

Le soluzioni DRACO per la realizzazione di fondazioni speciali e strutture di contenimento del terreno

Ufficio stampa DRACO

Quando si realizzano fondazioni speciali e strutture di contenimento è bene prevenire tutti i problemi che possono pregiudicare le prestazioni dell'opera, come il bleeding o il claquage. Per evitare questi fenomeni DRACO ha sviluppato specifici additivi e malte cementizie.



DRACO propone una specifica linea di soluzioni e prodotti dedicati all'underground e al tunnelling. Una gamma completa al servizio di chi opera nell'ambito delle fondazioni speciali e del consolidamento, dalle miscele cementizie e gli additivi per miscele da iniezione e per la realizzazione e l'ancoraggio di micropali e tiranti, ai premiscelati espansivi ecologici e alle resine e malte espansive.

Il campo delle fondazioni speciali appartiene a quel settore dell'edilizia e della scienza delle costruzioni che si confronta direttamente con il mondo della geotecnica e della geologia. L'integrazione con il settore dell'ingegneria civile delle opere di fondazione speciali deriva dall'interazione terreno e struttura e consente la realizzazione di opere di ogni genere, in contesti ambientali anche difficili e/o impegnativi, sia nella realizzazione di nuove strutture, che nel recupero di quelle esistenti. Appartengono a questo settore, le attività di **palificazione**, di **consolidamento**, di **sostegno dei fronti di scavo** e tutti gli interventi di **messa in sicurezza del territorio**, come il **consolidamento e la messa in sicurezza di pendii**, il **consolidamento di frane**, il **drenaggio di pendii e/o di scavi di sbancamento**, la **protezione di argini e di sponde fluviali**. Nel mondo delle costruzioni, le fondazioni speciali costituiscono quindi un ambito senza dubbio più specialistico. **DRACO** è da sempre al fianco degli specialisti del settore con una specifica **LINEA dedicata all'underground e al tunnelling e soluzioni per fondazioni speciali** e gallerie, la cui efficacia è stata certificata nel tempo e nelle condizioni più diverse. La Linea offre miscele cementizie e additivi per miscele

da iniezione, premiscelati espansivi ecologici, prodotti per spritz-beton e resine da iniezione, una gamma completa al servizio di chi opera nell'ambito delle fondazioni speciali, del consolidamento e del tunneling.

Tecniche d'iniezione e materiali per il consolidamento e l'impermeabilizzazione

Le applicazioni dei procedimenti d'iniezione sono molteplici e si differenziano sia per le tecniche d'esecuzione, tradizionali e innovative, sia per i materiali. Si opera nel campo delle fondazioni e sottofondazioni, scavi a cielo aperto, gallerie, schermi d'impermeabilizzazione per dighe di ritenuta etc. Le tecniche tradizionali consistono nell'iniezione di **miscele acqua-cemento (boiacche) con additivi fluidificanti**, con trattamenti eseguiti mediante tubi valvolati (*tubs à manchettes*), e **composti silicatici o resine non espandenti**. Tra i metodi di consolidamento più innovativi si annoverano le iniezioni ad alta pressione di miscele cementizie, secondo una tecnica nota come **jet-grouting**, e le **iniezioni di resine e malte espandenti**.

Iniezioni di miscele cementizie

Le tecniche di iniezioni tradizionali nel terreno prevedono l'utilizzo di miscele acqua cemento, con l'aggiunta di additivi fluidificanti, oppure di composti silicatici e resine non espandenti. In funzione della natura dell'opera, gli interventi di iniezione cementizia si possono distinguere in interventi provvisori - destinati ad esercitare la loro funzione solo in fase costruttiva e provvisoria, ad esempio per consentire l'esecuzione di scavi in terreni instabili e sotto falda - e interventi permanenti - la cui funzione è espletata per un periodo di tempo più lungo, commisurato alla vita utile dell'opera, ad esempio il consolidamento dei terreni di fondazione o la creazione di barriere impermeabili. A parità di caratteristiche reologiche, le tecniche tradizionali consentono il controllo operativo del trattamento attraverso la regolazione di pressione, volume e portata, costantemente ottimizzati in funzione della natura del terreno e della finalità dell'intervento. Le iniezioni vengono effettuate mediante un tubo a valvole poste ad intervalli definiti (*tubs à manchettes*). Le valvole sono costituite da manicotti in gomma che, dilatandosi sotto pressione, permettono o impediscono la fuoriuscita della miscela. La miscela consolidante è composta principalmente da acqua e cemento, ed è stabilizzata con bentonite o additivi disperdenti; in questo caso **l'additivazione della boiacca** è necessaria in quanto la capacità permeante di tale sospensione dipende esclusivamente dalle caratteristiche reologiche (viscosità, rigidità e coesione) nonché dalla stabilità sotto pressione. L'aggiunta di additivi consente il controllo e la definizione dei tempi di indurimento in funzione delle modalità in una o più fasi del consolidamento. I campi di applicazione includono il consolidamento di fronti di scavo, anche sotto falda, la stabilizzazione di pendii, il consolidamento di terreni di fondazione e la creazione di barriere impermeabili.



Figura 1 – Consolidamento dei terreni mediante Jet Grouting.

Jet grouting

La tecnica del jet grouting – o delle colonne consolidate – prevede il consolidamento dei terreni mediante l'iniezione ad alta pressione (oltre 400 bar) di uno o più fluidi (**boiaccia di cemento, aria, acqua**) per mezzo di aste specifiche di perforazione, dotate di ugelli di iniezione della miscela, utilizzando sonde simili a quelle impiegate nella realizzazione di micropali o ancoraggi. La capacità di penetrazione della miscela dipende dalla forza disgregante del getto (in termini di portata e di pressione all'ugello di uscita), eventualmente con l'ausilio di aria (sistema bifluido) o aria + acqua (sistema trifluido). Le elevate pressioni che si determinano in corrispondenza degli ugelli da cui fuoriesce la boiaccia di cemento, unitamente al possibile riscaldamento per attrito dell'utensile distributore, possono incrementare la rigidità della sospensione, a seguito dell'aumento della cinetica di reazione acqua-cemento e diminuire l'efficacia del trattamento. Anche in questo caso, l'aggiunta di **additivi (super)-fluidificanti** aumenta la capacità permeante della miscela, a seguito della riduzione della viscosità della sospensione cementizia, e la sua stabilità, anche in condizioni di elevate pressioni e temperature. Le applicazioni del jet grouting vanno dai tappi di fondo per vasche o parcheggi sotterranei in falda, alle paratie per impermeabilizzazione di argini fluviali, fino al vero e proprio consolidamento di terreni sciolti allo scopo di migliorarne, con le iniezioni di cemento, le caratteristiche meccaniche. Quando viene impiegato per la formazione di pareti verticali con finalità di sostegno, il jet grouting può essere rinforzato mediante posa di armature tubolari con modalità simili ai micropali (jet armato).



Figura 2 – Impiego del jet grouting, unitamente alla posa di armature tubolari con modalità simili ai micropali (jet armato), per la formazione di pareti verticali con finalità di sostegno.

Micropali e tiranti di ancoraggio

In alternativa al consolidamento mediante iniezioni, per migliorare le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche degli ammassi e contrastare le spinte dei terreni, è possibile operare mediante la posa in opera di **micropali** e sistemi di ancoraggio (**tiranti, attivi o passivi**). La tecnica dei micropali consiste nell'esecuzione di perforazioni verticali o sub-orizzontali, di diametro variabile da 90 a 400 mm, all'interno delle quali vengono posati tubi d'armatura o profilati gettati in opera con miscela cementizia. Quest'ultima penetra negli strati circostanti formando delle sbulbature che aumentano la coesione del terreno e permettono un notevole incremento dell'attrito laterale. Largamente diffusi nel consolidamento fondazionale di manufatti soggetti a cedimenti differenziali, i micropali, assieme ai tiranti d'ancoraggio, vengono applicati anche nel sostentamento di versanti in frana, negli scavi in paramento verticale o come elementi di fondazione in grado di trasmettere i carichi sovrastanti in profondità. I tiranti vengono alloggiati in apposite perforazioni (con diametro variabile tra 133 e 220 mm) e sono realizzati con barre e cavi a trefoli con un bulbo di ancoraggio e una parte libera, capaci di trasmettere una forza di trazione a strati portanti di terreno o roccia in profondità. Le principali funzioni dei tiranti, dei chiodi e dei bulloni sono l'ancoraggio al terreno in profondità di strutture di contenimento quali muri di sostegno, diaframmi, berlinesi, il trasferimento in profondità delle forze di trazione agenti in fondazione, il contrasto della sottospinta idraulica agente al di sotto di strutture realizzate sotto falda, la stabilità di opere poste su pendii instabili, il miglioramento della stabilità di pendii e scarpate, la precompressione di ammassi rocciosi o

strutture in calcestruzzo massicce. I tiranti vengono ancorati mediante **l'iniezione di boiacche cementizie** concentrate nel bulbo o per tutta la lunghezza e sezione dell'ancoraggio stesso. In quest'ultimo caso l'iniezione della miscela svolge la duplice funzione di consentire la rapida messa in tiro dell'elemento e di esercitare una funzione di protezione dell'acciaio dalla corrosione. Proprio per questa specifica funzione è indispensabile che nella boiaccia non si manifesti il fenomeno dell'essudazione dell'acqua (bleeding): l'iniezione della miscela, infatti, genera delle macroscopiche cavità attraverso le quali gli agenti aggressivi possono facilmente aggredire i ferri d'armatura (in conformità alla norma UNI 7122 l'essudamento di acqua deve risultare non superiore allo 0,1%). I tiranti di ancoraggio possono essere classificati secondo differenti criteri, in base alla destinazione d'uso: tiranti permanenti, tiranti provvisori (fissi o rimovibili), tiranti preliminari di prova; modalità di applicazione del carico: tiranti passivi e tiranti attivi; natura del materiale in cui sono ancorati: tiranti nel terreno e tiranti in roccia; modalità esecutive: riempimento a gravità, iniezione a bassa pressione in unica fase, iniezione ripetuta e selettiva.



Figura 3 – Esecuzione di perforazioni verticali o sub-orizzontali all'interno delle quali vengono posati tubi d'armatura o profilati gettati in opera con miscela cementizia per consolidamento dei terreni.

Caratteristiche reologiche delle miscele da iniezione

Le **miscele cementizie (boiacche)** impiegate nei trattamenti d'iniezione, nei micropali e nell'ancoraggio dei tiranti sono delle sospensioni di cemento in acqua, la cui penetrabilità dipende, in larga misura, dalle dimensioni delle particelle di cemento e dalle proprietà reologiche (viscosità, rigidità, stabilità sotto pressione) della stessa, in funzione della dimensione dei vuoti da iniettare. L'aggiunta di **additivi** è indispensabile per migliorare la penetrabilità di una miscela in quanto determinano la modifica del comportamento della sospensione riducendo la segregazione della miscela, favorendo la ritenzione dell'acqua, aumentandone la stabilità sotto pressione. Analogamente consentono di mantenere la viscosità a valori molto bassi per non ostacolare il proseguimento dell'iniezione e consentire l'intasamento dei volumi previsti. La **Linea underground e tunnelling di DRACO** offre miscele cementizie e additivi specifici per miscele da iniezione e per la realizzazione e l'ancoraggio di micropali e tiranti.

Le miscele cementizie

FLUECO 77 CABLE è un prodotto a base cementizia pronto all'uso, privo di agenti espansivi, metallici e di cloruri, formulato per confezionare boiacche d'iniezione assolutamente impermeabili, chimico-resistenti che assicurano una completa protezione ai cavi post-tesi e alle barre d'acciaio dalla corrosione sotto tensione (*stress corrosion*). La boiaccia d'iniezione che si ottiene con FLUECO 77 CABLE è estremamente fluida con alte resistenze meccaniche iniziali e finali, sia alle brevi che alle lunghe stagionature, a ritiro compensato, priva di acqua d'essudazione (*bleeding*), pompabile, impermeabile e durevole, con elevata adesione all'acciaio ed al calcestruzzo. L'elevata fluidità consente la penetrazione negli interstizi compresi fra i trefoli d'acciaio e fra il trefolo e la guaina, mentre la compensazione del ritiro, garantisce il perfetto riempimento delle cavità ove è iniettata.

Campi d'applicazione

- Iniezioni per il riempimento delle guaine contenenti trefoli post-tesi;
- ancoraggio di barre e cavi in acciaio sottoposte ad elevate tensioni da trazione;
- riempimento dei giunti strutturali di elementi prefabbricati;
- iniezioni in calcestruzzi alveolati, muratura, rocce, anche in presenza di agenti aggressivi quali solfati, cloruri, ecc.



Figura 4 – Preparazione della miscela cementizia mediante FLUECO 77 cable.

Gli additivi

DRACRIL 771 è una miscela di polimeri sintetici ad alto peso molecolare, solubili in acqua, appositamente formulata per interagire con polveri fini e finissime quali cementi, microcementi, miscele bentonitiche e leganti idraulici microfini. Incrementando l'azione diffusiva e consolidante delle miscele da iniezione binarie, ternarie e quaternarie è ideale per fluidificare miscele cementizie per iniezioni di consolidamento su terreni e fondazioni. L'elevato effetto disperdente favorisce una forte azione deflocculante e un'ottima dispersione dei finissimi in presenza d'acqua. Il prodotto viene normalmente impiegato ove è richiesta un'elevatissima fluidità ed iniettabilità di miscele cementizie da iniezione, anche a bassi rapporti acqua/legante, con benefici effetti di pompabilità, penetrabilità della miscela stessa e minore attrito nelle tubazioni.

Campi d'impiego

Le miscele confezionate con DRACRIL 771 vengono utilizzate per:

- ✓ confezionamento di miscele da iniezione cementizie con bentonite stabili ed estremamente fluide, anche con bassi rapporti acqua-cemento;
- ✓ iniezioni di consolidamento ed impermeabilizzazione di terreni e rocce sino a un K di permeabilità di 10^{-3} cm/s (per coefficienti K di permeabilità secondo Darcy inferiori, usare [DRACOGEL GT2](#));
- ✓ iniezioni di impermeabilizzazione e consolidamento in strutture in c.a. fessurate.

I leganti silicei

Nel caso di terreni limosi e sabbiosi, difficili da trattare con miscele trifasiche bentonite-cemento, il consolidamento e l'impermeabilizzazione può essere effettuato mediante iniezioni chimiche con leganti

monofasici con elevata permeazione. Allo scopo può essere utilizzato [DRACOSOIL](#), una soluzione in fase acquosa di acido polisilicico da utilizzare in abbinamento a reagente silicatico come legante per iniezioni monofasiche di consolidamento di terreni e riduzione della permeabilità idraulica. I vantaggi dell'uso dei leganti sta nella rapidità di indurimento; la modulazione dei tempi di lavorabilità/gelificazione/indurimento; la maggiore permeazione con bassa pressione d'iniezione e minore pericolo di claquage; la forte riduzione dell'acqua d'affioramento (bleeding, sineresi); la maggiore saturazione del permeato anche in presenza di filtrazioni d'acqua; l'azione antivegetativa che blocca il processo di degrado causato da diffusione e sviluppo di microrganismi e vegetazione; la riduzione della permeabilità nell'iniettato; l'incremento delle resistenze meccaniche finali e la durabilità della miscela indurita nel tempo.

Campi d'impiego

Questo prodotto può essere utilizzato anche per sigillature e riparazioni impermeabili su gallerie, dighe, tunnel e condotte interrate in sinergia con [DRACOGEL GT2](#) e per il controllo e contenimento dell'acqua durante le operazioni in sotterraneo utilizzato in abbinamento a sistemi [DRACOFAM S](#) e [MAGISTAR](#), resina poliuretanica idroespansiva flessibile monocomponente da iniezione per la sigillatura di giunti e fessure in strutture soggette a movimento e in presenza di infiltrazioni d'acqua.



Figura 5 – Consolidamento e stabilizzazione dei pendii mediante iniezioni chimiche con DRACOSOIL.

Le resine espandenti

Il consolidamento dei terreni di fondazione mediante iniezione di resine poliuretatiche è un metodo che, da diversi anni, trova larga applicazione. Questi interventi consentono di migliorare le caratteristiche meccaniche e il comportamento sismico dei terreni sottostanti senza aumentarne significativamente il peso specifico e risolvendo i cedimenti differenziali. **DRACOFAM S** è un sistema bicomponente per iniezione a base di resine poliuretatiche e silicati. È composto da miscela di polioli ed additivi (comp. A) e polisocianati derivati (comp. B). Una volta miscelati, i due componenti formano un sistema poliuretano che, in relazione al tenore d'acqua presente, può avere una consistenza variabile da una schiuma compatta ed elastica a una massa dura e tenace. Nel momento in cui la miscela non trova più acqua questa indurisce formando un materiale compatto, altamente tenace con elevate proprietà adesive. Ciò significa che con un unico ciclo applicativo si ottiene una barriera all'acqua nonché un efficace consolidamento della zona trattata. DRACOFAM S è particolarmente indicato in tutti quei casi nei quali sia necessario bloccare in modo rapido e permanente infiltrazioni d'acqua di media e alta portata. Nei casi di opere controterra o interrate, il prodotto, oltre a sigillare, consolida e stabilizza il terreno riducendo così la possibilità di franamento.



Figura 6 – Iniezioni di consolidamento mediante resine espandenti.

Le malte espansive ecocompatibili

Il consolidamento e l'impermeabilizzazione di terreni, fronti di scavi in gallerie e fondazioni tramite riempimento di cavità e intercapedini è realizzabile anche a mezzo di iniezioni di boiacca cementizia espansiva. Allo scopo, nella linea underground e tunnelling di DRACO è disponibile anche **DRACOFRONT XP**,

un premiscelato a base cementizia ad alta diffusione con elevate caratteristiche espansive che garantisce un elevato grado di compattazione statica. Il prodotto permette di sviluppare intasamenti dei macro-meso vuoti senza subire il fenomeno di saponificazione o demolizione per idrolisi del polimero, normalmente riscontrabile nei poliuretani e/o silicati sodici, a vantaggio della lunga durabilità del trattamento. La sua particolare reologia tixotropica permette il controllo del fronte d'iniezione, impattando minimamente sulle falde, come avviene nelle miscele cementizie binarie/ternarie, per idrodiluizione e/o bassa coesione, purchè iniettato con bassi gradienti idraulici (basse portate). Terminata la fase espansiva, il prodotto mantiene il suo volume e non è soggetto ad importanti fenomeni di ritiro.

Per maggiori approfondimenti sui prodotti della Linea UNDERGROUND E TUNNELLING di DRACO visita la [sezione](#) del sito dedicata.