

III-282 削孔検層システムによる地質分布予測時の地質統計手法の適用について

鹿島建設技術研究所 正会員 ○手塚康成 稲葉武史 塩釜幸弘 青木謙治

1. はじめに

トンネル等の地下空洞を掘削する場合、切羽前方の地質状況を的確に予測することは安全かつ合理的な施工を進める上で極めて重要である。従来は切羽での地質観察結果に基づき予測を行っているが、施工時における地質予測は空洞壁面での分布から判断せざるを得ない。これに代わる予測手法として、筆者らは油圧ドリルによる削孔データを測定・解析するシステム(削孔検層システム)を開発し、定量的な岩盤評価による地質分布予測法の確立を試みてきた¹⁾。これは、施工で一般に用いられる油圧式パーカッションドリルによる削孔時の速度・打撃エネルギー等が、岩盤の硬さ・亀裂の多少等によって変化することを利用したものである。本報文では、実際の測定で得られたデータに基づく地質状況の予測の際の、予測範囲の拡大を目的として実施した地質統計手法の適用性検討結果を報告する。

2. 削孔検層システムの概要

削孔検層システムは、図-1に示したように油圧ドリルによる削孔時に深度・速度・打撃エネルギー等を連続的に測定・記録し、それらのデータを処理・分析することにより地質状況の把握・予測を行うものである。本システムでは地質状況を表す指標として、容易に算出でき、また施工条件の影響を受けにくい破壊エネルギー係数を用いている。破壊エネルギー係数とは油圧ドリルが削孔に要した仕事を施工条件で補正したものであり、次式で表される。

$$E_v = (Q_s \times N_s) / (V_D \times A_R)$$

E_v : 破壊エネルギー係数

Q_s : 1打撃当りの油圧ドリルの仕事量

N_s : 単位時間当りの油圧ドリルの打撃回数

V_D : 削孔速度 A_R : 削孔断面積

3. 実測値における破壊エネルギー係数と岩盤等級との相関性

花崗岩中に、図-2に示したような3条のトンネルの両側壁から10m間隔でボーリング孔を削孔した際に、上記システムを導入し削孔データの測定・分析を実施し、図-2中に示されたトンネル施工時の切羽観察結果から予想された地質(岩盤等級)の分布状況を基に、孔口から10m以内の単位孔長当たりの平均破壊エネルギー係数と岩盤等級との相関性を求めた検討結果を図-3に示す。同図によれば、 C_M 級岩盤と C_L 級岩盤の平均破壊エネルギー係数の判別点は約5,000kgf/cm²/mであることがわかる。以上の結果は、削孔検層システムにより得られた破壊エネルギー係数が地質状況を表す指標となり得ることを示唆している。

4. 地質分布状況予測時の地質統計手法の適用性について

破壊強度指数の分布状況の評価に際して、評価範囲の拡大を目的として地質統計手法の導入を試みた。地質統計手法と

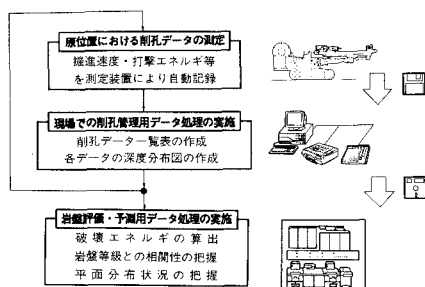


図-1 削孔検層システム

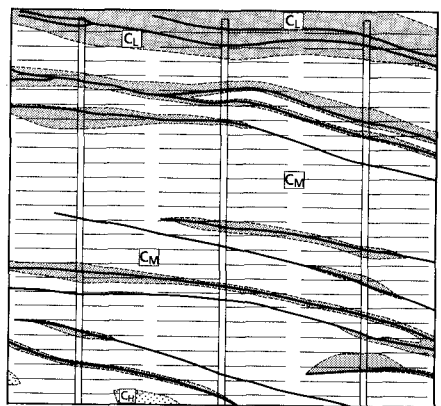


図-2 データ測定位置の地質状況

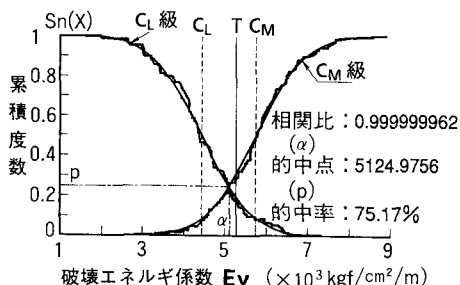


図-3 岩盤等級と破壊エネルギー係数との関係

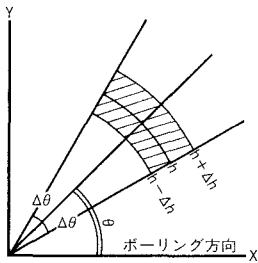


図-4 方向性の検討方法

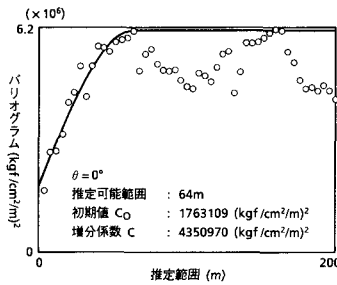
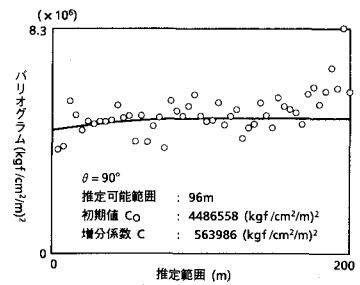


図-5 方向別バリエオグラムの計算結果(抜粋)



はデータ採取点の位置を考慮して、データが有する空間的な相関関係を表現する統計解析手法である²⁾。同手法では距離の関数として求めた2点間のデータの分散を示すバリエオグラムによって、対象領域でのデータの距離に対する相関性を表現する。破壊エネルギー係数のバリエオグラムの計算においては、当地点の断層や岩盤等級の分布は顕著な方向性を示している(図-2参照)図-4に示したように孔軸に対する方向性 θ ($=0^\circ \sim 150^\circ @ 30^\circ$) $\pm \Delta\theta$ ($=15^\circ$)を考慮した。図-5は算出した各方向のバリエオグラムの内、 0° (孔軸方向)及び 90° (孔軸直交方向)についての計算結果を示したものであるが、同図によれば 0° 方向においては距離の短い範囲でのバリエオグラムの値が小さく距離の増大に伴う変化も顕著であるのに対して、 90° 方向ではバリエオグラムの値が大きく距離の増大に伴う変化が明確でないことがわかる。バリエオグラムの大きさはある距離におけるデータのバラツキの大きさを示しており、図-2に示したような、ほぼ孔軸方向に断層が分布しているという当地点での 0° 方向における連続性を反映した結果が得られた。次に、以上で求めたバリエオグラムの方向性を考慮し、クリギング法²⁾によって破壊エネルギー係数の分布を推定した(図-6)。同図と測定データのみから求めた破壊エネルギー係数の分布(図-7)を比較した場合、図-6では測定データの無い部分も推定が行われ断層沿いに分布する C_L 級岩盤($B_v \leq 5,000 \text{ kgf/cm}^2/\text{m}$)をより明確に捕らえている。

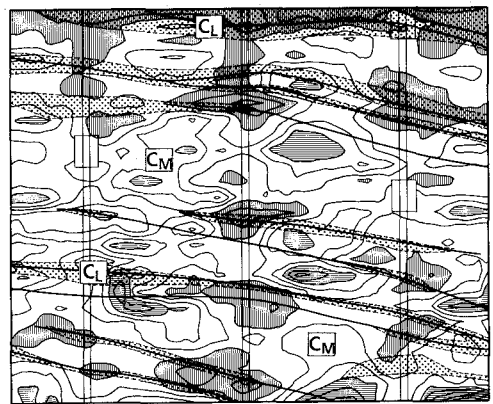
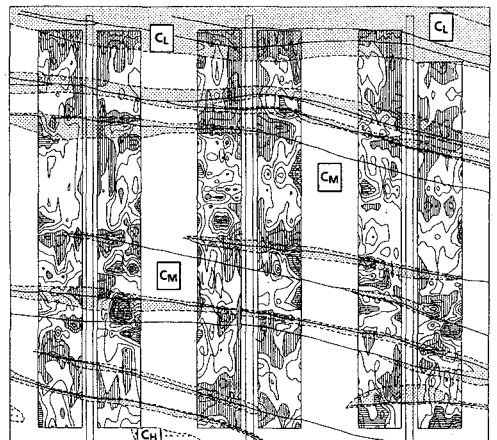


図-6 地質統計手法による破壊エネルギー係数分布の推定結果



凡例は図-6に準ずる。
図-7 破壊エネルギー係数の分布(測定データのみ)

5. まとめ

以上の検討結果から、削孔検層システムによる地質分布予測時に、地質統計手法を適用し測定データの方向性を考慮することによって、評価可能範囲を拡大できることを確認した。なお、定量的な岩盤評価による地質分布予測法として確立するためには、今後、適用限界等の諸検討も必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 青木, 稲葉, 塩釜, 手塚; 油圧ドリルによる削孔データを用いた岩盤評価及び切羽前方地質の予測技術について, 第8回岩の力学国内シンポジウム講演論文集
- 2) 青木, 稲葉, 渥美, 谷野; 地質統計手法による地盤の3次元モデル化手法について, 鹿島建設技術研究所年報 Vol. 37