

深礎基礎坑内無人化工法の開発

21世紀の基礎工事をめざして

Development of Unmanned Pier Foundation Construction Method

Toward Foundation Construction in 21st Century

(中央送変電建設所 設計技術G)

山岳地に建設する送電用大型鉄塔では深礎基礎を多く適用しているが、その基礎工事は掘削からコンクリート打設に至るまで、狭隘な立坑内の有人作業である。このため、コストダウン・工期短縮・安全性向上・作業環境改善および省人化を目的に、積年の課題であった掘削機械を基本とする深礎基礎の坑内無人化工法を、熊谷組・トーエネック・中電工事・大豊建設・白石と共同開発し、その実用化に成功した。

(Transmission & Substation Construction Office, Design Engineering Group)

Pier foundations will be mainly used for large steel towers of power transmission lines which are constructed in mountainous areas. These are constructed by manned operation in narrow and deep underground space, from digging to concrete supply. Therefore, in order to realize cost reductions, a shortening of construction period, improvement of safety and working environment, and unmanned operation, we have developed, in cooperation with Kumagai-gumi, Toeneck, Chuden Koji, Daiho Kensetsu, and Shiraishi, an unmanned Pier foundation construction method on the basis of the digging machine, that has been so far one of major subjects for many years, and have succeeded in its practical application.

1 背景

近年の大規模送電線は、その大容量化・長距離化に伴う設備の大規模化・工期の長期化とともに、立地上も山岳地を経過することが多く、また労働力の確保は労働人口の減少と3Kイメージなどからますます困難化している。これら山岳地の鉄塔基礎には経済性から深礎基礎を8割以上適用しているが、その工事は径3m・深さ20m程度の立坑内における人力掘削・鉄筋配置・コンクリート打設であり、狭隘な坑内の有人作業となっている。

このため、坑内無人化によるコストダウン・工期短縮・安全性向上・作業環境改善および省人化が、非常に重要な課題となっていた。

2 概要

深礎基礎坑内無人化工法は、深礎全断面掘削機・鉄筋かご沈設工法・深礎用自己充填コンクリートおよび仮土留の省略を開発することによって実現できた工法であり、その概要は次のとおりである。

●深礎全断面掘削機

坑内無人化工法の要である掘削機は、第1図に示すとおり掘削装置・排土装置・遠方監視操作装置・および動力装置で構成されており、すべて地上からの制御により坑内無人掘削するもので、全断面掘削とバキューム排土の組合せにより、掘削から排土までを連続的に行うことができる。

本掘削機の性能と仕様を第1表に示す。

●鉄筋かご沈設工法

この工法は、第2図に示すように、主鉄筋にカプラ

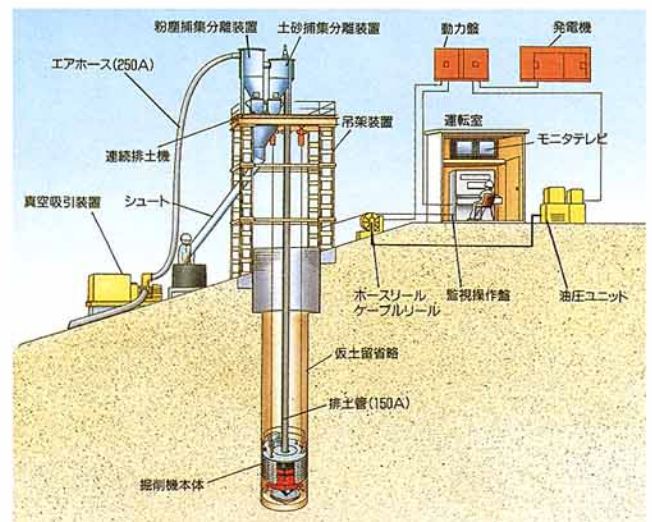
一接続のネジ筋鉄筋を用い、掘削坑直上で鉄筋かごを組立てて沈設するものである。

この工法の最大の課題は、坑壁を崩さないで鉄筋かごを掘削坑の中心に据付ける方法であったが、エアバッグを用いることで解決した。これは、地上において第1ロットの鉄筋かご下部外側面に脱気したエアバッグを3個取付け、鉄筋かごが掘削底面に到着する直前に、エアバッグを加圧して坑内中心に据付ける工法であり、据付け後はエアバッグを脱気して回収する。

●深礎用自己充填コンクリート

現在、締固め不要コンクリートといわれているものには高流動コンクリートがある。これは、本来複雑な構造物で締固めが困難なものを対象としていて、一部で実績はあるが、セメント以外の粉体も配合するため一般のプラントでは製造できず、また高価である。

そこで、送電用深礎基礎の配筋密度が比較的粗であることに着目し、高流動コンクリートより流動性は小



第1図 深礎全断面掘削機による掘削

さいが材料分離抵抗性に優れ、一般のプラントでも製造できる深礎用自己充填コンクリートを開発した。その結果は第2表に示すとおりであり、高性能AE減水剤の使用と配合調整だけで所定の性能を満たすものである。

● 仮土留の省略

仮土留は坑壁の崩壊防止対策であり、①坑内作業員の保安、②施工機材の保護、③構築設備の保護を目的に設置される。しかし、立坑の坑内無人施工においては坑壁に自立性がある場合に仮土留を省略しても差支えなく、省略することによりコストダウン・工期短縮が可能となる。また万一、坑壁が崩壊しても十分な施工対応をすれば問題はない。

そこで、本検討では深礎坑モデルの有限要素法解析を実施し、ボーリング調査データによる地盤の種別と強度から仮土留省略領域を設定できる「仮土留省略地盤の判定チャート」と、掘削時の坑壁の状況によって施工対策を判断できる「仮土留省略掘削の坑壁崩壊対策フロー」の作成を行った。

3 実証施工

深礎全断面掘削機については、試作機による模擬試験・実証施工・改良検討を経て、実用機の開発まで完

了している。また、掘削からコンクリート打設に至る総合的な坑内無人化工法は、500kV越美幹線で実証施工を実施し（第3図参照）、十分な実用性があることを確認した。

4 成果

本工法の完成により、次のようなメリットが得られた。

- ①コストダウン ・ 1百万円/基
- ②工期短縮 ・ 4ヶ月/基→3ヶ月/基
- ③安全性向上 ・ 坑内無人
・ 発破等の爆発物が不要
- ④作業環境改善 ・ 作業の軽労働化
・ 坑内作業→地上作業
- ⑤省人化 ・ 作業班の少数化（8人→5人）

5 今後の展開

本工法は、平成8年4月から500kV越美幹線を始めとする基幹送電線の建設現場へ本格的に適用する。

また、今後さらに機械および工法の改良を行い、工法の適用拡大を図っていきたい。

第1表 深礎全断面掘削機の性能・仕様

掘削径	2.50m+0~0.15m 2.70m+0~0.15m 3.00m+0~0.15m 3.20m+0~0.15m	
掘削地盤	普通土砂~中硬岩 〔圧縮強度：50N/mm ² (500kgf/cm ²)程度まで〕	
掘削深さ	30m以下	
総質量	12.0t以下	
分割単体質量	2.0t以下	
排土方式	バキューム排土	
掘進速度	砂礫 60cm/h 軟岩 50cm/h 中硬岩 35cm/h	
組立日数	1日程度	
解体日数	1日程度	

第2表 深礎用自己充填コンクリートの仕様

設計強度	18N/mm ² (180kgf/cm ²)以上
スランプフロー	50cm
セメント	普通ポルトランドセメント
単位セメント量	350kg/m ³ 以上
単位水量	170kg/m ³ 以下
骨材寸法	25mm以下
空気量	4.5%
混和剤	高性能AE減水剤



第2図 鉄筋かご沈設工法



第3図 実証施工全景