

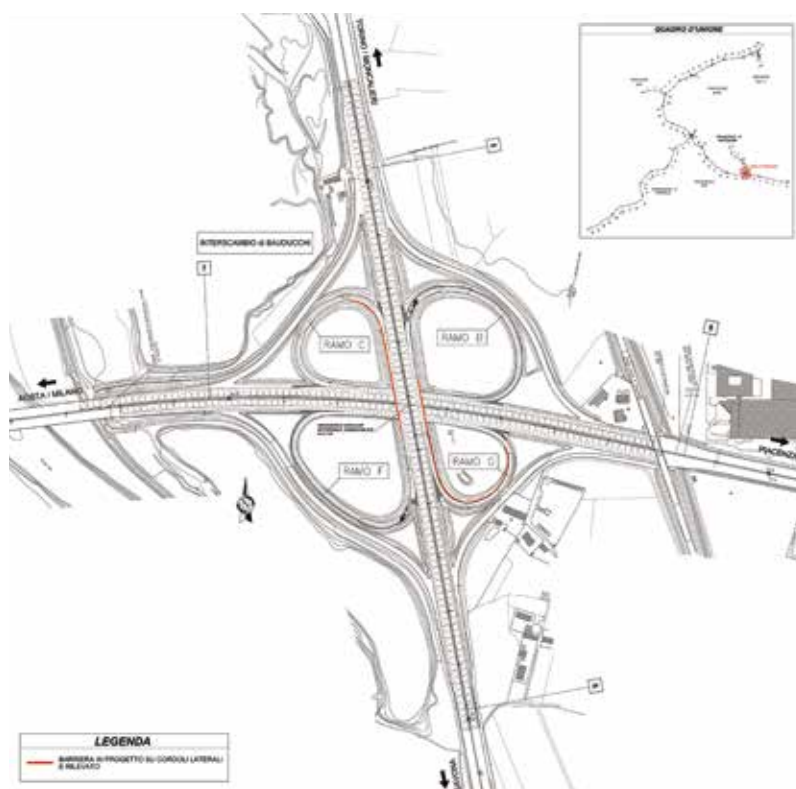
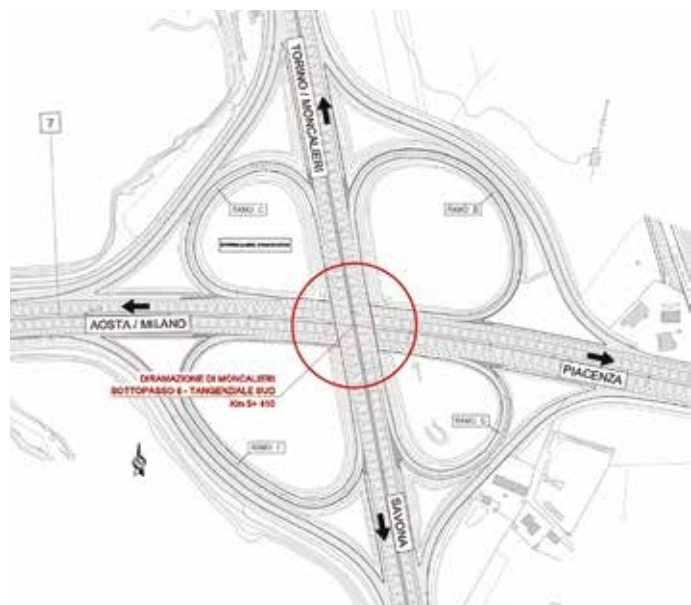


# PROVE DINAMICHE E S.C.R.E.W.S. SULLA TANGENZIALE SUD DI TORINO

**UN CASO REALE DI VERIFICA DELLA CORRETTA INSTALLAZIONE DELLE BARRIERE STRADALI**

La rete autostradale in concessione ad ATIVA SpA è costituita da un sistema autostradale di fondamentale importanza per lo svolgimento della viabilità locale, nazionale e internazionale. La rete è infatti composta dalla Autostrada Tangenziale di Torino (SATT) che, oltre a svolgere un collegamento tra i comuni limitrofi e l'agglomerato urbano torinese, rappresenta un nodo essenziale nell'ambito dell'itinerario internazionale. Quest'ultimo, attraverso il Traforo del Fréjus, unisce l'Est e l'Ovest europeo a Sud della catena alpina (Corridoio 5).

L'Autostrada Torino-Pinerolo rappresenta un importante collegamento per le valli del Pellice e del Chisone e delle stazioni turistiche del comprensorio del Sestrièr. Fanno parte della rete anche l'Autostrada A5 Torino-Ivrea-Quincinetto, compreso il raccordo A5/SS 11 e l'Autostrada A4-5 Ivrea-Santhià, che costituiscono parte di un asse di grande comunicazione inter-



1A e 1B. L'inquadramento dell'intervento

nazionale transalpina che collega il Nord-Ovest della penisola italiana al Centro-Nord del continente europeo, attraverso la Valle d'Aosta, il traforo del Monte Bianco e il traforo del Gran San Bernardo.

L'intera rete è stata realizzata tra la fine degli anni Cinquanta e gli anni Sessanta. L'autostrada, le opere d'arte e le protezioni laterali, quindi, sono state progettate e realizzate nel rispetto della Legislazione tecnica allora vigente e in considerazione della tipologia e della consistenza di traffico dell'epoca, per cui l'intera rete è sottoposta a interventi di ammodernamento e di adeguamento al fine di migliorare gli standard di sicurezza e la fluidità del traffico.

### GLI ASPETTI GENERALI DELL'INTERVENTO

L'intervento di adeguamento delle protezioni laterali del Sottopasso 6 sulla Tangenziale Sud di Torino (p.k. 5+410), del raccordo autostradale per Moncalieri e dei tratti in rilevato di approccio all'opera, rientra nell'ottica di un adeguamento della infrastruttura, al fine di migliorarne i livelli di sicurezza dell'infrastruttura, in relazione alle mutate condizioni del traffico e al rispetto della mutata Legislazione.

L'intervento in progetto ha previsto l'installazione di nuove barriere di sicurezza e la rimozione e la sostituzione dei dispositivi esistenti, laddove presenti.

È stata prevista l'installazione di una barriera bordo ponte, di classe H4-W6, integrata con rete parasassi su entrambi i cordoli laterali dell'opera d'arte. Verranno poi adeguati i tratti posti sui cigli laterali delle opposte carreggiate in corrispondenza dei rami di svincolo con la Tangenziale Sud, in particolare sulla corsia di accelerazione in direzione Torino (ramo G) e sulla corsia di decelerazione in direzione Savona (ramo C).

Nei tratti in approccio al sottovia in corrispondenza dei muri d'ala, in accordo con il D.M. 21 Giugno 2004, che prescrive di adottare una barriera di pari classe di contenimento (o ridotta - H3 nel caso di affiancamento a barriere bordo ponte di classe H4) garantendo inoltre la continuità strutturale, la barriera H4 bordo ponte si raccorderà alle estremità con una barriera H3

bordo rilevato con pali infissi (classe A e  $V_i \leq 2,60$  m), a sua volta raccordata con una barriera H2 bordo rilevato con pali infissi (classe A  $V_i \leq 1,40$  m), opportunamente raccordata ai sicurvia esistenti bordo rilevato con pali infissi.

Su entrambe le carreggiate, sia in direzione Torino che in direzione Savona, a valle dell'opera d'arte l'installazione della nuova barriera H3 avrà un percorso limitato in quanto a pochi metri di distanza si collegherà, con opportuna transizione, alla barriera esistente di classe H2 di recente posa. Nei tratti precedenti al sottovia, invece, la nuova barriera H3 avrà uno sviluppo maggiore in quanto con questo intervento di adeguamento si intende proteggere i pali d'illuminazione presenti a margine del rilevato. La lunghezza di barriera da installare oltre all'ostacolo da proteggere sarà di circa 60 m o comunque non meno di 2/3 della lunghezza di funzionamento della barriera proposta.

### IL PROBLEMA DELLA CORRETTA INSTALLAZIONE SU RILEVATO E L'INTERAZIONE PALO/TERRENO

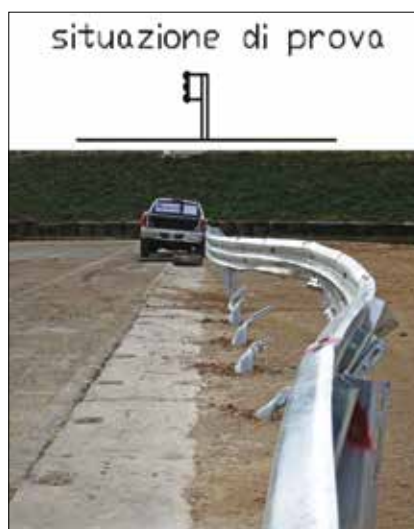
L'adeguamento e l'installazione delle barriere di sicurezza su bordo rilevato sono stati preceduti da una importante campagna di prove finalizzate alla determinazione delle caratteristiche meccaniche del terreno nell'ottica di valutare l'interazione palo/terreno e garantire il corretto funzionamento della barriera di sicurezza in situ in caso di urto. Le prove effettuate sono state di tipo dinamico, realizzate mediante impattatore dinamico T.H.O.R. e hanno permesso la determinazione del comportamento palo terreno in caso d'urto.

L'importanza della caratterizzazione del terreno è legata al fatto che, durante la prova di crash, al variare dei veicoli e delle condizioni di urto, il terreno non varia nonostante risulti evidente che il comportamento della barriera sia fortemente dipendente dalle caratteristiche meccaniche del terreno di infissione. In particolare, il loro buon funzionamento è legato alla capacità di tenuta del terreno ed alla possibilità da parte della barriera di trasferire al terreno le sollecitazioni dinamiche prodotte dall'impatto.

Ovviamente l'interazione palo/terreno ottenuta in sede di crash test è molto difficile da riottenere nelle installazioni in situ dove generalmente il terreno, rispetto a quello del campo prove, presenta caratteristiche e geometria differenti.

I terreni, infatti, nella maggior parte dei casi sono poco compattati, coperti da strati vegetali, dilavati dall'acqua piovana e con forme e geometria differenti da quelle del campo prove (presenza di arginello).

Appare allora evidente che i terreni di installazione non saranno in grado di fornire le stesse caratteristiche di quelli presenti nei centri prova e la minore resistenza del terreno reale, rispetto alla condizione di prova, ha come effetto complessivo una maggiore deformabilità della barriera, la quale potrebbe portare ad una minore capacità di contenimento e, quindi, a prestazioni inferiori a quelle con le quali sono state certificate dall'Organismo notificato.



**2A e 2B.** Il comportamento di una barriera in caso di impatto nel campo prove (2A) e in situ (2B)

### LE PROVE DINAMICHE CON DISPOSITIVO T.H.O.R. PER LA CARATTERIZZAZIONE DEL TERRENO

Al fine di evitare le problematiche sopra esposte e per garantire il corretto funzionamento di una barriera di sicurezza, è necessario registrare in sito un comportamento compatibile con quello preventivamente ottenuto in campo prove. L'impattatore dinamico T.H.O.R. (Testing Head Over Road), studiato e sviluppato da AISICO Srl, è un veicolo mobile in grado di testare dinamicamente l'interazione dei pali delle barriere stradali con il terreno nei quale gli stessi sono installati. Ai fini della valutazione dell'affidabilità dei terreni di supporto e le loro caratteristiche meccaniche nello svincolo della A55, prima della installazione delle barriere su rilevato, ATIVA SpA ha deciso di effettuare, nel Giugno 2018, un lavoro di ispezione e indagine in collaborazione con AISICO Srl. L'intervento è consistito nella verifica mediante l'impattatore dinamico sopra descritto sui pali dei dispositivi di ritenuta stradale della corretta installazione del sistema nel bordo laterale della strada.

La scelta di effettuare delle prove di tipo dinamico è legata al fatto che questa metodologia è stata ritenuta l'unica in grado di tener conto delle inerzie e degli effetti legati alla velocità di deformazione. Risulta quindi essere più rappresentativa delle reali condizioni di impatto alle quali una barriera è sottoposta in caso di fuoriuscita stradale di un veicolo a differenza delle prove di tipo statico, che risultano lente, imprecise e non sufficienti a verificare il reale comportamento del sistema.

La verifica della "resistenza" del terreno di infissione è stata effettuata mediante un confronto tra il comportamento del palo durante l'urto nelle condizioni reali ed in quelle ideali. Tale confronto è stato fatto in termini di capacità di dissipazione dell'energia proveniente dall'urto definita con una formula matematica funzione dell'a-

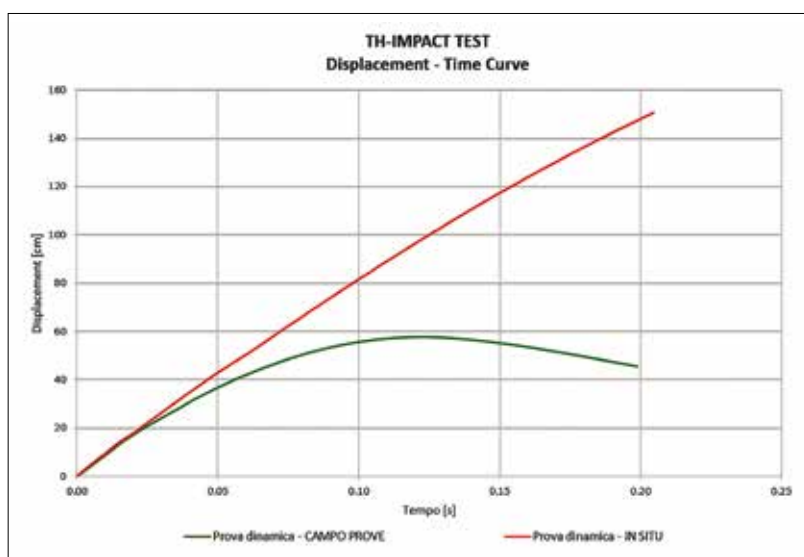


3. L'impattatore dinamico T.H.O.R. all'opera

rea sottesa alla curva spostamento-tempo calcolata fino al suo punto di massimo spostamento.

I test effettuati in sito (in rosso nel grafico) mostrano che il sistema installato in quelle condizioni ha una perdita di resistenza pari circa all'80% rispetto a quello che si era ottenuto precedentemente nel terreno ideale del campo prove (in verde nel grafico).

La campagna di prove dinamiche ha quindi evidenziato un'adeguatezza del terreno d'infissione e la necessità di adottare ulteriori interventi ausiliari tesi a garantire il corretto comportamento della barriera prescelta per evitare conseguenze drammatiche in caso d'urto.



4. Le curve di confronto tra spostamento e tempo

### LA SOLUZIONE ADOTTATA S.C.RE.W.S.

Per risolvere il problema sopra descritto, ossia la mancanza di corrispondenza tra il comportamento di una barriera installata a bordo strada e la stessa testata nel laboratorio di prova mediante una prova di crash, è stato scelto di installare un sistema denominato S.C.Re.W.S. (Save Crash Reinforcing Weak Soils)



5. Un crash test sulla barriera oggetto dell'intervento



**6A e 6B.** La calibrazione del terreno del campo prove mediante prove dinamiche e simulazioni



**8A e 8B.** La calibrazione del terreno in situ mediante prove dinamiche e simulazioni

ideato, progettato, testato e brevettato dalla società TSL Engineering Srl. Si tratta di un ancoraggio meccanico vincolato al paletto all'altezza del piano campagna, in grado di aggrapparsi al sottofondo stradale e permettere al montante di piegarsi in caso di urto plasticizzandosi all'altezza desiderata da progetto (come da crash-test).

Il sistema è stato ritenuto idoneo a garantire un corretto funzionamento del guard-rail sulla tratta esaminata e per verificare la sua effettiva efficienza sono state effettuate ulteriori prove dinamiche e simulazioni numeriche.

Il dimensionamento del corretto dispositivo, infatti, è stato effettuato attraverso le seguenti azioni successive. La barriera utilizzata sul tratto stradale in esame, a seguito della prova di crash test, è stata testata dinamicamente. Le prove dinamiche sono state utilizzate per caratterizzare il terreno e calibrarlo attraverso delle simulazioni.

Il terreno di installazione in situ è stato quindi testato con il medesimo impattatore dinamico. Inserendo all'interno dei modelli numerici i risultati delle prove dinamiche effettuate è stata analizzata la risposta dinamica dell'intera barriera installata nelle sue condizioni reali a bordo strada.

Una volta effettuato il corretto dimensionamento del dispositivo di ancoraggio sono state effettuate ulteriori prove dinamiche in situ e simulazioni con il dispositivo S.C.Re.W.S. installato.

Le prove dinamiche e le simulazioni meccaniche effettuate hanno permesso di individuare il dispositivo idoneo alla particolare configurazione di terreno presente sullo svincolo analizzato in grado di garantire una resistenza sufficiente al sistema palo/terreno per poter reindirizzare i veicoli in svio.

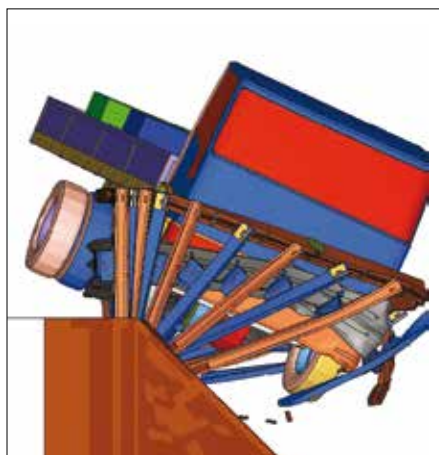
Il confronto in termini di curve spostamento-tempo è riportato in Figura 12 e mostra come la curva ottenuta a seguito dell'installazione del dispositivo S.C.Re.W.S. (in colore azzurro) sia comparabile con quella preventivamente ottenuta in campo prove.



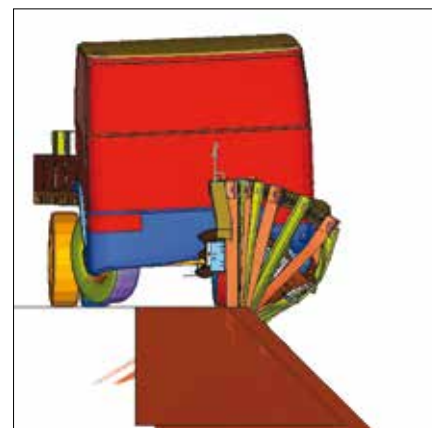
**10A e 10B.** La calibrazione del terreno in situ con S.C.Re.W.S. mediante prove dinamiche e simulazioni



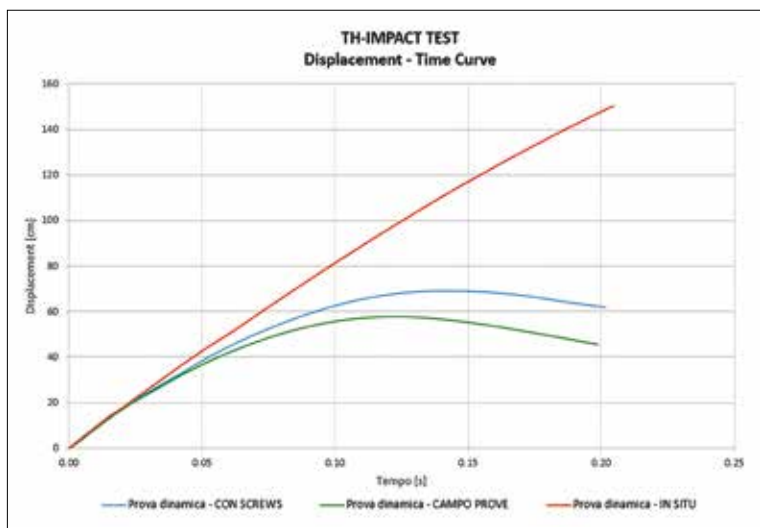
**7.** La simulazione del crash test con il terreno del campo prove



**9.** La simulazione del crash test con il terreno di installazione presente in situ



**11.** La simulazione del crash test con il terreno di installazione presente in situ e S.C.Re.W.S.



12. Le curve di confronto tra spostamento e tempo

### L'INSTALLAZIONE DI S.C.RE.W.S.

Il sistema correttamente testato e dimensionato è stato quindi installato sull'intero svincolo della A55 analizzato. La soluzione idonea è risultata essere quella a vite con due eliche saldate fissata al montante del guardrail mediante una cravatta di collegamento come mostrato in Figura 13.

La fase d'installazione è risultata veloce, semplice e di minimo impatto per gli utenti della strada poiché l'intervento è stato effettuato senza la necessità di bloccare il traffico e senza la necessità di rimuovere la barriera precedentemente installata. Il sistema di ancoraggio è stato inserito nel terreno attraverso l'utilizzo di una slitta dotata di una testa a trivella in grado di garantire l'infissione mediante rotazione favorendo una penetrazione senza dover sforzare sulla vite stessa. Una cravatta di collegamento viene utilizzata per il suo fissaggio al fine di creare un vincolo al montante.

### CONCLUSIONI

La realizzazione di una campagna di prove dinamiche è stata fondamentale ai fini dell'individuazione delle zone nelle quali è risultato necessario intervenire a causa delle scarse caratteristiche meccaniche del terreno di supporto. Il sistema adottato per le zone individuate (S.C.Re.W.S.) ha permesso la messa in sicurezza del tratto con un risparmio in termini di tempi e costi rispetto ai tradizionali metodi di intervento che consistono nella realizzazione di un supporto più consistente.

La validità di questo intervento è stata verificata attraverso prove di impatto T.H.O.R. in data 12 Giugno



13. Lo S.C.Re.W.S. installato nel tratto in esame

2018; il comportamento del montante con il sistema ausiliario è stato ritenuto confrontabile al comportamento del medesimo montante in fase di crash test.

Al termine del processo il Responsabile Tecnico della ditta installatrice ha dichiarato che le barriere sono state installate secondo la buona norma e in conformità alle indicazioni e prescrizioni del manuale d'istruzione per il montaggio redatto dal produttore delle barriere e alle indicazioni contenute nei rapporti di prova.

Il progetto, comprendente anche il collaudo, è stato realizzato in accordo con il Direttore dei Lavori, Ing. Petrali Roberto, il Direttore Operativo, Geom. Di Mascio Giancarlo, e il Referente Ativa Engineering Barriere di Sicurezza, Ing. Palmisano Vitantonio. ■

<sup>(1)</sup> Ingegnere, Responsabile Nuove Tecnologie di Aisico Srl

<sup>(2)</sup> Ingegnere, Responsabile Commerciale di TSL Engineering

<sup>(3)</sup> Ingegnere, Direttore Tecnico di Ativa Engineering



14. Una fase di Installazione di S.C.Re.W.S



15. Un dettaglio del montante della cravatta di fissaggio dello S.C.Re.W.S.