

Ⅲ-B15 2次元トンネル模型実験における誤差特性について

近畿大学 理工学部 正会員 久武勝保
 ㈱地崎工業 技術開発部 正会員 渋谷 卓

1.はじめに

繰り返し操作の容易な2次元平面ひずみトンネル模型実験は短期間で種々の力学挙動を解明できることから、従来多く採用されている¹⁾。平面ひずみの保持のためにトンネル軸方向変位を拘束すれば、初期地盤作成時及びトンネル掘削時において、地盤と装置との間に摩擦応力が発生し、これにより測定結果に誤差が生じる。しかしこのような実験結果に及ぼす誤差特性についてはあまり明かにされていないようである。

本研究は、実験誤差に及ぼす摩擦特性、供試地盤の力学特性、装置の幾何特性の影響を明らかにすることを目的とし、トンネル掘削前の初期応力分布、及び掘削後の応力、変位分布を理論的に解析すると共に、それらについて考察を加える²⁾⁻³⁾。

2.理論解析

半径 b 、厚さ h の円柱状弾性供試地盤に半径方向 p_e の均一外圧を、平面ひずみを保持しながら作用させたあと、半径 a のトンネルを掘削する場合について、極座標で表した応力、半径方向変位の一般解は、地盤と装置との間の摩擦係数 μ 、地盤の弾性係数 E 、ポアソン比 ν として、以下で表される。

$$\text{変位: } u = c_1 \left(\frac{1}{k} - \frac{1}{k^2 r} \right) e^{kr} + \frac{c_2}{r}, \quad \text{円周方向応力: } \sigma_\theta = (A-B)c_1 e^{kr} \left(-\frac{1}{kr} + \frac{1}{k^2 r^2} \right) - (A-B) \frac{c_2}{r^2} + A c_1 e^{kr}$$

$$\text{半径方向応力: } \sigma_r = (A-B)c_1 e^{kr} \left(\frac{1}{kr} - \frac{1}{k^2 r^2} \right) + (A-B) \frac{c_2}{r^2} + B c_1 e^{kr}, \quad \text{摩擦応力: } \tau_{\text{resist}} = \mu \nu (A+B) c_1 e^{kr}$$

ここに、 $k = 2\mu\nu / \{h(1-\nu)\}$ 、 $A = E\nu / \{(1+\nu)(1-2\nu)\}$ 、 $B = E(1-\nu) / \{(1+\nu)(1-2\nu)\}$ であり、 c_1, c_2 は境界条件によって決まる積分定数である。

$$\text{初期応力発生時: } c_1 = k^2 c_2, \quad c_2 = \frac{b^2 p_e}{e^{kb} \{ (kb-1)(A-B) + Bk^2 b^2 \} + A - B}$$

$$\text{トンネル掘削時: } c_1 = \frac{p_e - p_i \left(\frac{a}{b} \right)^2}{(A-B) \left\{ e^{kb} \left(\frac{1}{kb} - \frac{1}{k^2 b^2} \right) - \left(\frac{a}{b} \right)^2 e^{ka} \left(\frac{1}{ka} - \frac{1}{k^2 a^2} \right) \right\} + B \left\{ e^{kb} - \left(\frac{a}{b} \right)^2 e^{ka} \right\}}$$

$$c_2 = p_i \frac{a^2}{A-B} - \left(\frac{B}{A-B} + \frac{1}{ka} - \frac{1}{k^2 a^2} \right) c_1 a^2 e^{ka}, \quad \text{ただし } p_i \text{ はトンネル内圧}$$

3.考 察

パラメータの基本値を Table1 の様に設定しておき、個々のパラメータの値を変化させ、これらが地盤挙動に及ぼす影響を与えるかについて考察する。

Table1 パラメータの基本設定値

摩擦係数 μ : 0.344 供試地盤厚さ h : 28cm トンネル半径 a : 5cm 供試地盤半径 b : 25cm ポアソン比: 0.32

トンネル、模型実験、平面ひずみ、理論解析、誤差

〒577-8502 東大阪市小若江 3-4-2 近畿大学理工学部土木工学科 Tel.06-6721-2332 Fax.0729-95-5192

Fig.1 は、摩擦応力分布に及ぼすポアソン比の影響を示したものである。摩擦応力は地盤外面に近い位置ほど大きく、またポアソン比が大であるほど大である。摩擦応力は、地盤内応力分布を乱す主要因であるので、出来るだけポアソン比の小さい供試地盤を使用するのが得策である。Fig.2 は、初期地盤の半径方向応力分布に及ぼす地盤と装置との間の摩擦係数の影響をみたものであり、地盤外面から中央に近づくに従って摩擦応力により地盤内応力が小さくなるのが理解できる。Fig.3 と 4 は、トンネル掘削後の円周方向応力分布に及ぼすポアソン比の影響について、地盤半径と地盤厚さの比 (b/h) を変化させて示したものである。ポアソン比及び b/h の値により応力分布が相当異なる。

4.結 論

2 次元平面ひずみトンネル模型実験において生じる誤差特性について、装置と供試地盤との間の摩擦特性、装置の幾何特性、地盤の力学特性の影響を理論解析及び考察により明らかにした。

参考文献

- 1) 久武勝保・渋谷卓：トンネル模型実験装置の設計と初期応力生成における検討、第 10 回岩の力学国内シンポジウム講演論文集、pp.545-550,1998.
- 2) 久武勝保・渋谷卓：トンネル模型実験装置の誤差特性、土木学会論文集第 3 部門投稿中。
- 3) 久武勝保・渋谷卓：トンネル模型実験誤差に関する考察、平成 11 年度地盤工学会年講。

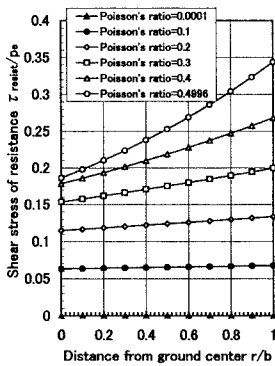


Fig.1 地盤と装置との間に発生する摩擦応力

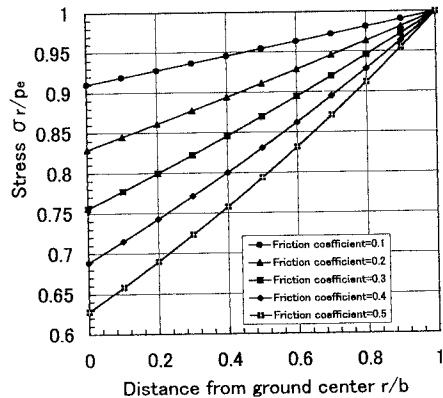


Fig.2 半径方向応力 σ_r に及ぼす摩擦係数の影響

τ_{resist} に及ぼすポアソン比の影響

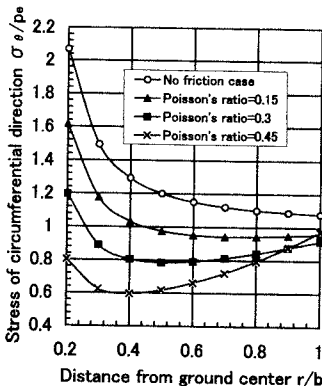


Fig.3 掘削後の円周方向応力分布に及ぼすポアソン比の影響 ($b/h=2$)

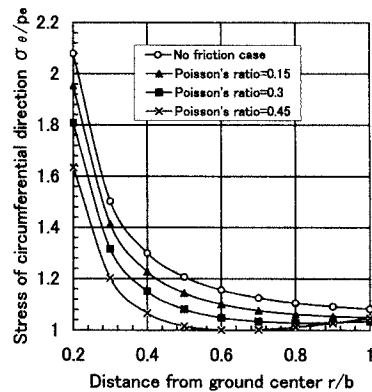


Fig.4 掘削後の円周方向応力分布に及ぼすポアソン比の影響 ($b/h=0.5$)