

III-B 50 トンネルボーリングマシン掘進データの分析例（その2）

－ 掘進データと亀裂分布の関連性 －

奥村組	正会員	浅野 剛	奥村組	正会員	蛭子清二
奥村組	正会員	西村正夫	奥村組	正会員	大塚勝司
本州四国連絡橋公団		板垣勝則			

1. はじめに

前報¹⁾で、TBM (Tunnel Boring Machine) の掘進速度を精度良く予測するために、岩盤に内在する亀裂の及ぼす影響の把握が重要であると指摘した。本報はその続報であり、TBMの掘進データ（掘進速度・推進圧・カッター電流）と周辺岩盤の亀裂分布の関連性を分析する。亀裂が掘進速度に及ぼす影響を示すとともに、掘進精度の予測精度向上の可能性を考察する。分析には、前報と同様に本州四国連絡道路の舞子トンネル導坑工事のTBM掘進データを用いる。

2. 亀裂分布の調査

先進導坑画像計測システム²⁾を適用してTBM掘進後に導坑の周壁に現れた亀裂を撮影し、その展開画像から個々の亀裂の位置と走向・傾斜を調査した。導坑と亀裂の交差状況の一部を図-1に、亀裂の頻度分布および単位掘削長(1m)あたりに亀裂が導坑を横断する面積(亀裂面積)を図-2、3に示す。図-2、3の横軸は導坑の距離程である。図-2の亀裂数は亀裂と導坑軸の交点で数え、その総数は178個であった。図-3の亀裂面積は亀裂を平面と仮定して算出し単位掘削長(1m)あたりに換算した。亀裂面積の平均値は4.9 m²、標準偏差は4.6 m²、変動係数は0.939であり、導坑に沿って一様な分布となっていない。亀裂の頻度分布と亀裂面積の分布は比較的良好に対応している。本報では、亀裂分布を表すインデックスとして、亀裂面の走向、傾斜が反映されるように亀裂面積を用いる。

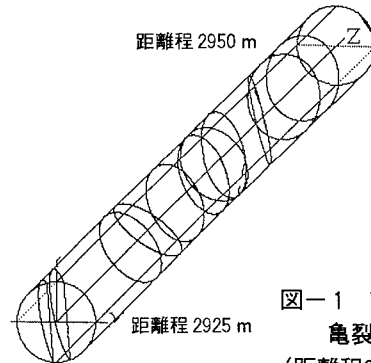


図-1 TBM導坑と亀裂の交差状況
(距離程2925~2950 m)

3. 掘進速度に及ぼす亀裂の影響

カッターディスクを用いた岩石の切削実験から提案されたGongらの掘進速度予測式³⁾(以後、予測式)を適用し、掘進速度に及ぼす亀裂の影響を分析する。前報と同様に、掘進データはカッターディスクの磨耗の影響が同程度となる区間のものを対象とした。その位置の岩石の一軸圧縮強度(q_v)により25のカテゴリーに分け(各カテゴリーの q_v の幅は10MPa)、カテゴリーごとに掘進データの平均値を求めた。

図-4に、カッターディスクの貫入量 P_c (掘進速度に比例)と

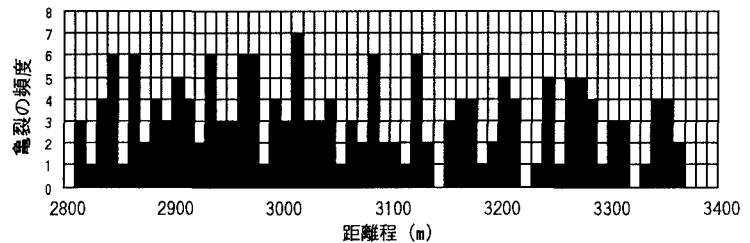


図-2 亀裂の頻度

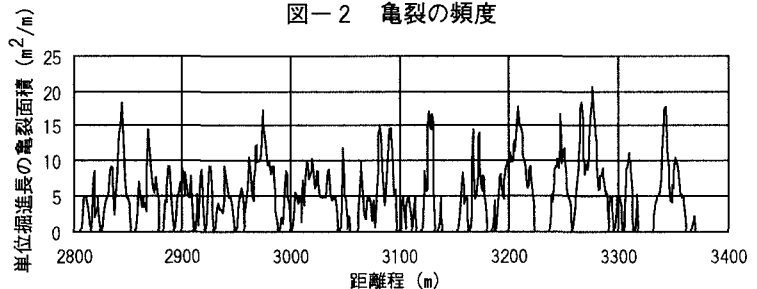
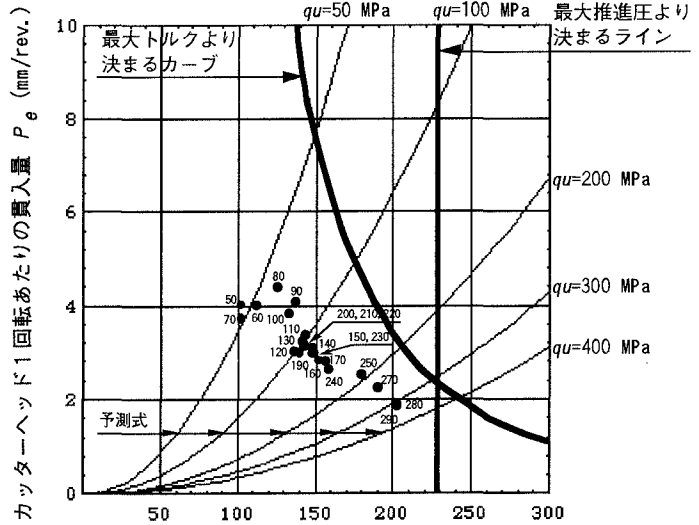


図-3 単位掘削長あたりの亀裂面積

カッターディスクの押し込み荷重 P_d （推進圧に比例）の関係を予測式と対比してプロットで示す。プロットに添記した数字は各カテゴリーの q_u の中央値である。同じ P_d に対して、予測式の P_e （以後、 $P_{e,PRE}$ ）と掘進データ（実測値）の P_e （以後、 $P_{e,EX}$ ）を比較して図-5に示す。 $P_{e,EX}$ は $P_{e,PRE}$ よりも大きい傾向が見い出せる。予測式は亀裂のない岩石の切削実験から提案されているので、この差は岩盤に内在する亀裂の影響と考えられる。 $P_{e,EX}$ と $P_{e,PRE}$ の差 ΔP_e と単位掘進長あたりの亀裂面積との関係は図-6のようになる。 ΔP_e と単位掘進長あたりの亀裂面積との間には、相関係数が0.617と正の相関が認められた。すなわち、亀裂面積が大きな区間ほど $P_{e,PRE}$ より $P_{e,EX}$ が大きくなり、これは妥当な結果と考えられる。図-7は $P_{e,PRE}$ を図-6に示した回帰式で補正し $P_{e,EX}$ と比較したもので、両者は良い相関を示している。このことは岩石の切削を仮定した予測式に亀裂面積というインデックスを組み合わせることで、実岩盤の掘進速度を精度良く予測できる可能性を示している。例えば、既往の予測式に含まれる岩石の強度・変形特性に関する項を上記した亀裂面積で補正する方法が考えられる。



カッターディスク1個あたりの押し込み荷重 P_d (kN)

図-4 P_e と P_d の関係（予測式と掘進データの比較）

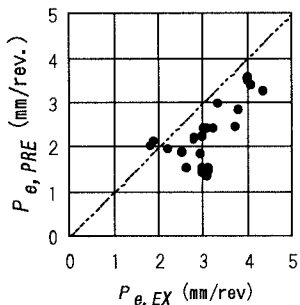


図-5 P_e の比較

（予測値と実測値）

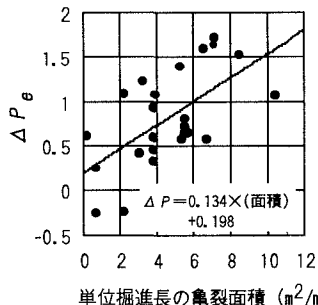


図-6 ΔP_e と亀裂面積の関係

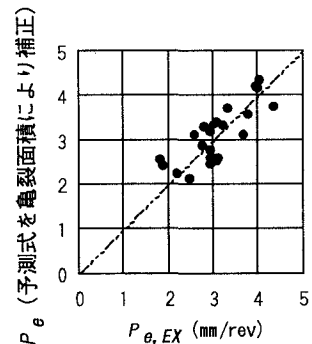


図-7 P_e の比較

（補正値と実測値）

4. まとめ

TBM掘進データ（掘進速度、推進圧、カッター電流）と周辺岩盤の亀裂分布の関係について、既往の掘進速度予測式を適用して分析を行った。その結果、導坑を横断する亀裂面積をインデックスとして予測式に取り込むことにより掘進速度の予測精度を向上できることを示した。

参考文献

- 1) 蛭子清二他：トンネルボーリングマシン掘進データの分析例（その1）、土木学会第51回年次学術講演会、1996。
- 2) 寺田道直他：画像処理によるトンネル壁面の地質調査、土木学会第47回年次学術講演会 III-355、1992。
- 3) Gong, F.・佐藤一彦・浅井秀明：円周軌道切削における岩石の切削抵抗ーディスクカッターによる岩石の切削抵抗に関する研究（第1報）、資源・素材学会誌、Vol.108、No.7、pp.559-562、1992。