

佐藤工業(株) 正会員 篠川俊夫
 同 上 正会員 矢田 敬
 同 上 正会員 西野治彦
 同 上 正会員 山本松生

1. はじめに

トンネルの安全で合理的な設計・施工を行うためには、設計時において事前調査や試験等で得られた結果からトンネル掘削時における地山の挙動や土圧の作用特性等の地山条件を事前に予測し、適切な支保パターンを設定を行うことが重要である。また、施工時には設計時に設定した地山条件の見直しを行い、支保パターンの妥当性を十分に検証していく必要がある。特に、本坑掘削に先立ち調査坑が掘削されている場合には、調査坑で得られたデータを本坑の設計・施工に活かしていくことが重要である。

本報告では、桜井の逆解析手法¹⁾を用いて、調査坑で行われた地山変位計測結果や岩石試験結果から、本坑の設計のために必要となる岩盤の弾性係数を推定する。

トンネルの地質は、新第三紀の泥岩、砂岩、凝灰岩の互層である。

2. 解析条件

計測断面の内、岩石試験が行われている11断面について逆解析を行う。

逆解析に用いる物性値等の入力データを表-1に示す。

逆解析における計測変位は、トンネル掘削後に測定される変位だけでなく、トンネル掘削前の先行変位も考慮する必要がある。計測変位は、測定変位に対応する応力解放率を考慮して算出されるトンネル掘削前からの全変位とする。

逆解析における変位の入力データとしては、内空変位、天端沈下、地中変位等があり、これらのデータを組合せて逆解析が行われる。本報告では、計測変位データとして内空変位と天端沈下を用いる。

要素分割図の一例を図-1に示す。

表-1 逆解析入力データ一覧表

計測断面	単位堆積重量 γ (g/cm ³)	土被り高さ H (m)	ポアソン比 ν
A-01	2.10	9.9	0.07
A-02	2.17	17.9	0.36
A-03	2.31	20.9	0.47
A-04	2.26	23.9	0.19
A-05	2.27	33.2	0.46
A-06	2.25	49.9	0.25
A-07	2.28	57.9	0.27
A-08	2.23	79.9	0.24
A-09	2.21	105.9	0.17
A-10	2.25	111.9	0.24
A-11	2.33	114.9	0.11

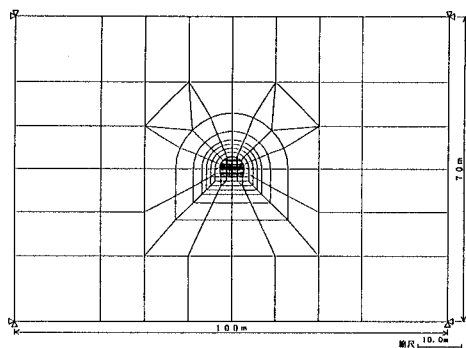


図-1 要素分割図の一例

3. 岩盤弾性係数の推定

岩石試験から得られた弾性係数と逆解析により得られた弾性係数を比較検討し、岩石の弾性係数より岩盤の弾性係数を推定する低減係数 κ を求める。

岩石試験より得られた弾性係数と逆解析より得られた弾性係数との比較を表-2に示す。解析値の中の()の数字は解析値と試験値との比(低減係数 κ)を示している。

試験値と解析値の弾性係数を単回帰分析した結果を図-2に示す。単回帰分析の結果からは、試験値と解析値との間には相関性があることが認められる。

調査坑の地質状況では、計測断面A-07とA-08の間に断層が現れており、また、計測断面A-07以前においてはトンネル上部には厚い崖錘堆積物が存在していることから、断層を境にして地質は同じでも地山性状が異なることが予想される。そこで、計測断面A-01~07と計測断面A-08~11とに分けて弾性係数比(低減係数 κ)をみると平均値で表-3のようになる。この表から、断層を境にして弾性係数比に差が認められ、断層から地山深部である本坑の施工区間における地山の弾性係数比(低減係数 κ)は0.4程度と推定される。なお、割れ目の存在や風化変質の度合を考慮した地山物性の一つの指標として、岩目係数 $K = (\text{地山の弾性波速度 } V_p / \text{岩石コアの超音波伝播速度 } v_p)^2$ があるが、調査坑での岩目係数の実測値は $K = 0.34 \sim 0.65$ の範囲にあり、今回の逆解析から得られた低減係数 $\kappa = 0.4$ は岩目係数の下限に相当している。

表-2 弾性係数の試験値と逆解析値との比較

計測断面	試験値	解析値
A-01	13800	2217 (0.16)
A-02	9300	3481 (0.37)
A-03	42400	9015 (0.21)
A-04	74000	4249 (0.06)
A-05	51400	2903 (0.06)
A-06	47700	3160 (0.07)
A-07	130000	14447 (0.11)
A-08	52000	18488 (0.36)
A-09	76100	38034 (0.50)
A-10	72800	42116 (0.58)
A-11	157000	37886 (0.24)

(単位: kg/cm^2)

表-3 弾性係数比(低減係数 κ)

計測断面A-01~A-07	0.15
計測断面A-08~A-11	0.42

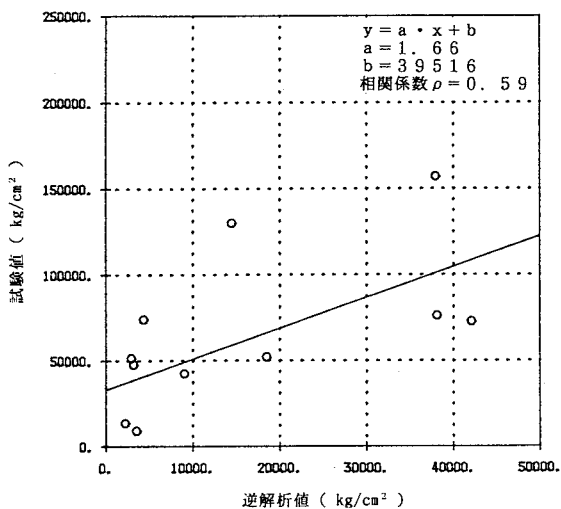


図-2 弾性係数の試験値と逆解析値との関係

4. おわりに

調査坑で行われた地山変位計測結果の逆解析から得られた弾性係数と岩石の弾性係数を比較して、本坑の設計のために必要となる岩盤の弾性係数を推定する弾性係数比(低減係数 κ)を求めた。今後はこの結果をもとに設計支保パターンの検討をしていくとともに、逆解析による初期応力状態の推定、低減係数 κ の妥当性の検証およびトンネルの安定性評価を行っていきたく考えている。

<参考文献> 1) 桜井春輔, 進士正人: マイクロコンピュータによる地下空洞掘削時の安定性の評価, 土木学会論文報告集, 第358号, pp. 37-46, 1985