

佐藤工業(株) 正夏 弘中 義昭

正夏 湯田 友夫 加納 米二

1. まえがき

トンネル設計時の 周辺地山の初期応力の評価は、一般に 鉛直応力 P_y は、土被り自重 γH (γ : 岩の単位体積重量, H : 土被り高さ), 水平応力 P_x は、ポアソン比に依存する側圧係数 K_0 ($\nu/1-\nu$, ν : ポアソン比) を P_y に乗じた $K_0 P_y$ とされている。

しかし実際の地山は、その地表面の形状、岩盤の不均質性、あるいは 造山運動による潜在応力等により必ずしも上記 P_x, P_y の関係が成立するとは言えない。そこで実際の地山の K_0 を推定する方法として、地中変位測定結果とFEM計算結果を対比させることにより K_0 を推定する方法を示すとともに、今回、土被り300Mのパイロットトンネルで行なった計測結果をもとに K_0 の推定を行なった結果を報告する。

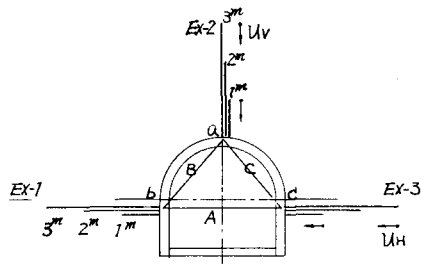


図-1, 計測断面

2. K_0 の推定方法

K_0 の推定方法は、次に示す手順で行なった。

- (1) 図-1 に示す地中変位測定、内空変位測定、天端沈下測定を行ない 天端部、側壁部の弾性領域内の絶対変位 (U_H, U_V) を求める。
- (2) 計測点のモデル化を行ない FEM計算により側圧を変化させ各側圧ごとに計測深度と同深度の変位を求める。(図-2)
- (3) FEMで求めた U_H, U_V とその時の K_0 との関係グラフ図-3を作成し計測によって求めた U_H, U_V をグラフにプロットし対応する K_0 を求める。

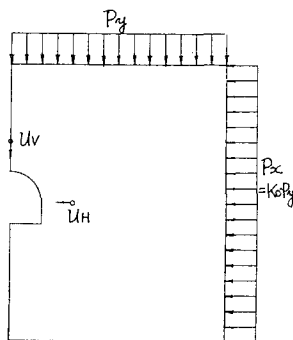


図-2, 計算モデル

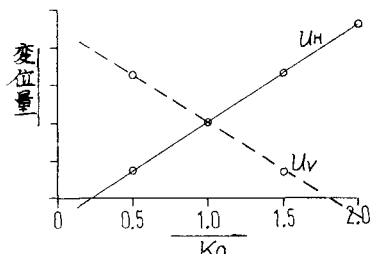


図-3, K_0-U_H, U_V グラフ

以上の過程において、計測値から絶対変位量を求めるためには内空変位3測線の他に、天端の沈下量とb点かc点の沈下量が必要となる。しかし沈下測定のためのレベルの測定精度は、 $\pm 2\%$ であり内空変位、地中変位の測定値がレベルの測定誤差をキャンセルできる程度のcm単位の場合に限られる。そこで今回筆者等は U_H, U_V は、弾性領域内の2点の相対変位を適用することにより U_H/U_V をもってFEM計算値と比較した。

3. 計測値による U_H, U_V の評価

今回の K_0 推定のための計測断面は図-1 に示した通りである。内空変位、地中変位の両測定から表-1 に示す変位が測定された。この結果トンネル周辺のゆるみ領域を壁面より1mの範囲内と判断し、 U_H, U_V は深度1mと3mの相対変位を採用した。これから

表-1, 計測結果

深 度	側 壁		天 端	
	EX-1 (mm)	EX-3 (mm)	EX-2 (mm)	
	相対変位 3%基準	相対変位 3%基準	相対変位 3%基準	
0 ^m		0.73	1.46	0.75
1 ^m	0.62	0.11	1.35	0.11
2 ^m	0.68	0.05	1.46	0
3 ^m	0.73	0	1.46	0

U_HとU_Vの比は、以下の値とした。

$$U_H/U_V = 0.27$$

表-2、物性値

	単位体積重量 (t/m ³)	ヤング率 (t/cm ²)	ポアソン比
地 山	2.1	1.1×10^4	0.19
仮 巻 コンクリート	2.3	2.0×10^5	0.15

4. FEMによる K₀ の設定

4.1 計算方法

計算方法は、平面ひずみ状態における弾性計算を用いた。計算にあたり、地山の挙動を次のように仮定した。

- (1) 地山は連続体とする。
- (2) 鉛直土丘は土被り荷重のみとし、側圧は鉛直土丘に K₀ を乗じた荷重とする。
- (3) 仮巻コンクリートは施工後、地山と一体化して挙動する弾性体とする。

また計算は次に示す2通りの条件で行なった。

- (1) 掘削後、無支保の状態では、掘削によって生じる荷重を100%作用させる。
- (2) 掘削開放と同時に仮巻コンクリートを支保として与える。

4.2 計算モデル

計算モデルは、図-4に示すとおりとし荷重条件は、表-3に示す4ケースを設定した。計算に用いた周辺地山、仮巻コンクリートの物性値は、表-2に示すとおりである。

4.3 計算結果

図-5に 無支保状態での「K₀ U_H, U_V」グラフを、図-6に支保を考慮した場合の「K₀ U_H, U_V」グラフを示す。

表-3、荷重条件

K ₀	P _x (t/m ²)	P _y (t/m ²)
0.3	20.2	67.2
0.5	33.6	67.2
1.0	67.2	67.2
1.5	100.8	67.2

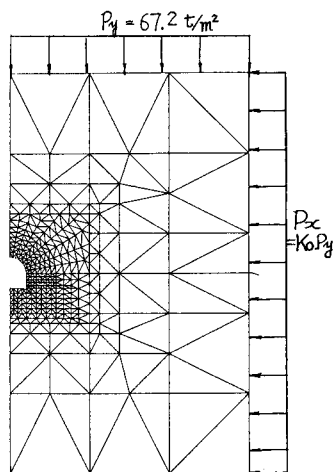


図-4、計算モデル

5. K₀ の推定

計測より求めたU_H, U_Vの比 U_H/U_V = 0.27 を FEM計算から求めた図-5, 6にあてはめると 図中のシャド-で示した範囲に入る。この時のK₀は、0.4~0.6 となり、ポアソン比 a3 前後の地山に相当する。これは周辺地山の物性値 ν=0.19 に比べやや差が生じている。しかし 岩石物性試験では、ν=0.14~0.32とかなりの幅があるため、当推定に採用した周辺地山には特別な側圧は作用していないと判断した。

6. おわりに

本報告では、計測精度と地山の変位量の関係から地山の変位量を絶対値としてFEM計算値と対比できなかったが、当推定方法により今後、トンネル周辺地山の解析においてより実際的なモデル化が可能と思われる。最後に、本報告を行なうにあたり Dr. P. EGGER より貴重な助言をいただいたことを深く感謝いたします。

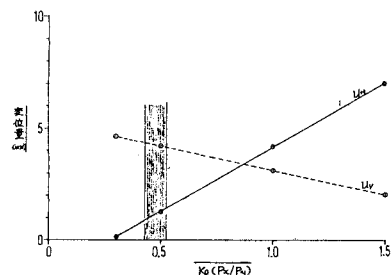


図-5、K₀-U_H, U_V グラフ(無支保)

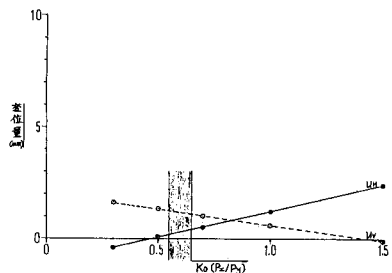


図-6、K₀-U_H, U_V グラフ(支保考慮)