

頁岩地山に対するPC鋼棒ロックボルトのトンネル変形抑制効果について —さがみ縦貫城山八王子トンネル（その1－2）工事—

鹿島・佐藤特定建設工事共同企業体
鹿島建設株式会社 土木設計本部

正会員 上南 隆 小野塚 大輔
正会員 畝田 篤志 ○北村 義宜

1. はじめに

城山八王子トンネルは、圏央道（さがみ縦貫道路）の一部となる上下線2本の併設道路トンネルであり、神奈川県相模原市から東京都八王子市までの約3.6kmを接続するものである。このうち本工事では、神奈川県区間の約1.6kmを施工する（図1参照）。本トンネルでは頁岩を主体とする脆弱な地質が連続して出現し、土被り50m以上の領域で150mmを超える上半内空変位が発生した。このため変状対策としてロックボルトにPC鋼棒を採用したところ、顕著な変形抑制効果が発揮され、安定した進捗を得ることができた。本文では、同トンネルにおける頁岩地山での施工実績をもとに、PC鋼棒による変状抑制効果について報告する。



図1 工事位置図

2. 地山の特徴

本トンネルの地質は、中生代白亜紀の小仏層群と称する頁岩により構成されている。この頁岩はトンネル軸に沿って鉛直方向の亀裂が発達し、亀裂面が粘土化していることが特徴である。本トンネルの地質縦断図を図2に示す。

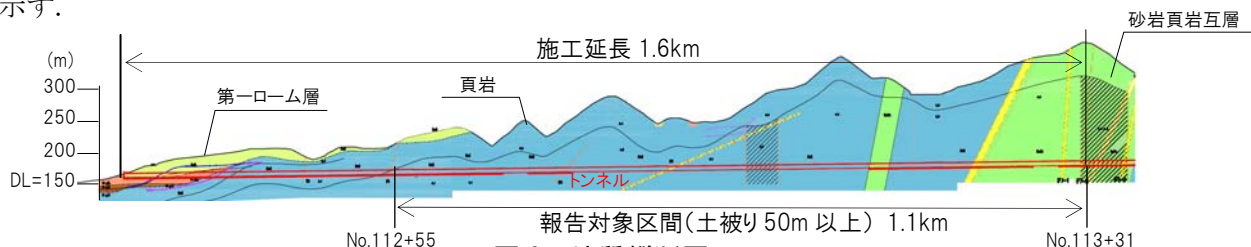


図2 地質縦断図

3. 変形抑制対策の概要

表1に示すDⅠ-KからDⅡs-K-4までの支保パターンを順次採用し、段階的に支保耐力を向上させた。またDⅡ-K-2からDⅡs-K-4までは、亀裂面に直交する方向に追加ロックボルトを施工することで内空変位の抑制を図ったが、特にDⅡs-K-4は図3に示す強度特性を有する耐力の高いPC鋼棒を用い、鋼材の降伏を抑制することで、より高い変形抑制効果を期待した。



図3 ロックボルト変位量と軸力の関係

表1 支保パターン一覧

支保パターン	鋼アーチ支保工	吹付けコンクリート厚 (cm)	長さ (m)	延長方向 (m)	周方向 (m)	耐力 (kN)	本数 (本)	備考
DⅠ-K	H125	15	4	1	1.2	176.5	19	—
DⅡ-K	H150	20	4	1	1.2	176.5	19	—
DⅡ-K-2	H150	20	4	1	1.2	176.5	15	側壁部追加ロックボルト (通常ロックボルト)
DⅡs-K-2	H200	25	4	1	1.2	176.5	15	側壁部追加ロックボルト (通常ロックボルト)
DⅡs-K-3	H200	25	4	1	1.2	176.5	15	側壁部追加ロックボルト (鋼管拡張型)
DⅡs-K-4	H200	25	4	1	1.2	176.5	15	側壁部追加ロックボルト (PC鋼棒)

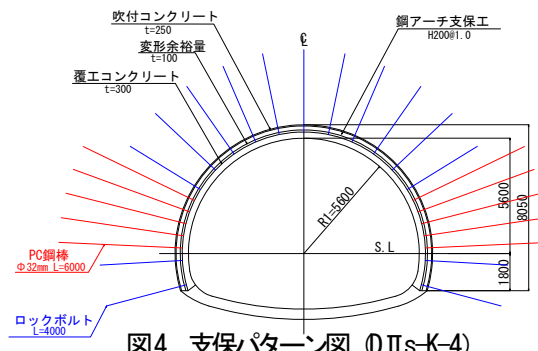


図4 支保パターン図 (DⅡs-K-4)

キーワード：NATM, ロックボルト, PC鋼棒, 頁岩

連絡先：〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30

Tel：03-6229-6614

Fax：03-5561-2156

4. 支保パターンとトンネル発生変位の関係

上り線と下り線における支保パターンと上半内空変位および天端沈下収束値の関係を図5と図6に示す。これらの図から、支保パターン DII s-K-4 (PC 鋼棒の追加ロックボルト) の採用後に、内空変位量が顕著に低下する様子が確認できる。

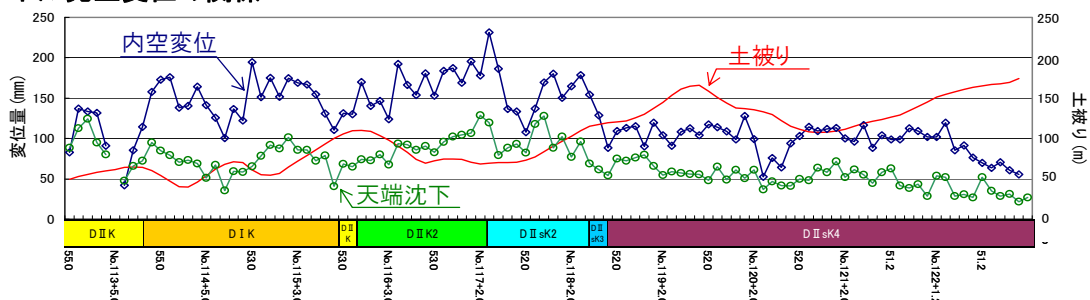


図5 支保パターンとトンネル発生変位の関係（上り線）

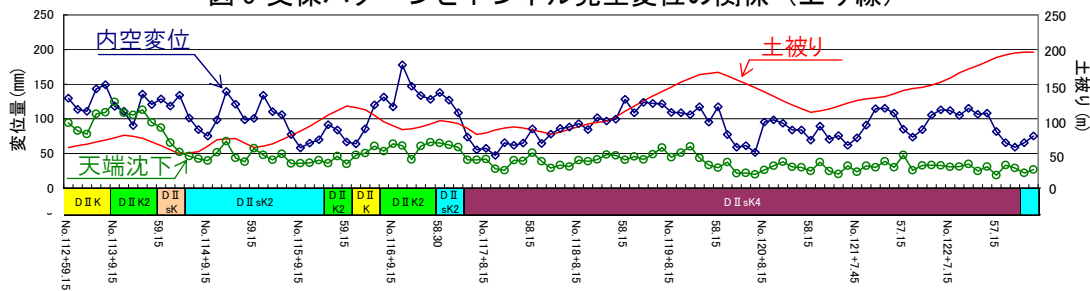


図6 支保パターンとトンネル発生変位の関係（下り線）

5. 変状抑制効果に関する考察

①追加ロックボルトの変形抑制効果

切羽離れ 1D と変形収束時における内空変位量を土被り 1m あたりに換算し、支保パターンごとに比較した結果を図7に示す。側壁部に追加ロックボルトを施工しない DII-K は、これを施工する他の支保パターン (DII-K-2, DII s-K-2, DII s-K-4) と比較して回帰直線の傾きが大きい。これは追加ロックボルトがトンネルの変形抑制に効果を発揮したためと考えられる。また追加ロックボルトに PC 鋼棒を用いる DII s-K-4 は、通常のロックボルトを用いる支保パターン (DII-K-2, DII s-K-2) と比較して、1D 収束時の最大内空変位とも小さく、顕著な変形抑制効果があることが確認される。

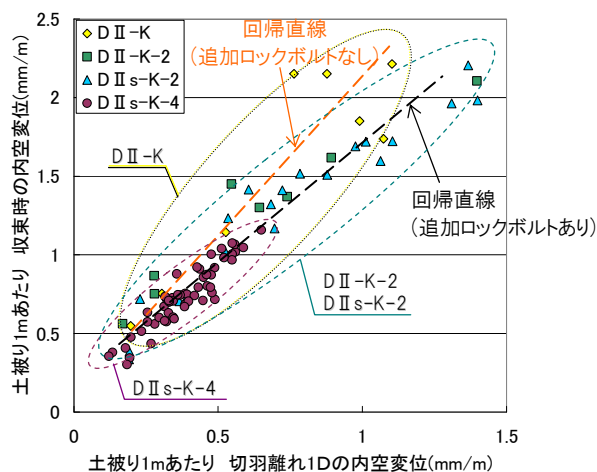


図7 切羽離れ 1D と変位収束時の内空変位比較

②支保内圧と内空変位量の関係

土被り 1m あたりに換算した平均内空変位量と、図8で示す方法により各支保パターンの支保内圧を算定した値を比較した結果を図9に示す。同図から支保内圧が大きくなるにつれ内空変位量が減少する傾向が確認される。特に、DII s-K-4 は他の支保パターンと比較して支保内圧が大きいため、顕著な変形抑制効果が得られたと推察される。

6. おわりに

本事例では、亀裂面に直交する方向にロックボルトを挿入したことで地山の縫付け効果が発揮されたこと、耐力の高い PC 鋼棒を用いたことで鋼材の降伏を防いだことにより、DII s-K-4 にて高い変形抑制効果が発揮されたものと考えられる。本報告が同種工事の参考となれば幸いである。

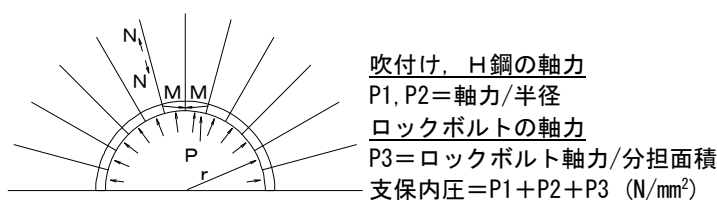


図8 支保内圧量の算定概念

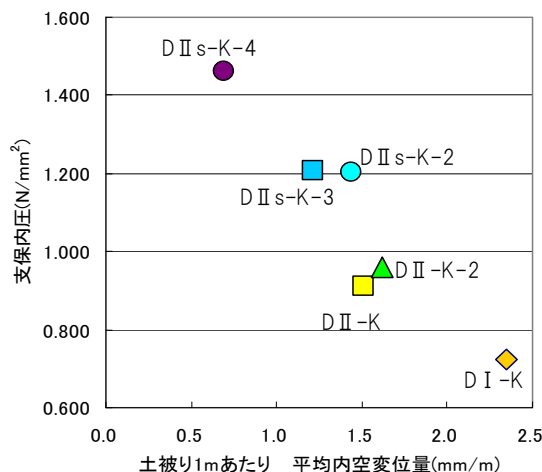


図9 支保内圧と平均内空変位量の関係