

1. 拡底杭施工用アースドリルの開発と施工

基礎工業(株) *小 泉 真 五・大洋基礎(株) 永 沼 吉三郎
 日立建機(株) *久 住 宏

1. まえがき

基礎杭の中で地面に深い孔を掘り、その中に鉄筋と生コンクリートを入れて杭にする、いわゆる場所打ち杭と呼ばれるものがある。この杭の底部を拡大できたら杭の支持力を増すことができる。もし同じ底部面積の杭と比較すれば、軸部を細くでき、コンクリートや鉄筋の量を大幅に減じ、さらに工期短縮が可能になるため、このような拡底杭が近年多用されるようになってきた。

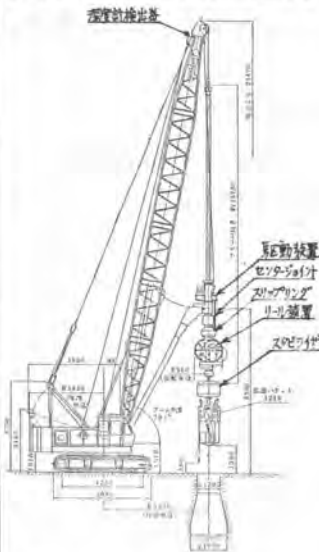
これらの多くは軸部をアースドリルで、拡底部をリバースサーキュレーションドリルで掘削を行っている。このため2種類の施工機を準備しなければならないことや、リバースサーキュレーションドリルが諸設備の関係から広いスペースを必要とすることから、「拡底掘削もアースドリルで」という要望が多かった。しかし拡底部の掘削土砂を中央に位置するバケットドラムに収納しなければ地上に排出できないため、どのようにして中央にかき寄せるかという点にむずかしさがあり、過去各社で幾多の試みがなされてきたが今まで成功した例はなかった。

このような背景のもとに、昭和56年10月基礎工業(株)と日立建機(株)は共同でアースドリルによる拡底杭工法と掘削機の開発に着手した。途中縮尺モデルによる基礎研究を経て昭和58年6月実用機による試験を行った。その後基礎工業(株)と大洋基礎(株)により各種の施工試験を行い「基礎工業・大洋基礎式アースドリル拡底杭工法(ACE工法)」として(財)日本建築センターへ申請し、昭和59年3月16日に日本で最初の評定を取得した。施工状況を写真で示す。

2. 特長 本機及び本機による工法の特長は次の通り。



写真 施工状況



第1図 全体図

第1表 仕様

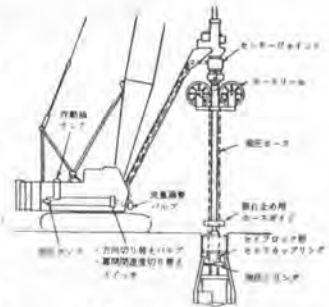
型 式	拡底杭機工用 KH125 型
最大掘削径 (φmm)	バックホウ使用時 一般土質 N ≤ 50 1500 クレーン使用時 一般土質 N ≤ 30 1700
最大掘削深度 (m)	クレーン使用時 (水質を考慮して建設用) 2000
バケット回転速度 (回転/分)	30 15
バケット回転数 (掘削/分)	150/2000
駆動比(面積)	2.56
部 品	1016型 軸径 (φmm) 1000-1300 1219型 軸径 (φmm) 1200-1600 1419型 軸径 (φmm) 1400-1920

第2表 拡底杭各部寸法

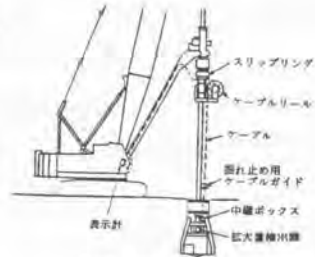
軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)	軸径 (φmm)
1000	1000	1411	350	500	213	11
1300	1300	(φ1200)				
1600	1600	1600	470	600	256	11



- (1) 拡底を含む掘削全工程を1台のアースドリルで施工可能
- (2) 軸部を細くできることによる掘削土量やコンクリート量の減少、工期短縮・工事費の節減が可能
- (3) バケットに拡大量検出器が、運転室に表示計が取付けられているため、拡大量の管理が確実、かつ容易
- (4) 掘削深度計が取付けられているため、所定の深度での確実な拡底掘削が可能
- (5) 拡大翼が水平に押し出されることから、拡底断面の68%が平面状に成形されるため、有効な地盤反力を得ることが可能
- (6) バケット中央部の底ぶたと拡大翼には掘削刃が取付けられてなく、スクレパ機能だけなので、本バケットでの孔底処理が可能



第2図 バケット拡大翼開閉システム



第3図 拡大量検出システム

3. 本機の構成と機能

本機は本施工用に特に改装された拡底掘削機と拡底バケットによって構成される。全体の構成と仕様を第1図と第1表に、本機によって掘削された拡底杭の形状を第2表に示す。

3.1 拡底掘削機

本掘削機はクレーン本体にアースドリルアタッチメントを取付けたもので、通常のアースドリル工法の施工性能を有し、ケリードライブ装置が高い位置にある点と、作業半径が大きくなっている点および強度的に強化されている点を除けば、アタッチメントの基本的な構成はほとんど変わらない。

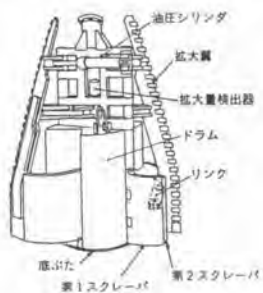
拡底杭を施工するために特別に設けられた主な装置としては、駆動装置の下部に取付けられたセンタジョイント、スリップリング リール装置、ケリーバの下端に接続されたスタビライザ、拡底バケット、それにバケット拡大翼開閉用油圧装置、孔底部拡大量検出計および掘削深度計である。

第2図にバケット拡大翼開閉システムを、第3図に拡大量検出システムを示す。

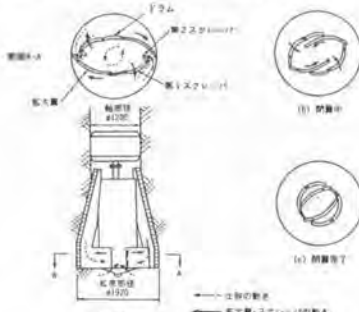
3.2 拡底バケット

3.2.1 構造上のポイント (第4図参照)

(1) 拡底部が水平になるようにした。今までの拡底杭の形状にとられずに、全く新しい着想により拡底部を水平にしたことで、拡大翼の下部が翼を閉じる際にも掘削底面から離れないため、土砂を置き残すことがない。



第4図 拡底バケットの構造



第5図 バケットへの土砂の取り込み

(2) 拡底部の掘削土砂を強制的にバケットのドラムにかき入れるスクレパを設けた。

(3) 拡大翼と底ぶたの下面に掘削刃を設けない。孔底面を掘削したのち新たな掘削土砂が生じ、いつまでも土砂を取りきれないことになる。

3. 2. 2 バケットへの土砂取り込み機構(第5図参照)

バケットを時計回りに回転させながら拡大翼を油圧シリンダで水平に押し出すと、これに連動してスクレーパを押し出される。この時第2スクレーパは拡大翼で掘削された土砂によって内側に押しまれ、バケットへの土砂導入路を形成する。拡底杭の傾斜部を掘削した土砂の大半はスクレーパ上面からドラム内に直接落下して取り込まれ、スクレーパの外側に落ちこぼれた土砂と拡底杭鉤直部の掘削土砂は、前述の土砂導入路からバケット中央ドラムに取り込まれる(第5図-2)。

一方、拡大翼を閉じる時はスクレーパも連動して閉じられる。この時第2スクレーパの内側には掘削土砂があるため、この拡底杭により外側に押し出されバケットへの土砂導入路を塞ぐ。そしてドラム-拡大翼-第2スクレーパ-第1スクレーパ-ドラムで囲まれた状態のまま拡大翼が閉じられていくので、ドラム内にいた土砂を取り込んだ土砂を外に逃がすことなく、さらに最終的に第2スクレーパがドラムの一部をなすため、確実に地上へ排出できる(第5図-b, 第5図-c)。

4. 施工実績

ACE工法も昨年7月の施工開始以来、発注者、設計事務所並びに総合建設業者各位のご理解とご支援によって、施工実績も第3表で示すように延掘削長で3000mを超えている。また表以外にもこの工法が地盤の性質によっては無水での掘削が可能であることから、深礎拡底杭(人力掘削)の代用として利用されている。この他にS60.4に発表された東京都建築構造設計指針では(杭長L/杭径d) < 10の場合許容支持力を低減するよう指導している。これに対して拡底杭では杭径を軸部径として扱われ、短い杭は有利となる。このため支持力が大きくとれ、比較的支持層の浅い地域や地下部分が深く短杭になる場合にも有利性が認められている。以下に施工の一則を示す。

4. 1 工事概要

(1) 建物概要

工事名称 成城ガーデンホームズ新築工事
所在地 東京都世田谷区成城9-30-7
敷地面積 3493[㎡]
構造規模 鉄筋コンクリート造7階建
延建築面積 7164[㎡]
基礎形式 杭基礎 基礎工業・大洋基礎式ア
- スドリル拡底杭工法(ACE工法)
総合施工 小田急建設株式会社

(2) 地盤条件

成城地区は、武蔵野台地の面上に位置し、表層より10m付近まで関東ロームに覆われている。この直下にロームを混える武蔵野礫層が約3m堆積し、以下東京上部砂層と続いている(第6図参照)。

4. 2 施工計画



第6図 地質柱状図

工名	業名	掘削長さ(m)	掘削径(mm)	掘削深(m)	掘削本数	延掘削長(m)
1	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
2	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
3	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
4	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
5	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
6	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
7	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
8	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
9	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
10	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
11	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
12	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
13	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
14	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
15	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
16	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
17	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
18	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
19	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
20	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
21	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
22	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
23	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
24	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
25	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
26	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
27	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
28	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
29	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	
30	成城ガーデンホームズ新築工事	1.2	1.8	19.10	110	

(1) 安定液の配合

安定液の配合はGL-9.0m以深の砂礫層(粘土分が多い)と以深の細砂層の崩壊防止および沈澱物の沈降速度をどの程度にするかを中心に決定した。第4表に安定液配合表を示す。

第4表 安定液配合表

必要粘性 (50cc/300cc) 砂	26.0	必要粘性 (50cc/300cc) 砂	28.0
配	水	配合率(%)	配合量(kg)
水	水	100.0	310.0
ベントナイト	濃度 4300	5.4	18.7
分 散 剤	アミン型 フーラー	0.15	0.465
CMC	TE-DS	0.10	0.310
			320cc

(注) 配合率は、水100%に対する重量比とする。

(2) 杭の仕様

第5表に杭リストを示す。杭の使用材料は次の通りである。

鉄筋; 主筋 SD35, フープ筋 SD30

コンクリート; $F_{c28} = 27.0 \text{ kg/cm}^2$, スランプ = 18cm

第5表 杭リスト

総長さ (mm)	必要長さ (mm)	有効長さ (mm)	総用長 (m)	杭 数	本数 (本)
1,200	1,800	1,700	25.5~19.5	23	7~17.7
1,000	1,600	1,500	"	"	"
"	1,500	1,400	26.0	"	21.7
"	1,400	1,300	26.0~18.0	24	2~16.2
"	1,300	1,200	"	"	"
1,000	-	-	"	"	5

4.3 杭施工

直杭4本を含む総数41本の全工期は23日であった。このうち実質的打杭の施工日数は延21.5日であり、施工能率は約1.9本/日台であった。

第6表に試験杭の施工記録表を、第7図にその時の孔壁測定結果を示す。この結果によればGL-9m以深の砂礫層部分で片側へ10cmほどふくらんでいるが、その外は土質が比較的シンプルなため、鉛直精度誤差はほとんど表われていない。

また、杭底部の直径は直交する2方向の平均値が1.85mであり、傾斜部も約12°を保持し崩壊現象はまた、認められなかった。またその外の杭の鉛直精度は1/350以上の値であった。

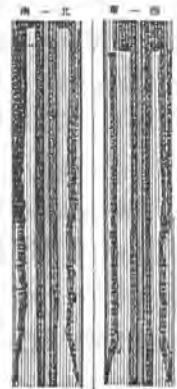
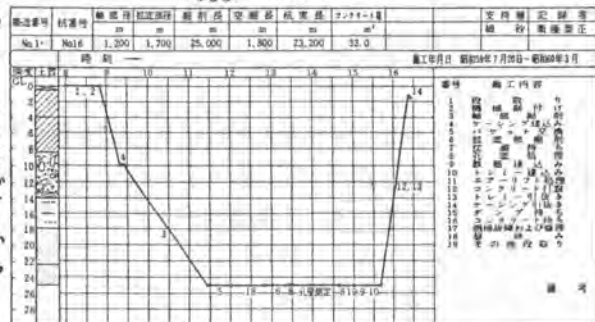
5. あとがき

施工開始後、約1年を経過し各種の地盤・深度に施工経験を重ねた結果、多くの施工ノウハウを得ることができた。この工法は直杭と異なり杭底部を拡大するため、この掘削結果の確認を行う必要がある。本工法では運転室内に設けられた拡大表示計によって常時杭大量を掌握しながら掘削を行う。しかし現実には表示計で示された値に対して、実際に掘削した杭大量とは僅かながら大きくなることが多い。この差は地質や掘削条件によって異なるため、どのくらい生じるかを最初の施工(一般的には試験掘り)で何らかの方法により確認しなければならない。

現在、掘削孔の測定方法は超音波を利用した測定器が主流であるが、この測定法は孔内液中に砂等の粗粒子が浮遊していると、映像に誤差を生じたり全く映らなくなることがある。一般にアースドリル工法ではベントナイト系安定液を使用するたの液の抱砂力が大きくなり、深度に比例して映像が結ばれにくくなる。特にこの工法で密度が極めて大きい砂層を掘削する場合は、拡大掘削部分の抱砂率が高くなり測定に困難をきたすことが多い。これらのことから、現状ではエアもしくはポンプによるリフト装置で濁水循環を行って対応している。しかしこの方法は、深度が浅い時や液温が高い場合には効率低下する。このため新形式の濁水循環方式を開発し、現在実用化実験を行っている。

これからさらに多くの実績を積み、工法の確立とより良い機械にすべく努力していく所存である。

第6表 試験杭ACE杭施工記録表



第7図 孔壁測定結果