

センターポール式深礎掘削工法

小林 光雄・佐藤 彰祐・太田 俊行・澤 一 雅

土砂から中硬岩まで多様な地盤に幅広く適用できる、遠隔操作可能な深礎掘削機械化施工技術「センターポール式深礎掘削工法」を開発し、長崎自動車道平間工事で試験施工を実施した。

本工法は、センターポールを固定軸にシステム化された掘削・穿孔装置を取付け、深礎杭の掘削・壁面保護等を行うものである。

本報文は、今回開発した「センターポール式深礎掘削工法」の概要や特徴及び試験施工結果について述べるものである。

キーワード：センターポール、深礎掘削、遠隔操作

1. はじめに

従来、人力や小型掘削機を主体とした深礎工法は、機械設備の規模が小さく、工事ヤードも狭くできる等の利点から、山岳地に建設される橋梁や鉄塔基礎、並びに地すべり抑止杭等に多く採用されてきた。

しかし、その施工は狭隘な立坑内で危険を伴う苦渋作業を呈しているのが実状である。また、近年の熟練労働者の減少と高齢化などから、特殊労働者の確保が困難な状況にある。

一方、橋梁基礎や地すべり抑止杭等の大型化に伴って、深礎工事は大口徑、大深度化の傾向にあり、従来の施工法では安全性や施工速度に問題が生じている。

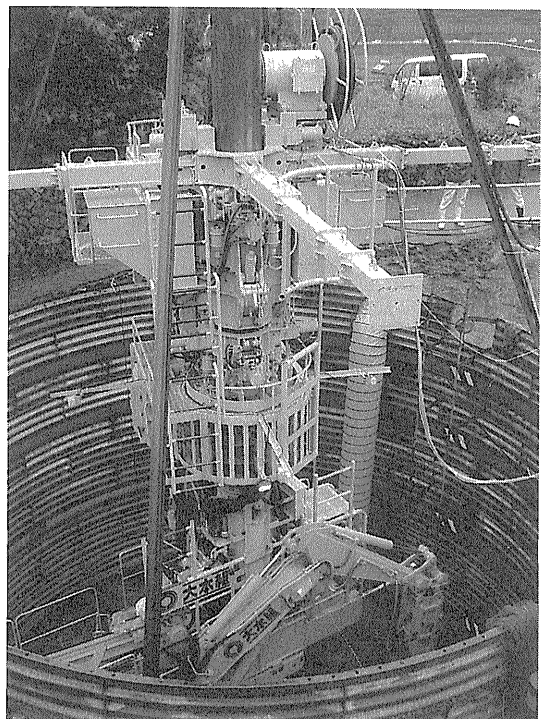
このような背景から、大深度・硬質地盤の深礎掘削工事における安全性の向上、省人化、施工効率の向上、およびコスト縮減を目指し、深礎掘削機械化施工技術として株式会社大本組は「センターポール式深礎掘削工法」を開発し、試験施工を行った。

2. 工法の概要

本工法は、深礎杭の中心にセンターポール（厚肉鋼管）を先行して建込み、このポールを支柱軸にして、システム化された上下移動、旋回可能な掘削機、削岩機（鉛直方向・水平方向）を取付け、

掘削・積込み作業や発破装薬孔やロックボルト孔の穿孔作業を行う。

また、アタッチメントとしてブレーカおよびコンクリート吹付けノズルの取付けが可能であり、軟岩、中硬岩の小割作業やNATMへの対応も図っている（写真—1参照）。



写真—1 センターポール式深礎機全景

これらの各作業ツールを使用することによって、土砂から硬岩までの地山に対応し、効率的な

施工を行うことができる。

また、上下移動・旋回および各作業ツールの運転は、機械本体に装着した監視カメラを介して、地上に設けた操作室から遠隔操作が可能である。このため、作業員の関与が低減される。

3. 工法の特徴

従来工法による深礎杭の標準的（国土交通省積算基準）施工法は、掘削深さ 20～40 m で掘削径 5.0 m 以下の場合は人力および超ミニバックホウ（0.03 m³ 級）、また掘削径 5.0～7.5 m の場合は人力およびミニバックホウ（0.2 m³ 級）で掘削し、トラッククレーン（15 t 吊級）で排土する。これらの施工法と比較し、以下に示すような特徴を有している。

① 掘削効率の向上

センターポールに本体を固定（ピンロック機構およびバンドブレーキの併用）させ、強力な掘削反力を得ることができるため、従来型より大型のバケットおよびブレイカの装着ができ、岩盤部では特に威力を発揮し掘削効率の向上が図れる。

② 発破時の退避機構

上下移動機構を装備したことにより、発破影響範囲から迅速に退避させることができる。

③ 確実な遠隔操作性

深礎杭芯と機械本体芯を同芯にしたことにより、軌道が一定し作業位置の把握が容易にでき、遠隔操作性に優れている。

④ 機動性を考慮した機構

掘削機の軽量化・小型化を図り、本体機械は 3 分割で搬入し、組立て・解体や移動等の機動性を高めた。

⑤ 高い汎用性

掘削機ブームスイング芯と機械本体芯を 1.3 m 偏芯させることによって、掘削径 4.0～8.0 m の施工に対応できる（図—1 参照）。

⑥ 安全性の向上

昇降、旋回、掘削、削岩等の作業は、地上からの遠隔操作で行うことにより、危険作業を低減し安全性の向上が図れる。

4. 施工機械仕様

本工法の掘削機械の主な特徴は、上下ロックピンを交互にセンターポールの孔に差込み、油圧シリンダの伸縮によって自動昇降させる。

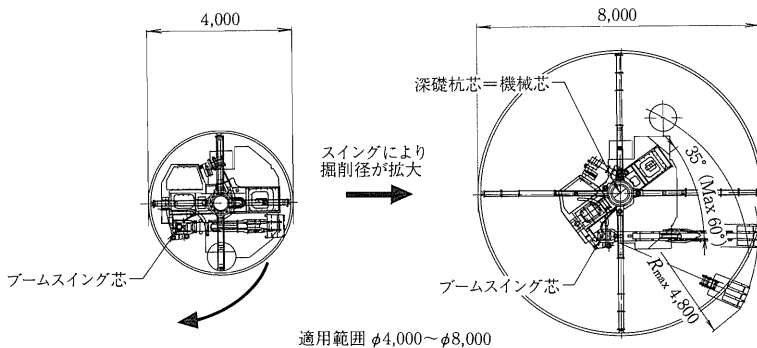
また、センターポールへの固定は、ロックピンおよび掘削機下端に装着したバンドブレーキの 2 重機構としている。本機全体の固定は、上部に装着した 4 方向に伸縮するアウトリガを掘削壁面まで伸ばし固定する。

作業装置は、

- ① 掘削機（バケット、ブレイカ、吹付けノズル）、
- ② 水平削岩機、
- ③ 鉛直削岩機、

の 3 機構を備え、各作業の運転は遠隔操作で行うことができる。

遠隔操作は、旋回部に取付けた 4 台の固定カメラ



図—1 拡張機構

ラと作業装置に取付けた4台の搭載カメラを介して作業状況を操作室のモニターで確認すると共に、遠隔操作盤に表示される本機の旋回位置および高さ位置の情報によりコントローラを操作して行う。

表一 センターポール式深礎掘削機械仕様

区分	構成機器	項目	仕様	
作業装置	掘削機	バケット(平積み)	掘削径 4.0~6.0 m 未満: 0.15 m ³ バケット 掘削径 6.0~8.0 m 以下: 0.25 m ³ バケット	
		最大掘削力/作業半径	37.3 kN/4,800 mm	
	ブレイカ	形式/質量	NPK-H 4 X (バケットとワンタッチ交換)/510 kg	
		鉛直方向掘削機	形式/質量	YH 35 AD(油圧駆動)/120 kg (本体)
		水平方向掘削機	形式/質量	YLD-90 (エア駆動)/33 kg (本体)
本体	旋回装置	最大旋回速度	1.6 rpm (360°/38秒)	
	昇降装置	昇降シリンダ/昇降速度	1,000 mm ストローク×2本/0.3 m/min	
	固定装置	バンドブレイキ方式	締付け力: 350 kN (円周上中心に向かい)	
		ピンロック方式	ピン径110 mm×4本 (油圧駆動, 押160 kN)	
	原動機	出力	45 kW×400/440 V×50/60 Hz×1台	
運転装置	機耕側運転	外部設置ジョイスティック方式		
	遠隔操作による運転	監視カメラ8台, モニタ3台		

全装機械 15.5 t (下部 6.5 t+旋回部 3.5 t+上部 5.5 t)

以下に、主要機械仕様を表一に、機械構造を図一に示す。

5. 試験施工

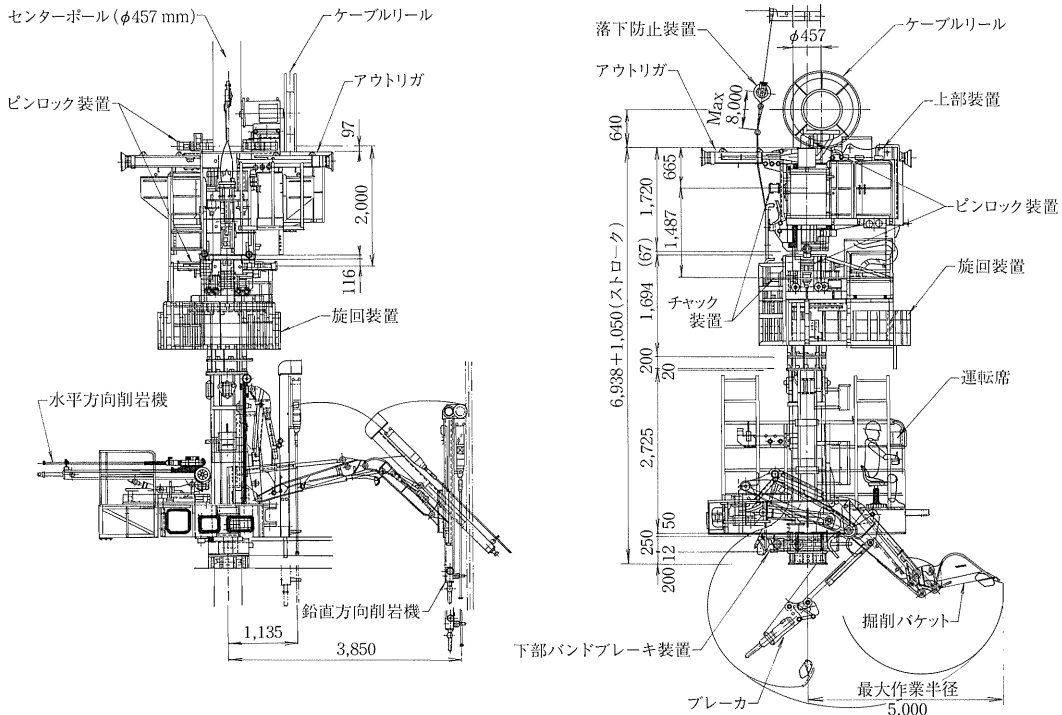
(1) 工事概要

センターポール式深礎掘削工法による試験施工工事概要を示す。

- 工事名称: 長崎自動車道平間工事
- 発注者: 日本道路公団九州支店
- 施工場所: 長崎市平間町~長崎市東町
- 工期: 平成12年12月21日~平成15年8月7日 (960日間)
内深礎掘削工事 (平成13年6月~平成13年8月)
- 施工者: 大本組・菅組共同企業体
- 施工概要: 工事延長1,012.5 mの新設道路工事で切土・盛土及び橋台2基, 橋脚16基を施工するものである。

試験施工は、2本の深礎基礎杭の内、平間橋P15基礎杭を、センターポール式深礎掘削工法で施工したものである。

P15深礎杭は、上部φ8,000, L=10,740, 下部



図一 機械構造図

φ6,500, L=5,000 の構造で、その土質は土砂～硬岩である (図-3 参照)。

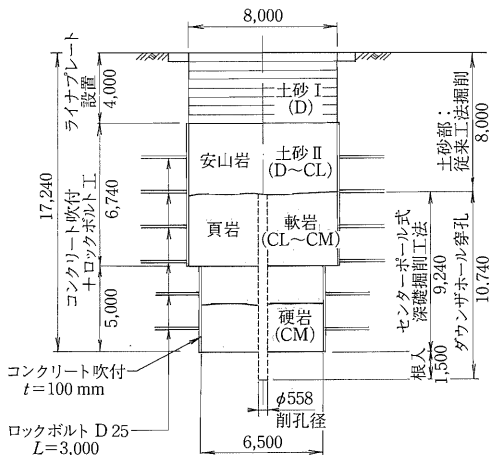


図-3 P15 深礎杭構造図

(2) 施工手順

土砂部を在来工法で掘削した後、ダウンザホールドリルによって、センターポール挿入孔を穿孔する。次に、センターポールを建込み、機械を組立て、掘削、コンクリート吹付け、ロックボルトを施工する。

図-4 に施工フローを示す。

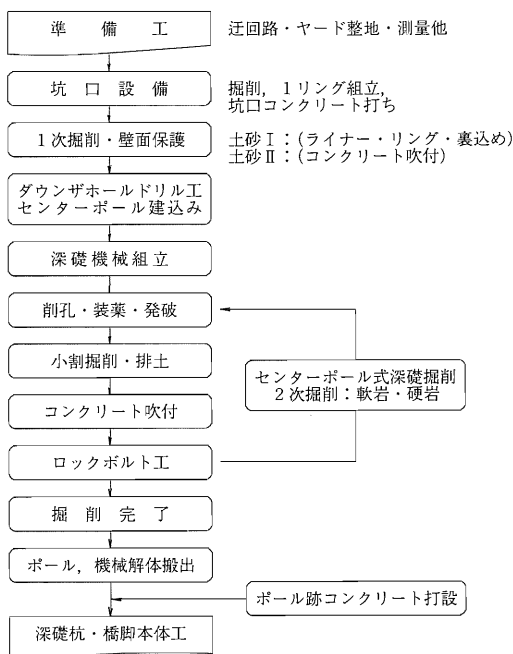


図-4 施工フロー図

(3) 施工方法

以下に、本工事で行ったセンターポール式深礎掘削工法の施工法について示す。

(a) ダウンザホールドリル工

深礎杭の杭芯にポール建込み用の孔をダウンザホールハンマドリル (穿孔径 558 mm) で、根入れ長 1.5 m までプレボーリングした。

(b) センターポール建込み

ダウンザホールドリル工による削孔後、直ちにセンターポール (外径 457.2 mm, 厚さ 29.4 mm, 長さ 9.0 m×3 本=27.0 m) をラフタクレーン (35 t 吊り) により建込む。ポールと孔壁の間は、砂で充填し固定した。

(c) 深礎掘削機械組立て

深礎掘削機は、大きく 3 分割で搬入され、

- ①掘削・削岩機部 (約 6.5 t),
- ②旋回装置部 (約 3.5 t),
- ③油圧ユニット部 (約 5.5 t),

の順に、センターポールに挿入し組立てる (図-5 参照)。

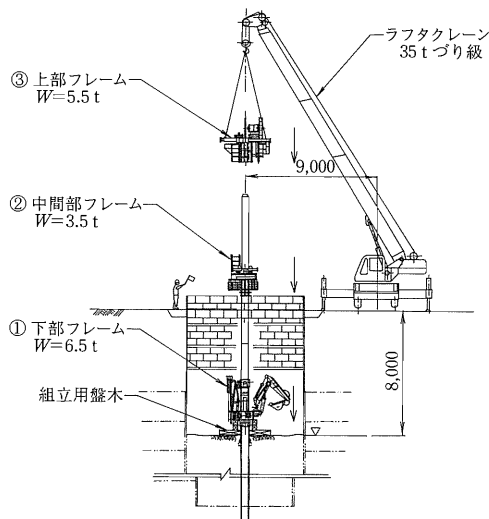


図-5 組立て順序図

(d) 削孔, 装薬, 発破

軟岩, 硬岩 (岩級 CL~CM: 頁岩) の発破作業は、深礎掘削機に装着された鉛直方向削岩機 (YH 35 AD) で装薬用の削孔 (φ42 mm) を行った。

削孔は、民家及び機械への影響を考慮し、以下のような制御発破とした。

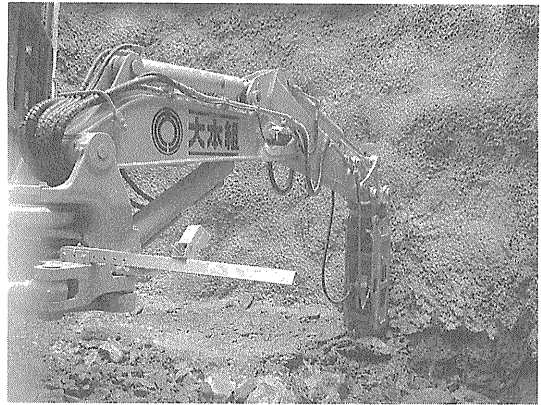
- $\phi 8,000$ の場合：108 孔，33 段，24.8 kg
- $\phi 6,500$ の場合：80 孔，26 段，17.0 kg

また，削孔はエア掘りを基本に，多少の水を加え粉塵を防止しながら行った。

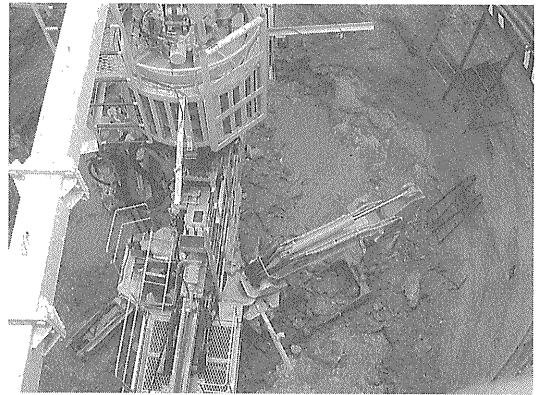
削孔後，本体機械を上部に 7 m 以上退避させ，装薬，養生，発破を行った（写真—2 参照）。



写真—2 削孔状況



写真—3 プレーカ掘削状況



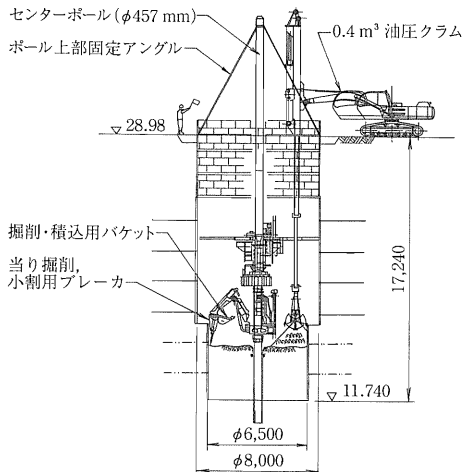
写真—4 バケット掘削状況

(e) 掘削，排土

発破後，壁面部の当り箇所をプレーカで小割掘削し，バケットに付替え発破ずりを掘削集土し，油圧クラム（ 0.4 m^3 ）で排土した（図—6，写真—3，写真—4，写真—5 参照）。

(f) コンクリート吹付け

吹付けコンクリートは，粗骨材最大寸法 15 mm，セメント量 360 kg/m^3 ，スランプ 8 cm のコンクリートと急結材をノズル先で混合し吹付け（ $t=100$ ）を行った（写真—6 参照）。



図—6 掘削排土状況



写真—5 遠隔操作状況

(g) ロックボルト工

ロックボルト（ $D 25, L=3,000$ ）の施工は，深礎掘削機に装着された横方向削岩機（YLD-90）で削孔（ $\phi 42 \text{ mm}$ ）し，カプセルモルタルを充填後，ロックボルトを挿入，定着させた（写真—7 参

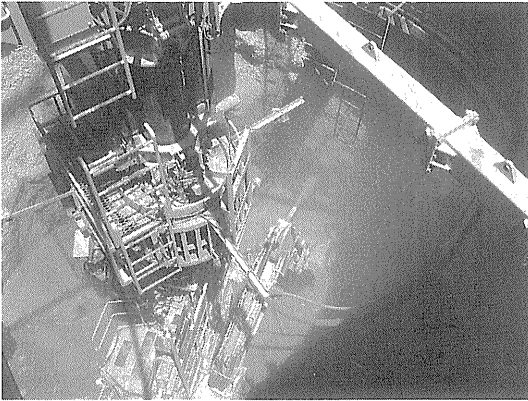


写真-6 コンクリート吹付け状況



写真-7 ロックボルト削孔状況

照)。

(4) 施工結果

本掘削機の各作業ツールによって、掘削、吹付け、ロックボルトの施工は、計画通りの性能を発揮することができた。

特に、杭芯と機械芯を一致させた同心円の軌道で作業を行うため、当り掘削やロックボルト、発破用穿孔の位置決めが容易にできることが確認できた。

6. おわりに

今回の試験施工の深度では、在来工法と同等の施工能力であるが、センターポール式深礎掘削工法は、20 m、30 m と深くなるほど施工効率の向上が可能と考えられる。同時に、危険作業・苦渋作業の低減を図ることが可能である。

最後に、本工法の試験施工に当り、ご指導、ご協力頂いた関係各位に深く感謝の意を表す次第である。

J C M A

【筆者紹介】

小林 光雄 (こばやし みつお)
株式会社大本組
大本・菅 JV 長崎自動車道
平間作業所
所長



佐藤 彰祐 (さとう しょうすけ)
株式会社大本組
技術本部
技術開発部
課長



太田 俊行 (おおた としゆき)
株式会社大本組
技術本部
技術開発部
課長代理



澤 一雅 (さわ かずまさ)
日立建機株式会社
関西支社
応用開発グループ
技術主任

