

φ6.82TBM 坑の挙動特性に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 辻 徹
 東日本旅客鉄道株式会社 石毛 勝男
 清水・西松・間共同企業体 正会員 茅野 浩一
 清水建設株式会社 正会員 楠木 勝也

1. はじめに

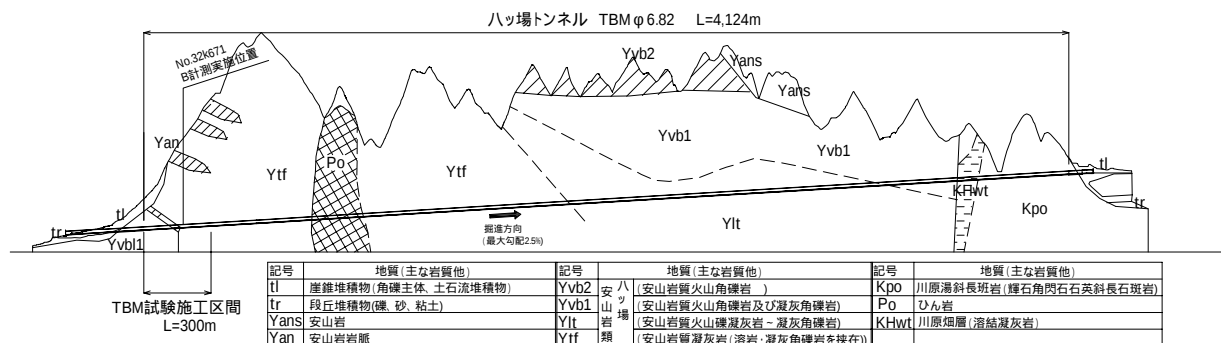
ハッ場トンネルは、延長 4,582m の長い鉄道単線トンネルである。計画地点の地質は、比較的安定した岩盤が分布することが予想されたので、高速施工が望める TBM による全断面掘削工法を、鉄道トンネルで初めて採用した。このため、延長 4,182m の TBM 坑のうち TBM 発進坑口位置から 300m 区間で、中口径 TBM の掘進方法や支保システムなどの検証を目的として、試験施工を計画、実施した。本文では、この試験施工により、中口径 TBM 坑の力学挙動特性が明らかになったので報告する。

2. 地形・地質概要

最大土被り厚は約 350m、最小土被り厚は終点側に位置する大沢直下の約 6m である。地質は起点側からの大部分をハッ場安山岩類が占め、終点側には川原湯斜長斑岩が分布し、一部区間に川原畑層が出現する。ハッ場安山岩類中には、ひん岩や安山岩溶岩などの貫入岩が認められる。また、両坑口付近には、崖錐堆積物、段丘堆積物などの未固結堆積物が分布する。トンネル区間は全体的に良好な地山状況であり、一軸圧縮強度はおよそ 40～120N/mm² である。

表—1 TBM 機械仕様

型	式	オープン型
掘削	径	φ6.82m
全	長	約92.8m
重	量	約5,500kN
総	出	力
		約2,300kW
カッタ	取付方式	内側取付方式
	カッタ径	17インチ
	取付個数	48個
カッタ駆動装置	電動機	315kW×6台
	トルク	3,071/6,142kN・m
	回転数	0～6rpm
推進装置	総推力	12,142kN
	ストローク	1,800mm
	伸長速度	MAX 100mm/min
メイングリッパー	グリッパー力	35,280kN
	張出し量	250mm
	接地圧	3.46MPa



図—1 ハッ場トンネル地質縦断面図

3. TBM 機械仕様

TBM 機械仕様は表—1 に示すとおりである。TBM 本体から後続台車の間には支保作業が安全に、効率よく行える後続設備 TWS (トンネルワークステーション) を装備している。また、鉄道トンネルを全断面掘削するので、掘進精度の確保が最重要であり、かつ TBM の高速掘進性を十分発揮させる必要があるため、TBM の計画とのずれ量をリアルタイムに計測できる「3次元自動測量システム」と掘進方向制御を行う「TBM 方向制御システム」を採用している。

4. TBM 坑支保パターン

オープンタイプ TBM による全断面トンネル掘削では、支保工施工位置は、切羽からトンネル掘削径の約 1 倍後方となるので、応力再配分がほぼ終了した状態で支保工を施工することになる。このことから、TBM 坑の支保構

キーワード：TBM 工法、挙動特性、TBM 坑

連絡先：吾妻線岩原・長野原間付替ハッ場 T 新設共同企業体 : 0279-76-8030 Fax : 0279-76-8033

造は、図 - 2 のように、薄肉の支保構造体仕様とした。

5. 計測概要

試験施工区間では、「TBM 坑の力学的安定性の把握」などを主目的として、鋼製支保工の応力測定、ロックボルト軸力測定を行った。計測断面は、支保パターン NP の 32k671m に 1 断面を設けた。鋼製支保工応力測定では、鋼製支保工ウェブの 8 箇所 (G1 ~ G8) にひずみゲージを貼付けた。ロックボルト軸力測定では、ロックボルト打設パターンのアーチ部 4 測線 (M1 ~ M4) の、深さ方向 0.5m、1.0m、1.5m の 3 箇所に、ロックボルト軸力計を配置した。

6. 計測結果と考察

鋼製支保工応力とロックボルト軸力の測定結果から以下のことがわかる。

鋼製支保工軸力の最大値は、約 60kN の圧縮で、左肩部に生じている。曲げモーメントの最大値は約 1kN・m で右肩部に生じている。TBM 坑は、右肩部から右 SL にかけて、地山側に凸となる変形モードとなり鋼製支保工は軸力構造系を形成する。また、天端から左肩部にかけて、掘削面近傍の数個の岩塊、岩片などが、重力の作用を受けて下方に移動し、鋼製支保工はこれを受けているものと推測でき TBM 工法での鋼製支保工は、薄肉モルタル吹付部材とともに、有効な主要支保部材であることを確認した。

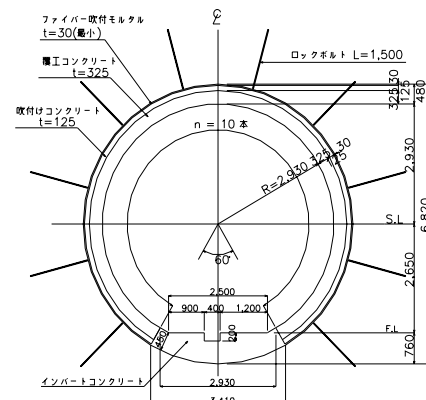
鋼製支保工軸力の経時変化は、TBM 進行とともに増加するが、TBM が停止すると低下する傾向を示す。この挙動特性は、TBM 工法では、掘削外力の再配分がほぼ終えた状態での支保工施工となり、小さい偏地圧のゆるみ荷重と薄肉支保構造系の相互作用結果と推測できる。

ロックボルト軸力の最大値は、天端部右肩の掘削面から深度約 50cm 位置に生じており、約 20kN の引張り力である。この箇所を除くと、軸力は概ね、約 2kN と小さい。このことから、ロックボルトの支保効果は、トンネル天端 120 度範囲の掘削面周辺の不安定な岩塊、岩片の縫付け効果が現れており、有効に機能する。

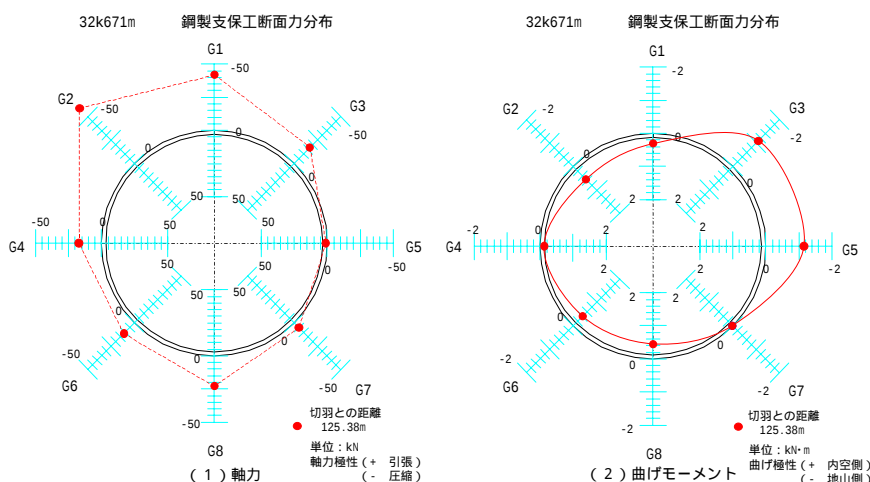
7. まとめ

オープンタイプ TBM による全断面トンネル掘削では、薄肉支保構造部材による支保パターンとしたが、φ6.82m TBM 坑の力学的安定は確保できた。また、鋼製支保工は、掘削面近傍の岩塊などを直接支保し、ロックボルトは掘削面周辺岩盤の縫付けによる掘削面の保持に有効に機能することが分かった。

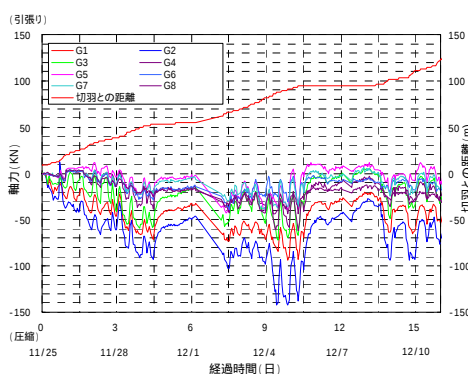
今後は、これらの支保効果を数値解析的手法によりシミュレーションを行ない TBM 坑の挙動特性などを明らかにする予定である。



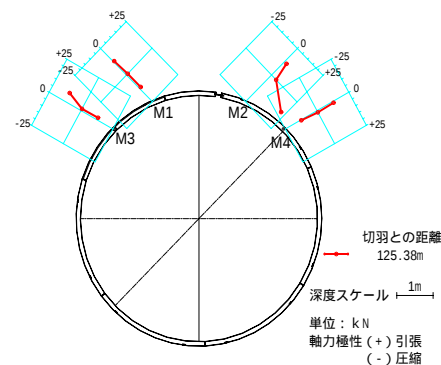
図—2 支保パターン (NP)



図—3 鋼製支保工断面力分布



図—4 鋼製支保工軸力経時変化図



図—5 ロックボルト軸力分布