

12. 中掘機械・工法の改良について

(株)小松製作所 大 柿 光 司・*玉 置 博 昭
中 村 城 治・小 島 康 男

1. まえがき

この研究は基礎工事に使われる中掘機械及び工法の改良に関するものである。従来、中掘工法と言えば、杭内部に先端にカッタのついたスクリュを入れ先端で掘削した土砂をエアの助けをかりスクリュで排土しながら杭を圧入するのが一般的であるが

- (1) $\phi 350, 400$ mm程度のいわゆる小径杭の施工ができないか又は大変困難である。
- (2) 中間礫層があった場合、礫が上からずスクリュの回転が困難になったり、強い粘性地盤ではスクリュに土が巻付くことで排土困難となって杭の圧入速度が著しく落ち、時には杭の破損につながる。
- (3) 杭の圧入スピードは必ずしも速くない。

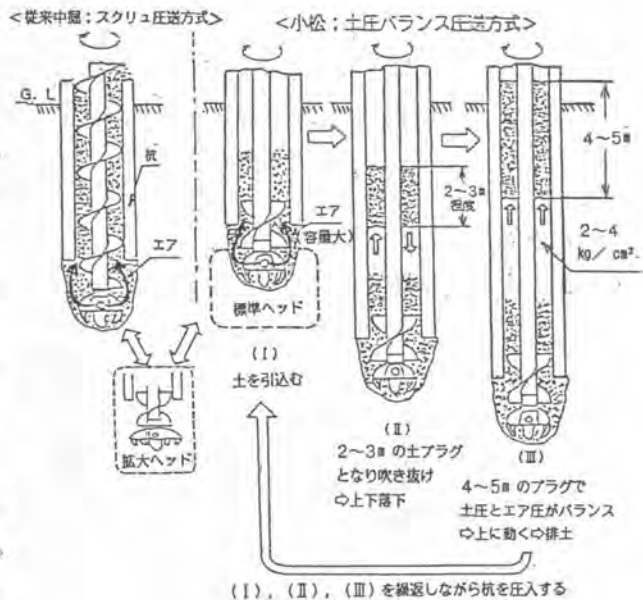
などの改良すべき点があった。そこで、スクリュの羽根の部分を取りロッド方式にしエアで圧送排土する方式を採用することにより、これらの点が改良できたのでその概要について報告し、今後の参考に供したい。

2. 施工の原理

従来の中掘工法は衆知の如く先端で掘削された土砂をスクリュで引上げることを原理としており、その補助としてエア(約 $17\sim 18$ Nm^2/cm^2)を使用している。従ってスクリュの羽根の直径 D とピッチ H の比(H/D)は土の垂直輸送をし易くするために土質力学的観点から H/D は1近辺で設計されている。

これに対し小松の方式は先端部にのみスクリュがついているが H/D の比は4~5に設計されており土砂の輸送が目的でなく掘削ヘッドの直進性を保たせるためのガイドとしてつけられている。

図-1によりロッド式中掘の土砂輸送方法につき順次説明する。



(図-1) スクリュとロッド式中掘の土砂輸送比較

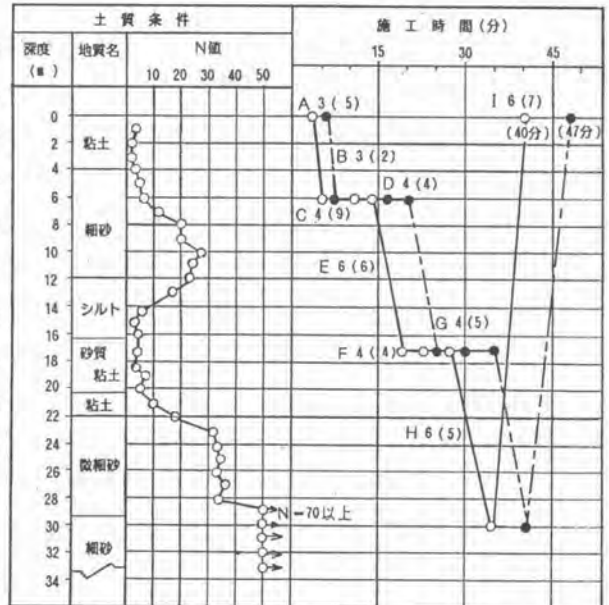
- (1) 掘削ヘッドによりほぐされた土砂がエアの助けをかり杭内部に溜り始める。このときエアの大部分は杭内部に吹き抜けている状態である。(図-1のⅠ)

- (2) 杭内に引き込まれた土砂の高さが2~3 m程度になると、この土砂は土圧と下から作用するエア圧とがバランスし始めルーズなプラグ状となって上方に上がろうとする。しかし、プラグは必ずしも安定した自立状態ではなく崩壊することもある。(図-1のⅡ)
- (3) この杭内のプラグ高さが4~5 m程度になると、土砂は下からエアで押されるエレベータの如く杭内を上昇し排土される。この土砂プラグは土質によらず意外と崩壊しにくいものである。又、土砂の杭内圧送圧は通常2~4 $\frac{Kg}{cm^2}$ でありエア圧で杭が破損することはない。(図-1のⅢ)

2. 工法の特長

(1) 小径杭の施工について

スタリユ式の中掘工法が小径杭で施工困難となるのは、小径杭では内径の制約からスタリユの羽根の高さが小さくなりすぎ土の輸送能力が極端に落ちるためである。羽根があればエアをかけても圧密の進みが速く杭割れにつながる。これをロッド方式にしエア輸送に切換えれば排土と杭の圧入は極めてスムーズになる。図-2は $\phi 350\text{mm} \times 30\text{m}$ の杭をロッド方式で施工した例である。地盤的にはN30程度の砂層の下に粘土地盤があり、その下の支持地盤はN70の砂層である。従来、この様な小径で長い杭を中掘工法では施工ができないと言うのが一般的な考えであったが、施工が可能となっている。また、30m圧入するのに要する杭の純圧入所要時間は15分程度であり施工効率も良い。



各工程の内容: A: 1本目杭セット F: 3本目杭セット
 () 内時間(分) B: 1本目杭貫入 G: 磨接
 C: 2本目杭セット H: 3本目杭貫入
 D: 磨接 I: ロッド引板
 E: 2本目杭貫入

(図-2) $\phi 350\text{mm} \times 30\text{m}$ 杭での施工の例

(2) 土質適応性について

中掘工法の場合、中間礫層のある地盤でどう対応するかも一つの問題点であった。礫層はおおむね砂混りであり滞水層でもある。この様な地層でスタリユで輸送しようとするれば砂と礫が分離してしまい礫は排出できず杭内下部に溜った状態となりオーガの回転がとまったり極端な場合は杭を内部から破壊することがある。また、なんとか施工できても杭の圧入スピードはかな



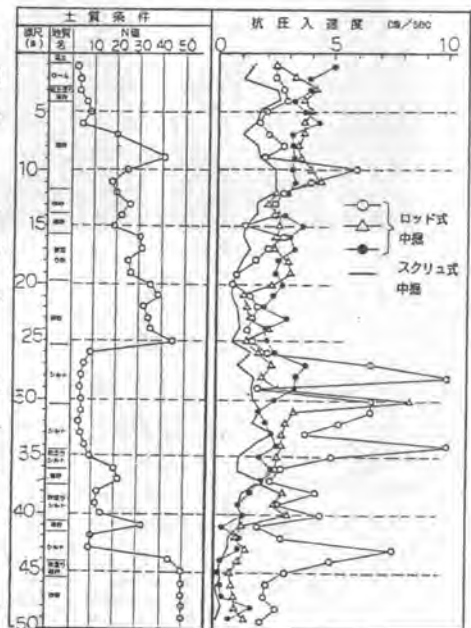
(写真-1) 排出された中間礫層の礫

り落ちるのが実状であった。ところがこの様な地層でもロッド方式にしエアによる圧送排土を試みれば極めてスムーズに礫も排出できる。礫ならばエアが吹抜けるのではないかと一見思われるが、各礫の間には砂とかシルトが目詰り材の役割を果たし楽に排出できるものである。写真-1はφ500mmの杭を施工したとき排出された中間礫層の礫である。径は100mm程度であり長手方向には130mm位のもある。通常の地盤からでて来る礫はまず球状と言うのは考えられず扁平の多いがこの扁平な礫の小さい方の径が杭内径マイナスロッド径の半分程度までの礫なら排出できると考えてよく、施工スピードも落ちない。

一方従来中掘工法で困っていたのは強い粘性地盤で施工効率が落ちることであった。土の粘性が増すとスクリュの排土理論から言っても排土は困難で、付着によるつれ回りが生じることになる。粘性の強い地層の下に砂層がある場合も粘性土に比べ砂が速く上りすぎこの粘性土と砂の境界近辺で土圧が上がり排土が遅くなることがあった。時には粘性土圧とエア圧で杭の破損につながることもあった。これらの点もロッド方式に変更すると大幅に改良できる。但し、ロッド方式で強い粘性地盤を掘削排土する時は水道水1本(約30ℓ/min)程度の少量の水をエアに混入して掘削をする方が効果的である。これはエアによるなめらかな圧送排土をするためであり施工スピードの上昇にもつながる。また、排土される土質については水道水1本(約30ℓ/min)程度の水の混入ではどろどろになることもなく、ほぼ固まった状態であるのでその処理にも問題は生じない。

(3) 杭の圧入速度について

図-3はφ600mmの杭を用いスクリュ式の中掘工法とロッド式の中掘工法による杭の圧入速度を同一地盤同一モータで比較したものである。これによりロッド方式の方が約2倍の杭圧入速度を保持することがわかる。圧入速度を速くできる理由としては、排土の方法がスクリュの場合は長い螺旋径路をまわって上って来るの比べロッド方式の場合は大量の土砂をエレベータ状に短時間で押し上げ排土することができるためである。また、ロッド方式の場合はスクリュ方式と異なり杭長が長くなっていても杭内部での周辺消費トルクが一定で増えずその分先端での掘削トルクに使え、カッタの1回当たりの切込み量を多くとれることも理由の一つである。以上の通り中掘工法でスクリュ方式からロッド方式に変更することでかなり工法的にも興味のある現象が生じることがわかる。ただし、ロッド方式にも



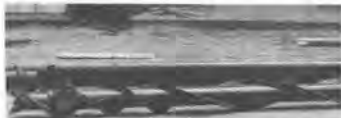
(図-3) 杭の圧入速度比較

欠点はある。それは杭径が大きくなっていった場合従来の中掘工法のフリートに比べ追加コンプレッサが1台必要になることである。杭内にロッドを入れれば空間はドーナツ状の断面積となるが土砂を効率的にエレベータ輸送するにはこの断面積での風速が5 m/sec以上であることが望ましいためである。ただし、追加のコンプレッサ代は高速に施工することで十分に経済的である。

3. 機械とその特長



(写真-2) 小松中掘機



(写真-3) 掘削ロッド



(写真-4) 隣接工事の例

主要諸元	本体重量 (フロント)	ton	11.0
	本体寸法 (L×W×H)	mm	1585×1866×6773
駆動部	モータ出力	KW	55 4/ 6P
	ロッド回転数	4P	ton 32/1.7(50HZ)
		ton-m	39/1.4(60HZ)
	トルク (定格)	6P	22/2.5(★)
		26/2.1(★)	
	減速比		1/44
チェック弁 (セメントミルク)		有	
駆動部重量	ton	3.5	
杭圧入部	油圧シリンダ圧入力	ton	5.6
	ストローク	mm	2000
	モンケン重量	ton	不要
	杭圧入部重量	ton	3.0
	排土口 (重量)	ton	土飛散防止(4.5)
掘削部	ロッド径	mm	152
		mm	130
	ロッド長	m	3,4,5
	カップリング形式		スプライン
その他	エアコントロール		ボタンスイッチ
	リダ取付寸法	mm	φ70×330

(表-1) 主要スペック



(写真-5) 足場の例

機械の概観及び掘削ロッドは写真の2,3に、また主要スペックは表-1に示す通りである。特長は

- φ350mmからφ600mmまでの各杭を2種類の掘削ロッドで施工できる。すなわちφ600,500,450mm杭; φ400,350mm杭の掘削ロッドがそれぞれ共通で使用できるので、汎用性に富み、輸送、保管にも便利である。
- 排土土を一時ストックできる飛散防止タイプの排土口を装着しているので隣接構造物にも安心して施工ができる。(写真-4)
- ロッド掘削なので粘性土でもスクリーン使用時のように土が巻付かないので、土落しの作業がなく楽である。
- 上記の(2)(3)により作業足場もきれいに保て、下まわりの人たちの作業及び溶接作業も楽に安全にできる。(写真-5)の通りである。

4. 施工実績

このロッド式中掘を各種土質、各種杭径の実際の施工に供した。その内容を下表に示す。各現場ではいずれも良好な施工ができ、所期の性能も満足しており、総施工延長は約15,000mになっている。

	第1回	第2回	第3回	第4回	第5回	第6回	第7回
1. 工事場所	千葉県	埼玉県	千葉県	千葉県	神奈川県	東京都	千葉県
2. 工事内容	ビル基礎	←	←	←	←	←	←
3. 杭	φ600mm×43m ヤットコ2m+ 特殊根固め工法	φ500mm×41m ヤットコ1m+ 特殊根固め工法	φ350mm×30m & 28m +先端閉塞工法	φ400mm×21m ヤットコ1.8m+ 先端閉塞工法	φ450 (一部φ500) ×20mヤットコ0.5m+ 特殊根固め工法	φ450mm×34m +特殊根固め工法	φ600mm×52m ヤットコ1m +特殊根固め工法
4. 施工段	10	86	162	54	90	42	53
5. 土質条件	上層: 軟弱地盤 支持層: N=100の 砂礫地盤	上層: 軟弱地盤 中層: 5mの中層硬層 (隙φ: 100~110mm) 支持層: N=150の 砂礫地盤	上層: max N=30程度の 細砂、砂礫地盤 支持層: N=50~70 の砂地盤	上層: 関東ローム 中層: N=10~40の 砂地盤 支持層: N=30~110 の砂地盤	上層: max N=30程度の 細砂、砂礫地盤 (隙φ: 30~50mm) 支持層: N=60~130の 砂礫地盤 (隙φ: 90~100mm)	上層: N=3~20 のシルト、細砂 中層: 軟弱地盤 シルト (粘土質シルト) 支持層: N=60~ 75の砂地盤	上層: N=20程度の シルト 中層: 軟弱地盤 (シルト、粘性土) 支持層: N=50~ 60の砂地盤

5. あとがき

全土質、全杭径に適用できる高速中掘機械・工法の研究開発を試みてきたが、今後はユーザの皆様にも御使用いただき、アドバイスを受けながら更によいものとしていきたいと考えている。