

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Terza Sezione

Adunanza del 26 luglio 2018
N. del Protocollo 48/2018

Oggetto: Barriere di sicurezza tipo New Jersey definite nel "Catalogo generale delle barriere di sicurezza" (c.d, Catalogo Blu) -- sostituzione degli ancoraggi originali 'Liebig' con barre filettate.

LA SEZIONE

VISTA la nota prot. 9976 del 10/05/2018, acquisita agli atti con prot. n. 4686 del 10/05/2018 con cui la D.G.V.C.A ha trasmesso la richiesta di parere circa la problematica in oggetto indicata;

VISTA la nota prot. 10565 del 17/05/2018, acquisita agli atti con prot. n. 4909 del 18/05/2018, con cui la DGVCA ha integrato la documentazione già trasmessa;

ESAMINATI gli atti;

UDITA la Commissione Relatrice: (MORTELLARO, ANDREONI, CANTISANI, MAZZIOTTA; D'ANDREA, RANIERI, TARTARO, CERILLO, SESTINI).

PREMESSO

La Direzione Generale per la Vigilanza sulle Concessionarie Autostradali (D.G.V.C.A) ha trasmesso, con nota prot. 9976 del 10/05/2018, la documentazione relativa alla possibile sostituzione degli ancoraggi originali "Liebig", presenti nelle Barriere di sicurezza tipo New Jersey definite nel "Catalogo generale delle barriere di sicurezza" (c.d, Catalogo Blu), con barre filettate .

Al fine di favorire un primo inquadramento della problematica sottoposta all'esame della Sezione, appare utile riportare di seguito la lettera della DGVCA contenente il quesito:

“Oggetto: Barriere di sicurezza tipo New Jersey definite nel "Catalogo generale delle barriere di sicurezza" (c.d., Catalogo Blu) -- sostituzione degli ancoraggi originali "Liebig" con barre filettate.

Lungo la rete autostradale in concessione sono presenti tratti caratterizzati dalla presenza di barriere di sicurezza di tipo New Jersey (NJ), la cui installazione risale a circa 25-30 anni fa. Tali barriere furono definite nel cosiddetto "Catalogo Blu" (All.1), documento normativo di riferimento per le barriere di sicurezza. approvato da codesto Consesso, nell'adunanza della V Sezione del 26.5.1988,00n il voto n. 321.

Ciò premesso, si fa presente è stata manifestata da parte delle società concessionarie la necessità di sostituire gli ancoraggi "Liebig" (previsti al piede di dette barriere di sicurezza) con barre filettate.

Al riguardo, si evidenzia che dette barriere tipo NJ sono state a suo tempo oggetto di una estesa serie di prove sperimentali dal vero (crash test con urti di veicoli leggeri e pesanti) e quindi, è stato provato e valutato il comportamento di detti ancoraggi "Liebig", mentre il sistema NJ con gli ancoraggi al piede realizzati con barre filettate al posto degli ancoraggi Liebig non risulta sia stato oggetto di tali prove dal vero.

In merito alla possibilità di prevedere barre filettate al posto degli ancoraggi Liebig, una delle società concessionarie ha commissionato il un gruppo di esperti (costituito dai Prof Ing. Marco Anghileri, Pro t'. Ing. Lorenzo Domenichini, Prof Ing. Francesca La Torre) un apposito Studio finalizzato a verificare se la barriera di sicurezza nella nuova configurazione (cioè con installate al piede le barre filettate) si comporti come quella originariamente sottoposta a crash test (cioè con al piede ancoraggi Liebig). Tale studio, pur essendo stato chiesto da questa Direzione generale con nota n. 8929 del 26.4.2018, non è finora pervenuto e quindi non è a disposizione.

Secondo quanto asserito dalla società concessionaria che ha commissionato il suddetto Studio in una nota di risposta alle evidenze sollevate sugli ancoraggi con barre filettate da parte di uno degli Uffici ispettivi territoriali di questa Direzione nell'ambito dell'attività di vigilanza “ le analisi effettuate con i più sofisticati metodi di simulazione (Ls-Dyna). hanno portato a concludere che le prestazioni dei dispositivi, dopo la sostituzione degli ancoranti di tipo "Liebig ultraplus ", con altri di tipo diverso ma simili a quelli oggi adottati nei dispositivi funzionalmente analoghi e Certificati CE rimangono sostanzialmente inalterate".

Circa il funzionamento del sistema di barriere di sicurezza con ancoraggi Liebig, le relative operazioni di manutenzione e i criteri di validazione, si allegano i seguenti documenti redatti dall'Ing. Gabriele Camomilla, a suo tempo componente della Commissione di studio per la Normativa delle barriere stradali che elaborò il suddetto Catalogo Blu:

- *Definizione delle operazioni di manutenzione delle barriere di sicurezza da bordo ponte di tipo New Jersey e corrispondenti criteri di validazione - aggiornamento sul metodo di controllo degli ancoraggi Liebig – 30 giugno 2014 (All. 2)*
- *Aggiornamento sul metodo di controllo degli ancoraggi Liebig 10 ottobre 2017 (A11 3)*
- *Relazione sul controllo degli ancoraggi delle barriere di sicurezza da bordo ponte tipo New Jersey" - ottobre 2017 (All. 4)*

Atteso che, come sopra detto, gli ancoraggi con barre filettate vengono impiegati in sostituzione degli ancoraggi Liebig senza l'effettuazione di prove sperimentali al vero, tenuto conto delle rilevanti problematiche di sicurezza sottese alle argomentazioni esposte, si ritiene necessario acquisire sulla questione il qualificato parere di codesto Consiglio Superiore.

Alla missiva erano allegati i seguenti documenti.

Allegato .1: Catalogo Blu del 1988

Allegato 2: Definizione delle operazioni di manutenzione delle barriere di sicurezza da bordo ponte di tipo New Jersey e corrispondenti criteri di validazione 30.06,2014

Allegato 3: Definizione delle operazioni di manutenzione delle barriere di sicurezza da bordo ponte di tipo New Jersey e corrispondenti criteri di validazione. Aggiornamento sul metodo di controllo degli ancoraggi Liebig 10.10.2017

Allegato 4: Relazione sul controllo degli ancoraggi delle barriere di sicurezza da bordo ponte tipo New Jersey ottobre 2017 “

Successivamente la stessa DGVCA con nota n. 10565 del 17/05/18, acquisita agli atti con prot. n. 4909 del 18/05/2018, ha integrato la documentazione trasmettendo il citato Studio elaborato da gruppo di esperti costituito dal Prof. Ing. Marco Anghileri, dal Prof. Ing. Lorenzo Domenichini e dalla Prof.ssa Ing. Francesca La Torre, finalizzato ad analizzare gli effetti della sostituzione dei sistemi di ancoraggio "Liebig" delle barriere di sicurezza con barre filettate.

Tanto premesso la Sezione ritiene di dover prioritariamente inquadrare la problematica all'esame con particolare riferimento alla documentazione trasmessa che si compone di due distinte produzioni, la prima relativa al citato studio dell'ing. Camomilla che tratta in particolar modo le procedure e tecniche di cantiere specificatamente individuate per il ripristino dei collegamenti delle barriere N.J Bordo ponte in CLS articolata, come detto, nelle seguenti tre parti:

- *Definizione delle operazioni di manutenzione delle barriere di sicurezza da bordo ponte di tipo New Jersey e corrispondenti criteri di validazione - aggiornamento sul metodo di controllo degli ancoraggi Liebig – 30 giugno 2014 (All. 2)*
- *Aggiornamento sul metodo di controllo degli ancoraggi Liebig 10 ottobre 2017 (A11 3)*
- *Relazione sul controllo degli ancoraggi delle barriere di sicurezza da bordo ponte tipo New Jersey" - ottobre 2017 (All. 4)*

e la seconda predisposta dal citato gruppo di esperti, costituito dal Prof. Ing. Marco Anghileri, dal Prof. Ing. Lorenzo Domenichini e dalla Prof.ssa Ing. Francesca La Torre, che ha analizzato e verificato il comportamento di alcune barriere di sicurezza nella nuova configurazione (cioè con installate al piede le barre filettate) confrontandone il comportamento con quelle originariamente sottoposte a crash test (cioè con al piede ancoraggi Liebig).

In ordine a dette premesse va ricordato che il quesito nasce da alcune evidenze sollevate sugli ancoraggi con barre filettate da parte di uno degli Uffici ispettivi territoriali della DGVCA nell'ambito della propria "attività di vigilanza" e riguarda più propriamente la possibilità di pervenire mediante analisi effettuate con i più sofisticati metodi di simulazione (Ls-Dyna) a risultati che confermino la costanza di prestazioni dei dispositivi anche dopo la sostituzione degli ancoranti di tipo "Liebig ultraplus", con altri di tipo diverso ma simili a quelli oggi adottati nei dispositivi funzionalmente analoghi e Certificati CE.

Sulla base di detto inquadramento la Sezione ritiene che la documentazione a firma del Prof. Camomilla, per la parte inerente le procedure e le tecniche da utilizzare per il ripristino dei diversi componenti di collegamento delle barriere NJ in cls, sia solo parzialmente di interesse per la formulazione dal richiesto parere, mentre è da considerarsi di sicuro interesse la più specialistica parte riguardante la sostituzione degli ancoraggi verticali oltre alla parte descrittiva dei principi di funzionamento delle barriere e quella dedicata ai calcoli di equivalenza degli ancoranti Liebig ai tasselli inghisati.

Lo Studio predisposto dai citati professori è invece interamente finalizzato a dimostrare, mediante il ricorso a tecniche computazionali e senza prove dal vero che le prestazioni dei dispositivi di ritenuta NJ rimangono sostanzialmente inalterate anche dopo la sostituzione degli ancoranti di tipo "Liebig ultraplus", con barre filettate inghisate.

Di detti documenti si riportano di seguito, alcuni paragrafi relativi alle parti di maggiore interesse per le valutazioni richieste:

Studio ing. Gabriele Camomilla e ing. Cesare Zaottini:

“Aspetti legali

Le operazioni di manutenzione sostitutiva sono calcolate, naturalmente, per riportare a condizioni funzionalmente uguali a quelle di origine dei manufatti ricordando che ai sensi delle attuali disposizioni sulle barriere di sicurezza le condizioni, qualora non si sostituiscano le protezioni per tratti interi, sono quelle vigenti all'atto della posa in opera delle medesime (DM 223/92 e s.m.).

Ricordiamo infatti, come indicazione relativa al punto A dell'incarico, che anche dal punto di vista formale le operazioni di mantenimento devono far sì che le azioni di resistenza esplicabili dal dispositivo siano analoghe a quelle originali verificate dai crash test: i calcoli dinamici sono effettuati a questo fine con le modalità precisate nel seguito.

Nel caso di sostituzioni o di riparazioni di parti dei manufatti comunque, per tutti i manufatti su cui si opere, la condizione da rispettare è che il risultato finale sia strutturalmente equivalente all'originario; questo fatto è stato dimostrato dagli appositi calcoli ricordati e potrà essere ulteriormente verificato con un crash test da operare su barriere montate con i criteri di manutenzione- riparazione messi.

Questa verifica al vero con il dispositivo dotato delle parti messe a punto con i calcoli che seguono, che sancisce definitivamente la validità delle soluzioni adottate, è comunque consigliata qualora il numero di sostituzioni necessari dopo verifica operativa descritta nei documenti E risulti di entità elevata.

Caratteristiche e funzionamento della barriera esistente

In base ai dati di appalto ed esecuzione delle protezioni risulta che le barriere da verificare sono costituite da muretti prefabbricati in calcestruzzo leggero a forma New Jersey con corrimano a tubo per bordo ponte di Classe H4.

Questo tipo di barriera è stata testata nel 1999 alla Pista L.I.E.R di Lione ed ha ottenuto la omologazione n.24 in data 12 settembre 2002 omologata dal Ministero dei LL.PP,

- Bordo Ponte - Classe H4



Per la descrizione e l'analisi completa dei risultati delle prove si rimanda ai Rapporti di Prova ufficiali preparati dal Centro prove autorizzato di Lione nel quale sono avvenuti i crash test, in base alle prescrizioni della normativa vigente all'epoca; ci limitiamo qui a fare brevemente un sunto sull'esito delle prove di crash in base alle quali è stata chiesta ed ottenuta l'omologazione della barriera:

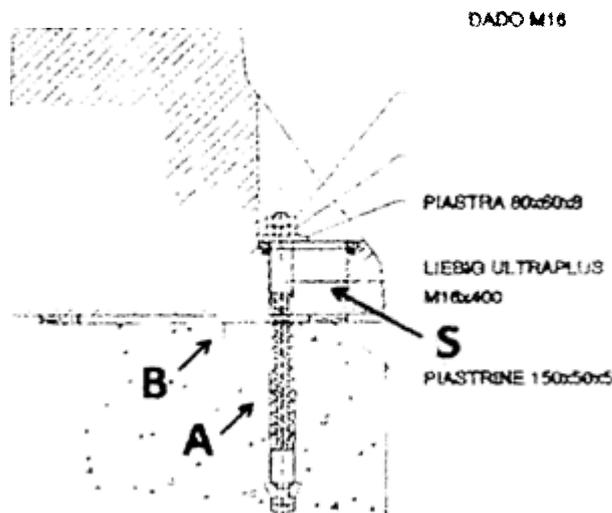
*Prova n. AUT/BSI-25/344 del 27 ottobre 1999 (Autovettura Peugeot 205)
Prova TB 11 secondo la classifica delle Norme Europee EN 1317*

<i>Classe di riferimento:</i>	<i>N2-H4</i>
<i>Peso del veicolo:</i>	<i>901.0 Kg</i>
<i>Velocità di prova:</i>	<i>99,9 Km/h</i>
<i>Angolo d'impatto:</i>	<i>20°</i>
<i>livello di contenimento Lc :</i>	<i>40.58 kJ</i>
<i>Valore Indice ASI:</i>	<i>1.4</i>
<i>Indice V.C.D.I. :</i>	<i>LF 0001000</i>
<i>Attraversamento della barriera:</i>	<i>NO</i>
<i>Ribaltamento del veicolo :</i>	<i>NO</i>
<i>Veicolo entro box CEN:</i>	<i>SI</i>

*Prova n. AUT/BSI-25/345 del 28 ottobre 1999 (Autoarticolato a 5 assi Renault G290)
Prova TB 81 secondo la classifica delle Norme Europee EN 1317*

<i>Classe di riferimento:</i>	<i>H4b</i>
<i>Peso del veicolo:</i>	<i>37300 Kg</i>
<i>Velocità di prova:</i>	<i>66.40 Km/h</i>
<i>Angolo d'impatto:</i>	<i>20°</i>
<i>livello di contenimento Lc :</i>	<i>742 kJ</i>
<i>Attraversamento della barriera:</i>	<i>NO</i>
<i>Ribaltamento del veicolo:</i>	<i>NO</i>

I dati della prova TB81 del veicolo pesante sono stati utilizzati per le verifiche dinamiche di funzionamento delle parti di attrezzature su cui operare per le manutenzioni delle barriere in opera, secondo le indicazioni suggerite dalla DM 2004 Art.6 per ciò che concerne i calcoli di valutazione ai fini di interventi sui dispositivi.



Ancoranti al piede- costituzione e funzionamento

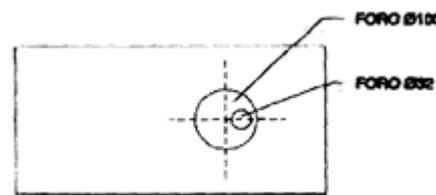
È stato infatti necessario fornire i criteri di funzionamento della barriera esistente per individuare i metodi ed i materiali da usare nelle riparazioni e/o le sostituzioni delle parti degradate in modo che il funzionamento del dispositivo rimanga inalterato.

La valutazione sulla prova TB11 non sono state eseguite in quanto non si prevedono irrigidimenti dei dispositivi rispetto a quelli originali per cui l'ASI non subirà variazioni.

Riportiamo qui nel seguito una sintesi dei criteri di funzionamento a cui si riferiscono le valutazioni di confronto necessarie per le operazioni di cui si parla.

L'ancoraggio al piede costituisce la prima delle tre linee di resistenza all'urto di questo tipo di barriera ed è anche quella che si oppone nella prima parte dell'urto a forte energia; è anche la sola coinvolta per quelli a energia ridotta (autovetture) per le quali è stata pensata.

Il dispositivo è mostrato nella figura a lato.



L'ancoraggio ha una resistenza limitata con un tetto, previsto nel progetto, legato alla sezione ed al tipo di acciaio del gambo A, superato il quale l'ancoraggio si spezza, si sfilava o si snerva e la forza di spostamento si trasferisce agli ancoraggi vicini; anche le altre linee di resistenza, alla sommità del manufatto in CA ed al mancorrente, vengono coinvolte.

Tra le equivalenze fondamentali da mantenere nelle manutenzioni è quella del comportamento all'urto dinamico dovuto alle camere di espansione B ed S di questo tipo di manufatti ed al tipo di ancoraggio.

La "plasticità dell'urto è incrementata anche con la deformazione della parte anteriore della vetture che nei veicoli moderni è presente in grado elevato. Naturalmente lo stesso meccanismi di risposta vale, con movimenti e rotture di maggior entità anche per i mezzi pesanti (figura)

.....



Barriera che si sposta- urto "plastico": Il veicolo le si affianca scorrendo su di essa.

Funzionamento in caso della assenza della camera di espansione

Se la camera di espansione non è presente perché non praticata nel cordolo o è di dimensioni ridotte, la sua funzione è in parte compensata dalla camera S presente nella parte inferiore del manufatto New jersey.

In assenza di deformazioni plastiche vediamo il comportamento al limite del dispositivo: l'urto delle vetture(urto leggero) in assenza di spostamento diviene del tipo "elastico" descritto nella figura che segue



Urto "elastico": di autovettura: lo barriera non cede ed il veicolo rimbalza con un angolo di uscita uguale (caso limite) o molto simile o quello di entrata. Eventuale riduzione dovuta alla deformazione della vettura.

Questo fatto può incrementare di uno o due decimi - in maniera accettabile', il valore dell'ASI¹ (Acceleration Severity Index) della vettura; questo eventuale aumento è però compensato dal rinvio legato alla forma del muretto New Jersey.

Nel caso del veicolo pesante invece la deformazione plastica esiste ugualmente perché l'urto può arrivare a spezzare tutta la zona di ancoraggio facendo muovere il muretto come se la camera ci fosse.

Comunque quando la camera di espansione non esiste o ha dimensioni ridotte sul cordolo, il corretto comportamento "plastico" descritto nella figura precedente ed alla base del miglior funzionamento del dispositivo si può avere ugualmente calibrando opportunamente la resistenza (diametro e tipo di materiale) dell'ancoraggio e facendo affidamento alla camera S del manufatto, nonché alle rotture sopra ricordate (vedi sezione calcoli).

Il comportamento globale del dispositivo deve essere mantenuto ed avvenire nelle modalità di funzionamento ricordate.

La corrispondenza deve essere verificata sia per le resistenze dell'ancoraggio, come fanno banalmente alcuni manutentori, ma anche e soprattutto, per i tempi con cui queste resistenze si esplicano: variazioni in più o in meno possono cambiare il modo con cui si manifestano le resistenze, con possibile alterazione nel contenimento e nella ridirezione: si deve ottenere una analogia tempo-strutturale

¹ Il valore di ASI è ammissibile fino a 1,9

Vedremo meglio la questione nella parte dedicata ai calcoli dinamici dove è stata valutata l'influenza, nel caso delle manutenzioni, delle dimensioni della camera e delle resistenze dei nuovi elementi di ancoraggio e di continuità in modo che il cambiamento apportato nelle sostituzioni non dia variazioni nel comportamento strutturale e temporale dei dispositivi. '

Manicotti e mancorrente

Altre parti essenziali per il funzionamento sono i manicotti ed

Verifiche da compiere sul manufatti prima degli Interventi ed analisi per definire le azioni da effettuare

Vediamo allora quali sono i controlli da fare sulle diverse parti dei dispositivi per valutarne lo stato; indichiamo anche sinteticamente le azioni che conseguono l'ispezione.

VERIFICHE FUNZIONALI E STRUTTURALI DELLE SOLUZIONI PREVISTE

La validità delle prestazioni fornite dagli elementi sostitutivi descritti, ancoraggi e manicotti, è stata dapprima verificata con prove tradizionali sinteticamente riportate nel seguito, ma esse non sono sufficienti per dimostrare l'equivalenza delle soluzioni in quanto nella resistenza delle barriere di sicurezza è fondamentale anche il comportamento nel tempo delle azioni resistenti, tenendo presenti anche la velocità con cui il carico d'urto è applicato.

Studi americani (USA) hanno dimostrato infatti che anche la variazione di un solo parametro (pure apparentemente insignificante) in un crash dinamico porta a cambiarne l'esito finale: tutte le verifiche sono state fatte al vero e al simulatore

Le prove tradizionali sono comunque da effettuare per motivi formali da non trascurare, ma quelle fatte in fase dinamica, con modellistica ad hoc, sono quelle fondamentali per giudicare della equivalenza delle soluzioni applicate. La validità delle affermazioni riportate si è resa evidente, come vedremo, nel caso dei manicotti di giunzione.

- *Prove di laboratorio per la verifica della equivalenza statica*

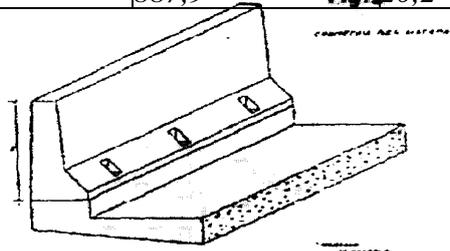
Resistenza degli ancoranti. LIEBIG Ultraplus M16

Abbiamo recuperato le prove riguardanti le resistenze dell'ancoraggio Liebig Ultra Plus M16 (UP30190), basate sulle indicazioni della casa produttrice e sulla relazione del Prof. Ing. Ranzo, fornita con la documentazione completa:

Product Code	Box Qty	Thread Size	Hole in Fixture	Drill	Mln Hole Oeplh	Min Embe-me'''	Under cutting	Fixtu Thick-ness	lTotal Lengh	Torau	Permissible Concrete 8 2S	
		mm	mm	mm	mm	mm	Min/ma mm	mm	mm	Nm	UnCr:Kked	ICr kN
UP23140	12	M12	24	23	190	140	34/36	20	220	110	20.0	13.0
UPiO190	6	M16	31	30	280	190	46/48	30	300	275	35,0	21.0
UP35230 -	6	M20	37	36	340	210	I-	30	330	460	61.0	36.0
UP045280	2	M24	46	45	410	280	72n6	40	440	790	84.0	52.0
UP65420	1	M36	68	67	580	420	103/107	60	660	2720	199.0	120.0

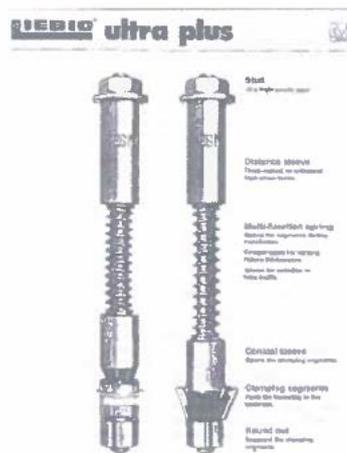
Nella tabella sono riportate le caratteristiche dell'acciaio costituente il Liebig, mentre nella relazione si parla delle resistenze funzionali statiche del complesso cordolo -muretto, ancoraggio. Le prove di laboratorio effettuate sui Liebig hanno dato i seguenti risultati (vedi anche figura foglio prove IRC che segue)

	Provino	Sezione mmq	Snervamento	Rottura	Allungamento %
			N/mmq	N/mmq	
	1	79,29	827,4	887,9	20,2



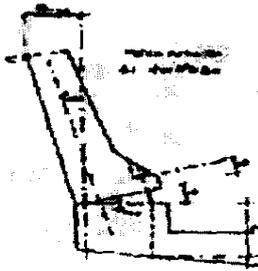
	2	77,72	850,5	889,1	18,0
	3	78,5	833,1	886,6	18,0

Il complesso ancoraggio - cordolo di fissaggio è invece stato valutato secondo l'azione schematizzata in figura che segue; il cedimento si può avere è legato al punzonamento del calcestruzzo, che non dipende dal tipo di ancoraggio ma da come è fatta la barriera e che quindi non cambia con esso (ha un valore molto elevato di 31 tonnellate) invece l'altro meccanismo di cedimento, il pull- out (sfila mento) è quella da considerare per valutare la corrispondenza tra i comportamenti, anche se il funzionamento reale è costituito dalla somma di due azioni: pull out e traslazione orizzontale con sforzo di taglio sul gambo dell'ancoraggio.



La casa di produzione valuta questo valore in un cis di classe 350 in 2,8 t. a cui suggerisce di aggiungere un coefficiente di sicurezza pari a 2,5 per cui si raggiungono le 7 t. Nelle prove di crash non si è mai avuto il pull out, ma la rottura del gambo e questo conferma il fatto che nel meccanismo di rottura prevale ragione di taglio sull'acciaio. Per superare questa problematica la relazione verifica il funzionamento globale di 3 elementi di muretto che coinvolgono nell'urto 12 ancoraggi. Stimando dai crash la forza massima agente sugli elementi coinvolti in 60 t, trova che ogni ancoraggio deve sopportare un carico di 5 t che arrivano almeno a 13,2 con le dovute sicurezze (vedi 11).

In termini statici quindi l'ancoraggio deve resistere a questa trazione.



Barre filettate M20

il nuovo ancoraggio resiste di più, arriva a , ma lo fa a ragion veduta in quanto si deve tener conto delle profondità di infissione, variabile secondo le condizioni quindi si può dire che va bene perché il suo punto debole rispetto al Liebig potrebbe essere la sfaldabilità.

Le prove di pull out danno allora un valore moto più alto di 13,2, pari a 16,8 .

Oggetto: PROVE di TRAZIONE su RESINA COLABILE POLIESTERE

Sono state eseguite 3 prove di trazione su ancoraggi realizzati con resina colabile poliestere (resina in pasta ed induritore in polvere con rapporto miscelazione 100:2, peso specifico $1,7 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$) con barre classe 8.8 diametro M20, lunghezza 400 mm, diametro del foro 32 mm. I tests sono stati eseguiti con macchina di prova in modalità controllo di carico, con una velocità di salita del carico in modo da raggiungere il carico massimo in un tempo di circa 3 minuti. Le prove sono state eseguite in modo non confinato su lastre di calcestruzzo Rck 30 MPa non fessurato e non armato (dimensioni 1000x1500x450 mm) senza influenza di interasse e distanza dal bordo.

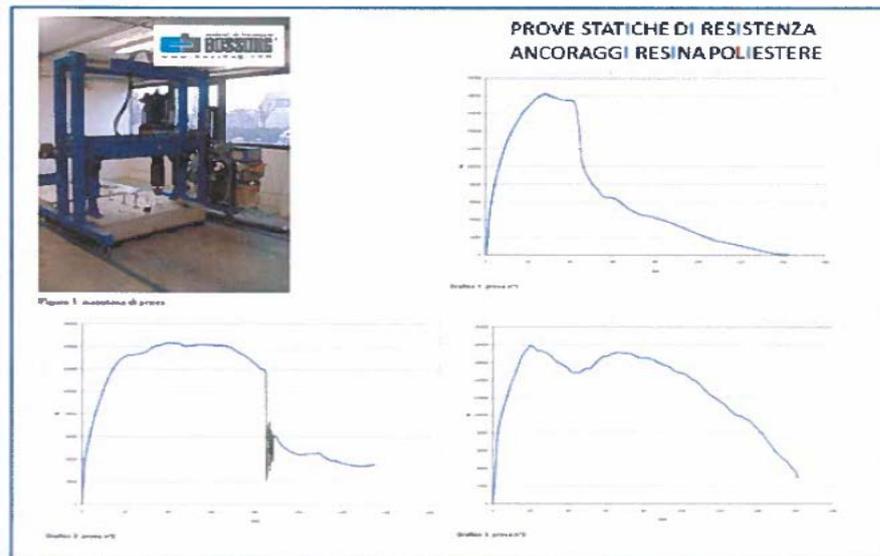
La temperatura della sala prove durante i tests si attestava intorno ai 15°C.

Per tutte le prove è stato rispettato un curing time pari a 24 ore.

I fori sono stati soffiati ed aspirati per l'eliminazione della polvere residua della foratura.

Nelle pagine seguenti si riportano i risultati dei tests, le analisi numeriche svolte sui risultati ottenuti, oltre agli allegati fotografici delle prove eseguite

Provini	DIAMETRO mm	PROFONDITÀ mm	Carico di picco t
1	M20	280	18,2
2	M20	280	14,3
3	M20	280	17,9



Quindi si può dedurre che staticamente le barre M20 (ma anche M16 che hanno una resistenza inferiore del 20%, pari a 13,44 equivalgono al LIEBIG

La resina naturalmente deve essere quella di prova definita nelle Norme Tecniche Allegato E (INGHISOL- Pasta a base di resina di poliestere) .

Queste osservazioni comunque da sole non giustificano l'equivalenza di comportamento dei due tipi di ancoraggio che deve avere la sua valutazione completa nella messa in conto delle risposte alle azioni impulsive nel tempo che è stata fatta con i calcoli dinamici.

È chiaro che ciò che conta è l'equivalenza dinamica; le prove di laboratorio che comunque provano l'accettabilità " tradizionale" statica dei due tipi di ancoraggio.

Inoltre le caratteristiche meccaniche usate per i calcoli dinamici sono quelle dedotte dalle prove statiche

Resistenza del manicotti

Le prove sul manicotti

Anche le prove statiche sui manicotti hanno evidenziato subito una non equivalenza perfetta tra manicotti standard a vite e nuovi manicotti a piastra,

Calcoli Dinamici

Il crash rientra sempre nell'ambito stocastico anche se c'è una linea di pensiero che cerca di non considerarlo tale e lo guarda da un punto di vista unicamente deterministico.

Nell'uso dei software di simulazione poi c'è chi semplicemente non considera taluni aspetti della prova (PE la natura del terreno) proprio per semplificare i risultati che però, a nostro parere, non sono accettabili se non in ambiti molto ristretti.

È stato dimostrato in ricerche USA che taluni software restituiscono "buoni" risultati sia quando il risultato finale è positivo, sia quando non lo è. Addirittura si è verificato il contrario, restituendo risultati " non buoni", si aveva il contrario, cioè risultanze sperimentali positive, poi riverificate con analisi dinamiche più accurate come quello usato nella presente valutazione.

Si premette inoltre che i calcoli dinamici, data la loro elevata precisione legata alle dimensioni di dettaglio, esprimono risultati che poi vanno adattati alla realtà delle opere.

Ciò è particolarmente vero se ci si riferisce al complesso degli ancoraggi esprimibili in dimensioni delle camere di espansione (principalmente la sua altezza H) e diametro D degli ancoraggi.

Il calcolo esprime valori precisi al centimetro per H e al decimillesimo per D della barra.

Nella realtà la camera ha variazioni in H da 12 cm fino a 7- 8 cm mentre D è legato ai diametri disponibili in commercio (20, 18, 16 mm).

Le soluzioni operative equivalenti definite con i calcoli vengono quindi adattate alle condizioni che si riscontrano nelle maniere indicate nella parte B ed E della presente relazione, in modo da ottenere una omogeneità di funzionamento superiore a quella della prima messa in opera.

Calcolo degli ancoraggi

Per il calcolo dinamico sono stati messi a punto due modelli di simulazione comparata dell'urto dinamico tra gli elementi esistenti e quelli sostitutivo per gli ancoraggi e per i manicotti. Dovendo verificare la corrispondenza tra gli ancoraggi al piede esistenti e quelli che li sostituiranno non basta la mera resistenza statica provata con prove di laboratorio.

IL CALCOLO A CARICHI IMPULSIVI

La corrispondenza temporale in fase dinamica va ugualmente dimostrata e per far questo è stato approntato il modello per ottenere il "carico impulsivo" tipico dell'urto dei veicoli in svio, rappresentato schematicamente nella figura che segue dove il carico dinamico viene esperito dal tiro di un veicolo pesante al quale è agganciata una base di elemento prefabbricato conformata con due ancoraggi: uno con la barra filettata e l'altro con il Liebig del crash test.

Il Trattore ricavato da un veicolo H4b, è il modo più semplice e più realistico per applicare un carico dinamico.

Naturalmente la verifica finale "globale" è stata effettuata col crash simulato sulla barriera integrale. (stesa barriera + veicolo impattante a 20° ecc.)

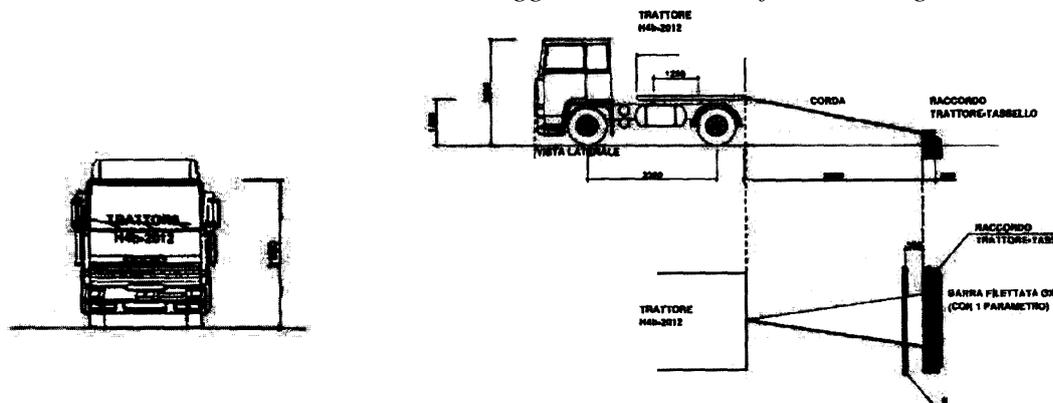
Per quanto riguarda la velocità, in teoria il valore trasversale (quello della prova dinamica col trattore) non deve essere di 66,4 km/h, (cioè quella del veicolo H4b del crash test reale usato per l'omologazione della barriera), ma di $22,7088 \text{ km/h}$, ovvero $66,40 \cdot \sin 20^\circ = 66,40 \cdot 0,342 = 22,7088$.

Il valore teorico della velocità longitudinale dovrebbe essere $62,416 \text{ km/h} = 66,4 \cdot \cos 20^\circ = 66,4 \cdot 0,940$.

Questi valori servirebbero solo per richiamare quelli della prova reale, ma non avrebbero nessun altro significato.

Per arrivare ad un impatto "istantaneo", tipo quello del crash, occorre opportunamente dimensionare la lunghezza della corda: deve essere lunga al punto tale da permettere l'impatto sul tassello alla velocità voluta. L'equivalenza trovata con l'impatto istantaneo descritto risulta migliore di quella trovata tirando semplicemente una corda di lunghezza ridotta.

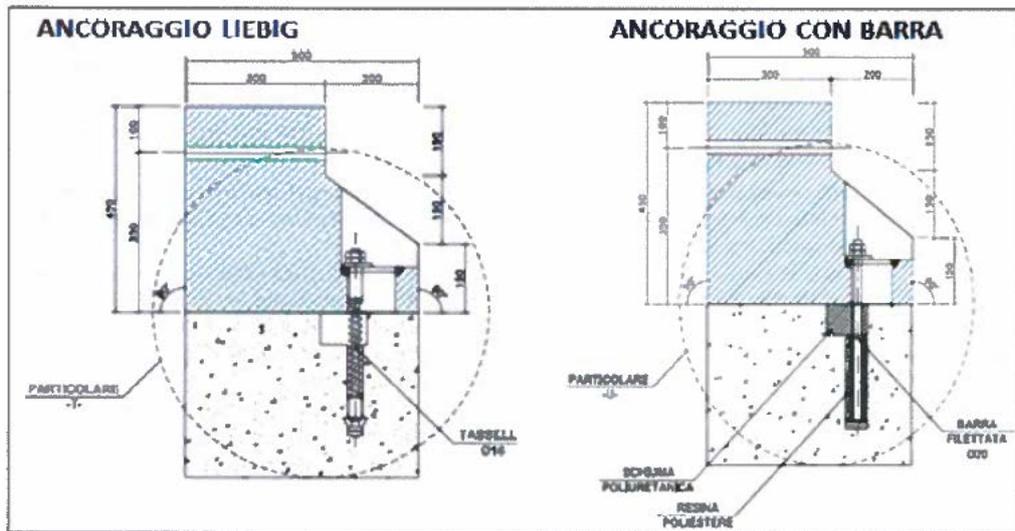
La prova riportata nell'immagine sottostante serve anche per dimensionare correttamente l'ancoraggio con resina poliestere (immagine incollata sotto), senza dover lanciare un crash sulla stesa completa di barriera; se la linea blu sotto l'impulso si sposta mantenendosi parallela a se stessa la resistenza dei due ancoraggi è la stessa ed è fornita con gli stessi tempi.



VEICOLO BASE H4b

La prova è pensata in questo modo anche perché, volendo, si potrebbe facilmente realizzare al vero, magari per evitare il più costoso ricorso al crash integrale ed anche ottenere micro-modelli sempre più vicini al reale.

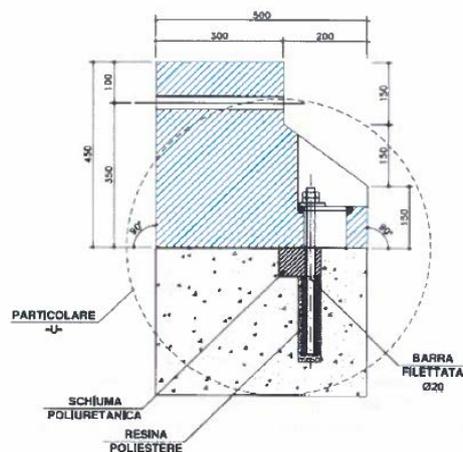
I due ancoraggi da confrontare sono rappresentati affiancati nel seguito



Sono stati modellati tre tipi di ancoraggio AB e C (vedi Tabella) per verificare l'influenza della altezza della camera di espansione presente nel cordolo.

MODELLO VINCOLO	diámetro barra filettata (mm)	lunghezza interazione resina poliester-barra filettata (mm)	altezza camera (mm)	superficie media resina poliester-barra filettata (mm ²)	riduzione superficie resina poliester-barra filettata (%)	riduzione prestazioni rispetto al modello A (%)
A (base)	20	210	100	13195	-	-
B	20	210	70	13195	0%	6%
C	20	195	70	12252	7%	18%

Lo schema dell'ancoraggio alternativo scelto ingrandito è quello a lato.



È interessante notare la differenza di funzionamento portata dall'altezza di detta camera di 100 mm di diametro.

I 10 cm di altezza contro i 7cm, portano a modificare i tempi d'intervento del vincolo.

L'altezza inferiore porta una riduzione di prestazioni (tempi) di circa il 6%.

Occorre comunque un'altezza del foro assolutamente non inferiore ai 7 cm.

La sola altezza di 5 cm porta ad una riduzione di prestazioni di circa l'11%.

Le altezze superiori sono naturalmente tutte positive.

A questo fine è stato effettuato una serie di crash virtuali con altezze di camera diverse.

VERIFICHE DEGLI ANCORAGGI CON CRASH TEST COMPLETO SIMULATO

Il problema è legato al tempo d'intervento dei vincoli sotto l'urto dinamico.

Le barre inghisate nella resina sono più reattive rispetto al Liebig, intervengono quando ancora le energie in gioco sono elevate.

Quindi la barriera può tendere ad impuntarsi e indurre un inizio di rollover (ribaltamento) del veicolo, contrastato dal mancorrente, ma pur sempre potenzialmente riduttivo della azione di contenimento e ridirezione.

Per poter intervenire anche se le altezze risultano inferiori ad 8 o le camere sono ancora più esigue si è ricercata anche una soluzione che riduca la loro importanza².

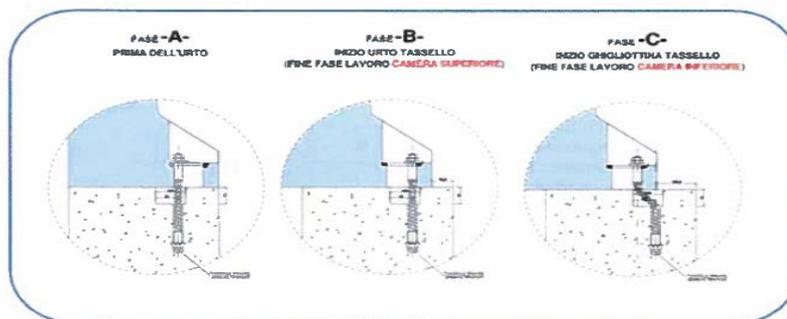
Si è operato allora sulla dimensione delle barre che sostituiscono i Liebig in quanto il loro diametro riduce i tempi di risposta e le rende meno reattive e più simili al Liebig per trovare tempi di reazione analoghi.

L'ulteriore crash test virtuale di confronto è stato fatto usando una barra parametrica, tale cioè da ridurre lo spessore automaticamente se il tempo di risposta è troppo lento rispetto a quello del Liebig: da 20 mm si scende di 5 in 5 mm fino ad arrivare a 15 mm.

È interessante notare la differenza di funzionamento portata dall'altezza del foro di 100mm di diametro sul cordolo. I 10 cm di altezza contro i 7cm, portano a modificare i tempi d'intervento del vincolo. l'altezza inferiore porta una riduzione di prestazioni (tempi) di circa il 6%.

Occorrerebbe comunque un'altezza del foro assolutamente non inferiore ai 7 cm.

La sola altezza di 5 cm porta ad una riduzione di prestazioni di circa l'11%.



² naturalmente come si è detto in premessa la presenza di alcuni ancoraggi con camere ridotte non inficia il comportamento complessivo della barriera

Naturalmente l'equivalenza tra barre e Liebig trovata col carico impulsivo, era definibile come di "primo livello", indispensabile rispetto alla sola "equivalenza statica", ma pur sempre un'equivalenza da verificare coi crash simulati completi (come è stato fatto).

A dire il vero il carico impulsivo aveva evidenziato subito il problema dei diversi tempi di lavoro dei due tipi di vincolo, ma si pensava che una differenza non rilevante non fosse influente sul contenimento.

In realtà il primo crash virtuale (Barra Tipo A e Camera alta 6 cm) ha avuto un esito semi-positivo perché il rimorchio incastrato sulla barriera ha trattenuto il trattore.

Il secondo crash (barra Tipo A e camera alta 7 cm) è filato più liscio però l'ultima instabilità non è rientrata.

Per modificare i tempi d'intervento dei vincoli è stato quello di aumentare la camera d'espansione (portata ad 8 cm di altezza): questo terzo crash ci ha detto che la scelta è valida: il veicolo è stato perfettamente contenuto. Naturalmente se l'altezza è maggiore di 8 cm il comportamento sarà ancora più efficace.

Quindi si conferma che l'altezza della camera deve essere non inferiore a 7 cm.

Naturalmente occorre anche risolvere il caso che si può sempre verificare nelle lavorazioni di manutenzione di camere di altezza ridotta. Per queste ultime, come si è detto, si è ripetuto il calcolo del solo carico impulsivo con barra parametrica

Tra le verifiche di equivalenza effettuate è importante quella dinamica che si ottiene effettuando 2 calcoli con tassello Liebig e con barra filettata, montando un campo di prova dinamica agli elementi finiti ridotto.

L'equivalenza è data dall'equivalenza dei tempi per arrivare alla rottura del tassello e della barra filettata.

Ribadisco che sarebbe più corretto parlare di equivalenza della prova ($v=50\text{km/ora}$) e non dell'ancoraggio tassello/barra (....)

Occorrere modellare il raccordo trattore-tassello e poi montare le due prove. Il raccordo trattore tassello (el. azzurro) in pratica ha sezione simile alla parte inferiore del NJ BP, è in cemento armato, alto 45 cm, largo 50 cm e lungo 70 cm. La corda viene ancorata tramite il foro posto ad altezza 35 cm.

Il calcolo con carico impulsivo, barra parametrica e altezza camera 7cm, sostanzialmente ci restituisce due conclusioni:

- 1) Il diametro $d = 18.8$ copre circa il 65%-7m' del tempo di funzionamento del Liebig (diametro da considerare è il $d = 19.0$: non commerciale).*
- 2) Il diametro $d = 18.2$ copre circa il 46,39% del tempo di funzionamento del Liebig (diametro commerciale $d = 18.0$);*

Il diametro $d = 18.0$ copre circa il 46,21 del tempo di funzionamento del Liebig.

Il 65%-70% è una copertura accettabile. La copertura del 46% non garantisce un crash perfettamente sovrapponibile a quello reale col Liebig .

Con il 46% l'accettabilità è correlata al fatto che questo diametro sia presente solo per pochi ancoraggi.

Altrimenti comunque vanno usati alternativamente ancoraggi M20

Bisogna comunque sottolineare che una riduzione di diametro comporta un incremento dell'altezza del foro (importante soprattutto nei primissimi istanti dell'urto):

D barra tassello (mm)	S _{laterale} mancante [*] (mm ²)	h da sommare a 210mm (mm)	h teorica foro (mm)	h da modello foro (mm)
20	0	0,0	210,0	210,0
19	-660	-11,1	221,1	225,0
18	-1.319	-23,3	233,3	235,0

[*] valore approssimato (senza filettatura)

Quindi in presenza di camere con altezza inferiore agli 8 cm occorrerà usare una barra filettata da 18 mm con foro profondo 23-24 cm invece che 19 - 20 cm .

Permane comunque l'importanza della presenza della camera di espansione ai fini della equivalenza degli ancoraggi, quindi, se i rilievi di stato evidenziano l'assenza o la forte riduzione di dimensioni delle camere, sarà necessario verificare la possibilità di non doverle aggiungere o ampliare effettuando un crash reale di verifica di funzionamento usando barriere uguali a quelle in opera con le dimensioni medie delle camere nei rilievi di stato riscontrate per gli ancoraggi esistenti o addirittura senza camere

Le decisioni vanno prese dopo aver effettuato i rilievi .

I soli calcoli finali effettuati per le soluzioni più significative sono riportati nell'hard disk portatile allegato alla presente relazione (non trasmesso) , in quanto la loro dimensione non ne consente la stampa cartacea.

Studio Anghileri -Domenichini -La torre.

Lo Studio, articolato per paragrafi, si compone in particolare di una premessa cui fanno seguito le impostazioni metodologiche adottate.

Al fine di una migliore comprensione del metodo e dei criteri adottati (norme, formule e coefficienti) se ne riportano alcuni paragrafi precisando che non sono state oggetto di esame le elaborazioni numeriche (peraltro non presenti nella documentazione) né la verifica dei risultati delle citate calcolazioni che dovranno essere eventualmente verificate da altro Organismo accreditato come si dirà nel seguito:

“INDICE

1 PREMESSA	5
2 LA MODALITÀ DI ANCORAGGIO DELLE BARRIERE Nella CONFIGURAZIONI DA CRASH TEST	6
2.1 Barriera NJ in calcestruzzo	6
2.2 Barriera NJ in acciaio	7
3 LA NUOVA MODALITÀ DI ANCORAGGIO	9
4 VERIFICA STRUTTURALE DELLE MODALITÀ DI ANCORAGGIO	11
4.1 Metodologia adottata	11
4.2 Analisi delle azioni	13
4.3 Coefficienti di sicurezza adottati nei calcoli	13
4.4 Analisi della resistenza degli ancoranti.,	14

4.4.1 Resistenza a trazione	14
4.4.2 Resistenza a taglio	16
4.5 Verifica della resistenza degli ancoranti di crash LIEBIG ULTRAPLUS M16 ed M20 (undercut anchors)	17
4.6 Verifica della resistenza dei nuovi ancoranti " inghisati"	18
4.6.1 Installazione con malta tipo EMACO 555	18
4.6.2 Installazione con tassello chimico (per confronto)	22
5 VERIFICA DEL COMPORTAMENTO DELLE BARRIERE SOGGETTE ALL'URTO DI UN VEICOLO PESANTE	23
5.1 Metodologia di analisi	23
5.2 Modelli ad elementi finiti	24
5.2.1 Veicolo da 16000 kg (prova TB61)	24
5.2.2 Veicolo da 38000 kg (prova TB81)	26
5.2.3 Barriera bordo ponte NJ con mancorrente catalogo Blu 1988 (tipo A1)	28
5.2.4 Barriera bordo ponte NJ in calcestruzzo panoramica	32
5.2.5 Barriera bordo ponte NJ in acciaio	37
5.2.6 Modifica del sistema di vincolo con ancoraggi inghisati..	41
5.3 Simulazione della prova con veicolo sui diversi tipi di barriera	42
5.3.1 Prova TB61 su barriera bordo ponte NJ con mancorrente catalogo Blu 1988 (Tipo A1) con ancoraggio come da crash test	42
5.3.2 Prova TB61 su barriera bordo ponte NJ con mancorrente catalogo Blu 1988 (Tipo A1) con ancoraggi inghisati	48
5.3.3 Prova TB61 su barriera bordo ponte NJ in calcestruzzo panoramico "alleggerita" (tipo 82) con ancoraggi come da crash test	53
5.3.4 Prova TB61 su barriera bordo ponte NJ in calcestruzzo panoramico "alleggerita" (tipo 82) con ancoraggi inghisati	60
5.3.5 Prova TB81 su barriera bordo ponte NJ in acciaio (tipo C) con ancoraggi come da crash test	65
5.3.6 Prova TB81 su barriera bordo ponte NJ in acciaio (tipo C) con ancoraggi inghisati	72
5.4 Confronto tra le due modalità di ancoraggio	77
6 ANALISI DELLO STATO DI SOLLECITAZIONE DELLE TASCHE CON ANCORAGGI INGHISATI	79
7 MODALITÀ DI REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO DI SOSTITUZIONE DEGLI ANCORANTI .	82
8 MODALITÀ DI VERIFICA DELLA CORRETTA INSTALLAZIONE IN OPERA DEGLI ANCORANTI	83
9 CONCLUSIONI	83
ALLEGATO 1: PROVE DI TRAZIONE EFFETIUATE SUI TIRAFONDI INGHISATI CON MALTA.	84

“1 PREMESSA

Il presente rapporto concerne la tecnica da adottare negli interventi di manutenzione degli ancoranti al cordolo in calcestruzzo degli elementi di ritenuta con profilo New Jersey (nel seguito barriere NJ), installati sugli impalcati di viadotti e ponti, lungo la rete in gestione alla Società Autostrade per l'Italia (nel seguito ASPI).

Le tipologie di barriere considerate nel presente rapporto sono:

A barriera in calcestruzzo bordo ponte con mancorrente (scheda C.3.1 da Catalogo Ministero LL.PP. del 1988, nel seguito "Catalogo Blu") realizzata:

- A1 con calcestruzzo normale;*
- A2 con calcestruzzo alleggerito;*

B barriera in calcestruzzo bordo ponte "panoramica" (Scheda C.3.3 da Catalogo Ministero LL.PP. del 1992, nel seguito "Catalogo Bianco") realizzata:

- B1 con calcestruzzo normale;*
- B2 con calcestruzzo alleggerito;*

C barriera in acciaio da bordo ponte a profilo NJ.

In tutte queste tipologie di barriere il sistema di ancoraggio adottato nelle prove di crash test è costituito da ancoranti Liebig Ultraplus M16 o M20 classe 8.8 installati in una sede predisposta nel cordolo di coronamento esterno dell'impalcato dell'opera d'arte, che costituisce la cosiddetta "camera di espansione", come meglio descritta nel paragrafo 2.1 e 2.2.

Si tratta di un tipo di ancoraggio sviluppato "ad hoc" alla fine degli anni 80, per rispondere alle esigenze di questi tipi di barriere, la cui produzione è stata poi sospesa, a seguito dell'avvento di nuovi dispositivi di sicurezza che non necessitano di questo tipo di ancoranti, e, pertanto, oggi difficilmente reperibile in tempi brevi sul mercato.

Su richiesta della Società Autostrade per l'Italia si è prevista la sostituzione degli ancoranti originari con la tecnica descritta nel presente documento.

La tecnica è stata messa a punto, calibrata mediante la realizzazione di interventi pilota, finalizzati a definire con precisione le procedure operative, e validata con sistemi di simulazione in realtà virtuale di cui si riferisce nel seguito.

I criteri che hanno guidato la scelta del tipo di intervento sono stati i seguenti:

- l'intervento deve restituire alla barriera la capacità di contenimento originaria (requisito principale per un dispositivo di protezione bordo ponte);*
- trattandosi di un intervento che deve essere eseguito in soggezione di traffico e che può interessare più opere all'interno di una stessa tratta e, complessivamente, all'interno dell'intera rete autostradale in gestione, la tecnica operativa deve risultare estremamente rapida, poco invasiva e realizzabile con criteri industriali su larga scala.*

In considerazione delle similitudini tra i prodotti A1, A2, B1 e B2 le analisi sono state condotte considerando le due configurazioni estreme: la A1 (più pesante e quindi meno deformabile tra le quattro considerate) e la B2 (più leggera e quindi più deformabile tra le quattro considerate).

Una volta simulate le tipologie A1 e B2 il comportamento offerto per le A2 e B1 sarà intermedio tra le due.

La tipologia C risulta completamente diversa ed è stata analizzata come un dispositivo a se stante.

Il presente rapporto riguarda solo gli interventi di manutenzione da effettuare sugli ancoranti e non prende in esame altri tipi di deterioramento del sistema di ritenuta, quali ad esempio il degrado del calcestruzzo dei moduli NJ, in particolare in corrispondenza degli elementi di ancoraggio che, qualora presenti, devono essere tenuti in conto nel definire il tipo di intervento da effettuare in ciascun caso specifico.

2 LA MODALITÀ DI ANCORAGGIO DELLE BARRIERE NELLA CONFIGURAZIONI DA CRASH TEST

2.1 Barriera NJ in calcestruzzo

Nella configurazione originale da crash test la barriera NJ in calcestruzzo (tipi A e B) è vincolata al cordolo di supporto con un sistema di ancoraggio realizzato mediante tirafondi Liebig Ultraplus M16 posti all'interno di un doppio foro da 50 mm di diametro predisposto nel calcestruzzo del cordolo per dare al sistema una deformabilità controllata in direzione laterale con rigidità crescente, come mostrato in Figura 1.

Il tirante è, infatti, libero di deformarsi a taglio/flessione sino a quando il suo gambo non va ad interferire con il bordo del doppio foro. Da questo momento in poi il comportamento dell'ancoraggio è molto più rigido grazie all'appoggio tra il tirante stesso e la parete del foro.

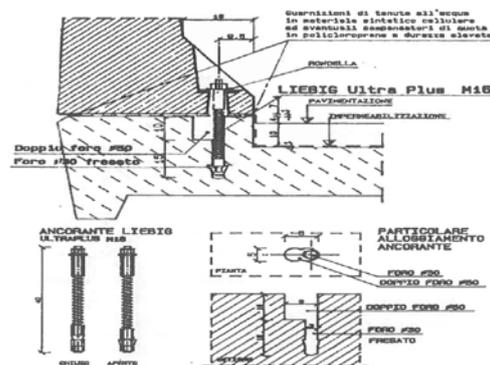


Figura 1: Schema di fissaggio al cordolo (barriere NJ in CLS)

2.2 Barriera NJ in acciaio

L'ancoraggio della barriera NJ in acciaio è sostanzialmente analogo a quello delle barriere in calcestruzzo con una differente conformazione del foro e con un ancorante di tipo Liebig Ultraplus M20 invece che M16, come riportato in Figura 3.

Il principio di funzionamento è analogo a quello della barriera in calcestruzzo,

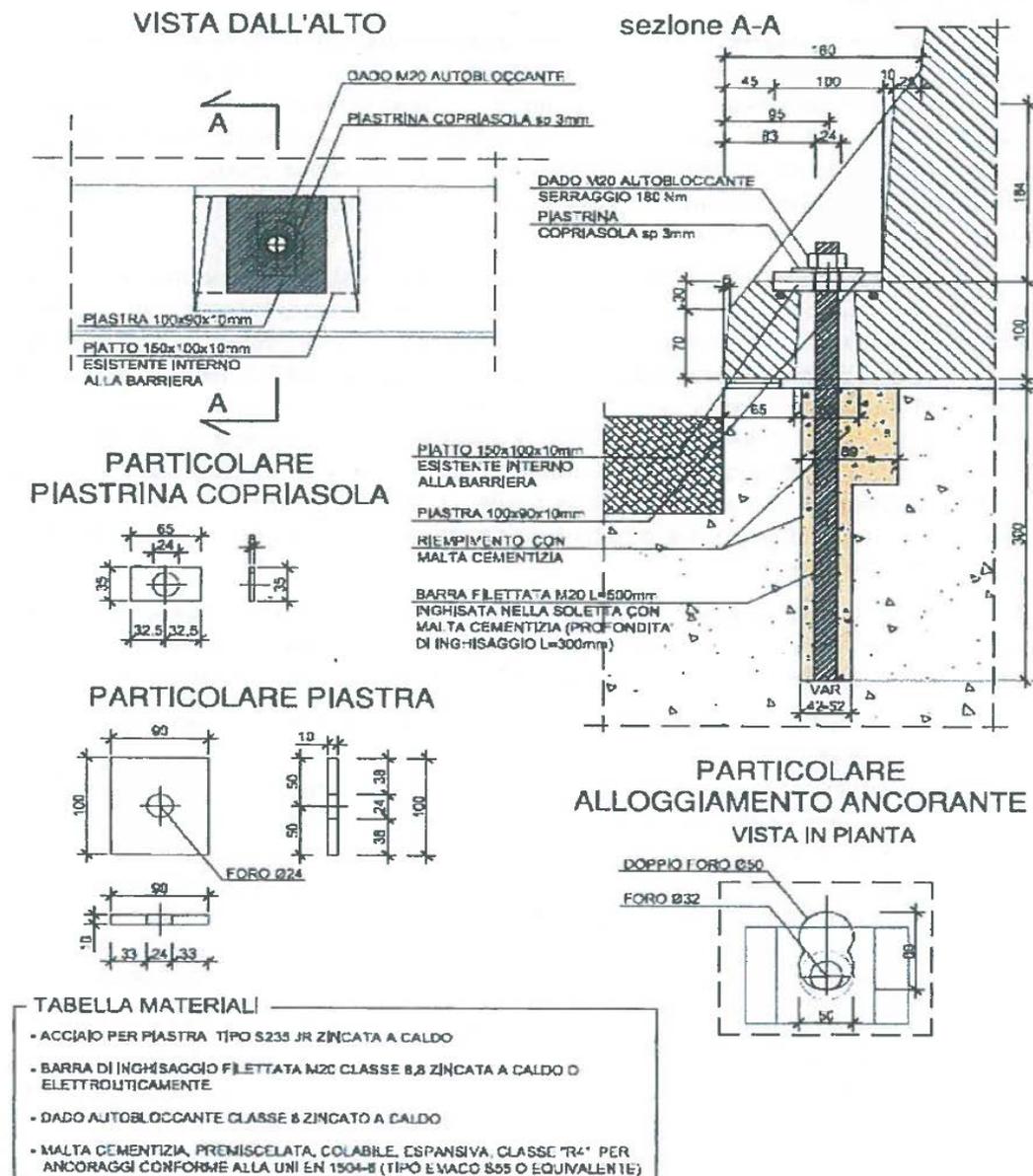


Figura 3: Dettaglio della realizzazione delle nuove modalità di ancoraggio (esempio per le barriere NJ in CLS).

Per consentire l'asportazione del vecchio ancorante Liebig Ultra Plus M16 ammalorato, il diametro della carotatura della sede dell'ancorante esistente deve essere dell'ordine di 42 - 52 mm (Figura 3).

Ciò impone, preventivamente alla installazione del nuovo ancorante, la necessità di riempire il foro eseguito mediante una malta cementizia con la quale, tra l'altro, è previsto anche intasare la "camera di espansione" superiore al fine di controllare meglio i fenomeni corrosivi che si possono verificare in presenza della "camera di espansione" vuota.

In considerazione di quanto sopra, la scelta progettuale per realizzare le condizioni di "inghisaglio" dei nuovi ancoranti è stata quella di inserire questi ultimi direttamente nella malta fluida di intasamento del foro e della "camera di espansione", e di utilizzare una malta cementizia di tipo espansivo (del tipo EMACO 5550 o similari) in grado di offrire condizioni di

aderenza acciaio-malta espansiva-calcestruzzo esistente paragonabili a quelle offerte dai tasselli chimici utilizzati per l'ancoraggio delle barriere bordo ponte moderne, sia di tipo metallico che in calcestruzzo.

Il nuovo sistema di ancoraggio messo a punto realizza in sostanza la condizione di vincolo delle più moderne barriere in calcestruzzo da bordo ponte, prodotte dalla Abesca a partire dal 2005 e dotate di marcatura CE. Il sistema di ancoraggio di queste ultime, infatti, è stato modificato, rispetto alla soluzione da "Catalogo Blu", prevedendo ancoranti chimici "inghisati" nel cordolo in c.a. dell'opera d'arte. Per quanto riguarda gli altri elementi compositivi della NJ dotata di marcatura CE, la forma e le dimensioni dell'elemento di base in calcestruzzo risultano uguali al modello "Catalogo Blu", mentre il mancorrente metallico superiore ha una rigidezza ridotta. L'ammissibilità e l'efficacia delle nuove modalità di ancoraggio della barriera NJ da Catalogo Blu risulta pertanto già indirettamente dimostrata.

Analoga considerazione vale per la barriera NJ in acciaio che, nelle nuove configurazioni marcate CE (si veda, ad esempio, la barriera NJ in acciaio modello CUBE della Marcegaglia), prevede l'impiego di tasselli inghisati senza camera di espansione.

La minor deformabilità del dispositivo indotta dal nuovo sistema di ancoraggio può avere effetti su due aspetti:

–l'indice ASI: la configurazione più critica è certamente quella relativa alla configurazione Al che risulta la più pesante. Per questa barriera il fatto che nelle prove di crash con veicolo leggero (T811) della barriera certificata CE il veicolo di prova abbia interagito solo con la base in calcestruzzo del dispositivo, che è rimasta invariata rispetto a quella della NJ da Catalogo Blu (tipo Al), consente di assumere i risultati di questa prova come rappresentativi anche del comportamento della barriera NJ da Catalogo Blu con ancoranti "inghisati":

–la capacità di contenimento: la minor deformabilità della barriera sotto l'urto del veicolo TB61 (tipico delle prove di crash per la certificazione delle barriere in classe H3, per le NJ in CLS) o T881 (per la classe H4 con cui è testata la NJ in acciaio) potrebbe indurre un incrementato effetto ribaltante nel mezzo rispetto a quanto verificato nelle originarie prove di crash o la rottura degli elementi costituenti la barriera.

Per quest'ultimo motivo, e cioè allo scopo di verificare l'eventuale influenza della modifica del sistema di ancoraggio sulla capacità di contenimento della barriera NJ da bordo ponte con ancoranti "inghisati", sono state effettuate le simulazioni numeriche descritte nel Capitolo 5.

L'installazione standard prevede l'impiego di un ancorante avente una profondità di infissione di progetto di 300 mm con un diametro di 20 mm; ciò richiede uno spessore utile del calcestruzzo in cui inghisare il tassello di $300 + 2 \times 20 = 340$ mm. ????

Dovendo gli ancoranti essere installati in cordoli di opere d'arte esistenti, è possibile che, in alcuni casi in cui sono presenti le barriere NJ in calcestruzzo che hanno gli ancoranti con profondità di infissione minore³ la profondità di infissione di 300 mm sia prossima alle dimensioni fisiche del cordolo, con il rischio di rotture per "splittng" già in fase di installazione.

³ il foro per l'installazione dell'ancorante M20 nel NJ in acciaio è già di 290 mm.

Tutte le verifiche sono state pertanto effettuate anche per la condizione fuori standard che prevede una profondità di infissione ridotta degli ancoranti pari a 250 mm (profondità del foro dell'ancorante originario Liebig Ultra Plus M16 delle barriere NJ in CLS).

Tale modalità di installazione deve essere utilizzata solo in casi particolari e solo per le barriere in CLS.

Le modalità di realizzazione dell'intervento sulle barriere NJ in acciaio sono sostanzialmente analoghe essendo differente solo la conformazione originaria del foro.

4 VERIFICA STRUTTURALE DELLE MODALITÀ DI ANCORAGGIO

4.1 Metodologia adottata

La verifica dell'idoneità delle nuove modalità di ancoraggio proposte è stata effettuata mediante un criterio di "equivalenza prestazionale", verificando che la trazione ed il taglio resistenti massimi dell'ancorante da installare in sito siano almeno pari alla trazione ed al taglio resistenti massimi del sistema di ancoraggio impiegato nelle prove di crash cui sono state sottoposte le diverse barriere.

Per la caratterizzazione del sistema di ancoraggio di crash sono state adottate le procedure previste dal metodo di calcolo redatto dall'Istituto Europeo per le omologazioni "E.O.T.A." (European Organisation for Technical Approvals), denominato "ETAG 001: Guideline for European Technical Approvals of Metal Anchors for use in Concrete, Annex C: Design Methods for Anchorages":2010.

Nell'ambito di tale documento si è in particolare fatto riferimento al metodo di calcolo "A": il più completo.

La procedura dell'E.O.T.A. consente di individuare la resistenza caratteristica dell'ancorante (singolo o inserito in un gruppo di ancoranti) nei confronti delle sollecitazioni di trazione e di taglio, considerando differenti ipotesi di rottura lato acciaio o lato calcestruzzo. La verifica è effettuata secondo il metodo degli stati limite, conformemente alle raccomandazioni del D.M. 18.1.2008. Nel caso In esame è stata considerata la verifica agli stati limite ultimi.

La modalità di installazione di crash è stata analizzata considerando quanto previsto per gli "undercut anchors" (Figura 4) dall'ETAG001-Part Three "UNDERCUT ANCHORS":2013.

Per la verifica della nuova modalità di installazione, realizzata con malte dotate di marcatura CE come prodotti per l'ancoraggio di armature in acciaio ai sensi della EN 1504-6:

"Prodotti e sistemi per la protezione e la riparazione delle strutture di calcestruzzo - Definizioni, requisiti, controllo di qualità e valutazione della conformità - Parte 6: Ancoraggio dell'armatura di acciaio"

ma non di benessere tecnico ETA, si è reso necessario distinguere le diverse modalità di possibile rottura a trazione:

N1. rottura conica del calcestruzzo;

N2. rottura per sfilamento dell'ancorante dalla malta;

N3. rottura per sfilamento della malta dal supporto in calcestruzzo e rottura superficiale del calcestruzzo (combined pull-out and concrete cone failure);

N4. resistenza alla frantumazione superficiale del calcestruzzo sotto carico;

N5. rottura per trazione della barra di acciaio.

Le modalità di rottura N2, ed N5 sono state verificate secondo quanto previsto dal combinato del D.M. 18.1.2008 e dell'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1:2005) per il taglio e per lo sfilamento dell'ancorante [pull-out].

Per modalità di rottura N1, N3 ed N4, per le quali il D.M. 18.1.2008 non fornisce indicazioni, il calcolo è stato effettuato secondo la procedura prevista dall'ETAG dall'ETAG001-Part Five "BONDED ANCHORS": 2013, tenendo conto delle indicazioni del Technical Report EOTA N. 029:2010 "Design of Bonded Anchors" specificata mente riferito al progetto degli ancoranti inghisati.

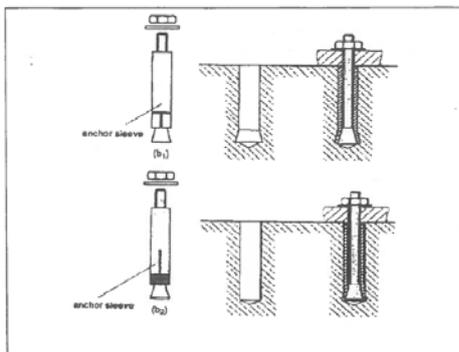


Figura 4: ancoranti da crash ("undercut anchors")

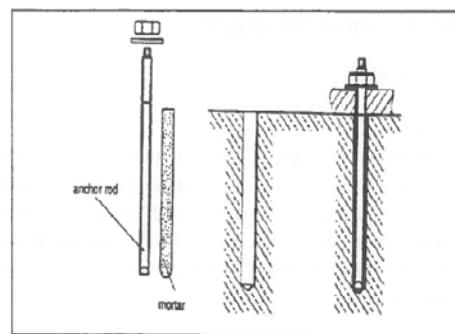


Figura 5: ancoranti impiegati nella nuova modalità di installazione ("bonded anchors")

In considerazione del fatto che per la modalità N2 la verifica della soluzione con malta è necessariamente fatta con metodologie diverse da quelle adottate per il sistema di crash, si è ritenuto opportuno integrare la verifica con il calcolo relativo ad un sistema funzionalmente analogo a quello proposto ma in cui il legante è costituito da un prodotto chimico (nello specifico è stato adottato come riferimento l'HILTI – RES00 (ETA-04/0027)) al fine di dimostrare che, anche a parità di metodo di calcolo, il sistema con ancoranti "inghisati" risulta prestazionalmente superiore a quello meccanico di crash.

La verifica al taglio è stata effettuata facendo riferimento alle modalità di calcolo ETAG in quanto la verifica è indipendente dalla capacità di adesione del legante all'ancorante o al calcestruzzo di supporto, unico elemento che distingue il funzionamento della malta rispetto all'agente chimico.

4.2 Analisi delle azioni

Dall'analisi dei risultati delle prove di crash si osserva che, pur avvenendo l'urto con un angolo di 2.0° rispetto alla direzione della strada, per effetto della ridotta azione di attrito tra veicolo e barriera la deformazione della barriera è essenzialmente ortogonale alla strada ed è quindi possibile considerare una azione sollecitante la struttura ortogonale alla direzione di marcia.

Alla luce del modello di sollecitazione proposto, gli ancoranti risultano sollecitati contemporaneamente sia a trazione che a taglio.

4.3 Coefficienti di sicurezza adottati nei calcoli

La scelta del coefficiente di sicurezza non è particolarmente determinante nel caso in esame in quanto viene effettuata un'analisi di tipo "comparativo".

Nel caso in esame sono stati adottati I coefficienti di sicurezza previsti dal D.M. 18.1.2.008 ed in particolare:

γ

$$\gamma_c \text{ (coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo)} = 1.5$$

$$\gamma_{M2} \text{ (coefficiente parziale di sicurezza per la verifica dei bulloni)} = 1.25$$

4.4 Analisi della resistenza degli ancoranti

4.4.1 Resistenza a trazione

Resistenza allo sfilamento dell'ancorante dal legante.

La modalità di rottura per sfilamento dal legante è tipica solo dei tasselli con inghisaggio realizzato con malta. la resistenza allo sfilamento dal legante viene verificata facendo riferimento a quanto previsto dal D.M. 18.1.2008 e dall'Eurocodice 2, definendo il valore di tensione di aderenza al contatto tra ancorante e malta (f_{bel}) sulla base dei risultati delle prove di trazione per flessione effettuate sulla malta mediante correlazioni fornite dallo stesso D.M. 18.1.2008.

Resistenza a rottura conica del calcestruzzo (Concrete Cotte Failure)-

La verifica prevede il calcolo della resistenza caratteristica a trazione per un ancorante isolato (N° R_k, CI funzione della profondità di inflessione dell'ancorante e della resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo), moltiplicata per una serie di coefficienti correttivi che tengono conto di:

- incremento di dimensioni della superficie del cono di rottura dovuto alla eventuale presenza di altri ancoranti in adiacenza ed alla eventuale presenza di un bordo in adiacenza all'ancorante stesso ($A_{c,N/A^{\circ}c,N}$);
- distanza dell'ancorante dal bordo (Ψ_s, N);
- eventuale presenza di armatura ($\Psi_{re, N}$);
- eventuale eccentricità del carico ($\Psi_{ec, N}$).

In tal modo si ottiene il valore di resistenza a trazione dell'intero sistema di ancoraggio. I coefficienti di riferimento Scr, N e Ccr, N (rispettivamente l'interasse di riferimento tra i tira fondi e la distanza di riferimento tra il tirafondo esterno ed il bordo esterno del supporto in c.a.) dipendono dallo specifico tirafondo adottato. Per i tasselli meccanici i valori di Scr, N e Ccr, N sono dati nel benestare ETA mentre per i tasselli inghisati i valori di Scr, N e Cu, N sono assunti rispettivamente pari a 3 volte la profondità di infissione dell'ancorante (h_{eff}) ed 1.5 volte h_{eff} indipendentemente dal legante adottato, come previsto dal TR 029 dell'ETAG.

Il coefficiente di armatura ($\Psi_{re, N}$) è sempre stato assunto pari ad 1 ritenendo che ogni cordolo rispetti le condizioni massime di armatura indicate dall'ETAG per l'adozione di tale

valore (armatura con interdistanza ~ 150 mm di qualsiasi diametro, o con una interdistanza 2:100 per armatura con diametro $S \geq 10$ mm).

Il coefficiente di eccentricità del carico $(\psi_{ec,N})$ viene fissato in funzione della distribuzione geometrica degli ancoranti e della direzione delle azioni. Nel caso in esame, con azioni applicate ortogonalmente all'allineamento degli ancoranti il metodo ETAG prevede di considerare resistenti i soli ancoranti interni con una ripartizione uniforme del carico tra gli stessi e con coefficiente di eccentricità del carico pari a 1.

Resistenza allo sfilamento dal calcestruzzo {Pull-out Failure} -

Il valore di resistenza a pull-out ($N_{RK,p}$) per gli ancoranti meccanici di tipo "undercut" è dato nel benestare ETA dello specifico ancorante utilizzato.

Per ottenere il valore di progetto N_{sd} occorre dividere il valore caratteristico per il coefficiente di sicurezza, assunto pari a 1.5.

Per i tasselli inghisati (bonded anchors) non è prevista la rottura solo a sfilamento ma la rottura composita a "pull-out" dovuta allo sfilamento del legante dal foro ed alla rottura superficiale del calcestruzzo.

Resistenza allo sfilamento del legante con rottura superficiale del calcestruzzo (combined pull-out and concrete cone failure)

Per i tasselli inghisati con resine chimiche dotati di benestare ETA il valore di tensione di aderenza (f_{RK}) per diverse modalità di realizzazione del foro e diverse temperature di esercizio è fornito direttamente nel benestare ETA.

A partire da questo valore si ottiene la resistenza di un ancorante isolato in un supporto indefinito ($N^{\circ}_{RK,p}$) da correggere per tener conto degli effetti di bordo e delle altre condizioni locali con gli stessi criteri applicati per il calcolo della rottura conica del calcestruzzo. Al posto di Scr,N e Ccr,N vengono utilizzati i valori Scr,N_p e Ccr,N_p definiti dal TR029 in funzione del valore di tensione di aderenza caratteristica (f_{RK}).

Poiché il calcolo è effettuato considerando i coefficienti di sicurezza previsti dal D.M. 18.1.2008 il valore di tensione di aderenza di progetto (f_{bd}) è stato assunto pari a quello caratteristico (f_{RK}) diviso per γ_s 1.5.

Per i tasselli inghisati con malte dotate di marcatura CE ai sensi della EN 1504-6, non dotati di benestare ETA, non è disponibile il valore di (f_{RK}).

La verifica è stata condotta andando a definire il valore di tensione aderenza al contatto tra malta e calcestruzzo sulla base di prove sperimentali dirette o indirette tenendo anche conto delle indicazioni contenute nel D.M. 18.1.2008 e nell'Eurocodice 2.

Resistenza alla frantumazione superficiale del calcestruzzo sotto carico (Load Splitting Failure)

Questa verifica risulta concettualmente analoga a quella relativa alla rottura conica, salvo l'adozione dei parametri di riferimento ssr,sp e ccr,sp al posto di Scr,N e Ccr,N' Se i valori di

ssr,Sp e ccr,Sp sono uguali ai valori di Scr,N e Ccr,N e lo spessore del cordolo è maggiore del minimo, questa verifica è sempre meno cautelativa della verifica a rottura conica del calcestruzzo. Non essendo disponibili i valori di ssr,Sp e ccr,sp per i tasselli inghlsati con malta, la verifica è stata effettuata considerando un tassello analogo a quello previsto nell'intervento di cui trattasi ma ancorato con il legante chimico preso a riferimento (HILTI- RE500).

Resistenza a trazione dell'acciaio (Steel failure) -

La resistenza caratteristica dell'acciaio a trazione è definita secondo il metodo di calcolo del D.M. 18.1.2008.

Resistenza alla frantumazione superficiale del calcestruzzo (Installation Splitting Fatture].

Questa verifica si ritiene soddisfatta se sono garantite le condizioni minime di installazione in termini di distanza minima dal bordo ed interasse minimo tra gli ancoranti (ove applicabile).”

Segue quindi una dettagliata esposizione della costruzione dei modelli sulla base dei disegni descrittivi delle barriere NJ esaminate e la verifica delle prestazioni a valle del cambio degli ancoraggi.

Tutto ciò doverosamente richiamato la Sezione ritiene di precisare che la Normativa vigente non tratta in maniera specifica la casistica in esame significando che il riferimento normativo ritenuto di maggiore attualità è rinvenibile, oltre che nelle Norme tecniche 2008 e più precisamente al contenuto del Cap. 11 relativo alla qualificazione dei prodotti con valenza strutturale, anche nella Appendice A e successiva Appendice B della specifica Norma 1317-5 dove è analizzato il caso di eventuali “ *Modifica dei VRS sottoposti a prova di conformità alla EN 1317 -1-2-3-4* “.

In detto documento – di seguito riportato - sono trattati i possibili casi di modifica ai VRS, sono altresì analizzate le possibili fattispecie e viene tracciata la relativa procedura di valutazione di conformità:

“ *APPENDICE A (normativa)*

MODIFICA DEI VRS SOTTOPOSTI A PROVA IN CONFORMITÀ ALLA EN 1317-1, EN 1317-2, EN 1317-3 O ENV 1317-4

A.1 Generalità

La presente appendice fornisce le regole per la valutazione di conformità relativamente alle parti 1, 2, 3 e 4 di un VRS approvato che è stato modificato, e i metodi utilizzati per dimostrare in che misura la modifica ha cambiato le prestazioni del prodotto.

Nota: Dopo le prove iniziali di tipo, i VRS possono essere modificati in base a nuove tecnologie e conoscenze che permettano di migliorarli e di modificarne i componenti.

In alcuni casi, come specificato nei punti A.4 e A.5, un VRS può essere valutato attraverso un numero ridotto di prove d'urto, oppure calcoli, simulazioni al computer o semplici prove di carico.

A.2 VRS modificato

Un VRS modificato è un VRS precedentemente conforme al presente documento, che è stato modificato per quanto riguarda i materiali, il progetto o le dimensioni, in modo che ne possa alterare le caratteristiche che sono soggette ai requisiti nel presente documento.

Nota

Il punto 6.2.1.5 della presente parte indica i requisiti per la valutazione degli effetti delle modifiche.

A.3 Tipi di modifiche

I tipi di modifiche devono essere classificati in conformità al prospetto A.1.

Prospetto A.1. Categorie delle modifiche

<i>Categoria</i>	<i>Modifica</i>	<i>Descrizione</i>
<i>A</i>	<i>Lieve</i>	<i>Modifiche che non richiedono cambiamenti di tipo meccanico del VRS</i>
<i>B</i>	<i>Moderata</i>	<i>Modifiche di uno o più componenti i cui effetti sulle prestazioni del VRS possono essere determinati attraverso analisi statiche o dinamiche o altri mezzi appropriati</i>
<i>C</i>	<i>Significativa</i>	<i>Modifiche di entità superiore ad A o B</i>

A.4 Informazioni tecniche richieste

A seconda della categoria della modifica, il fabbricante deve fornire le seguenti informazioni in conformità al prospetto A.2.

Prospetto A.2 Informazioni tecniche

<i>Categoria</i>	<i>Informazione</i>
<i>A</i>	<i>Descrizione della modifica proposta</i>
<i>B</i>	<i>Rapporto scritto da parte di un progettista qualificato (ingegnere professionista a), con la prova e/o i metodi utilizzati, compresi le specifiche del prodotto, i calcoli e/o i risultati di prova confrontati con i valori originali</i>
<i>C</i>	<i>Prova d'urto in conformità al punto A.5</i>
<i>a)</i>	<i>Qualifica di ingegnere strutturista riconosciuta dall'istituzione accademica competente o legge dello Stato, nello Stato membro dell'EEA</i>

A.5 Matrice di prova ridotta per la categoria C

A.5.1 Generalità

Quando un cambiamento richiede prove d'urto aggiuntive, il numero di prove può essere ridotto rispetto alla matrice originale della EN 1317-2, EN 1317-3 o ENV 1317-4, nei casi seguenti.

A.5.2 Barriera Longitudinale o transizione

La barriera deve essere considerata conforme ai requisiti del presente documento senza necessità di eseguire la prova TB 11, a condizione che la barriera modificata abbia superato la prova TB 32 o una prova di Livello superiore, in conformità alla ITT, e purché siano soddisfatte le condizioni seguenti:

–Non siano state apportate modifiche alla geometria esterna (Lato rivolto verso il traffico), in particolare la posizione dei componenti principali e le loro dimensioni, che possano modificare l'interazione con gli altri componenti o con il veicolo leggero.

–Nel caso di una barriera con una sola lama longitudinale, la deflessione dinamica normalizzata 21, derivata dalla prova sul livello di contenimento del prodotto modificato, deve differire di non oltre +20% e -10% dalla deflessione dinamica normalizzata determinata con lo stesso livello di prestazioni e nelle stesse condizioni delle ITT originali.

–Nel caso di barriere con più di una lama, la modifica non deve riguardare le lame che sono a contatto con l'automobile durante la prova TB11 e la deflessione dinamica normalizzata⁴ derivata dalla prova sul livello di contenimento del prodotto modificato, deve differire di non oltre +20% e -10% dalla deflessione dinamica normalizzata determinata con lo stesso livello di prestazioni e nelle stesse condizioni delle ITI originali.

–Nel caso in cui alcuni dei componenti modificati siano soggetti a cedimento controllato, deve essere dimostrato che il comportamento con il veicolo leggero non è compromesso.

A.5.3 Attenuatore d'urto

.....

A.5.4 Terminale

.....

Un ultimo paragrafo della Norma EN 1317 -5 è dedicato alla possibilità di utilizzare gli avanzati strumenti di calcolo offerti dai moderni calcolatori per pervenire ad una analisi computazionale mediante modelli agli elementi finiti e tale opportunità è evidentemente posta alla base dello studio elaborato dai citati professori finalizzato alla dimostrazione di invarianza di prestazione delle barriere NJ a valle della sostituzione degli ancoraggi Liebig con barre filettate inghisate nel cordolo.

A.6 Meccanica computazionale

Nota. La meccanica computazionale, o simulazione al calcolatore, e in particolare quei codici che utilizzano modelli a elementi finiti per i veicoli e i VRS, sono strumenti di progettazione potenti e in rapida evoluzione.

In alcuni casi, il comportamento di un prodotto modificato può essere valutato modificando un modello che è stato convalidato attraverso le ITT originali.

⁴ La definizione è reperibile nel Punto 3.5 della En 13 17-2 2010.

Questo può essere particolarmente utile nella valutazione dei casi che possono non richiedere necessariamente prove d'urto aggiuntive, o come fonte di ulteriori informazioni quando è stato ridotto il numero delle prove.

Questo procedimento richiede che il modello sia validato riproducendo la condizione della prova d'urto effettiva con una buona conformità.

Per tutti i calcoli eseguiti utilizzando modelli informatici, dovrebbe essere fornita la conferma di una terza parte indipendente.

APPENDICE B (informativa)

ELENCO DI ESEMPI DI CASI DI POSSIBILI MODIFICHE AI REQUISITI DEI PUNTI 4,5 e 6

Questo elenco è indicativo e non completo.

Barriere

Categoria A

- *Una barriera è riverniciata.*
- *Una barriera di calcestruzzo prefabbricata è provvista di rinforzo aggiuntivo per ragioni di produzione.*

Categoria B

- *Una barriera di metallo è stata originariamente sottoposta a prova con terminali degradanti e successivamente è stato modificato il trattamento alle estremità mantenendo lo stesso ancoraggio.*
- *Cambiamento del tipo di bulloni di ancoraggio in una barriera metallica, dove i bulloni non sono progettati per snervarsi.*
- *Aumento della lunghezza della lama di una barriera metallica.*
- *Riduzione della lunghezza tra gli ancoraggi in una barriera a cavi.*

Categoria C

- *Sostituzione dei giunti tra gli elementi di una barriera di calcestruzzo prefabbricata.*
- *Modifica del tipo o della qualità del metallo di una barriera metallica.*
- *Cambiamento del tipo di bulloni in una barriera metallica, dove i bulloni sono progettati per snervarsi.*

Attenuatori d'urto

Al riguardo e con riferimento alla possibilità offerta dalla norma di fare ricorso a tecniche computazionali per avere conferma del comportamento di eventuali modifiche ad dispositivi di ritenuta la Sezione ritiene che, dalla lettura dell'intera normativa di riferimento e dei citati paragrafi della EN 1317-5, emerge che detta analisi è da ritenersi applicabile nei casi in cui debba essere documentato il comportamento di una barriera che sia stata modificata rispetto alla originaria conformazione per consentire adattamenti locali in fase di installazione e non già quale strumento sostitutivo del processo di valutazione dal vero di questi dispositivi che come

noto, per la complessità strutturale dei dispositivi e dei veicoli impattanti, il tipo di urto e la dinamica particolare è espressamente basato su prove dal vero codificate in apposita normativa.

Non a caso nello studio dell'ing. Camomilla viene ripetutamente affermato che i risultati sono da ritenersi sufficienti per il caso di ripristini locali e che debbano invece essere eseguite ulteriori verifiche mediante test dal vero ogni qual volta si intervenga su tratti significativi di barriera (*“Questa verifica al vero con il dispositivo dotato delle parti messe a punto con i calcoli che seguono, che sancisce definitivamente la validità delle soluzioni adottate, è comunque consigliata qualora il numero di sostituzioni necessari dopo verifica operativa descritta nei documenti E risulti di entità elevata”*).

Tanto premesso a precisazione dei limiti di applicabilità di detto metodo va detto che le citate norme di qualificazione di detti sistemi vanno, in particolare lette in combinato disposto con le vigenti Norme tecniche e con il particolare status del “Sistema di ritenuta dei veicoli” che poiché costituito da più elementi tra loro interdipendenti, come noto, fornisce un ben determinato livello prestazionale solo in presenza di identiche riproposizioni, significando che, anche piccole variazioni nella produzione dei diversi componenti o nella loro installazione, possono incidere sul livello di contenimento e quindi risultare più o meno conformi sotto il profilo strutturale, piuttosto che sulle decelerazioni ed il reinstradamento del veicolo in svio con ripercussioni sugli occupanti del veicolo impattante e sui veicoli limitrofi e senza trascurare i diversi spazi di lavoro ovvero la dimensione degli spazi retrobarriera necessari a garantire la normale estroffessione dei moduli.

E' quindi evidente che l'analisi computazionale dovrebbe, in un qualche modo, dimostrare l'invarianza di tutti questi indici per poter dare certezza di conservazione degli originarie prestazioni in termini di sicurezza e salvaguardia mentre invece entrambi gli Studi, sebbene con approcci diversi, hanno avuto ad obiettivo la dimostrazione del permanere, nei sistemi modificati, del solo Requisito 1 - resistenza strutturale, ovvero della conferma della originaria capacità di contenimento dei VRS analizzati.

Tale comune approccio, non ha quindi avuto riguardo per le altrettanto preminenti valutazioni circa la duttilità del sistema di ritenuta veicolare nel senso che non vengono sufficientemente analizzati e confrontati i nuovi valori dell'indice ASI, riscontrabili con i dispositivi modificati, con i valori noti delle *“barriere originali”* oggetto di modellazione, ne hanno analizzato l'insieme di parametri indicati dalla norma per la valutazione dei crash test.

Tale carenza, seppur mitigata da alcune analisi dello studio dell'ing. Camomilla, appare particolarmente critica ove si porti attenzione al dettato della Norma su richiamata, relativa alle procedure di accertamento della conformità dei dispositivi modificati, che reca plurime indicazioni circa la necessità di valutare il comportamento mediante prove aggiuntive di tipo TB 11 per il caso di modifiche di Categoria C – primo e terzo alinea- (*Sostituzione dei giunti tra gli elementi di una barriera di calcestruzzo prefabbricata. - Cambiamento del tipo di bulloni in una barriera metallica, dove i bulloni sono progettati per snervarsi*) e per quanto previsto al punto:

A.5.2 Barriera Longitudinale o transizione

La barriera deve essere considerata conforme ai requisiti del presente documento senza necessità di eseguire la prova TB 11, a condizione che la barriera modificata abbia superato la

prova TB 32 o una prova di Livello superiore, in conformità alla ITT, e purché siano soddisfatte le condizioni seguenti:

- *Non siano state apportate modifiche alla geometria esterna (Lato rivolto verso il traffico), in particolare la posizione dei componenti principali e le loro dimensioni, che possano modificare l'interazione con gli altri componenti o con il veicolo leggero.*
- *Nel caso di una barriera con una sola lama longitudinale, la deflessione dinamica normalizzata 21, derivata dalla prova sul livello di contenimento del prodotto modificato, deve differire di non oltre +20% e -10% dalla deflessione dinamica normalizzata determinata con lo stesso livello di prestazioni e nelle stesse condizioni delle ITT originali.*
- *Nel caso di barriere con più di una lama, la modifica non deve riguardare le lame che sono a contatto con l'automobile durante la prova TB11 e la deflessione dinamica normalizzata derivata dalla prova sul livello di contenimento del prodotto modificato, deve differire di non oltre +20% e -10% dalla deflessione dinamica normalizzata determinata con lo stesso livello di prestazioni e nelle stesse condizioni delle ITI originali.*
- *Nel caso in cui alcuni dei componenti modificati siano soggetti a cedimento controllato, deve essere dimostrato che il comportamento con il veicolo leggero non è compromesso.*

Le su richiamate cautele assumono particolare valenza ove si consideri che di alcune barriere esaminate, si conoscono i valori di ASI THIV e VCDI già prossimi ai valori max. accettabili .

E' quindi del tutto evidente che una rivisitazione del sistema di ancoraggio al cordolo con un sistema che impedisce o comunque limita fortemente l'iniziale traslazione del modulo in CLS, con trasferimento di quote di energia cinetica dal veicolo alla barriera, è un elemento di particolare criticità per l'incolumità degli occupanti di un veicolo leggero in svio, aspetto che va tenuto nella dovuta considerazione anche in termini probabilistici di accadimento certamente dipendenti dalla maggior percentuale di veicolo leggeri rispetto ai veicoli pesanti.

Non da meno atteso che tali sistemi di ritenuta sono particolarmente diffusi sulla rete viaria nazionale, una generica valutazione di sostanziale equivalenza delle barriere modificate con quelle originariamente installate, assume una sua particolare criticità ove si consideri che le barriere così revisionate presenterebbero un *Livello di severità* dell'urto ben più alto di quello garantito dalle barriere originariamente installate.

Detto innalzamento con passaggio dei valori di ASI oltre il limite di 1,4 e sino al valore di 1,9 è consentito dalle Norme vigenti ma solo per particolari punti della tratta viaria caratterizzati da specifiche esigenze di contenimento e per il caso che non sia diversamente conseguibile.

Una valutazione positiva delle modifiche proposte ottenuto senza un compiuto esame dei nuovi e diversi valori degli Indici su indicati che, come noto, qualificano la cedevolezza e plasticità della barriera e quindi "misurano" gli effetti degli urti sulle persone, renderebbe possibile l'applicazione dei nuovi ancoraggi su tutte le barriere NJ attualmente installate con la conseguenza di un probabile indiscriminato e dannoso adeguamento di una grande parte dei sistemi di ritenuta bordo ponte attualmente presenti sulla rete autostradale e statale italiana.

Su tali aspetti lo studio dell'ing. Camomilla, si sofferma in modo più dettagliato analizzando il :

“Funzionamento in caso della assenza della camera di espansione

Se la camera di espansione non è presente perché non praticata nel cordolo o è di dimensioni ridotte, la sua funzione è in parte compensata dalla camera S presente nella parte inferiore del manufatto New jersey.

In assenza di deformazioni plastiche vediamo il comportamento al limite del dispositivo: l'urto delle vetture(urto leggero) in assenza di spostamento diviene del tipo "elastico" descritto nella figura che segue



Urto "elastico": di autovettura: la barriera non cede ed il veicolo rimbalza con un angolo di uscita uguale (caso limite) o molto simile a quello di entrata. Eventuale riduzione dovuta alla deformazione della vettura.

Questo fatto può incrementare di uno o due decimi - in maniera accettabile, il valore dell'ASI⁵ (Acceleration Severity Index) della vettura; questo eventuale aumento è però compensato dal rinvio legato alla forma del muretto New Jersey.

E prevenendo alla conclusione che :

La corrispondenza deve essere verificata sia per le resistenze dell'ancoraggio, come fanno banalmente alcuni manutentori, ma anche e soprattutto, per i tempi con cui queste resistenze si esplicano: variazioni in più o in meno possono cambiare il modo con cui si manifestano le resistenze, con possibile alterazione nel contenimento e nella ridirezione: si deve ottenere una analogia tempo-strutturale

Vedremo meglio la questione nella parte dedicata ai calcoli dinamici dove è stata valutata l'influenza, nel caso delle manutenzioni, delle dimensioni della camera e delle resistenze dei nuovi elementi di ancoraggio.

Tale criticità è invece solo incidentalmente analizzata nello Studio degli ing. Anghileri Domenichini e La Torre dove è trattata a pag. 10 nei termini seguenti :

“La minor deformabilità del dispositivo indotta dal nuovo sistema di ancoraggio può avere effetti su due aspetti:

–l'indice ASI: la configurazione più critica è certamente quella relativa alla configurazione A1 che risulta la più pesante. Per questa barriera il fatto che nelle prove di crash con veicolo leggero (TB11) della barriera certificata CE il veicolo di prova abbia interagito solo con la base in calcestruzzo del dispositivo, che è rimasta invariata rispetto a quella della NJ da

⁵ Il valore di ASI è ammissibile fino a 1,9

Catalogo Blu (tipo A1), consente di assumere i risultati di questa prova come rappresentativi anche del comportamento della barriera NJ da Catalogo Blu con ancoranti "inghisati":

–la capacità di contenimento: la minor deformabilità della barriera sotto l'urto del veicolo TB61 (tipico delle prove di crash per la certificazione delle barriere in classe H3, per le NJ in CLS) o TB81 (per la classe H4 con cui è testata la NJ in acciaio) potrebbe indurre un incrementato effetto ribaltante nel mezzo rispetto a quanto verificato nelle originarie prove di crash o la rottura degli elementi costituenti la barriera.

Su dette ultime considerazioni va evidenziata una certa contraddittorietà tra la prima che, dopo aver evidenziato una criticità per l'indice ASI, ne risolve l'analisi con una semplice affermazione del tutto priva di elementi a sostegno e anzi palesemente in contraddizione con la certa maggiore rigidità ovvero con la dichiarata *“La minor deformabilità del dispositivo indotta dal nuovo sistema di ancoraggio”*, circostanza quest'ultima che non può che tradursi in un aumento della decelerazione per il veicolo leggero impattante e quindi con un valore di ASI credibilmente superiore al valore registrato nelle prove di Crash e, come paventato dagli stessi studiosi, ad un incremento dell'effetto ribaltante nel mezzo in svio.

In tal senso va stigmatizzato la totale assenza nel modello utilizzato, di computazioni e quindi di raffronti dei valori di detto parametro.

Parimenti le affermazioni contenute a pag. 10 dello studio :

Il nuovo sistema di ancoraggio messo a punto realizza in sostanza la condizione di vincolo delle più moderne barriere in calcestruzzo da bordo ponte, prodotte dalla Abesca a partire dal 2005 e dotate di marcatura CE. Il sistema di ancoraggio di queste ultime, infatti, è stato modificato, rispetto alla soluzione da *“Catalogo Blu”*, prevedendo ancoranti chimici *“inghisati”* nel cordolo in c.a. dell'opera d'arte. Per quanto riguarda gli altri elementi compositivi della NJ dotata di marcatura CE, la forma e le dimensioni dell'elemento di base in calcestruzzo risultano uguali al modello *“Catalogo Blu”*, mentre il mancorrente metallico superiore ha una rigidità ridotta. L'ammissibilità e l'efficacia delle nuove modalità di ancoraggio della barriera NJ da Catalogo Blu risulta pertanto già indirettamente dimostrata.

Analoga considerazione vale per la barriera NJ in acciaio che, nelle nuove configurazioni marcate CE (si veda, ad esempio, la barriera NJ in acciaio modello CUBE della Marcegaglia), prevede l'impiego di tasselli inghisati senza camera di espansione.

non possono essere condivise neanche in quota parte dovendosi fare riferimento esclusivo ai risultati di ogni singola verifica con prove dal vero nel senso che per le valutazioni dei VRS sono necessarie prove dal vero sullo specifico dispositivo così come progettato e montato e non sono associabili - trasferibili i risultati di un Test fatto su un dispositivo ad un'altra barriera seppure simile.

In particolare nel caso della barriera NJ metallica non è indicato quale scheda del catalogo è stata utilizzata e una verifica del Catalogo Blu trasmesso non evidenzia la presenza di alcuna Barriera NJ in acciaio per bordo ponte.

Per l'elaborazione del modello da tarare dovrebbe essere stata utilizzata una scheda descrittiva del dispositivo che sembra riferibile al modello *“Autostrade”* Tipo E (Par. 5.2.5 dello Studio) così come in altra parte (paragrafo 5.3.5 dello Studio pag. 65) si cita una prova TB81 dichiaratamente effettuata nel 1999 ma non meglio indicata che avrebbe restituito valori di

larghezza operativa e deflessione dinamica poi riportati nella successiva Tabella 6 di pag. 67 di confronto tra risultati del Crash e simulazione dove però manca il valore della larghezza di intrusione del veicolo della prova.

Si dichiara inoltre che gli ancoraggi al cordolo sono come per le NJ CLS ma nel Diametro di 20 mm.

Per tale tipologia di barriera (NJ in acciaio) nello studio si fanno invece ripetuti riferimenti ad una Barriera Marcegaglia denominata CUBE che presenta, sin dalla sua progettazione, gli ancoraggi realizzati a mezzo di barre Dywidag.

Su tale ultimo riferimento di prodotto non può non evidenziarsi che la V Sezione del C.S. LL.PP. ha ripetutamente analizzato il comportamento della citata barriera ed ha espresso nei pareri n. 287/05 del 19.1.2006 e n. 34/2007 la non valutabilità della richiesta di omologazione sulla base delle modalità di esecuzione delle prove effettuate su detto dispositivo e dei relativi risultati valutati non conformi alla normativa 1317-2.

In tal senso la Sezione evidenzia che tale approccio metodologico non è consentito dalle norme vigenti e non è neanche condivisibile anche solo a livello di conforto confermativo nel senso che non risulta possibile l'uso, anche solo parziale, di dati e/o risultati di una prova dal vero per analizzare e tarare ovvero confrontare i risultati di una simulazione su un altro dispositivo.

Non da meno e con riferimento alla parte dove sono state analizzate le possibili modalità di installazione su cordoli di ridotto spessore e/o larghezza e con posizionamenti diversi da quelle utilizzate nelle prove dal vero appare utile richiamare, per quanto applicabile, il contenuto della circolare della D.G.S.S. prot. 62032 del 21/07/2010 avente a oggetto *”Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali”*

ed in particolare il *Paragrafo 7* relativo all'adattamento dei dispositivi alla sede stradale dove sono individuate le metodiche da osservare per il caso di installazioni su cordoli con *“dimensioni e/o caratteristiche meccaniche diverse rispetto a quelle di prova“* ed in particolare le previsioni di cui all'art 6 del D.M. 2004 che prescrivono la necessità di dimostrare, caso per caso ovvero *“con disegni specifici esecutivi e relazioni di calcolo e sotto la propria responsabilità che le dette dimensioni caratteristiche meccaniche e / o differenti posizionamenti della barriera garantiscono condizioni di funzionamento sostanzialmente analoghe a quelle delle prove di crash.”*

Al riguardo la Sezione evidenzia che poiché le operazioni di manutenzione e ripristino della funzionalità delle Barriere di sicurezza di tipo NY sono fortemente influenzate da numerosi fattori (tipologia di dispositivo, anno di prima installazione, livello di esposizione ad agenti corrosivi, geometria della superficie di appoggio, stato dei dispositivi di protezione dei giunti, spessori dei cordoli, ammaloramenti delle solette, spazio di lavoro retrostante la barriera, specifiche di installazione contenute nei certificati di omologazione ecc.) non si possa pervenire ad una univoca valutazione circa la possibilità di utilizzo di barre filettate anche di lunghezza e dimensioni diverse rispetto allo standard progettuale e che debba sempre necessariamente farsi riferimento in particolare al citato Art. 6 del D.M. 2004 e senza tralasciare quanto previsto dall'Art 5 del citato DM 2004 :

“ alla fine della posa in opera dei dispositivi, dovrà essere effettuata una verifica in contraddittorio da parte della ditta installatrice, nella persona del suo responsabile tecnico, e da parte del committente, nella persona del Direttore dei lavori, anche in riferimento ai materiali costituenti il dispositivo. Tale verifica dovrà risultare da un certificato di corretta posa in opera sottoscritto dalle parti”.

Detta prescrizione normativa comporta, come noto, che il Direttore dei lavori accerti la conformità del prodotto con quanto dichiarato nella dichiarazione rilasciata dal produttore del dispositivo e con le relative modalità di installazione con quanto indicato nel progetto della installazione stessa.

Da ultimo va ricordato che la conformità di un prodotto ad una particolare Norma è attestata mediante una dichiarazione di conformità emessa dal produttore ed a seguito di una omologazione/certificazione del dispositivo, pertanto una eventuale modifica dello stesso è possibile solo su iniziativa dello stesso produttore che, in funzione delle modifiche proposte deve fornire una serie di documenti (Prospetto A” Appendice A della Norma 1317 -5.) predisposti da tecnici qualificati e validati da un organismo abilitato e quindi acquisire una nuova valutazione positiva del dispositivo.

Ne consegue che una modifica unilaterale di un dispositivo già omologato o certificato da parte dell'utilizzatore committente dovrebbe essere integralmente oggetto di specifica autonoma progettazione utile a dimostrare l'integrale soddisfacimento delle Norme applicabili.

Tutto quanto sopra esposto e motivato la Sezione è del

Parere

che entrambi gli studi non risultano pienamente aderenti alle prescrizioni di cui alla norma EN1317-5 e non risulti quindi sufficientemente documentata la sostanziale equivalenza di prestazioni tra il dispositivo modificato e quello dotato di qualificazione con particolare riferimento al caso di urto di un veicolo leggero ai sensi della specifica norma En 1317-2. Con riferimento alla maggiore rigidità indotta nel sistema barriera dai nuovi vincoli al cordolo, non risulta sufficientemente analizzata l'interazione dei nuovi vincoli con il sottostante cordolo e la tendenza al ribaltamento del veicolo pesante; le valutazioni finali circa le dimensioni minime da adottare per i dispositivi di collegamento modificati, risultano, nei due studi, in evidente disaccordo.

Ai sensi della vigente normativa la modifica dei dispositivi omologati/ certificati e quindi la modifica degli originali ancoraggi Liebig con il ricorso a barre filettate inghisate nel cordolo e con la contestuale eliminazione della tasca inferiore, deve promuovere ed essere opportunamente documentata dal produttore delle barriere.