

計測変位から Hoek-Brown の破壊規準を同定する手法の一適用例

神戸大学工学部 正会員 芥川 真一

神戸大学大学院 学生員 ○山下 涼

神戸大学工学部 学生員 石澤 剛士

1. はじめに トンネルなどの地下構造物において、現場計測結果を評価する際に用いられる逆解析手法¹⁾の一つとして、著者の一人は非弾性ひずみを逆解析する手法を提案した。この手法は地盤の力学モデルについて最低限の情報しかなくても、実際のひずみ場を巧く再現できる手法として用いられてきた。しかし、適用にあたっては、変位計測時点までの現状評価は行えるものの、継続して行われる掘削工事の予測解析の精度を向上することについては貢献度が低いという難点があった。そこで、逆解析の成果を効率良く予測解析に結びつける事を目的として、計測変位から地山材料特性としての構成式に関わるパラメータを求める手法を提案する。この手法は、すでにモール・クーロンの破壊規準²⁾で試験的に動作性を確認したが、本例では岩盤の破壊規準として世界的な標準とされている Hoek&Brown の規準³⁾を用いて、実際のトンネル工事で得られた計測変位を評価することを試みたのでその概要を報告する。

2. 解析方法 岩盤の初期応力、弾性定数などのパラメータは、一般的な逆解析手法、あるいは、現場より得られた原位試験などで求められていると仮定して解析を行う。それらの与えられたデータを用いて、弾性順解析を行い、仮に弾性体としての各ガウスポイントの応力を求める。次に Hoek&Brown 定数(m, s)を仮定して破壊規準を設定し、応力が破壊規準を超えていなければ、そこは弾性状態であることが解る。しかし、超過していた場合は、一時的に応力状態が破壊規準を超過した状態（即ち修正されるべき状態）であると考えられる。そこで、応力状態を修正し、修正された超過応力分を等価な節点力に変換して、弾性体と仮定した時の地山に作用させる。これを応力がすべての場所において破壊規準を超えなくなるまで繰り返し、最後に求められた変位と計測で得られた変位との誤差を求める。この手順を Hoek&Brown 定数(m, s)の考えられる範囲における組み合わせで行い、最も小さい誤差を生んだ定数の組み合わせが、その岩盤の破壊規準を記述すると考える。

3. 実際のトンネルへの適用結果 本例では、あるトンネル(図-1)から得られた各断面における切羽の進行に伴う断面の内空変位、および天端沈下(図-2)のデータを用いて解析した。まず、データを計測したときの切羽までの距離より、計測断面の初期応力解放率を求め、それをインプットとして本解析を行い、切羽の進行に伴う Hoek&Brown 定数(m, s)を求めた。本解析に用いた諸定数を表-1 に、メッシュ図を 図-3 に示す。

3 ステップの切羽の進行ごとに各測定断面で得られた(m, s)の値を図-4 に示す。これを基に破壊曲線を描くと断面 2, 3, 5 では、切羽が進行すると若干軟化挙動が確認されたが、非常に似通った曲線を描いた(図-5)。また、断面 7, 10 では、切羽の進行に伴い破壊曲線は急激に低下した(図-6)。これは断面 7~10 付近に断層破碎帯が存在するためと考えられる。また、この解析より得られた(m, s)から、この岩盤は砂岩～泥岩に属することがわかる³⁾。この現場の資料によると岩盤は砂質泥岩とあるので、解析結果と一致している。

4. まとめ 今回、本手法により切羽の進行に伴って岩盤の強度定数(m, s)がどのように変化していくかを解析した。それにより、本手法の長所である、より少ない変位計測結果からでも岩盤の物性値を同定できるということが、実際の現場でも適用できるという可能性があることがわかった。また、この手法では破壊規準を任意に設定が出来ることから、以前のモール・クーロンや、今回採用した Hoke&Brown などの破壊規準以外の規準が適当ならばその規準におけるパラメータを求める方法論も同様に構築できる。これは、すなわち、どの破壊規準がその岩盤に適するかという問いに答える方法論の確立にもつながりさらなる開発が見込まれる解析と考えられる。

Key words: 逆解析, 破壊規準, Hoek&Brown 定数, 初期応力解放率

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 Tel 078-803-6015 Fax 078-803-6069

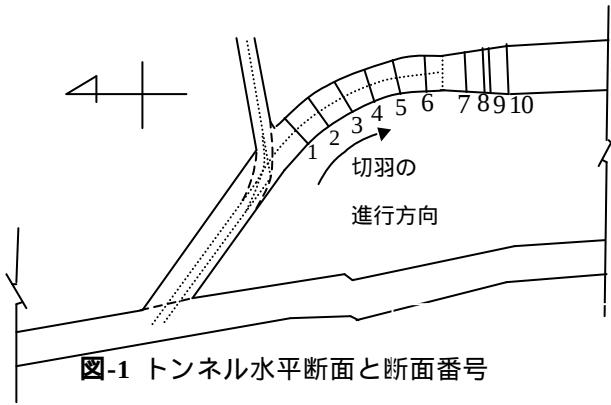


図-1 トンネル水平断面と断面番号

表-1 解析に用いた諸定数	
パラメータ	値
初期地圧(MPa)	11(等方)
ポアソン比	0.2
ヤング率(MPa)	13000

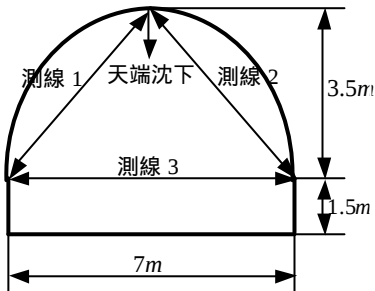


図-2 断面形状および測線

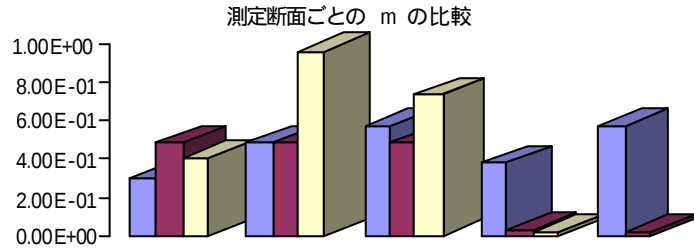


図-3 メッシュ図

変位計測した断面の番号	2	3	5	7	10
切羽のある断面の位置	3 4 5	4 5 6	6 7 8	8 9 10	11 12

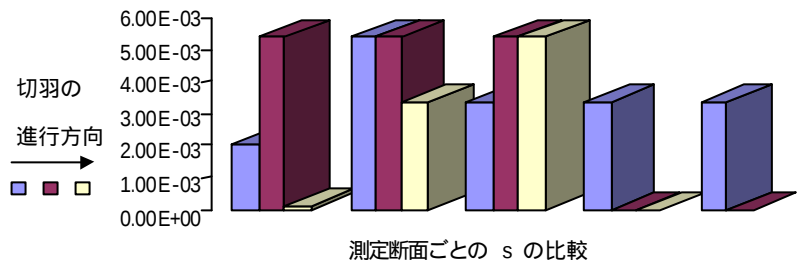


図-4 測定断面ごとの m,s の

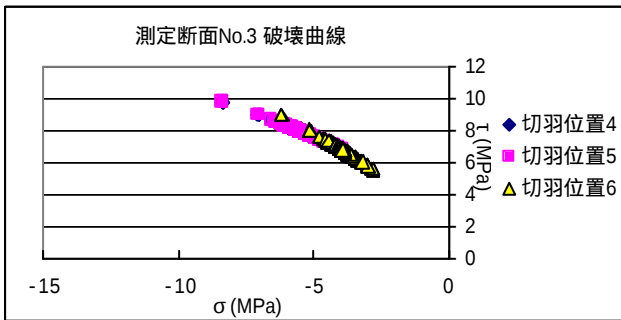


図-5 切羽の進行と破壊曲線の変化(断面 3)

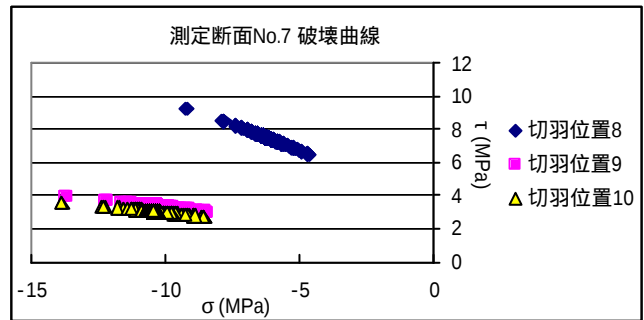


図-6 切羽の進行と破壊曲線の変化(断面 7)

謝辞 現場計測結果を提供いただいた電源開発(株)に謝意を表します。

参考文献

- 1) 芥川真一 柿原満 武山真樹 桜井春輔, : 岩盤不連続面のすべりを考慮した逆解析手法の開発と現場への適用例, 土木学会論文集 No.589/ -42, 335-348, 1998.
- 2) 芥川真一, 山下涼: 岩盤の強度定数を求めるための簡易逆解析手法, 第31回岩盤力学に関するシンポジウム公報論文集, pp.331~335, 2001.
- 3) E.フック, ET.ブラウン共著, 小野寺透 吉中龍之介, 斎藤正忠, 北川隆 共訳: 岩盤地下空洞の設計と施工, 土木工学社, 444p, 1984.