

協応地質調査事務所

正会員 ○近藤 達敏

"

"

岡部 幸彦

1. 緒 元

合理的で経済的なトンネルの設計、施行を行うためには、地山の力学特性、特に地山の弾性係数を適確に評価する必要があるが、これらを事前に適確に求めることは極めて困難といえる。そのため、トンネル掘削に際して測定される地山の変位挙動にみあう等価弾性係数をFEM逆解析により求める方法が提案されている^{1), 2)}。この方法は実際のトンネル形状、支保、施工条件などが考慮される点で優れているが、計算を行うにあたり多大の費用と時間を要するため、極く限られた場合のほかは一般的に実施しにくい現状にある。

小論は、このようなことから経済的かつ容易に地山の概略の弾性係数を求めることを目的として、トンネル掘削に伴って行内空変位の実測値に基づく周辺地山のみかけ弾性係数と地山区分の関係について述べるものである。

2. みかけ弾性係数

等方均質弾性体の無限板に2次元応力が作用したときの円形孔の半径方向変位は、Duvall および鈴木によって、平面ひずみ状態のとき、図-1を参照して次式で与えられる。

$$U = \frac{1-\nu^2}{E} \left[\frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} \left(r + \frac{a^2}{r} \right) + \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \left(r + \frac{4a^2}{r} - \frac{a^4}{r^3} \right) \cos 2\theta \right] - \frac{\nu(1+\nu)}{E} \left[\frac{\sigma_y + \sigma_x}{2} \left(r - \frac{a^2}{r} \right) - \frac{\sigma_y - \sigma_x}{2} \left(r - \frac{a^4}{r^3} \right) \cos 2\theta \right] \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに、 r ：円形孔の中心からの距離、 θ ： y 軸からの角度、 a ：円形孔の半径、 σ_y, σ_x ：無限板に作用する応力、 ν ：無限板のポアソン比、 E ：無限板の弾性係数、 U ：半径方向の変位。

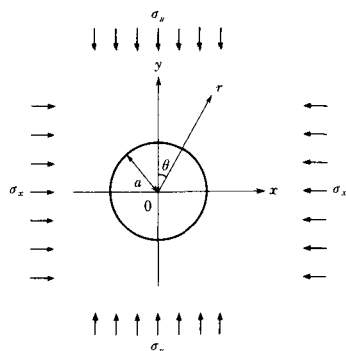


図-1 2軸応力を受ける弾性有孔板

いま、トンネル地山を等方均質の弾性体とし、円形素掘トン

を仮定する。 $r = a$ 、 $\theta = 90^\circ$ における壁面変位 U_a は、側圧係数 $k_0 (= \sigma_x / \sigma_y)$ を考慮して次式で表わされる。

$$U_a = \frac{(3k_0 - 1)(1 - \nu^2)}{E} \cdot \sigma_y \cdot a \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここにおいて、鉛直方向の初期主応力を $\sigma_y = r \cdot H$ (r ：地山の平均単位体積重量、 H ：土被り高さ)

$\alpha = (3k_0 - 1) \cdot (1 - \nu^2)$ として、地山のみかけ弾性係数 E' を式(2)より次のように定義する。

$$E' = \alpha \cdot \frac{r \cdot H}{U_a} \cdot a \quad \dots\dots\dots(3)$$

みかけ弾性係数は、実際のトンネル形状、支保工、地山条件など円形素掘り、等方均質の弾性地山に等価におきかえた時の弾性係数に相当し、内空変位の実測値から容易に求められる。 α の大きさは主として k_0 の大きさにより変化するが、一般には1～2の間を値をとると思われる。 U_a の値は実測の内空変位から推定した全変位³⁾である。

3. みかけ弾性係数と地山区分

実際のトンネル現場において求められたみかけ弾性係数 E' とFEM逆解析から求めた等価弾性係数 E^* の対比を行って図-2に示す。図-2に示した側圧係数 k_0 の値は、FEM逆解析から得られたものであるが、 α の大きさは、各トンネルとも $\alpha = 2$ としてある。これにより地質、土被りの如何によらず両者の間によい一致がみられる。図-3、4は、A、Bトンネルにおける地山区分毎のみかけ弾性係数 E' の値を示したもので、

同一断面における等価弾性係数もあわせて示した。

表-1にA、B両トンネルにおける結晶片岩の地山区分を示す。

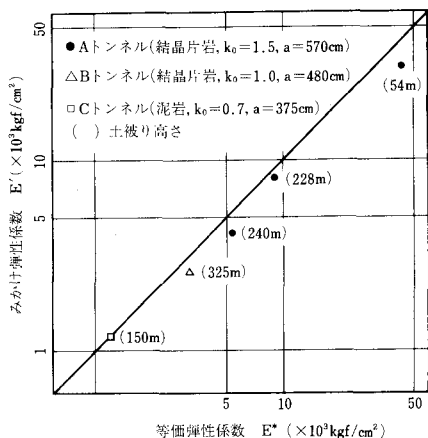


図-2 等価弾性係数とみかけ弾性係数の関係

表-1 地山区分

区分	性 状	岩質区分*
I	硬質、塊状、剝離しにくい	III
II	硬質、片理は発達するが剝げにくい	
III	軟質、一部粘土化、片理にそり剝げ易い	
IV	軟質、容易に碎ける。片理、割目ぞいに滑り易い	IV
V	指圧で碎け、葉片状または粘土化	
VI	片理、割目ぞいに滑石が多く著しく滑り易い	

(* : 日本道路公団の岩質分類による)

A、Bトンネルともに、地山区分とみかけ弾性係数の間には、統一的な関係がみとめられることが分る。

4. あとがき

ここで述べたみかけ弾性係数 E' は、FEM逆解析による等価弾性係数 E^* の値とかなりよい一致をみせ、現場において实际的に概略の弾性係数を容易に求めることが可能である。また、この方法により多くのデータを集積し、トンネルにおける岩盤区分の統一的な設定、とくに、軟岩における岩盤区分については、図-3、4および表-1に示したように、従来の区分をさらに細区分することも可能となろう。今後は、式(3)における α の大きさの定め方、トンネル断面の形状、地質、原位置試験結果、岩盤区分などとの関係を明らかにする必要があり、別の機会に報告したい。

参 考 文 献

- 1) A.Cividini et al. Some Aspects of Characterization Problems in Geomechanics, Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Vol. 18 no. 6 Dec. 1981
- 2) 桜井春輔他、逆解析法による地山の初期応力および弾性係数の推定、第37回土木学会年次学術講演会、1982. 10
- 3) 近藤達敏 NATM工法によるトンネル掘削における変位予測、OYO年報 Ⅷ 1 1979

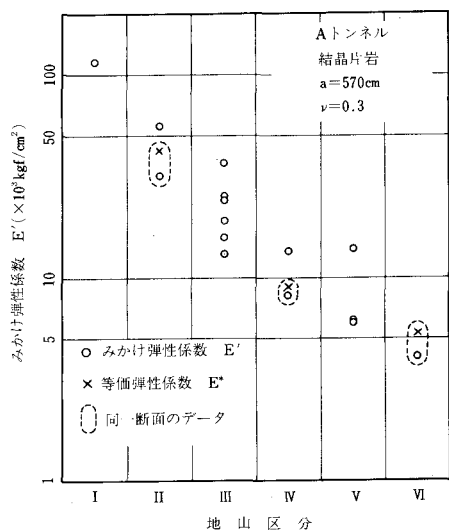


図-3 Aトンネルにおける地山区分とみかけ弾性係数

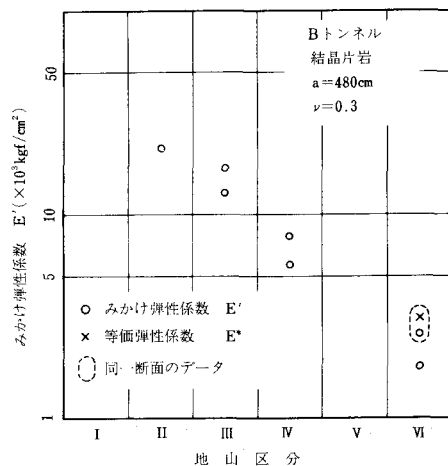


図-4 Bトンネルにおける地山区分とみかけ弾性係数