

MATERIALI COMPOSITI GFRP UTILIZZO NELLA GEOTECNICA

**L'USO DEI MATERIALI COMPOSITI GFRP NELLA GEOTECNICA:
DAI PRIMI IMPIEGHI DEGLI ANNI '70 ALLE PROPOSTE DI FIBRE NET**



I primi impieghi del GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) nel consolidamento geotecnico risalgono a circa 50 anni fa ed oggi questi materiali sono sempre più diffusi e apprezzati nel settore. In questo contesto, Fibre Net Group ha saputo distinguersi, spingendosi oltre i confini dell'innovazione grazie al suo consolidato approccio basato su ricerca e sviluppo. Forte della sua esperienza nella produzione di sistemi compositi fibrorinforzati, l'azienda ha sviluppato soluzioni efficaci e all'avanguardia, perfezionando tecnologie che offrono elevata resistenza e durabilità per settori specifici.

Tra queste, spicca la linea G-TECH, che include micropali e tubi in VTR, specificamente progettati per applicazioni geotecniche. G-TECH rappresenta un'evoluzione significativa delle tecnologie di rinforzo esistenti, offrendo nuove opportunità per il pre-consolidamento e il rinforzo dei fronti di scavo in galleria. Questa linea, caratterizzata da leggerezza, resistenza chimica e versatilità operativa, espande la presenza di Fibre

Net nel settore geotecnico, rispondendo con soluzioni innovative e altamente performanti alle esigenze di un mercato in continua evoluzione.

Sono degli anni '70 le prime applicazioni sperimentali di elementi tubolari in GFRP nel consolidamento del fronte di scavo delle gallerie, grazie all'intuizione dei progettisti impegnati nello sviluppo di nuovi metodi di scavo a piena sezione. Allora, l'originaria denominazione del materiale costituente i tubi standard 60/40 mm (60 mm diametro esterno, 40 mm diametro interno) era semplicemente VTR, contrazione di "vetroresina", il moderno e versatile materiale con il quale già si costruivano imbarcazioni, serbatoi, coperture e molti altri manufatti, sia speciali che di uso comune. E ancor oggi, i tubi in vetroresina per uso geotecnico vengono comunemente indicati come "tubi in VTR".

Perché fu scelto di utilizzare proprio la vetroresina ed a quale preciso scopo?

Per contestualizzare ciò, è necessario tornare alla seconda metà del secolo scorso quando, sotto la spinta della ricostruzione post-bellica e delle nuove tecnologie disponibili, viene teorizzato ed adottato in Austria, Paese scuola nel tunnelling e nel mining, un nuovo metodo di scavo delle gallerie, denominato NATM, acronimo di New Austrian Tunnel Method.

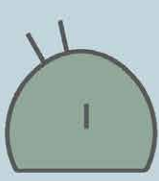
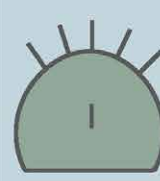
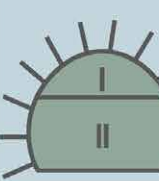
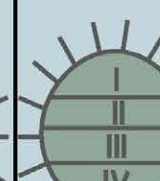
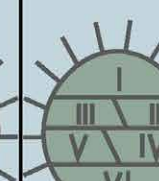
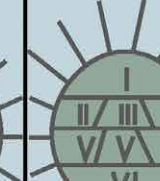
Le esperienze delle università di Vienna e Salisburgo portarono ad una nuova classificazione degli ammassi con indicazioni sui necessari rinforzi e sulle tecniche di scavo da adottare; tecniche di scavo che, generalmente, ben rispondevano alle caratteristiche geologiche alpine, con terreni stabili e facilmente affrontabili con scavi a piena sezione.

Al contrario, nei terreni con maggiore instabilità, le indicazioni continuavano a prevedere lente, costose ed anacronistiche tecniche di avanzamento con parzializzazione dello scavo (figura 1). Nell'Italia della ricostruzione post-bellica, tali metodi furono accolti come estremamente penalizzanti per le tipiche geomorfologie appenniniche, decisamente più instabili, nonché per l'esigenza di gestire elevati volumi di nuove opere infrastrutturali in tempi ragionevolmente brevi.

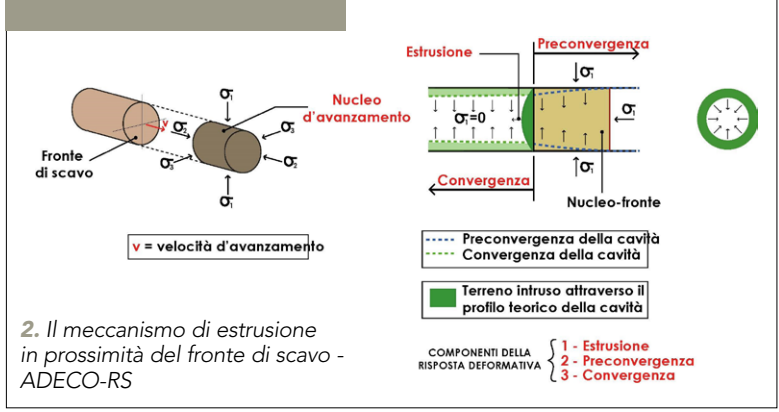
Attorno al gruppo di lavoro del Prof. Lunardi si concentrarono quindi interessi e competenze per teorizzare e sviluppare, negli anni '70-80, un metodo di scavo alternativo che partisse da una più accurata analisi delle deformazioni, tale da consentire l'adozione di ogni opportuno accorgimento per avanzare "sempre e comunque" a piena sezione, con una assai minore variabilità nella previsione dei costi e dei tempi di realizzazione dell'opera. Tale metodo, oggi affermatissimo e noto come "ADECO-RS" (Analisi delle DEformazioni CONTrollate nelle Rocce e nei Suoli) sviluppato da Rocksoil, prevede che, durante l'avanzamento dello scavo "in tradizionale", possano verificarsi tre condizioni del cavo:

- 1) comportamento di tipo lapideo a fronte stabile;
- 2) comportamento di tipo coesivo a fronte stabile nel breve termine;
- 3) comportamento di tipo sciolto a fronte instabile.

Nel caso 1, caratterizzato da sollecitazioni indotte dalle deformazioni ben al di sotto delle caratteristiche meccaniche del terreno, non vi sono particolari difficoltà nello scavo, anche a piena sezione, salvo l'adozione di misure di protezione locale e/o di rinforzo dell'ammasso in calotta.

CLASSI DI ROCCIA	I DA STABILE A LEGGERMENTE FRIABILE	II MOLTO FRIABILE	III DA FRANOSO A MOLTO FRANOSO	IV SPINGENTE	Va MOLTO SPINGENTE	Vb MATERIALE SCIOLTO
CARATTERISTICHE	Materiale compatto, fessurazione da leggera a media	Suddivisione accentuata per stratificazione e fratturazione; le singole fessure sono piene di materiale argilloso	Elevati gradi di suddivisione per stratificazione e fratturazione in più piani; le fessure risultano piene di materiali argillosi	Roccia molto alterata: ripiegata e scistosa; fasci di faglie; materiale sciolto ben consolidato, coerente	Materiale completamente alterato, ridotto a ghiaietto, sciolto non consolidato, leggermente coerente	Materiale sciolto, incoerente
COMPORTEMENTO	La resistenza della roccia alla compressione uniaassiale è maggiore della tensione tangenziale; condizioni di equilibrio permanente assicurato da:		Il limite di resistenza della roccia viene raggiunto e superato al contorno della sezione. Sono necessari sostegni e la creazione di un anello di roccia portante	Le tensioni tangenziali superano la resistenza della roccia. Il materiale, a comportamento plastico, tende verso la cavità riducendone la sezione: fenomeno di intensità:		Vedi classe Va
	misure di protezione locale	rinforzo dell'anello di roccia portante in calotta		media	forte	
				spinte laterali e sollevamento della platea. I movimenti vengono contrastati dall'anello portante completamente chiuso		
INFLUENZA DELL'ACQUA	Nessuna	Irrelevante	Prevalentemente sul materiale contenuto nelle fratture	Discreta	Anche forte (il materiale tende a imbibirsi)	
SCAVO	A piena sezione 	A piena sezione 	Calotta a strozzo 	A sezioni parziali I-IV 	A sezioni parziali I-VI 	A sezioni parziali I-VI 

1. Classificazione di Rabcewicz-Pacher - NATM



2. Il meccanismo di estrusione in prossimità del fronte di scavo - ADECO-RS

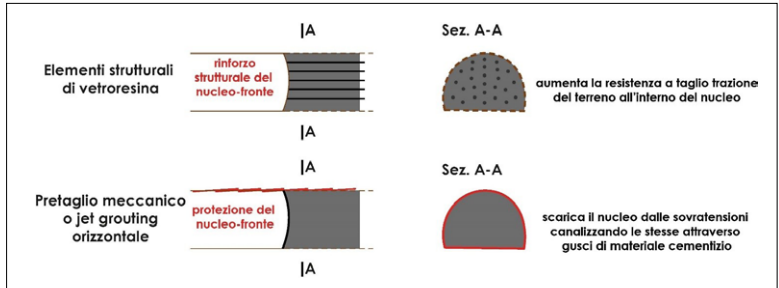
Nel caso 2 il comportamento elasto-plastico del terreno consente anch'esso l'avanzamento a piena sezione a patto di operare un confinamento del cavo e, ove necessario, di sostegni provvisori e rinforzi dell'ammasso. Il caso 3, molto frequente in tutte le formazioni geologicamente più recenti, prevede che lo scavo a piena sezione sia consentito grazie all'adozione del confinamento, dei sostegni provvisori, dei rinforzi dell'ammasso di maggiore ampiezza e, soprattutto, grazie al pre-consolidamento del fronte.



Un punto cardine del sistema ADECO-RS è infatti quello di aver identificato, con una conoscenza mai raggiunta prima, il meccanismo di estrusione del cavo nei supporti instabili, quantificando e controllando le tensioni a carico dell'ammasso che si generano ancor prima dell'arrivo del fronte di scavo, come rappresentato in figura 2.

Calcestruzzo proiettato, centine metalliche, chiodature e tiranti, tubi e micropali metallici, iniezioni di boiacche cementizie e tecniche di jet-grouting; tutti questi strumenti noti a disposizione del progettista e da utilizzare in base alle condizioni ipotizzate e via via riscontrate, durante l'avanzamento.

Come pre-consolidare però il fronte di scavo? Le tensioni in gioco, finalmente note e quantificabili, rendevano necessario un materiale molto resistente alla trazione proprio per il necessario contenimento delle tensioni di estrusione, attraverso un forte legame di aderenza con il supporto garantito dalle iniezioni cementizie ma l'impiego di elementi metallici avrebbe provocato seri problemi durante l'avanzamento, sia dal punto di vista del comportamento meccanico che della possibilità di rimozione durante lo scavo.



3A, 3B e 3C. Confinamento e pre-consolidamento del fronte di scavo - ADECO-RS



G-TECH – tubi in VTR

I tubi in VTR della linea G-TECH sono sviluppati per il consolidamento temporaneo dei fronti di scavo in galleria o per la stabilizzazione definitiva nelle opere sotterranee. Tra le caratteristiche intrinseche del prodotto spiccano la leggerezza e la elevata resistenza a trazione, unite alla facile rimozione con le tradizionali attrezzature da scavo, che consentono di eseguire le lavorazioni in sicurezza. I prodotti in VTR della linea G-TECH sono dotati di fresatura elicoidale che migliora sensibilmente l'adesione della miscela di iniezione e possono essere forniti aperti o dotati di tappo e valvola a manchette per il controllo della pressione di riempimento. L'offerta di prodotto è integrata da malte per iniezione e ancoraggio dalle caratteristiche ottimizzate per l'impiego in ambito geotecnico.



Ecco, quindi, il motivo della scelta della cosiddetta "vetroresina" o VTR, oggi più correttamente denominata GFRP: un materiale dalle eccellenti prestazioni a trazione, di adeguato modulo elastico, leggero, chimicamente affine e, soprattutto, non duttile. Il suo comportamento fragile, infatti, per certi impieghi limitante e così diverso da quello dell'acciaio, rappresenta un impareggiabile vantaggio durante lo scavo con le tecniche tradizionalmente riservate ai suoli instabili. Inoltre, è un materiale chimicamente inerte e facilmente smaltibile con lo smarino.

L'ATTUALE STATO DELL'ARTE, NEGLI IMPIEGHI DIVERSI DALLA GEOTECNICA

Le maggiori conoscenze sui materiali, i miglioramenti delle materie prime e dei processi produttivi, unite all'evoluzione normativa, hanno elevato il posizionamento dei manufatti pultrusi in GFRP in tutta la filiera delle costruzioni.

Particolare attenzione è stata posta, dalla ricerca e dall'evoluzione dei processi industriali nella produzione della fibra di vetro, al superamento della scarsa resistenza agli alcali, tradizionale elemento di debolezza della c.d. "vetroresina" ai suoi albori, superato già all'inizio degli anni 2000 attraverso lo sviluppo di fibre di vetro Alcali-Resistenti (AR).

Un primo importante studio commissionato ormai 20 anni fa da Fibre Net all'Università degli studi del Salento, ha permesso di selezionare materie prime con elevata resistenza agli alcali, denominate "Fibre di vetro AR-1 ed AR-2" che, a differenza della comune "Fibra di vetro E", non manifestano decadimento di prestazioni meccaniche anche quando sottoposte a severi protocolli di invecchiamento chimico-fisico, ovvero con lunga permanenza in ambiente a pH 12,5÷13,5 anche in combinazione con temperature di esercizio critiche. Tali conoscenze, tra le altre, hanno portato al concepimento ed alla nascita di profili in GFRP del tutto simili nella forma alle carpenterie metalliche, che consentono oggi di realizzare strutture leggere e durevoli per tutte le applicazioni dove il rischio chimico o elettrico ponga delle limitazioni all'uso del metallo, sostituendolo egregiamente.

La marcatura CE ottenuta per molti dei profili offerti sul mercato è anch'essa indice dell'evoluzione del GFRP al rango di materiale affidabile e durevole, idoneo all'impiego permanente di tipo strutturale. Nondimeno, i profili e le reti in GFRP sono comunemente e largamente utilizzati nel rinforzo strutturale, non ossidabile, per il miglioramento sismico degli edifici in muratura e, con diversa finalità, nella recinzione radiotrasparente e non conduttiva di aeroporti, ferrovie e strutture in servizio elettrico.

I POTENZIALI SVILUPPI NELLA GEOTECNICA

Pur rimanendo oggi l'applicazione principale dei profili GFRP nel campo geotecnico quella in uso da decenni e praticamente immutata, consistente nel pre-consolidamento del fronte di scavo delle gallerie mediante l'infissione profonda di tubi dal diametro 60/40 mm integrati da iniezioni di boiaccia cementizia, gli utilizzi stanno progressivamente e vantaggiosamente ampliandosi a:

- chiodature passive e permanenti nel riadeguamento di gallerie esistenti, allo scopo di consolidare l'ammasso a tergo del rivestimento;



4. Struttura realizzata in GFRP

- chiodature semi-attive nel riadeguamento delle gallerie esistenti, allo scopo di consentire la gestione di fasi di lavorazione che prevedano la successiva fresatura del rivestimento;
- micropali di paratia temporanea o anche permanente quando eseguite in aree sottoposte a rischio chimico o elettrico (es. correnti vaganti in prossimità di linee elettriche o ferroviarie).

Ulteriori applicazioni secondarie sono suggerite dalle caratteristiche intrinseche del materiale, riassumibili in:

- leggerezza combinata ad elevate caratteristiche meccaniche;
- elevata resistenza chimica ed insensibilità alla corrosione;
- amagnetività e non conducibilità elettrica, con funzioni di isolatore;
- facile frangibilità in caso di necessaria rimozione;
- compatibilità ambientale in caso di dispersione nel terreno.

In particolare, quest'ultimo aspetto ha assunto una sempre maggiore importanza nella valutazione dell'impatto delle lavorazioni di cantiere sull'ambiente.

Il percorso di Fibre Net Group verso l'innovazione sostenibile continua a essere al centro delle sue attività, con un impegno costante nella riduzione dell'impatto ambientale e nell'adozione di pratiche circolari. L'ottenimento di nuove certificazioni EPD per ogni linea di prodotto rientra nel processo di adeguamento ai Criteri Ambientali Minimi (CAM).

Grazie alla trasparenza garantita dalle certificazioni EPD, progettisti e stazioni appaltanti possono contare su materiali che non solo migliorano le prestazioni e riducono l'impatto ambientale, ma che sono anche conformi alle normative più stringenti, garantendo l'accesso a importanti opportunità di mercato. ■

⁽¹⁾ Sales Manager - B.U. Infrastrutture Fibre Net Group

Bibliografia

- Appunti di geologia applicata - Cap. 5 - Vincenzo Francani e Carla Rampolla.
- Il controllo dell'estrusione del nucleo di terreno al fronte d'avanzamento di una galleria come strumento di stabilizzazione per la cavità - ITA-AITES 2015 MUIR WOOD LECTURE 2015 - Pietro Lunardi.
- Durabilità in ambiente alcalino dei rinforzi fibrosi per il consolidamento strutturale Francesco Micelli, Maria Antonietta Aiello Università del Salento - Dipartimento di Ingegneria dell'Innovazione.