

# 14. 深礎杭工事における施工改善

建設省月山ダム工事事務所： 榎村 康史

建設省東北技術事務所： 井上 秀秋

鹿島・不動建設共同企業体：\*三井 進平

## 1. はじめに

現在主として人力により施工され、土木工事の中で最も作業環境の悪い工事の一つとされて、工事従事者の高齢化と相まって、人手不足などの深刻な問題を抱えている深礎杭工事において、危険・苦渋作業の解消、省人化及び労働災害防止のための施工改善を目的とし、次の4点について試みた。

- ① 削孔工（坑内での岩盤発破用削孔機を開発、製作する）
- ② ズリ搬出工（ズリ搬出に大型機械を適用する）
- ③ 鉄筋工（太径鉄筋D51を使用する）
- ④ 昇降設備（深礎工用ゴンドラを開発、製作する）

本論文は、上記4点について月山ダム建設工事の実施工において、試験工事を行った。その結果について報告するものである。

## 2. 深礎杭工事の概要

当工事は、ダムコンクリート用骨材製造設備のうちサージパイルにおいて、その基礎地盤が骨材の貯蔵により不安定になるため、その抑止工として行うせん断くさび杭の深礎杭工事である。

施工箇所の地質は、凝灰角礫岩を基盤とし、安山岩の転石（最大5m級）を混入した岩塊玉石混り土で構成される。

深礎杭の規模は以下のとおりである。

- ・設計抑止力(S.F<sub>s</sub> = 1.10) 232t/m
- ・杭径 4.0m
- ・杭長 34.5～53.0m
- ・ピッチ 9.5m ・本数 12本

試験工事の対象杭はこのうちの3本（深さ52.0～53.0m）である。

深礎工の作業手順を図-1に示す。



図-1 深礎作業手順

## 3. 改善点

### 3.1 削孔工

#### 3.1.1 概要

現在小口径深礎の掘削において岩塊、大転石及び岩盤発破用の削孔はジャックハンマーによる人力作業が主体である。これは削孔位置を目視で確認でき、かつ削孔状況を手で把握でき、岩質の変化に対し発破パターンに自由度があり、設備が簡便である。但し狭い孔の中での粉塵、振動、騒音など、深礎工

の作業手順中でも作業環境が最も劣悪であり、また坑内作業時間も長い。これを改善すべく削孔作業の機械化を検討し、平成3～4年度にわたって削孔機械の開発、製作、試験工事を行った。

### 3.1.2 削孔機の仕様及び構造

- 位置固定装置 ステーキング式、サポートリフト及び開閉ジャッキ4台ずつ  
 ブーム ブームリフト、ガイドチルド、ガイドスライド及び旋回式  
 削孔装置 D95空圧ドリフタ1台、ロッド 25Hex×2.1m、ビットφ38  
 空気消費量 6.4m<sup>3</sup>/min  
 ダストコレクター 吸引、集塵ボックス式、風量5.04m<sup>3</sup>/min  
 操作方法 坑内での遠隔操作（バルブ操作）

図-2に削孔機全体図、写真-1に削孔機全体状況を示す。

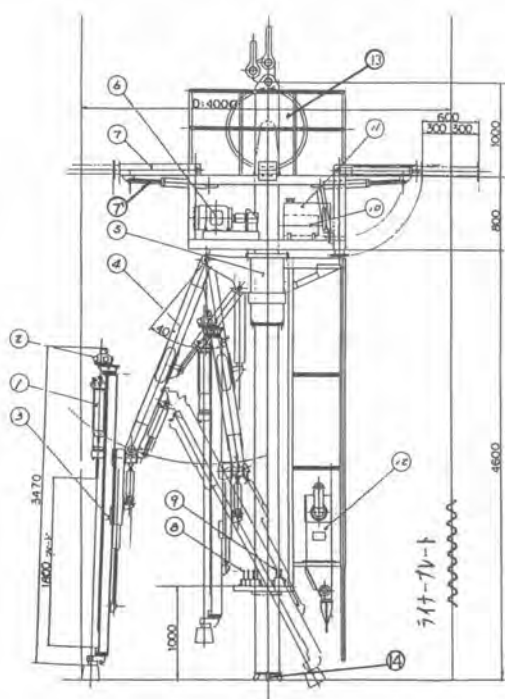


図-2 削孔機全体図

14	先端リミットスイッチ	1
13	ケーブルリール	1
12	ダストコレクター	1
11	オイルレザーバー	1
10	オイルタンク	1
9	RCV26 ニュアフェックコントロールバルブ	1
8	油圧コントロールバルブ	1式
7.7 <sup>1</sup>	FDTサボ-チングア-ム 開閉ジャッキ	4
6	7.5KW 4P 50Hzイ-ル ユニッ	1
5	FDT360° 旋回機構	1
4	FDTブ-ム	1
3	GSB-20 ガイドシェ-ル	1
2	MSIフィ-ドモ-ター	1
1	D95ドリフター	1
番号	部 品 名	数量



写真-1 削孔機全体状況（サポート張出）

### 3.1.3 施工結果

- ① 今回の削孔機は深礎径はφ3.5～4.5mに適。深度はクレーンで吊下げるため特に制限はない。土質は軟岩（Ⅰ）、軟岩（Ⅱ）に適。
- ② 1ロット（1m）52孔削孔するのに約4.5時間、設置・撤去に1.5時間要した。これは従来のジャックハンマー1台とほぼ同じである。
- ③ 遠隔操作（バルブ操作）によるので振動の障害

は全くない。ダストコレクターで集塵するので、粉塵はほとんどなく、坑内はきれいである（孔底で22CPM）。従来工法では、削孔中は粉塵で坑内は見えない（孔底で131CPM）。

- ④ 先端センサーによるサポート自動セットがうまくいかなかった、1ブームでは削孔能力が不足である、騒音は変わらない等の欠点があり、改善改良の余地がある。

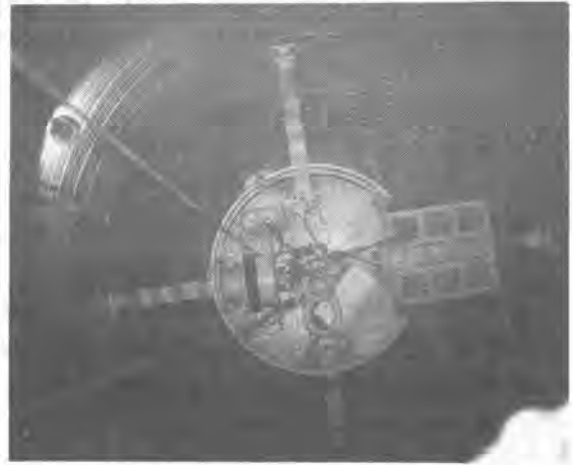


写真-2 ステージング、削孔状況（上側から見る）

### 3.2 ブリ搬出工

#### 3.2.1 概要

従来工法は（人力積込+バケットブリ搬出）で行われ、安全性、作業環境が劣悪である。土砂バケットの昇降が上下作業となり、ズリの

落下や坑内外の合図の不徹底など掘重機もからんだ災害の危険度が高い。坑内での作業時間が最も長く深度が深くなった場合、作業能力が低下する。

この苦渋作業を改善するため、土砂の掘削と破碎した岩ブリ搬出が可能な機械の検討を行った。当機械は小口径で使用可能であること、深度53mのブリ搬出が可能であることが条件であり、アースドリルパイプラムシェルを主体とし安全性を考え、ブリ搬出時には坑内に作業員が必要ないものを検討したその結果、アースドリルのバケットを改良した既存のハードストレイタムアースドリル工法（HSED工法）が適用可能と判断された。当機械については平成3年度に試験施工を行った。

#### 3.2.2 機械の仕様及び構造

この機械は基礎工事に使用されている油圧閉閉式バケット（シェル開閉式ドリリングバケット）を装着したもので、バケットの回転と開閉を同時に稼働させることができ、玉石、レキ層などの地層の掘削に対応でき、玉石は大割でブリ搬出が可能である。

また、バケットを小さくすることにより最小径1.4mまで可能で掘削深さはケーリーバーを開発することで更に深くできる。図-3に掘削機械全体図、表-1に機械の仕様を示す。

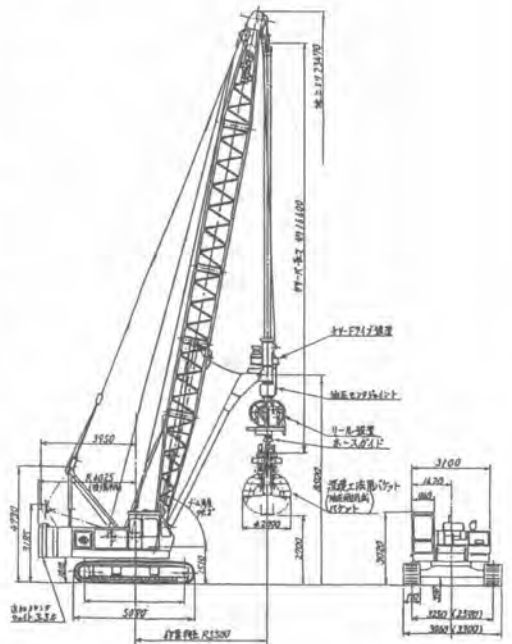


図-3 掘削機械（HSED機）全体図

#### 3.2.3 施工結果

- ① 土砂～礫まで掘削可能である。玉石は500mm以上では小割が必要である。発破を併用すれば全ての土質に可能である。
- ② 掘削速度は従来工法に比べて全掘削サイクルで平均約15%、掘削のみで約20%短縮でき

た。また深くなるほど機械掘削が有利である。

- ③ 危険でかつ苦渋作業である作業員による連の坑内作業時間が、従来工法の平均43%で57%低減できた。
- ④ 延べ作業員数は、従来工法に比べ約9割となり省人化が図られる（機械掘削時は作業員が一部待機する等のため坑内作業時間低減がそのまま延べ作業時間の低減にはならない）。
- ⑤ 掘削グリ搬出時の坑内無人化により安全性が向上する。
- ⑥ 掘削費は従来工法より割高であるが、人手不足、苦渋度の改善効果を考慮するとメリットはあると考えられる。また、同時に掘削する本数を多くすると（今回は2本に適用）、機械、作業員の効率上がり、コスト差は縮小するものと思われる。
- ⑦ 欠点として、ライナープレート周辺部（土平）に取残しが生じる。

### 3.3 鉄筋工

#### 3.3.1 概要

人力作業が主体であり、悪条件化での作業時間が長い。縦鉄筋搬入時の荷のズリ抜けによる落下の危険がある。さらに配筋が多重巻、重ね継手で、しかもピッチが狭いことからコンクリートの充填に問題がある。

せん断抑止杭は、鉄筋の断面積で抑止力が決まる。作業性を確保するためには配筋層数を減らすことが望ましく、また、杭径を小さくするためにも、鉄筋間隔は一般に最小間隔にしている。しかし、それでも従来一般に使われているD32mm筋で配置すると鉄筋間隔 104mm×100本/層×3層配筋となる。

太径鉄筋は、継手の問題、継手方式によっては高炉製に限られ、市場性、コスト的な問題で特殊な構造物にしか採用されていないのが現状である。ここでは積極的に太径鉄筋を採用し配筋本数を減らすことにより、作業性の改善を図り作業員の苦渋を解消することに努めた。平成3～4年度にわたって検討設計、試験工事を行った。

#### 3.3.2 設計仕様

継手方式は重ね継手、溶接継手、機械継手があるが、各工法の中から、熟練度を必要とせず過密配筋でも施工可能で、クレーン拘束時間も短いねじふし鉄筋機械継手の樹脂固定方式の採用が最適と判断された。また、樹脂固定方式では、作業機械が軽く、火気も使用しないため安全性にも優れている。

表-1 ハド・ストリタム・アースドリル工法機仕様

本 体 型 式		油 圧 ア ー ス ド リ ル	
ブ ー ム 長 さ ( m )		22	
最 大 掘 削 深 度 ( m )		54	
バ ケ ッ ト 回 転	正 転	4.1	
ト ル ク ( t - m )	逆 転	4.1	
バ ケ ッ ト 最 大 巻 上 げ 力 ( t )		15	
補 助 づ り 容 量		最 大 4.9	
作 業 速 度	バ ケ ッ ト 巻 上 げ ( m / m i n )	( 高 速 ) 86 ( 低 速 ) 33	φ-7 径
	バ ケ ッ ト 巻 下 げ ( m / m i n )	( 高 速 ) 86 ( 低 速 ) 33	22mm
	補 助 づ り 巻 上 げ ( m / m i n )	( 高 速 ) 70 ( 低 速 ) 35	φ-7 径
	補 助 づ り 巻 下 げ ( m / m i n )	( 高 速 ) 70 ( 低 速 ) 35	20mm
	ブ ー ム 巻 上 げ ( m / m i n )	60	φ-7 径
	ブ ー ム 巻 下 げ ( m / m i n )	80	14mm
旋 回 ( r p m )		3.7	
走 行 速 度 ( k m / h )		1.6	
原 動 力	型 式	71-762/772	
	定 格 出 力	150/2000	
全 装 備 重 量 ( t )		( 本 体 35 t / 772 ) 58.6	
接 触 圧 ( k g / c m <sup>2</sup> )		0.85	



写真-3 HSED機による掘削状況

太径鉄筋は継手方式から高炉製のD51mmを使用する。D51mmの使用は1本当りの重量が重いことを除けば鉄筋本数、継手箇所、層数の軽減、鉄筋間隔の拡大により施工性は向上すると考えられる。図-4にD32mm(従来)とD51mmの配筋を示す(深さ53m)。

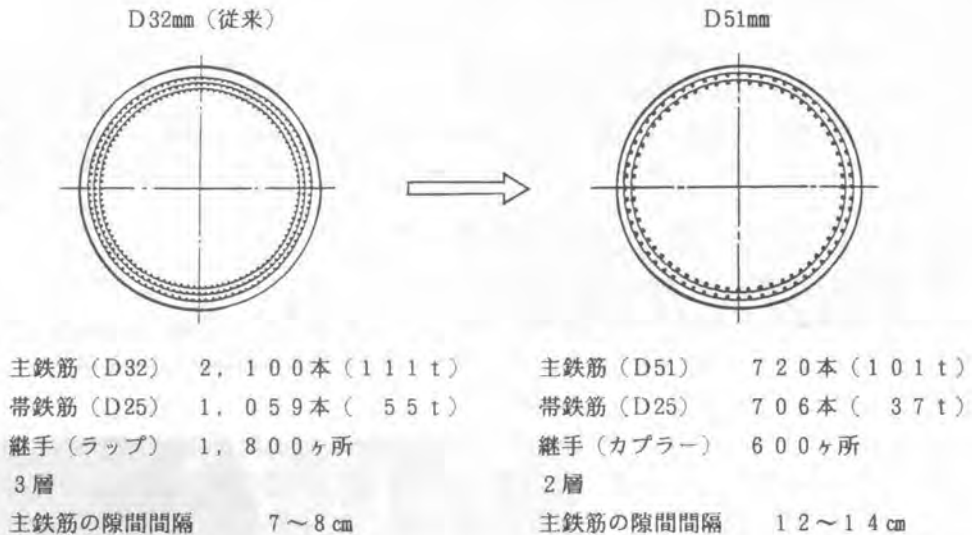


図-4 D32mm(従来)とD51mmの配筋状況(φ4m, 深さ53m)

### 3.3.3 施工結果

- ① 組立速度は主鉄筋では従来に比べて約3割速い。帯鉄筋は3層から2層になるので、従来に比べて1/3速い。
- ② コンクリートの配合が240 8 40(従来240 18 25)でも鉄筋まわりに充填が可能。
- ③ 本数、継手箇所が大幅に減り、また鉄筋の間隔が12~14cmとなって、鉄筋組立時長靴が鉄筋の間に入るようになり、施工が非常に楽になる。作業員の評判も非常に良い。
- ④ D51mmは高炉品のため材料費は高くなるが、帯鉄筋が一層減り、D51mmの組立歩掛の効率も良いので、労務費が大幅に減り、全体としては従来に比べてわずかに高いがほとんど変わらない。今後電炉品のねじふし鉄筋が生産される計画もあり、そのようになればD51mmの方が安くなると思われる。

## 3.4 昇降設備

### 3.4.1 概要

作業員の昇降は主として梯子によるが、深さ20mを



写真-4 D51組立状況

越えると疲労度・危険度は加速度的に増し、作業の効率は著しく低下する。他の昇降設備として工事用エレベータ、クレーンによる搭乗設備が考えられるが、工事用エレベータは杭径 3.5m以上必要となり鉄筋組立時には使用できない欠点がある。クレーンによる搭乗設備は非常に簡便であるが安全面に問題がある。

これらの問題を解消するために、深礎工全工程に使用可能な昇降設備として、平成 4 年度に深礎工用ゴンドラを開発、製作しかつ試験工事を行った。

<b>3.4.2 深礎工用ゴンドラの仕様及び構造</b>	
型 式	電動式・台車型アーム固定型ゴンドラ（無軌道式・可搬式）
積載荷重	240kg（3人乗）
揚 程	54m
昇降速度	21m/min
操作方法	ゴンドラ内押釦方式 ゴンドラ外よりも操作可（ゴンドラ内部切替及び非常時）
搬 器	巾 800×長さ 900×高さ2100



写真 5 深礎工用ゴンドラ全体状況

### 3.4.3 施工結果

- ① 掘削、鉄筋組立時等で全工程に使用が可能である。
- ② 3人乗りと昇降の速さのメリットで、昇降に要する時間は梯子に比べて約 1/5程度になる。
- ③ 種々の安全機能を有しており、ほとんど危険性がない。深さによる影響は全くない。作業員の体力を要しない。雨による天候の影響を受けない。
- ④ 昇り降りの苦渋・疲労は 100%解決され、作業員の評判は非常に良い。
- ⑤ 梯子に比べて当然高価であり、一部の工事用エレベーターよりも多少高い。しかし全工程に使用できるメリットは大きい。



写真 6 深礎工用ゴンドラ使用状況

## 4. あとがき

今回の 4 項目の施工改善は深礎杭工事の危険・苦渋作業の改善、省人化について相当な結果を得ることができた。特に太径鉄筋 D51 及び深礎工用ゴンドラの使用は作業員にも評判が良く、危険・苦渋だけでなく、作業効率も著しく改善された。削孔機は削孔作業の機械化の目的が先ず果たされ、粉塵、振動等の問題は改善された。今後は騒音、施工性、作業性について改善していく余地がある。ズリ搬出機は人手不足、掘削ズリ搬出時の坑内無人化による安全性を考えれば十分にメリットがある。今後は土平の取残しに対して改良の余地がある。