

An aerial photograph of a multi-lane highway bridge crossing a river. The bridge has concrete pillars and metal railings. In the background, there is a town with buildings and a tall tower, surrounded by green fields and hills under a clear sky.

# UX128

## LINEA GUIDA

**per la validazione del corretto funzionamento  
delle barriere di sicurezza installate su  
cordolo in calcestruzzo armato**



**UNICMI**

# UX128

## **LINEA GUIDA PER LA VALIDAZIONE DEL CORRETTO FUNZIONAMENTO DELLE BARRIERE DI SICUREZZA INSTALLATE SU CORDOLO IN CALCESTRUZZO ARMATO**

*Versione 29/02/2024*

A cura dell'Ufficio Tecnico UNICMI, Ing. Giovanni Brero  
e della Divisione Equipaggiamenti per Infrastrutture di mobilità  
CAR SEGNALETICA STRADALE srl  
IMEVA spa  
MARCEGAGLIA BUILDTECH srl  
MARGARITELLI ROAD SAFETY  
SAFITAL srl  
SMA ROAD SAFETY srl  
SNOLINE spa/LINDSAY Corp.  
TICOPTER srl  
TUBOSIDER spa

## Sommario

1. Premessa .....	4
2. Definizioni .....	4
3. Approfondimenti preliminari .....	6
3.1 Definizione di prodotto e di opera .....	7
3.2 Attività progettuale .....	8
4. Scopo del documento .....	9
5. Metodi di valutazione delle sollecitazioni .....	10
6. Verifica in opera .....	11
6.1 Verifica con prova di pull out su barra di ancoraggio .....	12
6.2 Verifica con prova di tipo push sul paletto della barriera .....	13
Allegato 1 - Calcolo delle azioni trasmesse al gruppo di ancoraggio mediante simulazione numerica della barriera sottoposta a crash test .....	15
Allegato 2 - Calcolo delle azioni trasmesse al gruppo di ancoraggio mediante simulazione numerica del singolo paletto sottoposto a prova di push dinamico. ....	19
Allegato 3 - Determinazione delle forze mediante “Sled Test” .....	22
Allegato 4 - Determinazione delle forze mediante prove di “Pull – Out” su tirafondi .....	24
Allegato 5 - Misura diretta o indiretta in fase di crash test delle azioni trasmesse al gruppo di ancoraggio della barriera .....	26
Appendice A - Nota sulla procedura di determinazione delle forze mediante metodo analitico .....	28
Appendice B - Casi applicativi .....	32

## 1. Premessa

Il presente documento si inquadra in una attività di carattere più generale in cui i produttori di dispositivi di sicurezza stradali definiscono procedure e metodologie di prova per consentire la verifica del funzionamento dei dispositivi su strada.

Si intende che il dispositivo “funziona” quando, inserito nell’opera, è in grado di esplicitare le prestazioni dichiarate a seguito delle prove iniziali di tipo effettuate in campo prove.

La garanzia di funzionamento del dispositivo si basa sul rispetto delle prescrizioni progettuali e delle indicazioni fornite dal produttore e contenute nel Manuale di installazione (ex UNI EN 1317-5).

Il funzionamento del dispositivo comporta la verifica del:

- montaggio del dispositivo da condurre in conformità alle istruzioni relative all’assemblaggio dei suoi componenti contenute nel Manuale di installazione;
- installazione del dispositivo mediante inserimento nell’opera ed eventuale adattamento alle condizioni reali del sito quando difformi dalle condizioni di test. La gestione di questo adattamento è in capo al progettista che trova utili riferimenti nel Manuale di installazione del produttore per tutte le valutazioni da effettuare.

Il tema della verifica del corretto montaggio ed installazione dei dispositivi di sicurezza stradali è trattato nel documento UX79 *Procedura per l’emissione del certificato di corretto montaggio ed installazione dei dispositivi di sicurezza stradali*

Per le indicazioni specifiche sulle prove da effettuare per i dispositivi installati su terreno sono stati pubblicati i seguenti documenti:

- UX114 *Linea guida per la validazione del corretto funzionamento delle barriere di sicurezza installate sul bordo dei rilevati stradali*
- UX116 *Dispositivi di ancoraggio ausiliario per i paletti delle barriere di sicurezza nelle applicazioni su rilevato*

Il presente documento completa la trattazione dell’ancoraggio del dispositivo al supporto affrontando il caso dei cordoli in calcestruzzo armato.

## 2. Definizioni

**Dispositivi di sicurezza stradali:** prodotti e attrezzature stradali per la sicurezza degli utenti della strada.

**Barriera di sicurezza stradale:** tipologia di dispositivo di sicurezza stradale applicato sul bordo strada al fine di realizzare, per gli utenti della strada e per gli eventuali soggetti esterni presenti, accettabili condizioni di sicurezza in rapporto alla configurazione dell’infrastruttura, garantendo,

entro certi limiti, il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale.

**Supporto:** parte del corpo stradale a cui è collegato il dispositivo di sicurezza stradale (rilevato o cordolo in calcestruzzo armato).

**Sistema di ancoraggio:** connessione del dispositivo di sicurezza al supporto. Può essere di tipo chimico, meccanico o preinghisato.

**Barra di ancoraggio:** barra di acciaio filettata.

**Ancorante chimico:** adesivo di tipo chimico posto tra la parete del foro nel calcestruzzo e la parte di barra di ancoraggio inserita.

**Sistema di ancoraggio chimico:** sistema di fissaggio composto da un ancorante chimico e da una barra di ancoraggio.

**Sistema di ancoraggio meccanico:** sistema di fissaggio di tipo prevalentemente meccanico.

**Sistema di ancoraggio preinghisato:** barra di ancoraggio messa in opera prima del getto.

**Prova di crash (o crash test):** prova di urto di veicoli sul dispositivo eseguita in conformità alle norme tecniche europee

**ITT (Initial Type Testing):** prova di crash eseguita al fine del rilascio del certificato di costanza della prestazione

**Prova di push:** prova di spinta sul paletto della barriera con applicazione del carico in regime quasi-statico e/o dinamico.

**Prova di pull:** prova di tiro sul paletto della barriera con applicazione del carico in regime quasi-statico e/o dinamico.

**Prova di pull-out dei tirafondi:** prova per la determinazione della forza di estrazione di tipo confinato e non confinato (o della resistenza del ad un carico assegnato) effettuata su tirafondo preinghisato o post inserito nell'elemento in calcestruzzo.

**Sled test:** prova di impatto eseguito sul paletto della barriera eseguito utilizzando una massa disposta su una "slitta - carrello" scorrevole su piano inclinato per generare la necessaria energia cinetica d'impatto.

**Produttore<sup>1</sup>:** soggetto che sviluppa il prodotto e lo inserisce sul mercato con DoP e marchio CE. Con la stesura del Manuale di installazione definisce le condizioni di impiego del prodotto ed indica le modalità di verifica del funzionamento in opera.

---

<sup>1</sup> Il produttore del dispositivo di sicurezza stradale è da intendersi il soggetto che immette il prodotto sul mercato con marcatura CE rilasciata secondo le indicazioni del Regolamento Europeo Prodotti da Costruzione n.305/2011. In questo senso il termine produttore è sinonimo del termine "fabbricante" definito al Capo 1 Art.1 comma 19 del suddetto Regolamento: 19) «fabbricante», qualsiasi persona fisica o giuridica che fabbrichi un prodotto da costruzione o che faccia progettare o fabbricare tale prodotto e lo commercializzi con il suo nome o con il suo marchio. Il ruolo di "fabbricante" e quindi di "produttore" non è limitato al soggetto che dispone del sito produttivo, bensì esteso al soggetto che ha curato la progettazione del prodotto controllandone la fabbricazione fino all'inserimento sul mercato.

**Laboratorio o Campo prove:** ente presso cui vengono eseguite le prove per la misura delle prestazioni del dispositivo e le eventuali prove integrative utilizzabili come riferimento per le successive verifiche in situ.

**Organismo Notificato:** (o Notified Body) ente di certificazione che viene riconosciuto dalle Autorità competenti di uno Stato membro della UE e notificato alla Commissione Europea. In Italia, l'autorità competente per l'accreditamento è ACCREDIA. Ai sensi del CPR 305/2011 l'Organismo Notificato rilascia al Produttore l'attestato di costanza della prestazione essenziale per la marcatura CE del prodotto e sorveglia l'attività produttiva presso lo stabilimento.

**Progettista:** soggetto che redige il progetto esecutivo dell'installazione del dispositivo e, nelle successive fasi progettuali fino alla fine dei lavori, cura direttamente l'inserimento e l'adattamento sulla strada dei dispositivi di ritenuta in ottemperanza alle normative vigenti. È la figura incaricata per la progettazione esecutiva degli interventi secondo le indicazioni di legge e al quale compete la verifica dell'idoneità dei prodotti scelti adattandone l'impiego al sito in base alle informazioni presenti nel Manuale di installazione ed a valutazioni e calcoli, anche con il ricorso a simulazioni numeriche.

**Manuale di installazione, uso e manutenzione:** così come definito in allegato 1 del DM MIT 28.06.2011 ed al punto 5.4.c della EN 1317-5:2012, documento redatto dal Produttore, contiene le prescrizioni di montaggio ed installazione atte a permettere il raggiungimento in opera delle prestazioni dichiarate a seguito delle prove iniziali di tipo.

Il Manuale di installazione deve contenere informazioni per la manutenzione e i controlli. L'utilizzo dei sistemi, rispetto al suolo e al supporto, nonché e alle altre condizioni di installazione, deve essere definito dal Produttore.

Detto Manuale non deve essere confuso con il manuale di montaggio richiesto in appendice A della EN 1317-2:2010 ed allegato al report di crash test di prova.

### 3. Approfondimenti preliminari

Il tema dell'ancoraggio delle barriere al cordolo di fondazione richiede un approfondimento preliminare su tematiche di carattere più generale che riguardano:

- le definizioni di prodotto (dispositivo di sicurezza stradale) e di opera (infrastruttura stradale), riconducibili, nel caso specifico, alla norma prodotto armonizzata (EN 1317-5) ed alla normativa nazionale sulle costruzioni nella versione più recente (NTC 2018);
- i termini dell'attività progettuale di adattamento del prodotto marcato CE al sito di installazione a cui è destinato.

I temi sono trattati nelle rispettive note di approfondimento seguenti.

### 3.1 Definizione di prodotto e di opera

Il prodotto “barriera di sicurezza”, come altri dispositivi di ritenuta stradale, non è oggetto di dimensionamento strutturale ma viene immesso sul mercato con prestazioni che il produttore dichiara in base all’esito delle prove di crash effettuate presso un laboratorio terzo e garantisce a seguito delle ispezioni periodiche effettuate sul sistema produttivo da parte di un organismo di sorveglianza.

La procedura da seguire è riportata nella norma prodotto armonizzata a livello europeo EN 1317-5 che rimanda ad una serie di norme tecniche di supporto.

Le caratteristiche prestazionali della barriera di sicurezza, in base alle indicazioni della legislazione dell’Unione Europea, il CPR 305 2011, riguardano unicamente il requisito n. 4 della “sicurezza nell’uso” della strada. La barriera non assolve funzioni di tipo “strutturale” riconducibili al requisito 1 della strada e delle opere per essa previste (cordoli, ponti e manufatti in genere).

Il progettista dell’installazione ha il compito di individuare il livello di sicurezza che la barriera deve garantire in base alla legislazione nazionale, stabilirne i livelli di prestazione corrispondenti e curarne l’inserimento sulla strada.

Tra queste operazioni rientra la verifica del suo ancoraggio al supporto e di idoneità del supporto ai fini del corretto funzionamento del dispositivo.

L’ancoraggio della barriera deve essere quindi realizzato in modo da garantire le prestazioni della stessa e non apporta contributi alla resistenza strutturale del manufatto su cui la barriera è installata.

Le barriere di sicurezza sono poste in opera essenzialmente al fine di realizzare, per gli utenti della strada e per gli eventuali soggetti esterni presenti, accettabili condizioni di sicurezza in rapporto alla configurazione dell’infrastruttura, garantendo, entro certi limiti, il contenimento e l’efficace reindirizzamento dei veicoli in fuoriuscita dalla carreggiata stradale. Le barriere stradali di sicurezza devono essere, quindi, idonee ad assorbire parte dell’energia di cui è dotato il veicolo, limitando contemporaneamente le conseguenze per i passeggeri. Questo può comportarne il collasso in alcune parti, compreso eventualmente l’ancoraggio al manufatto.

Considerazioni a parte meritano le barriere integrate di sicurezza ed antirumore. Si tratta di dispositivi di sicurezza stradale che integrano un sistema di abbattimento del rumore costituito tipicamente da elementi strutturali di sostegno dei pannelli antirumore.

Il sistema di ancoraggio delle barriere integrate di sicurezza ed antirumore deve assolvere ai requisiti richiesti per il raggiungimento delle prestazioni in quanto barriera di sicurezza stradale e contemporaneamente assolvere ai requisiti di resistenza strutturale della barriera antirumore soggetta ai carichi del vento ed alle sollecitazioni dinamiche dei mezzi in transito.

Il tema specifico delle barriere integrate di sicurezza ed antirumore sarà oggetto di un documento apposito.

## 3.2 Attività progettuale

Il comportamento dei diversi dispositivi, soggetti ad azioni dinamiche dovute all'impatto dei veicoli, dipende dalla classe di contenimento, dalla sua configurazione, dalla modalità di "deformazione" globale, dalla tipologia del gruppo di ancoraggio nonché dalle caratteristiche del cordolo di vincolo.

L'attività di progettazione dell'installazione ha un ruolo centrale per il corretto inserimento dei dispositivi di sicurezza nell'infrastruttura stradale.

Le modalità di deformazione dei paletti della barriera e di sollecitazione sul sistema di ancoraggio che si riscontrano durante l'esecuzione delle prove di crash sono variabili e dipendono principalmente da:

- design dei paletti e del gruppo di ancoraggio;
- materiali impiegati;
- design del cordolo di vincolo (dimensioni/spessore, classe del calcestruzzo, tipo e distribuzione dell'armatura, etc);
- posizione del dispositivo rispetto al bordo interno ed esterno del cordolo e dalla presenza o meno di una differenza di quota tra estradosso del supporto e piano viabile (step).

L'attività di progettazione dell'installazione deve prevedere quindi le seguenti valutazioni:

1. verifica dei dati disponibili nel Manuale di installazione circa i valori delle azioni trasmesse al gruppo di ancoraggio;
2. valutazione del tipo e della configurazione del paletto e del relativo comportamento in sede di crash test;
3. valutazione della geometria del gruppo di ancoraggio con riferimento alle distanze dai bordi del cordolo in sede di crash test ed in sito;
4. confronto tra le caratteristiche del cordolo di crash test e del cordolo di progetto e/o presente nel sito di installazione in termini di geometria, resistenza caratteristica del calcestruzzo, tipologia e disposizione dell'armatura.

Con riferimento al punto 4, in linea generale, l'ancoraggio della barriera deve essere realizzato in modo conforme a quanto effettuato in sede di ITT.

Nei casi in cui il supporto di fondazione presente nel sito di installazione è equivalente alla struttura utilizzata in campo prova in termini di geometria e di caratteristiche meccaniche del calcestruzzo e dell'armatura, il gruppo di ancoraggio ed il tipo di ancorante previsti in sede di ITT sono quelli applicabili ed utilizzabili.

Nei casi in cui il supporto a cui la barriera deve essere ancorata nel sito di installazione è diverso da quello utilizzato in sede di ITT, il progettista dovrà condurre preventivamente opportune verifiche avvalendosi di sistemi alternativi equivalenti indicati dal produttore stesso nel Manuale di installazione del dispositivo.

Qualora si debba far uso di ancoranti chimici <sup>2</sup> differenti da quelli indicati nel Manuale di installazione del dispositivo, il progettista dovrà utilizzare diversi sistemi previa consultazione del produttore del dispositivo, in quanto la tipologia di ancorante utilizzato può apportare, in linea generale, modifiche al comportamento del dispositivo stesso.

L'adattamento del sistema di fissaggio non può interessare la piastra di base o altre parti della barriera in quanto modificabili esclusivamente dal Produttore secondo la procedura di modifica di

prodotto come definita nella norma UNI EN 1317-5.

L'attività di progettazione dell'installazione dovrà selezionare i dispositivi più idonei alle condizioni dell'infrastruttura nella quale devono essere inseriti, sia in caso di nuovo impianto che in caso di interventi di manutenzione che richiedono la sostituzione del tipo di barriera e/o il ripristino o la ricostruzione parziale del cordolo esistente.

#### 4. Scopo del documento

Lo scopo del presente documento è quello di fornire una procedura per la verifica del funzionamento della barriera (di tipo a nastro e paletti) nel sito di installazione con riferimento al suo collegamento al cordolo in calcestruzzo mediante lo specifico sistema di ancoraggio.

La procedura è applicabile sia nei casi in cui il supporto presente in cantiere consente la realizzazione dello stesso sistema di ancoraggio realizzato per l'esecuzione delle prove di iniziali di tipo che nei casi in cui si rende necessaria la progettazione di un sistema di ancoraggio equivalente.

In tutti i casi l'obiettivo è quello di verificare che il sistema di ancoraggio adottato in opera consenta alla barriera di riprodurre in caso di impatto il comportamento all'urto e quindi la prestazione riscontrata in campo prova.

Come per il caso delle installazioni su rilevato l'approccio seguito per la validazione del funzionamento della barriera di sicurezza installata su cordolo presuppone l'individuazione in fase di test in campo prova, di grandezze oggettive e quantificabili che, riportate nel Manuale di installazione del Produttore, rappresentano il riferimento per le prove di controllo da effettuare in cantiere.

Le prove di valutazione sul gruppo di ancoraggio dovrebbero essere contestuali all'esecuzione del crash test o, qualora eseguite in un momento successivo, essere condotte con riferimento alle stesse condizioni di cui sopra, in particolare per quanto attiene alle caratteristiche del cordolo di supporto e del gruppo di ancoraggio e dei materiali del dispositivo (tipo e grado di acciaio con caratteristiche meccaniche medesime o non inferiori a quelle riscontrate nelle prove di caratterizzazione dei materiali).

Per valutazioni riferite alle condizioni iniziali si può ricorrere all'impiego delle simulazioni numeriche (metodi FEM) purché condotte in conformità alle norme europee vigenti <sup>2</sup>.

La presente procedura riporta i metodi per

- la determinazione delle sollecitazioni di riferimento;
- l'esecuzione delle prove di verifica di funzionamento delle nuove installazioni.

---

<sup>2</sup> UNI 16303:2020 *Sistemi di ritenuta stradali - Processo di validazione e verifica per l'impiego di prove virtuali nelle prove d'urto sul sistema di ritenuta stradale.*

## 5. Metodi di valutazione delle sollecitazioni

Al paragrafo 5.1.3.10 delle NTC 2018<sup>3</sup> il legislatore indica come, nel determinare i carichi che la barriera trasferisce alla struttura sui cui è installata a seguito dell'urto del veicolo in svio, il progettista si avvalga delle *risultanze sperimentali ottenute nel corso di prove d'urto al vero* oppure attraverso *valutazioni teoriche e/o modellazioni numeriche o sperimentali*.

Il presente documento risponde a questa esigenza proponendo entrambi i metodi, di seguito descritti, che il produttore segue per determinare, e riportare nel Manuale di installazione, i valori di riferimento per le successive verifiche in opera, di seguito elencati negli allegati corrispondenti:

1. calcolo delle azioni sui gruppi di ancoraggio mediante l'impiego di simulazioni numeriche (metodi FEM) riferite all'analisi di dettaglio del comportamento del sistema piastra di base – paletto per i paletti impegnati nella zona impegnata dal contatto con il mezzo in fase d'impatto (si veda Allegato nr.1);
2. calcolo delle azioni sui gruppi di ancoraggio mediante l'impiego di simulazioni numeriche (metodi FEM) riferite all'analisi del comportamento del sistema piastra di base – paletto per un singolo paletto sottoposto a prova di push – pull dinamica simulata. Questo approccio è ritenuto valido per dispositivi dotati di paletti molto deformabili, che, all'esito della prova di ITT, non abbiano evidenziato la deformazione, anche debole, della piastra, dei tirafondi e/o il danneggiamento del cordolo (si veda Allegato nr.2);
3. rilievo diretto e/o indiretto durante l'esecuzione di prove carico (statiche e/o dinamiche) del tipo push – pull sul sistema piastra di base – paletto per singolo paletto condotte in sede di crash test, utile ai fini comparativi per analoghe prove eseguite in sede di installazione in sito con medesime modalità (si veda Allegato nr.3);
4. rilievo in sede di ITT delle azioni di trazione su singolo ancoraggio del gruppo mediante prove di pull – out di tipo non confinato e confinato con indicazione delle caratteristiche geometriche di posizione rispetto al bordo del cordolo, delle caratteristiche di design e meccaniche del cordolo e dell'armatura. Il dato rilevato è utile a fini comparativi per analoghe prove eseguite in sede di installazione in sito con medesime modalità (si veda Allegato nr.4);

---

<sup>3</sup> 5.1.3.10 NTC 2018 \_ AZIONI SUI PARAPETTI E URTO DI VEICOLO IN SVIO: q8

..... Tale sistema di forze orizzontali potrà essere valutato dal progettista, alternativamente, sulla base:

- delle risultanze sperimentali ottenute nel corso di prove d'urto al vero, su barriere della stessa tipologia e della classe di contenimento previste in progetto, mediante l'utilizzo di strumentazione idonea a registrare l'evoluzione degli effetti dinamici;
- del riconoscimento di equivalenza tra il sistema di forze e le azioni trasmesse alla struttura, a causa di urti su barriere della stessa tipologia e della classe di contenimento previste in progetto, laddove tale equivalenza risulti da valutazioni teoriche e/o modellazioni numerico-sperimentali;

In assenza delle suddette valutazioni, il sistema di forze orizzontali può essere determinato con riferimento alla resistenza caratteristica degli elementi strutturali principali coinvolti nel meccanismo d'insieme della barriera e deve essere applicato ad una quota  $h$ , misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni  $h_1$  e  $h_2$ , dove  $h_1$  = (altezza della barriera - 0,10m) e  $h_2$  = 1,00 m. Nel dimensionamento degli elementi strutturali ai quali è collegata la barriera si deve tener conto della eventuale sovrapposizione delle zone di diffusione di tale sistema di forze, in funzione della geometria della barriera e delle sue condizioni di vincolo.

5. rilievo diretto e/o indiretto durante l'esecuzione del crash test delle azioni indotte ai gruppi di ancoraggio dei paletti impegnati nella zona di contatto dovuta al mezzo sul dispositivo in fase d'impatto (si veda Allegato nr.5).

Il produttore seleziona il metodo più adeguato in funzione delle caratteristiche del proprio dispositivo valutate in fase di ITT ed indica nel manuale di installazione i valori di sollecitazione che costituiscono il riferimento per le successive verifiche in opera.

In appendice B è riportata una casistica di barriere che si distinguono per tipologia e comportamento in fase di ITT.

Al paragrafo 5.1.3.10 delle NTC 2018 è altresì indicata la possibilità di procedere con il *calcolo basato sulla resistenza caratteristica per calcolo degli elementi strutturali principali coinvolti nel meccanismo d'insieme della barriera*.

Questo metodo non viene utilizzato dai produttori: non è rappresentativo delle reali condizioni di funzionamento del sistema di ancoraggio e non è applicabile alla generalità dei casi come esposto in Appendice A.

## 6. Verifica in opera

La verifica si basa sulla comparazione della prestazione del gruppo di ancoraggio in opera rispetto ai dati forniti dal produttore. Può essere condotta con l'esecuzione di:

- prove di carico pseudo - statico su singola barra di ancoraggio appartenente al gruppo mediante prove di pull – out di tipo non confinato e confinato;
- prove di carico di tipo push quasi statico e/o dinamico sul sistema paletto/piastra per singolo paletto, limitatamente al caso di barriera con paletto molto deformabile.

Le prove di pull out su singolo tirafondo appartenente al gruppo di ancoraggio presuppongono la disponibilità dei dati di riferimento forniti dal produttore secondo le metodologie riportate nel paragrafo precedente.

Le attività di verifica in sito, ai fini della comparazione della prestazione del gruppo di ancoraggio, rispetto ai dati forniti dal produttore devono essere eseguite in conformità alle modalità adottate con la medesima prova di riferimento condotta in sede di ITT e/o altre metodologie richiamate nel manuale del produttore.

Un criterio suggerito per la valutazione della numerosità del campione è il seguente:

- per supporti di nuova costruzione, si prende in considerazione l'uniformità del getto del supporto stesso. Si eseguono prove ad inizio getto, a fine getto ed intermedie a cadenza di 100 metri
- per supporti esistenti, si prende in considerazione la lunghezza di funzionamento del dispositivo. Si eseguono prove ad inizio installazione, a fine installazione ed intermedie a

cadenza pari alla lunghezza di funzionamento della barriera installata.

Per ogni gruppo di ancoraggio il test è eseguito su almeno una barra in zona tesa.

## 6.1 Verifica con prova di pull out su barra di ancoraggio

Le prove di pull out da eseguire in cantiere sulle barre di ancoraggio della barriera di sicurezza al cordolo di fondazione devono essere condotte con riferimento ad entrambe le modalità di seguito richiamate:

- **confinato**, quando la modalità di applicazione della macchina di prova attiva la capacità di resistenza della barra di ancoraggio e/o dell'ancorante (l'aderenza della resina per gli ancoranti chimici);
- **non confinato**, quando la modalità di applicazione della macchina di prova attiva la capacità di resistenza della barra di ancoraggio, dell'ancorante e del calcestruzzo del cordolo fino alla formazione del cono di rottura.

Le modalità esecutive delle due prove sono descritte e precisate nell'allegato 4.

La verifica viene effettuata sul sistema di ancoraggio della barriera come indicato dal produttore del dispositivo.

Per l'ancoraggio in sito sono pertanto da verificare:

- la geometria del gruppo di ancoraggio
- le dimensioni della barra di ancoraggio;
- la qualità dell'acciaio della barra di ancoraggio;
- la profondità di inghisaggio della barra di ancoraggio;
- il tipo di ancorante chimico.

Le barre di ancoraggio appartenenti al gruppo completo di sacrificio sono da installarsi a passo sfalsato rispetto alla posizione dei paletti, comunque con il medesimo allineamento delle barre in esercizio rispetto ai bordi del cordolo.

### **Fase 1: verifica sulla barriera installata con l'effettuazione di prove di pull out confinato sulle barre di ancoraggio**

*Particolare attenzione deve essere osservata nell'esecuzione della prova di tipo confinato in sito avendo l'accortezza di non disporre il dispositivo di prova sulla piastra di base del paletto. Il dispositivo (martinetto) deve risultare obbligatoriamente collocato in appoggio diretto al supporto ai fini della uniforme distribuzione dello stato di tensione triassiale indotto al calcestruzzo nell'intorno del tirafondo di prova.*



Modalità esecutiva errata



Modalità esecutiva corretta

Figura 1: modalità esecutive delle prove di pull out

Il carico sulla barra di ancoraggio viene applicato fino al raggiungimento del valore che il produttore indica nel manuale con associata la relativa tolleranza.

**Valutazione del risultato: il test è superato se non viene riscontrato l'innesco del fenomeno di sfilamento della barra per la perdita di adesione dell'ancorante chimico.**

Se durante il crash test, è stato osservato lo sfilamento anche parziale o la deformazione delle sole barre di ancoraggio, la prova di pull out di tipo confinato consente una valutazione di idoneità del sistema di ancoraggio mediante il confronto tra la forza rilevata ed i valori di riferimento indicati nel manuale del produttore.

**Fase 2: verifica preliminare all'attività di montaggio della barriera con l'effettuazione di prove di pull out non confinato su barre di ancoraggio sacrificali appositamente predisposte.**

Il carico sulla barra di ancoraggio di riferimento viene applicato fino al raggiungimento del valore che il produttore indica nel manuale con associata la relativa tolleranza.

**Valutazione del risultato: il test è superato se non viene riscontrato il principio di formazione del cono di rottura del calcestruzzo, la rottura della barra di ancoraggio o il suo sfilamento per la perdita di adesione dell'ancorante chimico, nonché se è rilevata la corrispondenza con i valori indicati dal produttore.**

## 6.2 Verifica con prova di tipo push sul paletto della barriera

Nel caso di barriere con paletto molto deformabile la verifica può essere condotta con la prova di tipo push – pull adottata per le barriere installate su rilevato e descritta nel documento UX114 “Linea guida per la validazione del corretto funzionamento delle barriere di sicurezza installate sul

bordo dei rilevati stradali” mediante impiego di idonea attrezzatura, analoga a quella utilizzata in sede di ITT.

**Valutazione del risultato: il test è superato se, raggiunto il livello di plasticizzazione del paletto coerente con quello di ITT, non è stato riscontrato alcun danneggiamento al gruppo di ancoraggio e/o del cordolo.**

La prova va integrata con quella di pull – out di tipo non confinato e confinato;

La prova può essere di tipo distruttivo e a discrezione del progettista dell'installazione può consentire anche la valutazione dell'idoneità del cordolo di fondazione.

La prova di tipo push può essere effettuata in regime quasi statico o dinamico con l'ausilio di un pendolo di prova o altra idonea apparecchiatura.

## Allegato 1 - Calcolo delle azioni trasmesse al gruppo di ancoraggio mediante simulazione numerica della barriera sottoposta a crash test

I diagrammi delle azioni indotte al gruppo di ancoraggio in fase di urto del veicolo possono essere ricavati mediante l'impiego della meccanica computazionale, come evidenziato nelle seguenti figure esemplificative.

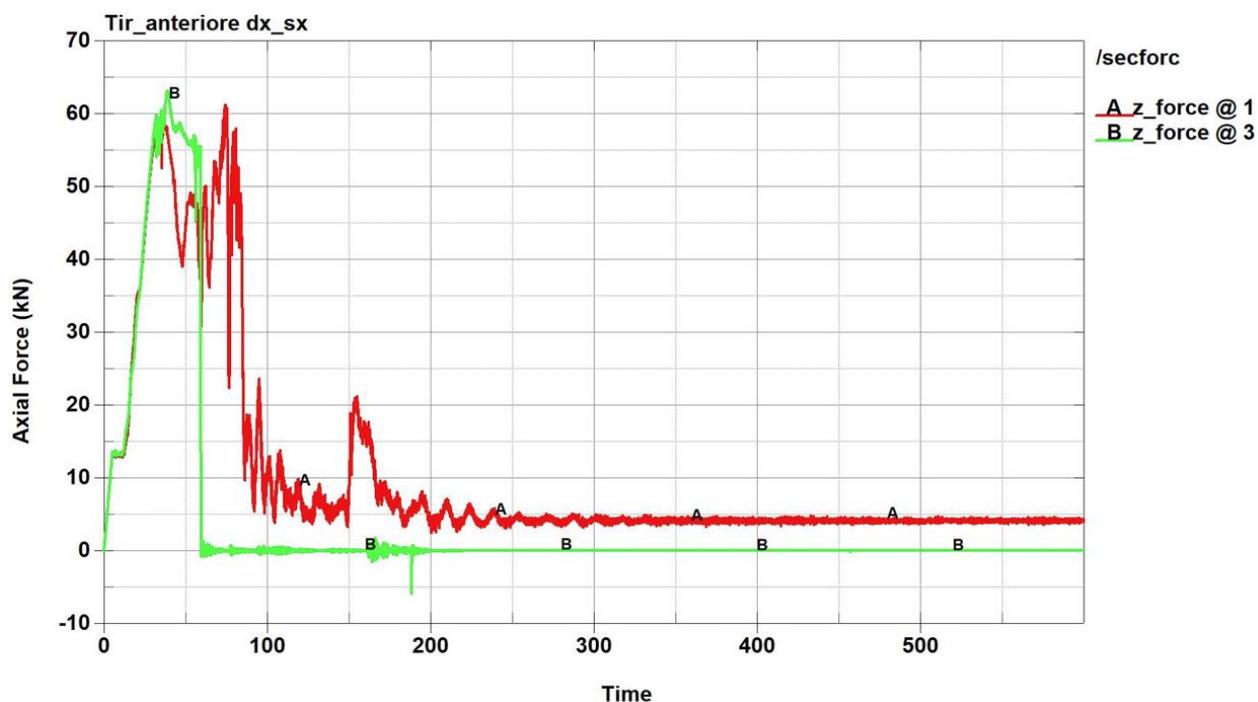


Figura 2: esempio di output di virtual test per le azioni assiali su gruppo tirafondi

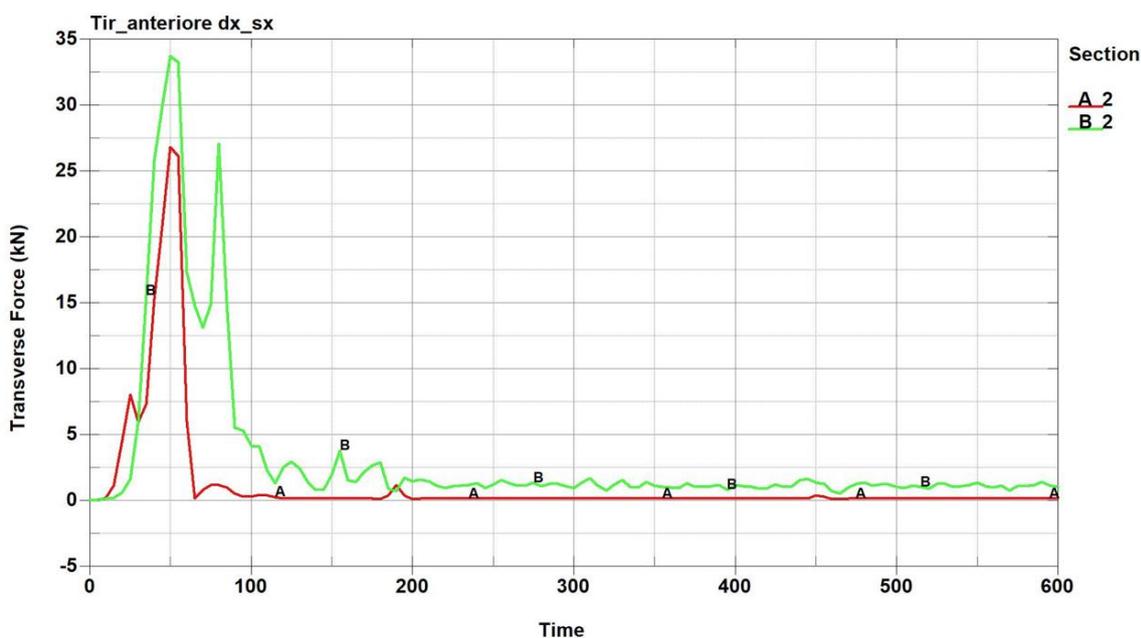


Figura 3: esempio di output di virtual test per le azioni di taglio su gruppo tirafondi

Il metodo, che si basa sulla simulazione numerica (Virtual test) dell'impatto del veicolo sulla barriera in fase di crash test, permette di eseguire i vari plot relativi agli stati di tensione e deformazione nelle varie condizioni e tempi di sviluppo dell'impatto, nonché il rilievo delle azioni indotte agli ancoraggi di estremità del tratto di dispositivo considerato, per eventuali valutazioni di applicabilità di terminali di tipo diverso (semplici e o testati secondo ENV 1317-4:2003).

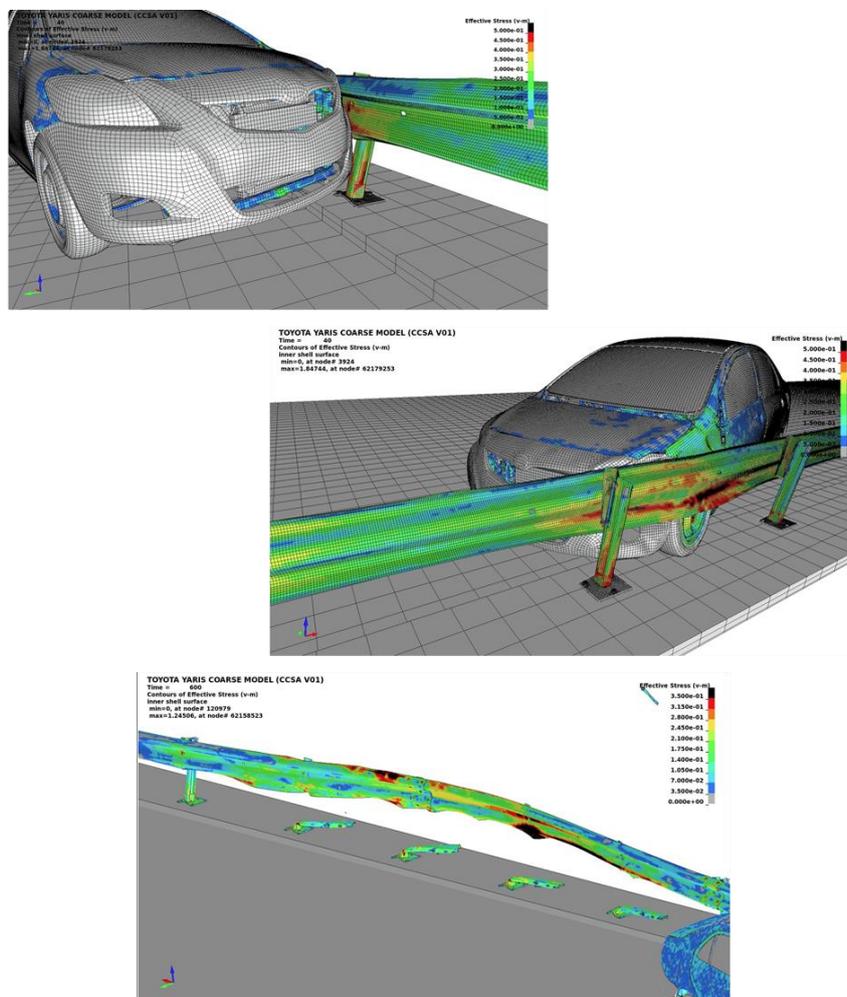


Figura 4: simulazione numerica dell'impatto del veicolo sulla barriera

La simulazione numerica è calibrata in conformità ai requisiti delle norme EN 1317-5:2012 +A2:2012 e prevede la verifica della “sovrapposibilità” delle prestazioni misurate in sede di crash test (ASI, THIV, W, VI, bilancio energetico).

Il livello di accuratezza della simulazione numerica è verificato in base alla norma EN 16303:2020 *Road restraint systems — Validation and verification process for the use of virtual testing in crash testing against vehicle restraint system*.

Nella predisposizione del modello devono essere considerate ed implementate le curve caratteristiche, descrittive delle leggi costitutive di comportamento in fase dinamica, per rappresentare i materiali del dispositivo e del cordolo di supporto corrispondenti a quelle dei materiali utilizzati in sede di ITT.

Nelle immagini seguenti sono riportati alcuni esempi del modello di calcolo.

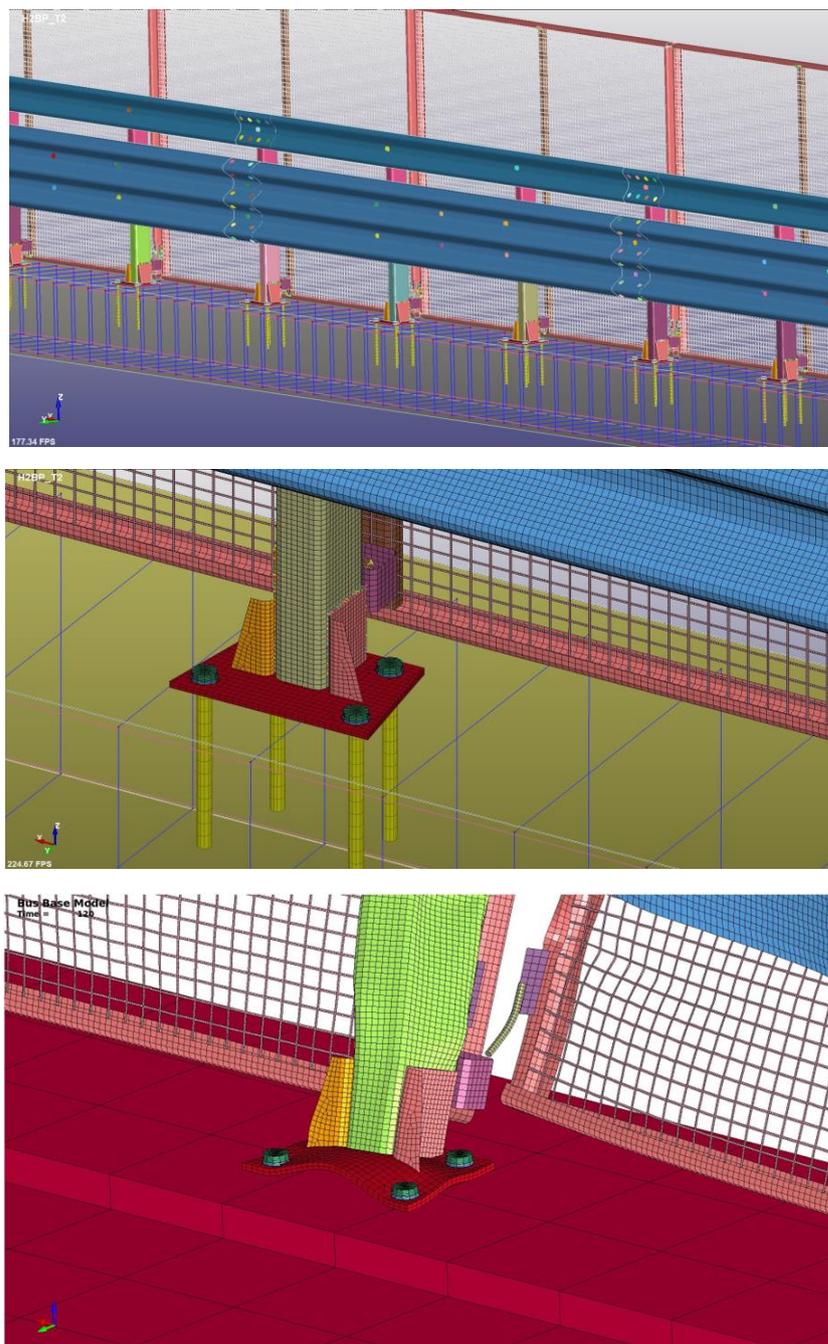


Figura 5: esempi di modellazione FEM

La simulazione numerica consente di ricavare per ciascun gruppo di ancoraggio la cronologia temporale dei carichi agenti durante l'impatto.

Il metodo può essere applicato in alternativa alla determinazione delle azioni per via sperimentale.

Le risultanze delle azioni indotte al gruppo di ancoraggio rilevate mediante "Virtual test" possono essere convalidate ed integrate da:

- prove di “push dinamico” effettuate sul paletto della barriera risultato maggiormente sollecitato. Il comportamento del paletto dovrà corrispondere a quello rilevato in sede di crash test.
- prove pseudo – statiche di pull – out sul gruppo di ancoraggio di tipo non confinato e confinato, che dovranno corrispondere a quelle rilevate in sede di crash test.

La prova di “push dinamico” su singolo paletto e di pull out sui tirafondi sono applicabili in sede di collaudo in opera a fini comparativi.

Nella figura seguente è visualizzato un esempio di deformazione del paletto all’esito della prova di crash (a sinistra), con simulazione numerica (al centro). A destra è data evidenza la sovrapposibilità dei risultati.

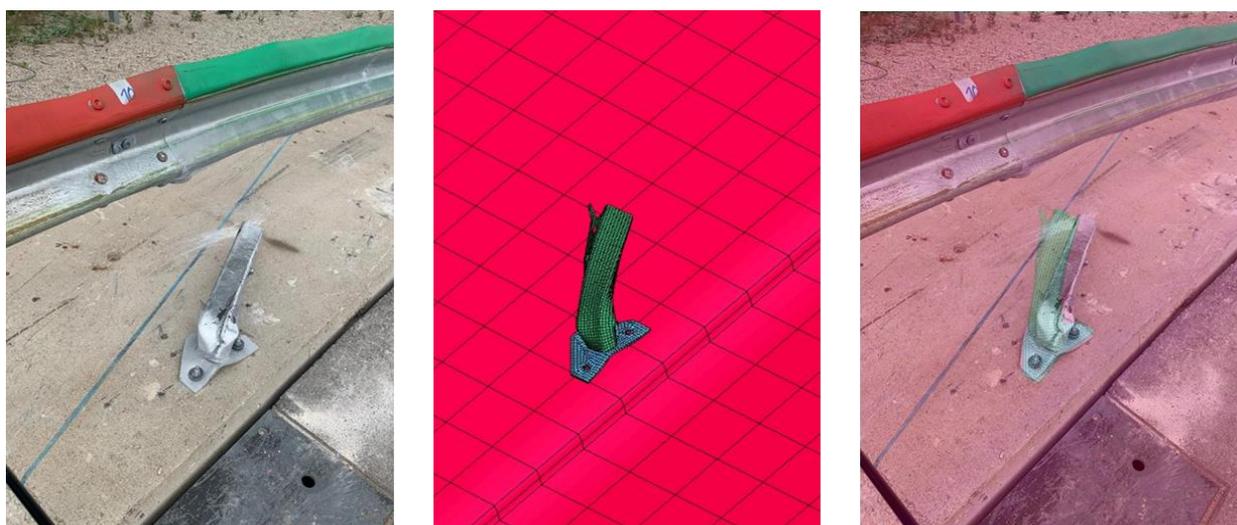


Figura 6: confronto dei risultati della prova di ITT e del modello FEM

## Allegato 2 - Calcolo delle azioni trasmesse al gruppo di ancoraggio mediante simulazione numerica del singolo paletto sottoposto a prova di push dinamico.

La determinazione dei valori di sollecitazione di riferimento (azione assiale e taglio sui tirafondi) può essere eseguita mediante impiego di simulazioni numeriche ad elementi finiti (computational mechanics) espressamente riferite all'analisi del comportamento del sistema del sistema piastra di base – paletto per un singolo paletto sottoposto a prova push – pull dinamico simulata, sino a deformazione coerente con quella rilevata in sede di crash test per il paletto maggiormente impegnato nell'urto.

Questo approccio si può ritenere adatto per dispositivi dotati di paletti molto deformabili, che abbiamo presentato un comportamento durante l'esecuzione della prova di ITT caratterizzato da piastra di base non deformata, tirafondi non deformati e cordoli di alloggiamento non danneggiati.

Alla determinazione del carico assiale e di taglio sul singolo tirafondo si giunge attraverso la modellazione FEM del comportamento flessionale dell'insieme saldato piastra-paletto della barriera.

L'analisi sul singolo paletto, eseguita mediante simulazioni FEM, prevede l'applicazione di un carico orizzontale sulla superficie frontale del montante, con la valutazione delle seguenti grandezze:

- curva forza-spostamento della flessione;
- carichi nei tirafondi (azione assiale e taglio);
- stato di sforzo nel montante;
- pressione sulla superficie rappresentativa del cordolo;
- valore massimo di spinta;
- il lavoro compiuto;

La prova virtuale risulta significativa in quanto è in grado di rappresentare in maniera efficace il meccanismo di deformazione del montante, riproducendo i carichi derivanti dalla flessione dello stesso.

I materiali utilizzati nell'analisi ad elementi finiti sono modellati tramite leggi costitutive elastoplastiche che consentono di riprodurre correttamente anche il campo plastico del materiale in fase dinamica, per rappresentare i materiali del dispositivo e del cordolo di supporto corrispondenti a quelle dei materiali utilizzati in sede di ITT.

Anche gli elementi di ancoraggio sono modellati in dettaglio. La mutua interazione tra montante e relativi ancoranti e piano di appoggio è riprodotta introducendo un algoritmo di contatto tra le parti.

Dovranno inoltre essere considerati l'eventuale precarico assiale applicato ai tirafondi, attraverso l'applicazione delle coppie di serraggio, se previste, nonché la distanza del gruppo di ancoraggio dai bordi.

In figura è rappresentato il modello del sistema piastra paletto e la modalità di applicazione del carico con spingitore rigido di forma cilindrica e traslazione imposta.

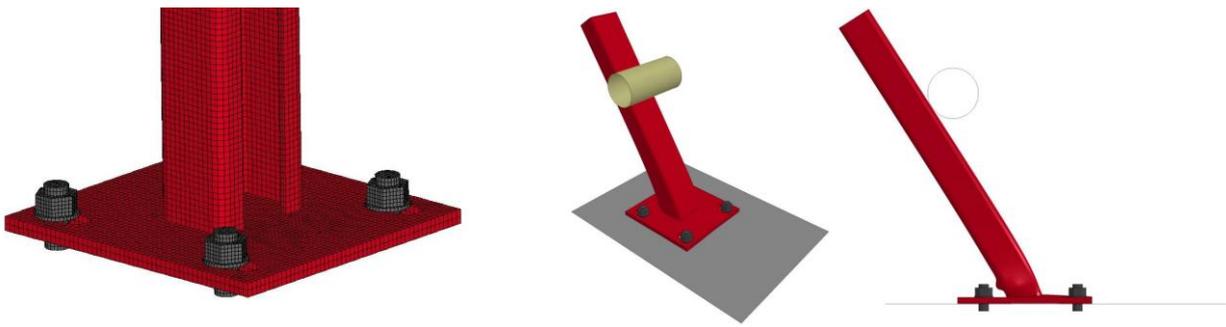


Figura 7: modello del sistema piastra paletto con spingitore

Le quote di spinta sui montanti oggetto di analisi, rispetto alla base della piastra, sono scelte in base al posizionamento dell'elemento orizzontale di spinta sulla barriera considerata.

Nel seguito sono riportati la curva sforzo – spostamento e gli stati di sforzo e deformazione all'interno del sistema piastra paletto.

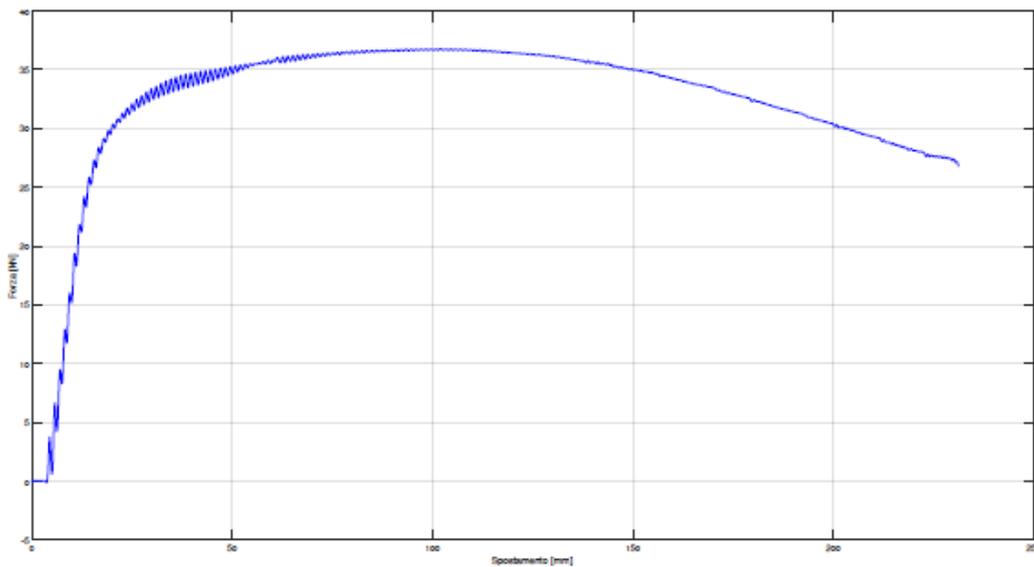


Figura 8: curva sforzo - deformazione del sistema piastra paletto

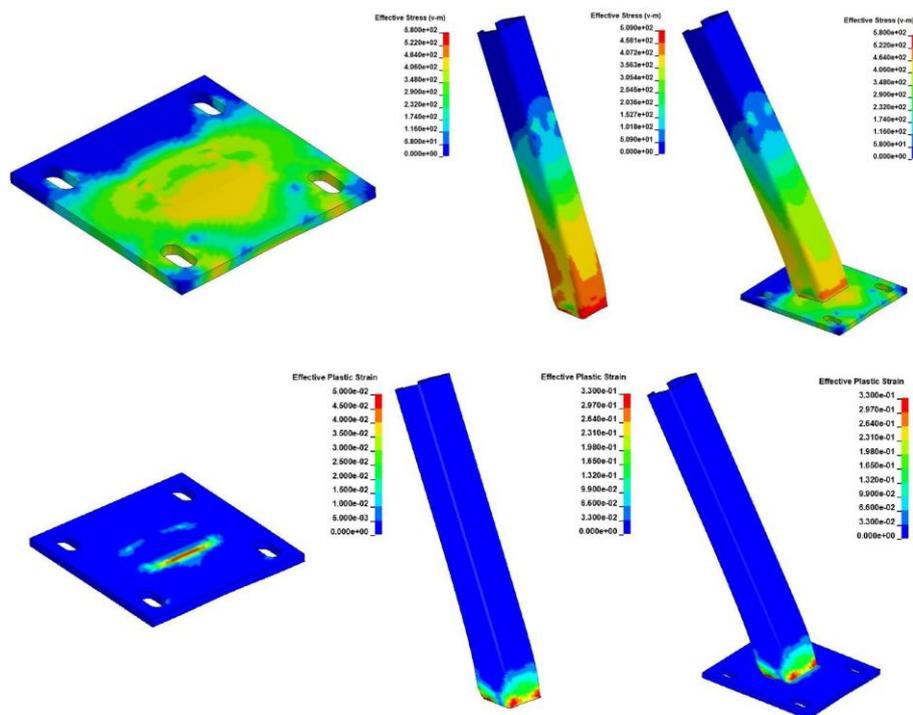


Figura 9: stati di sforzo-deformazione del sistema piastra paletto

Il modello consente di ricavare le forze trasmesse all’impalcato attraverso gli elementi di ancoraggio. Nel seguito si riportano i grafici relativi alle forze assiali e alle forze di taglio nei tirafondi.

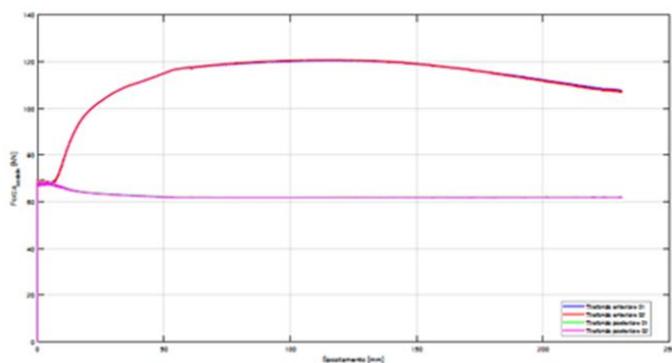


Figura 9 – 100x70x5 mm – Forze assiali nei tirafondi

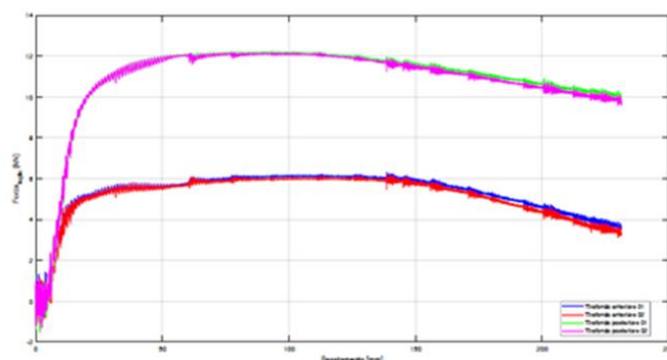


Figura 10 – 100x70x5 mm – Forze di taglio nei tirafondi

Figura 10: diagrammi delle forze assiali e di taglio sulle barre di ancoraggio

A corredo è auspicabile disporre delle prove di push – pull (statico/dinamico) e di prove di pull – out (non confinato e confinato) rilevati in sede di ITT.

L’energia d’impatto per l’esecuzione della prova di push – pull dinamico in sede di verifica dell’ancoraggio dovrà essere uguale a quella derivante dalla valutazione effettuata con il presente metodo.

### Allegato 3 - Determinazione delle forze mediante “Sled Test”

In assenza di dati rilevati in sede di ITT, un criterio per la valutazione sperimentale a posteriori del comportamento del singolo paletto e di valutazione delle azioni sui tirafondi è l'esecuzione dello “Sled Test”.

Si tratta di un test di tipo dinamico, eseguito utilizzando una massa disposta su una “slitta - carrello” scorrevole su piano inclinato per generare l'energia cinetica d'impatto necessaria, corrispondente a quella competente al paletto in sede d'urto durante il crash test (valutabile per mezzo di simulazioni numeriche con modelli calibrati).

Questo risultato può essere ottenuto con un impatto orizzontale rispetto al paletto con l'impiego di una massa appropriata, dotata di velocità prossima alla componente laterale della velocità di impatto del veicolo nel test ITT.

L'energia di impatto deve essere sufficiente a produrre una deflessione oltre il cedimento dell'ancoraggio. La massa può essere portata alla giusta velocità dalla gravità.

Rispetto alle condizioni di ITT deve essere assicurata la corrispondenza:

- della geometria del vincolo del paletto in prova al supporto;
- della posizione del gruppo tirafondi di ancoraggio rispetto ai bordi del supporto;
- delle caratteristiche meccaniche del cordolo ed armatura (mix design ed armatura);
- delle prestazioni meccaniche dei pali corrispondenti a quelle delle prove di caratterizzazione riscontrate nei test sperimentali di ITT

L'energia d'impatto deve provocare una deformazione ed un comportamento del sistema paletto – piastra coerente con quanto rilevato in sede di ITT.

La azioni dinamiche di trazione sui tirafondi lato urto saranno determinate mediante l'applicazione di celle di carico.

Si osserva come, nei test dinamici, gli effetti inerziali e la frequenza di risonanza (ridotta per effetto delle masse aggiuntive) possono comportare problemi di corretta misurazione con le celle di carico, specialmente nel caso di impatti altamente dinamici. L'impatto eccita i modi di vibrazioni del paletto, soprattutto in flessione, la cui frequenza è troppo bassa per essere filtrata e la cui ampiezza è così grande che la misurazione e il carico dell'area di snervamento possono essere significativamente alterati. Questo comportamento del paletto è tipico dell'impatto isolato e non si verifica in sede di ITT, dove si aggiunge il contributo della deformazione del nastro, dei distanziatori, se presenti, e della carrozzeria esterna del veicolo. Per prevenire questi effetti in fase di esecuzione dello sled test è possibile introdurre sistemi di controllo dell'ampiezza delle vibrazioni generate dall'impatto.

Contestualmente allo sled test deve essere eseguita una prova di pull – out completo (confinato e non) sulle barre di ancoraggio.

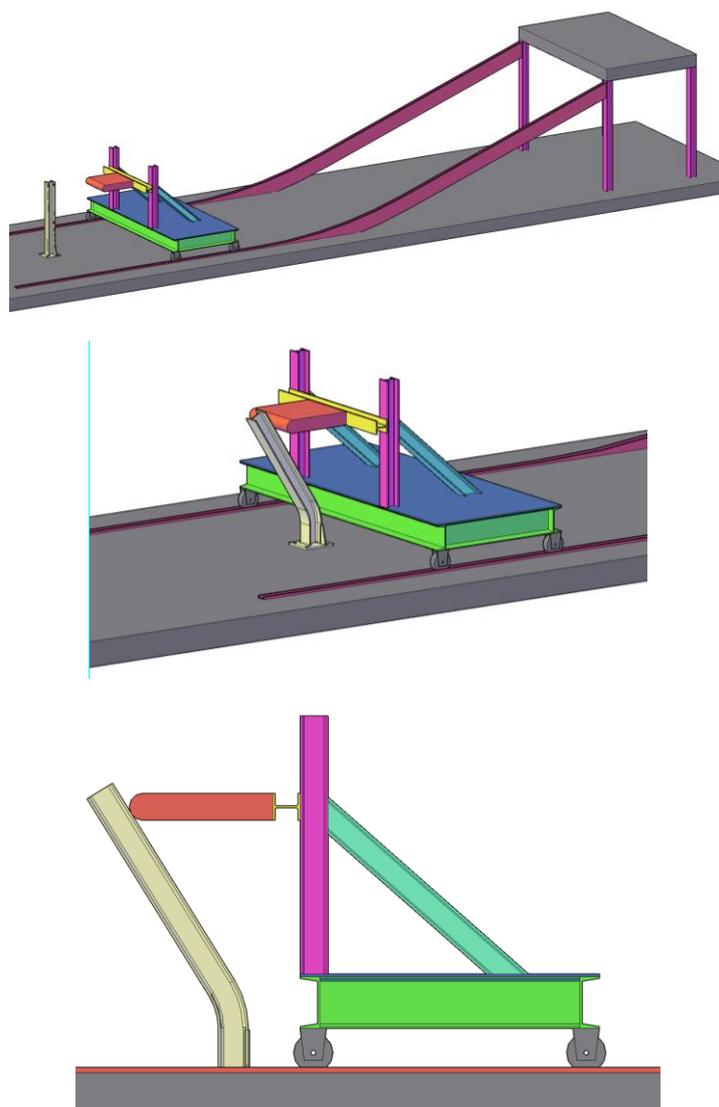


Figura 11: sled test - rappresentazione grafica

Se lo “Sled Test” ed il “Pull – out” test, condotti presso lo stesso laboratorio di ITT, sono successivi alla data di esecuzione del crash test originale, dovrà risultare da apposita attestazione, corredata di certificati relative a prove di caratterizzazione dei materiali, che le condizioni iniziali di montaggio e sui materiali relativi all’acciaio dei pali, dei tirafondi, della resina utilizzata, delle caratteristiche dei cordoli (geometria, classe e armatura) risultano inalterate e conformi rispetto a quelle iniziali.

Il metodo, integrato da prove di pull – out di tipo confinato e non sul gruppo di ancoraggio, è utile ai fini della verifica e validazione di impiego di ancoranti in resina alternativi a quelli di cui alle prove di ITT.

## Allegato 4 - Determinazione delle forze mediante prove di “Pull – Out” su tirafondi

In assenza del rilievo delle azioni indotte al gruppo di ancoraggio come illustrato negli allegati 1, 2, 3 e 5, in sede di ITT è opportuno almeno il rilievo dei dati derivanti da prove di trazione sulla singola barra del gruppo di ancoraggio mediante prove di pull – out, di tipo confinato e non confinato come da definizione seguente:

- **confinato**, quando la modalità di applicazione della macchina di prova attiva la capacità di resistenza della barra di ancoraggio e/o dell’ancorante (resina per gli ancoranti chimici)
- **non confinato**, quando la modalità di applicazione della macchina di prova attiva, inoltre, la capacità di resistenza del calcestruzzo (formazione del cono di rottura)

Nella figura sono rappresentati i due schemi di applicazione dei carichi.

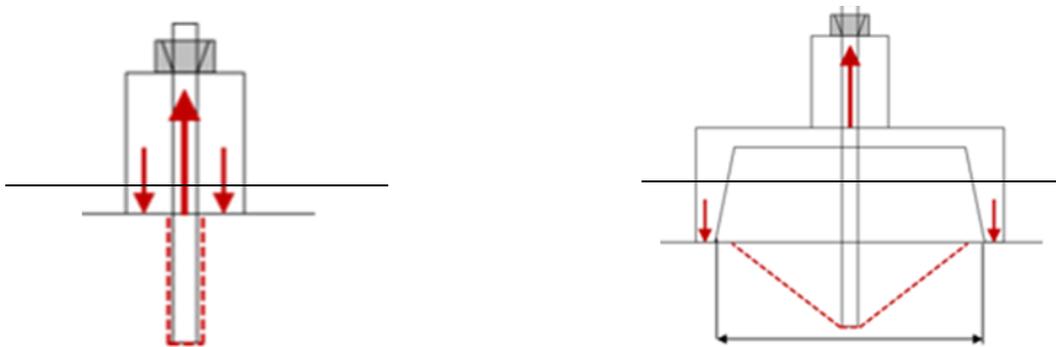


Figura 12: prove di pull out di tipo confinato e non confinato

In sede di ITT devono essere rilevate e certificate le caratteristiche geometriche di posizione delle barre del gruppo di ancoraggio rispetto al bordo dei cordoli, le caratteristiche di design e meccaniche del cordolo e dell’armatura, utili ai fini comparativi per analoghe prove eseguite, con medesime modalità, in sede di installazione in sito.

Le azioni di trazione determinate sono di tipo pseudo – statico, quindi non rappresentative e non comparabili a quelle indotte al gruppo di ancoraggio dal dispositivo di sicurezza sottoposto all’azione dinamico - impulsiva in fase d’impatto.

Questo test è raccomandato per tipologie di barriere che in sede di progetto prevedono il comportamento con paletto di tipo “staccabile” dal gruppo di ancoraggio.

Le modalità di esecuzione della prova sono contenute nella norma tecnica BS 8539:2012 *Codice di condotta per la selezione e l’installazione di ancoraggi post-installati in calcestruzzo*, che fornisce indicazioni su:

- attrezzatura;
- modalità di applicazione dei carichi;
- modalità di monitoraggio del movimento;
- le prove nella direzione di trazione;

- le prove di taglio (generalmente non richieste).

Se le prove di pull – out di riferimento, condotte, presso lo stesso laboratorio di ITT, sono successive alla data di esecuzione del crash test, dovrà risultare da apposita attestazione corredata di certificati relativi a prove di caratterizzazione dei materiali, che le condizioni iniziali di montaggio e dei materiali relativi all'acciaio dei paletti, dei tirafondi, della resina utilizzata, delle caratteristiche dei cordoli (geometria, classe e armatura) risultano inalterate e conformi rispetto a quelle originali.

La verifica viene effettuata sul sistema di ancoraggio testato della barriera indicato dal produttore della barriera.

Nel report di prova devono perciò essere indicati:

- la geometria dell'ancoraggio;
- le dimensioni della barra di ancoraggio;
- la qualità dell'acciaio della barra di ancoraggio;
- la profondità di inghisaggio della barra di ancoraggio;
- il tipo di ancorante chimico utilizzato.

Il metodo, integrato da prove mediante “Sled” test, è utile ai fini della verifica e validazione di impiego di ancoranti in resina alternativi a quelli di cui alle prove di ITT.

## Allegato 5 - Misura diretta o indiretta in fase di crash test delle azioni trasmesse al gruppo di ancoraggio della barriera

Il rilievo diretto e/o indiretto delle azioni (M, N, T) sul gruppo di ancoraggio effettuato durante l'esecuzione del crash test.

In considerazione della complessità del fenomeno è in fase di messa a punto un sistema di misura diretto basato sul rilievo delle sollecitazioni attraverso celle di carico direttamente applicate al gruppo di ancoraggio dei paletti della barriera coinvolti nella fase iniziale d'impatto, preventivamente valutata mediante simulazioni numeriche.

In alcuni laboratori il rilievo è eseguito per via indiretta mediante l'impiego di un sistema "a cantilever", si basa sulla metodologia di misura riportata nel documento WD CEN/TR 00226231\_V7 *Sistemi di ritenuta stradale – Determinazione delle forze di collisione sui ponti a seguito di un impatto di un veicolo sul sistema di ritenuta* preparato dal comitato Tecnico CEN TC226.

La barriera in prova è ancorata ad un cordolo realizzato con una trave a sbalzo attrezzata con estensimetri e celle di carico integrate che permettono l'acquisizione dei dati utili durante l'impatto del veicolo. Il tratto di cordolo attrezzato ha una lunghezza fino a 12 metri, rappresentativa della zona di contatto.

Nelle figure seguenti sono rappresentati lo schema del cordolo, i dispositivi di misura ed un tratto di barriera impattata.

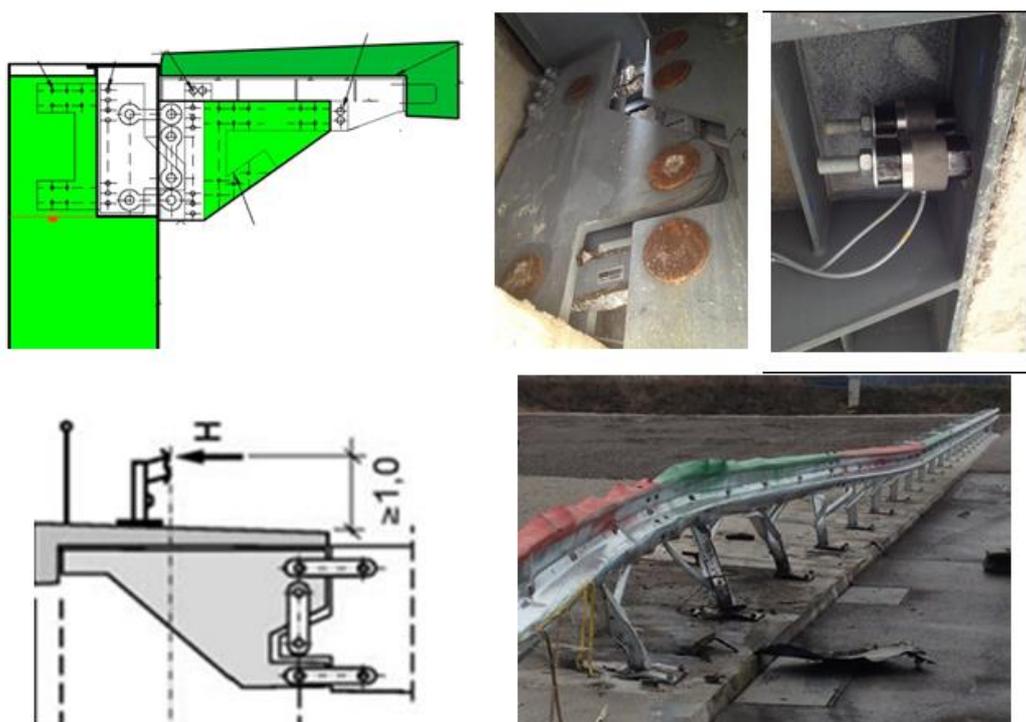


Figura 13: esempio di sistema di misura in campo prova delle forze trasmesse alla sottostruttura

Il rilievo delle azioni effettuato sul sistema a cantilever comporta una successiva elaborazione dei dati per ricavare i valori caratteristici nominali dei parametri di sollecitazione (M, N, T) competenti a ciascun paletto e/o gruppo di ancoraggio compreso nell'area di contatto.

Le azioni indotte al gruppo di ancoraggio sono di tipo dinamico – impulsivo come evidenziato nella figura seguente dove sono riportati i diagrammi della forza normale (1), della forza di taglio (2) e del momento flettente (3).

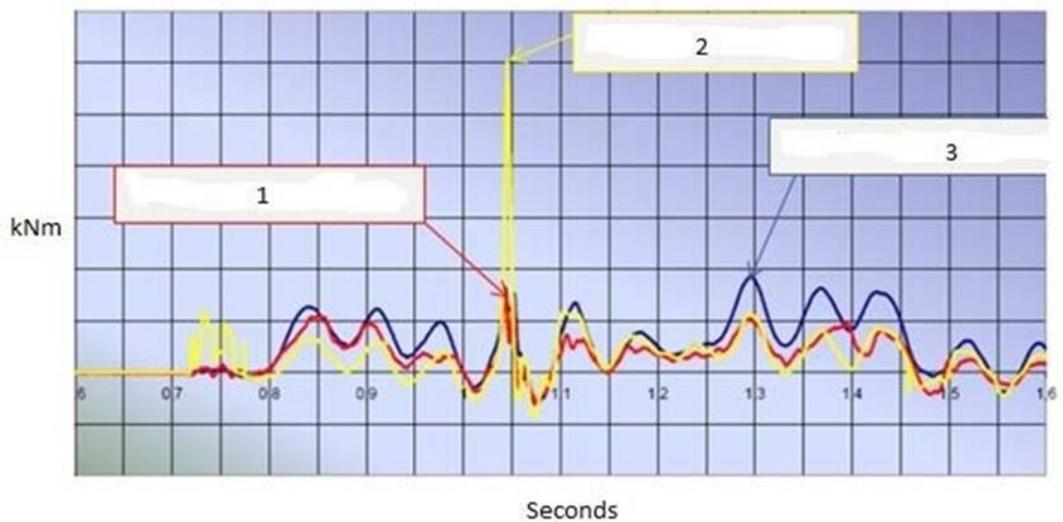


Figura 14: diagramma delle sollecitazioni rilevate

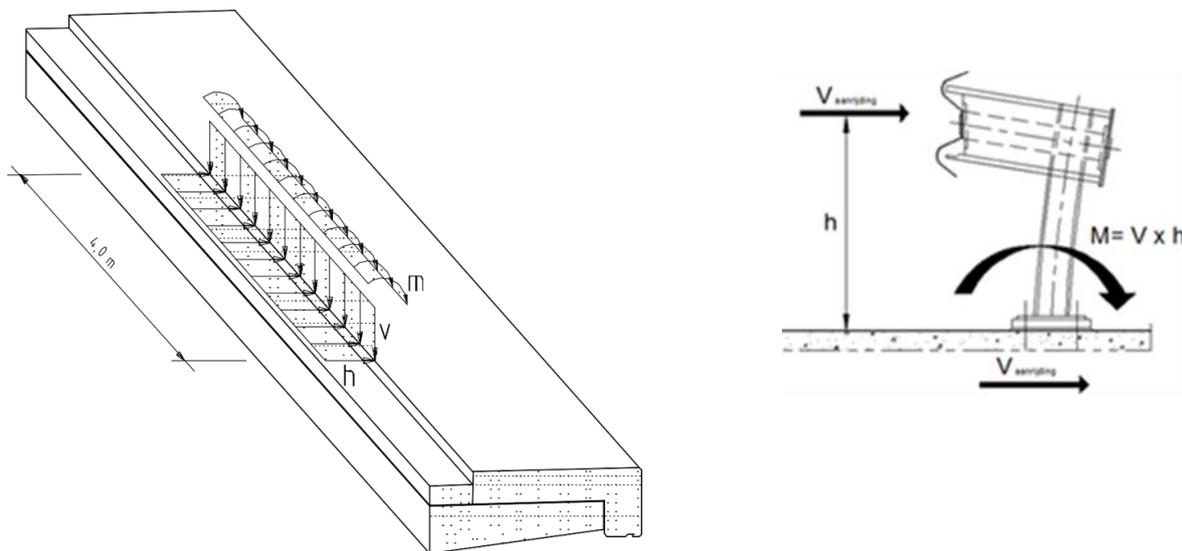


Figura 15: misura delle sollecitazioni sui singoli paletti

## Appendice A - Nota sulla procedura di determinazione delle forze mediante metodo analitico

L'approccio "semplificato", che viene generalmente ed impropriamente utilizzato per una stima sommaria delle azioni indotte al gruppo di ancoraggio, considerate come di tipo statico, è usualmente riferito alla risorsa ultima per deformazione plastica della sezione "critica" del palo.

Questo metodo, benché di uso frequente con l'ausilio di software commerciali che implementano algoritmi riconducibili all'Eurocodice EN 1992-4:2018 Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 4: Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo, non permette la corretta valutazione delle azioni di tipo dinamico – impulsivo realmente indotte al gruppo di ancoraggio e al supporto.

La risorsa ultima della sezione del palo nella realtà è infatti richiamata da azioni dovute all'impatto mentre il metodo di calcolo delle sollecitazioni sui tirafondi con criteri analitici approssimati, viene condotto con riferimento all'intervento di azioni di tipo statico.

Questo metodo è in genere applicabile alle tipologie di barriere che prevedono il distacco "controllato" del paletto dal gruppo di ancoraggio e per dispositivi che in sede di crash test evidenziano un comportamento coerente con lo schema con "palo a sezione costante su piastra rigida e tirafondi sicuramente integri a seguito dell'urto". Solo in tal caso, infatti, appare ragionevole fare riferimento alla sezione netta del palo per l'attribuzione del relativo momento plastico e quindi, nella confermata ipotesi di funzionamento con piastra di tipo rigido, la conseguente valutazione delle azioni indotte ai tirafondi mediante il calcolo analitico considerando:

- la geometria di posizione del palo rispetto ai bordi del cordolo in sede di crash test;
- la sezione di contatto all'interfaccia della piastra con il cordolo come una sezione in c.a., determinando la competente posizione dell'asse neutro e quindi la trazione sui tirafondi, nonché l'estensione della eventuale area sottoposta a compressione;
- il lembo opposto ed estremo della piastra rispetto ai tirafondi in trazione come centro di rotazione del sistema

Come rappresentato nella seguente figura il criterio considera che le azioni trasmesse sono semplicemente dovute ad una forza trasversale (forza di taglio) e da un momento flettente (trascura completamente l'effetto delle azioni longitudinali)

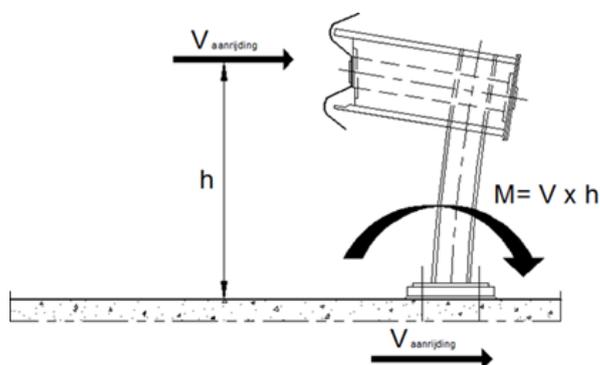


Figura 16: Forze che agiscono su una barriera di sicurezza in acciaio

L'eventuale riferimento ai criteri proposti nell'Eurocodice EN 1992-4: 2018 – “Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 4: Progettazione degli attacchi per utilizzo nel calcestruzzo”, con l'adozione degli specifici coefficienti di sicurezza ivi considerati, non risulta direttamente estendibile al caso di specie delle barriere di sicurezza.

L'applicazione dei criteri della norma EN 1992-4: 2018 prevede di considerare il rigoroso rispetto che dei relativi presupposti, ovvero:

- carico statico;
- piastra di base del palo rigida indeformabile;
- nel caso di pali rigidi a sezione costante simmetrica (IPE, HE), parametri di sollecitazione statici calcolati con riferimento allo stato ultimo di rottura riportati alla base del palo;
- nel caso di pali rigidi e/o deformabili a sezione costante nervati alla base, parametri di sollecitazione statici calcolati con riferimento allo stato ultimo di rottura della sezione corrente priva di irrigidimenti riportati alla base del palo;
- caratteristiche meccaniche  $f_y$ ,  $f_u$ , dell'acciaio conformi a quelle indicate nel report di crash test nei certificati di caratterizzazione dei materiali o riferite al 95° percentile, che nel caso di pali a sezione aperta sagomati a freddo dovranno essere valutate secondo il criterio di cui alla norma UNI EN 1993-1-3 richiamato anche al § C.4.2.12.1.1 della Circolare 21/01/2019, n7 C.S.LL.PP (\*)
- il rispetto rigoroso di compatibilità della geometria del gruppo di ancoraggio rispetto ai bordi, che per le fattispecie in esame non sempre risulta soddisfatta.

Condizioni che per la generalità dei casi applicativi non risultano, o non possono essere, soddisfatte.

È altresì opportuno che sia condotto evitando l'impiego di softwares di tipo commerciale predisposti per l'impiego di tasselli e di resine ancoranti destinati ad altri impieghi.

Deve essere precisato che la procedura sopra descritta è applicabile solo se l'ancorante è in regime statico, mentre quelli del gruppo di ancoraggio della barriera di sicurezza sono sollecitati durante l'urto in modo dinamico.

Pertanto, il metodo può essere utilizzato solo per garantire che in campo statico i due sistemi (di crash test e in opera) siano risultino strutturalmente equivalenti. Ciò consente di considerare ammissibile l'ipotesi secondo cui gli effetti dinamici che potranno poi sollecitare in caso d'urto l'ancoraggio in opera (equivalente in campo statico a quello di crash test), possano essere ritenuti equivalenti a quelli che hanno impegnato l'ancoraggio di ITT.

In fase di installazione in sito, nel caso di impiego del metodo semplificato, dovrà quindi essere dimostrata l'equivalenza statica del gruppo di ancoraggio rispetto a quella competente al medesimo nelle condizioni di ITT.

In caso di non conformità rispetto alle condizioni di ITT potrà essere conseguita la condizione di equivalenza operando il solo allungamento dei tirafondi senza alcuna variazione del design della piastra di base e se le caratteristiche meccaniche e geometriche del supporto risultano compatibili.

L'adattamento del sistema di fissaggio, infatti, non può interessare la piastra di base o altre parti della barriera in quanto modificabili esclusivamente dal Produttore secondo la procedura di modifica di prodotto come definita nella UNI EN 1317-5:2012.

Un diverso e più approfondito approccio, rispetto al criterio "semplificato" sopra descritto, è proposto nel documento PTV869, richiamato nel documento WD CEN/TR 00226231\_V7 "*Sistemi di ritenuta stradale – Determinazione delle forze di collisione sui ponti a seguito di un impatto di un veicolo sul sistema di ritenuta*" preparato dal comitato Tecnico CEN/TC226, anch'esso tuttavia riferito agli Eurocodici nonché ai principi della norma EN 1317.

Questo metodo, rispetto a quello di cui sopra, correttamente considera che le forze massime trasmesse dalle barriere di sicurezza in acciaio ancorate ai manufatti siano quelle corrispondenti alla rottura della componente più debole.

Il criterio adottato prevede la determinazione della curva M/V "massimo momento resistente / massima forza trasversale di taglio".

Questa curva corrisponde all'elemento più debole della configurazione, che può essere il montante, la piastra di base o ancora l'ancoraggio in calcestruzzo.

Viene altresì operata una distinzione tra il caso con palo a sezione costante a tutta altezza, palo a sezione variabile lungo l'altezza, palo dotato di nervature in corrispondenza del collegamento con la piastra di base, descrivendo la procedura da adottare per la costruzione della curva M/V per ciascun caso.

Il caso che prevede come elemento debole la piastra di base non è tuttavia trattato in considerazione della relativa complessità.

Viene operato il confronto tra le curve M/V dei montanti e del gruppo di ancoraggio al fine di definire la combinazione più "debole" delle azioni.

Si ha l'applicazione di opportuni coefficienti ai risultati in relazione al rapporto "*fu.max/fu.misurato*" competente al materiale, sia per il paletto che per i tirafondi, tra il valore caratteristico di rottura di cui alla norma di riferimento e quello misurato sul materiale, in sede di ITT o di verifica in sito.

Ulteriore considerazione deriva dal fatto che per i paletti metallici in sede di ITT per effetto della velocità di deformazione lo stress di snervamento dell'acciaio presenta tipicamente un aumento variabile dal 10 % al 13%.

Infine, l'applicazione di coefficienti applicati alle azioni M e V determinate è poi considerata ai fini del dimensionamento e/o verifica dei cordoli dei manufatti secondo il criterio della "gerarchia" delle resistenze.

---

(\*) Nelle norme la resistenza a snervamento  $f_y$  dell'acciaio è indicata con il valore caratteristico, ovvero corrispondente al quinto percentile (5%), definita con riferimento alla resistenza media dalla relazione :

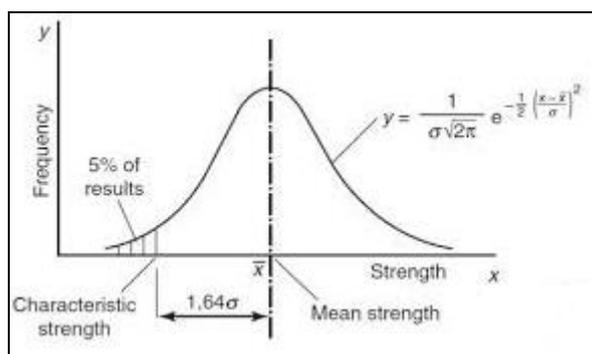
$$f_{yk} = f_{ym} - k_{5\%} \cdot \sigma = f_{ym} - k \cdot \sigma = f_{ym} - 1,645 \cdot \sigma = f_{ym} \cdot (1 - 1,645 \cdot \delta)$$

in cui

$\sigma$  = deviazione standard;

$\delta$  = coefficiente di variazione  $\sigma / f_{ym}$

$k_{5\%} = k_{95\%} = k = 1,645$  per simmetria della "gaussiana"



Resistenza caratteristica al 5° percentile

Resistenza media e resistenza al 95° percentile

dove  $k_{x\%}$  rappresenta la distanza tra il valore medio ed il valore della variabile aleatoria che corrisponde al percentile  $x$  o al complementare  $(1 - x)$ .

Il 95° percentile, utile alla definizione delle azioni caratteristiche, è espresso con la relazione

$$f_{y95\%} = f_{ym} - k_{95\%} \cdot \sigma = f_{yk} + 2k\sigma = f_{ym} + 1,645 \cdot \sigma = f_{yk} \cdot \frac{(1 + 1,645 \cdot \delta)}{(1 - 1,645 \cdot \delta)}$$

dove, secondo le indicazioni del § 11.3.4.11.1.4 del documento NTC 2018, per gli acciai, soggetti a verifica periodica della qualità, compresi tra i tipi S235 e S355 il valore di  $\delta$  è indicato pari all' 8%, per acciai aventi snervamento o rottura superiore al tipo S355 il valore di  $\delta$  è indicato pari all' 6%.

Per quanto sopra segue:

Qualità Acciaio (UNI EN 10025-25)	Spessore nominale $t \leq 40,00$ mm		
	$f_{y,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{t,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{y95\%}$ (N/mm <sup>2</sup> )
S 235	235,00	360,00	283,26
S 275	275,00	430,00	331,47
S 355	355,00	510,00	427,90
S 450	440,00	550,00	506,07

## Appendice B - Casi applicativi

In questa appendice viene fornita una serie di casi applicativi in cui la scelta del metodo di valutazione delle sollecitazioni trasmesse al gruppo di ancoraggio deve essere effettuata dal produttore in base alla tipologia di barriera ed al comportamento dei suoi componenti e del sistema di ancoraggio durante il crash test.

CASO 1: paletto rigido – piastra e gruppo tirafondi non deformati

Configurazione con palo a sezione costante a tutta altezza dotato di piastra di base rigida.

A seguito dell'urto si rileva una parziale deformazione plastica del palo e nessuna apparente deformazione permanente della piastra di base e sul gruppo di ancoraggio (tirafondi).



CASO 2: paletto rigido – piastra rigida - gruppo di tirafondi integri \_dispositivo di tipo staccabile

Configurazione con palo dotato di notevole rigidità in corrispondenza del nodo palo – piastra per effetto della presenza di nervature di rinforzo. In fase d'urto è previsto il distacco del palo per rottura prestabilita (fusibile) in corrispondenza del collegamento piastra – tirafondi, con nessuna apparente rottura/deformazione permanente sul gruppo.



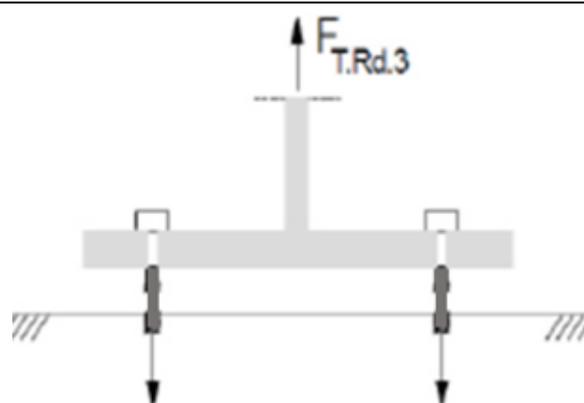
CASO 3: palo rigido – piastra rigida - rottura filettatura delle barre di ancoraggio

Il palo è a sezione costante di grande rigidezza e prevede il collegamento diretto per saldatura ad una piastra di grosso spessore, quindi di rilevante rigidezza, senza presenza di nervature di rinforzo. In fase d'urto si rileva una parziale deformazione della piastra di base ed il distacco della medesima dai tirafondi anteriori (lato urto) per rottura della filettatura, con conseguente danno permanente sul gruppo di ancoraggio.



CASO 4: paletto rigido – piastra semi rigida - parziale sfilamento delle barre di ancoraggio

Il paletto è rigido a sezione costante saldato su piastra deformabile. In fase d'urto per il paletto più sollecitato si è riscontrata localmente sul gruppo di ancoraggio anteriore (lato urto) la rottura di superficie del calcestruzzo (distacco del cono di rottura) e il parziale sfilamento dei tirafondi. Il cedimento locale del gruppo di ancoraggio anteriore si è manifestato a causa della ridotta profondità di inghisaggio delle barre anche in relazione allo spessore limitato del cordolo prefabbricato in c.a.



CASO 5: paletto semi rigido sezione variabile – piastra semi rigida - gruppi di ancoraggio integri Il paletto del dispositivo è a sezione variabile sul lato anteriore e dotato di piastra deformabile. L'energia dovuta all'urto del mezzo collidente è stata dissipata per deformazione plastica del paletto e della piastra di base, risultando indeformato il gruppo di ancoraggio.



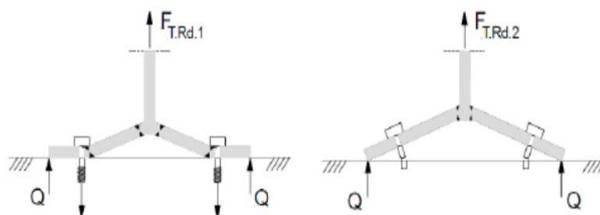
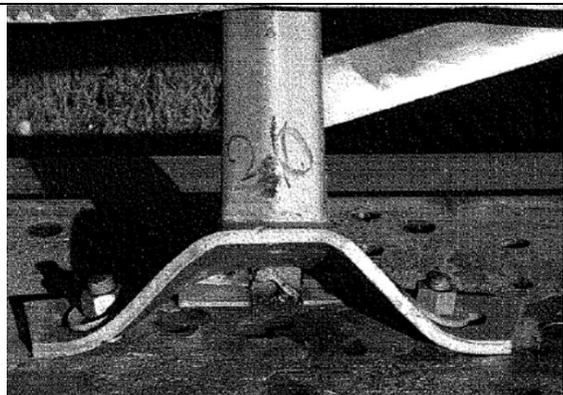
CASO 6: paletto semi rigido – piastra deformabile - gruppi di ancoraggio integri

Il paletto del dispositivo è a sezione costante, con piastra di irrigidimento della sezione corrente alla base, la piastra di base è del tipo deformabile. L'energia dovuta all'urto del mezzo collidente è stata prevalentemente dissipata per deformazione plastica del palo e parzialmente della piastra di base, risultando indeformato il gruppo di ancoraggio.



CASO 7: paletto rigido – piastra deformabile - barre di ancoraggio parzialmente deformate

Il palo rigido vincolato su piastra molto deformabile. L'energia dovuta all'urto del mezzo collidente è stata dissipata per formazione di cerniere plastiche multiple sulla piastra di base e per parziale deformazione plastica di sommità dei tirafondi anteriori del gruppo di ancoraggio.





**Unione Nazionale delle Industrie delle Costruzioni Metalliche dell'Involucro e dei serramenti**  
Via S.G.B. del La Salle, 4/4a – 20132 Milano – Telefono 023192061 – Fax 0231920632  
[unicmi@unicmi.it](mailto:unicmi@unicmi.it) – [www.unicmi.it](http://www.unicmi.it)