

AUTOSTRADA (A14) : BOLOGNA-BARI-TARANTO TRATTO: BOLOGNA BORGO PANIGALE - BOLOGNA SAN LAZZARO

POTENZIAMENTO IN SEDE DEL SISTEMA AUTOSTRADALE E TANGENZIALE DI BOLOGNA INTERVENTI DI COMPLETAMENTO DELLA RETE VIARIA DI ADDUZIONE INTERMEDIA DI PIANURA

PROGETTO DEFINITIVO

CORPO STRADALE

OPERE COMPLEMENTARI

BARRIERE DI SICUREZZA

RELAZIONE TECNICA

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Alessandro Nocentini
Ord. Ingg. Arezzo N. A1809

Responsabile Barriere di Sicurezza e Segnaletica

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

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


IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Gianluca Salvatore Spinazzola
Ord. Ingg. Milano N. A26796

T.A. - Strade

CODICE IDENTIFICATIVO

RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				ORDINATORE 00
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
111443	0001	PD	RQ	OPC	BS000	00000	R	BSS	0057	-0	SCALA -

	ENGINEER COORDINATOR:		SUPPORTO SPECIALISTICO:				REVISIONE	
	Arch. Flavio Camboni Ing. Raffaele Rinaldesi						n.	data
							0	DICEMBRE 2021
REDATTO:				VERIFICATO:				

VISTO DEL COMMITTENTE



IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
Ing. Fabio Visintin

VISTO DEL CONCEDENTE



Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibile
DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE, LE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO A RETE
E I SISTEMI INFORMATIVI

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	BARRIERE PER BORDO LATERALE IN SEDE NATURALE	8
6.1	DEFINIZIONE DEL TIPO E DELLA CLASSE DELLE BARRIERE.....	8
6.2	MODALITÀ D'INSTALLAZIONE DELLE BARRIERE PER BORDO LATERALE	11
7	BARRIERE PER IL BORDO LATERALE DELLE OPERE D'ARTE	15
7.1	DEFINIZIONE DEL TIPO E DELLA CLASSE DELLE BARRIERE.....	15
7.2	MODALITÀ D'INSTALLAZIONE DELLE BARRIERE PER I BORDI LATERALI DELLE OPERE D'ARTE.....	16
8	BARRIERE IN PRESENZA DI OSTACOLI.....	18
8.1	OSTACOLI SUL BORDO LATERALE	18
8.2	DISPOSITIVO COMPLEMENTARE C3A	20
9	DISPOSITIVI DI RITENUTA COMPLEMENTARI.....	21
9.1	TRANSIZIONI	21
9.2	COLLEGAMENTI ALLE BARRIERE ESISTENTI	22
9.3	TERMINALI SPECIALI TESTATI	22
9.4	TERMINALI SEMPLICI E DEVIATI VERSO L'ESTERNO DELLA CARREGGIATA.....	23
9.5	CUSPIDI ED ATTENUATORI D'URTO.....	24
10	RETI DI PROTEZIONE	26
APPENDICI		27
APPENDICE 1: DIMENSIONAMENTO PRELIMINARE DEL SISTEMA DI ANCORAGGIO DEI TERMINALI DELLE BARRIERE DI SICUREZZA IN CORRISPONDENZA DEI MURI		28

Indice delle Tabelle e delle Figure

TABELLA 6-1. ESTRATTO TABELLA A - BARRIERE LONGITUDINALI, ART.6 DEL D.M. 21.06.2004	8
TABELLA 6-2. CRITERI DI SCELTA PER BARRIERE BORDO LATERALE.	9
FIGURA 6-1. CONFIGURAZIONE DELL'ARGINELLO ASSUNTA COME RIFERIMENTO	11
FIGURA 6-2 : UNI/TR 11785	12
TABELLA 7-1. CRITERI DI SCELTA PER BARRIERE BORDO DA BORDO OPERA D'ARTE	15
TABELLA 9-1. TABELLA C – TERMINALI SPECIALI TESTATI, ART.6 DEL D.M. 21.06. 2004.....	23
TABELLA 9-2. TABELLA B – ATTENUATORI FRONTALI, ART.6 DEL D.M. 21.06.2004	24

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 specifiche 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

Il presente documento è riferito al progetto delle barriere di sicurezza relativo al progetto definitivo dell'intervento denominato "Intermedia di Pianura", di completamento della rete viaria di adduzione, mediante la realizzazione di una strada di connessione/distribuzione che collega i Comuni di Calderara e Castel Maggiore nella Provincia di Bologna.

Il tracciato è stato suddiviso in 4 tratte funzionali (Tratte A-B-C-D1) che risultano essere tra di loro indipendenti in quanto tratti di completamento di viabilità già realizzate.

Gli assi principali A-B-C di intervento sono tutti riconducibili a strade extraurbane secondarie (classe C, secondo il D.Lgs. n.285 del 30 Aprile 1992 "Nuovo Codice della Strada"), gli assi secondari e le rotatorie della tratta D1, sono riconducibili a strade locali in ambito extraurbano (Classe F) e strade locali in ambito urbano e urbane di quartiere (tipo E e F).

Il progetto definisce la tipologia delle barriere da installare lungo i tratti stradali citati, ed individua le modalità d'installazione 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:

- Tipologici barriere e reti di protezione.
- Schemi di installazione.
- Tipologici dispositivi complementari.
- Planimetrie delle rimozioni e di progetto delle barriere di sicurezza (Tratte A-B-C-D1).

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. Dicembre 2017”*.

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:

- 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”*;
- prEN 1317-4:2012 *“Road restraint systems - Part4: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for transitions and removable barrier sections”*;
- UNI EN 1317-5:2012 *“Sistemi di ritenuta stradali - Parte 5: Requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli”*;
- prEN 1317-7:2012 *“Road restraint systems - Part7: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for terminals of safety barriers”*;
- UNI CEN/TS 17342:2019 *“Sistemi di ritenuta stradale - Sistemi di ritenuta stradale per motociclisti in grado di ridurre la severità dell'urto del motociclista in caso di collisione con le barriere di sicurezza”*;
- UNI/TR 11785:2020 *“Documento tecnico di supporto per la redazione del manuale per l'utilizzo e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradali su rilevato”*.

A11. D.M. 28.06.2011 (G.U. n. 233 del 06.10.2011) - *“Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale”*.

A12. D.M. 01.04.2019 (GU Serie Generale n.114 del 17-05-2019) - *“Dispositivi stradali di sicurezza per i motociclisti (DSM)”*.

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 (Plb) e la massima posizione laterale del veicolo (Plv) in condizioni dinamiche. Qualora nei report di crash test, effettuati con il mezzo pesante, del dispositivo commerciale che l'Appaltatore ha previsto di installare non fosse espressamente riportato il valore della massima posizione laterale del veicolo (Plv), si dovrà fare riferimento al valore della Vehicle Intrusion (VI) in luogo della Plv.

6 BARRIERE PER BORDO LATERALE IN SEDE NATURALE

6.1 DEFINIZIONE DEL TIPO E DELLA CLASSE DELLE BARRIERE

Come anticipato al capitolo 2 il tracciato è suddiviso in 4 tratte funzionali (Tratte A-B-C-D1) che risultano essere tra di loro indipendenti in quanto tratti di completamento di viabilità già realizzate.

Gli assi principali A-B-C di intervento sono tutti riconducibili a strade extraurbane secondarie (classe C) con previsioni di condizioni di traffico di tipo III (valori di TGM maggiori di 1000 veicoli/giorno e percentuale di veicoli pesanti superiore al 15%). Di conseguenza, nel definire le classi minime di contenimento da prevedere lungo i bordi laterali dell'infrastruttura in oggetto, si è fatto riferimento a quanto previsto dal D.M. 21.06.2004 per strade extraurbane secondarie (classe C) in condizioni di traffico di tipo III. Pertanto, la classe minima di contenimento per le barriere da installare lungo il bordo laterale degli assi principali è H2 (ad eccezione dell'asse RP17A della tratta C, dove sono previste condizioni di traffico di tipo II, e di conseguenza in progetto barriere di classe H1).

Per quel che riguarda gli assi secondari e gli ambiti in rotatoria della tratta D1, riconducibili a strade locali in ambito extraurbano (classe F) e a strade locali in ambito urbano e urbane di quartiere (classe E e F), in cui sono previste condizioni di traffico di tipo II (ad eccezione della rotatoria RO014 con traffico di tipo III), la classe minima di contenimento per le barriere da installare lungo il bordo laterale è N2 (H1 per la rotatoria RO014 con traffico di tipo III), questo in linea con quanto indicato dal D.M. 21.06.2004.

Per maggiore chiarezza si veda di seguito l'estratto della tabella A di cui all'art.6 del citato DM.

Tipo di strada	Tipo di traffico	Barriere spartitraffico	Barriere bordo laterale	Barriere bordo ponte(1)
Strade extraurbane secondarie (C) e Strade urbane di scorrimento (D)	I II III	H1 H2 H2	N2 H1 H2	H2 H2 H3
Strade urbane di quartiere (E) e strade locali (F)	I II III	N2 H1 H1	N1 N2 H1	H2 H2 H2
(1) Per ponti o viadotti si intendono opere di luce superiore a 10 metri; per luci minori sono equiparate al bordo laterale.				

Tabella 6-1. Estratto tabella A - Barriere longitudinali, art.6 del D.M. 21.06.2004

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. Si precisa inoltre che, in sede di appalto, tale requisito potrà essere valutato per i casi specifici in ragione delle effettive interferenze con gli elementi di margine.

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.

In via preferenziale dovranno essere previsti dispositivi testati su arginello.

La protezione del rilevato dovrà essere realizzata garantendo sempre la lunghezza minima di funzionamento (Lf ca. 90m), delle barriere che si prevede di impiegare, grandezza indicata nel certificato di crash test. Considerato che le viabilità in oggetto sono strade a doppio senso di marcia e che quindi, le medesime estensioni delle protezioni andranno realizzate a monte e a valle delle zone da proteggere (riguardo a tali zone si veda quanto indicato in Tabella 6-2), in progetto è stata prevista un'installazione di barriera su ambo i lati quanto meno pari alla grandezza risultante dalla maggiore tra L1 (lunghezza di barriera interessata dall'urto) e Lpu (lunghezza di barriera prima dell'urto), grandezze desumibili dai certificati di crash test dei dispositivi che si prevede di impiegare. Ciò è in linea con quanto indicato nel doc. in rif. A9, che al riguardo esplicita che:

“Il citato art. 3 delle istruzioni tecniche allegate al D.M. indica che “Le protezioni dovranno in ogni caso essere effettuate per una estensione almeno pari a quella indicata nel certificato di omologazione, ponendone circa due terzi prima dell'ostacolo (...omissis...)”. Si richiama l'attenzione sul fatto che l'estensione minima pari a quella indicata nel certificato di omologazione ha valore prescrittivo mentre il posizionamento di due terzi prima ha carattere indicativo. Il progettista può stabilire lo sviluppo di barriera da porre a monte dell'ostacolo, tenendo conto delle modalità con cui sono state effettuate le prove sulla barriera per l'omologazione e della morfologia della strada. Nelle strade a doppio senso di marcia, dove non è possibile individuare il tratto “prima dell'ostacolo”, le medesime protezioni andranno realizzate da entrambi i lati dell'ostacolo, fermo restando il vincolo dell'estensione minima di barriera da installare”.

Pendenza delle scarpate	Altezza del rilevato (m)	Classe barriera
4/7	≤ 3	nessuna protezione ⁽¹⁾ ⁽²⁾ ⁽³⁾
4/7	> 3	min H2 (e H1/N2 per la tratta D1 e gli assi secondari ⁽²⁾)

(1) Per gli assi principali A-B-C, in presenza di strade (ad eccezione delle strade bianche), ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale minore di 30 m (fascia di rispetto strade tipo C), deve essere sempre prevista una barriera di classe H2.

(2) Per gli assi secondari e la tratta D1, in presenza di strade (ad eccezione delle strade bianche), ferrovie, edifici, fiumi, canali, ecc. ad una distanza dal confine stradale minore di 20 m (fascia di rispetto), deve essere sempre prevista una barriera di classe minima H1/N2 in funzione del tipo di traffico che interessa l'arteria.

(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 6-2. Criteri di scelta per barriere bordo laterale.

In termini generali nelle sezioni in trincea, in assenza di ostacoli di cui si rendesse necessaria protezione specifica e laddove il margine laterale esistente fosse conformato in maniera tale da risultare adeguato ai fini della sicurezza della circolazione, non sono state previste in progetto barriere di sicurezza.

Laddove invece in trincea si è riscontrata la presenza di ostacoli (esistenti o di progetto) la protezione è stata normalmente garantita prevedendo nei casi in trincea con canaletta grigliata la posa della barriera con filo lama a filo pavimentato (vedi anche i relativi dettagli tipologici “D” all'interno dell'elaborato “tipologici barriere e reti di protezione” e lo schema S10 dell'elaborato “schemi di installazione”).

Laddove, inoltre, in progetto risultassero tratti di breve estensione, in rilevato o in trincea, non richiedenti di per sé protezione, ma a loro volta interposti tra tratti in cui risultasse invece necessario prevedere l'installazione di barriere di sicurezza, si è scelto di dare continuità ai dispositivi di ritenuta, allo scopo di massimizzare l'efficacia dei dispositivi nel loro insieme e limitare numerosità e frequenza dei terminali di avvio e fine degli impianti.

Infine, relativamente alle viabilità in ambito urbano con velocità di progetto inferiore a 70 km/h, queste, 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), ricadono 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:

- 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 ($H = 15\text{cm}$).

6.2 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.

Il progetto geometrico – funzionale delle opere nei tratti in esame prevede la risagomatura di tutti gli arginelli in modo da conferire a tutti le dimensioni geometriche riportate in Figura 6-1, congruenti con quelle minime prescritte dal DM 5.11.2001.

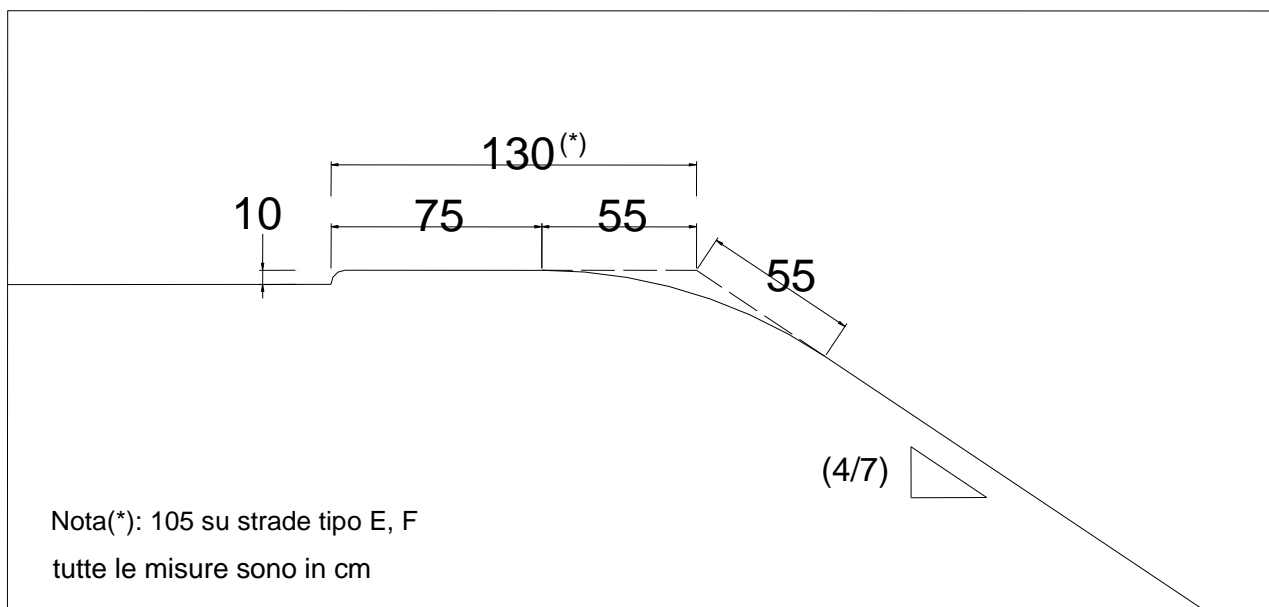


Figura 6-1. Configurazione dell'arginello assunta come riferimento

Ai fini dell'installazione delle barriere da bordo laterale con paletti infissi, le dimensioni geometriche di norma di Figura 6-1 sono considerate necessarie e sufficienti a ripristinare in opera le condizioni di installazione delle barriere adottate in occasione delle prove d'urto¹.

Pertanto, stanti le suddette condizioni e le richieste progettuali citate ai paragrafi precedenti circa alla lunghezza minima di infissione dei paletti pari a 90 cm per le barriere da bordo laterale, tutte le barriere potranno essere installate con paletti aventi una profondità d'infissione come da crash test nel rispetto dei requisiti minimi di progetto.

Come chiarito dal rapporto tecnico UNI/TR 11785:2020 la stabilità trasversale dei veicoli pesanti che, in relazione all'ampiezza della deformazione dinamica della barriera di sicurezza, si possono trovare a percorrere con una o due ruote la scarpata del rilevato, è influenzata dalla distanza del ciglio del rilevato dal fronte della barriera.

A tal proposito in ambito UNI è stato sviluppato uno studio (rif. UNI/TR 11785:2020) che ha analizzato gli effetti sul rollo di un veicolo pesante nel caso di una barriera testata in piano e poi installata in presenza di scarpata, a distanza variabile dal ciglio del rilevato. Il risultato dell'elaborazione è stato che la massima posizione laterale delle ruote oltre la barriera non deve superare la somma della larghezza delle ruote gemellate del veicolo di prova e della distanza "d" tra il fronte della barriera ed il ciglio del rilevato (Figura 6-2).

Lo studio condotto ha dimostrato l'applicabilità dello stesso al caso di dispositivi nei quali il veicolo pesante ha dimostrato un rollo limitato (minore di 15°).

¹ Cfr. anche doc.in rif. A7, Cap. 7

La precedente condizione può essere rappresentata come di seguito:

$$D \geq D_{lim} - S_b$$

Dove:

- D: distanza tra il fronte della barriera ed il ciglio della scarpata;
- D_{lim} : massima posizione laterale delle ruote oltre la barriera;
- S_b : larghezza ruote gemellate o semilarghezza nel caso di rollio elevato.

Il parametro S_b rappresenta la larghezza complessiva delle ruote gemellate ed in particolare:

- per le classi H1 e H2: 55 cm
- per le classi H3 e H4: 60 cm

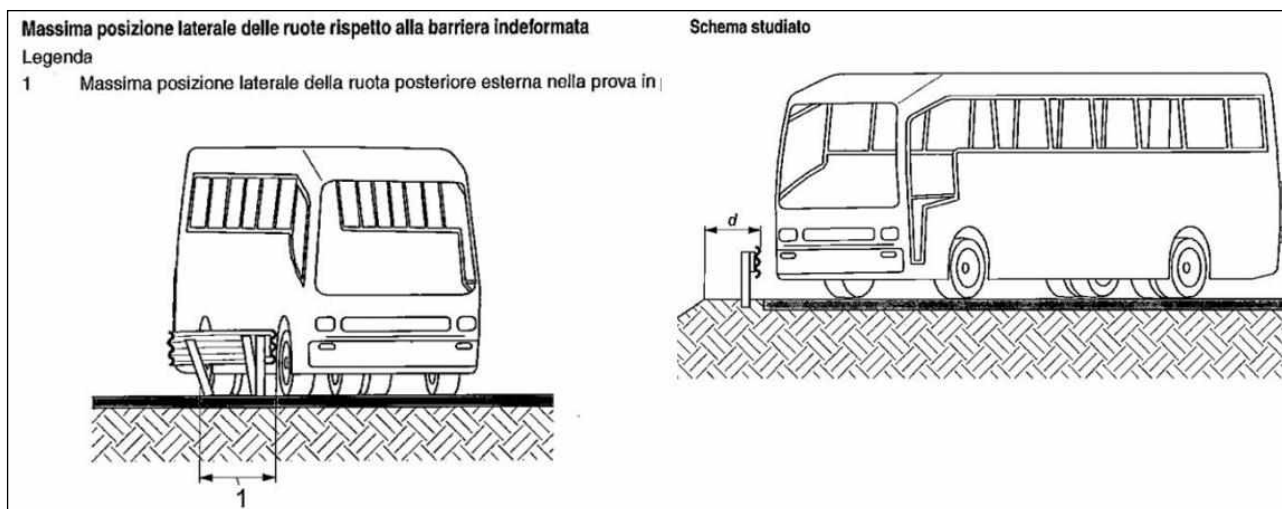


Figura 6-2 : UNI/TR 11785

Assumendo in via cautelativa come posizione laterale massima delle ruote il valore della deflessione dinamica del dispositivo e considerando le larghezze di arginello previste in progetto, sono state previste le seguenti limitazioni sul parametro di deflessione dinamica delle barriere di progetto:

- $D_{din} \leq 1.55$ m per arginelli di larghezza 1.30 m
- $D_{din} \leq 1.30$ m per arginelli di larghezza 1.05 m
- $D_{din} \leq 1.00$ m per arginelli di larghezza 0.75 m
- $D_{din} \leq 0.75$ m per arginelli di larghezza 0.50 m

Tali limitazioni, imposte in relazione alle larghezze di arginello di progetto, sono state determinate assumendo in via cautelativa la condizione di rollio elevato, non potendo effettuare a priori valutazioni sul rollio effettivo del mezzo pesante durante il crash test.

Resta inteso che l'Appaltatore, a valle di valutazioni più accurate in relazione anche al dispositivo specifico che prevede di installare, potrà prevedere un dispositivo con requisito Ddin diverso a patto che sia data evidenza in forma analitica, sperimentale e/o mediante simulazioni dinamiche agli elementi finiti del corretto funzionamento in relazione alla sua installazione sull'arginello di progetto.

Nei casi in cui l'Appaltatore preveda l'installazione di dispositivi testati su arginelli (di larghezza minore o uguale a quelli di progetto) potrà non prevedere limitazioni sul requisito di deflessione dinamica, in quanto si ritiene che la larghezza del supporto di progetto (maggiore di quello di crash test) fornisca sufficienti garanzie almeno nei confronti della stabilità trasversale del veicolo.

E' evidente che in aggiunta alle suddette valutazioni sulla conformazione geometrica dell'arginello, si rende altresì necessario un ulteriore approfondimento sulle caratteristiche meccaniche del sistema barriera-supporto.

A tal proposito, sarà onere dell'Appaltatore in ragione dei dispositivi effettivamente impiegati, valutare la compatibilità degli stessi con i supporti previsti in progetto mediante opportune prove in sito (ad es. prove di push-pull) che diano evidenza del corretto funzionamento del dispositivo installato eventualmente prevedendo il ricorso, ove ritenuto necessario, all'infissione maggiorata.

Il protocollo di prova dovrà essere sottoposto alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

Si ritiene qui opportuno ribadire che, fatto salvo il rispetto dei requisiti prestazionali minimi stabiliti in progetto e coerentemente con quanto stabilito dalla norma, sarà in ogni caso onere del progettista delle installazioni incaricato dall'Impresa realizzatrice delle opere di assicurare la funzionalità dei dispositivi che saranno effettivamente utilizzati, sotto ogni aspetto, stanti le condizioni dei supporti previste in progetto, provvedendo in tal senso a selezionare opportunamente i dispositivi e quindi ad individuare e dimensionare quegli accorgimenti che si dovessero rendere eventualmente necessari a garantirne il corretto funzionamento.

Questa attività, necessaria per tutte le barriere metalliche infisse e, a maggior ragione, per quelle previste al margine laterale, dovrà assicurare il corretto funzionamento dei dispositivi, avendo a riferimento il comportamento emerso durante le prove di crash (che dovrà necessariamente essere riproposto per le effettive condizioni di installazione su strada), in particolar modo per quanto concerne:

- **L'interazione eventuale del veicolo in svio con le scarpate a tergo, in ragione delle larghezze dei supporti effettivamente resi disponibili in progetto e della pendenza delle scarpate stesse; tale analisi potrà essere svolta a partire direttamente dalle prove di crash (se svolte su arginelli e scarpate di caratteristiche geometriche analoghe a quelle presenti in progetto) oppure tramite opportuni strumenti di analisi numerica (es. simulazioni FEM);**
- **Il comportamento meccanico della barriera in funzione delle condizioni di infissione previste a progetto: in questo senso si dovrà, per ciascun dispositivo, garantire che la barriera prescelta risulti compatibile e funzionale con le caratteristiche geometriche dei supporti e quelle geomeccaniche dei materiali previsti in progetto. Tale analisi potrà di nuovo essere effettuata a partire dalle prove di crash test, se svolte in condizioni analoghe a quelle di progetto; in alternativa, ove questo non sia possibile, si dovrà ricorrere all'utilizzo di ulteriori prove dal vero di tipo statico o dinamico. In questo caso sarà necessario preventivamente dare evidenza, per ciascun dispositivo, dei protocolli di prova previsti e utili ad attestarne, sotto la responsabilità dell'Impresa, la funzionalità in termini di resistenza meccanica, deformazioni, momento di plasticizzazione, etc. A partire dal protocollo previsto per ciascuna barriera, le prove potranno quindi essere svolte, di concerto con la DL, in un campo prove dedicato, in cui sia stato ricostruito il supporto di progetto, eventualmente nelle sue configurazioni più penalizzanti, con lo scopo di attestare il corretto comportamento meccanico del dispositivo in ragione di**

geometria, materiali e caratteristiche geomeccaniche dei supporti, alla luce appunto dei requisiti minimi di verifica riportati nel protocollo di prova corrispondente.

7 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.

7.1 DEFINIZIONE DEL TIPO E DELLA CLASSE DELLE BARRIERE

Le opere d'arte sono tutte localizzate lungo gli assi principali delle tratte A, B e C, come già detto ai paragrafi precedenti si tratta interventi riconducibili a strade extraurbane secondarie (classe C) con previsioni di condizioni di traffico di tipo III (valori di TGM maggiori di 1000 veicoli/giorno e percentuale di veicoli pesanti superiore al 15%), di conseguenza, le classi di contenimento, ai sensi del D.M. 21.06.2004, sono H2 e H3.

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)	Insedimenti abitativi o industriali al margine / scavalcamenti su strade, ferrovie	Classe
≤ 10	NO	classe prevista per l'adiacente bordo laterale (H2)
≤ 10	SI	H2
> 10 ⁽¹⁾	NO	H3 e H4 nel caso di barriere integrate polifunzionali ⁽¹⁾ ⁽²⁾
> 10 ⁽¹⁾	SI	H3 e H4 nel caso di barriere integrate polifunzionali ⁽¹⁾ ⁽²⁾

(1) La scelta, in progetto, della classe H4 relativamente alle sole barriere integrate polifunzionali sulle opere d'arte con luce superiore a 10m, è stata vincolata (sulla base delle informazioni disponibili al progettista alla data di redazione del presente progetto) dalla assenza allo stato attuale di disponibilità sul mercato di barriere integrate di classe H3 (classe minima indicata dal DM 21.06.2004 per strade tipo C e traffico di tipo III su opere d'arte con luce superiore a 10 m), in quanto sono disponibili attualmente solo dispositivi integrati di classe H2 e H4; se, nelle fasi di progetto/appalto successive, saranno disponibili barriere polifunzionali di classe H3, compatibili con i requisiti di progetto, potranno essere installate barriere polifunzionali di classe H3, in luogo della classe H4 prevista in progetto, e in linea con le disposizioni del citato DM.

(2) 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.

Tabella 7-1. Criteri di scelta per barriere bordo da bordo opera d'arte

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 opere di luce inferiore a 2 metri si è previsto di mantenere la barriera bordo laterale corrente sull'opera e di intervenire sui paletti che non possono essere infissi.

7.2 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). Nel definire in progetto l'estensione delle barriere prima e dopo l'opera d'arte, come già anticipato al paragrafo 6.1 (a cui si rimanda per maggiore dettaglio) si è tenuto in conto che le viabilità in oggetto sono strade a doppio senso di marcia e che quindi, ai sensi della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 62032 del 21.07.2010 (doc. in rif. A9), le medesime protezioni andranno realizzate da entrambi i lati dell'opera d'arte.

Di conseguenza, si è prevista un'installazione di barriera su ambo i lati dell'opera d'arte quanto meno pari alla grandezza risultante dalla maggiore tra L1 (lunghezza di barriera interessata dall'urto) e Lpu (lunghezza di barriera prima dell'urto), grandezze desumibili dai certificati di crash test dei dispositivi che si prevede di impiegare. Lo sviluppo complessivo della protezione non dovrà in ogni caso risultare inferiore alla lunghezza minima di installazione (Lf ca. 90m) relativa allo sviluppo totale del dispositivo che compone il sistema misto.

Secondo quanto previsto dal D.M. 21/06/2004 all'art. 6, l'estensione della protezione dell'opera a monte ed a valle, potrà essere realizzata attraverso un dispositivo diverso (testato con pali infissi nel terreno), di pari classe di contenimento (o di classe ridotta - H3 nel caso di affiancamento a barriere bordo ponte di classe H4), andando a realizzare una transizione strutturalmente continua (transizione speciale), in grado cioè di trasferire gli sforzi ed evitare una significativa differenza di deformazione laterale. In questo caso la lunghezza della barriera installata nel sistema misto dovrà essere almeno pari alla maggiore delle lunghezze di funzionamento dei 2 dispositivi installati.

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

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

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

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

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

² Si considerano elementi longitudinali resistenti la lama principale a tripla onda, l'eventuale lama secondaria sottostante o soprastante la lama principale, ed i profilati aventi funzione strutturale. Non sono considerati elementi strutturali i correnti superiori con esclusiva funzione di antiribaltamento ed i correnti inferiori 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.

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

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

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

Per maggiori dettagli circa le suddette modalità di installazione si rimanda agli schemi da S2 ad S4 contenuti negli elaborati "schemi di installazione" e alle transizioni dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari" facenti parte del presente progetto.

8 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 barriere antifoniche.

La tipologia delle barriere a protezione degli ostacoli è quella di barriere metalliche a nastri. Dove previsto l'impiego di barriere a paletti infissi (tipo bordo laterale) i dispositivi impiegati dovranno essere caratterizzati da un livello di severità di classe A. Dove la protezione verrà realizzata con barriera tipo bordo ponte (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.

I dispositivi di ritenuta impiegati dovranno avere larghezza operativa compatibile con la distanza e la tipologia degli ostacoli. 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, si è fatto riferimento alla posizione laterale massima della barriera in condizioni dinamiche Plb(din), ciò è in linea con quanto indicato nei doc. in rif. A7 e A9.

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 (Plb) e la massima posizione laterale del veicolo (Plv) in condizioni dinamiche. Qualora nei report di crash test, effettuati con il mezzo pesante, del dispositivo commerciale che l'Appaltatore ha previsto di installare non fosse espressamente riportato il valore della massima posizione laterale del veicolo (Plv), si dovrà fare riferimento al valore della Vehicle Intrusion (VI) in luogo della Plv.

8.1 OSTACOLI SUL BORDO LATERALE

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

- a) *Sostegni di cartelli di segnaletica verticale Ø60mm (con momento di plasticizzazione alla base non superiore a 5.7 kNm)*

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

- b) *Montanti verticali di targhe su strutture monopalo (sostegni di cartelli di segnaletica verticale > Ø60mm)*

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 con larghezza operativa $W \leq 2.10m$, di classe H2 sugli assi

principali, e di classe H1/N2 sulla tratta D1 e sugli assi secondari. 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 H2 e con larghezza operativa $W \leq 1.70m$.

c) Pali d' illuminazione

Tali ostacoli saranno ubicati ad una distanza non inferiore a 2.10m e protetti con dispositivi da bordo laterale con larghezza operativa $W \leq 2.10m$, di classe H2 sugli assi principali e di classe H1/N2 sulla tratta D1 e sugli assi secondari. 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 H2 e con larghezza operativa $W \leq 1.70m$.

d) Barriere acustiche su muro redirettivo ($H=1.50m$):

tale soluzione è stata prevista in progetto solo laddove la soluzione con barriere di tipo polifunzionale non era attuabile in relazione all'altezza stessa delle barriere acustiche ($H \geq 6m$) e allo stato dei luoghi. In tali casi, la protezione della barriera acustica è comunque assicurata dal muro redirettivo in c.a., di altezza minima 1.50 ritenuta sufficiente a garantire il contenimento ed il corretto reindirizzamento su strada con una traiettoria regolare del veicolo. A protezione della sezione frontale del muro redirettivo di protezione, a seconda dei casi sono stati previsti:

- attenuatori d'urto di classe 80 di tipo redirettivo, ad esempio in corrispondenza di accessi privati laterali, dove l'estensione/protezione dell'inizio muro con barriere di sicurezza non era attuabile;
- barriere di sicurezza opportunamente collegate al muro che 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 la protezione P1 dell'elaborato "schemi di installazione", e il dispositivo complementare "C3a" dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari".

e) Barriere antifoniche a distanza minima 2.10 m

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 stradale e nell'ambiente esterno circostante. 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 con larghezza operativa $W \leq 2.10m$, di classe H2 sugli assi principali e di classe H1/N2 sulla tratta D1 e sugli assi secondari.

f) 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 approccio, con particolare riferimento alla sezione iniziale della barriera integrata. La soluzione progettuale dovrà essere sviluppata mediante opportuni accorgimenti atti ad evitare l'urto diretto dell'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.

Nel definire in progetto l'estensione delle barriere prima e dopo gli ostacoli, si è tenuto in conto che trattasi di strade a doppio senso di marcia e che quindi, ai sensi della Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 62032 del 21.07.2010 doc. in rif. A9 (al riguardo vedi anche quanto detto al paragrafo 6.1), le medesime protezioni andranno realizzate da entrambi i lati dell'ostacolo. Di conseguenza, si è prevista

un'installazione di barriera su ambo i lati quanto meno pari alla grandezza risultante dalla maggiore tra L1 (lunghezza di barriera interessata dall'urto) e Lpu (lunghezza di barriera prima dell'urto), grandezze desumibili dai certificati di crash test del dispositivo che si prevede di impiegare. Lo sviluppo complessivo della protezione non dovrà in ogni caso risultare inferiore alla lunghezza minima di installazione.

Per maggiori dettagli circa le suddette modalità di installazione si rimanda allo schema S7 dell'elaborato "schemi di installazione" facenti parte del presente progetto.

8.2 DISPOSITIVO COMPLEMENTARE C3A

In linea prioritaria, si è sempre cercato in progetto di eliminare le singolarità rappresentate dall'inizio di manufatti/muri in c.a. prevedendo protesi in c.a. degradanti a terra nel tratto iniziale. A monte di tali elementi in c.a., nel caso in cui 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 per le prime 10 campate del dispositivo in approccio al muro (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; l'appaltatore potrà valutare l'effettiva necessità di infittimento dei paletti sulla base del dispositivo specifico che ha previsto di installare.

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

Tali modalità di ancoraggio discendono 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), 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).

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.

Per maggiori dettagli circa le suddette modalità di installazione si rimanda al dispositivo complementare "C3a" dell'elaborato "Tipologici dispositivi complementari".

9 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 obbligatoria 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.

9.1 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 grafici⁴.

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

⁴ La direzione Lavori si riserverà il diritto di accettare la soluzione proposta a seguito della verifica della documentazione fornita.

9.2 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 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 grafici⁵.

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

9.3 TERMINALI SPECIALI TESTATI

In tutti i casi ricadenti su viabilità con velocità di progetto $v_p \geq 70$ km/h, è stato previsto l'impiego di terminali speciali testati in corrispondenza delle zone di inizio impianto delle barriere di sicurezza, fatto salvo casi specifici in presenza di vincoli locali particolari che non ne hanno consentito l'installazione.

L'utilizzo delle altre tipologie previste in progetto come terminali di avvio, e per la cui trattazione si rimanda ai successivi paragrafi, è stato limitato alle casistiche riportate nelle planimetrie di progetto, ovvero per i tratti su viabilità locale in ambito urbano e/o su strade comunque caratterizzate da velocità di progetto inferiore a 70km/h, e quindi, non ricadenti nel campo di applicazione della norma secondo quanto previsto dall'art. 2 del D.M.223/92 e come ribadito dalla Circolare Esplicativa del 21.07.2010 (doc. in rif. A9).

I terminali speciali testati ai sensi della UNI ENV 1317-4 o prEN 1317-7, dovranno essere della tipologia e delle classi previste nelle planimetrie di progetto.

In particolare, lungo gli assi principali con limite di velocità imposto di 70km/h sono stati previsti terminali speciali testati installabili secondo normativa vigente di classe P2 (tipo "EAT" nel caso di utilizzo di terminali testati secondo la prEN 1317-7).

In particolare, si precisa che rispetto alle classi minime riportate in tabella C dell'art.6 del D.M. 21.06.2004 (Tabella 9-1), in progetto è stato cautelativamente previsto l'innalzamento di classe per garantire l'installazione di dispositivi testati secondo modalità e velocità (ai sensi delle UNI ENV 1317-4, prEN 1317-7) maggiormente coerenti con la tipologia di infrastruttura (con particolare riferimento anche all'intervallo effettivo delle velocità di progetto) ed al comportamento potenzialmente atteso dall'utenza, rispetto ai limiti di velocità, relativamente bassi, imposti lungo i tracciati per altre ragioni collegate alla sicurezza di esercizio.

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

Velocita' imposta nel sito da proteggere	Classe dei terminali
Con velocita' v maggiore o uguale 130 km/h	P3
Con velocita' 90 minore o uguale v minore 130 km/h	P2
Con velocita' v minore 90 km/h	P1

Tabella 9-1. tabella C – terminali speciali testati, art.6 del D.M. 21.06. 2004⁶

Infine, si precisa che con riferimento a tali terminali speciali testati:

- la tipologia di dispositivo individuato dovrà essere compatibile con le barriere previste in appalto;
- sarà onere dell'appaltatore curare il dettaglio costruttivo del collegamento e adattamento del dispositivo alle barriere di sicurezza;
- in base all'effettiva disponibilità dei prodotti commerciali potranno essere utilizzati dispositivi di classe superiore rispetto a quanto previsto in progetto.

9.4 TERMINALI SEMPLICI E DEVIATI VERSO L'ESTERNO DELLA CARREGGIATA

Come anticipato ai paragrafi precedenti, l'utilizzo di questa tipologia di terminale è limitato alle viabilità con velocità di progetto inferiore a 70km/h, e quindi, non ricadenti nel campo di applicazione della norma secondo quanto previsto dall'art. 2 del D.M.223/92 e come ribadito dalla Circolare Esplicativa del 21.07.2010 (doc. in rif. A9).

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.

⁶ Le classi di terminali riportate fanno riferimento a quelle previste dalla normativa in essere (D.M. 21 giugno 2004); è tuttavia ammissibile fare riferimento alle classi di terminali testati ai sensi della UNI prEN 1317-7 ancorché ufficialmente in bozza.

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 ENV 1317-4 o prEn 1317-7, 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.

9.5 CUSPIDI ED ATTENUATORI D'URTO

Le cuspidi dovranno essere protette con dispositivi attenuatori d'urto installabili secondo normativa vigente, di tipo redirettivo e della classe specificata nelle planimetrie di progetto, determinata in funzione delle velocità imposte nei siti da proteggere.

In particolare, si precisa che rispetto alle classi minime riportate in tabella B dell'art.6 del D.M. 21.06.2004 (Tabella 9-2), in progetto è stato cautelativamente previsto l'innalzamento di classe per garantire l'installazione di dispositivi testati secondo modalità e velocità (ai sensi delle UNI EN 1317-3) maggiormente coerenti con la tipologia di infrastruttura (con particolare riferimento anche all'intervallo effettivo delle velocità di progetto) ed al comportamento potenzialmente atteso dall'utenza, rispetto ai limiti di velocità, relativamente bassi, imposti lungo i tracciati per altre ragioni collegate alla sicurezza di esercizio.

Velocità imposta nel sito da proteggere	Classe degli attenuatori
Con velocità v maggiore o uguale 130 km/h	100
Con velocità 90 minore o uguale v minore 130 km/h	80
Con velocità v minore 90 km/h	50

Tabella 9-2. tabella B – Attenuatori frontali, art.6 del D.M. 21.06.2004

Con riferimento a quanto argomentato sopra, lungo gli assi principali con limite di velocità imposto a 70km/h sono stati previsti dispositivi attenuatori d'urto di classe 80 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, che formano un sistema o famiglia (allargato, intermedio, parallelo), quelli a cui corrisponde larghezza analoga 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, dispositivo complementare “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 zebrata garantendo adeguati franchi laterali, nel rispetto di quanto precedentemente detto.

Il punto di discontinuità tra le barriere in cuspidi e l'attenuatore d'urto dovrà essere gestito in modo tale da non costituire in alcun modo ostacolo per i flussi di traffico afferenti in cuspidi. In linea generale sarà da privilegiarsi il collegamento dell'attenuatore alle barriere in cuspidi e contestualmente l'impiego di attenuatori compatibili con tale modalità di installazione, in quanto ritenuto accorgimento migliorativo per la protezione delle cuspidi e delle condizioni di sicurezza in generale.

Solo laddove, in ragione dello stato dei luoghi, della specifica configurazione della cuspidi, di eventuali vincoli, oltreché problematiche legate al corretto funzionamento, quali ad esempio:

- riduzione della lunghezza dei dispositivi di ritenuta a lunghezze inferiori a quella di funzionamento (Lf 90m ca.);
- riduzione delle "ali funzionali" a monte/valle degli ostacoli da proteggere (ca. 30m);

non è stato previsto il collegamento degli attenuatori alle barriere afferenti in cuspidi.

In questi casi e 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. L'appaltatore/produttore dovrà in ogni caso dare evidenza del corretto adattamento dell'attenuatore d'urto scelto, anche sulla base delle risultanze di crash test (ad es. valutando opportunamente gli spostamenti laterali misurati) e/o attraverso specifici calcoli e indicazioni riportate nel manuale di installazione del dispositivo.

10 RETI DI PROTEZIONE

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

- 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).
- A protezione dei ciclisti, in presenza di piste ciclabili in stretto affiancamento alle barriere di sicurezza.

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.
- in presenza di piste ciclabili in stretto affiancamento alle barriere di sicurezza.

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. Tutte le reti di protezione sono state estese in progetto oltre il punto da proteggere per almeno 10m a monte e a valle dello stesso.

In particolare, sono state previste reti di protezione di altezza 2 metri "tipo A" e reti di altezza 1.50 m tipo E (in presenza di piste ciclabili) 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 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.

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, di seguito indicate come NTC).

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 NTC (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 quando il piano di taglio interessa il gambo.

Dimensionamento dei tirafondi

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

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

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).

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.

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 taglio di progetto $V_{c,Rd}$ come previsto dalle NTC (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 NTC, 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).

AUTOSTRADA A14 BOLOGNA – BARI - TARANTO
Tratto: Bologna Borgo Panigale – Bologna San Lazzaro
Potenziamento in sede del sistema Autostradale e
Tangenziale di Bologna
Interventi di collegamento della rete viaria di adduzione
Intermedia di Pianura
Progetto definitivo

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.