

大断面トンネルにおけるTBMによる先進導坑の施工

日本道路公団静岡建設局富士工事事務所清水中工事区 田中 一、谷口滋紀、清水雅之
大成・大林・三井共同企業体清水第三トンネル作業所○青山繁夫、田中重明

1. まえがき

第二東名・名神高速道路で計画されているトンネルは、掘削幅約20 m、掘削断面積約200 m²の大断面扁平トンネルであり、従来の2車線高速道路と比較すると、掘削幅員で約2倍、掘削断面積で約2.5倍となり、国内では過去に例のない規模となっている。このような規模のトンネルを安全に、経済的に、かつ合理的に施工するため、清水第三トンネルで各種試験を行っている。その中で、本坑の大断面掘削時の安全性を確保しつつ施工スピードを向上させるために計画されたTBMによる先進頂設導坑の施工を終えたので、①前方地山の予測と結果、②TBM導坑の支保パターンの決定方法、③TBM導坑施工結果からの本坑地山区分の設定について述べる。

2. 前方地山の予測と結果

TBMにおいては前方の地山探査が非常に重要である。TBMの掘進にできるだけ影響を与えず、かつ効果的な成果を得る必要があり、1回の調査で面盤より100 m前方が把握でき、また比較的短時間でできるTSPを基本に、必要に応じてボーリングを実施した。

TSPは先行する下り線については全線行った。TSPの結果や地表からの調査結果などから、不良地山と考えられる箇所、TBMのUターン箇所などで先進ボーリングを実施した。コアボーリングは面盤を通して20 m程度を2回、テール部の脇から斜めに50 mを1回、ノンコアボーリングは湧水が多く出てきた箇所で水抜きを兼ねて50 m程度を3本行った。

TSPの結果からは、地山の変化の程度とその位置が把握できる。しかし変化の程度については、1回の測定区間内での相対的な値しか得られず、その結果からこのまま掘進するか、補強工やボーリングを行うかなどの対策を決定するまでにはいたらず、水の存在も掴めない。今後、絶対評価の得られる手法の開発が必要と考えられる。また、その後の検討で、波形の変化が密な区間は比較的掘削壁面の崩落が多く、疎な区間は良好な地山である傾向が見られ、判断する際の良い指標となる可能性が見い出せたのではないかと考えている。

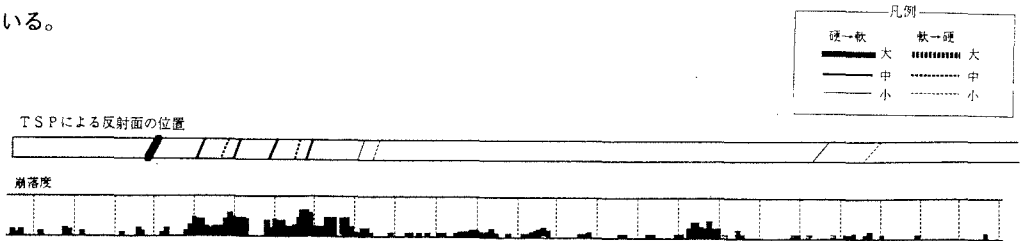


図-1 TSP(5回目)と崩落度の相関

C I-T2

C II-T2

774N-E899吹付 t=2cm

774N-E899吹付 t=2cm
鋼7-3支保工 H=100 @=1,000

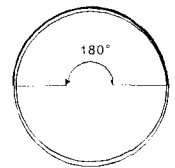
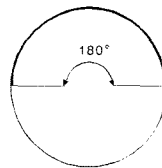


図-2 TBM導坑支保パターン

3. TBM導坑の支保パターンの決定方法

導坑の支保工は当初C I-T、C II-T、D I-Tの3タイプが予定されていた。施工前は、前方探査結果、掘進中の機械データなどからある程度判断がつくと考えていたが、実際は非常に難しく、結局、テール部で抜け落ちがみられる場合には鋼製支保工を1 m間隔で設置し、比較的

良好な場合はTBMの最大ストロークである1.5 m掘進後に吹付けだけを行うパターンの2種類にほぼ集約して施工した。鋼製支保工は1リング／4ピース(H-125 または100)に分割されて坑内に持ち込み組立てた。また、地山に密着させるため支保工をジャッキにより押し付け、継手間の空隙を長ボルトおよび吹付けにて閉塞した。吹付けは特殊セメント、特殊骨材、樹脂ファイバー、混和剤を工場でプレミックスしたもので初期強度が高く(材令1日における圧縮強度が80 kgf/cm²)はね返りの極めて少ないものを使用した。

4. TBM導坑施工結果からの本坑地山区分の設定

TBMを掘るための前方地山調査、TBM掘進時の機械データ、TBMの支保パターン、坑壁の観察結果、各種変位・応力データなどを基に本坑の地山区分を設定した。

機械データについては、湯田第二トンネルの実績も考慮し、トルク、推力、掘進速度、フロントグリッパーの貫入量、メイングリッパーによる簡易載荷試験(以下「MG係数」という)などをとくに重視して測定した。このうちMG係数は他の指標と良く合致し、10,000 kgf/cm²を境に崩落の程度や導坑支保工の設置量が極端に異なる。

計測項目としては、通常の内空変位、天端沈下測定、鋼製支保工応力測定を中心に行ったが、切羽から2.5 D以上離れた位置でやっと初期値が得られるため、ほとんど変位は観測されなかった。そこで、TBMの面盤から約2 mの位置に設けた開口部を利用しての初期内空変位、初期地中変位測定も試験的に実施し、早い段階での地山の挙動把握に務めた。またTBM掘削完了後、本坑掘削時のゆるみ範囲の推定を目的にしたPS検層、真空透気試験、節理開口試験、および初期地圧の測定を実施した。

坑壁の観察については、TBMのテールが通過した時に始めて壁面が見える。その位置で一枚のシートで評価点法、RMR、Q値の概略値が得られる独自の観察シートにより地山の評価を行った。同時に、一掘進ごとに壁面の状況をデジタルカメラにて撮影し、TBM導坑全体の地山状況を客観的に整理した。さらに壁面の崩落の程度を測定し、その結果を崩落度として表した。

本坑の支保区分の設定には、観察シートによる地山の評価、MG係数、崩落度、トルクから得られた岩盤強度を主に使用し、全て不良側にある場合はD I、反対の場合はC I、中間的な区間はC IIとし、本坑掘削時点で見直すことにした。

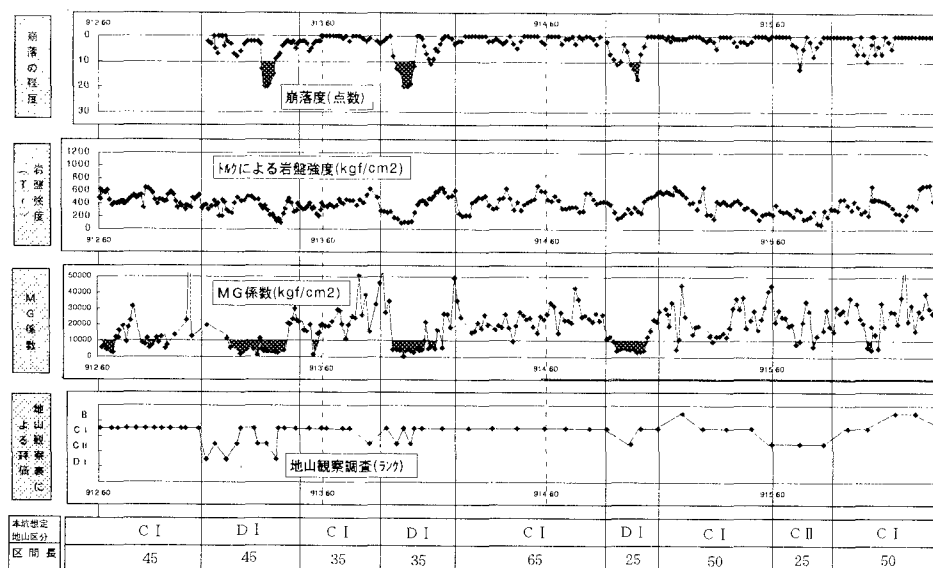


図-3 計測データと本坑地山区分