

島尻層群泥岩における小断面排水トンネル施工時の泥濁化対策工について

沖縄総合事務局 宮古伊良部農業水利事業所 ○(正) 藤井孝介、(正) 伊佐健次
 株式会社 鴻池組九州支店土木部 (非) 古賀圭二
 株式会社 鴻池組土木事業本部 (非) 前田聖士

1. はじめに

宮古島は島尻層群（島尻泥岩）とそれを不整合に覆う琉球層群（琉球石灰岩）によって形成されている。島尻泥岩の透水係数は小さく（ $k=3.20 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ）、トンネル掘削に伴う湧水の可能性は極めて小さいと考えていた。しかし、島尻泥岩層におけるトンネル施工事例では、滴水程度の湧水でスレーキングが発生し、支保工の支持力不足による沈下が発生している。本トンネルでは施工中、島尻泥岩層中に湧水箇所が多発しトンネル基盤が広範囲で泥濁化した。本稿では、仲原地下ダム高水排水施設建設工事で行った泥濁化対策工を紹介する。

2. 仲原地下ダム高水排水施設建設工事の概要

宮古伊良部農業水利事業（受益面積 9,156ha）は、地下ダム 2 箇所（仲原地下ダム、保良地下ダム）と副貯水池 1 箇所を新設して農業用水を確保すると共に、かんがい施設を整備して、関連事業と併せて農業生産性の向上を図るものである（図 1）。

本工事は、国営宮古伊良部土地改良事業計画に基づき建設する仲原地下ダムの付帯設備として長南排水路（トンネル部）を建設するものである（表 1）。

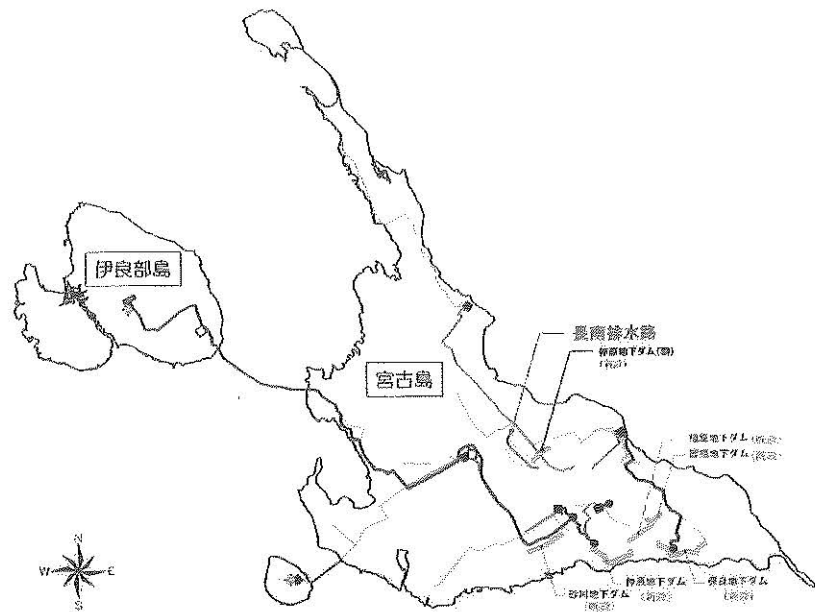


図 1 位置図

表 1 工事概要

工事名称	仲原地下ダム高水排水施設建設工事	
工事場所	沖縄県宮古島市平良字東仲宗根添地内他	
工期	平成 26 年 3 月 10 日 ~ 平成 28 年 6 月 27 日	
工事内容	延長	トンネル延長 L=1,994.6m(第 1 工区 : L=1194.6m、第 2 工区 : L=800.0m)
	断面 施工方法	3r ホ口形 (2r-v-3r) 馬蹄形 r=0.90m 仕上内空断面積 2.8m ²
	掘削方式	機械掘削方式
	掘削工法	全断面掘削工法

仲原地下ダム流域にある長南地区は、低位部の閉鎖流域のため現況でも地下水位が高く地下ダム完成後の大雨時等における高水の影響が懸念されている。地下水位低下対策として2基の集水井+水抜きボーリング工を採用し、集水井からの排水方法はトンネル方式で宮原3号排水路へ排水する(図2)。

トンネル工は、全延長でL=1,994.6mを第1工区(直接開削方式:L=1194.6m)と第2工区(立坑方式H=37m:L=800m)に分け、迎え掘りでレール方式にて施工した。地質は、第1工区の坑口部に琉球石灰岩が一部存在するが、大半が島尻泥岩であった(図3)。

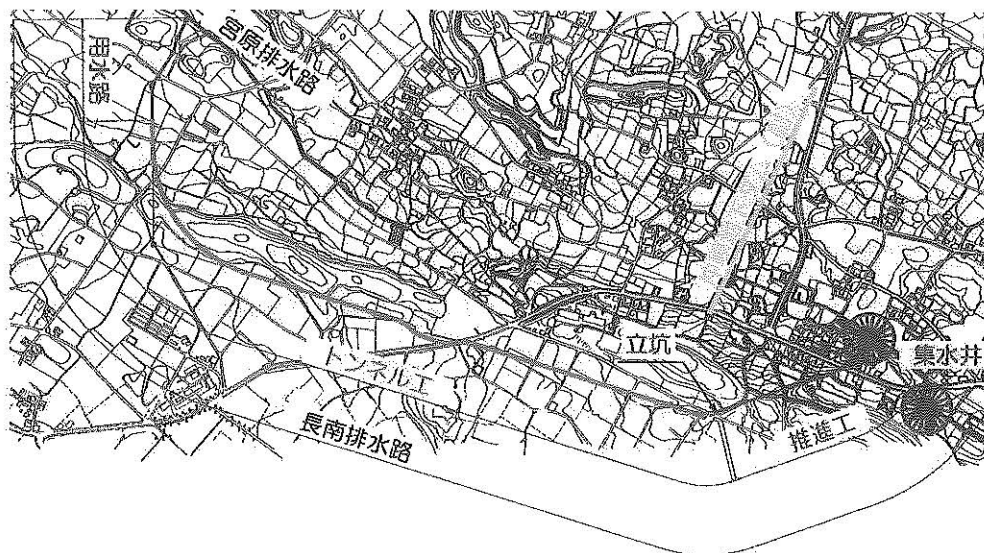


図2 平面図

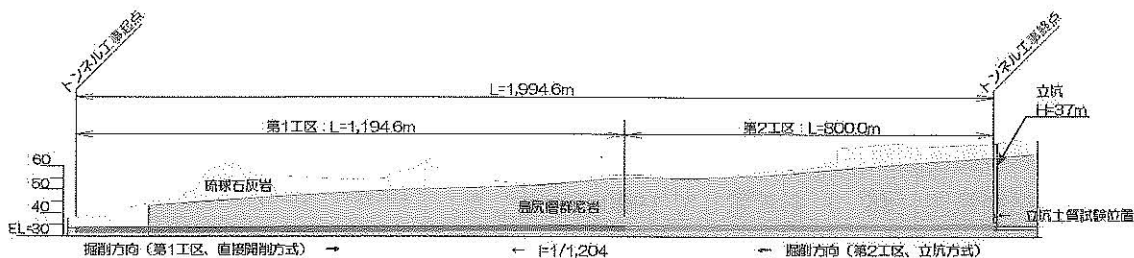


図3 地質縦断面

3. 泥濘化の状況

切羽部及び掘削後のトンネル基盤部において、泥濘化が発生した。切羽部は湧水により脆弱化した基盤を掘削機械(シャフローダ)のキャタピラ稼働によるこね返しにより深さ250mm程度の泥濘化が生じた(図4)。掘削後のトンネル基盤部では、時間経過とともに脆弱化が進行し、切羽部と同様に深さ250mm程度泥濘化する箇所が発生した(図5)。この泥濘化したトンネル基盤に軌道設備を敷設することは、支持力不足による走行車両の転倒・脱線や、覆工コンクリートスライドセントルの沈下が懸念された。さらに、構造物としての長期的な支持力不足による覆工コンクリートやインバートコンクリートの不等沈下も懸念された。

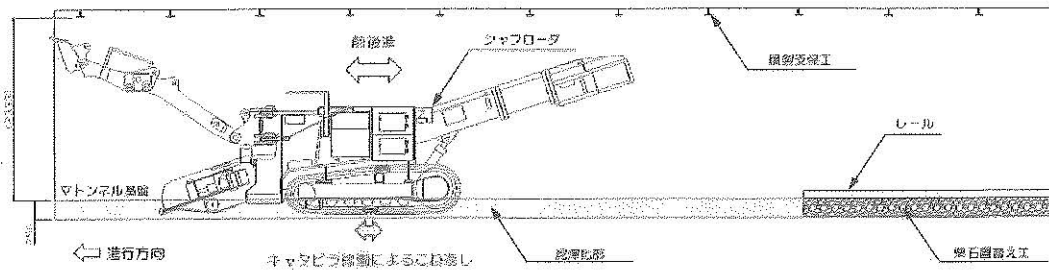


図4 切羽部のトンネル断面 泥濁化状況図

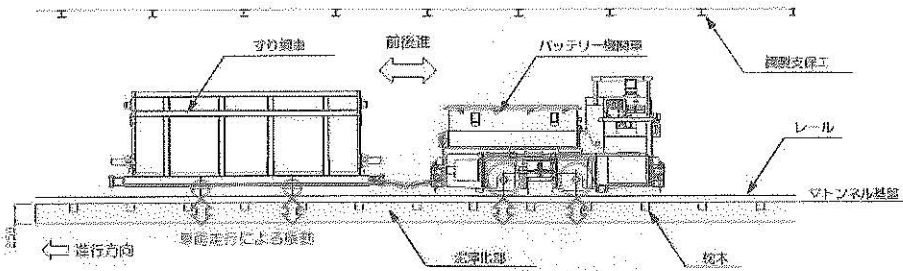


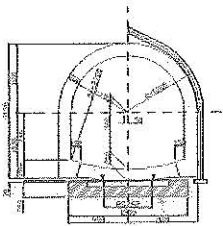
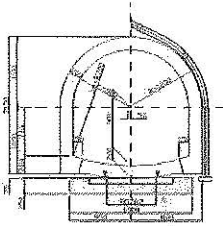
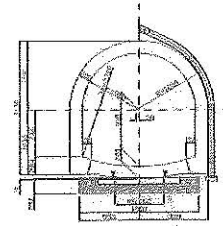
図5 掘削後のトンネル基盤 泥濁化状況図

4. 泥濁化対策工の選定

泥濁化対策については、掘削時や覆工コンクリート施工時の軌道設備の保守と、覆工コンクリートやインバートコンクリートの安定確保が望まれる。「トンネル標準示方書（山岳編）・同解説「序」、土木学会（S52）」では、「坑内運搬をレール方式による場合は、脱線等の障害を起こさないよう軌道の敷設、保守を行わなければならない」、「掘削面の地質が悪い場合は、栗石を敷いたり、均しコンクリートを施工した後にインバートコンクリートを施工するのが望ましい」との記述があり、本トンネルでは、これらに準拠して、表に示す3つの工法について比較検討をおこなった（表2）。比較検討の結果、養生期間が不要で、施工性に優れる栗石置換工を選定した（図6）。

図6に栗石置換工の詳細図を示す。置換厚さは枕木の厚さ100mmと栗石の粒径50～150mm、さらには現状の泥濁化深さを考慮して250mmとした。置換幅は支保工足元からの離隔確保と地盤への荷重伝搬範囲（45°）を考慮して1900mmとした。

表2 トンネル基盤 泥濁化対策工 比較表

対策工	セメント改良工	コンクリート置換工	栗石置換工
概要			
	泥濁化した部分にセメント固化剤（100kg/m ³ ）を添加し、改良する。	泥濁化した部分を剥ぎ取り、コンクリート（18-8-40）に置き換える。	泥濁化した部分を剥ぎ取り、栗石（50～150）に置き換える。
金額	○	×	○
施工性 （養生時間）	×	×	○ (0日)
評価	×	×	○

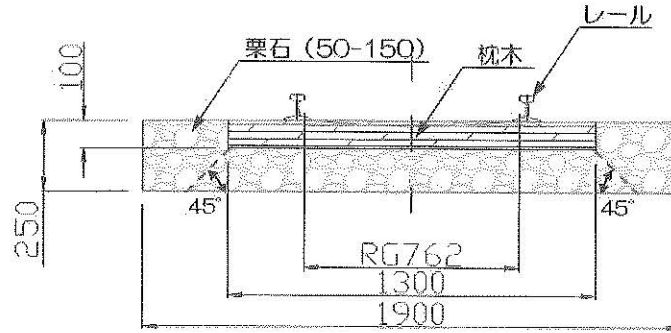


図6 栗石置換工詳細図

5. 栗石置換工の検証

トンネル基盤の支持力確認には、現地平板載荷試験を採用した。平板載荷試験によって得られた極限支持力の1/3を許容長期支持力、2/3を許容短期支持力とし、各施工段階での作用荷重と比較することにより検証を行った。

表3に栗石置換工対策箇所及び対策箇所の検証結果を示す。無対策箇所では、コンクリート打設時の短期作用荷重と長期作用荷重に対して十分な地耐力が確保できない。一方、栗石置換工を実施した箇所では、短期作用荷重と長期作用荷重に対して十分な地耐力を有している。

表3 栗石置換工未対策箇所及び対策箇所の検証結果

種類	支保工 No161(対策無し)			支保工 No170(対策有り)		
	作用荷重 (kN/mm ²)	許容支持力 (kN/mm ²)	判定	作用荷重 (kN/mm ²)	許容支持力 (kN/mm ²)	判定
(1)施工時にかかる作用荷重(短期)	—	—	—	—	—	—
1)軌道設備	58.8	81.5	OK	58.8	168.0以上	OK
2)覆工コンクリート【スライドセントル移動】	61.3	81.5	OK	61.3	168.0以上	OK
3)覆工コンクリート【コンクリート打設】	84.5	81.5	NG	84.5	168.0以上	OK
(2)構造物にかかる作用荷重(長期)	84.0	40.7	NG	84.0	84.0以上	OK

6. おわりに

本工事は平成28年6月27日に無事完了した。本工事では、島尻泥岩から成るトンネルの基盤が湧水により著しく泥濁化し、一時トンネルの安定性や施工の安全性が損なわれる状況となったが、栗石置換工により、その後問題なく施工が完了した。

本工事での施工方法や得られた知見が今後、同種工事の参考になれば幸いである。