositivi con nastro longitudinale principale a tripla onda, in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia.

Per le barriere di sicurezza metalliche di tipo infisso da doversi installare su bordo rilevato dovranno essere impiegati dispositivi con infissione minima pari a 90 cm.

Le barriere per bordo laterale dovranno rispettare quanto prescritto dalla normativa per strade di classe A e condizioni di traffico III. Di conseguenza, ai sensi del D.M. 21.06.2004, le classi di contenimento per le barriere da installare sono H2 o H3.

I criteri seguiti per la scelta delle barriere da adottare in progetto, tra le due classi indicate dalla norma (H2 o H3), sono in linea con quanto previsto nel doc. in rif. A7 per pendenze delle scarpate inferiore a 2/3 (pendenze di progetto: 4/7) e sono riassunti in tabella seguente.

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 seguente normalmente non inferiore ai 2/3 della lunghezza minima di installazione (Lf, 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 2/3Lf 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 H3.

(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 6-1. Criteri di scelta per barriere bordo laterale – Autostrade - Classe di traffico III

Nelle sezioni in trincea, in presenza di cunetta triangolare transitabile, non è stata prevista in genere alcuna protezione del margine laterale. I dispositivi di ritenuta sono stati comunque previsti nei casi in cui erano 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 presenza della cunetta alla francese le barriere verranno posate a tergo della stessa, prevedendo opportuni tratti di transizione rilevato-trincea al fine di limitare le interferenze tra i pali della barriera e la cunetta, garantendo contemporaneamente che il raccordo tra le due configurazioni venga realizzato con gradienti tali da limitare il possibile angolo di impatto di un mezzo in svio con la barriera convergente verso la carreggiata (si veda anche lo schema S10 nel relativo elaborato “schemi di installazione”).

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 6-1) sono considerate sufficienti a ripristinare in opera le condizioni di installazione delle barriere adottate in occasione delle prove d'urto².

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.

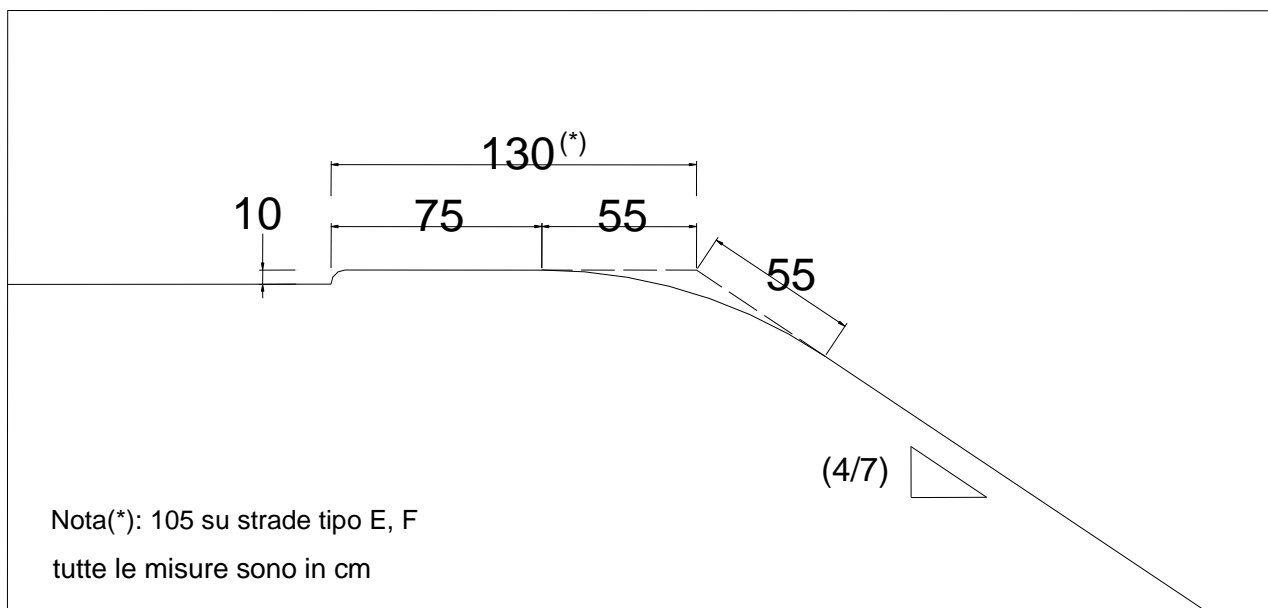


Figura 6-1. Configurazione dell'arginello assunta come riferimento

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 6-2), si è riscontrato che, con l'arginello della larghezza minima di 1.30m previsto in progetto (1.05m sulle viabilità tipo E, F), considerando le principali tipologie di barriere installabili secondo normativa vigente, presenti sul mercato e con valori di deformazione dinamica $D_{din} \leq 1.80m$ (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.

² Cfr. anche doc.in rif. A7, Cap. 7

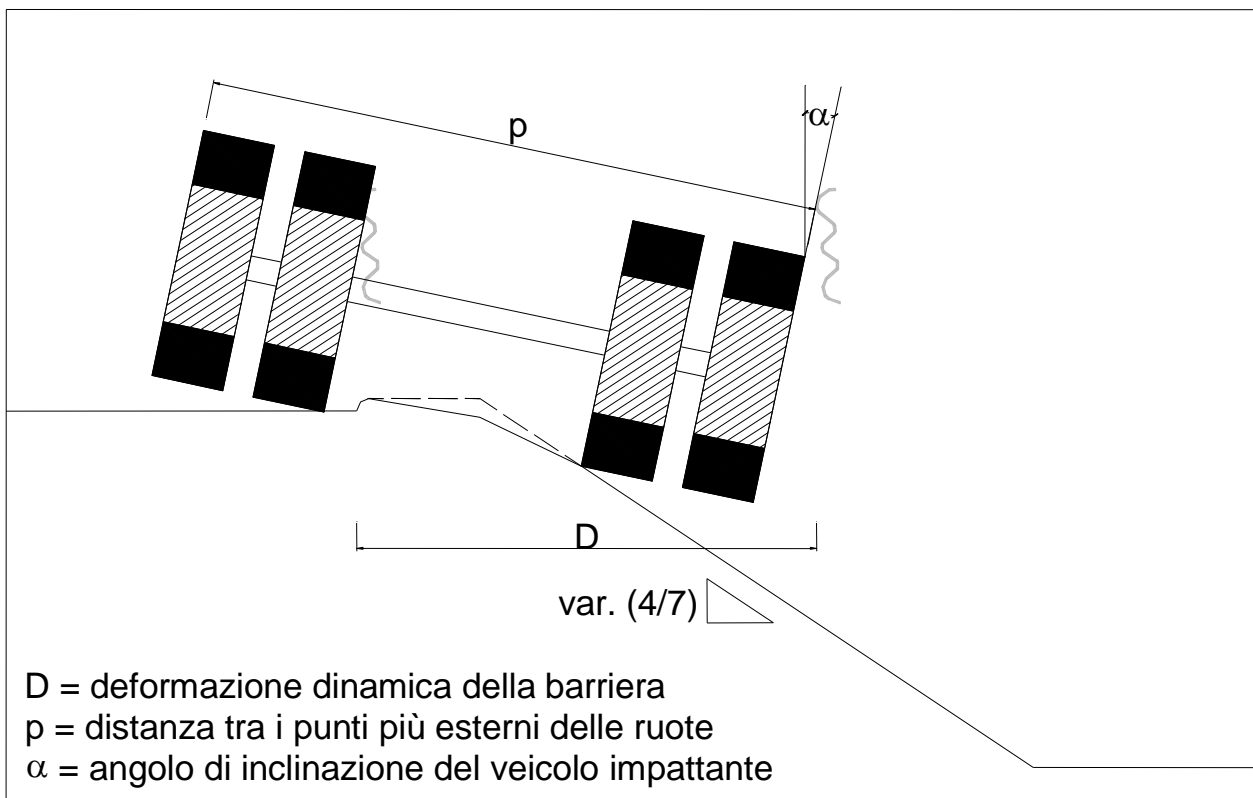


Figura 6-2. Schema per la determinazione dell'angolo di inclinazione del mezzo in funzione della deformazione della barriera, della configurazione geometrica del mezzo e della larghezza dell'arginello

6.3 BARRIERE PER IL BORDO LATERALE DELLE OPERE D'ARTE

La tipologia delle barriere su opera d'arte è quella di barriere metalliche a nastri, dovranno essere impiegati dispositivi con nastro longitudinale principale a tripla onda, in modo da favorire il collegamento tra barriere di diversa tipologia.

Tutte le barriere bordo ponte, dovranno essere preferibilmente caratterizzate da classe di severità A. Potrà essere adottata 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.

Analogamente a quanto precisato nei precedenti paragrafi i criteri relativi alla protezione del bordo laterale su opera d'arte si applicano sia all'asse autostradale che alle rampe di svincolo, secondo quanto previsto dall'art.6 del D.M. 21.06.2004.

6.3.1 Definizione del tipo e della classe delle barriere

Le barriere per i bordi delle opera d'arte devono essere quelle prescritte dalla normativa per strade di classe A e condizioni di traffico III, di conseguenza, le classi di contenimento, ai sensi del D.M. 21.06.2004, sono H2, H3 o H4.

I criteri seguiti per la scelta della classe delle barriere da adottare in progetto, tra quelle consentite dalla norma, sono in linea con quanto previsto nel doc. in rif. A7 e sono riassunti in tabella seguente.

Luce libera complessiva (m)	Insediamenti abitativi o industriali al margine / scavalcamenti su strade, ferrovie	Classe
≤ 10	NO	classe prevista per l'adiacente bordo laterale (H2 o 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 dal progettista sulla base delle seguenti considerazioni: livello di incidentalità, percentuale di veicoli pesanti, andamento planoaltimetrico del tracciato (rettifilo o curva, tratti in forte pendenza), altezza delle pile, vulnerabilità ambientale del fiume attraversato.

Tabella 6-2. Criteri di scelta per barriere bordo da bordo opera d'arte – Autostrade – Classe di traffico III

Per la definizione dei livelli di contenimento della protezione in corrispondenza dei muri di sostegno si sono previsti gli stessi criteri utilizzati per la protezione del bordo laterale, analogamente a quanto fatto per le opere di luce inferiore a 10 m.

Per i cavalcavia di svincolo sarà prevista una protezione di classe H4, coerentemente a quanto previsto per le opere in linea in caso di passaggio su strade e ferrovie; per i restanti cavalcavia sarà da prevedersi sempre, indipendentemente dal rango della viabilità sovrappassante, l'impiego di barriere di classe H3, ritenendo prioritario il contenimento dei veicoli in relazione al rischio di caduta di questi in autostrada.

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

Lo sviluppo complessivo delle barriere a protezione delle opere d'arte dovrà essere commisurato a quello indicato nel certificato di crash test (lunghezza di funzionamento Lf), 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.

Secondo quanto previsto dal DM 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 resistenti³.

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.

³ 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 pararuota. 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 ≤ 4° rispetto al piano stradale.

La rigidità dei singoli dispositivi del sistema misto dovrà essere confrontabile (valori di deformazione dinamica simili⁴); in caso contrario la barriera più deformabile dovrà essere irrigidita nelle parti terminali che precedono 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 negli schemi da S2 a S4 dell'elaborato "Schemi di installazione" che accompagna il progetto.

In ogni caso, sarà onere dell'appaltatore in generale e del progettista del dispositivo in particolare verificare l'effettiva compatibilità del sistema di ancoraggio delle barriere di sicurezza bordo ponte che si prevede di impiegare con le caratteristiche geometriche e strutturali dei supporti (cordoli di opere d'arte, muri di sostegno, cordoli gettati in rilevato).

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 assolati 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 agli schemi da S2 ad S4 contenuti negli elaborati "schemi di installazione" e alle transizioni dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari".

⁴ 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 PRESENZA DI OSTACOLI

Lungo lo sviluppo del tratto autostradale in esame sono presenti ostacoli, rappresentati da cartelli di segnaletica, pali di illuminazione, montanti di portali di segnaletica e PMV, barriere antifoniche, spalle e pile di cavalcavia.

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 (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 B, 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 $\varnothing 60\text{mm}$ (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 $> \varnothing 60\text{mm}$ (max. $\varnothing 90\text{mm}$) e montanti verticali di targhe su strutture monopalo*

I sostegni di cartelli di segnaletica verticale $> \varnothing 60\text{mm}$ (max. $\varnothing 90\text{mm}$) saranno protetti con barriere bordo laterale classe H2, 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 H2 e larghezza operativa non superiore a W6. I montanti verticali di targhe su strutture monopalo ancorate a sbraccio ai cordoli di opere d'arte, e ad una distanza non inferiore a 1.70m dal filo lama barriera esposto al traffico, saranno protetti mediante barriere bordo ponte metalliche di classe minima H3 con larghezza operativa $W \leq 1.70\text{m}$.

- c) *Montanti verticali di portali a bandiera di segnaletica*

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

- d) *Montanti verticali di portali PMV*

I portali PMV dovranno generalmente essere posizionati in modo che il montante verticale sia ad una distanza non inferiore a 1.70m dal ciglio della pavimentazione; in tal modo la protezione di detti ostacoli avverrà mediante l'impiego di un dispositivo di sicurezza con larghezza operativa $W \leq 1.70\text{m}$, 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. 35m a cavallo dell'ostacolo, di cui 15m a monte dello stesso; la lunghezza di funzionamento (90m ca.) verrà raggiunta mediante un dispositivo a paletti infissi di classe H3 in continuità con la barriera bordo ponte suddetta (sistema misto). 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.

e) *Pali d' illuminazione*

Tali ostacoli saranno ubicati ad una distanza non inferiore a 2.10m e protetti con dispositivi da bordo laterale di classe H2 e larghezza operativa $W \leq 2.10m$. I pali di illuminazione ancorati a sbraccio ai cordoli di opere d'arte, e ad una distanza non inferiore a 1.70m dal filo lama barriera esposto al traffico saranno protetti mediante barriere bordo ponte metalliche di classe minima H3 con larghezza operativa $W \leq 1.70m$.

f) *Nuove pile e spalle di cavalcavia a distanza maggiore o uguale a 2.10m:*

In corrispondenza delle pile/spalle dei nuovi cavalcavia di svincolo e delle spalle dei cavalcavia esistenti compatibili con l'ampliamento e che risultano ubicate ad una distanza non inferiore a 2.10m è prevista in progetto la protezione con dispositivi da bordo laterale di classe minima H2 e con larghezza operativa $W \leq 2.10m$.

g) *Pile esistenti e ostacoli/spalle a distanza inferiore a 2.10m:*

In presenza di ostacoli e spalle di cavalcavia posti ad una distanza inferiore a 2.10m e in presenza di pile esistenti (anche se a distanza superiore a 2.10m), sarà prevista una protezione con barriere di classe minima H3 a paletti infissi su sedime naturale o bordo ponte su nuovo cordolo in c.a.

I dispositivi impiegati dovranno avere larghezza operativa compatibile con la distanza netta dell'ostacolo dal filo lama barriera (lato esposto al traffico).

In corrispondenza dei cavalcavia dove il muro/spalla risulta prossimo al ciglio pavimentato e non consente l'utilizzo di barriere di sicurezza, la protezione verrà prevista mediante la realizzazione di un nuovo muro in c.a. di altezza costante e pari a 2.50m, per l'intero sviluppo della spalla e per ulteriori 5m a entrambe le estremità. A monte di tale tratto, il muro, per non costituire esso stesso ostacolo frontale, degrada dolcemente a terra con pendenza massima 1/3, divergendo verso l'esterno per i primi 3m con inclinazione orizzontale massima di 10°. Per maggiore dettaglio si vedano anche i dispositivi complementari "C3a e C4a" dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari".

h) *Trave sui cavalcavia di via Benazza e via del Terrapieno con impalcato a via inferiore*

Tali ostacoli saranno ubicati ad una distanza non inferiore a 2.85m e protetti con dispositivi di tipo bordo ponte di classe minima H3 e larghezza operativa $W \leq 2.85m$.

i) *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 le barriere acustiche saranno poste ad una distanza non inferiore a 1.70m dal filo lama barriera esposto al traffico, e saranno protette mediante barriere bordo ponte metalliche di classe minima H3 e con larghezza operativa $W \leq 1.70m$.

j) *Barriere polifunzionali*

Per le barriere integrate previste in progetto dovrà essere posta particolare cura nello sviluppo della transizione tra le stesse e le barriere bordo laterale metalliche in appoggio, con particolare riferimento

alla sezione iniziale della barriera integrata. La soluzione progettuale dovrà essere sviluppata mediante opportuni accorgimenti atti ad evitare l'urto diretto del eventuale veicolo in svio sui montanti in elevazione della barriera polifunzionale, a tal riguardo si veda anche quanto rappresentato nello specifico dettaglio "C5" all'interno dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari" che accompagna il progetto.

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 risultare comunque inferiore alla lunghezza minima di installazione.

6.5 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE DEI PUNTI SINGOLARI

Come chiarito dalla Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti 21.07.2010, "l'art. 6 delle istruzioni tecniche allegata al D.M. 21.6.2004 prevede che, sulle strade esistenti, i "punti singolari come pile di ponte senza spazio laterale o simili" possano essere protetti mediante "dispositivi in parte difformi da quelli indicati, curando in particolare la protezione dagli urti frontali su detti elementi strutturali".

In linea generale si è cercato di ottimizzare le soluzioni adottate in progetto per le opere strutturali in modo da eliminare o minimizzare le singolarità che nascono in presenza di transizione tra diverse configurazioni della sezione stradale (ad esempio in corrispondenza dei terminali dei muri di controripa, degli imbocchi delle gallerie, ecc.). Dove tali singolarità non sono eliminabili a priori si è provveduto a raccordare risalti e spigolosità tra elementi strutturali tramite manufatti di raccordo in c.a. gettati in opera e/o a proteggere l'ostacolo (come ad es. nel caso degli imbocchi delle gallerie) tramite la definizione di dispositivi specifici.

Tale impostazione è in linea con quanto indicato dal D.M. e dalla richiamata Circolare MIT che al riguardo precisa che: "La protezione dei punti singolari sono definite dal progettista delle installazioni e non corrispondono necessariamente ad uno specifico prodotto omologato o assoggettato a prova di crash. Per la protezione di questi punti il progettista dovrà prevedere soluzioni specifiche per tener conto delle esigenze di sicurezza dell'infrastruttura, della sicurezza di terzi ed anche dei veicoli transitanti in direzione opposta, ad esempio nel caso di protezione di ostacoli presenti all'interno dello spartitraffico, o in prossimità del margine stradale".

Le soluzioni sono quindi finalizzate a garantire una minor deformabilità agendo, a titolo di esempio, mediante adozione di una barriera di classe superiore fino anche alla adozione di soluzioni completamente indeformabili (ad analogia dei profili ridirettivi adottati in galleria).

In linea generale in questi casi il sistema di protezione potrà essere realizzato tramite modifica di un normale dispositivo di ritenuta oppure, laddove sia ritenuto prioritario il contenimento del veicolo in svio ma non sussistono dispositivi di ritenuta caratterizzati da spazi di funzionamento compatibili con le condizioni di installazione, da elementi non deformabili.

Nel seguito si dà descrizione delle soluzioni adottate in tali ambiti lungo il tratto autostradale in esame.

6.5.1 Protezione montanti di segnaletica e PMV in spartitraffico (protezione P7c)

A protezione di tali ostacoli in spartitraffico è stata prevista in progetto la protezione "P7c" dell'elaborato "schemi di installazione".

I dispositivi di protezione individuati consistono in dei manufatti speciali in c.a. gettati in opera, di altezza minima 1.50m in corrispondenza dell'ostacolo (1.50m - altezza stimata sufficiente a garantire il contenimento ed il corretto reindirizzamento su strada con una traiettoria regolare del veicolo). I montanti del portale lato spartitraffico verranno ancorati direttamente alla struttura in c.a. che costituirà pertanto anche la fondazione del PMV stesso. Il manufatto in c.a. sarà dotato di opportune transizioni con i dispositivi di ritenuta in approccio, nei tratti a monte e a valle dell'ostacolo, e in grado di evitare che le barriere ad esso adiacenti si spostino in modo da esporre al traffico il bordo trasversale rigido del manufatto stesso.

Nel caso di barriere a muretto in cls la continuità strutturale del manufatto con le barriere correnti in spartitraffico sarà ottenuta prevedendo il collegamento degli ultimi moduli di barriera tramite barre rullate di collegamento e l'eventuale piastrina metallica alla base.

Per la visione nel dettaglio delle soluzioni individuate e per le modalità di collegamento delle barriere correnti in spartitraffico con i manufatti in c.a., si rimanda allo specifico schema "P7c" degli "schemi di installazione" che accompagna il progetto.

6.5.2 Protezione dei muri di controripa (protezione P8)

A protezione della sezione frontale dei muri di controripa è stata prevista in progetto l'installazione di una barriera bordo laterale di classe minima H3. A monte dell'ostacolo, nel caso la protezione del bordo laterale non sia continua, sarà garantita una lunghezza minima di barriera pari alla lunghezza di funzionamento "Lf" del dispositivo di cui è previsto l'impiego (grandezza desumibile dai certificati di crash test). In tali casi, dovrà essere inoltre 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 (vedi protezione P8 degli "schemi di installazione").

La protezione verrà completata attraverso il fissaggio del terminale sul muro; l'ancoraggio terminale della barriera al muro dovrà comunque ripristinare una resistenza longitudinale comprabile 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" e dispositivo complementare C3a dei "tipologici dispositivi complementari"), che per il fissaggio della barriera in uscita (vedi dispositivo complementare C4a e C4b dei "tipologici dispositivi complementari").

Quanto previsto discende da un dimensionamento 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.

6.5.3 Protezione imbocchi galleria S. Donnino - bordo laterale (protezione P10)

Gli imbocchi delle gallerie, in quanto "zone di approccio ad opere d'arte", costituiscono, ai sensi dell'art. 1 delle Istruzioni Tecniche allegate al DM 21.06.2004, punti singolari per la protezione dei quali la norma prevede, in linea di principio, l'impiego di specifici dispositivi le cui caratteristiche possono differire da quelle dei dispositivi utilizzabili per la protezione degli altri elementi dell'infrastruttura (spartitraffico, bordi laterali e bordi di opere d'arte). Non esistono, però, al presente, dispositivi certificati secondo normativa EN 1317 per impieghi specifici del tipo di quello in esame (imbocchi gallerie).

Gli imbocchi delle gallerie possono essere altresì considerati come ostacoli fissi posti lateralmente alla sede stradale che debbono essere protetti. Per la protezione di questi punti particolari dell'infrastruttura l'art. 3 del cit. D.M. ammette la possibilità di integrare i dispositivi "con eventuali ancoraggi", "salvo diversa prescrizione del progettista secondo i criteri indicati nell'art. 6".

Il richiamato art. 6 prevede che, in questi casi, il progettista definisca "le caratteristiche prestazionali dei dispositivi da adottare".

L'aspetto riguardante la protezione degli imbocchi delle gallerie è stato quindi affrontato e risolto in progetto secondo questa logica.

Lungo il bordo alterale destro, in corrispondenza dei punti singolari rappresentati dagli imbocchi della galleria fonica S. Donnino è stata prevista la protezione mediante lo schema di protezione P10 dell'elaborato "schemi di installazione".

Per quanto riguarda le caratteristiche prestazionali dei dispositivi da adottare, lo schema "P10" di protezione individuato persegue le seguenti finalità:

- deve essere evitato l'impatto frontale di un veicolo pesante (urto di classe H4) contro il rivestimento della galleria, garantendo il contenimento e il reindirizzo su strada con una traiettoria regolare del veicolo;
- la severità dell'urto nel caso di urto con veicolo leggero dovrà essere preferibilmente contenuta entro il livello ASI B, e in ogni caso entro il livello ASI C.

La soluzione prevista per raggiungere gli obiettivi suddetti consiste nella definizione di un dispositivo che prevede l'adattamento di barriere bordo laterale metalliche di classe H4 certificate, caratterizzate dalla presenza di un elemento longitudinale superiore (tipo bordo ponte) in grado di limitare il rollio del veicolo pesante in fase di urto e caratterizzate da limitate deformazioni nella prova di crash test e da indice di severità non superiore a B. In alternativa in progetto potrà essere previsto l'impiego di dispositivi tipo bordo ponte con i medesimi requisiti, montati su cordoli opportunamente realizzati in approccio alla galleria.

Lo schema di protezione prevede l'installazione di un tratto di barriera a monte dell'ostacolo di lunghezza pari a 2/3 della lunghezza di funzionamento L_f e di un tratto di barriera a valle di lunghezza pari a 9m (lunghezza di due lame standard) più ancoraggi terminali. Nell'ipotesi che il dispositivo di protezione non venga ad essere collegato a monte con le barriere correnti (installazione stand alone), la lunghezza complessiva di barriera installata risulta inferiore al valore minimo di L_f richiesto dalla normativa in quanto lo sviluppo di barriera a valle del punto da proteggere è inferiore a $1/3 L_f$ (= 9m + ancoraggio terminale). Questo è ritenuto ammissibile in quanto l'effetto di contenimento e reindirizzamento a valle del punto d'urto è garantito dal rivestimento della galleria.

L'adattamento della barriera potrà consistere nell'irrigidimento del dispositivo nel tratto immediatamente prima dell'ostacolo finalizzato a limitare ulteriormente la deformazione della barriera ed il rollio del veicolo impattante. L'irrigidimento potrà consistere in un infittimento dei paletti di sostegno, nell'aggiunta sul retro della barriera di ulteriori profilati longitudinali resistenti o di controventature, nell'incremento dell'altezza complessiva del dispositivo o nella previsione di più interventi del genere. Tendenzialmente, non dovrà invece essere modificato il sistema resistente esposto al traffico della barriera per non alterare eccessivamente il comportamento della barriera nei riguardi degli urti con veicoli leggeri. A valle dell'ostacolo, la barriera dovrà continuare per la lunghezza necessaria a redirigere il veicolo impattante, e comunque per una lunghezza non inferiore a due lame standard.

Al fine di evitare eventuali interferenze con impianti ed idraulica l'ancoraggio è previsto sul rivestimento della galleria tramite un traliccio distanziatore metallico.

In galleria il contenimento del veicolo impattante è assicurato dalla presenza del paramento della galleria stessa. Il tratto di barriera fissato al rivestimento ha pertanto la funzione principale di garantire piena efficacia del dispositivo nel tratto immediatamente a monte dell'ostacolo.

In corrispondenza degli imbocchi della nuova galleria S. Donnino, lungo il bordo laterale destro, dovrà inoltre essere prevista la rastremazione del profilo redirettivo con angolo non superiore a 10° (come rappresentato nello schema di protezione P10) in modo tale che l'inizio del profilo redirettivo non costituisca esso stesso ostacolo frontale da proteggere.

Il funzionamento del dispositivo modificato dovrà essere verificato mediante analisi secondo i principi della meccanica computazionale in fase dinamica (denominata per brevità "analisi FEM"). In questo caso dovranno essere sottoposte a verifica almeno tre differenti condizioni di impatto:

- punto di impatto a 4 metri a monte dell'imbocco galleria/paratia (urto con autoarticolato classe H4);

- punto di impatto in corrispondenza del tratto di transizione tra la barriera standard e quella rinforzata (urto con autoarticolato classe H4);
- punto di impatto a 4 metri a monte dell'imbocco galleria/paratia (urto con veicolo leggero).

In continuità con altre barriere, l'impianto dovrà comunque assicurare la continuità strutturale.

L'efficacia del dispositivo modificato dovrà infine risultare garantita anche nell'ipotesi di "soluzione isolata", ossia non in continuità con altri impianti, disponendo quindi degli ancoraggi semplici di estremità indicati nel certificato di crash test del dispositivo non modificato.

La geometria, l'estensione e i criteri di modifica del dispositivo potranno risultare modificate rispetto a quanto previsto nello schema di protezione P10 previsto in progetto se gli esiti delle analisi FEM o delle prove di crash integrative risulteranno positivi.

6.5.4 Protezione pile cavalcavia e setti gallerie in spartitraffico (protezioni P11, P12, P13 e P14)

A protezione delle pile dei cavalcavia e dei setti delle gallerie in spartitraffico sono state previste le seguenti protezioni dell'elaborato "schemi di installazione", differenziate in funzione delle tipologie di dispositivi di ritenuta presenti in spartitraffico e in approccio a detti ostacoli:

- protezioni "P13" nel caso di barriere metalliche bifilari;
- protezione "P11" e "P12" nel caso di barriere bifilari in cls bordo ponte;
- protezione "P14" nel caso di barriera metallica monofilare bifacciale.

I dispositivi di protezione individuati consistono in dei manufatti speciali in c.a., di altezza minima 1.50m in corrispondenza dell'ostacolo (altezza ritenuta sufficiente a garantire il contenimento ed il corretto reindirizzamento su strada con una traiettoria regolare del veicolo), dotati di opportune transizioni con i dispositivi di ritenuta in approccio, nei tratti a monte e a valle dell'ostacolo, e in grado di evitare che le barriere ad esso adiacenti si spostino in modo da esporre al traffico il bordo trasversale rigido del manufatto stesso.

Nel caso di barriere a muretto in cls la continuità strutturale del manufatto con le barriere correnti in spartitraffico sarà ottenuta prevedendo il collegamento degli ultimi moduli di barriera tramite barre rullate di collegamento e l'eventuale piastrina metallica alla base.

Nel caso di barriere metalliche (monofilari o bifilari) a lame e paletti dovrà essere previsto l'irrigidimento di queste 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 installato) in modo tale da garantire una variazione graduale della rigidità. La protezione verrà completata attraverso il fissaggio terminale della barriera al muro.

Per la visione nel dettaglio delle soluzioni individuate e per le modalità di collegamento delle barriere correnti in spartitraffico con i manufatti in c.a., si rimanda agli specifici schemi "P11, P12, P13 e P14" degli "schemi di installazione" che accompagnano il progetto.

6.6 DISPOSITIVI DI RITENUTA 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 EN 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.

6.6.1 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 a quanto specificato al par. "Modalità d'installazione delle barriere per i bordi laterali delle opere d'arte".

L'appaltatore (delle barriere di sicurezza), a valle della scelta dei dispositivi commerciali che prevede di impiegare, dovrà provvedere a far studiare, a cura del progettista del dispositivo, le transizioni previste in progetto e dovrà fornirne il relativo progetto corredato di relazione tecnica ed elaborati grafici⁵.

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

6.6.2 Collegamenti alle barriere esistenti

I criteri previsti per le transizioni tra dispositivi di progetto saranno validi in generale anche per il collegamento con le barriere esistenti in corrispondenza dei limiti di intervento del progetto delle barriere di sicurezza.

Per quanto attiene a tali collegamenti, in relazione alle effettive caratteristiche dei dispositivi in opera dovrà essere garantita quantomeno la continuità dell'elemento principale e utilizzati accorgimenti volti a scongiurare che il dispositivo di ritenuta diventi esso stesso elemento di pericolo.

L'interruzione di elementi longitudinali secondari dovrà avvenire mediante l'installazione dei terminali previsti dal costruttore, utilizzando accorgimenti volti a scongiurare la possibilità di un urto diretto contro la parte

⁵ La direzione Lavori si riserverà il diritto di accettare la soluzione proposta a seguito della verifica della documentazione fornita.

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.

L'appaltatore (delle barriere di sicurezza), a valle della scelta dei dispositivi commerciali che prevede di impiegare, dovrà provvedere a far studiare, a cura del progettista del dispositivo, le soluzioni previste in progetto e dovrà fornirne il relativo progetto corredato di relazione tecnica ed elaborati grafici⁶.

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

6.6.3 Terminali semplici

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.

Fanno eccezione i casi dei terminali di avvio della barriere di sicurezza lungo le viabilità interferite in presenza di piste ciclabili e/o marciapiedi in stretto affiancamento che non consentono l'installazione della tipologia deviata verso l'esterno della carreggiata; in tali ambiti il terminale dovrà essere realizzato con inizio impianto degradante a terra secondo le modalità indicate nell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari" a cui si rimanda per maggiore dettaglio.

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.

6.6.4 Cuspidi ed attenuatori d'urto

Lungo l'autostrada A14 i punti cui le barriere bordo laterale installate lungo il bordo autostradale vengono raccordate con la barriera posta sul bordo sinistro di rampe di uscita dalla sede autostradale (denominati anche "nasi") dovranno essere protetti con dispositivi attenuatori d'urto installabili secondo normativa vigente, di classe 100 di tipo redirettivo. Relativamente alle cuspidi lungo le complanari nord e sud (limite di velocità imposto a 80km/h) e nelle cuspidi tra rami di svincolo, considerati i limiti di velocità strettamente inferiori ai

⁶ La direzione Lavori si riserverà il diritto di accettare la soluzione proposta a seguito della verifica della documentazione fornita.

90km/h indicati nella tabella B dell'art.6 del D.M. 21.06.2004, 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.

6.6.5 Protezione dei 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.

Eventuali modifiche per adattare in opera il dispositivo rispetto alla configurazione di crash test, potranno essere accettate se supportate da uno specifico progetto a cura dell'Appaltatore/Produttore in cui si dia evidenza dell'equivalenza rispetto alla configurazione originaria.

6.6.6 Terminali speciali

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, di classe adeguata in base alla velocità imposta nel sito da proteggere.

6.7 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 previste nei seguenti casi:

- in corrispondenza di opere d'arte e muri di sostegno in presenza di attraversamenti o affiancamenti di strade, ferrovie ed edifici.
- lungo i bordi delle opere d'arte e di sostegno con cordolo di larghezza tale che al netto della barriera di sicurezza rimanga uno sbalzo di larghezza compatibile con un passaggio uomo (≥ 0.60 metri).

Tutti i tratti di barriera con rete di protezione a tergo sono stati estesi in progetto oltre il punto da proteggere per almeno 10m a monte e a valle dello stesso.

Di conseguenza, in corrispondenza di opere d'arte e di sostegno, in presenza di attraversamenti e/o in stretto affiancamento di strade edifici e ferrovie, sono state previste reti di protezione, col fine di evitare la caduta di materiale nello spazio sottostante.

In particolare, sono state previste reti di protezione di altezza 2 metri "tipo A" con pannelli a maglie 50x50mm agganciate mediante staffe di collegamento direttamente alla barriera di sicurezza. Per tali ambiti si dovranno impiegare esclusivamente dispositivi di sicurezza bordo ponte testati dal vero nella configurazione con rete a tergo e in tale configurazione dotati di marchiatura CE. L'appaltatore potrà quindi prevedere l'utilizzo di reti di tipologia diversa da quella rappresentata nel dettaglio tipologico di progetto in linea con quanto previsto per la rete del dispositivo di ritenuta marcato CE. La rete dovrà però rispettare i requisiti minimi di altezza ($H_{min}=2.00$ m) e di larghezza massima delle maglie previsti nel tipologico; per le altre specifiche riportate nel tipologico, così come per l'interasse dei montanti del pannello di rete, fa fede quanto previsto per la rete del dispositivo marcato CE. Laddove non siano già previsti dal produttore delle barriere, i progetti costruttivi dovranno in ogni caso prevedere dei 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.

Infine, sui cavalcavia in presenza di marciapiede di servizio e/o pedonabili/ciclabili a tergo, sono state invece previste reti autoportanti alte 2m con funzione anche di parapetto "tipo B".

In corrispondenza di tali reti, poste a distanza minima 2.00m dal fronte lama barriera e che prevedono pannelli a maglie 50x50 agganciate a montanti IPE 100 ancorati con piastra al cordolo dell'opera d'arte che possono influenzare il funzionamento delle barriere di sicurezza, dovranno essere impiegati dispositivi bordo ponte con larghezza operativa $W \leq 2.00$ m.

Analoghe osservazioni valgono per i cavalcavia di Via Colombo e di Viale Europa, dove è stata prevista una rete di protezione con struttura architettonica particolare (per il cui dettaglio si rimanda agli specifici elaborati architettonici) che assolve anche a funzione di parapetto; per tali ambiti dovranno essere impiegati dispositivi bordo ponte con le seguenti caratteristiche.

- Cavalcavia di Via Colombo: distanza minima rete $d=2.40$ m barriere bordo ponte metalliche di classe H4 e con larghezza operativa $W \leq 2.40$ m;
- Cavalcavia di Viale Europa: distanza minima rete $d=1.70$ m barriere bordo ponte in cls di classe H4 e con larghezza operativa $W \leq 1.70$ m.

7 VIABILITÀ INTERFERITE E INTERVENTI PER IL TERRITORIO

Il progetto stradale comprende anche la sistemazione delle viabilità interferite e degli interventi per il territorio. Si tratta di strade ricadenti in molteplici categorie, da strade locali in ambito extraurbano (tipo C e F), a strade locali in ambito urbano e urbane di quartiere (tipo E e F).

Ad esclusione delle strade di categoria F e C in ambito extraurbano, si tratta di viabilità con velocità di progetto inferiore a 70 km/h e, pertanto, secondo quanto previsto dall'art. 2 del D.M.223/92 e come ribadito dalla recente Circolare Esplicativa del 21.07.2010 (doc. in rif. A9), ricadenti fuori dal campo di applicazione del suddetto decreto.

Infatti, la Circolare del 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", al riguardo ha chiarito che: "Il campo di applicazione della normativa in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali è definito dall'art. 2 comma 1 del D.M. 223/1992 e riguarda i progetti esecutivi relativi alle strade ad uso pubblico extraurbane ed urbane che hanno velocità di progetto maggiore o uguale a 70 km/h. Sono espressamente escluse dal campo di applicazione della norma in argomento le progettazioni inerenti le strade extraurbane ed urbane con velocità di progetto inferiore a 70 km/h".

In progetto anche per queste viabilità in ambito urbano, laddove ritenuto opportuno, si è comunque prevista l'installazione di dispositivi di ritenuta in linea con quanto indicato dalla Circolare stessa: "Nei progetti relativi a strade ad uso pubblico che non rientrano invece nel campo di applicazione delle norme richiamate, tenuto conto delle specifiche condizioni locali in termini di configurazione dello stato dei luoghi e di circolazione, qualora sia previsto anche un intervento sui margini o sui dispositivi di ritenuta, il progettista dovrà comunque valutare le situazioni ove si rendono necessarie protezioni in relazione alla presenza od all'insorgenza di condizioni di potenziale pericolo".

In particolare, per le viabilità in ambito urbano:

- non sono state previste barriere di sicurezza lungo i bordi laterali in presenza di margini dotati di marciapiedi e/o cordoli insormontabili ($H_{min.} = 15\text{cm}$);
- sono state invece previste barriere di sicurezza per tutti gli ambiti in presenza di ostacoli laddove non erano già presenti lungo i margini marciapiedi e/o cordoli insormontabili ($H = 15\text{cm}$).

Con specifico riferimento ai casi di viabilità sovrappassanti l'autostrada (cavalcavia), il criterio di scelta delle zone da proteggere e dei relativi livelli di protezione è stato determinato, indipendentemente dal rango della strada, dall'opportunità di garantire un adeguato contenimento dei veicoli in relazione al rischio che questi possano finire in autostrada; conseguentemente è stato sempre previsto l'impiego di barriere con livello di contenimento minimo H3. Laddove il cavalcavia, oltreché a servizio della viabilità esterna, assolve anche alla funzione di cavalcavia di svincolo, la classe è stata incrementata ad H4, in linea con quanto previsto nel doc. in rif. A7.

Infine, per tutte le viabilità (ad eccezione dei tratti in cavalcavia), per quanto attiene alle modalità di installazione dei dispositivi di ritenuta, dei criteri di protezione degli ostacoli laterali e per la definizione degli elementi di protezione complementari, si è fatto riferimento ai criteri individuati e descritti nella presente relazione per il corpo autostradale, adeguando i livelli di contenimento a quelli previsti per queste tipologie di strade dal D.M. 21.06.2004, in funzione del tipo di traffico previsto su ogni viabilità.

APPENDICI

APPENDICE 1: DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO DEI TERMINALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN CORRISPONDENZA DEI MURI

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 montanti⁷
- 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 quanto 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).

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 20-30cm 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

⁷ 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.

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_{MO} 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:

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

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

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

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 120x80x6mm e lama longitudinale a tripla onda. Valgono le ipotesi poste sulle caratteristiche dei materiali (spessore inferiore a 40mm 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.