

アルティミット工法による巨石土対策 —並走する2路線の推進施工事例—

なかがわ わたる
中川 弥

坂川建設・大北久建設
特定建設工事共同企業体
大蓮寺川放水路整備工事作業所所長



はらだ みつぐ
原田 水胤

機動建設工業(株)
北陸支店 工事部次長



1 はじめに

近年、温暖化の影響も受け各地で記録的な大雨をもたらす線状降水帯が発生し河川からの外水氾濫など甚大な災害が増加傾向にある中で、本工事では、降雨による洪水を安全に流下させ、勝山市中心市街地における家屋や公共施設の浸水を防止することを目的として、放水路を推進工法にて敷設した。

2 工事概要

本工事は、勝山市中心市街地における浸水を防止

するための放水路整備工事の一環として呼び径2200の管路を敷設する工事（総延長L=776.4m）であった。Ⅰ期工事は通過立坑を含み約324m直進した後、曲線半径R=40mで県道勝山丸岡線を曲がり、その先約81.6m直進して到達するという急曲線の線形（L=406.2m）で、Ⅱ期工事はⅠ期工事とは反対向きに発進立坑から約321.1m直進して到達する線形であった。Ⅱ期工事にも通過立坑を含んでおり、ともに通過立坑でビット交換をおこなった（図-1）。

本稿においては、大蓮寺川放水路整備工事のⅠ期工事で発生した事象をもとに、Ⅱ期工事で対策した内容について報告する。

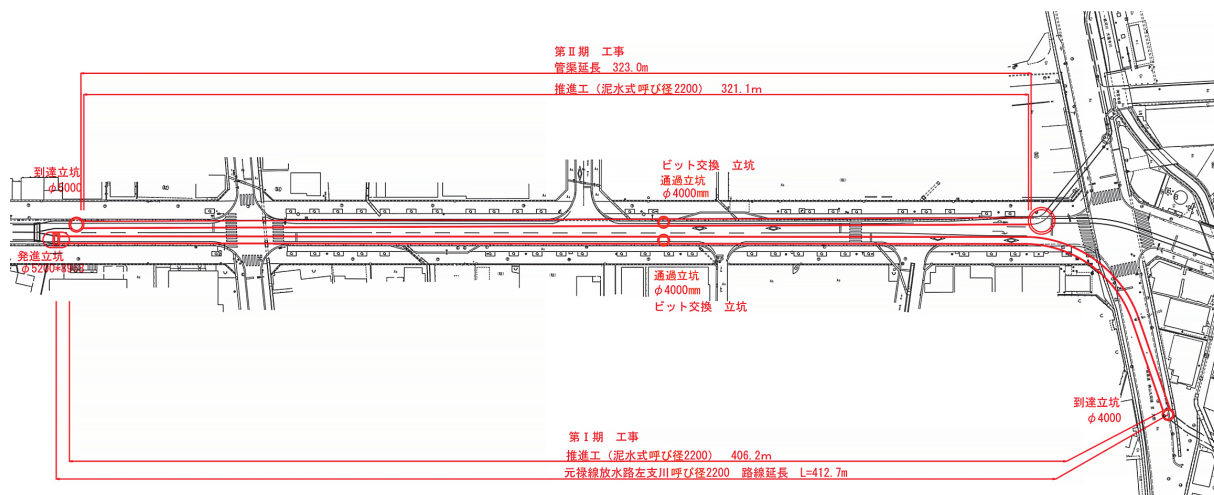


図-1 施工平面

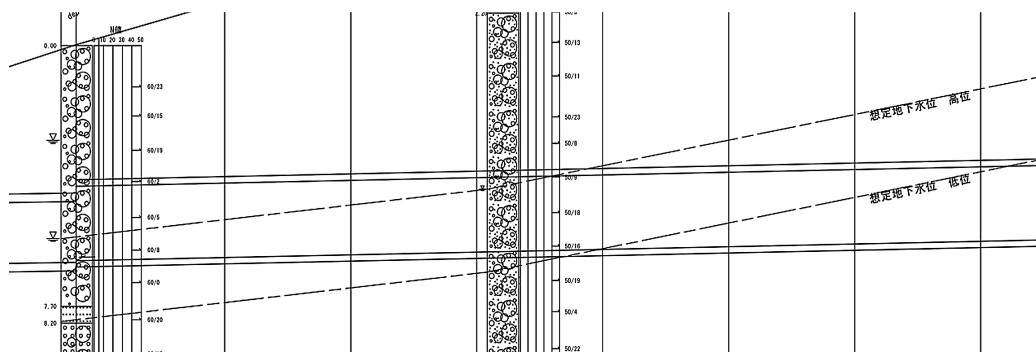


図-2 管路部土質柱状図

【工事概要】

工 事 名：大蓮寺川放水路整備工事
 発 注 者：福井県
 請 負 者：坂川建設・大北久保建設特定建設工事
 共同企業体
 施工場所：福井県勝山市本町地内
 工 法：泥水式推進工法
 推進管径：呼び径2200
 推進工法用鉄筋コンクリート管
 推進延長：L=406.2m(I期工事)、321.1m(II期工事)
 土 被 り：4.0～6.7m
 土 質：玉石混り砂礫最大礫率66.5%
 最大粒径99cm
 透水係数 $3.09 \times 10^{-4} \text{m/s}$
 礫一軸圧縮強度 130MN/m^2



写真-1 発進鏡部 転石状況

①土質に適用した掘進機の構造

ボーリングデータでは礫径99cmを含む玉石混り砂礫となっており、アルティミット工法協会の示す土質区分ではC2土質(巨石土)に該当している(図-2)。そのため、不測の事態を想定した機内ビット交換機を採用した。

②急曲線推進施工

1スパン目の線形が曲線半径40mを含んでいることから、掘進機の構造は、前述(1)の面板で破碎する方法を採用した。前述(2)の場合、チャンパ内で破碎する構造で掘進機機長が長くなり、曲線造成への悪影響が考えられたためこの機構で進めた。また、曲線への性能として計算上の安全率は第1修正で必要折れ角の2.4倍、第2修正が3.1倍の急曲線対応の二段折れ掘進機を採用した(図-3、4)。

③泥逸対策

対象土質は透水性が高くまた礫率も高いことからビット保護も含めて切羽先端に送水できる構造とした。また、2スパン目には隔壁前のフード部からも注水できる構造とした(図-3)。

3 巨石土対策について

推進工法における巨石土への対応としては、大きく分けて2通り考えられる。(1) 面板の開口部を制限しローラビットなど取付け面板で排泥管(本工事では15cm)の大きさまで破碎し取り込み、破碎しきれなかった大きい礫は機内で配管ラインに据え付けたクラッシャにより二次破碎する方法と、(2) 面板で破碎しつつチャンパ内へ取り込み、チャンパ内に取り付けたコーンクラッシャや破碎リングなどで取り壊す方法である(写真-1)。

3.1 掘進機

本工事で使用する掘進機に要求される性能としては、以下のとおりである。

3.2 推進管

本工法で使用する推進管は一般的なヒューム管（JSWAS A-2）を使用した。初期掘進時の反力不足によるローリング対策として推進管と掘進機を内バンド方式で緊結し、後続管も同様に連結して反力を補った（写真－2）。また、注入孔は管路全体に滑材・裏込め材が充填できるように全管について、管据付ごとに回転させ、注入孔の位置を変更しながら掘進した（写真－3）。特に玉石による挟まれなどを懸念し、注入孔を真上には配置しないように留意した。

3.3 滑材注入

本工事は巨石土により長期の掘進が想定されたため、地山の緩みや推進力の増大を防止する目的としてアルティミット滑材注入システムを導入した。滑材は高粘性の滑材（アルティー K）を使用し、掘進機直後の一次注入と管路進捗に合わせて追加する二次注入方式とした。圧力管理、流量管理、注入箇所および注入時間を集中自動制御し、管路延長に比例して注入箇所を増設することで推進管路全体の補足注入が均一に行えることにより計画推進力 11,273kN に対して 5,094kN と大幅な推進抵抗の低減を図ることができた。

4 1 スパン目で発生した工事の特異性

掘進を開始し約 15m 付近で逸泥を伴いカッターロックが発生し掘進不能となった。支障物の可能性もあったため掘進機全面に調査用の立坑を築造し状況確認を行ったところ、礫が面板にかみ合わさりそれが抵抗となりカッターロックを引き起こしていたことがわかった。特に掘進機外周に関しては逸泥により細粒分がなくなったことも抵抗になっていた可能性があった。そのため、停止付近の地質を調査したところ礫分と細粒分に相違があることが分



写真－2 機内緊結状況



写真－3 管内緊結と配管閉塞対策の配管バイパス弁設置状況

かり、状況から判断すると時間をかければ再掘進も可能と考えたが、異常な逸泥により地山を乱し陥没を引き起こす危険性もあったため、発注者と協議し、承認のもと調査立坑内で面板の構造を変更し掘進を再開した。再掘進後は停止することなく掘進することはできたが、日進量の低下により計画工程を大きく超過してしまった。

5 掘進機 機構変更経緯

I 期工事での事象により II 期工事に向け考察を行い、掘進機の構造を下記の経緯で変更を行った（表－1）。

表－1 掘進機の機構変更経緯

発生した事象	逸泥
	カッターロック
	チャンバ内閉塞
想定される要因	透水性が高かった（計画値 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ m/s、再調査結果 10^{-5} m/s）
	細粒分が少なかった（計画値 10%、再調査結果 4%）
	当初想定していた礫率が高かった（計画値 60%、再調査結果 80%）

【Ⅰ期工事 再掘進時の変更箇所（図-5）】

- ①逸泥対策として開口率を11%から3.7%へ変更
- ②開口率の変更に伴う面板への負担を軽減するためにローラビットを増設
- ③地山保持目的として機内より補足注入を併用

【Ⅱ期工事変更点（図-6）】

- ①閉塞対策としてチャンバ内でのコーンクラッシャによる二次破碎構造へ変更
- ②コーンクラッシャの摩耗を抑制するためにチップインサートを採用
- ③地山保持目的として機内より補足注入を併用
- ④二次破碎構造へ変更したため開口率を9.6%へ変更
- ⑤配管の摩耗を抑制するために、管内の配管材を肉厚管へ変更（図-3～6）

6 掘進管理

6.1 泥水品質管理

推進中は1本ごと掘進前後で泥水の濃度と調整槽内の泥水量に変化がないか常時計測し管理した（写真-4）。泥水比重に関しては常に1.3以上を保持し、粘性は35秒以上を基準に管理した。泥水量に関して増減が激しい場合は、掘進機機内より2液性の固結滑材を注入し切羽を保持し逸泥対策を行った。



写真-4 泥水濃度測定状況

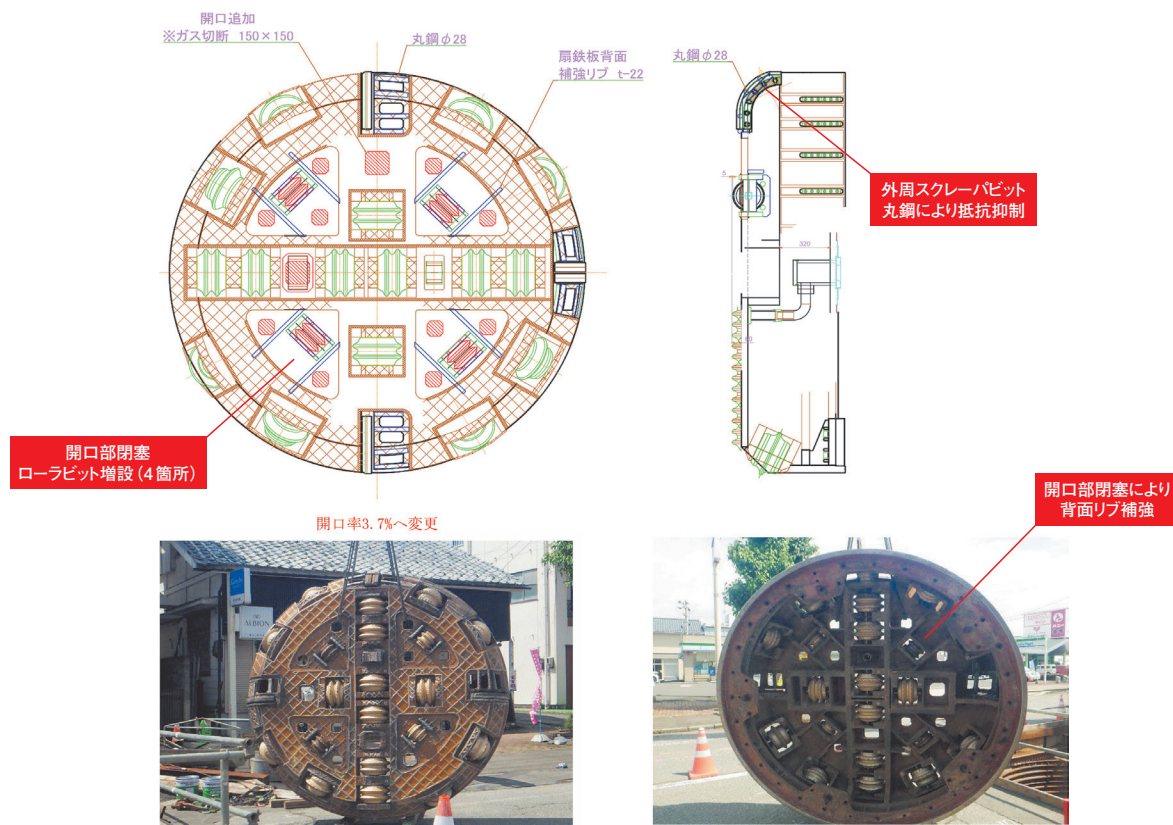


図-5 I期工事 再掘進時の面板構造変更状況

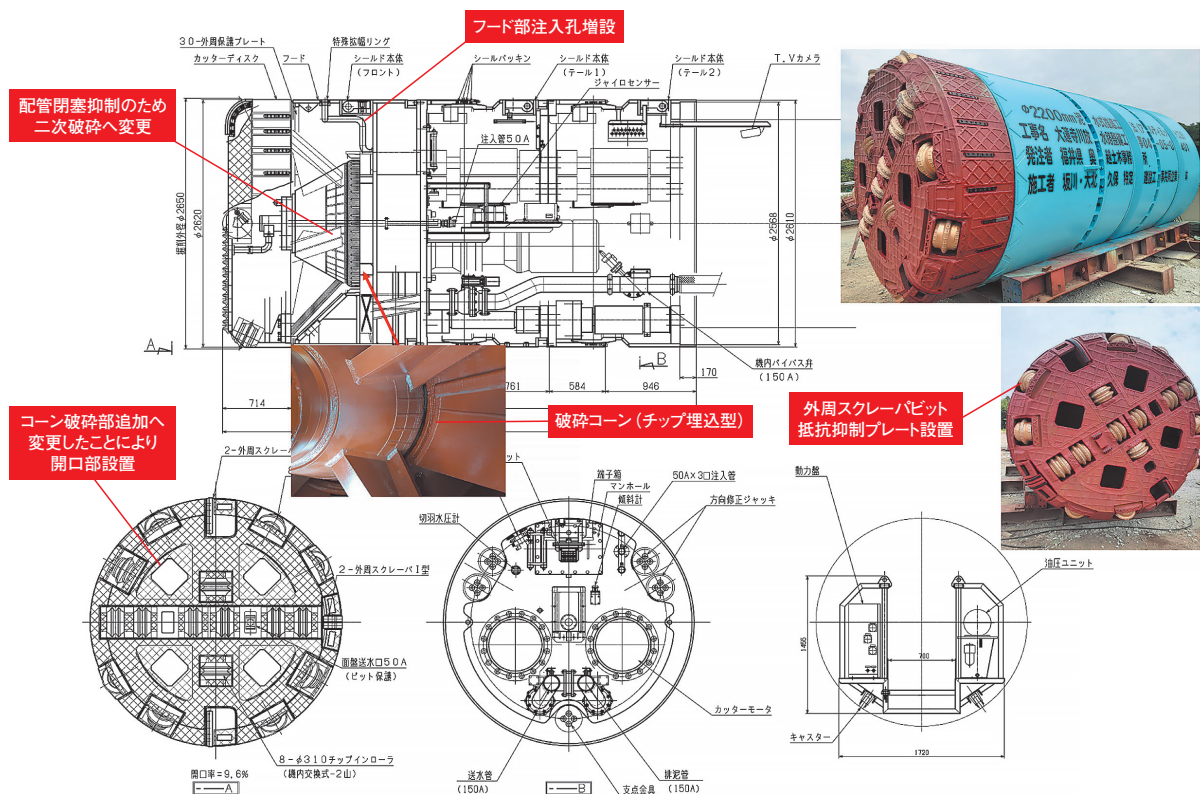


図-6 II期工事 掘進機改良状況

6.2 推進力管理

本工事では滑材注入システムを利用して各注入孔の圧力、注入量を重点的に管理し、注入圧力の高い箇所は摩擦抵抗が大きくなっている可能性があったため重点的に補充し、管路全体でテールボイドを確保できるように注入し周面摩擦抵抗力の低下を図った。また、定期的にテールボイドを専用測定器で測定し滑材の有無を確認した。その結果、計画推進力11,273kNに対して5,094kNの推進力で到達することができた。

6.3 ビット交換

2スパンとも設計で管路中間付近に通過立坑があったため、立坑通過時にビットの摩耗量を確認し、ビット交換を行った。ビットの摩耗量の検討でも中間付近での交換が想定されていたため内外周それぞれ交換を行い、II期工事では破碎リングの OUTER コーンの肉盛りも強化した。

6.4 II期工事への対応結果

II期工事では、I期工事で発生したさまざまな事象をもとに改善し対応してきたことにより大きなトラブルもなく、計画日進量に近い日進量で到達することができた。その中

でも、巨石に対して効果的だった対策は、二次破碎の方法を図-4で示した破碎方法から図-6のコーン破碎型へ改良したことである。特にコーンの摩耗を抑制するために採用したチップ埋込型の効果が大きかったと考える。

7 おわりに

本工事は、I期工事で推進開始してすぐに掘進機が停止したため、さまざまな事象を想定し協議を行った結果、II期工事ではI期工事の経験を活かし工事を完了することができた。停止した当初は、礫質土には高い能力のある機種を選定していたため何が起こったか想定もつかない状況だったが、最後まで諦めず原因を調査追求し、その対策を講じたことにより完成することができた。

最後に、本工事の施工にあたり長期にわたり地域住民の方々、発注者の福井県奥越土木事務所をはじめ、坂川建設・大北久保建設JVの方々を含め、関係各社の皆様の多大なる支援と協力をいただいたことに謝意を申し上げ結びとする。