

建設技術研究開発費補助金 総合研究報告書【概要版】

(1) 課 題 名 : 深礎杭孔内無人化施工システムの開発

(2) 研 究 期 間 : 平成 27~28 年度

(3) 交付申請者名 : 八嶋 厚 (岐阜大学・教授)

(4) 研究代表者名 : 八嶋 厚 (岐阜大学・教授)

(5) 共同研究者名 : 沢田 和秀 (岐阜大学・教授)  
原 隆史 (富山大学・教授 (元 岐阜大学・特任教授))  
辻 八郎 (エイト工業(株)・社長)  
村田 芳信 (地盤防災ネットワーク・理事長)  
荻谷 敬三 (岐阜大学・客員教授)  
曾我 宣之 (岐阜大学・特定研究補佐員)

(6) 補助金交付総額 : 44,590,000 円

(7) 技術研究開発の目的

山岳部における道路橋基礎や送電線の鉄塔基礎などでは、大型建設機械の山岳部への搬入が困難なことから、わが国では人力施工に依存する比率の高い小口径の深礎杭（特にφ2~3m）が多く用いられている。これらの深礎杭では、作業員が深礎杭孔内に入った状態で掘削、土砂搬出、土留の搬入・組立（あるいは吹付けコンクリート）、鉄筋用足場の搬入・組立・解体・搬出、鉄筋の搬入・組立、およびコンクリートの締固めが行われている。このような作業状況は、劣悪な作業環境下で危険な作業であるとともに、人力施工であるがゆえに非効率な作業となっている。また、このように劣悪な作業状態に関連して若年技術者の減少も加速させている。これに対し、我々はこれまで深礎杭孔内に作業員を入れない深礎杭の施工システムを開発してきた。本システムは、すでに高速自動車国道の2つの現場で試験施工を実施しており、深礎杭孔内に作業員を入れずに深礎杭を施工できることを確認している。しかしながら、効率性と省力化の観点での改善点も明らかとなっている。そこで、本研究開発においては、安全・施工環境に加え、より効率的で現場の省力化を可能とするシステムを実現することを目的とする。

(8) 技術研究開発の内容と成果

1. 各システムの改良

本システムの効率化と省力化を達成するために、以下の開発・改良を実施した。

① 転石・排土ホッパーの開発

掘削土をバキュームシステムで排土する場合、小割りに時間を要する転石を簡易ホッパーで搬出することが効率的であることを確認した。これは送電線の鉄塔基礎のようにバキュームシステムの搬入が困難な現場においては排土ホッパーとしても活用できる。そこで転石・排土ホッパーを開発した。

② 土留下部掘削位置確認システムの開発

土留背面の掘削においてはブレーカーを用いるが、余掘りを最小限とするために掘削位置を確認する作業に時間を要していた。そこで杭頭において掘削位置を確認するシステムを開発した。

### ③バキューム排水システムへの改良

モニターの映像を見ながら掘削する場合、孔底に薄く溜まる水（水面）が反射して光り掘削に支障をきたした。そこで孔底に溜まる少量の水も排水できるシステムに改良した。

### ④3本ジャッキ・3分割土留システムへの改良

本システムは従来工法と異なり、土留工をコンクリートの打設面の上昇とともに引抜き、杭頭で解体・撤去する工法である。しかし引抜き・解体時間はコンクリートの打設時間に上乘せされクリティカルパスとなることから、その時間短縮が課題である。これまでの試験施工を踏まえ、3本ジャッキの設置架台と3分割土留へ改良した。

### ⑤接合方法の開発

φ2.5mのライナープレートを杭頭部で組立・解体する場合、上下の接続に50本のボルトの接合が必要となり時間を要していた。そこで等辺山形鋼とせん断プレートによる接続方法を開発した。これにより1段当たり5本のせん断プレートで固定することが可能となった。

### ⑥ジャッキストローク伸縮誤差の改良

土留の挿入・引抜き、および鉄筋籠組立における効率化のためにストロークが1.35mのジャッキを採用したが、ストロークの伸縮誤差が大きく水平制御に時間を要していた。そこでジャッキシリンダー内部にセンサーを組み込み、ストロークを制御するストローク伸縮同調ジャッキシステムに改良した。

### ⑦鉄筋籠の受け替えシステムの改良

鉄筋組立は油圧ジャッキに連動する鉄筋クランプと、反力架台から吊り下げられた鉄筋クランプとで交互に受け替えることにより、鉄筋籠を上昇、下降させながら鉄筋籠を組み立てて行く。また鉄筋籠の帯筋の間隔は150mm～300mmのケースが多く、帯筋の径が28mmの場合鉄筋クランプの長さは122mm以下の必要がある。そこで縦サイズが100mm以下で油圧機構により操作ができる油圧鉄筋クランプを開発した。

### ⑧2ロッド目以降の主筋の位置決めと機械式継手接続の効率化のための開発

本システムでは、主筋の継手を機械式継手とすることを前提としているが、機械式継手では主筋が正確に上下にセットされなければならない。これまでの試験施工では、2ロッド目以降の最初の数本の主筋で構築する鉄筋籠を杭頭で組立てたため、多大な時間を要した。そこで孔外鉄筋籠組立において、ロッド間の主筋の機械式継手を確実にを行うためのフープ筋マーキング機を開発した。

## 2. 各システムの工場実験

前項で開発・改良したシステムの有効性を確認した。

転石・排土ホッパーの動作確認を実施した。容量は約0.3m<sup>3</sup>であり、ホッパー内に土のうを積載して動作させたところ、上昇・下降共に速度は9.6m/分であり、1日の作業量として10m<sup>3</sup>/日が可能であることを確認した。

土留下端部掘削位置確認システムを工場内の2階部に設置し、1階床に設置した器具の位置の視認性を確認した。

改良したバキューム排土・排水システムをバキュームカーに接続し、排土と排水能力を確認した。パレット内の水深の浅い水も最後まで排水できることを確認した。

3本ジャッキ・3分割土留システムの効果を工場内で組立・解体を繰り返すことにより確認した。作業員がシステムに慣れることにより、組立時間は16分50秒、解体時間は11分30秒で実施でき、目標を達成することができた。

反力支柱に取り付けたストローク伸縮同調油圧ジャッキをライナープレートに接続し、油圧ジャッキの伸縮実験を行った。油圧ジャッキはコントロールパネルで上限値、下限値を入力しボタン操作により伸縮させることができる。また、ジャッキ内部に伸縮センサーを内蔵しており、3本のうちどれか1本でも3mm以上の伸縮誤差が発生すると自動的に停止する構造となっている。わずかな油圧ジャッキの傾きやそれに伴う偏荷重により伸縮誤差が発生するとジャッキが停止することを確認した。



ぶ送電線鉄塔事業(基礎は深礎杭)が計画されており、本システムの本格導入を目指して、試験施工を実施し、更なる改良を進める予定である。さらに、本システムのパンフレットを作成し、ゼネコン等への広報にも努めている。

(12) その他  
なし