

入山断層破碎帯での TBM 導坑挙動特性

日本道路公団静岡建設局富士工事事務所 佐藤 淳  
 日本道路公団静岡建設局富士工事事務所 前田 忍  
 清水・熊谷・竹中土木共同企業体 正会員 千葉 隆

1. はじめに

富士川トンネルは、第二東名高速道路の富士 IC～清水 IC 間に位置し、上り線延長 4,520m、下り線延長 4,434m の長大トンネルである。本坑掘削に先行して、東側工事の掘削ずりを西側に搬送するためのベルントンネルのφ3.5mTBM 坑<sup>1)</sup>がすでに掘削完了している。この TBM 坑の掘削では、入山断層破碎帯粘土部で、2度にわたり地山拘束を受け、切上げ掘削を余儀なくされた。現在、下り線のφ5.0mTBM 導坑は、坑口から約 2,400m 位置を掘進中であるが、この入山断層帯を無事通過することができたので、ここでの掘進状況と TBM 導坑の挙動特性について報告する。

表-1 φ5.0mTBM 機械仕様

TBM 型式	ダブルシールドタイプ
掘削径	φ5.0m (オーバーカット時 φ5.12m)
カット数	38 個 (17 インチ)
カット駆動装置 電動機出力 トルク	180kW×6 台 3000～1500kN・m (瞬時最大 6000kN・m, 2 秒)
回転数	0～7rpm
スラスト装置 総推力 スラストジャッキ 伸長速度 ストローク長	20000kN 2500kN×8 本 max. 100mm/min 1500mm
補助推進装置 総推力 シールドジャッキ ストローク長	max. 13000kN 1500kN×8 本, 500kN×2 本 1150mm

2. 地質概要

トンネルのほぼ中央に、粘土化した破碎帯、亀裂帯が連続する大規模な入山断層帯が分布する。これを境にして、西側は新第三紀鮮新世の浜石岳累層の砂岩、礫岩が分布し、東側は第四紀更新世の泉水砂礫層、岩淵火山岩層、鷲ノ田礫層が分布する。また、入山断層帯付近の土被り厚は、250～300m である。

3. TBM 機械仕様と支保構造

入山断層破碎帯粘土でのφ3.5mTBM 坑の掘削で、「トンネル掘削径相当の緩み土圧を受けて、カッターヘッドは回転不能となった」、「4.5N/mm<sup>2</sup>の背面土圧を受けて、TBM は推進不能となった」などを考慮して、6cm のオーバーカッティングとカッタートルク、スラスト推力などのφ5.0mTBM の機械仕様を決定した。支保構造では、シールドジャッキ推進反力が取れる全周鋼製ラゲと、外径φ4,700mm、主桁高 150mm、ラゲ幅 1.0m で、4 種 6ピースに分割した。鋼製ラゲの構造設計では、Terzaghi の緩み荷重を作用外力とし、トンネル掘削径の 5m を緩み高さとした。補助工法は、切羽天端の安定化策として、カッターヘッドチャンバ内から L=3.0m の注入式フォアローリングを 3.5 本/ストローク、毎切羽、打設することにした。

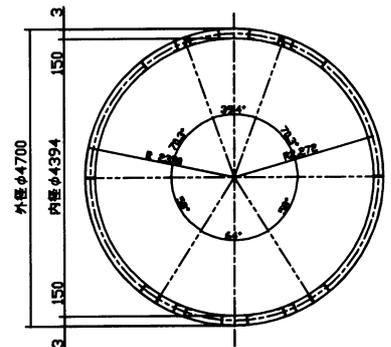


図-1 鋼製ラゲ姿図

4. TBM 導坑の掘進状況

入山断層破碎帯粘土は、本坑下り線内の TBM 発進坑口より 1,465m 位置の STA. 1027+00 付近より出現し、STA. 1028+00 までの延長約 100m におよぶ。

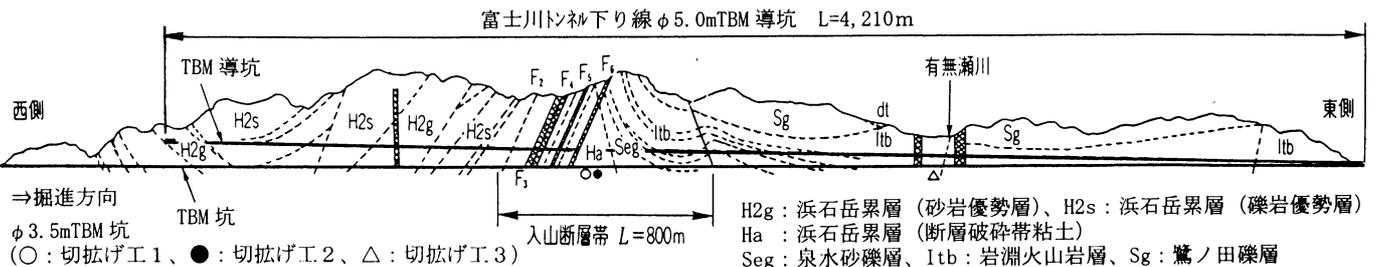


図-2 地質縦断図

キーワード：TBM 工法、入山断層帯、断層破碎帯粘土、TBM 拘束、挙動特性

連絡先：第二東名高速道路富士川トンネル西（その 2）工事共同企業体 Tel.0544-65-0810、Fax.0544-65-0885

この区間の地質は、軟質、脆弱で緑色の鏡肌をなし、ディスクカッタ刃先は地山にめり込み、カッターリングの軌跡は残る。カッターリング間は剥がれ落ち、掘削ずりは粉体状となる。この延長 100m 間では、休日なしの連続掘進とし、通過するのに約 13 日を要した。TBM 回転速度は 0.5~1.0rpm とし、延長 91m 間は注入式フォアローリングを打設した。STA. 1028+00 の以奥には、

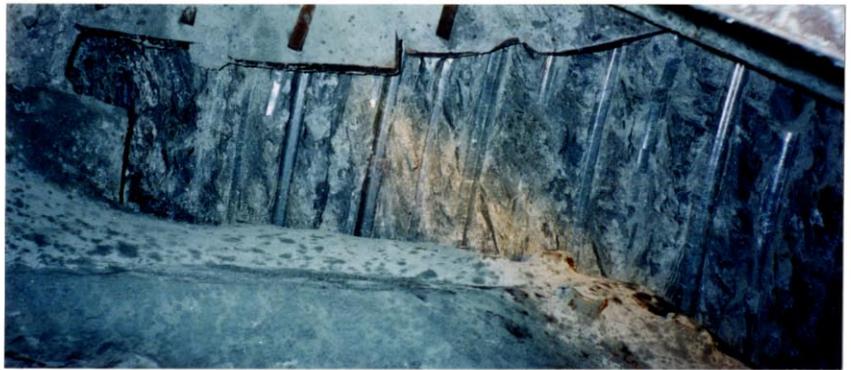


図-3 カッターヘッドチャンバ内からの切羽写真 (STA. 1027+41.5)

砂、粘土と最大直径 50mm の円礫を多量に含む半固結状の泉水砂礫層が STA. 1029+00 までの延長約 100m 分布する。この 200m 間には、顕著な切羽湧水はない。また、TBM 掘進方法では、スラストジャッキ推進としシールドジャッキとの同調盛替とした。TBM 機械データは、データスト区間はありますが、1 ストローク毎の平均値で表わすと図-4 のようになり、断層破碎帯粘土と泉水砂礫層で明らかな差異が現れる。

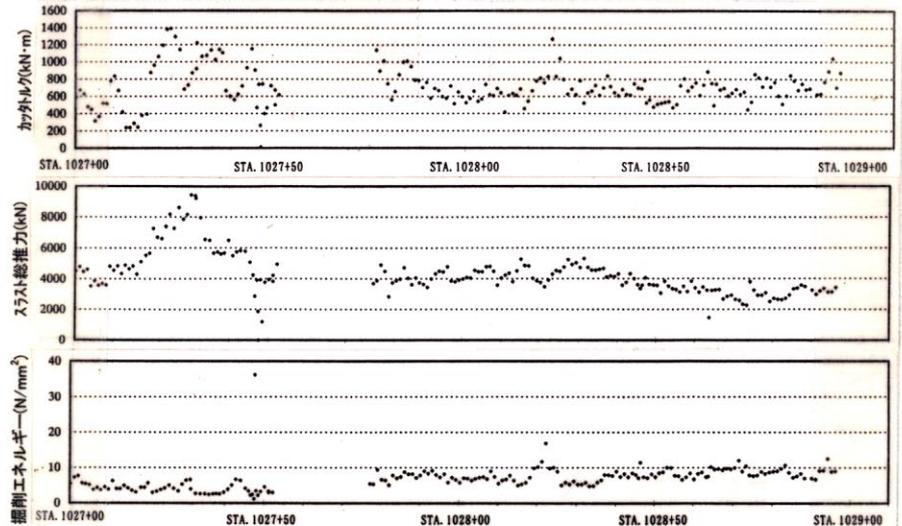


図-4 TBM 機械データトレンドグラフ (延長 200m)

5. TBM 導坑の挙動特性

TBM 後続台車の最後部が STA. 1029+00 を通過した時点での、鋼製ライク SL 部で測定した内空変位と天端沈下量は、図-5 に示すとおりである。

これにより、以下のことが分かる。

①TBM 後胴部背面の掘削面とのクリアランスは、 $(5, 140-4, 850)/2=145\text{mm}$  であることと、TBM 機長は 11.05m で、掘進速度は 8~10 m/1 日であり「TBM 後胴盛替時に、地山は後胴部スクリューに接していた」ことなどから、掘削外力再配分過程での初期変位速度は、約 145mm/1 日と推定できる。

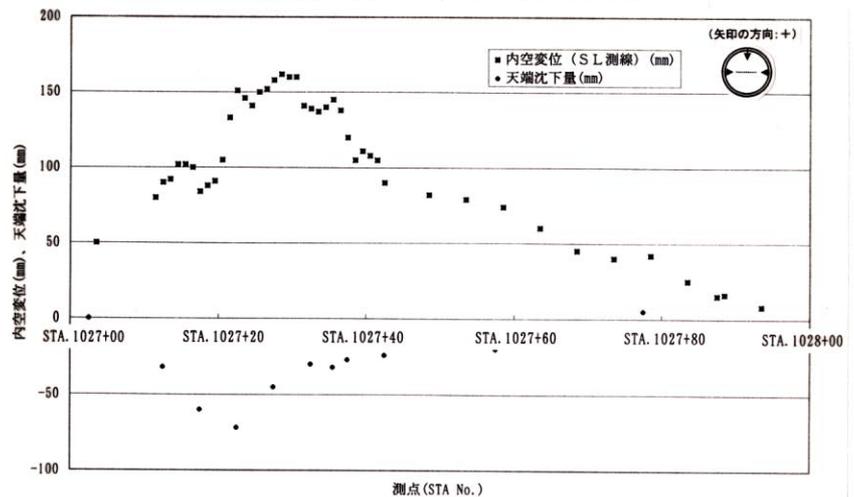


図-5 内空変位と天端沈下 (鋼製ライク内径面)

②鋼製ライク内空表面での内空変位の最大値は、STA. 1027+30 付近に発生し、約 160mm である。鋼製ライク背面のクリアランスは  $(5, 140-4, 700)/2=220\text{mm}$  であることから、掘削面は最大約  $220+160/2=300\text{mm}$ 、内空側に変位する。  
③ダブルシールドタイプ TBM では、支保設置位置は切羽からトンネル掘削径の約 2 倍の 11.05m 後方となる。地山等級が C や D I では変形挙動は収束するが、STA. 1027+30 付近では全変位量の 1/2 となり、押し出し性地山である。

6. まとめ

掘削能力の高い TBM の採用と補助工法の併用により、高地圧下の断層破碎帯粘土部は突破できると、φ 5.0m TBM 導坑掘削面の変位は最大約 300mm 発生する押し出し性地山であることが分かった。今後は、TBM 導坑内での物性試験とトンネル挙動予測解析を実施し、特殊地山条件下での大断面トンネルの設計を進める予定である。参考文献 1) 森田達夫 他：大規模断層破碎帯を TBM で突破、トンネルと地下、第 30 巻 8 号、p.17~p.28、1999。