



HARPO SPA

Il rispetto unito all'ingegno

Tecnica di ingegneria naturalistica, di facile inserimento ambientale, a prezzi concorrenziali rispetto al calcestruzzo e di rapida esecuzione, le terre rinforzate sono formate dal terreno unito a una geogriglia e a elementi entiersosivi. Per costruire scarpate molto acclivi in svariati ambiti

Nei rilevati rinforzati occorre realizzare un sistema drenante a tergo costituito da ghiaia o da un geocomposito drenante (nella foto, la posa) e da un tubo collettore microfessurato. Più in basso, lo Ziggurat di Aqar Quf (Iraq, XIV secolo a.C.) in argilla rinforzata con fronde di palma.

La tecnica di consolidare il terreno mediante l'inserimento di elementi di rinforzo è molto antica. Esempi classici sono lo Ziggurat di Aqar Quf (Iraq, XIV secolo a.C.), realizzato mediante argilla "rinforzata" con fronde di palma, e alcuni tratti della Grande muraglia cinese (III secolo a.C.), dove vennero utilizzate delle "armature" in tamerici e canne di bambù.

A livello generale, un elemento opera come rinforzo quando è in grado di fornire una resistenza a trazione a un terreno, con cui interagisce per mezzo della resistenza a taglio che si instaura all'interfaccia con esso. I metodi empirici che storicamente utilizzavano le fronde di palma e il bambù sono stati oggi sostituiti da materiali di rinforzo certificati e calcoli geotecnici affidabili e normati. Negli ultimi decenni la tecnica delle terre rinforzate ha avuto progressivi sviluppo e diffu-



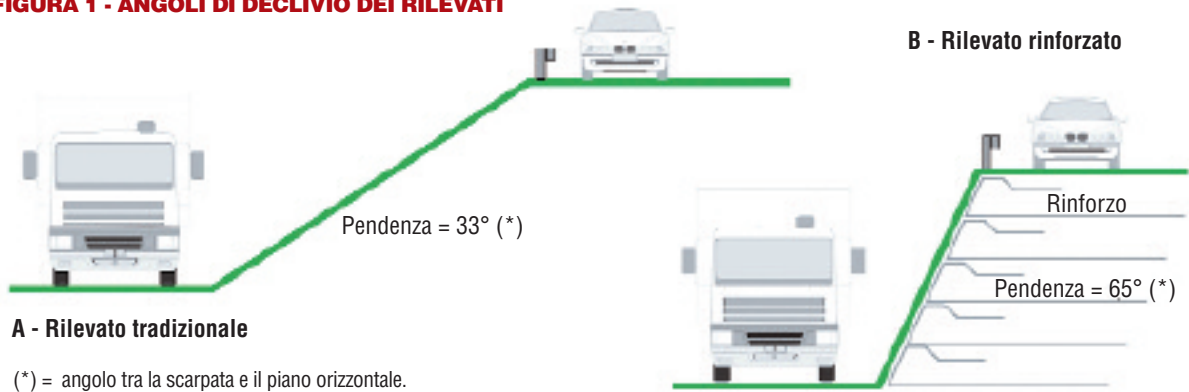
sione, legati sia al suo inserimento ambientale quale opera verde, sia ai suoi costi, significativamente concorrenziali rispetto ad altre soluzioni come, per esempio, i muri tradizionali in cemento armato.

Definizione

La terra rinforzata è un'opera costituita fondamentalmente da due materiali: il terreno e il rinforzo. Se si volesse costruire un rilevato con il solo terreno, non si potrebbe superare una certa pendenza, detta generalmente "angolo di natural declivio", direttamente dipendente ►

IL PUNTO SU TERRE RINFORZATE

FIGURA 1 - ANGOLI DI DECLIVIO DEI RILEVATI



◀ dalle proprietà geomeccaniche del terreno stesso (per esempio nel caso di una sabbia asciutta coinciderebbe con l'angolo di attrito). Il terreno è infatti un materiale da costruzione che per certi aspetti può essere considerato simile al calcestruzzo, contraddistinto generalmente da una buona resistenza alla compressione ma da una resistenza alla trazione virtualmente nulla. Per sopperire a ciò, il terreno, come il calcestruzzo, viene rinforzato. Inserendo nel terreno gli elementi di rinforzo si crea un nuovo materiale, la terra rinforzata appunto, caratterizzata da proprietà meccaniche superiori a quelle del solo terreno, consentendo così la costruzione di scarpate anche molto acclivi. È possibile realizzare scarpate anche verticali, ma generalmente si preferisce mantenere un angolo di scarpata non superiore a 60°-70° in modo che l'acqua piovana sia sufficiente per l'irrigazio-

ne della coltre vegetazionale sul fronte. La terra rinforzata viene realizzata per strati, come un qualsiasi rilevato in terra, posizionando, generalmente ogni 50-70 cm, un elemento di rinforzo. Questo, costituito di regola da una geogriglia sintetica o metallica caratterizzata da spessori di ordine millimetrico, deve essere opportunamente dimensionato mediante calcolo geotecnico per definirne la lunghezza e la resistenza per ogni singolo strato.

La vegetazione

Una terra rinforzata ha come scopo principale quello di realizzare un'opera vegetata, rientrando tra le tecniche di ingegneria naturalistica. Per proteggere il paramento frontale dall'azione erosiva degli agenti atmosferici è buona prassi costruttiva prevedere un elemento antierosivo associato a un'ideale semina sul fronte. Per la scelta delle specie da utilizzare e

Il rinforzo permette di aumentare la pendenza del declivio. In basso, preparazione del terreno e del piano di posa per la terra rinforzata (a destra).

del periodo più adatto alla semina è generalmente preferibile affidarsi a tecnici del settore. Per il trattenimento del terreno vegetale che viene posato in prossimità del fronte per agevolare il rinverdimento è generalmente utilizzata una geostuoia o un biotessile. Qualora le condizioni meteo-climatiche, di esposizione solare, la pendenza del fronte e la tipologia delle specie adottate consentano una buona e rapida copertura vegetazionale, l'elemento antierosivo potrà essere biodegradabile e si potrà utilizzare per esempio una biostuoia in paglia o cocco oppure una biorete in juta. L'utilizzo di una geostuoia in materiali polimerici quale elemento antierosivo sul fron-



HARPO SPA



HARPO SPA

te costituisce invece una protezione permanente e un rinforzo per l'apparato radicale della vegetazione.

Campi di applicazione

Le terre rinforzate sono opere di sostegno a tutti gli effetti e come tali sono comprese nelle Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008). I campi di applicazione spaziano pertanto in svariati ambiti: quello stradale comprende opere di sostegno di controripa e di sottoscarpa, ampliamento della sede stradale in rilevato, realizzazione di rilevato stradale con riduzione dell'ingom-

In alto, rotolo di geogriglia sul supporto pronto per il taglio in misura. In basso da sinistra, completamento dell'opera in terra rinforzata e crescita della copertura vegetata che ne facilita il pieno inserimento ambientale.

bro delle scarpate e quindi dell'area di occupazione. Altre applicazioni tipiche riguardano il ripristino di pendii franati, il mascheramento di strutture in calcestruzzo armato, la realizzazione di rilevati con funzione di valli paramassi in zone montane oppure di barriera antirumore in aree residenziali o in parchi e giardini. Mediante una terra rinforzata è anche possibile eliminare la spinta a tergo di un muro di sostegno esistente, che per diversi motivi si vuole mantenere. Ulteriori ambiti di applicazione sono costituiti dagli argini delle discariche e dagli argini fluviali.

Fasi realizzative

La realizzazione di un idoneo piano di posa, stabile e sub-orizzontale, costituisce la base per una corretta posa in opera della terra rinforzata. È comunque opportuno valutare l'idoneità del terreno di fondazione, prevedendo eventuali opere di drenaggio o di bonifica, per esempio un cassonetto di fondazione in ghiaia avvolto con un idoneo geotessile. Per impedire che le pressioni neutre modifichino negativamente le condizioni idrauliche del terreno, è opportuno valutare la realizzazione di un sistema drenante a tergo costituito da ghiaia oppure da un geocomposito drenante e da un tubo collettore microfessurato.

La posa in opera della terra rinforzata prevede l'uso di opportuni casseri per contenere il terreno sul fronte durante la compattazione. Il metodo più diffuso è il cassero a perdere in rete elettrosaldata

che consente una notevole velocità di realizzazione, in alternativa, il cassero rimovibile è utilizzato nella costruzione del singolo strato e poi viene sfilato e impiegato per gli strati sovrastanti. Una volta preparato il piano di posa, posato l'eventuale drenaggio a tergo e posato il cassero, si procede con la posa della geogriglia e dell'elemento antierosivo, del terreno vegetale sul fronte e di quello strutturale nel corpo della terra rinforzata. Il terreno dovrà essere compattato in strati non superiori a 30-40 cm. Strato dopo strato, seguendo il progetto, si arriva a completare l'opera, che è subito utilizzabile.

Conclusioni

La diffusione delle terre rinforzate tra le opere di sostegno nei vari ambiti è in continua crescita grazie al valore dato dall'inserimento ambientale da un lato e, dall'altro, all'affidabilità di questo tipo di opere, che vengono realizzate ormai da più di trent'anni con materiali di rinforzo certificati, metodi progettuali conformi alle vigenti normative e fasi realizzative piuttosto semplici e rapide. Le terre rinforzate costituiscono pertanto un sistema costruttivo che può utilmente essere impiegato in tutti quei casi in cui la valenza ambientale è elemento necessario o accessorio all'opera strutturale.

Erica Tamaro
 ingegnere civile

Si ringrazia l'azienda Harpo spa, Divisione Seic Geotecnica di Trieste per le informazioni contenute nell'articolo e per le foto.



HARPO SPA