

MICROPALI

1. Micropali

Uno degli interventi piu' frequenti nel campo delle riparazioni strutturali e' quello della sottofondazione per mezzo di micropali.

Normalmente non e' conveniente fare pali di piccolo diametro quando e' possibile fare pali di diametro maggiore in quanto il costo della perforazione non cresce proporzionalmente alle dimensioni del palo.

Tuttavia nei problemi di sottofondazione, sono indicati quando il disturbo dato al terreno o alle strutture durante l'esecuzione di pali normali non e' ritenuto tollerabile oppure quando le condizioni ambientali del cantiere sono difficili.

Pertanto si definisce "micropalo" un palo di piccolo diametro, in generale minore di 30 cm, realizzato con attrezzatura di piccole dimensioni che provocano il minimo disturbo al terreno ed alle strutture.

Esistono due famiglie di micropali.

Ad una prima famiglia appartengono quei pali che sono realizzati riproducendo la tecnica dei pali di grande diametro, compreso il getto di un betoncino con inerti di piccole dimensioni (pali Radice).

Alla seconda famiglia appartengono dei veri e propri pali in acciaio costituiti da profilati oppure da tubi, sigillati nel terreno per mezzo di iniezioni di malte di cemento.

A questa seconda categoria appartengono i micropali Ropress.

2. Costruzione dei pali Radice

Il palo Radice viene realizzato come descritto nella fig. 1.

La fig. 2 mostra lo schema tipico originario di una sottofondazione a pali Radice.

La fig. 3 mostra lo schema di consolidamento di un monumento in zona sismica (la cattedrale di Nicosia in Sicilia, sec. XIV).

3. Costruzione del Micropalo Ropress

Si esegue dapprima la perforazione con il sistema e l'attrezzatura piu' idonei al tipo di terreno da attraversare; generalmente la perforazione viene eseguita con sonda a rotazione e circolazione di acqua o di fluidi bentonitici (in qualche caso cementizi), utilizzando carotieri semplici o triconi; in casi particolari si usa la rotopercolazione con martello al fondo e spurgo ad aria. (fig. 4)

La fig. 5 mostra l'aspetto del bulbo di un micropalo Ropress eseguito a Wallisellen e successivamente estratto dal terreno.

Ecco un esempio di applicazione di micropali Ropress come

ancoraggi dell'arco di una galleria autostradale dissestata (fig. 6).

4. Campi di applicazione

Sottofondazione di edifici monumentali in muratura che richiedono un consolidamento delle fondazioni ed una bonifica del terreno di base.

Una interessante applicazione del sistema e' stata eseguita dalla Rodio circa una decina di anni fa, per bloccare i cedimenti di Villa Abamalek dell'Ambasciata dell'URSS a Roma.

Per uno smottamento della collina di Monte Mario, sulla quale sorge la palazzina fine 800 (fig. 7) le fondazioni in muratura avevano subito dei dissesti. Non era possibile intervenire dall'interno per non danneggiare le decorazioni. Venne applicato lo schema di fig. 8 pianta e sezione.

Le figg. 9 - 10 mostrano un intervento di sottofondazione e di rifacimento di un'arcata crollata, di un antico ponte romano sul torrente Trebbia.

RODINJET

1. Il sistema Rodinjet

L'iniezione in terreni sciolti e' una tecnica che modifica le loro caratteristiche meccaniche ed idrauliche, mediante l'introduzione di idonee miscele iniettate attraverso fori di piccolo diametro.

Il consolidamento del terreno puo' essere ottenuto principalmente impiegando uno dei seguenti tre metodi:

- iniezioni di permeazione
- iniezioni di compattazione
- consolidamento ad alta pressione (Rodinjet).

Di norma con il primo metodo (di permeazione) si pongono in opera canne a valvole attraverso le quali si iniettano miscele atte a riempire i vuoti del terreno, conseguendo in tal modo un miglioramento.

Tale tecnica, utilizzando miscele cementizie, ha come limite di iniettabilita' le sabbie fini, mentre utilizzando miscele chimiche tipo silicati di sodio ha come limite i limi.

Con il secondo metodo (di compattazione), mediante iniezioni ripetute di miscele cementizie, si creano nel terreno delle lenti (claquages) che lo ricomprimono.

Sia nel primo che nel secondo metodo si usano le stesse canne

a valvole (dette manchette) per permettere l'iniezione in tutte le zone del terreno senza comunicazioni fra le varie zone.

Il consolidamento del terreno ad alta pressione (Rodinjet) consiste nella disaggregazione del terreno in situ e nel suo immediato mescolamento con miscele cementizie opportunamente dosate.

La penetrazione e' facilitata dall'iniezione di acqua ad alta pressione che disgrega il terreno; una volta raggiunta la profondita' prescritta, durante la estrazione delle aste si inietta ad alta pressione la miscela cementizia (Rondinjet 1 = una via = iniezione di un solo elemento per volta (fig. 1). Usando aste con triplice conduttura, (fig.2 e fig. 3) dal foro inferiore si inietta miscela di cemento, mentre da altri due fori posti immediatamente piu' in alto si inietta aria ed acqua ad alta pressione (Rondinjet 3 = tre vie = iniezione contemporanea di tre elementi) (fig. 4) getto d'acqua dagli ugelli di iniezione.

2. Principali lavori eseguiti

2.1. Centrale termoelettrica di MONFALCONE

Una delle prime grosse applicazioni del metodo Rodinjet si ebbe nel 1981 per impermeabilizzare il fondo di un canale di scarico in cui si era verificato un sifonamento, all'impianto termoelettrico dell'ENEL di Monfalcone (Gorizia). (fig. 5)

Le principali attrezzature utilizzate per il lavoro sono state: (fig. 6) pompa ad alta pressione 5T 301 con le seguenti caratteristiche:

- n. pistoni 3
- pressione ma continua 650 bar
- pressione max. intermittente 900 bar

(fig. 6) Perfokelly montato su escavatore LS 98.

(fig. 7) Schema del perfokelly SK 20, che puo' permettere una corsa del mast di 18 m ed ha la possibilita' di montare un caricatore meccanico per una seconda batteria di aste arrivando cosi' a 30 m di perforazione senza interventi manuali.

Questo tipo di attrezzatura e' particolarmente adatta per perforazioni verticali di grande profondita'. Le inclinazioni max possibili sono di alcuni gradi.

2.3. Campo prove di VARALLO POMBIA

Nel 1982 a Varallo Pombia, presso il fiume Ticino (Novara) e' stato completato un programma prove per verificare e ottimizzare i diversi parametri operativi in un terreno formato da alluvioni grossolane sovrastanti un orizzonte di limo compatto.

Il controllo del risultato ottenuto e' stato raggiunto campionando il suolo trattato e sottoponendo le carote cosi' ricavate a tests di laboratorio.

Nelle figg. 8 e 9 sono raffigurate alcune delle colonne scavate per circa 6 m. Il terreno e' una ghiaia sabbiosa nei primi 5 m e poi diventa un limo sabbioso.

(fig. 10) Si e' proceduto anche alla esecuzione di un portale con colonne inclinate e di un cunicolo con colonne orizzontali (fig. 11). Si noti che tra le centine il terreno e' sorretto dalle colonne senza l'aiuto di rete e spritz-beton.

(fig. 12). Un esempio di campione prelevato con carotaggio fra due colonne. Si noti la completa mescolazione di terreno e miscela cementizia.

2.5. Linea Ferroviaria BOLOGNA-PIACENZA

Nel 1982/1983, al ponte sul fiume Taro, per conto delle Ferrovie dello Stato, e' stato realizzato un trattamento di Rodinjet al fine di proteggere 2 piloni dall'erosione del fiume. (fig. 13)

Il trattamento, in alluvioni grossolane, e' stato fatto con 2 file di colonne di Rodinjet da 20 m, intorno alle fondazioni ellittiche.

La lunghezza totale delle colonne realizzate e' stata di 6 m.

2.6. Metropolitana Milanese Linea 3

Nel 1983, a Milano per conto della Metropolitana Milanese, si e' effettuato un consolidamento con il sistema Rodinjet per permettere lo scavo di un pozzo di servizio. (fig. 14)
Una fila di colonne verticali profonde 24,5 m con interasse di 0,5 m e' stata eseguita lungo un perimetro circolare del diametro di 12,5 m in un terreno composto da ghiaia ed alluvioni sabbio-limose.

(fig. 15) Sonda SR 41 utilizzata durante le lavorazioni

(fig. 16) Schema della sonda SR 41 avente la possibilita' di montare un'unica asta di 17,60 m

In questo caso si e' optato per questa macchina dati gli angusti spazi di lavoro che non permettevano l'uso di un escavatore con perfokelly.

(fig. 17) Nello stesso cantiere della Metropolitana di Milano si sono utilizzate le colonne Rodinjet per lo scavo del cunicolo di sezione (3 m x 3,2 m) per permettere il successivo allargamento da effettuarsi con iniezioni tradizionali.

(fig. 18) Colonne Rodinjet messe in evidenza durante l'allargamento della galleria.

(fig. 19) Per questo lavoro si e' costruita una sonda apposta, la Rodrill 9.

apposta, la Rodrill 9.

2.7. Statale Flaminia - tratto Foligno-Nocera Umbra

Nel 1983 a Foligno, per conto dell'ANAS, il sistema Rodinjet e' stato usato per consolidare formazioni alluvionali sottostanti i piloni di un viadotto della statale Flaminia. (fig. 20)

Prima del consolidamento, sono state fatte delle prove per determinare il tipo di intervento piu' adatto al caso, variando pressioni e quantita' iniettate (fig. 21).

2.8. Campo prove di MESSINA

In aprile - maggio 1985 a Messina si e' proceduto all'esecuzione di un campo prove per lo scavo di un portale e di un cunicolo. Tale campo prove aveva lo scopo di studiare i parametri tecnologici da usarsi nello scavo della nuova galleria ferroviaria dei Feloritani sulla Messina-Palermo.

(fig. 22) Il portale, formato da 13 colonne con interasse di 0,5 m, e' stato scavato per un'altezza di oltre 6 m.

TRATTAMENTI PER GALLERIE

1. Gallerie

L'esecuzione di gallerie in terreni difficili richiede soluzioni specifiche, da definire di volta in volta in funzione delle caratteristiche geologiche e delle modalita' di scavo.

L'esperienza della Rodio e' maturata nel corso di interventi progettati ed eseguiti in piu' di 60 anni, ed e' tale da assicurare le migliori garanzie in termini di sicurezza ed economicita'.

Soluzioni specifiche, spesso originali, sono state applicate per la costruzione di opere diverse, dai grandi impianti idraulici alle gallerie autostradali e ferroviarie, dai manufatti in area metropolitana agli scavi minerari piu' impegnativi.

L'alto grado di diversificazione e di flessibilita' delle tecniche Rodio consente di rispondere al meglio alle esigenze specifiche, in stretta sintonia con l'evoluzione delle moderne

tecniche di scavo e dei parametri economici ed ecologici di intervento.

La gamma delle tecniche Rodio e' tale da assicurare per ogni caso la risposta ottimale, con interventi eseguibili dalla superficie, dal fronte di scavo o da cunicoli esplorativi, mediante

- iniezioni cementizie o chimiche
- iniezioni ad altissima pressione (Rodinjet R)
- micropali (Ropress R)
- congelamento ad azoto liquido o salamoia
- drenaggi
- infilaggi in avanzamento.

Ogni applicazione e' realizzata con le attrezzature piu' appropriate, adattate o progettate "ad hoc" per le esigenze specifiche.

Consideriamo ora alcune applicazioni interessanti dell'iniezione applicata alla costruzione di gallerie, ed effettuate negli ultimi anni dalla Rodio, rispettivamente in rocce fessurate, in terreni sciolti esterni a centri abitati e nelle alluvioni sottostanti il centro storico di Milano.

1.1. Galleria Capo Calava' - Autostrada Messina-Palermo

(foto 23) Nel luglio 1973, durante i lavori di scavo della galleria Capo Calava' in Sicilia, sono state riscontrate delle fuoriuscite di gas venefico che, dalle prime prove e dall'inconfondibile odore, risultavano contenere idrogeno solforato (foto 24).

Questo fatto provocava l'immediata sospensione dei lavori e l'inizio di una serie di indagini conoscitive per valutare l'entita' e la natura delle emanazioni gassose. L'individuazione esatta della tratta interessata dalle emanazioni gassose e l'entita' delle venute sono state definite mediante sondaggi effettuati sia dal lato Palermo che dal lato Messina: sondaggi eseguiti con l'impiego di "preventer" (apparecchio atto a consentire le perforazioni e l'accurata estrazione dei campioni di roccia senza fuoriuscita di gas).

Dopo varie sperimentalizzazioni che hanno portato alla messa a punto dei sistemi di perforazione, di cementazione, di rilevamento delle venute di gas e di iniezioni di vari tipi di miscele, e' stata definita la soluzione ottimale (foto 25), consistente nella realizzazione tutt'attorno al cavo della galleria di uno schermo, impermeabile al gas, costituito da tre corone di fori delle quali le due laterali da iniettarsi con miscela cementizia e quella centrale da iniettarsi con la miscela chimica caratterizzata da bassissima viscosita', da grande elasticita' e buona resistenza all'aggressione chimica del gas.

Una distribuzione uniforme delle perforazioni nell'ambito

della massa di roccia da trattare; (foto 26) si e' scelto lo schema a "cono tradizionale" della lunghezza di 30 m con la possibilita' di scavare di volta in volta tratte da 25 m, assicurando sul fondo, con una serie di perforazioni ed iniezioni centrali, un tampone di roccia impermeabile di 5 m di spessore.

(foto 27) Per la necessita' di rispettare il programma, il cantiere e' stato attrezzato, per le operazioni di perforazione ed iniezione, con speciali torri alte 10 m, 3 per ciascun fronte di lavoro, capaci di traslare in senso orizzontale su binari e munite di piattaforme mobili verticalmente, su cui erano posizionate le perforatrici, adatte per perforazioni a diamanti del diametro di 46 mm e profondita' di 35 m.

(foto 28) Le perforazioni venivano sempre effettuate con l'uso di uno speciale "preventer" che permetteva lo spurgo del materiale di perforazione, evitando l'inquinamento dell'ambiente di lavoro garantendo cosi' la sicurezza del personale.

- 1.2. Il sottopasso della galleria alla linea ferroviaria in funzione Novara-Arona ha richiesto una tecnica particolare di intervento.

(foto 28) L'esigenza di impedire ogni fenomeno di rilassamento della copertura di circa sette metri di terreno esistente tra la galleria e la ferrovia sovrastante, ha imposto la progettazione di trattamenti da eseguire in fasi successive, rigorosamente definite da verifiche basate sulle condizioni di carico, sulle caratteristiche meccaniche dei terreni consolidati e sulla metodologia esecutiva.

In una prima fase e' stato effettuato un allargamento della sezione di scavo, protetto da un congruente dimensionamento del volume di terreno consolidato per mezzo di iniezioni effettuate dal piano campagna (foto 30).

Dal "camerone" ottenuto, opportunamente rivestito, e' stata successivamente realizzata una serie di perforazioni orizzontali e suborizzontali (foto 31), attrezzate con tubi valvolati, atte a garantire con l'iniezione il necessario valore di consolidazione del terreno per evitare ogni fenomeno di cedimento superficiale.

(foto 32) Tale intervento nella zona immediatamente sovrastante la sezione di scavo con armature metalliche a sezione circolare, solidarizzate man mano alle centine in fase di avanzamento, ha consentito l'esecuzione dell'opera di progetto senza la necessita' di interrompere il traffico ferroviario sovrastante.