

ambiente&territorio

Alberto Bisson¹⁾

UN "FRENO" ALLE FRANE

DA SIRIVE, LA STABILIZZAZIONE DELLA FRANA CISCHELE A RECOARO TERME (VI)
CON UNA TECNOLOGIA INNOVATIVA TUTTA ITALIANA

Lo sviluppo tecnico e tecnologico nella stabilizzazione delle frane attraverso la ricerca di soluzioni innovative, efficaci ed economiche è strategico per un Paese come l'Italia che vanta 620.808 delle circa 900.000 frane censite in Europa, che interessano un'area di circa 23.700 km², pari al 7,9% del territorio nazionale (dati ISPRA, 2018). Senza contare che i budget di spesa a disposizione degli Enti territoriali sono spesso limitati per far fronte alle numerose situazioni di frane, che possono colpire persone, edifici, infrastrutture.

Sirive, in collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale dell'Università di Padova, l'Ufficio Difesa del Suolo della Provincia di Vicenza e la Regione del Veneto, ha sviluppato e testato una tecnica del tutto innovativa per il rinforzo dei versanti instabili: l'ancoraggio flottante Sirive.



1. La fase di installazione di ancoraggi flottanti Sirive con barre composite da 3.000 kN

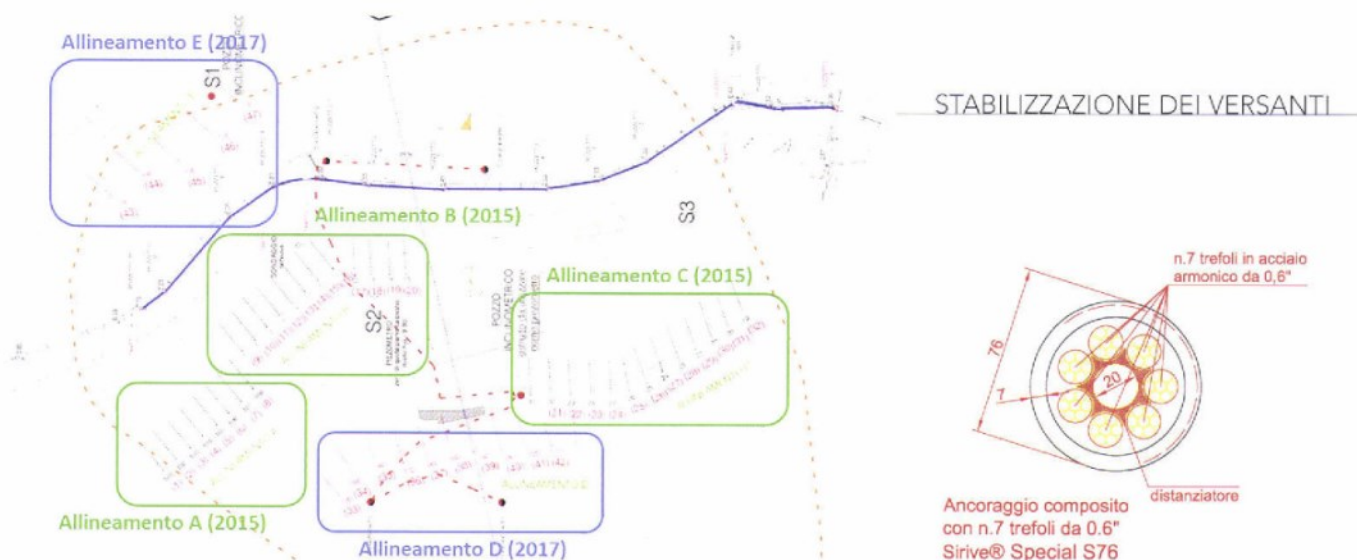
La sperimentazione su dieci frane reali ha fornito in oltre sei anni di ricerca risultati importanti e riconosciuti a livello internazionale. Uno dei casi più interessanti è rappresentato dalla stabilizzazione di frana in località Cischele nel comune di Recoaro Terme (VI).

LA GEOLOGIA DI FRANA CISCHELE

La frana sita in località Cischele a Recoaro Terme (VI) si è attivata con le forti piogge dell'evento alluvionale che ha colpito la regione Veneto e in particolare la provincia di Vicenza nel Novembre 2010. Il dissesto presenta estensione trasversale e longitudinale rispettivamente di circa 120 e 180 m. Il sito si trova a un'altitudine compresa tra 550 e 600 m s.l.m. e il pendio ha una pendenza media di 23-25°.

La frana interessa la S.P. 246 e alcune abitazioni della località Cischele, che presentano segni visibili dei lenti e continui spostamenti dovuti a seguito dell'attivazione del dissesto, mostrando evidenti lesioni, abbassamento della pavimentazione e fratture nei muri di contenimento.

Dal punto di vista geologico, l'area poggia su un basamento cristallino costituito da filladi quarzifere, al di sopra del quale si trovano arenarie di Val Gardena (fino a circa 20-25 m dal p.c.) e una formazione di 10-12 m a Bellerophon, con frequenti intercalazioni siltoso-argillose. Dalle misure inclinometriche il movimento franoso appare attivato al contatto tra Bellerophon e arenarie, con uno spessore massimo del corpo di frana pari a 20-25 m. Si tratta di una frana lenta di tipo traslazionale, con spostamenti fortemente correlati alla variazione delle pressioni interstiziali nel corpo di frana. L'innescio avviene infatti in concomitanza con eventi piovosi particolarmente intensi. Le piogge generano un innalzamento molto rapido del livello della falda, con una conseguente riduzione della resistenza



2A e 2B. La planimetria della frana e degli interventi di consolidamento a valle della strada (a Nord) e delle abitazioni (a Sud) nelle due fasi di intervento previste (2A) e la sezione di un ancoraggio composito Sirive Special S76 da 3.000 kN (2B)

disponibile in corrispondenza della superficie di scivolamento causata dall'aumento delle pressioni interstiziali e relativo innesco del movimento. Dai rilievi inclinometrici la velocità di avanzamento pre-intervento era compresa tra 25-45 mm/anno.

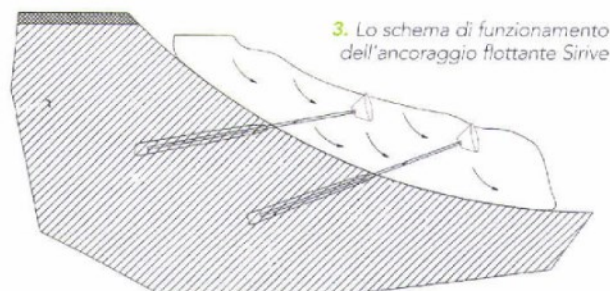
LA SCELTA DEL TIPO DI INTERVENTO

Al fine di consolidare il pendio instabile e mettere in sicurezza le abitazioni e la strada provinciale, inizialmente era stata prevista dalla Provincia di Vicenza la realizzazione di un sistema di regimazione delle acque meteoriche provenienti dal versante a monte della strada provinciale, nella porzione settentrionale dell'area in dissesto, e di un pozzo drenante di grande diametro che consentisse l'abbattimento delle pressioni interstiziali che si registrano durante i periodi di precipitazione. Le indagini geognostiche del 2011 e 2012 hanno però evidenziato un assetto stratigrafico particolarmente critico in corrispondenza della posizione adatta a realizzare il pozzo. Questo avrebbe reso particolarmente onerosa la costruzione della struttura.

Si è optato quindi per un consolidamento del versante con ancoraggi flottanti. Tra i principali vantaggi che hanno stimolato l'applicazione della tecnica vi sono la flessibilità, legata alla capacità del sistema di adattarsi alle deformazioni del versante senza perdere di funzionalità, e la modularità degli elementi, che rende l'applicazione particolarmente interessante anche per rallentare frane lente e medio lente per fasi o stralci successivi, qualora non si disponga di finanziamenti sufficienti per una completa stabilizzazione del fenomeno.

L'ancoraggio flottante Sirive nasce dall'idea di estendere la tecnica di rinforzo dei versanti con ancoraggi autoperforanti alla stabilizzazione di frane in terra, lente e medio-profonde. La tecnica, impiegata su frana Cischele, prevede l'installazione di ancoraggi autoperforanti passivi, completamente cementati al terreno e con un'adeguata fondazione nel sottosuolo profondo resistente, posizionati secondo una geometria discontinua senza una parete di rivestimento del versante, ma con la sola applicazione di una piastra di ridotte dimensioni collegata alla testa di ciascuna barra e interrata nel corpo di frana.

Al termine dell'installazione, il versante viene completamente rivegetato in modo naturale, con una perfetta integrazione ambientale e paesaggistica.



3. Lo schema di funzionamento dell'ancoraggio flottante Sirive

Quando si evidenzia un problema di frane medio-profonde, si pensa alla sistemazione con le classiche opere di sostegno e rinforzo dei versanti (paratie di pali e tiranti, muri di sostegno, ecc.), che sono rigide e si oppongono in genere per flessione e taglio al movimento della frana e vanno facilmente in crisi a causa delle grandi spinte e deformazioni a cui sono soggette. Gli ancoraggi flottanti agiscono invece da "rinforzi passivi puntuali": sono pensati infatti come veri e propri "freni per attrito" che assorbono importanti sforzi orizzontali, trovando



4. La fase di installazione di ancoraggi flottanti Sirive con barre composite da 3.000 kN

ambiente & territorio

una condizione di equilibrio interna al versante fino a fermare il movimento della frana.

Nel caso di frana Cischele, è stato così possibile stabilizzare il dissesto con una spesa di molto inferiore rispetto alla soluzione precedentemente ipotizzata, e quindi sostenibile dalla Stazione Appaltante.

L'IMPIEGO DI BARRE AUTOOPERFORANTI COMPOSITE

L'impiego delle barre autooperforanti riduce i tempi di esecuzione e rende ancor più economica la tecnica degli ancoraggi flottanti. A differenza delle applicazioni classiche, però, le forze assiali che si sviluppano lungo le barre sono molto importanti a causa delle grandi deformazioni mobilitate dalla frana in movimento e dalla profondità della superficie di scorrimento che può raggiungere i 25-30 m, numeri che con le tecniche tradizionali sarebbero in ogni caso difficili da stabilizzare.

Per potenziare al massimo le prestazioni delle barre autooperforanti e ampliarne le applicazioni, Sirive ha sviluppato un nuovo tipo di barre d'ancoraggio dette "composite", che nascono dall'accoppiamento di una barra autooperforante tradizionale in acciaio al carbonio e di uno o più trefoli di acciaio armonico. Le barre composite hanno carichi di rottura che possono raggiungere i 5.000 kN, riducendo le deformazioni rispetto a un ancoraggio a trefoli, le fessurazioni della malta cementizia di rivestimento e aumentando di conseguenza la durabilità. Tramite un'analisi dei costi di produzione e posa in opera, è stato inoltre dimostrato un risparmio del 45% con ancoraggio composito rispetto a una barra autooperforante classica a parità di carico di rottura. A Cischele sono state installate barre composite S76 con sette trefoli da 0,6" ciascuna, con carico di rottura di oltre 3.000 kN.

LA PROGETTAZIONE CON METODO OSSERVAZIONALE

Data la complessità del contesto geologico e le numerose incertezze che riguardano il comportamento del versante, la soluzione con ancoraggi flottanti Sirive ha consentito di eseguire le opere per stralci successivi, individuando con il procedere dei lavori le porzioni di versante soggette a condizioni più critiche.

Tra i principali vantaggi della tecnica dell'ancoraggio flottante vi è infatti la possibilità di integrare l'intervento per fasi successive senza perdita di funzionalità del sistema.

Questo permette alla tecnica di integrarsi perfettamente con il metodo osservazionale, adottato in fase di progettazione secondo quanto previsto dalle NTC 2008 al paragrafo 6.2.4; è quindi prevista una integrazione dell'intervento nel prossimo futuro con altri ancoraggi nelle porzioni di versante in cui, nel tempo, si osservano le condizioni più critiche, in accordo con i risultati del monitoraggio in corso.

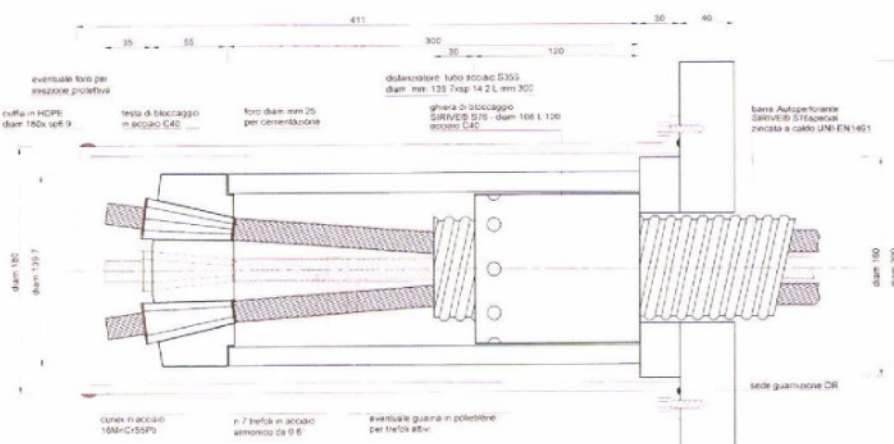
L'ESECUZIONE DEI LAVORI

I lavori di sistemazione del primo stralcio dell'intervento sono stati conclusi nel 2015. Sono stati installati 33 rinforzi passivi di lunghezza compresa tra i 40 e i 50 m, con ancoraggi compositi S76 da 3.000 kN di carico a rottura ciascuno, costituiti da barre autooperforanti di diametro esterno di 76 mm con sette trefoli da 0,6" cementati all'interno.

I rinforzi sono disposti a interasse orizzontale di 5 m su tre allineamenti all'interno del corpo frana, una serie a valle della strada provinciale, due serie a Sud a valle delle abitazioni. Si sono infine applicate le piastre flottanti in calcestruzzo armato prefabbricato di forma tronco-conica e diametro esterno di 1,5 m.



6. Il versante al termine dell'installazione



5A e 5B. L'ancoraggio composito Sirive Special

STABILIZZAZIONE DEI VERSANTI



7A, 7B, 7C e 7D. Il versante rinverdito con integrazione ambientale ottimale delle opere: alcune piastre sono state volutamente lasciate parzialmente a vista per il monitoraggio di sollecitazioni e di spostamenti a cui sono sottoposte

Al fine di valutare l'effetto del primo intervento e analizzare l'interazione dei rinforzi con il terreno, è stato installato un sistema di monitoraggio che comprende la registrazione in continuo della forza assiale su due ancoraggi strumentati con celle di carico. I dati tensionali vengono incrociati con il monitoraggio topografico degli spostamenti e le misurazioni continue su quattro sonde inclinometriche e due piezometri, oltre alle letture manuali eseguite su cinque inclinometri posti nel corpo frana, per valutare le relazioni tra variazioni di falda, movimenti superficiali e profondi e comportamento degli ancoraggi. Al mese di Dicembre 2016, dopo 18 mesi di monitoraggio, la velocità di avanzamento della frana si è ridotta in modo uniforme di sei-dieci volte, da 25-45 mm/anno a 3,5-4 mm/anno, comprovando la validità e l'efficacia tecnica del sistema, con la messa in sicurezza delle abitazioni (le fessurazioni non hanno

subito ulteriori allargamenti) e della S.P. 246, completamente riaperta al traffico.

I lavori sono stati eseguiti dall'Impresa Costruzioni Traverso Srl di Bolzano Vicentino (VI) e le opere speciali OS21 dall'Impresa Dalla Gassa Srl di Cornedo Vicentino (VI); la progettazione è stata ad opera dell'Ufficio Difesa del Suolo della Provincia di Vicenza con la supervisione scientifica del Dipartimento ICEA dell'Università di Padova nelle figure dello scrivente (Ing. Alberto Bisson) e della Prof.ssa Simonetta Cola.

La pubblicazione di parte dei risultati è stata premiata dall'Associazione Geotecnica Italiana come migliore contributo tecnico-scientifico al Convegno Nazionale di Geotecnica del 2014, e il progetto di ricerca ha vinto il primo premio del Concorso FOIV-SAMOTER 2017 per la prevenzione e la tutela del

territorio nella sezione "Recupero ambientale". ■

⁽¹⁾ Ingegnere dell'Area tecnica, Ricerca e Sviluppo della Sirive Srl

DATI TECNICI

Stazione Appaltante: Ufficio Difesa del Suolo della Provincia di Vicenza

Contraente Generale: Costruzioni Traverso Srl

Progetto preliminare: Dott. Geol. Giuseppe Franco Darteni

Progetto definitivo-esecutivo e Direzione dei Lavori: Ing. Giovanni Stevan dell'Ufficio Difesa del Suolo della Provincia di Vicenza

RUP: Arch. Andrea Turetta

Consulenti scientifici: Prof.ssa Simonetta Cola dell'Università degli Studi di Padova e Ing. Alberto Bisson della Sirive Srl

Esecutori dei Lavori: Costruzioni Traverso Srl e Dalla Gassa Srl

Importo dei lavori: 224.000,00 Euro

Durata dei lavori: 90 giorni

Data di ultimazione: Aprile 2015

www.stradeeautostrade.it

Da oltre 25 anni
l'Ingegneria a servizio della
Sostenibilità Ambientale

**STUDI AMBIENTALI
E PERMITTING**

**MONITORAGGIO
AMBIENTALE**

**PIANI DI RISANAMENTO
ACUSTICO - ATMOSFERICO**

**PAESAGGIO
E ARCHEOLOGIA**

**GESTIONE TERRE E
BONIFICA SITI CONTAMINATI**

**EFFICIENZA ENERGETICA
E SMART CITY**

VDP srl
Progettazione Integrata - Ambiente

Via Federico Rosazza 38
00153 Roma
Tel. (+39) 065800506
Fax (+39) 065896686
www.vdpsrl.it