

Barriere di sicurezza su rilevato: dalla norma UNI/TR 11785 alla modellazione numerica

Original

Barriere di sicurezza su rilevato: dalla norma UNI/TR 11785 alla modellazione numerica / Chiappinelli, G.. - In: LE STRADE. - ISSN 0373-2916. - marzo:(2026), pp. 108-113.

Availability:

This version is available at: 11583/3013150 since: 2026-07-15T15:12:37Z

Publisher:

LeStrade

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)



Strumenti di verifica

Barriere di sicurezza su rilevato: dalla norma UNI/TR 11785 alla modellazione numerica

Il comportamento di una barriera non dipende soltanto dal tipo di barriera installata e dal livello di contenimento, ma anche dal modo in cui il paletto interagisce con il terreno in cui è infisso

Giuseppe Chiappinelli
Professore associato
presso il DIATI - PoliT0

Macchine&Attrezzature

Garantire l'efficacia delle barriere di sicurezza stradali è un obiettivo fondamentale per la protezione degli utenti della strada. Questo aspetto assume particolare rilevanza quando i dispositivi vengono installati lungo i bordi dei rilevati, dove la stratigrafia del terreno e le condizioni di posa possono compromettere la capacità del sistema di trattenere un veicolo in caso di urto. Il comportamento di una barriera non dipende infatti soltanto dal tipo di barriera installata e dal livello di contenimento, ma anche dal modo in cui il paletto interagisce con il terreno in cui è infisso.

Negli ultimi anni, la comunità tecnica e gli operatori del settore hanno riconosciuto la necessità di definire procedure uniformi per valutare la compatibilità tra terreno e dispositivo di ritenuta. Da questa esigenza nasce il rapporto tecnico UNI/TR 11785:2020, che descrive le metodologie di prova e le condizioni di installazione dei sistemi di ritenuta stradali su rilevato. Il documento fornisce un riferimento operativo per i produttori, i progettisti e gli enti gestori, con l'obiettivo di assicurare che le barriere installate in opera mantengano le stesse prestazioni certificate nei crash test dei campi prova.

Le basi della norma UNI/TR 11785

La norma prende avvio dal riconoscimento di un problema reale: il terreno su cui vengono posati i paletti non sempre riproduce le condizioni di rigidità e compattezza del campo prova. Differenze anche modeste possono determinare un comportamento meccanico diverso e quindi compromettere la capacità di contenimento della barriera.

Per valutare queste condizioni, il rapporto tecnico introduce due tipi di verifiche: la prova quasi-statica e la prova dinamica. Entrambe devono essere eseguite in campo prova, dove si otten-

gono i valori di riferimento, e successivamente in sito, per verificarne la congruenza con il terreno reale di installazione. Il principio è semplice ma fondamentale: la barriera installata deve comportarsi come quella testata in campo prova. Se la risposta in sito è discordante, è necessario correggere le condizioni di posa, ad esempio aumentando la profondità di infissione dei paletti o prevedendo in casi particolari cordoli di rinforzo.

Prove quasi-statiche

Le prove quasi-statiche, disciplinate anche dalle linee guida UNICMI (2021), rappresentano la metodologia di base per la caratterizzazione del comportamento meccanico del terreno e dell'interazione con il paletto. In campo prova, il test inizia con la determinazione della resistenza del terreno mediante una spinta orizzontale applicata a un profilato tipo HEB120 infisso per un metro. La forza è esercitata a un'altezza di un metro dal suolo, controllando lo spostamento fino a 40 centimetri. Segue la caratterizzazione dell'insieme paletto-terreno, in cui la forza è applicata a 0,6 metri dal piano campagna. Vengono eseguite almeno tre prove "push" e il valore medio ottenuto diventa il riferimento per le successive verifiche in sito.

In sito, le stesse procedure vengono replicate per confrontare i risultati. La prova è ritenuta conforme se la forza media misurata non risulta inferiore al 90% del valore registrato in campo prova. Nel caso contrario, si valuta la necessità di modificare la profondità d'infissione o di introdurre elementi di rinforzo. Come mostrato in figura 1, la prova fornisce un riscontro diretto sulla rigidità del terreno e consente di classificare la compatibilità tra il sito di installazione e quello di prova.

Figura 1. Prova di carico push metodo quasi statico su profilato HEB120 (immagine di sinistra prova in sito - immagine di destra in campo prova).





Figura 2, a lato:
Prova di carico dinamico
su paletto (a sinistra metodo
con massa oscillante).

Figura 3, sotto: Flow chart
sui metodi di verifica
(quasi-statico e dinamico)
per la conformità di posa
del paletto bordo rilevato.

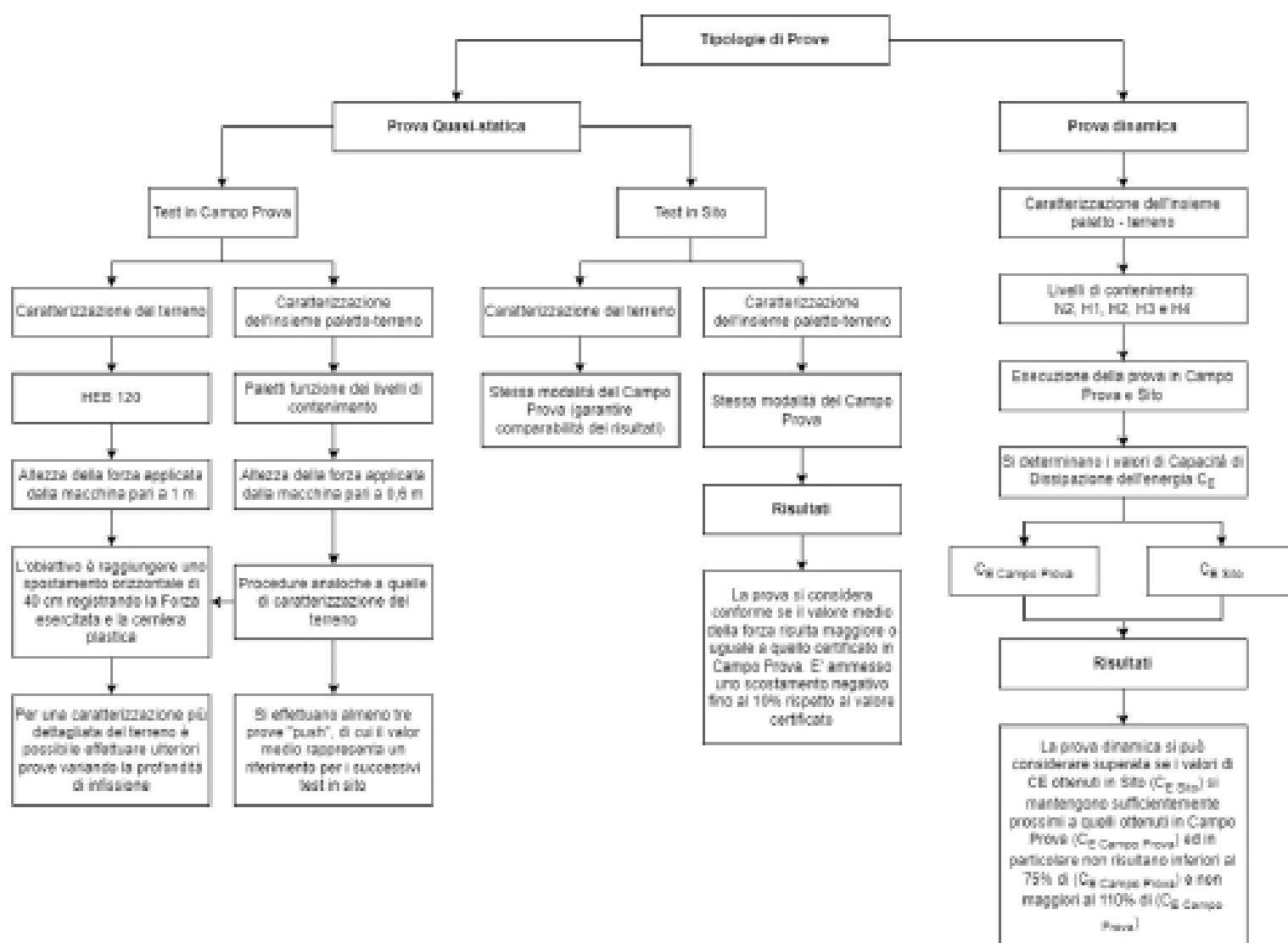
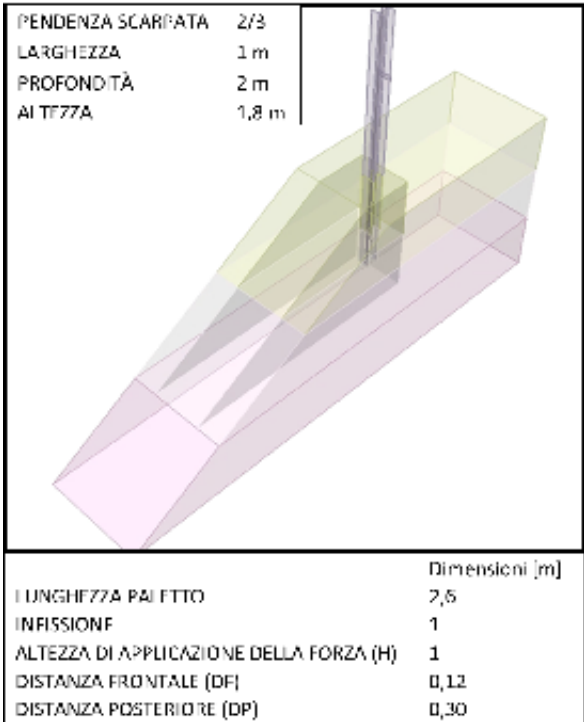


Figura 4: Immagini di una prova di push quasi-statica eseguita in opera su profilato HEB120 per la verifica dello stato di consistenza del terreno.



Figura 5: Modellazione numerica (FEM) del caso studio (Figura 4).



Prove dinamiche

Le prove dinamiche, approfondite anche dal Comitato Nazionale Italiano PIARC (2021), introducono un approccio complementare basato sulla capacità di dissipazione dell’energia (CE). In questo caso, la verifica viene eseguita facendo impattare sul paletto una massa in movimento - carrello o pendolo - che simula l’effetto dinamico di un urto reale (figura 2). Durante la prova si registrano carico, velocità d’impatto, spostamen-

to e durata dell’urto. La curva risultante, spostamento-tempo, consente di calcolare l’energia assorbita dal sistema. Il confronto tra la prova in campo prova e quella in sito definisce la validità della configurazione installata: la barriera è conforme se la CE in sito risulta compresa tra il 75% e il 110% di quella ottenuta in laboratorio. Il metodo dinamico offre il vantaggio di riprodurre in modo più realistico il comportamento della barriera durante un impatto, ma richiede attrezzature specialistiche e procedure di misura più complesse. Per riassumere, in figura 3, si riporta uno schema che rappresenta le principali differenze e la conformità della posa adottata dalle due tipologie di prove.

Dal campo prova alla modellazione numerica

Sebbene le prove in sito costituiscano il riferimento più affidabile, la loro esecuzione comporta costi e tempi significativi. Da qui nasce l’idea di utilizzare un modello numerico tridimensionale per simulare la prova quasi-statica in sito eseguita sul profilato tipo HEB120 (Figura 4). L’obiettivo è verificare se un modello agli elementi finiti (FEM) possa riprodurre in modo coerente il comportamento sperimentale, permettendo di prevedere gli spostamenti del paletto e la risposta del terreno. La modellazione è stata sviluppata in CAD e successivamente importata nel software RS3, specifico per analisi geotecniche tridimensionali (figura 5).

Il modello è stato discretizzato utilizzando una mesh a quattro nodi tetraedrica uniforme su tutta la geometria. Il terreno d'infissione, desunto da una prova reale in sito, viene rappresentato con tre strati sovrapposti, ciascuno spesso 0,6 metri, con parametri geotecnici derivati dalle prove penetrometriche dinamiche DPSH eseguite fino a 2,6 metri di profondità (figura 6).

I valori di rigidità assegnati al terreno all'interno del modello numerico, variano da (90-150 MPa). Come criterio di rottura si è impiegato quello di Mohr-Coulomb, con angolo di attrito pari a 35° e coesione di 10 kPa, valori desunti dall'interpretazione dei risultati ottenuti durante la prova DPSH. Il paletto, considerato molto più rigido del terreno, è stato modellato come corpo elastico lineare.

Risultati della simulazione

Il profilato HEB120 è stato sottoposto a un carico orizzontale progressivo suddiviso in dodici step fino a raggiungere una forza massima di 16 kN, corrispondente allo spostamento di 40 centimetri registrato nella prova in sito. Le condizioni di vincolo sono state definite per garantire stabilità numerica e per riprodurre fedelmente il comportamento della barriera durante la prova.

La simulazione ha restituito risultati coerenti con i dati sperimentali (figura 7). Nei primi incrementi di carico gli spostamenti sono minimi, segno che il terreno offre ancora un'adeguata resistenza. Superata una certa soglia, la curva forza-spostamento assume un andamento non lineare fino a raggiungere una deflessione massima di circa 43 centimetri. L'analisi del campo di spostamenti nel terreno evidenzia un meccanismo di rotazione concentrato nella zona di infissione, coerente con quanto osservato durante le prove push reali.

Limiti e prospettive

Nonostante i risultati incoraggianti, la modellazione numerica presenta alcune limitazioni operative. La prima riguarda la calibrazione dei parametri del terreno: i valori derivati da correlazioni empiriche possono introdurre incertezze significative, soprattutto in presenza di terreni eterogenei. Ulteriori difficoltà derivano dalla gestione della mesh di calcolo, poiché la necessità di un'elevata densità di elementi per catturare le deformazioni locali comporta tempi di elaborazione lunghi e talvolta problemi di convergenza come si vede nella figura 8. Il punto verde nel grafico (deflessione massima della prova in sito) non si trova allineato all'andamento degli spostamenti ottenuti con il modello. L'utilizzo di modelli FEM permette tuttavia di esplorare scenari diversi e simulare il comportamento in opera in condizioni d'infissione diversificate senza dover ricorrere ogni volta a prove reali in sito.



Conclusioni e ringraziamenti

L'applicazione della norma UNI/TR 11785 e delle linee guida UNICMI e PIARC segna un'evoluzione significativa nella progettazione e nel controllo dei dispositivi di ritenuta su rilevato. Essa ha introdotto criteri oggettivi per la valutazione del terreno e dell'interazione con il paletto, fornendo ai tecnici strumenti di verifica affidabili e replicabili.

L'integrazione delle prove sperimentali con la modellazione numerica consente oggi di ridurre i costi di prova, ottimizzare i tempi di verifica e migliorare la progettazione dei sistemi di ritenuta. Il modello sviluppato ha dimostrato una buona coerenza con i risultati reali e rappresenta una base per futuri sviluppi, orientati al perfezionamento della simulazione e alla validazione di scenari più complessi.

Si ringraziano: l'azienda Cismondi S.r.l. per aver fornito i risultati delle prove di push in sito e alcune immagini presenti nell'articolo e l'ing. Lu-

Figura 6: Prova penetrometrica dinamica (DPSH) in sito, eseguita in prossimità alla prova di push (figura 4).

Figura 7: Determinazione degli spostamenti orizzontali ottenuti dalla simulazione numerica di una prova di carico orizzontale su profilato metallico.

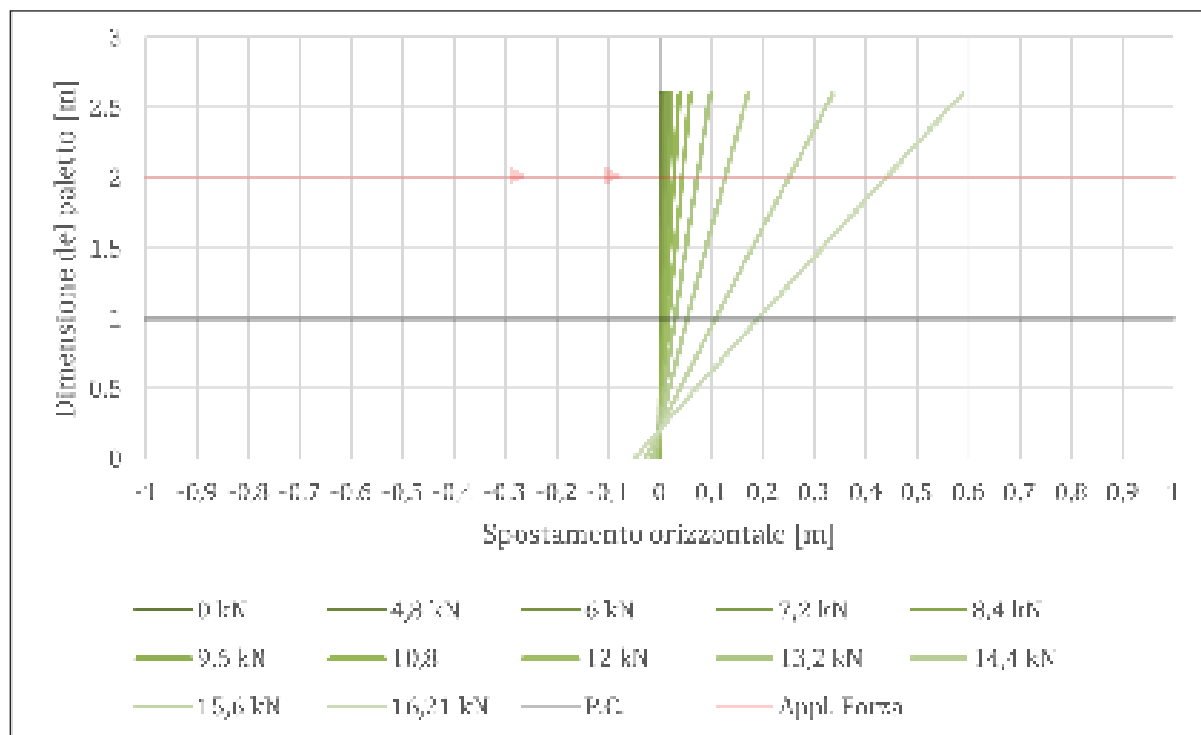
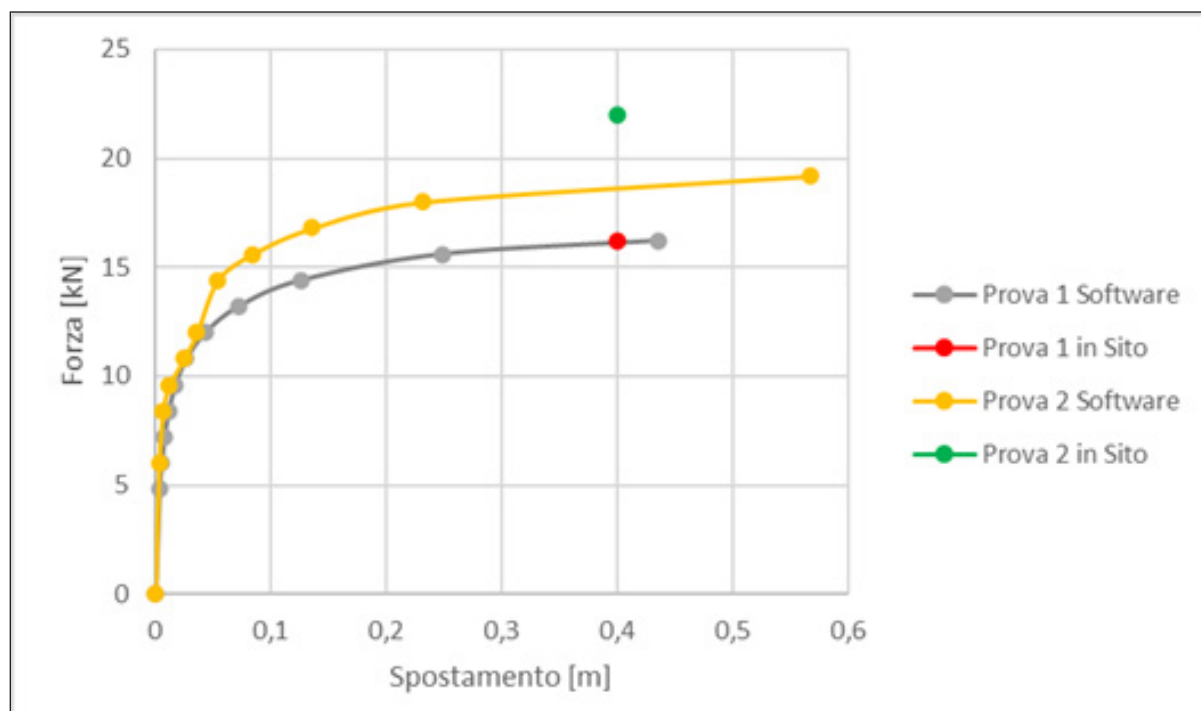


Figura 8: Risultati (forza vs spostamento) ottenuti dalla simulazione numerica (12 step di carico) di due prove di push su profilato metallico con un metro di infissione nel terreno di rilevato.



pese Francesco per la collaborazione alla modellazione delle prove con il software.

Riferimenti normativi e bibliografia essenziale

- UNI/TR 11785:2020 - Dispositivi di ritenuta stradali. Linee guida per l'installazione su rilevato
- UNI EN 1317 - Road restraint systems - Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods

- UNICMI (2021), UX114 - Linee guida per la validazione del corretto funzionamento delle barriere di sicurezza installate su rilevato
- PIARC Italia (2021), CT 1.6 - Linee guida per la verifica in sito dell'interazione palo/terreno mediante prove dinamiche
- Bowles, J.E. (1982) - Foundation Analysis and Design, McGraw-Hill
- Dynamic Probing: Test processing DPSH
- Rocscience RS3 - 3D Finite Element Analysis for Geotechnical Engineering ■■