

断層部のトンネル施工実績と鋼管膨張型ロックボルトによる変位置抑制効果

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 福山拓郎 今井啓文 小関敏史
鹿島建設(株) 正会員 ○松下智昭 河本貴史 横井克典 白鷺 卓

1. はじめに

山岳トンネルの支保部材の一つであるロックボルトは、一般にモルタルによる全面定着方式が採用されている。しかしながら、掘削直後の初期変位速度の大きい地山の場合、モルタルの硬化が間に合わず、十分な定着力を発揮できない場合がある。これに対して、鋼管膨張型ロックボルトは、水圧で膨張させ、岩盤と密着させることができるため、施工直後から設計耐力の発揮が期待できる。

今回、中央新幹線、中央アルプストンネル（山口）の断層部において、初期変位置抑制対策として鋼管膨張型ロックボルトを採用したところ、大幅な変位置の改善が確認できたため、その結果を本稿で報告する。

2. 地質概要

トンネル周辺の地質は、中生代の花崗斑岩で、新鮮な岩盤は一軸圧縮強さが 100 N/mm² 以上である。一方、鋼管膨張型ロックボルトを採用した区間の地山は、断層の影響を受けて破砕、あるいは粘土化しており、一軸圧縮強さは 5 N/mm² 程度であった。土被りは約 240 m で地山強度比は 1 程度となる。湧水はなかった。

3. 鋼管膨張型ロックボルトの概要

鋼管膨張型ロックボルト（RPE ボルト）の概要を表-1 に示す。このボルトは、高耐食性めっき鋼板 ZAM（溶融亜鉛-6%アルミニウム-3%マグネシウム）が採用されており、地山と直接接触することで懸念される腐食の影響についても高い耐食性（長期安定性）が確保されている¹⁾。

表-1 鋼管膨張型ロックボルトの仕様

項目	値
耐力(kN)	180
外径・膨張後 (mm)	φ 36・φ 54
質量 (kg)	13.2
延長 (m)	4.0
推奨穿孔径 (mm)	φ 45～φ 51

4. 断層部の変位置の特徴と鋼管膨張型ロックボルト適用の経緯

図-1 に本坑の主断層区間前後の施工実績を示す。206k950m 付近を過ぎ、主断層区間に入ると、内空変位置が増大し、管理レベルⅢ（150 mm）を超過することが予想されたため、対策を検討した。まず、支保耐力の向上を図るため吹付けコンクリートを設計強度 36 N/mm² の高強度のものへ変更した。また、掘削は補助ベンチ付全断面工法で行っていたが、一次インバートによる閉合（上半切羽との離隔 7～9m）までに全体の内空変位置の 70～80%が発生していることから、一次インバート施工までの間の初期変位置を抑制することが重要と考えた。そのための対策として、膨張性地山などで変位置の抑制効果が確認されている²⁾鋼管膨張型ロックボルトを採用した。なお、変位置抑制対策として、一次インバートの閉合距離をさらに短くすることも挙げられたが、当トンネルは大断面で肌落ちリスクが高いことから、現状の閉合距離のままとした。

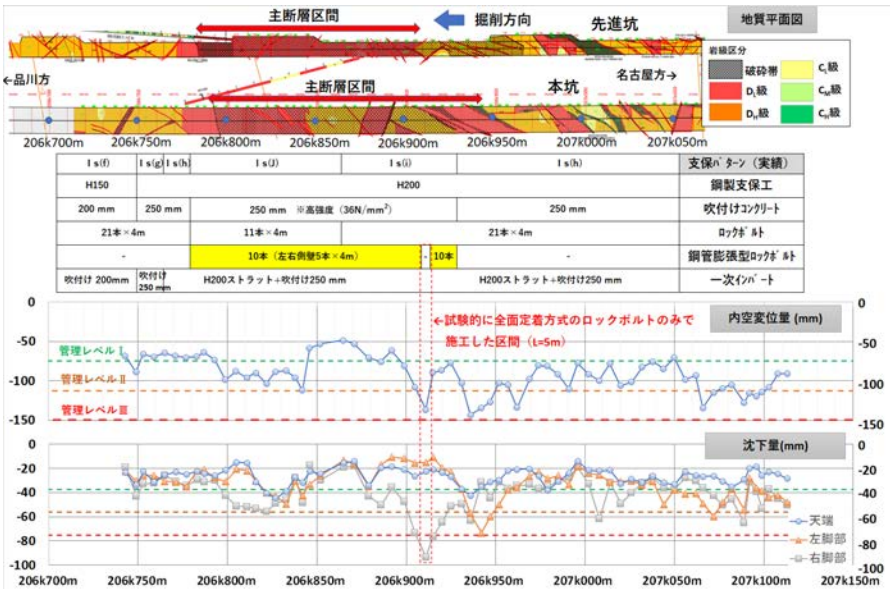


図-1 本坑の主断層区間の施工実績

キーワード トンネル, 断層, 内空変位置, 鋼管膨張型ロックボルト

連絡先 〒460-0003 愛知県名古屋市中区錦 2-20-15 鹿島建設(株)中部支店土木部 TEL052-307-5111

鋼管膨張型ロックボルトを施工した区間の支保パターン（I s(i)）を図-2 に示す。断層区間では、支保剛性を大きくするため、鋼製支保工 H200、高強度吹付けコンクリート（厚さ 250mm）、ストラットを採用した。ロックボルトは、全面定着方式を 21 本使用し、さらに内空変位量を抑制するため、左右の側壁に 5 本ずつ（計 10 本）、パターンボルトの間に鋼管膨張型ロックボルトを施工した。次章で示すが、これによる変位量抑制効果が大きかったため、最終的に鋼管膨張型ロックボルトに隣り合う全面定着方式ロックボルトを控除したパターン（I s(J)）とした。

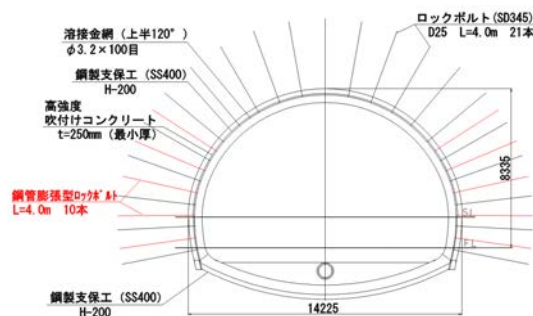


図-2 支保パターン（I s(i)）

5. 鋼管膨張型ロックボルトによる変位量抑制効果

図-3 に、施工 1 日後のトンネル側壁の写真を示す。通常の全面定着方式のロックボルトは、プレート等に変状はみられないが、その近傍の鋼管膨張型ロックボルトは、プレートが変形しており、施工直後から地山に対して支保効果を発揮しているのが目視でも確認できる。



図-3 施工 1 日後のプレート状況

変位量抑制効果を確認するため、図-1 の赤枠区間（延長 5m）で、試験的に鋼管膨張型ロックボルトを施工せず、全面定着方式のロックボルトのみで施工した。図-4 に、鋼管膨張型ロックボルトの未施工断面と再施工した断面の内空変位量の経距変化を示す。未施工断面では、内空変位量が最大 136mm と大きく、再度、鋼管膨張型ロックボルトを施工することで、変位量が徐々に改善され、未施工断面から 12m 離れた断面では、変位量が 40%程度抑制されている。この抑制効果には、地質の影響も含まれていると考えられ、実際に未施工断面から 12m 離れた断面の切羽は、全体的に断層地山であったものの、一部硬質な岩片も含まれていた。

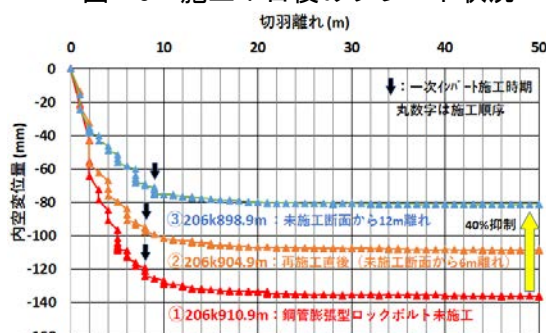


図-4 内空変位量の経距変化

地質の違いを考慮するため、図-5 に、地山強度比と内空変位量の関係を示す。図中の支保パターン I s(i)および I s(J)と違い、I s(h)は、全面定着方式のロックボルトと通常の吹付けコンクリート（設計強度 18N/mm²）である。両者を比べると、同じ地山強度比でも、支保パターン I s(i)および I s(J)の方が、内空変位量は 30～40%小さく、これは鋼管膨張型ロックボルトと高強度吹付けコンクリートによる効果と考えられる。それぞれの効果を確認するため、二次元 FEM 解析により、I s(h)パターンと I s(h)の吹付けコンクリートを高強度に変えたパターンで内空変位量を比較したところ、変位量の抑制効果は 10%程度であった。このことから、今回の場合、鋼管膨張型ロックボルトの抑制効果が大きかったと考えている。

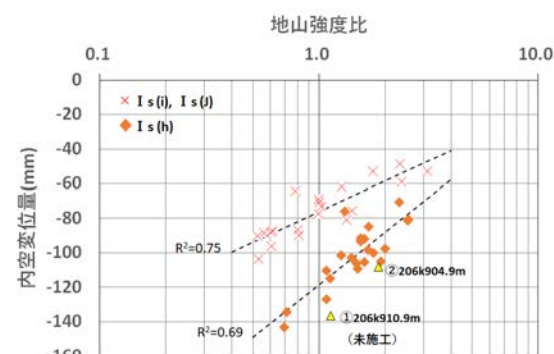


図-5 地山強度比と内空変位量の関係

6. まとめ

内空変位量が顕著な粘土主体の断層地山に対して、鋼管膨張型ロックボルトを採用したところ、変位量が大幅に抑制できた。今後、他現場（異なる地質）での適用実績を増やし、効果を検証していきたいと考えている。

参考文献

- 1)大嶋ら：高性能めっきを施した鋼管膨張型ロックボルトの適用性に関する研究，日本道路公団試験研究所報告，Vol. 42，2005.
- 2)竹津ら：鋼管膨張型ロックボルトの膨張性地山での支保挙動，土木学会年次学術講演会，3-093，2004.