

V-11

多亀裂性凝灰岩・泥岩区間におけるトンネル支保パターンの選定

清水建設株式会社東北支店

○正会員 垣見 康介

清水建設株式会社東北支店

正会員 新居 直人

日本鉄道建設公団七戸鉄道建設所

正会員 蓼沼 慶正

1. はじめに

本稿では、東北新幹線八甲田トンネル(全長26,455m)屋形工区(斜路718m+本坑4,000m)の斜路一本坑交叉部から約200m区間における亀裂の発達した新第三紀凝灰岩・泥岩互層区間での支保パターンについて計測結果、数値解析結果(FEM)をふまえた選定手順ならびにその実施結果について述べる。

2. 地質概要

当該区間の地質は新第三紀凝灰岩優勢の泥岩互層で、層界面のほかにもランダムな潜在亀裂が多く存在し、掘削によって開口しやすい。岩石自体の一軸圧縮強度は $qu=40\sim60\text{MPa}$ である。土被りは160~190mであり、湧水は滲水程度である。

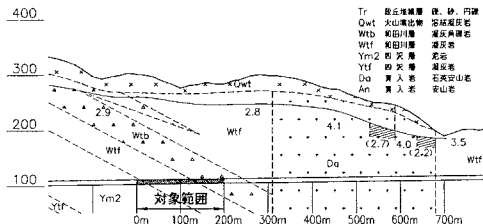


図-1 地質縦断図

3. 掘削時の状況

当該区間は、補助ベンチ付き全断面掘削工法、発破掘削方式により、図-2を標準パターンとして施工を開始した。施工の進捗に伴い、掘削後5日、切羽通過後約2Dで吹付けコンクリートのクラック、剥離等の変状が確認されるようになった。

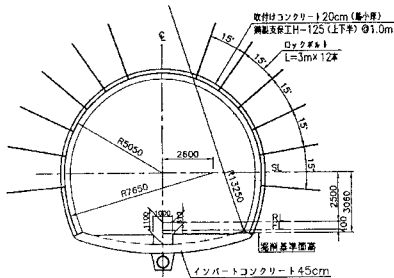


図-2 標準支保パターン

4. 支保パターン選定における試み

4.1 計測結果の分析

代表的な計測結果を図-3に示すとともに、計測結果にみられるトンネル挙動の特徴を以下に示す。

- ・天端沈下：内空変位 $=1:3\sim1:5$ である。
- ・内空変位は切羽通過後約3Dまで直線的に増加し、その後は変位の増加傾向が弱まる。
- ・標準パターンにおける計測断面では切羽通過後6Dにおいても収束状態(1mm/月以下)とならない。

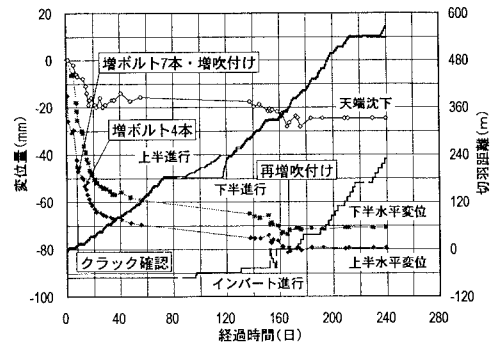


図-3 計測結果の代表例(位置40m)

4.2 解析結果の分析

計測結果の分析と並行してFEMによる数値解析を実施した。解析は二次元線形弾性解析で、逆解析的手法として順解析を多数回試行し、現状の地山条件を設定した。つづいて、ロックボルト長(3m, 4m, 6m)、鋼製支保工・吹付け厚(H-125+20cm, H-150+20cm, H-200+25cm)を変えた組合せを6ケース実施し、各支保部材の作用効果、有効性を推察した。その結果、以下の条件が導出された。

- ・地山の変形係数 70MPa ($\approx 1/70 \times 105 \cdot qu$)
- ・側圧係数 1.1
- ・応力解放率 掘削時40%, 支保負担60%

また、図-4(1)~4(3)に示した結果から以下のことが推察された。

キーワード
連絡先

支保パターン、変位速度、多亀裂性岩盤、見かけの変形係数

〒039-2701 青森県上北郡天間林村天間館字東天間館351-1 八甲田トンネル(屋形)作業所 TEL0176-68-4900

- ・変位の抑制にはロックボルト長よりも、吹付け厚、支保工のランクアップが効果的である。
- ・支保部材のランクアップにより、各部材の発生応力が約35%低減できるのに対し、変位は15%の抑制にとどまる。
- ・NATM 指針¹⁾における岩 I_N （軟岩・中硬岩）相当として $c=0.07\text{MPa}$ 、 $\phi=25^\circ$ とした場合、ゆるみ領域（安全率 ≤ 1 ）は掘削面から2m程度となる。

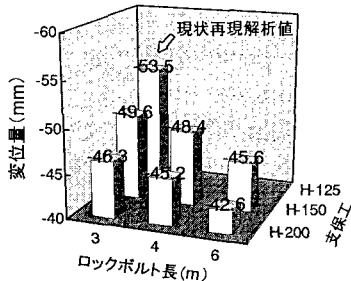


図-4(1) 支保組合せと上半内空変位の関係

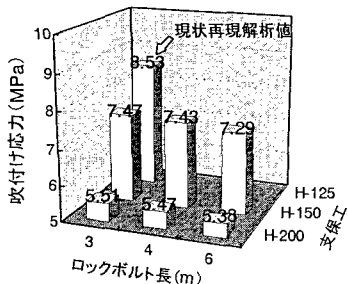


図-4(2) 支保組合せと吹付け応力の関係

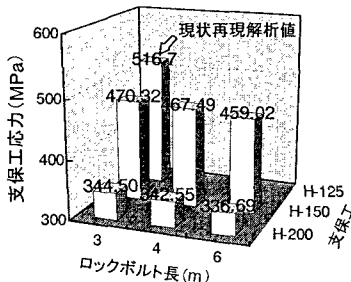


図-4(3) 支保組合せと支保工応力の関係

4.3 支保パターン選定

計測結果、数値解析結果をふまえ、標準パターンをもとに図-5に示す順序で見直すこととした。

5. 支保パターン選定フローの適用結果

支保パターン選定適用前での変位速度30mm/10m程度を変状発生を目安とし、土被りによる発生変位の増減も考慮しながらパターン選定を行った。図-6にパ

ターン選定適用前後の計測結果を示す。この結果から初期の変位速度を判断基準として迅速にパターン選定を実施した結果、変状の発生を最小限にとどめ、適切な支保パターンを見出すことができたといえる。

項目	目的
ロックボルト長 3m→4m+12本→18本	パターン選定手順適用前に実施
ロックボルト種別 モルタル充填式→鋼管膨張式	初期変位の抑制
鋼製支保工サイズ H-125→H-150	支保耐力の向上
鋼製支保工サイズ・吹付け厚 H-150→H-200+20cm→25cm	支保耐力の向上
ロックボルト長 4m→4m+6m	ゆるみ域の進展抑制
ロックボルト本数 18本→26本	掘削面近傍地山の一体化 ゆるみ域の進展抑制

図-5 支保パターン見直し手順

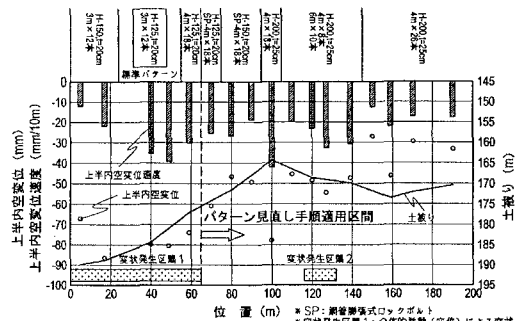


図-6 パターン選定適用前後の変位・変状発生状況図

6. まとめ

本稿では亀裂の発達した凝灰岩・泥岩互層区間での計測結果、解析結果をふまえ、支保パターン選定の考え方、適用結果を論じた。その結論は以下である。

- ・初期の変位速度は、パターン選定を迅速に実行するための重要な指標となる。
- ・多亀裂性地山の变形係数は、岩石の一軸圧縮強度から推定されるその1/70程度の評価となる。
- ・支保のランクアップは、変位抑制効果以上に部材の健全性確保を期待する点で重要である。
- ・ロックボルトは想定されるゆるみ領域+2m以上の場合、「長尺+少数」よりも「短尺+多数」の方が、変位抑制効果が高い。

【参考文献】

- 1) NATM 設計施工指針，日本鉄道建設公団，1996.2