

トンネル周辺の不連続性岩盤の性状評価

京都大学工学部 正会員 大西有三 京都大学大学院 学生会員 田中 誠
 京都大学大学院 学生会員 中川誠司 石川島播磨重工業 正会員 ○松田泰英

1. はじめに

トンネル壁面岩盤よりサンプルデータを採集した場合、近距離間で採集されたデータは、遠距離間で採集されたデータと比較すると、より顕著な相関性を示す。このことは、岩盤の地質学的な性質として自明なことである。

本研究では、地盤統計手法を用いて、2本の並行したトンネルの各壁面より採集されたデータより、両トンネルの中間部の不連続性岩盤の岩盤性状を予測した。地盤統計手法は、岩盤内の空間的局所性を考慮した点が、従来の統計手法との大きな相違点である。

2. 地盤統計手法¹⁾

地盤統計手法は、未知点における推定量 T を、既知点のサンプルデータの加重平均(式(1))とし、従来は経験的にしか与えられなかった重みを、数学的方法(クリギング)を用いてその最適解を求めることによって与える手法である。以下に、地盤統計手法の概要を示す。

$$T = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i) \quad (1)$$

まず、地盤統計手法では、解析対象である空間分布量に対して、式(2)より実験セミバリオグラム $\gamma^*(h)$ を作成する。

$$\gamma^*(h) = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N \{Z(x_i+h) - Z(x_i)\}^2 \quad (2)$$

ここで、 $Z(x_i+h)$ 、 $Z(x_i)$ は距離 h のサンプルの組、 N はその組数である。

このように作成した実験セミバリオグラム $\gamma^*(h)$ に対して、 h の連続関数であるモデルセミバリオグラム $\gamma(h)$ をモデルフィッティングさせる。 $\gamma(h)$ については、これまでの研究でいくつかの理論モデルが提案されている。

こうして作成されたセミバリオグラムをもとに、補間法のひとつであるクリギングという手法を用いて、各サンプルデータに対する重み(λ_i)の最適推定値を算出し、式(1)より未知点における推定値 T を求める。

また、本研究では、先に述べたクリギングとともに、その応用で、解析対象である空間分布量と相関をもつ空間分布量を参考にしてより正確な推定を行う手法である複合クリギングを併用した(具体的説明は文献¹⁾を参照されたい)。

3. 解析結果

本研究の解析対象とした兵庫県神戸市に建設中である舞子トンネル六甲花崗岩部では、環境問題に対する配慮として、TBMによって、2本の側壁導坑をあらかじめ掘削した後に中間部を削岩工法によって掘削する施工方法を取られた。本研究では、この両導坑壁面より計測された節理データ、シュミットハンマー反発強度、TBM機械データを解析に用いて両導坑の中間部におけるシュミットハンマー反発強度を予測した。

Yuzo OHNISHI, Makoto TANAKA, Seiji NAKAGAWA and Yasuhide MATSUDA

Fig.1に、式(2)によって作成したシュミットハンマー反発強度の実験セミバリオグラムおよび、理論モデルのひとつである球状モデルを当てはめたモデルセミバリオグラム $\gamma(h)$ を示す。また、このセミバリオグラム $\gamma(h)$ の関数形を、式(3)に示す。

$$\gamma(h) = 100 \left(\frac{3h}{70} - \frac{h^3}{2 \cdot 35^2} \right) \quad (h < 35) \quad (3)$$

$$= 100 \quad (h \geq 35)$$

Fig.1より、作成した実験セミバリオグラムは周期性を伴うことが分かる。同様の周期性を他の実験セミバリオグラムからも伺うことができた。しかし、本研究においては、理論モデルを当てはめる際には、結果的にこの周期性を無視することとなった。

Fig.2に、作成したセミバリオグラムを用いた、クリギングによる導坑中間部のシュミットハンマー反発強度の推定結果を示すが、これは、セミバリオグラムの影響領域($\gamma(h)$ が変動する距離) $h=35m$ が、両導坑のサンプル採集点間の距離14.2mを内包することより、推定結果の信憑性は高いと考えられる。

また、シュミットハンマー反発強度のサンプルデータには、導坑掘削に用いたTBM機械データ(掘進速度、ディスクカッター電流)とかなりの相関が伺われた。このことより、これらを用いた複合クリギングによる推定で、さらに良好な結果が得られると考えることができる。Fig.3にTBM掘進速度を参考にした複合クリギングによる導坑中間部のシュミットハンマー反発強度の推定結果を示す。

Fig.1とFig.2を比較すると、両者は非常に類似した結果を呈していることが分かる。また、推定誤差に関しても、両者の値はほぼ一致し、複合クリギングの通常のクリギングに対する極度の優位性は、見受けられなかった。

4. おわりに

本研究では、トンネル周辺部の不連続性岩盤の性状評価に関して、地盤統計手法を用いて考察を行い、以下のような結論および問題点を得た。

- ・ セミバリオグラムを作成した際にかなりの頻度で周期性を確認することができた。今後、この周期性が推定誤差として結果に及ぼす影響を調査し、明確化する必要がある。
- ・ TBM機械データのように、岩盤性状と間接的関連をもつデータも、複合クリギングに利用することが可能である。しかし、通常のクリギングに対する優位性は、推定誤差より判断する以上、見受けられなかった。

5. 参考文献

- 1) Clark, I.: Practical Geostatistics, Applied Science Publisher, 1979.

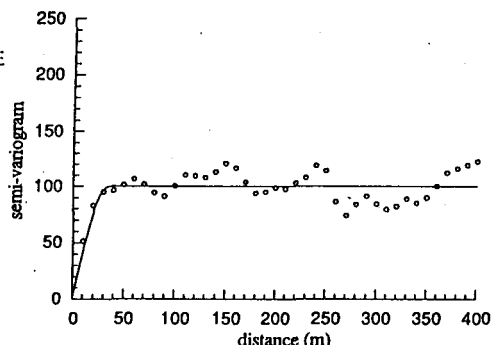


Fig.1 シュミットハンマー反発強度に関するセミバリオグラム

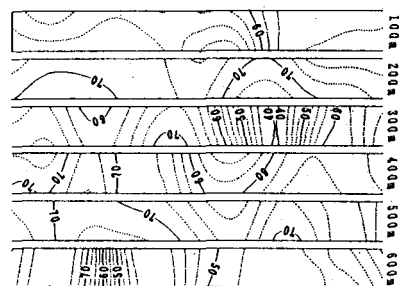


Fig.2 シュミットハンマー反発強度のクリギングによる推定結果

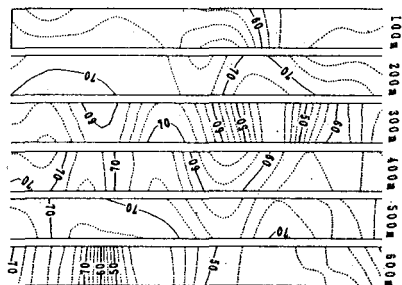


Fig.3 シュミットハンマー反発強度のTBM掘進速度を参照にした複合クリギングによる推定結果