

阪神大水害の爪跡、巨石群を穿つ^{うが}

ありま えいち
有馬 栄一

神戸市水道局事業部
浄水管理センター



やくち ゆきお
矢口 征勇

俣吉田組
篠原水道作業所長



たかはた ゆういち
高畠 祐一

林姫野組
関西支店



1 はじめに

神戸市水道局では、平成7年の阪神・淡路大震災の教訓を踏まえて災害に強い水道づくりを進めている。現在進めている大容量送水管整備事業は、水源の4分の3を阪神水道企業団からの受水に頼っている神戸市において、六甲山山麓部の既設送水トンネルの災害時における危険分散も考慮し、新たに市街地を通る耐震性の高い送水幹線を整備することを目的としている。

この大容量送水管は、通常の送水能

力を強化するだけではなく、既設送水トンネルが被災した場合や更生工事の際のバックアップ機能をもたせる。また、災害時にはその貯留機能を利用して、市街地の防災拠点における応急給水にも対応できるものである。

本工事は大容量送水管篠原支線の一部であり、大容量送水管で既設配水池まで連絡するものである。

昭和13年7月3日夕刻から降り始めた豪雨により5日13時迄にその降雨量は六甲山頂付近で616mm、市街地でも468mmに達した。

六甲山山麓の急峻な多数の河川に土砂・巨石・大木が流れ下り土石流となり神戸市及び阪神地区に死者616名、家屋の倒壊・流失3,623戸、埋没家屋854戸にも達する被害を生じさせた。当該篠原地域はこの阪神大水害の被害をまともに受けた地域である。

六甲山の岩質は主として花崗岩質で、風化し脆くなっていたためこのように大きな土石流が発生し、六甲山山麓の篠原地区の地下には現在も土石流の爪痕とも言うべき1.5mを越える巨石が群をなして堆積している。



写真-1 阪神大水害

ここに報告する工事はこの花崗岩質巨石群の中をφ1,000mmの鉄筋コンクリート管を用いて推進施工するものである。当該工事はこの巨石群を通過するばかりではなく閑静な住宅地内での到達間際に幹線道路を横断しなければならないという地形条件や巨石群の中でのR=55mの急曲線区間、縦断勾配もLEVELから62.8‰へ変化するパーカールカーブの存在、更に対象地盤は無水層であることなど推進工事にとっては技術的に厳しい施工条件の揃った工事であった。

当該工事に先行して近隣地区でφ1,800mmのシールド工事を施工したが巨石群に遭遇し、ビットの損耗をはじめとして種々のトラブルに見舞われ、施工には随分と苦労した。

以上のことから検討の結果、岩盤推進工事に開発され、岩盤対応や巨石対応に多くの実績を持つCMT推進工法を採用し、巨石対策や急曲線対策を施した特別仕様の機種で挑戦することとした。

結果、施工精度や工期も計画通りの成果を得て、心配された振動や騒音による住民への影響は殆どなく、さらには

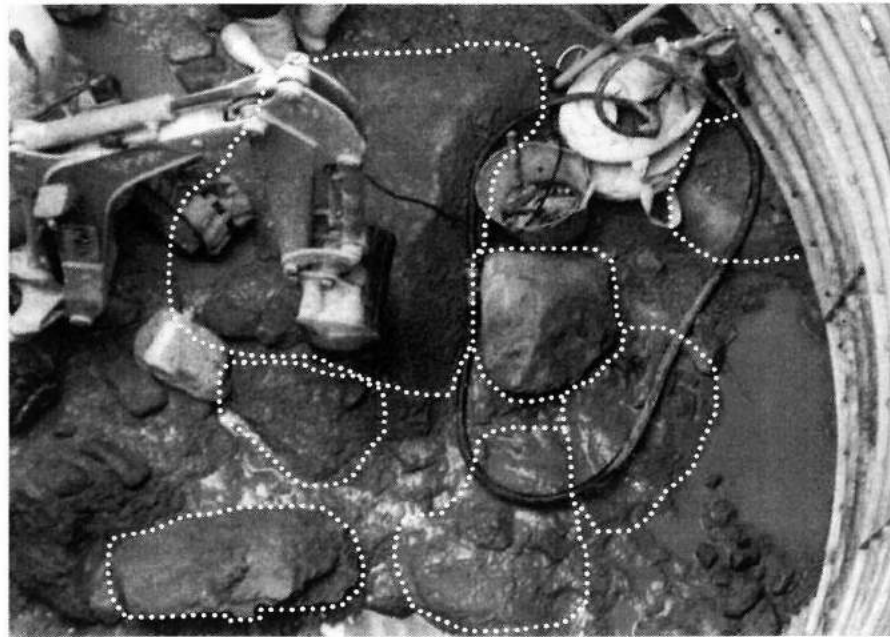


写真-2 到達立坑掘削時に見る巨石群

下流部の灘五郷の酒造りに欠かせない宮水へも影響を及ぼすこともなく竣工することができたのでその概要をここに報告する。

【工事概要】

工事名：篠原支線（灘低層連絡管）
整備工事その1
工事箇所：神戸市灘区篠原中町6-1

から灘区薬師通1-1

発注者：神戸市水道局
推進延長：L=330.735m
（斜距離331.33m）
曲線：VCR=700m
R=300m R=55m
縦断勾配：±0～+62.8‰～+69.3‰

平面図（推進工）



図-1 推進線形図（平面）

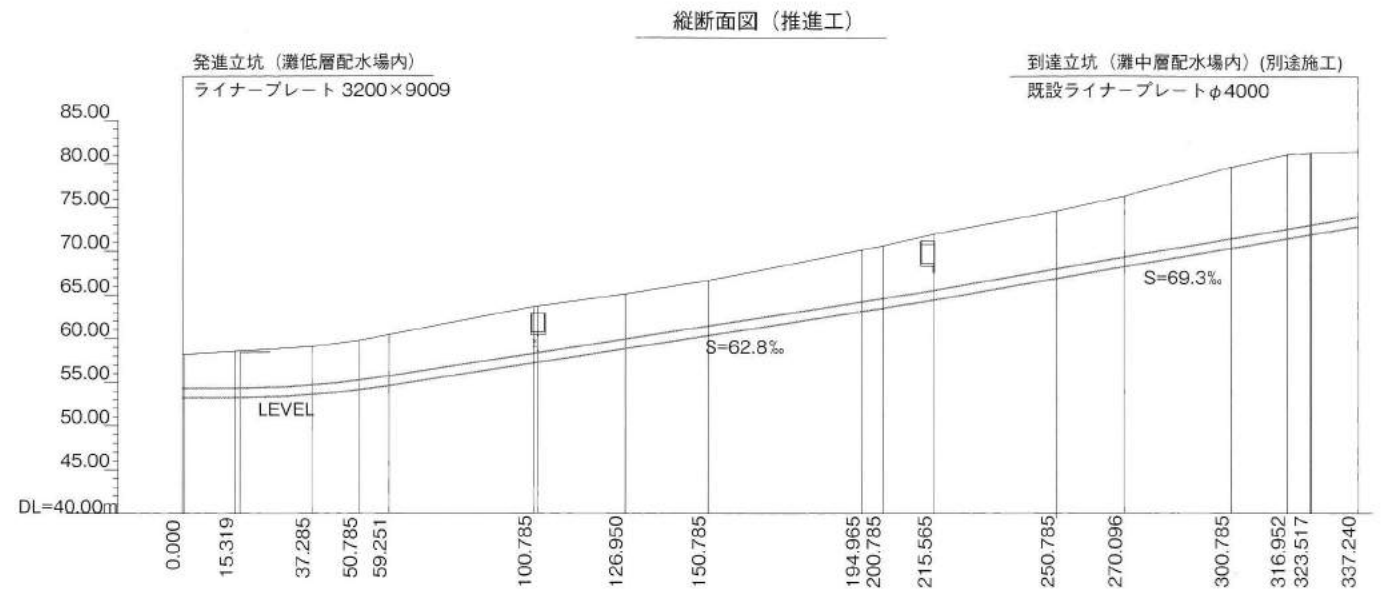


図-2 推進線形図（縦断勾配）

2 CMT工法を特別仕様にして挑戦

巨石群や巨礫層での推進工事は非常に難しいことは周知の通りである。それに加えて当該工事ではその巨石群の中での水平方向および縦断方向と両方向にわたる急曲線部分があり、これを如何にして克服するかが課題であった。

2.1 巨石群に対する対策

六甲山系の岩盤はかなり風化されて

いる花崗岩質であり、その一軸圧縮強度は70N/mm²程度であるが、巨石や巨礫は同じ造岩鉱物で構成された岩盤と較べて高い強度を有していると考えられる。

巨石群の中での推進施工で最も重要なことは、「巨石の揺動（踊り）を如何に抑えることができるか」である。一度踊りはじめた巨石には掘進機の破碎力に対抗する反力が無くなるため、巨石

の破碎が非常に難しくなる。また踊り始めた巨石は連鎖的に周りの巨石の安定を崩すこととなり一挙に切羽は乱れ、その回復は非常に難しい。

このような悪い連鎖を避けるために、常に切削部を非常に大きな力（場合によっては100tを越える場合もある）で切羽面に押付けて、ガッチリと切羽の巨石をホールドしながら破碎しなければならない。

また、このような条件下での推進施工では切削ビットの損耗や破損ばかりではなく回転する切削部面板や外周部分の損耗も激しいと考えなくてはならない。この度採用したCMT工法の掘進機は、岩盤対応機として開発された掘進機であるため、かなりハードな仕様になってはいるが、今回は巨石をしっかりホールドしなければならないことなどを考慮して従来よりもさらに頑強な補強を施した。

- ①強度確保のために、従来はSS材で製作されていた切削部を摩耗に強いSCM材仕様に改良した。
- ②切削部の面板および外周はハードフェーシングに加えて数多くの超硬

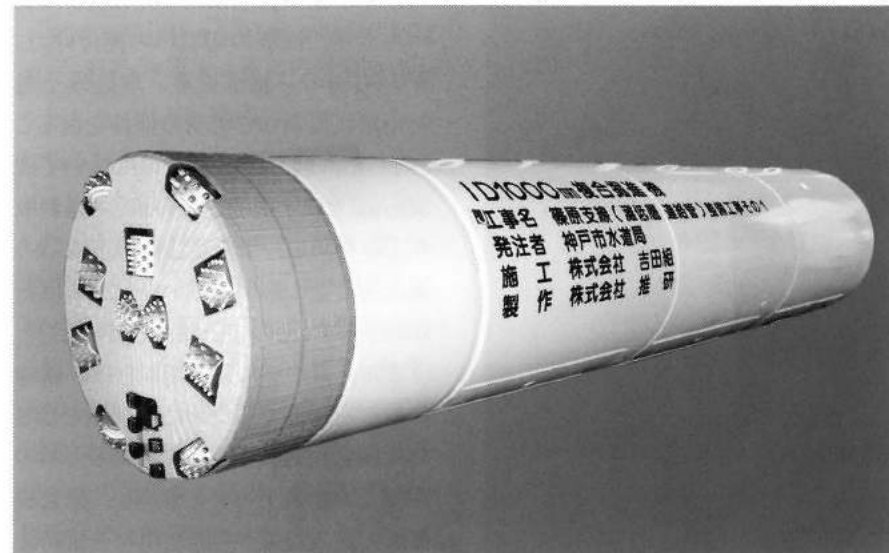


写真-3 CMT掘進機

チップを埋め込み摩耗対策とした。

③巨石ホルドの対策としてはCMT掘進機の最後尾部に設けている推進力点ジャッキの設定能力を50tから120tに上昇させて対処することとした。

④巨石の破碎には硬い岩盤掘削での経験からディスクカッターではなくローラビットによる衝撃破碎方式を採用した。巨石群の中で切削部面板を強烈な力で切羽に押付けての切削となり、掘削トルクは非常に大きくなるがCMT工法は岩盤掘進を基本に設計された工法であり、元来大きなトルクを持っているので従来通りの掘進機で対応することとした。

CMT工法においては、チャンバ内土圧、推進力点設備による切削部の押付け力、カッタートルク、推進速度、取込み土量、の5つの数値を分析・管理することにより切羽状況を数値管理することが可能で、ローラビットの摩耗度合やチップの破損状況などもほぼ正確に把握することができる。また、ローラビットの摩耗や破損を感知した場合にはCMT工法の特長の1つであるチャン

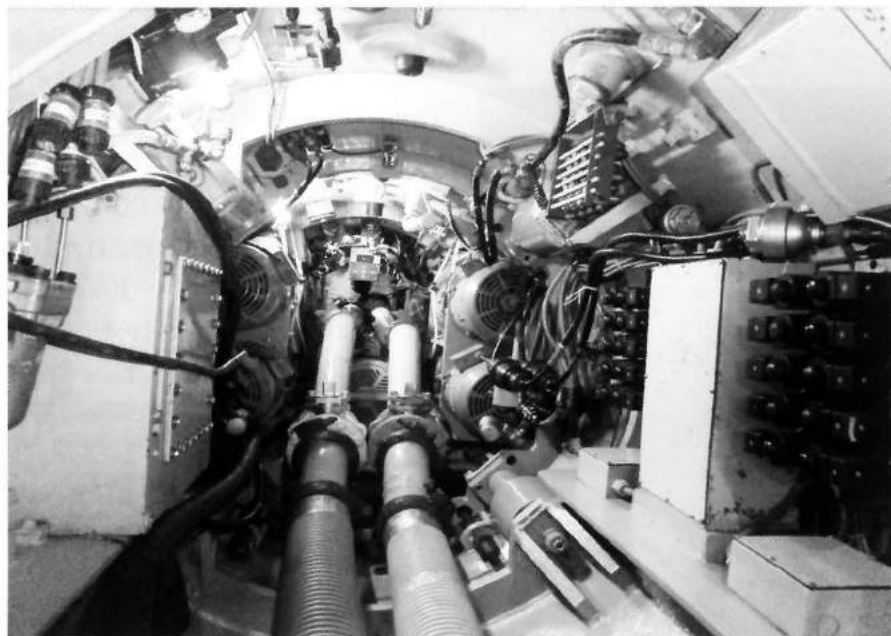


写真-4 急曲線対応掘進機の内部

バ隔壁に設置されている点検扉を開放して、機内からビットの交換をすることも可能である。

2.2 水平および縦断方向のカーブに対する対策

巨石群内での急曲線対策としては以下のように対策を講じることとした。

- ① R = 55mの急曲線に対しては最少R = 40m対応の掘進機を投入して対応した。
- ② 巨石群内においては普通地盤に比べてその線形保持に必要な力はかなり大きくなるため掘進機の法線保持専用ジャッキ能力を約20%向上させることとした。
- ③ 切削部を自在に操り、線形を形作り、これを保持するために通常の方向制御設備に加えて、掘進機後部にセミシールド装置を装備してカーブの中でも自在に推進力を掛けることができる機構を採用した。
- ④ セミシールド装置はカーブの中でのジャッキ操作となることから上下・左右の推進力に差異が生じ、種々の不都合が発生する。これを防ぐために

セミシールド設備の前後に特別仕様の圧力吸引装置を搭載して、カーブの中でもセミシールド装置のジャッキ圧力が均等に伝達できる機構を採用した。

- ⑤ 曲線部において必要となる管側面地盤反力を確保するため掘進機胴の側部に地盤強化剤注入装置を取付ける対策など、万全を期した設備とした。
- ⑥ 推進管に関しては急曲線への対応として、先頭から約66mの間は1/2管を、また管のひび割れ対応としてはJGA-90管（下水道推進工法用ガラス繊維鉄筋コンクリート管）を使用することとした。

3 施工

当該工事の施工上のポイントは、常に地山および巨石を切削部がホルドすることである。巨石が一度踊りはじめると始末に負えなくなり、頑健な掘進機を变形させることさえ過去に経験している。このように一瞬たりとも気を抜くことは禁物であり、かなりのウエイトでオペレータの技能も関係する。当該工事においてはCMT工法に携わること27年のベテランオペレータが担当した。

日々の施工管理においては、チャンバ内土圧、面板の切羽への押付け力、カッタートルク、推進速度、取込み土量を正確に監視して切羽の保持を図ることとした。例えば土量管理については50cmごとに土量測定を実施して過剰取り込みを防ぎ、また地山の状況により推進速度をこまめに調節することで巨石が踊り出すことのない様に心掛けた。

また、カーブに入ってから、曲線の線形を確保するために切削機をはじめ先頭管付近に設置している6カ所の隙間センサのデータを管理し、掘進機側部の注入設備から固結滑材を常時注入して曲線の線形確保に努めた。

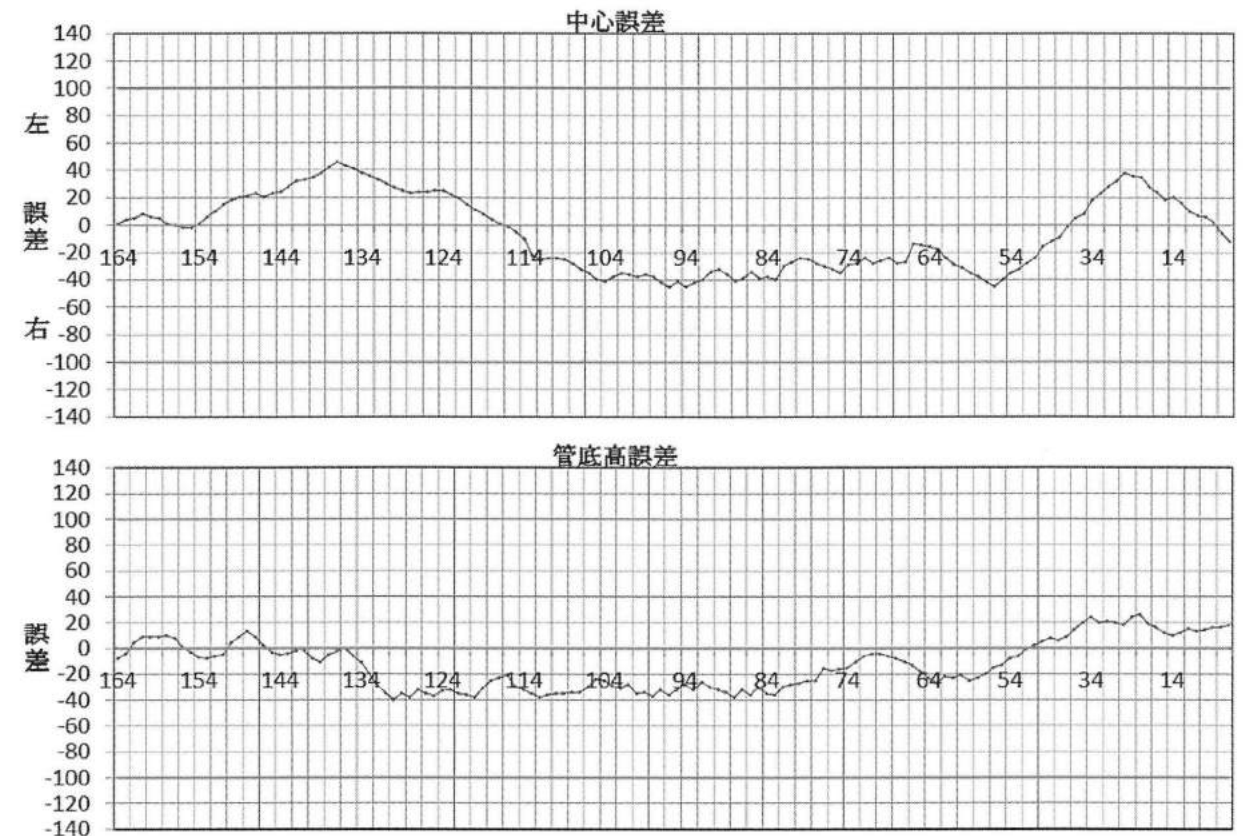


図-3 推進出来高図

当現場の切羽面は無水層であるため切羽泥水は逸水の危険があり、泥水の比重や粘性などのチャンバ土圧と外圧とのバランスが難しい。一般的な現場に比べて泥水は粘性を高めにコントロールした。

発進当初からカッタートルクを示す針は最大値付近で大きく振れ、巨石の存在を示した。しかし機内の2次クラッシャに掛る負荷はさほど大きくは無く、掘削ビットによる破碎が順調であることを示した。土被りは約4~6.4mであったが、地表面においてはゴロゴロと遠雷を思わせるような騒音があり、切削地点から約30m付近までは振動も感じられた。そのために直ちに現場を停止させて周辺の家屋調査なども実施したが、工事終了後の再調査の結果、周辺建物への影響はほとんど無かった。

以上のように設計段階から十分な検

討を基に設備や施工方法を検討し、施工にあたってはあらゆる問題を考慮しながら慎重に取り組んだ結果、トラブルもなく竣工することができた。

ただ、回収した切削部の面板および回転部外周の摩耗は激しく、摩耗対策用のハードフェーシングばかりではなく超硬チップも原型を留めないほど摩耗しており、如何に大きな押付け力の中での掘進であったかを示すものだと実感させられた。同時にローラビットや埋め込み部の超硬チップの欠け落ちや破損は見受けられず、チップの硬度選定などは適切であったことも確認できた。

4 おわりに

谷崎純一郎の「細雪」や妹尾河童の「少年H」の作品にも綴られている阪神大水害は阪神・淡路大地震と共に

神戸市民にとって忘れることのできない災害であり、神戸市内にはこれを悼む祠（ほくら）や慰霊碑があちこちに残っている。六甲山からの土石流により形成された南麓部の巨石群の中での推進工事は非常に困難であり、設計者・施工者共に、如何なる工法が適切であるか？どのような施工をすればよいか？と悩んだが、十分な事前検討計画と、慎重な施工の結果、別表に示す通り非常に高い施工精度で竣工することができた。

当該工事において、地元住民の方々のご理解、ご協力、工事関係者の課題解決への真剣な取り組みにより、如何に困難な工事であっても克服することができることを証明できたと、関係の皆様と共に喜びを分かち合いたいとの想いを深くしている次第である。