



# **GROUNDFIX<sup>®</sup>**

**MICROPALI ATTIVI PRESSO INFISSI**

# SPECIALISTI NEI CONSOLIDAMENTI

TECNOLOGIE  
MINI INVASIVE



# GROUNDFIX®

## Micropali attivi presso infissi



In generale i micropali (diametro < 300 mm) sono correntemente utilizzati in due principali applicazioni: come **elementi strutturali** e **rinforzo dei terreni**. L'impiego come elementi strutturali comprende nuove fondazioni, pali di sottofondazione, miglioramenti statici di vecchie strutture situate in zona sismica ed opere di sostegno dei terreni.

Quali elementi di consolidamento dei terreni i micropali sono invece utilizzati per la stabilizzazione dei versanti come elementi di riduzione dei cedimenti.

**GROUNDFIX®** di GEOSEC® si propone come **tecnologia di palificazione attiva** ovvero non destinata a contrastare azioni orizzontali.

Mini invasiva cioè senza asportazione di terreno, che si avvale di speciali elementi modulari in acciaio tra loro opportunamente assemblati ed infissi a pressione puntuale nel terreno mediante martinetti idraulici, resi solidali alla struttura originaria di fondazione grazie a piastre d'acciaio adeguatamente dimensionate e speciali malte di ancoraggio ad alta resistenza.



# Metodologia di progetto



## Calcolo della resistenza del micropalo

La resistenza caratteristica del sistema micropalo-terreno può essere calcolata principalmente in due modi:

- 1) Tramite correlazioni empiriche basate sui risultati di prove eseguite in sito o metodi analitici che si basano sui parametri geotecnici del terreno.
- 2) Tramite l'esecuzione di una prova di carico su micropalo pilota. Delle due opzioni la seconda è sicuramente preferibile laddove percorribile e prevista dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) al paragrafo 6.4.3.7.1.

Tra i principali aspetti progettuali si ricordano:

- Scelta del tipo di palo.
- Calcolo della portata caratteristica e di progetto nonché scelta dei metodi adottati per il calcolo.
- Scelta del numero di pali.
- Scelta dei collegamenti/ancoraggi.
- Verifica della durabilità dei materiali nelle condizioni di esercizio.
- Modellazione dell'iterazione fondazione-sovrastuttura.

## Metodo ICP sviluppato dall'Imperial College di Londra

Nell'ambito del progetto del micropalo infisso **GROUNDFIX®** è consigliabile utilizzare il metodo ICP sviluppato dall'Imperial College di Londra.

Il metodo può essere ben considerato nel caso **GROUNDFIX®**, per i seguenti 2 motivi:

1) È stato sviluppato considerando prove di carico eseguite su micropali infissi del diametro di 100 mm quindi molto vicino al **GROUNDFIX®**.

2) Si basa su risultati di prove preferibilmente CPT/CPTU o alternativamente SPT o DPSH con utilizzo di rivestimento laterale. Il metodo suggerisce la procedura proposta per il calcolo della portata limite per attrito laterale,  $Q_s$ , e della portata limite di base,  $Q_p$ , rispettivamente per materiale sabbioso ed argilloso. La somma delle due componenti ci fornisce la  $Q_{lim}$  del sistema micropalo-terreno:

$$Q_{lim} = Q_p + Q_s$$

avendo accortezza di distinguere se il palo ha punta chiusa, punta aperta con formazione di tappo alla base o punta aperta senza formazione di tappo.



# ASPETTI NORMATIVI E PROGETTUALI

# LE FASI OPERATIVE

INSTALLAZIONE  
DEI MICROPALI



# 1 Predisposizione del cantiere



Per l'installazione dei micropali potrebbe essere necessario eseguire degli scavi in prossimità della struttura di fondazione originaria e tali da garantire l'operatività in sicurezza delle nostre maestranze.



## 2 Posa delle piastre d'acciaio



Verificata l'integrità e l'adeguatezza della struttura di fondazione originaria si procede alla posa di piastre d'acciaio opportunamente dimensionate ad accogliere l'aggancio dell'impianto di spinta del palo e a permettere il collegamento micropalo/fondazione esistente.

Queste piastre sono preferibili agli inghisaggi con malte cementizie, in quanto consentono di scongiurare il rischio punzonamento, oltre che permettere anche a distanza di tempo di re-intervenire sulle bullonature.



### 3 Infissione degli elementi modulari



Posizionato il castello di infissione, si procede con l'inserimento di elementi modulari sequenziali, che andranno a costituire il palo di fondazione.

Ogni elemento viene condotto in posizione grazie alla spinta dell'impianto di infissione, controllato fuori terra dai tecnici **GEOSEC®**.

Ogni modulo viene congiunto al precedente così da costituire un unico elemento strutturale.

La spinta procede lentamente, anche su più pali contemporaneamente, sotto il controllo del sollevamento delle strutture, mediante livello laser di precisione.



## 4 Ancoraggio del micropalo

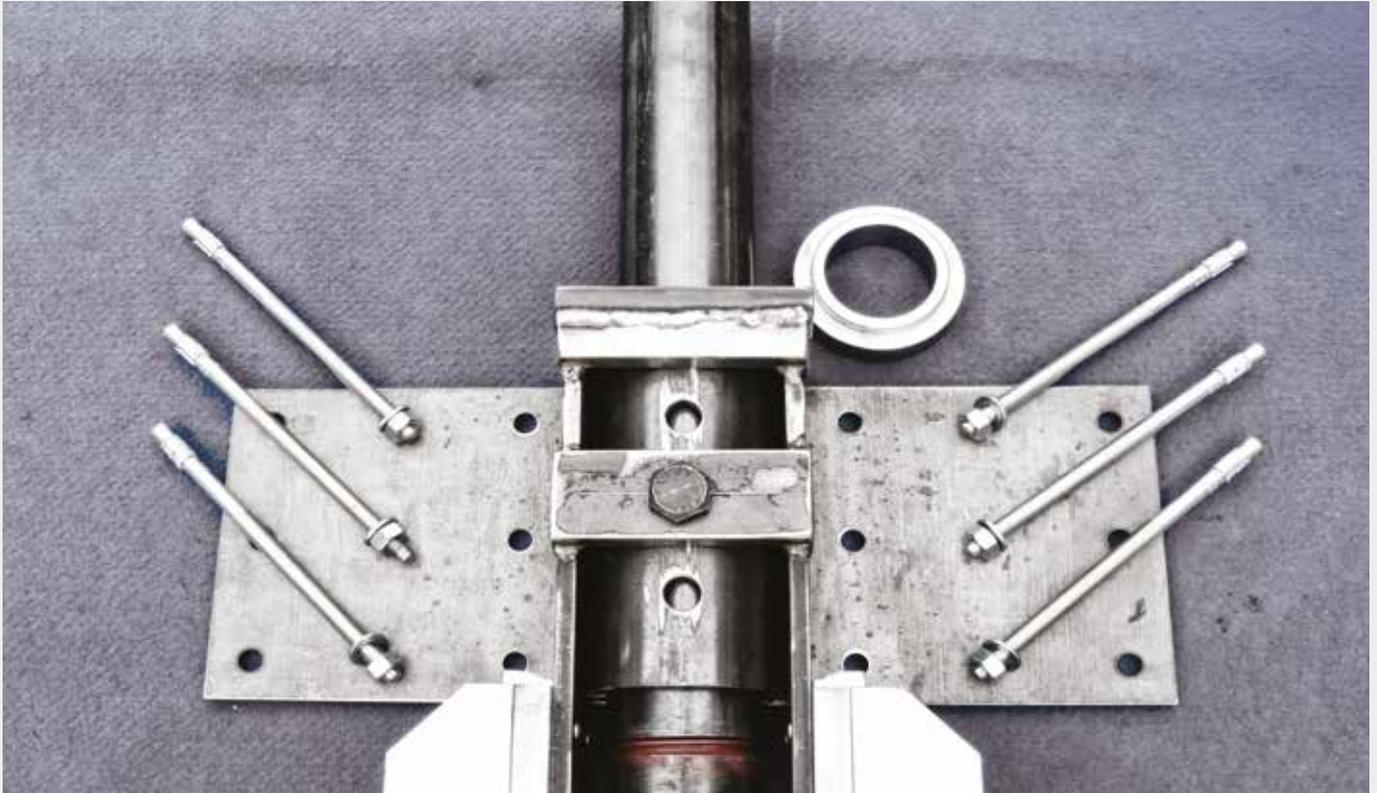


Raggiunta la profondità di progetto o la pressione di rifiuto, si potranno applicare anche carichi superiori a quelli di esercizio con conseguente inibizione del cedimento primario post collegamento. A seguire il palo verrà reso solidale con la fondazione originaria, grazie al fissaggio mediante piastra di ancoraggio. Infine fissato l'ultimo elemento si procede tagliando la parte di palo che risulterà in eccedenza alla testa.



# SPECIFICHE TECNICHE

## MICROPALO GROUNDFIX®



Il sistema di pali presso-infissi **GROUNDFIX®** si basa sull'impiego di speciali elementi modulari in acciaio S355J2 dal diametro di 63/76/114 mm. L'installazione del palo avviene grazie all'ausilio di martinetti idraulici solidarizzati alla fondazione dell'edificio mediante apposite piastre in acciaio. Le piastre possono essere di differente dimensionamento e geometria in funzione delle esigenze di progetto e di cantiere. Sono disponibili piastre per ancoraggi verticali laterali, oppure da annegare in platee armate. La nostra carpenteria è in grado di soddisfare ogni necessità progettuale e operativa.

### Tubolari e piastre

Acciaio tipo S355 per spessori  $t < 40$  mm

- $f_{yk}$  [MPa]=355  
(Resistenza caratteristica di snervamento)
- $f_{tk}$  [MPa]=510  
(Resistenza caratteristica a rottura)

### Bulloneria

Le piastre vengono fissate alla fondazione mediante speciali elementi fino ad un massimo di 18 elementi di ancoraggio del diametro di 12 mm.

L'accoppiamento finale piastra-palo avviene per mezzo di bulloni in acciaio ad alta resistenza appartenenti alle classi come indicato nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17.01.2018:

Vite classe 10.9 - Dado classe 10

- $f_{yb}$  [MPa]=900  
Resistenza caratt. di snervamento dei bulloni
- $f_{tb}$  [MPa]=1000  
Resistenza caratteristica di rottura dei bulloni
- Le barre filettate per l'ancoraggio ad espansione sono in acciaio zincato con dado e rondella maggiorata per il fissaggio strutturale, anche utilizzate per interventi di adeguamento sismico.
- Qualifica sismica – Le misure da M12 a M20 sono approvate per la prestazione sismica in categoria C1 e C2.
- Approvate per progettazione in esposizione al fuoco fino a 120'.
- Certificato ETA Opzione 1 – può essere utilizzata per zona tesa (calcestruzzo fessurato) o compressa (non fessurato) per applicazioni sensibili ai fini della sicurezza.
- Inserimento rapido in foro mediante pochi colpi di martello.
- Rapidità di serraggio.
- Filettatura su tutta la lunghezza.

# Caratteristiche dell'impianto di spinta



L'installazione del palo avviene grazie all'ausilio di martinetti idraulici solidarizzati alla fondazione dell'edificio mediante piastre in acciaio, le quali verranno saldamente ancorate alla fondazione mediante speciali elementi di fissaggi costituiti da 18 barre di ancoraggio. I cilindri con ritorno a olio per spinta e trazione possono garantire una pressione massima di esercizio fino a 700 bar, con corsa da 30-260 mm e una forza compresa tra 5 e 30 t. L'energia di spinta avviene mediante una poco ingombrante centralina elettrica in dotazione al team **GEOSSEC®** a sua volta alimentata da un gruppo elettrogeno posizionato su camion/officina.

## Vantaggi della soluzione

Il vantaggio dell'utilizzo delle piastre consente la possibilità di eseguire le verifiche del sistema d'ancoraggio in fase di progettazione e di dimensionare correttamente le bullonature. Le principali verifiche sono:

**Verifica a taglio della bullonatura;**  
**Verifica a rifollamento della piastra;**  
**Verifica a compressione del calcestruzzo delle strutture di fondazione esistenti.**



# Formule di calcolo delle verifiche

## VERIFICA A TAGLIO DELLA BULLONATURA

Per la verifica della bullonatura del palo viene considerato il carico di progetto derivante dall'elaborazione dei risultati della prova di carico su micropalo pilota e calcolato secondo l'approccio progettuale previsto dalle nuove NTC 2018. Lo sforzo di taglio viene quindi distribuito sui tre bulloni in modo da tale che su ciascuno di esso agisca 1/3 dello sforzo totale. La resistenza a taglio del singolo bullone di classe 10.9 si ricava con la seguente formula:

$$F_{v,Rd} = \frac{0.5 \cdot A_{res} \cdot f_{tb}}{\gamma_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$

In cui:

$F_{v,Ed}$  = forza di taglio agente sul piano di taglio considerato

$F_{v,Rd}$  = resistenza di calcolo al taglio del bullone

$A_{res}$  = area resistente della parte filettata della vite

$f_{tb}$  = resistenza a rottura del materiale della vite

$\gamma_{M2}$  = coefficiente di sicurezza = 1.25

## VERIFICA RIFOLLAMENTO DEL COLLEGAMENTO PIASTRA-MICROPALO

La verifica a rifollamento degli elementi connessi viene eseguita mediante la seguente formula:

$$F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} \geq F_{v,Ed}$$

In cui:

$F_{v,Ed}$  = forza scambiata tra gli elementi connessi

$F_{b,Rd}$  = resistenza di calcolo a rifollamento della piastra dell'unione considerata

$f_{tk}$  = resistenza a rottura del materiale della piastra

$\gamma_{M2}$  = coefficiente di sicurezza = 1.25

$t$  = spessore della piastra

$d$  = diametro nominale della vite

$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3d_0}; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$  per bulloni di bordo nella direzione del carico applicato

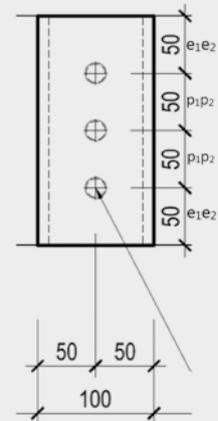
$\alpha = \min \left\{ \frac{p_1}{3d_0} - 0.25; \frac{f_{tb}}{f_{tk}}; 1 \right\}$  per bulloni interni nella direzione del carico applicato

$k = \min \left\{ 2.8 \frac{e_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\}$  per bulloni di bordo nella direzioni perpendicolare al carico

$k = \min \left\{ 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7; 2.5 \right\}$  per bulloni interni nella direzione perpendicolare al carico

$d_0$  = diametro nominale del foro

N.B. : nel nostro caso a causa della geometria della piastra  $e_1 \cong e_2$  e  $p_1 \cong p_2$ .



## VERIFICA A COMPRESSIONE DEL CALCESTRUZZO

Occorre verificare inoltre che l'ancoraggio piastra-struttura di fondazione non porti a rottura il calcestruzzo della struttura esistente.

L'ancoraggio avviene mediante 18 bulloni M12 ancorati nel calcestruzzo per una profondità di 20 cm.

Ipotizzando che su ciascun bullone agisca una forza pari a  $R_d/18$  ed ipotizzando che il bullone trasferisca al calcestruzzo le tensioni solamente per metà della superficie laterale avremo:

$$f_{ed} = T_b / (A_b \cdot L_b \cdot 0.5)$$

La resistenza a compressione del calcestruzzo è data dalla seguente formula:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

In cui:

$\alpha_{cc}$  = coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata = 0,85

$\gamma_c$  = coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo = 1,5

Ovviamente la verifica risulta soddisfatta se  $f_{cd} > f_{ed}$ .

# PERCHÉ SCEGLIERE GEOSEC

I NOSTRI PUNTI  
DI FORZA



# SCEGLI L'ORIGINALE



## SOLUZIONI TECNICHE QUALIFICATE

Grazie a disciplinari tecnici organizzati e conformi alle norme di riferimento per valorizzare processi operativi e garantire i più elevati standard qualitativi.



## AFFIDABILITÀ E COMPROVATA SERIETÀ

Da oltre 15 anni sempre con la medesima ragione sociale garantiamo sicurezza e stabilità alle vostre costruzioni.

# VANTAGGI TECNICI



- Possibilità di collaudare la portata di ogni singolo micropalo;
- Possibilità di pre-carico attivo;
- Assenza di materiale di risulta;
- Rapidità nei tempi di realizzazione;
- Ridotto impatto del cantiere;
- Assenza di vibrazioni durante l'infissione dei micropali;
- Quando la struttura lo consente, sarà possibile il recupero di cedimenti.

# GARANZIA POSTUMA DEGLI INTERVENTI



## QUALITÀ GARANTITA

Questa di **GEOSEC®** è una soluzione unica nel suo genere, qualificata da prestigiose certificazioni e corredata da garanzia decennale, con possibilità di estensione a quella assicurativa postuma, grazie alla collaborazione con compagnie internazionali di primaria importanza.



## VUOI SAPERNE DI PIÙ?

CONTATTACI LIBERAMENTE E SENZA IMPEGNO,  
UNA RETE DI TECNICI SPECIALIZZATI IN TUTTA ITALIA  
È A TUA COMPLETA DISPOSIZIONE.

**GEOSEC srl** - Via Mercalli 2/a - Parma 43122 - Italy

**SOPRALLUOGO  
E PREVENTIVO  
GRATUITI**

Servizio Clienti  
**800.045.645**  
[www.geosec.it](http://www.geosec.it)

 **GEOSEC**  
GROUND ENGINEERING