

支保変状と内空変位および収束距離に関する考察（地芳トンネル第2工事）

清水建設(株) 土木事業本部 技術第2部 正会員 ○宮本 健太郎
 清水建設(株) 土木事業本部 技術第2部 正会員 山本 和義
 国土交通省 四国整備局 中村工事事務所 正会員 田島 基彦

1. はじめに

地芳トンネル第2工事において、トンネル支保部材に多くの変状が発生した。支保に変状が見られた位置の地質は、破碎された粘板岩や輝緑凝灰岩、葉片状～粘土状蛇紋岩を含む付加体であった。本稿は、支保部材（ロックボルト・吹付けコンクリート）の変状と内空変位の関係について、従来の関係と実現象の分析を行い、新しい相関関係を提案する。また、吹付けコンクリートに関しては、高強度鋼繊維補強の効果と変状についても分析し、効果の確認を行った。加えて付加体地山に関する収束距離についても分析したものである。

2. 吹付けコンクリートの変状

図-1 に吹付けコンクリートの変状と内空変位の関係を示す。通常の吹付けコンクリートでは、内空変位が5cm程度でクラックが発生し、5～10cmに達するとクラックが発達し、剥落が発生する箇所が見られる。さらに、内空変位が10cm以上になると通常の吹付けコンクリートの場合、ほぼ確実に剥落が発生していることがわかる。一方、高強度鋼繊維補強吹付けコンクリートの場合、内空変位が5cm程度ではクラックは発生していない。内空変位が10cm程度でクラックが発生する箇所が一部見られたが、10cm以上になっても剥落までは到っていない。このことから、内空変位が10cm以上と大きい区間でも、高強度鋼繊維補強吹付けコンクリートの曲げ靱性が有効に作用し、支保の健全性を保っていることがわかる。

また、図-2 に吹付けコンクリートの変状と収束距離の関係を示す。吹付けコンクリートの変状発生位置での平均収束距離は、クラック発生位置で4.6D、剥落位置で4.5Dであり、ほぼ等しいと言える。変状発生と収束距離の関係において特に大きな特徴は見られない。

3. ロックボルトの変状

図-3 にロックボルトの変状と内空変位の関係を示す。内空変位が4～5cm程度から、ロックボルトのプレートに変形が生じている。プレートに変形が見られた位置における最終内空変位で最も多いのが6～7cmである。このことから、内空変位が5cm以上になると、ロックボルトのプレートに変形を生じることがわかる。

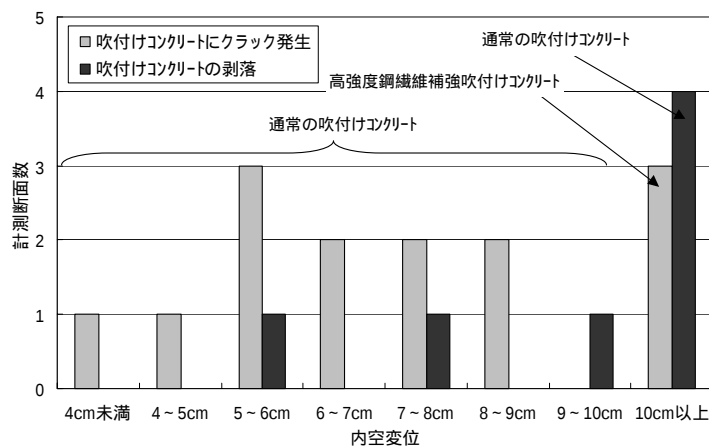


図-1 吹付けコンクリートの変状と内空変位の関係

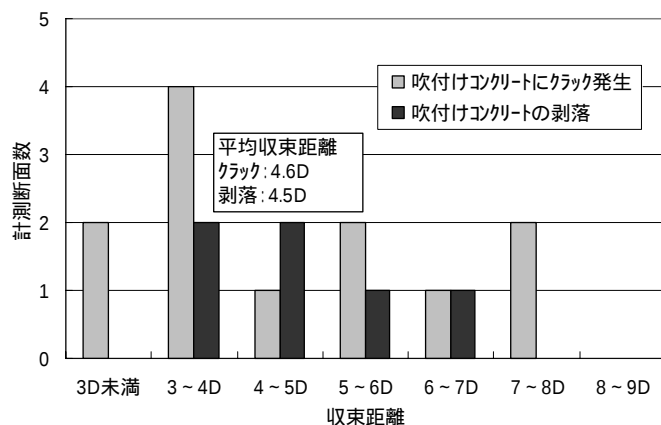


図-2 吹付けコンクリートの変状と収束距離の関係

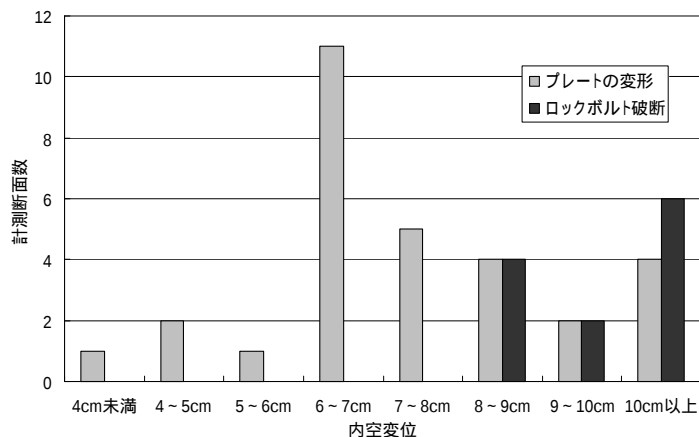


図-3 ロックボルトの変状と内空変位の関係

キーワード 支保変状, 内空変位, 収束距離, 高強度鋼繊維補強吹付けコンクリート, 付加体

連絡先 〒785-0601 高知県高岡郡橋原町永野 2050 清水・熊谷共同企業体 TEL 0889-68-0123

また、図-4 にロックボルトの変状と収束距離の関係を示す。ロックボルトの変状発生位置での平均収束距離は、プレート変形位置で 5.7D、ボルト破断位置で 4.4D である。破断した位置における収束距離は、プレートの変形が見られた位置の収束距離と比較して全体的に短いことから、ボルトの破断は大きな変位が短時間に発生した場合に起こることがわかる。

4. 内空変位と収束距離

図-5 に内空変位と収束距離の関係を示す。

一般に、地山が弾性状態のトンネルにおける収束距離は、2D 以内とされている。しかし、本トンネルにおいては、F2 断層部以外の区間でも、収束距離は平均で 4.6D と長く、多少のばらつきはあるものの、3～6D の範囲で収束しているものが多い。これは、断層部のみだけでなく、粘板岩を主体とする区間においても後荷が作用していることを示している。

また、上半切羽の収束距離と最終変位の関係は、特に一定の特徴や傾向は見られない。これはインバート閉合の時期により、収束距離や収束時間が影響を受けていることを示している。しかし、F2 断層部における収束距離は、インバートを早期に閉合したにもかかわらず、平均で 19.0D まで達している。F2 断層部の地質は、押し出し性の著しい角礫状～粘土状蛇紋岩であり、掘削時に湧水は全く無かったが、施工後に吹付けコンクリートやインバート下部からの湧水が確認されたことから、蛇紋岩が水により劣化し、経時的に荷重が増大したと考えられる。F2 断層部では、当初スキージング（押し出し性）により変位が発生し、時間経過とともにスウェリング（膨潤性）が発生し、変位が進行している。これらの現象は、トンネルに大変形を生じさせる膨張性地山の典型的な特徴であるスキージングとスウェリングを明確に示すものである。

5. まとめ

図-6 に支保部材の変状と内空変位の関係について、従来の関係と本トンネルの比較を示す。

吹付けコンクリートは、内空変位が従来と同等の 40mm でクラックが発生するが、剥落は従来の 300mm に対し 100mm で発生した。高強度鋼繊維補強の場合、一般的な吹付けでは剥落が発生する内空変位 100mm 以上でも、ほとんど健全な状態であることが確認された。ロックボルトは、内空変位が従来の 60mm に対し 40mm でプレートの変形が発生し、ボルトの破断は従来の 200mm に対し 80mm で発生した。従来の関係と比較して、全体的に小さい内空変位で支保部材の変状が発生する傾向にある。

本報告は、支保部材の変状と内空変位の新しい相関関係を提案したものである。

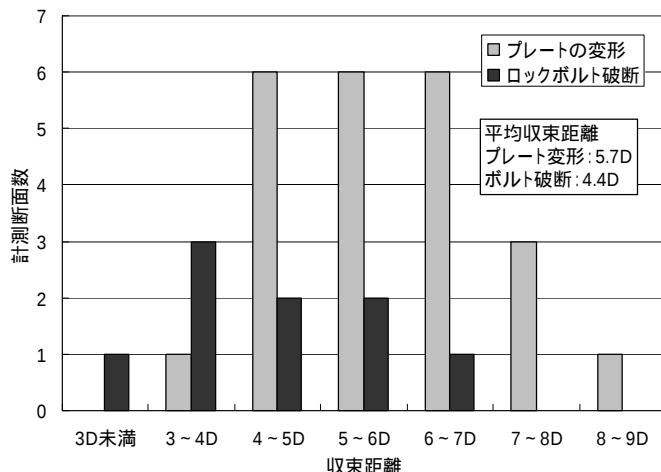


図-4 ロックボルトの変状と収束距離の関係

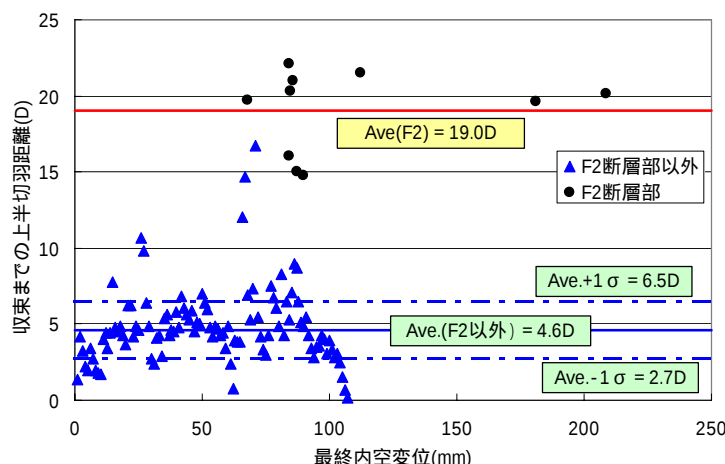


図-5 内空変位と収束距離の関係

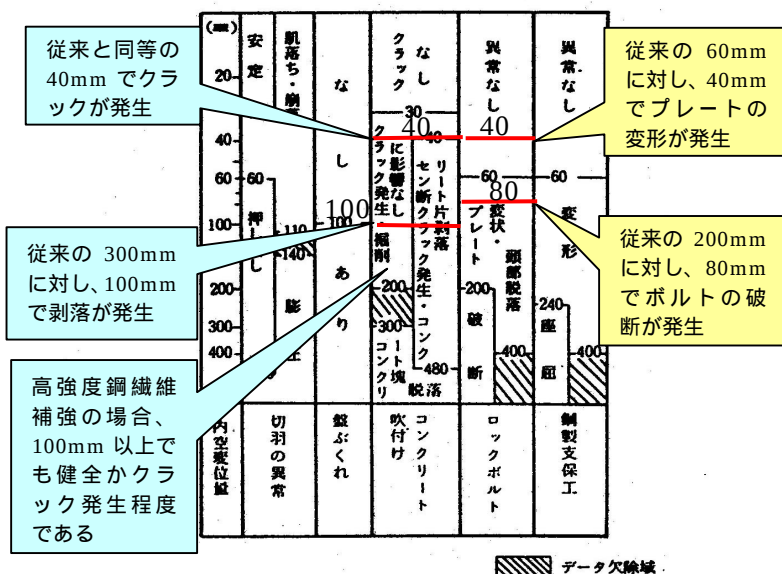


図-6 変状と内空変位の関係（従来と本トンネルの比較）