

I MICROPALI

1) PREMESSE

Non tutti sanno che l'uso di micropali risale al dopo guerra, ai primi anni '50, grazie all'invenzione dell'ing. Italiano Fernando Lizzi (noto come "il padre dei Micropali" 1914-2003) il quale deposita e brevetta in Italia, il "Palo radice" e il "Reticolo di Pali Radice", il primo con larga diffusione ed impiego per le sottofondazioni di monumenti, in particolare per il ripristino di quelli danneggiati durante la seconda guerra mondiale. Il secondo per il consolidamento dei terreni in-situ, largamente impiegato per il consolidamento di fronti franosi. È stato sempre merito dell'ing. Lizzi la diffusione dei micropali anche nella realizzazione di nuove fondazioni, in sostituzione dei tradizionali pali di grande diametro, e nello sviluppo del consolidamento dei terreni a mezzo di micropali. Questi primi micropali "i pali radice" venivano realizzati con un'armatura metallica di barre tonde (tondini) di acciaio disposti a gabbia anziché usare i tubi metallici, che ne costituiscono la naturale evoluzione sia tecnica che tecnologica.



Fig.1 – Profili tubolari in acciaio

Questa tecnologia venne usata per la prima volta in Italia per la "Scuola Angiulli" di Napoli (1952) ed in Europa in Germania ed in Grecia, sempre nel 1952.

Nel resto del mondo i micropali sono stati adottati più tardi, in Nord America dal 1973 con una lenta crescita nel periodo tra la metà degli anni '70 e la metà degli anni '80.

È a partire da questo periodo che il dipartimento dei Trasporti degli USA (Federal Highway Administration FHWA) e altri enti iniziano a studiare ulteriormente questa tecnica, pubblicando diversi regolamenti e raccomandazioni, dall'esecuzione alla progettazione dei micropali, elaborando un'ampia documentazione empirica valutata a partire dal comportamento dei micropali. Questi dati sono oggi ampiamente applicati nella progettazione.



Fig.2 – Micropalo

I micropali, così come i pali di fondazione, sono elementi strutturali utilizzati per le fondazioni. L'impiego dei micropali nelle diverse tipologie d'uso ha costituito una vera svolta nel campo delle sottofondazioni.

Si possono individuare due tipologie di micropali:

- Pali realizzati con la tecnica dei pali di grande diametro (per questa tipologia bisogna fare riferimento alle indicazioni normative per il cemento armato);
- Pali in acciaio costituiti da profilati oppure tubi sigillati nel terreno per mezzo di iniezioni di malte, caratterizzati dal tipo di profilo posto in opera (in questo caso bisogna fare riferimento alle indicazioni normative per le strutture in carpenteria metallica).

La presente relazione si incentra su questa seconda tipologia. La progettazione dei micropali è automaticamente legata alla sua esecuzione, perciò di seguito saranno approfonditi alcuni aspetti quali i materiali in carpenteria metallica, utilizzati per la sua realizzazione, informazioni molto utili per lo strutturista o il geotecnico che progetta fondazioni su micropali.

Il micropalo è un palo di diametro ridotto, in genere da 100 a 300 mm (ma anche di diametro inferiore), costituito da un tubo metallico di carpenteria in acciaio racchiudente un cilindro di malta di cemento iniettata all'interno e circondato all'esterno da un manicotto cilindrico in calcestruzzo verso il terreno.

Varie sono le tecnologie ed i sistemi adottati per la migliore funzionalità del palo e delle sue interazioni con il terreno. Poiché i micropali possono essere installati con attrezzature idrauliche di perforazione, di ridotto ingombro, sono un supporto efficace per applicazioni con accesso limitato e/o altezza libera ridotta.

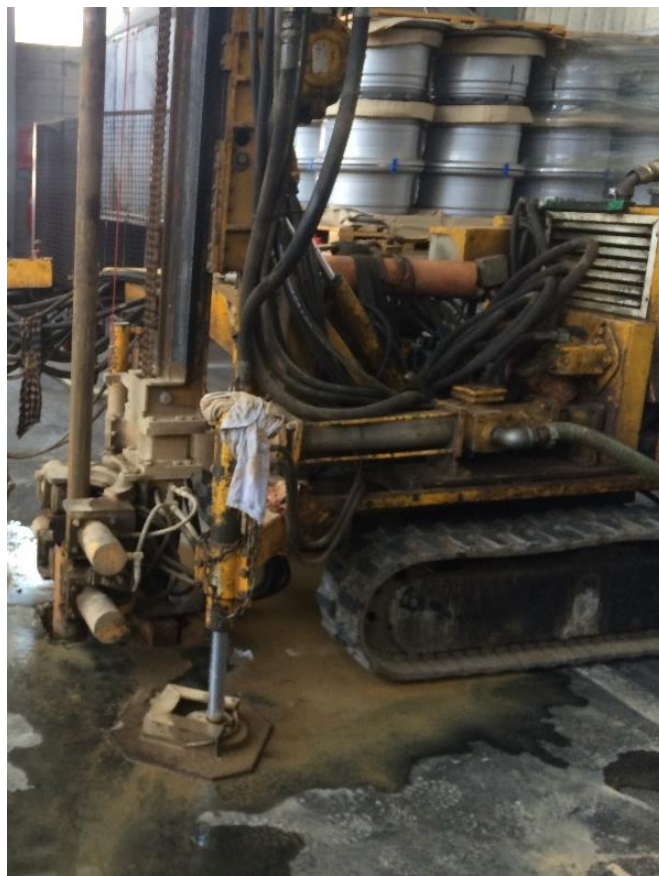


Fig.3 – Macchinario in esecuzione dei micropali

Si riporta una sintetica ed efficace definizione dei micropali coniata dagli autori della pubblicazione “Micropali e pali di fondazione” (E. Ceroni e F. Bernardini):

“I micropali, pali di piccolo diametro realizzati con attrezzature di dimensioni ridotte che provocano un minimo disturbo al terreno e alle strutture interessate e attigue”.



Fig.4 – Micropali già inseriti nel terreno, in fase di realizzazione della trave di coronamento

2) QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

È importante innanzitutto individuare il quadro normativo di riferimento. Sia che il micropalo venga usato come fondazione facente parte delle strutture di una costruzione, sia nei casi di consolidamento del terreno per la progettazione è necessario fare riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto M. del 17 gennaio 2018, circolare collegata) per semplicità chiamate NTC 2018.

Al capitolo 6 è dedicata la progettazione geotecnica, al 6.4 le opere di fondazione e al 6.4.3 vengono trattate le fondazioni su pali (senza fare distinzione tra pali di grande o di piccolo diametro).

Di fondamentale importanza le premesse al punto 6.4.3 che sono valide per tutti i tipi di pali e micropali:

“Il progetto di una fondazione su pali deve comprendere la scelta del tipo di palo e delle relative tecnologie e modalità di esecuzione, il dimensionamento del palo...”

6.4.3.5 Aspetti costruttivi

Le norme danno delle indicazioni precise sui vari aspetti da tener conto nella progettazione:

- aspetti che possono influire sull'integrità strutturale;
- sulla durabilità;
- sul comportamento dei pali;

quali:

- la distanza relativa,
- la sequenza di installazione,
- i problemi di refluento e sifonamento nel caso di pali trivellati,
- l'addensamento del terreno nel caso di pali infissi,
- gli effetti della falda o di sostanze chimiche presenti nell'acqua o nel terreno sul conglomerato dei pali gettati in opera,
- la connessione dei pali alla struttura di collegamento.

La durabilità dei pali di fondazione deve essere valutata in relazione ai materiali posti in opera ed alle specifiche condizioni ambientali del sito di progetto.

Un altro punto significativo è il controllo d'integrità dei pali, segnalato al punto 6.4.3.6 della normativa:

6.4.3.6 CONTROLLI D'INTEGRITÀ DEI PALI:

“In tutti i casi in cui la qualità dei pali dipenda in misura significativa dai procedimenti esecutivi e dalle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, devono essere effettuati controlli di integrità. Il controllo dell'integrità, da effettuarsi con prove dirette o indirette di comprovata validità, deve interessare almeno il 5% dei pali della fondazione con un minimo di 2 pali...”

Le prove sui pali sono molto importanti nella progettazione ed esecuzione dei pali e micropali di fondazione. Al punto 6.4.3.7 della norma, vengono richiamate dette prove. In fase di progetto è possibile

realizzare delle prove su pali pilota, per ricavare i parametri di progettazione. Di seguito uno stralcio della norma:

“6.4.3.7 PROVE DI CARICO

6.4.3.7.1 Prove di progetto su pali pilota

Le prove per la determinazione della resistenza del singolo palo (prove di progetto) devono essere eseguite su pali appositamente realizzati (pali pilota) identici, per geometria e tecnologia esecutiva, a quelli da realizzare e ad essi sufficientemente vicini...omissis...Il sistema di vincolo deve essere dimensionato per consentire un valore del carico di prova non inferiore a 2,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche agli SLE. La resistenza del complesso palo-terreno è assunta pari al valore del carico applicato corrispondente ad un cedimento della testa pari al 10% del diametro nel caso di pali di piccolo e medio diametro ($d < 80$ cm)...”

Le prove segnalate in precedenza non sono obbligatorie, ma molto utili per ricavare i parametri di calcolo, valutare l'interazione palo-terreno ed ottimizzare la progettazione.

Le seguenti prove sono invece obbligatorie:

6.4.3.7.2 Prove in corso d'opera

Sui pali di fondazione, ad esclusione di quelli sollecitati prevalentemente da azioni orizzontali, devono essere eseguite prove di carico statiche per controllarne il comportamento sotto le azioni di progetto...Il numero e l'ubicazione delle prove di carico devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione. In ogni caso, per ciascun sistema di fondazione il numero complessivo di prove non deve essere inferiore a: $n = 1$ se il numero di pali è inferiore o uguale a 20, $n = 2$ se il numero di pali è compreso tra 21 e 50, $n = 3$ se il numero di pali è compreso tra 51 e 100, $n = 4$ se il numero di pali è compreso tra 101 e 200, $n = 5$ se il numero di pali è compreso tra 201 e 500.....”

Come indicato in precedenza la normativa citata (NTC 2018) fornisce indicazioni generali per tutti i tipi di pali senza distinguere tra pali e micropali. Esiste a livello europeo una norma la *EN 14199, “Esecuzione di lavori geotecnici speciali-Micropali” del 2015* (pubblicata dall'UNI come UNI EN 14199:2015), che tratta in particolare i principi generali per la esecuzione dei micropali realizzati con acciaio o altri materiali di armatura, malta per iniezione, malta o calcestruzzo nonché loro combinazioni, perciò la norma riguarda entrambe le tipologie di micropali segnalati nelle premesse.

La normativa citata rimanda la progettazione dei micropali agli Eurocodici: in particolare, per i pali in acciaio viene richiamata la EN 1993: *“Quando l'elemento in acciaio è considerato l'elemento portante di un micropalo, il progetto deve essere conforme alla norma EN 1993-1-1”*.

Da sottolineare che la normativa citata non è una normativa armonizzata ma è un valido riferimento per la progettazione, per quanto riguarda l'esecuzione dei micropali.

3) PRODOTTI IN ACCIAIO PER MICROPALI

Nel capitolo 4 delle NTC 2018 vengono definiti i principi e le regole generali per soddisfare i requisiti di sicurezza delle costruzioni con struttura di acciaio. Al 4.2.1 vengono trattati i materiali, dove viene indicato che gli acciai per impiego strutturale devono appartenere ai gradi da S235 a S460 e le loro caratteristiche devono essere conformi ai requisiti di cui al § 11.3.4 delle norme: *“In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee armonizzate UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 ed UNI EN 10219-1”*.



Fig.5 – Prodotti tubolari in magazzino UNI EN 10210-1

Si desume, perciò, che essendo i micropali elementi per impiego strutturale, devono essere realizzati con prodotti qualificati secondo le norme citate. In particolare, per i prodotti tubolari la norma UNI EN 10210-1 *“Profilati cavi in acciaio laminati a caldo per impieghi strutturali”* specifica le condizioni tecniche di fornitura dei profilati cavi finiti a caldo e la UNI EN 10219-1 *“Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine”* quella per i profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali.



Fig.6 – Prodotti tubolari in magazzino UNI EN 10219-1

Le NTC 2008 hanno fatto chiarezza sul prodotto strutturale da usare per i micropali. Prima della loro pubblicazione, venivano utilizzati anche altri prodotti, tra cui quelli indicati nella norma UNI EN 11960 *“Industrie del petrolio e del gas naturale - Tubi di acciaio da utilizzare come tubi di rivestimento o tubi di produzione per pozzi”*.

Questo perché anche la UNI EN 14199 cita il prodotto tra quelli possibili per realizzare i micropali, indicando anche la possibilità di riutilizzo del prodotto ricavato da un precedente utilizzo. Di seguito uno stralcio con i riferimenti citati nella norma:

6.2.2 Steel for load bearing elements

6.2.2.1 The steel materials shall as a minimum comply with:

- EN 1993-1;
- EN 1993-5;
- EN 10080 or prEN 10138-4 when bars are used;
- EN 10210 or EN 10219 or EN ISO 11960 when hollow sections are used;
- EN 10025, when hot rolled products (e.g. H-sections or steel core piles) are used.

NOTE 1 Requirements on inspection documents can be found in EN 10204.

NOTE 2 For reused material see EN 1993-5:2007, 3.1.

Fig.7 – Stralcio della norma UNI EN 14199

In Italia l'utilizzo per micropali, di prodotti realizzati secondo la EN ISO 11960, non è possibile al momento; infatti, questo uso non viene indicato nelle NTC 2018.

Si sottolinea che questo è un argomento in fase di approfondimento e discussione nei gruppi normativi europei, in particolare per quanto riguarda il riutilizzo del materiale in carpenteria metallica.



Fig.8 – Micropali utilizzati per contenimento degli scavi in presenza di fondazioni esistenti

4) QUALIFICA DEI PRODOTTI

Come anticipato in precedenza, al capitolo 11 delle NTC 2018 vengono indicati i prodotti da utilizzare per la esecuzione di strutture metalliche e strutture composte. Si riporta di seguito uno stralcio del 11.3.4 della norma:

“Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate UNI EN 10025-1, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1, recanti la Marcatura CE...omissis...Per l'identificazione e qualificazione di elementi strutturali in acciaio realizzati in serie nelle officine di produzione di carpenteria metallica e nelle officine di produzione di elementi strutturali, si applica quanto specificato al punto 11.1, caso A), in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 1090-1”

Nel gennaio 2018 è stata pubblicata la UNI CEN/TR 17052 – Linee guida per l'implementazione della EN 1090-1:2009+A1:2011 che fornisce indicazioni sui prodotti che rientrano nell'ambito di applicazione della EN 1090-1. Questo documento, pur essendo sempre una linea guida, propone elenchi non esaustivi per i componenti rientranti o meno nella normativa. La mancata completezza di tali elenchi e lo status di “non obbligatorietà” delle linee guida fanno supporre che ci sarà ancora da attendere per arrivare ad una completezza e ad un totale chiarimento della EN 1090-1. Si sottolinea, comunque, che i micropali non vengono citati nell'elenco.

Questa è la situazione normativa per la realizzazione dei micropali, ovvero sia le lavorazioni di filettatura ed altre che portano all'esecuzione del micropalo, sono considerate lavorazioni proprie di un centro di trasformazione, così come indicato dal Servizio Tecnico Centrale:

“Provengono dai Centri di Trasformazione quei prodotti che hanno subito le seguenti lavorazioni non coperte dalla norma armonizzata UNI EN 1090-1: - piegatura a freddo, di nastri o lamiere laminate a caldo di spessori $\geq 2\text{mm}$, per la realizzazione di palancole (UNI EN 10249-1) - filettatura di profili cavi per realizzazione di micropali - realizzazione di tirafondi non marcati CE.

Il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, afferma infatti quanto segue:

“In definitiva, la EN 1090-1 essa non è perfettamente sovrapponibile all'attività di Centro trasformazione dell'acciaio ai sensi delle NTC 2018: seppure in modo residuale, per i prodotti strutturali in carpenteria metallica non coperti dalla EN 1090-1 (ad esempio palancole metalliche, tirafondi, filettatura di micropali.) l'attestazione di denuncia attività rilasciata dal Servizio continua ad essere ancora obbligatoria ai fini dell'impiego nelle opere”.

Questa è la situazione attuale, ma anche questo è un argomento di approfondimento e discussione in ambito normativo, che sicuramente porterà a degli aggiornamenti nel futuro.



Fig.9 – Profili tubolari messi a Magazzino

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- 1) Tanzani, M., 2004. Micropali e pali di piccolo diametro: aspetti progettuali e tecnologici. Dario Flaccovio Editore.
- 2) Ceroni E. e Bernardini F., 2014. Micropali e pali di fondazione. Dario Flaccovio Editore.
- 3) Santi Ortiz-Palacio | Feb 22, 2020 | Historia de la Geotecnia (I): Ingeniería y caos “Cimentaciones, Geotecnia, Historia de la ingeniería, Micropilotes”
- 4) D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»;
- 5) CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- 6) UNI EN 1993-1-1:2007 - Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- 7) UNI EN 10025-1:2005 - Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche generali di fornitura;
- 8) UNI EN 10210-1:2006 - Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura;
- 9) UNI EN 10219-1:2006 - Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine - Parte 1: Condizioni tecniche di fornitura;
- 10) UNI EN 14199:2015 - Esecuzione di lavori geotecnici speciali – Micropali

CREDITS IMMAGINI FOTOGRAFICHE

- Fig 1, 5: Tenaris Dalmine
- Fig 2: L.T.M. Lavorazioni Tubi Manicotti
- Fig 3, 4 e 8: Stabilimento Gianetti Ruote - Ing. Monica Antinori
- Fig 6: Commerciale Siderurgica Bresciana
- Fig.7: UNI EN 14199:2015
- Fig 9: Arvedi Tubi Acciaio

Redazione e pubblicazione: Giugno 2020
Documento a cura di Fondazione Promozione Acciaio - Tutti i diritti riservati.

Immagini e disegni salvo diversamente specificato sono di proprietà esclusiva di Fondazione Promozione Acciaio, ogni riproduzione parziale o totale è esplicitamente vietata.