

## 長尺先進ボーリングを利用した設計支保パターンの合理化

大成建設(株)北信越支店朝日温海 11 号トンネル作業所 正会員 ○福井 隆介  
大成建設(株)本社土木本部土木設計部トンネル地下設計室 正会員 柴山 周平

### 1. 工事概要

朝日温海道路は、新潟県から青森県までを繋ぐ延長約 322km の自動車専用道路(日本海沿岸東北自動車道)のうち、新潟県と山形県の県境”朝日まほろば IC～あつみ温泉 IC”区間における事業の総称である。朝日温海道路 11 号トンネルは、当事業のうち新潟県側から数えて 11 番目に位置する延長 2,201m のトンネルであり、朝日温海道路 11 号トンネル工事は、南側 925m 区間のトンネルを新設するものである。



図-1 朝日温海道路位置図

### 2. 設計支保パターン見直しに至った背景とその手法

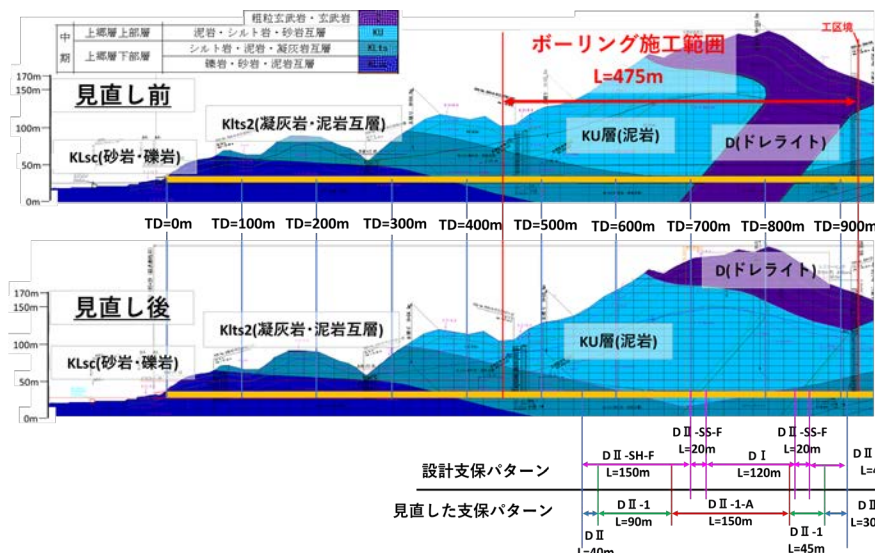


図-2 地質縦断図および支保パターン比較図

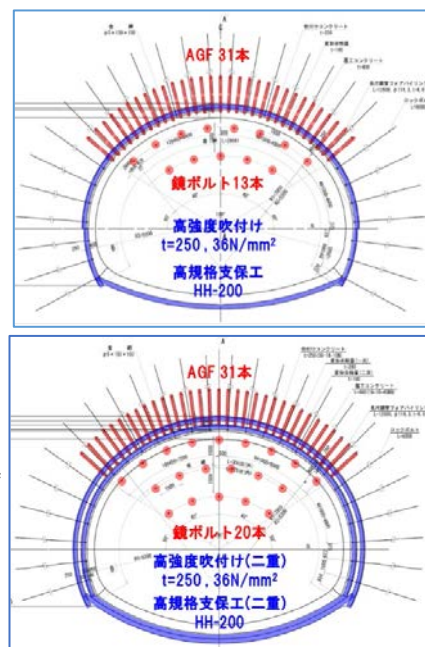


図-3 設計支保パターン図

(上:D II -SH-F 下:D II -SS-F)

当工事の地質としては、新第三紀中新世の上郷層を主体としており、大きく 4 種類の地質が分布していると想定されていた。当現場の地質の中でも、泥岩層では“スメクタイト”を含む膨張性地山、凝灰岩泥岩互層ではスレーキング指数が高いため、変形余裕量を 100mm 見込んだ D II パターンという支保パターンが設計されていた。また、土被りが大きくなる坑口から 550~905m 区間では、二次元 FEM 解析の結果より、通常の支保構造では許容応力を大きく超過することから、図-3 に示すような特殊な支保パターンが設計されていた。

これら 2 つの支保パターンを決定する上で使用された地山物性値は、当該区間から約 600m 離れた場所における鉛直ボーリングの表層近くのコアから得られた地山物性値を使用していることから、予め前方の地山状況をボーリング調査にて直接調査し、地山物性値の妥当性を確認する必要があると考えた。

**キーワード** 新第三紀中新世、シールドリバース工法、三次元 FEM 解析、二重支保工、早期閉合

**連絡先** 〒950-8585 新潟県新潟市中央区八千代 1-4-16 大成建設(株) 北信越支店 TEL025-247-1192

ボーリング方式の選定にあたり、①ボーリング施工延長475mが削孔可能であること、②オールコアでコア採取が可能であること、③高圧湧水区間および断層破碎帯においても施工が可能であること、これら3つの条件を満たすボーリング方式である“シールドリバース工法”を選定した

### 3. 長尺先進ボーリング結果および解析結果

長尺先進ボーリングを実施し、コアを採取した結果、貫入岩であるドレライトについては既往調査では幅130mで狭在していると想定されていたが、写真-1赤枠に示すような細かい岩脈は確認できたものの想定ほどの岩脈は存在しないことが確認できた。その結果より、図-2の下に示す地質縦断面図に見直しを実施した。また、採取した泥岩のコアを元に、実施した地山試料試験の結果、変形係数が想定約3倍良い値( $963\text{MN/m}^2$ )であることが確認された。これらの結果から、当初設計では代表断面を抽出した二次元FEM解析により支保パターンを検討していたが、今回の見直しでは、点の情報ではあるが、トンネル延長方向の地質分布が得られていること、各支保パターンの適用延長を合理的に決定できることから三次元FEM解析により支保パターンを検討した。

その結果、地山が良好とされたドレライト区間については、泥岩層および凝灰岩・泥岩互層が主体であり、土被りが大きくなることから、DIパターンではなく、DII-1-Aパターン（早期閉合なし、高規格支保工・高強度吹付コンクリート、AGFあり）へと大きくランクアップした。また、当初ドレライト前後のKU層は不良地山と考えられ、早期閉合や二重支保が設計されていたが、それらを必要としない支保パターンへとランクダウンさせることができた。

### 4. 決定した支保パターンによる施工状況について

2023年12月末でトンネル掘削925mの掘削を無事故無災害で完了することができた。設計段階では出現すると予想されていたドレライトやドレライト前後の不良地山については、長尺先進ボーリングにより採取したコアと同様に、切羽に出現することはなかった。

今回合理化を図った区間については、事前に地質を直接的に把握し、支保パターンを事前に決定していたことから高規格支保工や補助工法用資材の段取りを事前に実施することができ、順調に掘削を進めることができた。また、採取したコアを使用し、X線回折分析および陽イオン交換容量分析を実施していたことで、一部区間においては膨張性指数が高いことがわかっていた。その区間においては、掘削後しばらく経っても、内空変位が収束せず、吹付コンクリートのひび割れやロックボルトの破断が発生したが、対策工として、吹付けインパートを施工することで収束させることができた。

### 5. おわりに

本工事では、大土被り泥岩区間において二重支保工や早期閉合といった特殊な支保パターンが必要とされる地山が出現すると想定されていた。長尺先進ボーリングを実施し、当該区間の地山性状を直接調査することができた。その結果を元に三次元FEM解析を実施することで、当初設計にあった特殊な支保パターンは必要ないことを確認し、実際の地山状況に則した合理的な支保パターンの選定をすることができた。このことより、トンネル掘削においては、切羽観察やA計測の結果だけではなく、事前に前方地山の状況を確認しておくことが重要であることが再認識された。

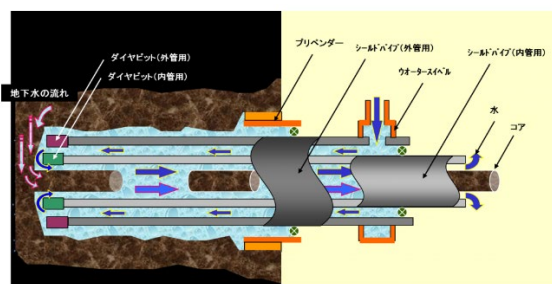


図-4 シールドリバース工法模式図



写真-1 コア写真(泥岩)



写真-2 切羽写真(到達点)