

34. スーパーRD工法（大口径立孔掘削工法）の開発と実施例～

鹿島：植田 政明・鳴井 森幸
*川田 正敏

1. はじめに

近年、シールド工事における立坑、橋梁をはじめとする土木構造物あるいは建築構造物の基礎としての場所打ち杭、山岳部での災害防止工事としての地滑り抑止杭等で、大口径立孔を掘削する例が増加してきており、しかも、より大口径化、大深度化する傾向が見られる。一方施工環境の面では専有スペースの制限、施工場所までのアクセス、周辺環境の保全、安全性等についてより条件が厳しくなっており、そうした条件下で省力化、工期短縮、コストダウンが要求されてきている。

このような状況を踏まえると、従来多用されてきた深礎工法や場所打ち杭工法の延長線上で施工方法を考えていたのでは、いずれ行き詰まることは容易に推定できる。そこで、これを打開する施工法の一つとして、今回スーパーRD工法（大口径立孔掘削工法）を開発し、二つの工事に適用してその有効性を実証したので、その概要を紹介する。なお、本工法は1995年6月に建設省の民間開発建設技術の技術審査証明を取得している。

2. 工法の概要

(1) 開発の目標

前述のような基礎工の現況を踏まえ、立坑あるいは場所打ち杭のどちらにも適用できる機械掘削工法を開発するものとし、その目標を以下のように定めた。

- ① 小型の機械装置で極力大口径の掘削を可能にする。
- ② 対象地盤としては軟弱土から中硬岩までとし、幅広い範囲の地盤条件に対応できるものとする。
- ③ 気中施工、水中施工の両方を可能とする。
- ④ 従来の施工法に比べ、安全性に優れ

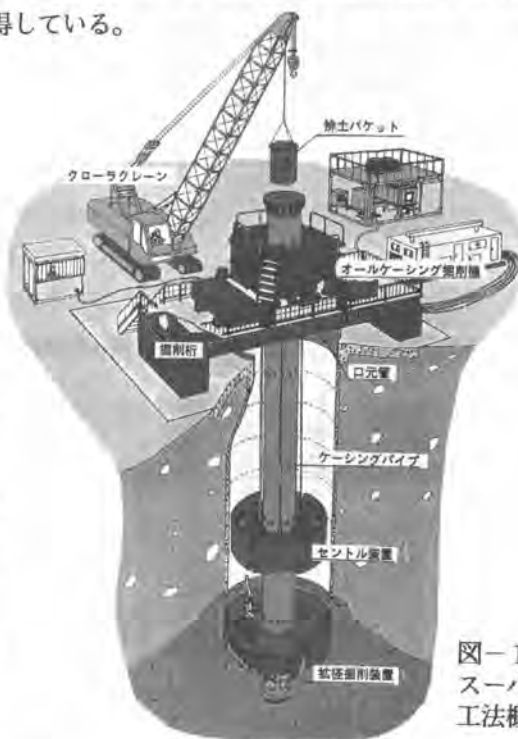


図-1
スーパーRD
工法概念図



写真-1 拡張掘削装置全景

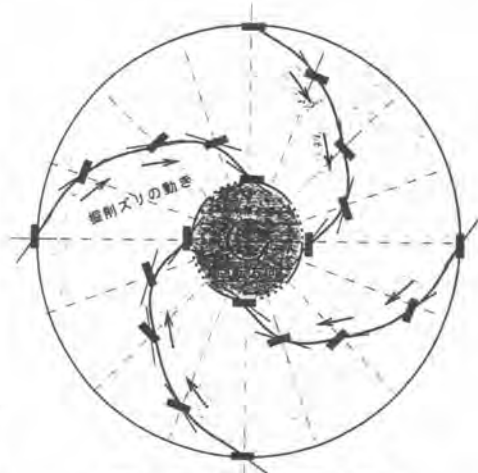


図-2 排土状況模式図

施工速度が速いこと。

- ⑤ 施工時の振動・騒音や排出土の処理を含め、環境への影響を最小限とすること。

以上の目標を達成し得る施工法として既存の全回転型オールケーシング掘削機（以下掘削機という）をベースにしたシステムを開発した。

(2) システムの概要

気中掘削で孔壁の保護を場所打ちモルタルライニングとした場合の工法の概念図を図-1に示す。本工法は、掘削機の回転力とケーシングパイプ（以下ケーシングという）の回転力伝達に着目し、ケーシング先端部を改造して拡張掘削装置を取付けることにより、その径の3～5倍の径の全断面掘削を行うもので、掘削のメカニズムは以下のとおりである。

掘削機を作動させ、ケーシング先端部に取付けた拡張掘削装置を回転させながら地盤中に押込むと、写真-1に示す拡張掘削装置の先端部に取付けたカッタビットが地盤を切削し、そのずりは図-2に示すように、らせん形の排土板に沿って掘削中心部へ送り込まれる。中心部には拡張掘削装置の動力軸及び、芯振れ防止のガイド軸としてのケーシングがあり、そのケーシング側面には開口部を設けているため、この開口部を経由してケーシング内部に落込んでいき、気中掘削の場合ハンマグラブ又はバケット等で孔外に排出する。

① 掘削及び排土方式

掘削の方式としては、地盤条件に応じて以下の二つの方式が選定できる。

- (a) ガイドホール先行方式
- (b) 同時進行方式

ガイドホール先行方式は、図-3に示すように、まずケーシングによる掘削を先行して行い、ケーシングを引き上げて先端部に拡張掘削装置を装着した後、先行掘削孔をガイドホールとして

拡径掘削を行う方式である。硬質粘性土あるいは岩盤など、ケーシングを引き上げても孔壁の安定が保てる地盤の場合に適する。

地盤が一般土でガイドホールの孔壁の安定が保てない場合には、最初から拡径掘削装置を装着し、全断面掘削を行う。

本工法の場合、掘削能力が大きいため、排土を能率よく行うことが全体的な掘削能率を向上させる上で重要になる。

排土方式としては、気中掘削の場合ハンマグラブ又は排土バケット等が適用できるが、特にガイドホール先行方式の場合、大容量の排土バケットを用いること

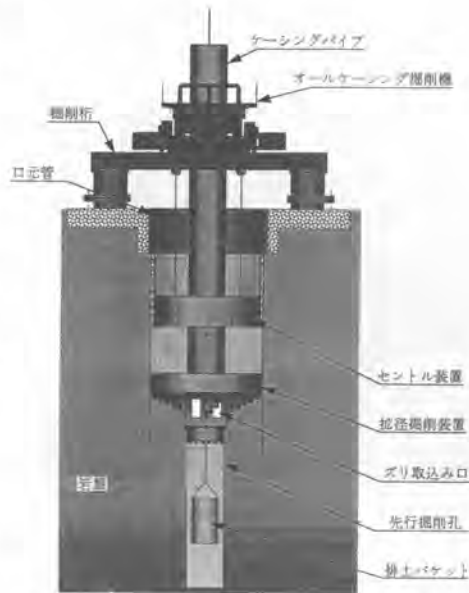


図-3 ガイドホール先行方式

で排土の能率を上げることが可能である。水中掘削の場合、ハンマグラブや排土バケット等による排土方式の他に、ケーシング内にポンプを挿入することによる泥水揚土方式も可能になる。

いずれにしても、掘削と排土の方式は地盤条件をはじめ施工条件を考慮して決定することになる。

② 孔壁の保護

孔壁の保護方法は、地盤条件、地下水位、施工環境によって選定するが、気中掘削においては素掘り吹付け、ライナープレート、場所打ちモルタル、プレキャストコンクリートリング、鋼製リング等あらゆる手段が採用可能である。水中掘削の場合には、孔内水位をコントロールすることによって、孔壁を保護するのが原則とするが、それだけでは孔壁の安定が保てないと判断される場合には、掘削の進行に応じてプレキャストコンクリートリングあるいは鋼製リングを挿入（場合によっては圧入）していくことで保護する。

3. 実工事への適用

(1) 山岳地帯における深礎杭の施工

① 全体工事概要

工事名：来島大橋下部工中工事

(P2, P3 橋脚工)

発注者：本四公団第三建設局

工事場所：愛媛県今治市馬島内

実施工期：1994年10月～1995年1月

表-1 工事数量表

名称	内 容	数 量
P2	深礎掘削φ5.0m コンクリート	L=10.5m, 12.5m 各1本 ^{*1)} 900m ³ (深礎充填含む) ^{*2)}
P3	深礎掘削φ5.0m コンクリート	L=13.0m, 2本 1500m ³ (深礎充填含む) ^{*2)}

*1) L=12.5mは他工法で施工。

*2) 工事範囲は掘削及び杭底部の清掃まで。

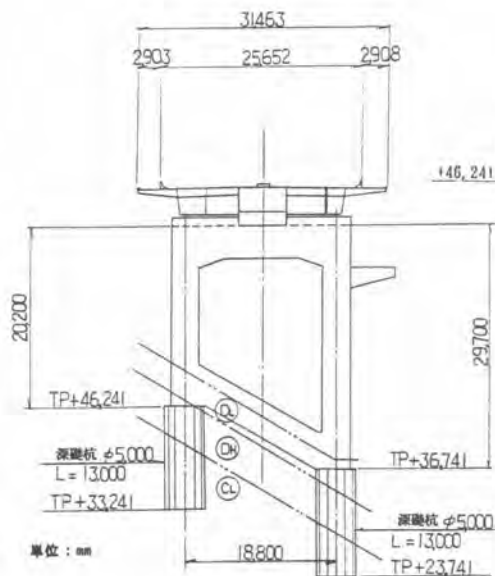


図-4 P3橋脚概略図

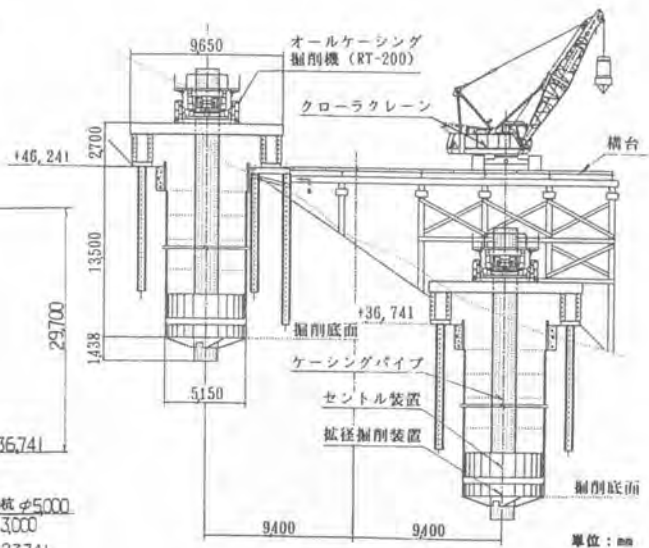


図-5 機械配置計画図 (P3)

来島大橋下部工事は、本州側広島県と四国側愛媛県を結ぶ、本州四国連絡橋・西瀬戸自動車道のうち、大島～今治間約4kmの来島海峡の3つの水道を跨ぐ来島第一大橋、来島第二大橋、来島第三大橋の3橋からなる連続した吊橋を建設するもので、このうち来島第二大橋の側径間基礎であるP2、P3橋脚工事は、馬島島内の7A橋台、6P橋脚の間に位置している。

表-1に工事数量表、図-4にP3橋脚概略図を示す。

② 地形・地質

P2、P3橋脚の杭頂部は、最大標高59.8mから最小標高36.7mまでの山の中腹部に位置し、2つの橋脚とも杭頂部に約10mの高度差がある。このため本施工にあたっては図-5に示すように橋脚終点側（進入路終点）に作業構台を設ける必要があった。

また、橋脚基礎部表面は風化岩が主体で、ボーリングコアは礫状（一部土砂状）であり岩級区分としてはDMからDHクラスである。基礎部の最深部のボーリングコアは岩片状～短棒状が主体でCMからCHクラスの中硬岩（ $qu=200\sim600\text{kgf}/\text{d}$ ）である。写真-2に施工状況を示す。



写真-2 スーパーRD工法施工状況

③ 施工実績

(a) 施工能率

本工事の実績をまとめると、掘削準備及び撤去も含めて杭1本あたり11日（出来高約1.1m/日）を要し、純掘削日数は6日（純掘削速度約0.6m/hr）となった。標準的な作業サイクルは、午前中掘削、午後ライニングとなっている。

(b) 施工精度

本工事の施工精度を表-2に示す。これにより、本工法が、ケーシングを常に先行させ、地中部のケーシング部分と掘削機の二点で支持しながら拡張掘削を行うため杭芯のズレが少なく、良好な掘削精度を確保することが確認できた。

(c) その他

本工事での標準的な施工フローを図-6に示す。また、主な構成装置の仕様を表-3に、施工完了状況を写真-3に示す。

(2) 岩盤での立坑掘削工事のその他の施工例

既設のφ1.5mの立坑をφ3.2mに拡張し、約21mまで掘り下げる工事である。平均掘削速度は約1.4 m/hrであった。

対象地盤は、大半が凝灰角礫岩で一部が安山岩であり、一軸圧縮強度は $q_u=200\sim300$ kgf/cm²程度と推定される。



写真-3 施工完了状況

表-2 施工精度実績表

項目	管理値 (許容値)	計測値
杭芯のズレ	150mm	32mm
杭の傾斜	1/100	1/406
掘削径	公称径以上	余掘り10mm

表-3 主な構成装置の仕様

名称	規格・仕様	数量	備考
拡張掘削装置	φ5.150mm	1	縮径調整付き
孔壁養生装置	セメント装置(巻ききモルタル用)	1	縮径調整付き
掘削桁ほか	B3.4m×L9.7m, 梁合2基付き	1式	
オールケーシング掘削機	スーパートップ RT-200 (日本車輦)	1	
ケーシング	φ1.500mm ×6m, 4m, 2m.	1式	
ファーストチューブ	φ1.500mm 排土口なしと有り	2	
クローラクレーン	80t吊り, 7-419m	1	
ハンマグラブ	0.3m ³ 用	1	
排土バケット	3.0m ³ 用	1	
チゼル	φ1.300mm	1	
ダウングホーローハンマ	φ250mm, 17-25m ³ /min	1	
高圧パワーユニット	RTP-320(日本車輦), 320PS	1	
コンプレッサ	PDSF-530S 10.5kgf/cm ²	1	
ダンプトラック	4t	1	排土用
モルタル圧送機	OKP-N60(興三機工) 5.5kW	1	ホッパー付き
ゴンドラ	積載荷重350kg	1	
換気用ファン	ダクト付き	1	
高圧洗浄機	装置洗浄用	1	
水槽	3.0m ³	1	

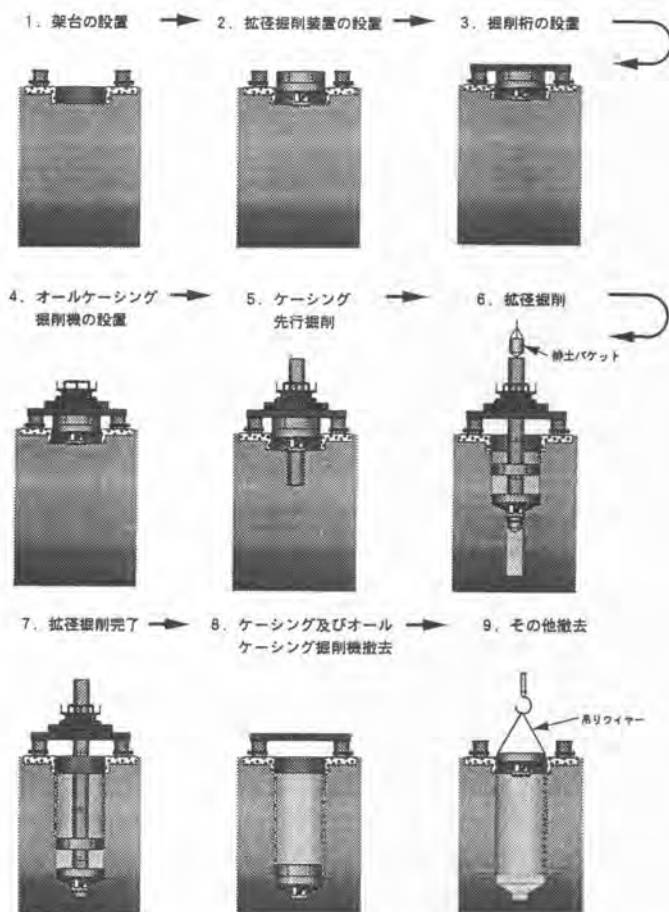


図-6 施工フロー図

4. あとがき

二つの実工事を通じて、スーパーRD工法が施工能力に優れ安全性が高いことが確認された。しかし、同時に改善すべき点もいくつか明らかになってきており、現在検討中である。また、今回有効性が実証された範囲は、当初の目標からみるとその半ばが達成されたに過ぎず、特に、一般土砂地盤で地下水位が高い場合の立坑あるいは大口径場所打ち杭への適用を次の目標に設定し、構想を固めて改善に着手しているところである。

以上、スーパーRD工法の開発の経緯と実工事への適用、及び今後の展望について述べた。この報文が、基礎工の設計と施工に携わる方々の参考となれば幸いである。本工法の実工事への適用に当っては本四公団今治工事事務所及び他の各位の御支援をいただいた。また、(株)横山基礎工事には開発から実工事まで一貫して御協力いただいたことを記し、感謝の意を表します。