

SOMMARIO

Il metodo TFEG[®] consente di migliorare le caratteristiche di trasferimento del carico da pali di fondazione, di piccolo, medio o grande diametro, o da tiranti di ancoraggio nel terreno circostante. Il miglioramento avviene attraverso l'estrusione di manicotti metallici nel terreno, preventivamente predisposti sia lungo il fusto sia alla punta e collegati all'armatura dell'elemento di fondazione. La tecnica TFEG[®] (acronimo per *Thriving Friction by Extruded Gear* o *Trasferimento di Forze con Estrusione Guidata*), risponde all'esigenza che l'ingegnere geotecnico ha sempre avuto di aumentare l'efficienza del trasferimento dei carichi o di ridurre l'entità dei cedimenti richiesti per la mobilitazione della resistenza alla punta dei pali. Vengono presentati i risultati sperimentali di prove di carico condotte in un campo prova di un sito geotecnicamente caratterizzato. Tali risultati hanno consentito di verificare l'attendibilità di un semplice modello geotecnico adottato per la valutazione del contributo degli elementi estrusi, basato sull'applicazione delle semplici formulazioni valide per fondazioni dirette (modello di fondazione superficiale equivalente FSE).

Fondazioni profonde, micropali, tiranti, pali, ancoraggi.

1 INTRODUZIONE

E' in fase di avanzata sperimentazione una nuova metodologia di miglioramento del comportamento delle opere geotecniche nel sottosuolo che va sotto il nome di TFEG[®]. Il metodo consiste nel migliorare le caratteristiche di trasferimento del carico da pali di fondazione, di piccolo, medio o grande diametro, o da tiranti di ancoraggio, al terreno circostante, sia lungo il fusto sia alla punta, attraverso l'estrusione di manicotti metallici nel terreno, preventivamente collegati all'armatura dell'elemento di fondazione. La tecnica TFEG[®] (acronimo per *Thriving Friction by Extruded Gear* o *Trasferimento di Forze con Estrusione Guidata*), risponde all'esigenza che l'ingegnere geotecnico ha sempre avuto di aumentare l'efficienza del trasferimento dei carichi lungo il fusto, o di ridurre l'entità dei cedimenti richiesti per la mobilitazione della resistenza alla punta del palo.

Nel passato, a tale istanza giungevano risposte consistenti in iniezioni di miscele più o meno in pressione, che creassero, oltre ad un miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno circostante e quindi un miglioramento dei parametri su cui confidare per la resistenza del palo, anche una sorta di propaggine del fusto

del palo, lungo la sua lunghezza o alla base. Nacquero così, a partire dagli anni '50 del secolo scorso, diversi brevetti, dal palo radice al tubfix, al prepacked e così via. Nel recente passato si sono affermati sistemi di presollecitazione alla base, finalizzati per lo più a semplificare e economizzare le procedure di prove di carico di sito, soprattutto per pali di grande diametro.

Il sistema TFEG[®], viceversa, oltre a rispondere alle suddette esigenze, si presta a migliorare effettivamente le prestazioni di risposta del palo o del tirante, mediante l'inserimento di propaggini meccaniche all'interno del terreno, in direzione orizzontale, verticale o inclinata. La flessibilità del sistema ne consente l'applicazione a qualsiasi tipo di fondazione profonda, sia ai pali trivellati, sia a quelli con parziale asportazione di terreno (pali tipo CFA), sia a quelli infissi staticamente (*silent piles*) o dinamicamente (*driven piles*).

L'uso di tali dispositivi rientra, peraltro, nell'esigenza di rispondere alla necessità di migliorare le prestazioni delle fondazioni in ambiente urbano, a parità di dimensioni, riducendo l'impatto ambientale di opere, attrezzature e cantieri, limitando costi e tempi di lavorazione. L'applicazione del metodo è stata oggetto di un primo campo prova su micropali, con una sperimentazione diretta

nel sito di San Giovanni a Teduccio (NA), consistita nell'esecuzione di 14 prove di carico con diverse architetture di micropali e di TFEG®. L'analisi dei dati sperimentali ha consentito di validare un semplice metodo di previsione del contributo di resistenza dei manicotti all'insieme palo-terreno.

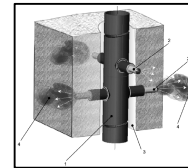


Figura 2. Schema di funzionamento del dispositivo TFEG®

2 IL FUNZIONAMENTO DEL SISTEMA

Il metodo TFEG® si basa sull'estrusione, dopo il getto del fusto del palo, di manicotti telescopici (figura 1), articolati in uno o più stadi, preventivamente disposti all'interno del palo e connessi all'armatura.

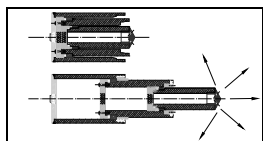


Figura 1. Dispositivo TFEG® in fase chiusa ed espansa

Le dimensioni dei manicotti e la conseguente elongazione è funzione delle geometrie degli elementi in cui sono inseriti. Le elongazioni massime per manicotti TFEG® a due e tre stadi installati su micropali per i diametri delle relative armature sono riportate in Tabella 1.

Tabella 1. Aperture dei dispositivi TFEG®

APERTURA MANICOTTO TFEG® MICROPALI		
Diametro tubo armatura D (mm)	Apertura massima TFEG® 2 STADI (mm)	Apertura massima TFEG® 3 STADI (mm)
88,9	414,5	532,3
96	450	582
101,6	478	621,2
108	510	666
114,3	541,5	710,1
127	605	799
133	635	841
139,7	668,5	887,9
152,4	732	976,8
159	765	1023
168,3	811,5	1088,1
177,8	859	1154,6
193,7	938,5	1265,9
219,1	1065,5	1443,7

L'apertura dei manicotti telescopici avviene, nel caso dei micropali, una volta realizzata la guaina esterna, mediante l'iniezione di miscela cementizia attraverso tubi di piccolo diametro connessi ad una pompa ad alta pressione. Al termine dell'estrusione dell'ultimo stadio del manicotto è altresì possibile procedere all'iniezione di miscela attraverso appositi orifizi predisposti all'estremità del manicotto (figura 2).

La particolare strutturazione degli interstizi all'interno di ciascuno stadio del manicotto telescopico fa sì che solo quando l'estrusione è completa avviene l'iniezione dall'orifizio terminale dell'ultimo stadio. Ciò rappresenta un controllo diretto dell'avvenuta completa estrusione del manicotto telescopico, evidenziata dal repentino abbattimento della pressione di iniezione. Completata l'estrusione, si realizza la fase finale di saturazione del nucleo di armatura. Nel caso dei pali, l'apertura dei manicotti avviene dopo il getto del fusto se i pali sono gettati in opera, o della loro infissione negli altri casi.

L'uso più diffuso del dispositivo prevede il posizionamento orizzontale dei manicotti lungo il fusto (S-TFEG® - (shaft), figura 3 e foto 1) o alla base del palo (B-TFEG® (base), figura 4), al fine di aumentarne la capacità portante per adesione laterale o alla base.

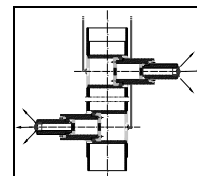


Figura3. Manicotti S- TFEG®



Foto1. Micropalo con manicotti S- TFEG®

Analogamente, nel caso dei tiranti o degli ancoraggi il contributo di capacità portante si esplica attraverso un incremento della resistenza allo sfilamento (figura 5).

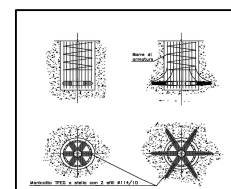


Figura 4. Dispositivi B-TFEG®

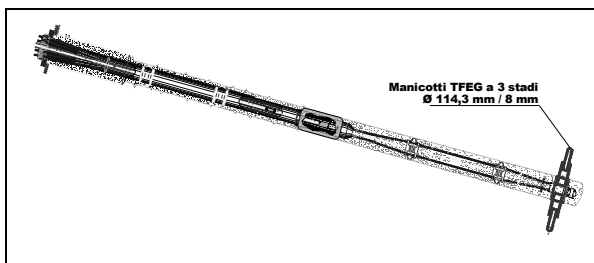


Figura 5. Applicazione TFEG® per tiranti

La flessibilità del metodo non ne impedisce l'utilizzo per altre conformazioni geometriche come elementi inclinati o verticali (figura 6). In quest'ultimo caso, il TFEG® posizionato alla base del palo può consentire l'esecuzione di prove di carico di collaudo in forma inversa, come avviene con le tradizionali load cell.

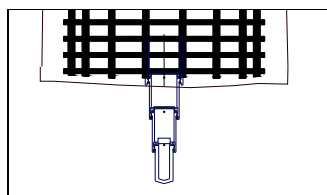


Figura 6. TFEG® verticale alla base del palo

3 CAMPO SPERIMENTALE DI APPLICAZIONE SU MICROPALI

La metodologia è stata oggetto di una sperimentazione preliminare consistente in 14 prove di carico assiali su micropali di diversa lunghezza e con diversa architettura TFEG®. Il sito in cui sono state realizzate le prove è caratterizzato dalla presenza di piroclastiti rimaneggiate di natura sabbiosa e limosa. La falda non è stata riscontrata.

La stratigrafia e le caratteristiche geotecniche salienti sono riportate rispettivamente nella Tabella 3 e nella figura 7, mentre nelle figure 8 e 9 si riportano rispettivamente il diagramma della resistenza alla punta e l'indice F (resistenza alla punta/resistenza laterale) per due prove penetrometriche statiche eseguite.

Le prove di carico sono state eseguite a contrasto su ulteriori micropali, avendo predisposto gli elementi secondo il reticolo di figura 10.

L'armatura del micropalo è costituita da un tubo di diametro esterno 114 mm e spessore 8.8 mm. Tutti i TFEG® sono costituiti da manicotti a due stadi con le caratteristiche geometriche riportate in Tabella 2.

Tabella 2. Caratteristiche geometriche degli stadi

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE MANICOTTO TFEG®		
Tipo stadio	Lunghezza(m)	Diametro(mm)
Primo	93.50	58
Secondo	76.93	37

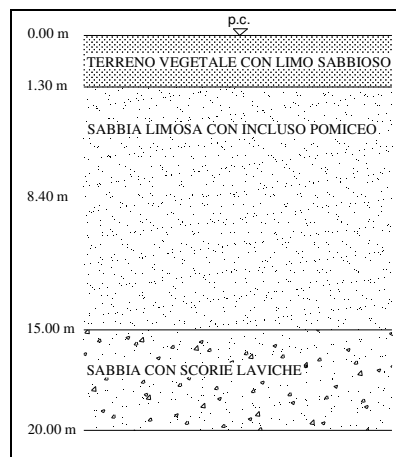


Figura 7. Stratigrafia del sottosuolo

Tabella 3. Caratterizzazione geotecnica del sito

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA					
z(m)	γ [KN/m ³]	c[KPa]	ϕ [°]	γ [KN/m ³]	E[MPa]
0.00-1.60	19	0	28	19	16
1.60-8.00	19	0	32	19	3
8.00-13.20	19	0	32	19	8
13.20-16.40	19	0	30	19	4
16.40-18.60	19	0	30	19	39

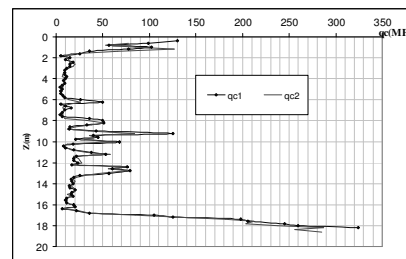


Figura 8. Diagramma di Rp per prove penetrometriche statiche

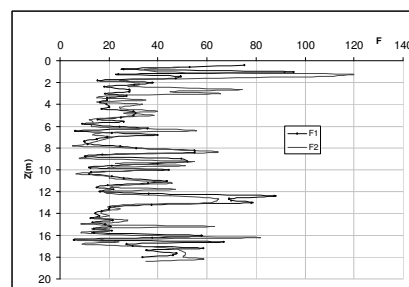


Figura 9. Diagramma dell'indice F

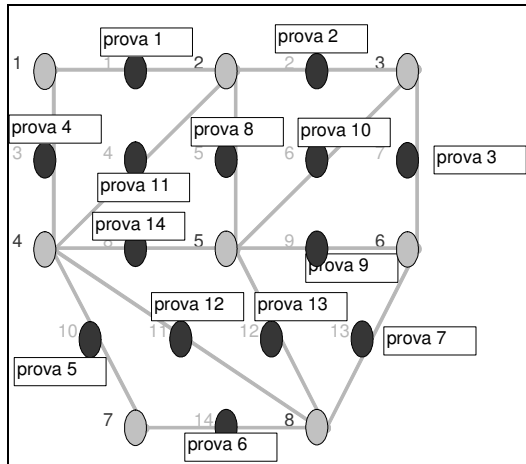


Figura 10. Campo prova nel sito di S. Giovanni a Teduccio

Sono stati sottoposti a prova micropali di 4 diverse lunghezze, comprese tra 3.2 e 10.2 metri. Per ciascuna configurazione sono state esaminate diverse combinazioni di sezioni con TFEG®, rispettivamente in numero crescente tra 1 e 3, con incremento progressivo delle sezioni con dispositivo dal basso verso l'alto. I risultati ottenuti dalle prove di carico sono riepilogati nelle figure PC1, PC2, PC3, PC4 e nella Tabella 4.

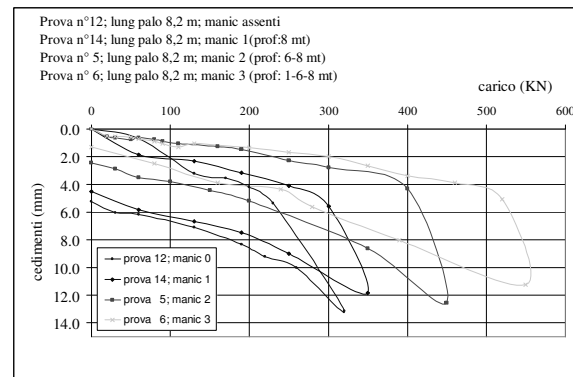


Figura PC3. Curve prove di carico micropalo l=8.20 m

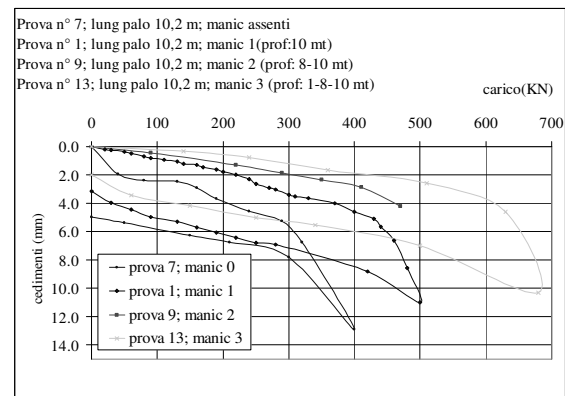


Figura PC4. Curve prove di carico micropalo l=10.20 m

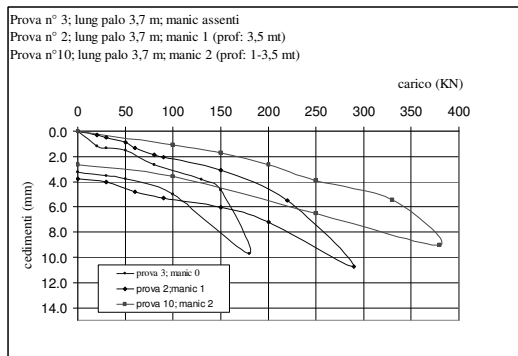


Figura PC1. Curve prove di carico micropalo l=3.70 m

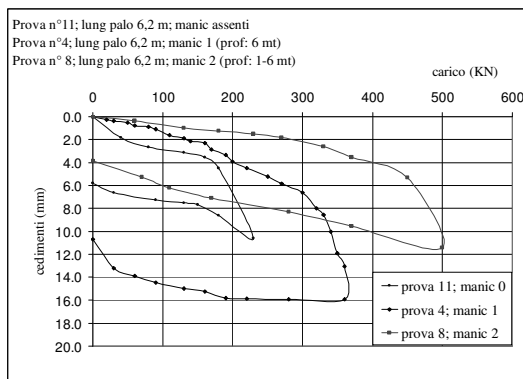


Figura PC2. Curve prove di carico micropalo l=6.20 m

Tabella 4. Risultati ottenuti dalla sperimentazione di S. Giovanni a Teduccio

RISULTATI SPERIMENTALI OTTENUTI						
prova di carico	lung. microp. (m)	n° TFEG®	z TFEG® (m)	Pult (KN)	cedim max (mm)	cedim resid (mm)
3	3.7	0	0	180	9.72	3.22
2	3.7	1	0-3.5	290	10.74	3.78
10	3.7	2	0-3.5-1	380	9.03	2.63
11	6.2	0	0	230	10.61	5.78
4	6.2	1	0-6	360	15.91	10.70
8	6.2	2	0-6-1	490	11.44	3.85
12	8.2	0	0	320	13.15	5.24
14	8.2	1	0-8	350	11.83	4.50
5	8.2	2	0-8-6	450	12.53	2.45
6	8.2	3	6	560	11.24	1.31
7	10.2	0	0	390	12.90	4.96
1	10.2	1	0-10	500	11.00	3.15
9	10.2	2	0-10-8	0		
13	10.2	3	0-10-8-1	690	10.33	2.00

I dati numerici evidenziano, nelle varie configurazioni dei micropali di prova, l'effetto della presenza dei TFEG® sul valore di rottura del sistema micropalo-terreno. All'aumentare del numero delle sezioni con TFEG® aumentano significativamente i valori di carico massimo al collasso. All'aumentare del carico ultimo, incrementando le sezioni TFEG® aumenta, inoltre, la rigidità del sistema

palo-terreno (figura 11), e diminuisce la componente plastica dello spostamento (figura 12). Al contrario, per i micropali dotati di dispositivo, la deformabilità massima e residua dell'insieme tende ad aumentare all'aumento della profondità media del TFEG®.

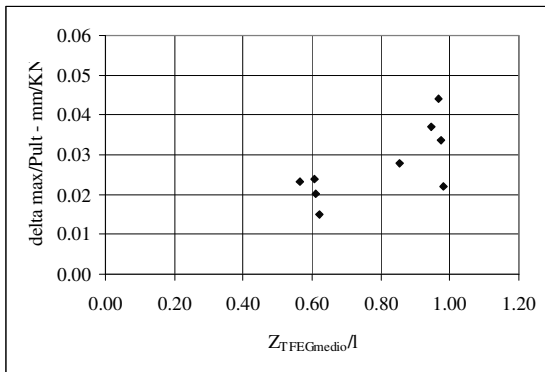


Figura 11. Diagramma cedimenti massimi-carico ultimo

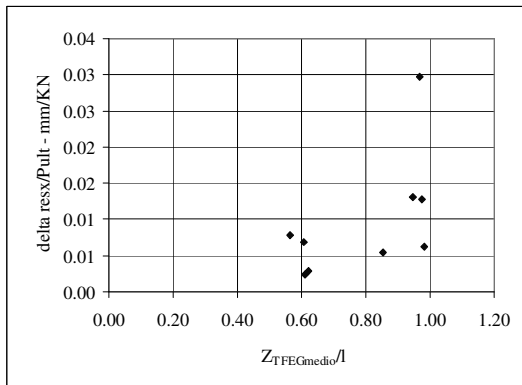


Figura 12. Diagramma cedimenti residui-carico ultimo

4 MODELLO DI PREVISIONE DEL COMPORTAMENTO DEL TFEG®

Per l'interpretazione dei risultati sperimentali è stato messo a punto un semplice modello teorico di comportamento – modello di Fondazione Superficiale Equivalente o FSE –, che ha fornito interessanti indicazioni sull'affidabilità della previsione del contributo di miglioramento che il sistema offre nel caso di elementi snelli compressi.

Il singolo manicotto TFEG® si modella come una fondazione rigida diretta indipendente posta alla profondità z_{TFEG} e avente superficie pari alla proiezione sul piano orizzontale dell'area d'impronta del pistone estruso (figure 13 e 14). Si assume quale dimensione caratteristica D_{TFEG} il diametro medio degli stadi. Il contributo alla capacità portante laterale fornita dal dispositivo TFEG® è valutata attraverso il calcolo della portanza della fondazione

superficiale equivalente secondo la formulazione classica di Brinch – Hansen (1):

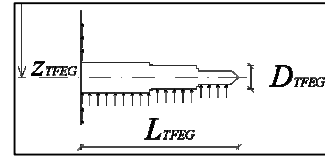


Figura 13. Modello di fondazione diretta per dispositivo TFEG®

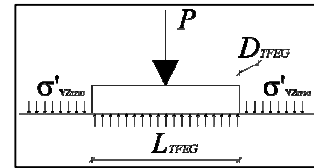


Figura 14. Modello di calcolo FSE della portanza

$$Q_{lim} = \left(N_q * \sigma'_{vz_{TFEG}} + N_c * c' + N_\gamma * \frac{D_{TFEG}}{2} \right) * A_{TFEG} \quad (1)$$

Le ipotesi alla base del modello semplificato sono conservative, in quanto esso prevede superfici di rottura che si arrestano a livello del piano d'imposta del TFEG, e prescindono dal carattere di tridimensionalità del problema. Non si tiene, inoltre, conto dell'addensamento indotto dall'estrusione nel terreno circostante e del conseguente possibile incremento di resistenza di picco. Per sezioni con dispositivo prossime alla punta appare evidente la perdita di validità del modello.

Sommando semplicemente i contributi della resistenza TFEG® alla resistenza laterale e alla base del palo, non si tiene conto, peraltro, della deformabilità relativa del sistema terreno-palo- TFEG®. Non si ha a priori la possibilità concreta che la resistenza si mobiliti contemporaneamente lungo l'intera altezza del palo, con conseguente sviluppo di fenomeni di rottura progressiva, amplificati dalla deformabilità dell'elemento TFEG® (figura 15). Ne deriva che la capacità portante stimata con l'approccio descritto può risultare sovrastimata.

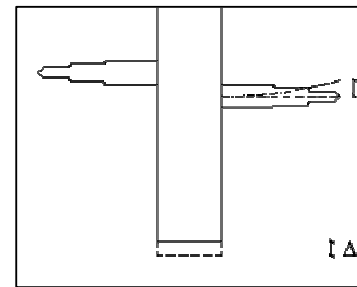


Figura 15. Fenomeno di deformazione del dispositivo TFEG®

5 INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI SPERIMENTALI CON IL MODELLO FSE

L'applicazione del modello FSE per un terreno omogeneo attritivo in assenza di falda, caratterizzato da un angolo di attrito di 30° e 35° , in assenza di coesione, conduce ai risultati della figura 16. Gli stessi risultati sono diagrammati in termini di scostamento percentuale della previsione teorica dai risultati sperimentali nella figura 17 (SGT - Variazioni % $P_{sper}-P_{teor}$). Appare evidente come il modello fornisce in generale valutazioni a favore di sicurezza, soprattutto quando gli incrementi di resistenza dovuti al TFEG[®] sono relativamente contenuti.

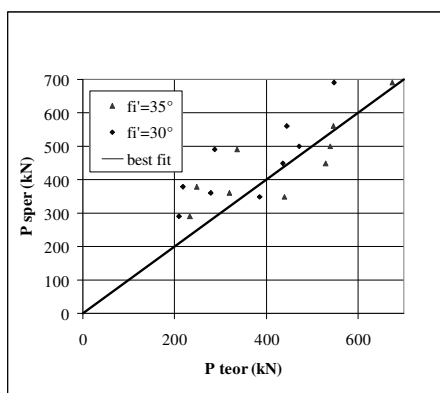


Figura 16. Diagramma $P_{teorico}-P_{sperimentale}$

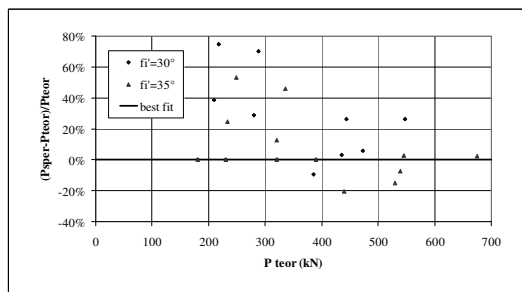


Figura 17. Diagramma variazioni percentuali di carico

Per i valori sperimentali più alti il modello fornisce addirittura una sovrastima della prestazione. Si noti che tali valori si riferiscono ai pali-prova di maggiore lunghezza, e in particolare, con una sola coppia di TFEG[®] disposta in prossimità della punta del palo. In tale configurazione di prova il meccanismo di mobilitazione dell'aliquota di resistenza dovuta al TFEG[®] si avvicina troppo al meccanismo di trasferimento della resistenza alla punta del palo, confermandosi l'inidoneità del modello FSE.

Prescindendo dall'influenza delle modalità esecutive delle guaine, che comunque hanno seguito procedure standardizzate per tutti i micropali di prova, la sottostima dei valori di rottura dei TFEG[®] è relativa ai casi di

micropali di minore lunghezza, con profondità media dei dispositivi rispetto alla lunghezza del micropalo inferiore. Per i manicotti più superficiali e i micropali più corti, quindi, il modello FSE comporterebbe una sottostima della capacità portante. Tale scostamento potrebbe giustificarsi sia con l'effetto di addensamento locale del terreno indotto dall'estrusione del manicotto, sia dall'effetto dell'iniezione terminale ad espansione completata, sia, infine, dall'assenza di fenomeni di rottura progressiva del complesso micropalo-TFEG[®]-terreno. Per gli strati più superficiali, infatti, l'effetto di infissione può assumere un'importanza significativa, come anche l'azione di consolidamento dell'iniezione terminale. D'altro canto, la ridotta lunghezza del micropalo favorisce lo sviluppo contemporaneo dei contributi di portanza dei TFEG[®] e della superficie laterale, attribuendo al metodo di previsione un maggior grado di conservatività. Lo sviluppo di ulteriori fasi sperimentali, peraltro già in atto, potrà contribuire validamente all'introduzione di coefficienti correttivi per una migliore validazione al modello di analisi.

6 ANALISI NUMERICHE DELL'INTERAZIONE MICROPALO- TFEG[®]-TERRENO

Al fine di meglio comprendere il meccanismo di ripartizione degli sforzi tra micropalo e dispositivi, sono state sviluppate analisi di simulazione del comportamento dell'insieme micropalo-TFEG[®]-terreno con un modello FLAC in condizioni geometriche di assial simmetria (figura 18). Si è assunto per il terreno un legame costitutivo elasto-plastico con dominio di rottura alla Mohr-Coulomb e per la sezione del micropalo e dei TFEG[®] un legame elastico lineare. I parametri assunti per il terreno sono riassunti in Tabella 2 riportata nel paragrafo 3.

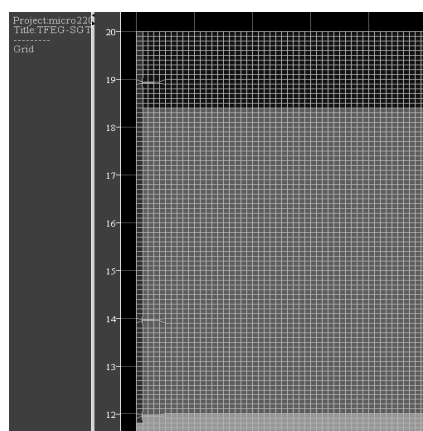


Figura 18. Mesh del modello FLAC

Sono stati simulati i percorsi di carico della prove sperimentali eseguite sui pali 12, 14, 5, 6, rispettivamente senza dispositivi e con TFEG[®] alle profondità di 8, 6 e un metro dal piano di campagna. I risultati della simulazione

numerica sono stati ottenuti assumendo una maggiorazione dei parametri della caratterizzazione geotecnica sopra riportata, affinché la curva carico-cedimenti ottenuta col modello FLAC, in assenza di manicotti, approssimasse la corrispondente curva carico-cedimenti sperimentale. La nuova caratterizzazione geotecnica adottata è riportata in Tabella 5.

I risultati ottenuti sono diagrammati in termini di carico agente in testa al micropalo in funzione dell'abbassamento e sovrapposti ai corrispondenti diagrammi di prova. Di seguito si riportano le figure 19, 20, 21 e 22 rispettivamente per assenza di manicotti, con un manicotto, con due e tre manicotti.

Tabella 5. Parametri maggiorati utilizzati nel modello FLAC

Prof.(m)	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA CORRETTA			
	γ [KN/m ³]	c' [°]	F [°]	E [MPa]
0.00-1.60	19	10	28	64
1.60-8.00	19	10	28	20
8.00-13.20	19	0	33	30
13.20-16.40	19	0	30	100
16.40-20.00	19	0	30	100

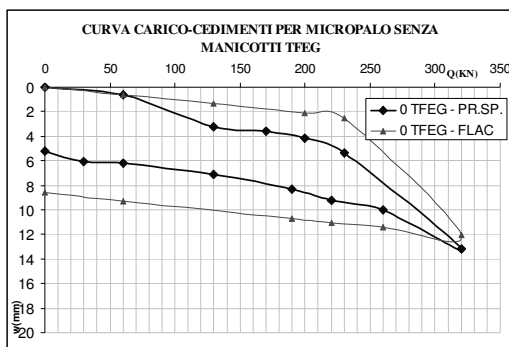


Figura 19. Sovrapposizione curve carico-cedimenti per assenza di manicotti TFEG®

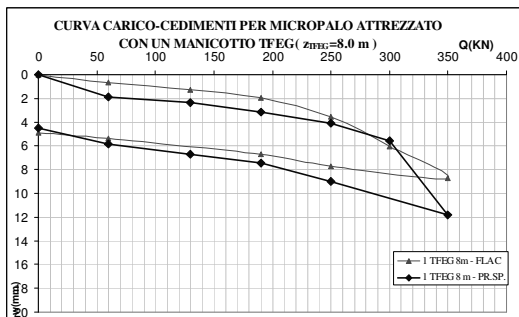


Figura 20. Sovrapposizione curve carico-cedimenti con 1 TFEG®

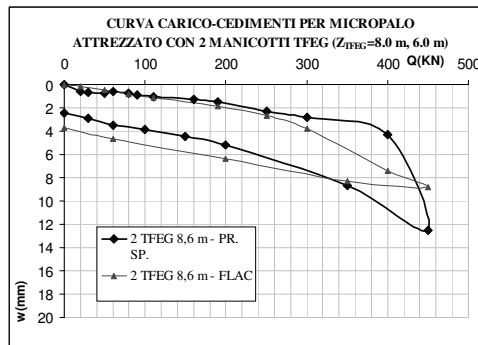


Figura 21. Sovrapposizione curve carico-cedimenti con 2 TFEG®

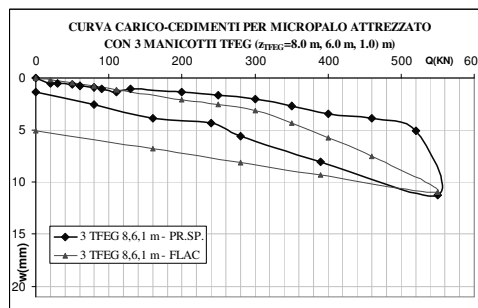


Figura 22. Sovrapposizione curve carico-cedimenti con 3 TFEG®

Si evidenzia un buon accordo, tenuto conto dell'aumento richiesto ai parametri di deformabilità, almeno in parte giustificato con uno stato deformativo che si sviluppa in condizioni sostanzialmente non drenate.

7 APPLICAZIONE DEL B-TFEG® ALLA BASE DI PALI TRIVELLATI (ARCHITETTURA B-TFEG®)

Il funzionamento del dispositivo alla base di pali di medio e grande diametro può similarsi facilmente, in prima approssimazione, attraverso un semplice incremento della superficie di punta del palo. L'incremento della portanza di base pertanto vale:

$$Q_p A_{TFEG}$$

essendo il primo e il secondo termine rispettivamente la pressione limite alla base del palo e la sezione proiettata sul piano orizzontale del dispositivo TFEG®. Sperimentazioni all'uopo programmate potranno fornire a breve una validazione dell'approccio intuitivo seguito.

Appare interessante valutare, in maniera più immediata di quanto possa avvenire per i TFEG® disposti lungo il fusto, la convenienza economica della predisposizione del dispositivo, in relazione alle caratteristiche geotecniche di sito e al costo del palo. Tale condizione si verifica quando il costo unitario del carico ultimo - o di esercizio - con dispositivo TFEG® è inferiore al corrispondente costo in assenza.

Detti:

- C_{pu} il costo unitario del palo;
 L la sua lunghezza;
 C_{TFEG} costo del dispositivo previsto alla base del palo;
 R_l la resistenza laterale del palo;
 R_p la resistenza alla punta del palo in assenza di TFEG®;
 A_p la sezione del palo,

la convenienza dell'uso del TFEG® appare verificata quando si abbia:

$$\frac{C_{TFEG}}{A_{TFEG}} < \frac{C_{pu} \cdot L}{A_p} \cdot \left(\frac{1}{\frac{R_l}{R_p} + 1} \right) \quad (2)$$

Il significato dell'espressione è chiara, ove si osservi che il primo termine rappresenta il costo per superficie unitaria del TFEG®, mentre il secondo è il costo del palo di sezione unitaria moltiplicato per un coefficiente positivo inferiore ad 1. Tale coefficiente è tanto minore quanto maggiore è la resistenza laterale rispetto alla resistenza alla punta. Va da sé, quindi, che quanto più è alta la capacità portante alla base, tanto maggiore è la convenienza ad aumentarne il contributo, a parità di costi unitari sia del palo sia del TFEG®.

ABSTRACT

THE TFEG® SYSTEM FOR THE IMPROVEMENT OF DEEP FOUNDATIONS. FIRST COMPARISONS BETWEEN PREDICTIONS AND PERFORMANCES FOR APPLICATION ON MICROPILES.

Keywords: Piles, micropiles, tie rods, anchors, deep foundations

The TFEG® method consists in improving the characteristics of transfer of the load from drilled piles, of small, middle or large diameter, to the surrounding ground, both along the shaft and at the base. The improvement is allowed by the extrusion of metallic sockets in the ground, preventively connected to the reinforcing steel of the element of foundation. The TFEG® technique (acronym for Thriving Friction by Extruded Gear, see: www.manicottotfeg.it) answers to the demand of increasing the efficiency of load transfer along the shaft (S-TFEG®) or reducing the pile settlement needed for the full mobilization of the base strength (B-TFEG®) of the pile. Improving the performance of bored piles is a need geotechnical engineers have always had.

In the past, consistent answers came by grouting, that sorted in an improvement of the mechanical characteristics of the ground and therefore in an increase of soil parameters on which the evaluation of strength was based. Starting from the years '50 of last century, several patented methods were developed, from the "palo-radice" (root-pile)

to the tubfix, to the pre-packed. Italy has always been at the top of the technological development in the field of special foundation, so that many systems in the constructive practice report to inventions of the National Engineering. In the recent past systems of base pre-loading were set up (load cell and derived), finalized, above all, to simplify the procedures of load tests on site, mainly for large diameter piles.

The TFEG® system not only tries to answer to such request, but moreover allows to improve the performances of bored piles, through the insertion of layers of extruded sockets into the ground, in horizontal and vertical direction. The method is based on the extrusion, after the formation of the sheath in the case of micropiles or of the pouring of the pile, of telescopic sockets, articulated in one or more stages, preventively connected to the pile steel reinforcement. The extrusion is caused by the injection of cement grout or water. The injected fluid used in the former systems through valves is replaced by the driven insertion, through extrusion, of a solid element. By this way, the probabilistic result and, say, hazardous, of improvement of the adhesion or of the surrounding soil-pile friction, is replaced by a deterministic and concrete widening of the shaft or of the base of the pile. At the end of the extrusion of the last stage of the socket it is also possible to carry on the traditional injection process of grouting through special orifices predisposed to the extremity of the socket itself.

Methodology has already been object of a preliminary experimentation on micropiles of different length and with different TFEG® architecture. The preliminary examination of the results has allowed a first comparison between the in situ performances and the theoretical forecasts based on simple models of behaviour.

The evaluation of the effects of the insertion of TFEG® in the soil is based on the simplified hypothesis that the single socket inserted into the soil works as a shallow foundation connected in parallel to the pile shaft. The contribution to the pile strength is computed, therefore, applying the formulation of Brinch-Hansen to a rectangular foundation of width equal to the average diameter of the socket D_{TFEG} and of length L_{TFEG} . Any influence of the socket extrusion on the shaft strength of the pile and on its base bearing capacity has been neglected, having considered the only case of TFEG® extruded to enough distance from the base of the pile. Neither the effect of the pile deformability and the consequent effects on the load transfer curve along the shaft, nor the deflection of the sockets have been taken into account.

The comparison between theoretic evaluation and field values shows that the model is generally conservative, with underestimation gap of about 30-40%, due to neglecting the effects of penetration of the devise and of subsequent injection.

Finally a very simple tool is provided to check the economic appeal of the use of B-TFEG® at the base of large diameter piles to improve the ultimate bearing capacity or to reduce the required settlements for its mobilization. This procedure is waiting for experimental validations.