

III- 693

TBM掘削による周辺岩盤の弾性波速度分布の変化

㈱奥村組 筑波研究所 正会員 篠原 茂
 資源環境技術総合研究所 正会員 瀬戸政宏
 資源環境技術総合研究所 正会員 和田有司
 資源環境技術総合研究所 正会員 勝山邦久
 ㈱奥村組 技術研究所 正会員 寺田直道

1. はじめに

TBMによる掘削はここ数年施工事例が増加しており、今後、さらに様々な地質状況下での適用が増加することが予想される。TBMは周辺岩盤に与える影響が発破工法に比べて少ないと言われているが、今後の適用範囲の拡大を考えた場合、周辺岩盤に与える影響についてより定量的に把握しておく必要がある。

弾性波トモグラフィーは、近年、様々な分野で活発に利用されるようになってきているが、より高い精度の探査を目指すためには検討すべき項目が幾つかある。今回は発破の瞬間を検出する方法の精度について検討し、最適な方法を用いてTBM掘削による周辺岩盤の掘削前後の弾性波速度の変化について調査した。

2. 実験概要

(1) 試験場所

実験を実施した現場は、神戸市垂水区で工事が行なわれている舞子トンネルである。本工事では、上り線、下り線の各トンネルにおいて2本ずつの導坑掘削が直径5mのTBMによって行なわれた。図-1に現場の概要を示すが、試験時には導坑No.1からNo.3坑までは既に掘削が終了しており、測定はNo.3坑を利用してNo.4坑のTBM掘削時に試験を実施した。岩盤を構成する岩石は六甲花崗岩で、岩質はかなり堅硬であるが、数カ所に断層・破碎帯が存在し、その箇所では粘土化が進んでいた。

(2) 測定領域と受振方法

弾性波トモグラフィーの測定領域は、図-1に示した断層（以下、F1断層と呼称）を挟んだ、図-2に示すような水平方向22m、奥行16mの区間である。測定用のボーリング孔は図-2に示すようにNo.3坑の側壁から斜め上方に4本削孔した。ボーリング孔とNo.4坑との最短距離は1m程度と考えられる。4本のボーリング孔のうち、外側の2本を発振用、その内側を受振用に用いた。測定に用いたセンサーはジオフォンで、ボーリング孔内については2m間隔で埋設した。坑壁については直接岩盤に2m間隔に取り付けた。

(3) 発振方法と測定方法

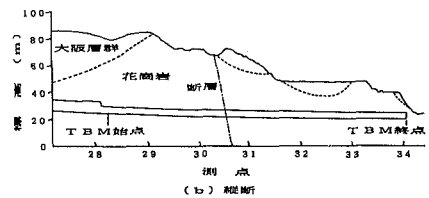
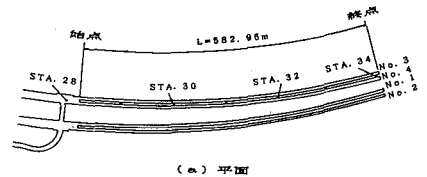


図-1 試験現場の概要

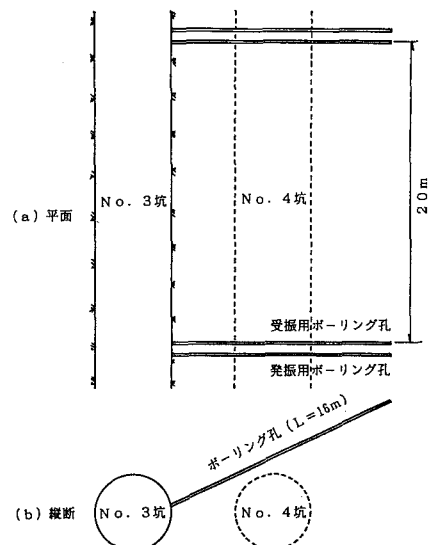


図-2 測定用ボーリング孔の配置

発振には、雷管とダイナマイトを使用し、ボーリング孔内とNo.3坑の坑壁で数10cm~1m 間隔で行なった。本試験で使用した発振方式は、資環研で研究開発された精密起爆器による方式¹⁾である。本方式により、従来の起爆方式で生じた300 μ s 程度の誤差をなくすことができた。測定は、No.4坑のTBMが測定領域の手前約120mの時と、通過後約150mの時の2回行なった。

（4）解析方法

解析は、まずボーリング孔と坑壁とによって囲まれた16m $\times$ 22m の領域を1m $\times$ 1m の要素に分割し、BPT法により初期モデルを求め、その後、各要素の速度値を、波線追跡を行ないながらSIRT法により繰返し計算を行いながら求めた。

3. 解析結果

（1）TBM通過前の弾性波速度分布

TBMが解析対象領域を通過する前の弾性波トモグラフィー解析結果を図-3に示す。これによると同図に示したF1断層の位置と低速度領域（ $V_p=3000$ m/s以下）がほぼ一致している結果となった。また、同図によると、3~4 km/sの速度領域が図の下辺中央付近から左上にかけて分布しているが、この方向と、F1断層の方向はほぼ一致していた。

（2）TBM通過後の弾性波速度の変化

図-4は、TBMが解析対象領域を通過した後の段階での弾性波速度分布を、図-3に示したTBM通過前の初期状態からの変化率で表わしたものである。同図には2%以上速度が低下した要素についてはその割合を表示し、2%以上速度が増加した要素は○印で示した。同図において速度低下を示した領域に着目すると、図に示したTBMが通過した付近に速度低下領域が分布している様子がよく分かる。さらに、速度低下の大きい領域がF1断層の方向とほぼ一致しており、このことから、脆弱な地質の所ではTBM掘削においてもゆるみ領域が形成されたと考えられる。

4. おわりに

TBMによる導坑掘削前後に壁面近傍の岩盤を対象に弾性波トモグラフィー調査を実施した。その結果、TBM掘削によって導坑周辺の岩盤に速度低下領域が生じていることを捉えることができた。

本研究の遂行にあたり、多大なご協力を頂いた本州・四国連絡橋公団の関係者の皆様および奥村・鴻池・鉄建共同企業体の関係者の皆様に謝意を表します。

参考文献

- 1) 緒方雄二、松本榮、勝山邦久、橋爪清；「線爆発電気雷管による精密制御発破に関する研究」、工業火薬、Vol.53、No.4、1992

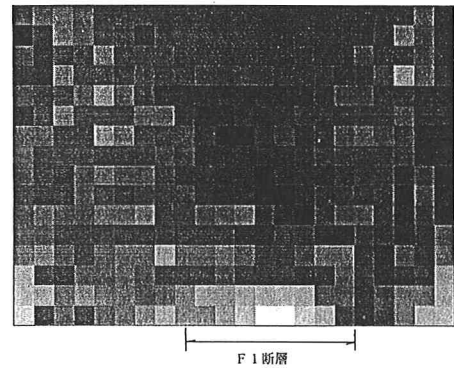


図-3 TBM通過前の弾性波速度分布

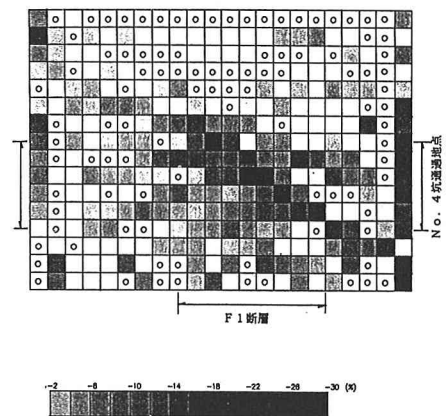


図-4 TBM通過後の弾性波速度の変化