泥濘化しやすい凝灰岩質地山におけるトンネルの施工

（株）鴻池組　東京本店土木部　森谷　仁　池尻大介
（株）鴻池組　土木技術部　○正会員　後藤　宇　若林宏彰
東日本高速道路（株）小樽工事事務所　澤田信之　上原隆三

1. はじめに

北海道横断自動車道蘭島トンネル工事は，フゴッペトンネル（L=304m）と蘭島トンネル（L=909m），橋梁下部工及び切盛土工からなる全長 2.19km の高速道路工事である．このうち，蘭島トンネルでは，泥濘化しやすい軽石凝灰岩や珪藻岩混じり砂岩が広く分布していたため，ロックボルトの引抜き耐力を確保できず，また，坑内湧水による路盤の泥濘化が続いたため，トンネル支保機能の低下や脚部沈下，作業性の低下が懸念された．

本稿では，泥濘化しやすい凝灰岩質地山における適切なトンネル支保パターンの選定と路盤の泥濘化対策について検討した施工事例を報告する．

2. 地質概要

図 1 に蘭島トンネルの地質縦断図を示す．

蘭島トンネルは，延長 909m，最大土被りが 65m，一軸圧縮強度が 2～11N/mm^2 程度の低い地山が分布していたため，トンネル全線で油圧切削機（2,100kg 級）及び大型ブレーカーによる機械掘削が採用された．

地質は，亀裂の発達した安山岩質ハイアロクラスタイト，泥濘化しやすい軽石凝灰岩や珪藻岩混じり砂岩などの凝灰岩質地山が分布するとともに，地下水はトンネル中央付近で 20～30m 程度の水頭があり山裾に向かって緩やかに高度を下げて分布していた．

本トンネルでは，特に STA.882+00～STA.885+30 の範囲において，トンネル断面内に泥濘化しやすい軽石凝灰岩や珪藻岩混じり砂岩が連続して分布していたため，湧水の発生とそれに伴う路盤の泥濘化が懸念された．

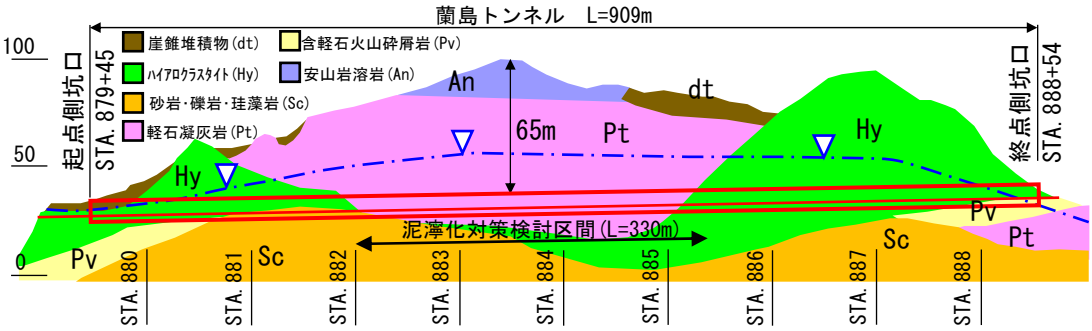

図 1　蘭島トンネル地質縦断図

軽石凝灰岩(Pt)

珪藻岩混じり砂岩(SC)

割れ目がほとんどなく塊状である．珪藻岩は掘削や振動により粉砕し含水すると泥濘化する．

3. 蘭島トンネルの施工状況

本トンネルは起点側坑口部から掘削を開始したが，トンネル掘削に伴って坑内の湧水量が増大し，湧水はトンネル天端のみならず路盤下面からも発生する状況であった．地質は軽石凝灰岩や珪藻岩混じり砂岩などの凝灰岩質地山が主体となり切羽は比較的安定していたが，湧水箇所ではロックボルトの引抜き耐力（290kN/本）を確保できず，重機や大型車両の走行により路盤が泥濘化して 20～30cm 程度の厚さでヘドロが堆積する状態であった（**写真 1**）．

このため，トンネル支保機能の低下，脚部沈下，坑内作業の施工性や安全性の低下が懸念されたため，適切なトンネル支保パターンの選定と路盤の泥濘化対策を実施する必要があった．

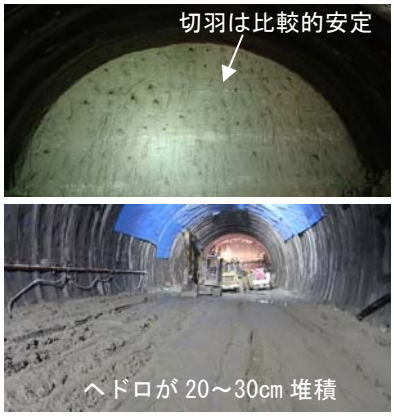

写真 1　路盤の泥濘化状況

キーワード　泥濘化，凝灰岩，注入式ボルト，インバート早期施工
連絡先　〒541-0057　大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1　株式会社鴻池組　土木技術部　TEL 06-6245-6567

4. 適切なトンネル支保パターンの選定

本トンネルは，ロックボルト施工時の削孔水による孔荒れや地山の脆弱化，湧水による充填モルタルの流出により，所定のロックボルトの引抜き耐力（290kN/本）を確保できなかった（**図 2**）．そこで，**表 1** に示すようにボルトの種類（高耐力ボルト L=4m 及び 6m，鋼管膨張型ボルト，注入式ボルト），ボルト耐力（170kN，290kN），充填材の種類（モルタル，シリカレジン 40kg/本及び 60kg/本）を試験施工により比較検討した．

その結果，ボルト耐力を 170kN とし打設本数を増加した注入式ボルト（シリカレジン注入：40kg/本）を採用することで，当初設計と同等のトンネル支保機能を確保することができた（**図 3**，**写真 2**）．

なお，ロックボルト施工時は，ミスト削孔を採用し削孔水の使用量を標準の 1/10 程度（5～10L/min）に低減することで，削孔水による孔荒れや地山の脆弱化を防止でき，トンネル周辺地山の緩みを抑制できた．

表 1　試験施工結果一覧

No.	種類	耐力	長さ	定着方式	定着材	ロックボルト引抜き試験結果			
							引抜き力(kN)	変位量(mm)	判定
1	（当初設計）高耐力ボルト	290kN	4m	定着材式	先充填型モルタル	①	90	5.66	引抜き力＜260kN
						②	130	8.82	
						③	130	8.02	OUT
2	高耐力ボルト	290kN	6m	定着材式	先充填型モルタル	①	120	6.1	引抜き力＜260kN
						②	70	3.03	
						③	230	15.9	OUT
3	鋼管膨張型ロックボルト	170kN	4m	摩擦式	－	①	60	2.5	引抜き力＜150kN
						②	90	5.78	
						③	50	1.11	OUT
4	注入式ボルト（中空ボルト）	170kN	4m	定着材式	後注入型モルタル	①	110	8.8	引抜き力＜150kN OUT
						②	110	8.09	
5	注入式ボルト（中空ボルト）	170kN	4m	定着材式	シリカレジン（40kg/本）	①	150	8.34	引抜き力≧150kN OK
						②	150	11.45	
						③	150	10.85	
6	注入式ボルト（中空ボルト）	170kN	4m	定着材式	シリカレジン（60kg/本）	①	150	5.48	引抜き力≧150kN OK
						②	150	6.72	
						③	150	5.46	

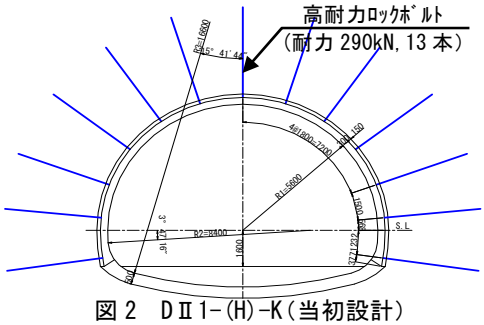

図 2　DⅡ1-(H)-K（当初設計）

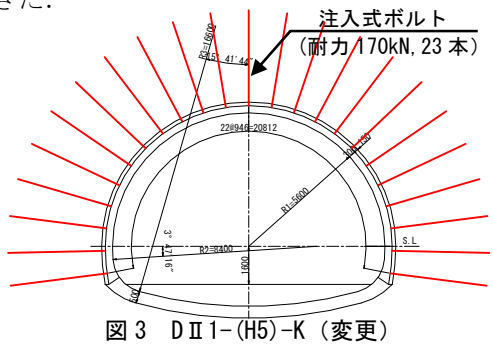

図 3　DⅡ1-(H5)-K（変更）

写真 2　注入式ボルト施工状況

5. 路盤の泥濘化対策の実施

本トンネルはアーチ部と路盤下面から発生する湧水が路盤の泥濘化を招く主原因となっているため，これらの湧水処理を確実に行いトンネルの脚部沈下の抑制と，坑内作業におけるトラフィカビリティの改善や安全性の確保を図る必要があった．具体的な湧水処理としては，アーチ部から発生する湧水に対しては，裏面排水工を設置して側溝へ導水するとともに，路盤下面から発生する湧水に対しては，岩塊置換，釜場集水，セメント改良，敷き鉄板やロードマットによる路面保護などの対策工を実施した．しかし，これらの泥濘化対策は，実施当初は泥濘化の抑制に効果を発揮していたが，時間の経過に伴ってアーチ部や路盤下面から湧水が湧出して泥濘化が再発した．そのため，トンネル掘削を一時休止し，切羽から 30～100m の位置で本設インバートを早期に施工することで，路盤の泥濘化を抑制した（**写真 3**）．以上より，これら路盤の泥濘化対策を実施することで，大きな脚部沈下やトンネル変状も確認されず，トンネルを安全に掘削できた（**図 4**）．

写真 3　インバート早期施工状況

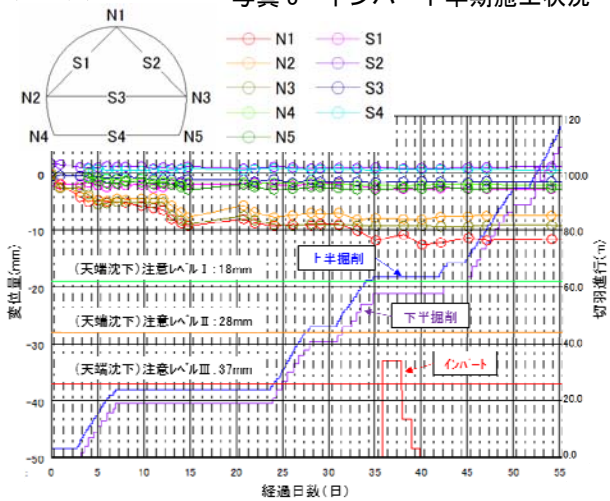

図 4　計測結果（STA. 885+6 付近）

6. おわりに

今回，泥濘化しやすい凝灰岩質地山を呈する蘭島トンネルにおいて，適切なトンネル支保パターンの選定と路盤の泥濘化対策を実施することで無事施工を完了できた．今後は他現場の坑口部や破砕帯などの脆弱地山や泥濘化しやすい地山においても，今回の経験を活かした適切なトンネル施工方法を選定していきたい．

最後に本工事の施工にあたりご協力頂いた東日本高速道路株式会社　北海道支社小樽工事事務所に深謝の意を表するとともに今後の同種工事を進めるにあたり一助となれば幸いである．