

I-519 二次覆工を考慮したシールドトンネルの 長手方向剛性の計算に関する提案

パシフィックコンサルタンツ（株） ○正員 山本 一敏
建設省土木研究所 正員 川島 一彦
建設省土木研究所 正員 大日方 尚巳
建設省土木研究所 正員 加納 尚史

1. まえがき

1121

シールドトンネルの長手方向の耐震性を評価する際に必要な長手方向剛性については既に提案されている。しかし、これは一次覆工のみを対象としたものである。ここでは実際のシールドトンネルで施工されることの多い二次覆工を考慮した簡単な長手方向剛性の計算について示す。

2. 長手方向剛性の計算

軸方向剛性の算定にあたっては、圧縮に対してはセグメントおよび二次覆工で、引張に対してはセグメント〜リング間継手および二次覆工で抵抗するものと仮定した。また、等価曲げ剛性の算定においては図1のような変形を想定し、以下のような仮定を設けた。

- ① 中立軸は断面中央から距離 x だけ圧縮側にずれるものとする。
- ② リング間継手部の断面においてセグメントおよび二次覆工の端面は、中立軸を境に引張側と圧縮側とで、それぞれ傾きの異なる平面を保持するものとする。
- ③ リング長が口径に比較して短いことから、中立軸位置はリング長手方向で一定とする。
- ④ セグメント、二次覆工およびリング間継手の剛性は線形とする。

以上の仮定を基にシールドトンネルの等価軸剛性、等価曲げ剛性を求めると次式のようになる。

$$(EA) e_q^T = \frac{K_j E_s A_s}{K_j + \frac{E_s A_s}{l_s}} + E_L A_L \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$(EA) g_q = E_s A_s + E_L A_L \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$(EI) e_q = E_s r^3 t \left(a + \frac{b}{1 + \frac{E_s A_s}{K_j l_s}} \right) + E_L r' t' \pi (r'^2 + 2 r^2 \sin^2 \phi) \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、

$$a = (\pi - 2\phi) \left(\frac{1}{2} + \sin^2 \phi \right) - 3 \sin \phi \cos \phi$$

$$b = (\pi + 2\phi) \left(\frac{1}{2} + \sin^2 \phi \right) + 3 \sin \phi \cos \phi$$

$(EA) e_q^T$; 等価軸方向剛性（引張）

$(EA) e_q^C$; 等価軸方向剛性（圧縮）

$(EI) e_q$; 等価曲げ剛性

E_s ; セグメントの弾性係数

E_L ; 二次覆工の弾性係数

A_s ; セグメントの断面積

A_L ; 二次覆工の断面積

K_j ; 断面内のリング間継手バネ定数の合計

l_s ; リング長

また、 $\sin \phi = x / r$ であり、次式から求まる。

$$\cot \phi + \phi = \pi \left[\left(1 + \frac{E_L A_L}{E_S A_S} \right) \left(1 + \frac{I_S K_j}{E_S A_S} \right) - \frac{1}{2} \right] \quad \dots\dots\dots (4)$$

式 (1)～(4) より、曲げ変形時の中立軸位置および等価曲げ剛性はセグメント、二次覆工およびリング間継手の剛性等によって変化することがわかる。図2は中立軸位置および等価曲げ剛性とリング間継手とセグメントの剛性比 ($K_j I_S / E_S A_S$)、二次覆工と一次覆工の剛性比 ($\alpha = E_L A_L / E_S A_S$) の関係を示したものである。図中 $\alpha = 0$ は二次覆工のない場合に相当するが、 α が大きいほど中立軸はトンネル中心に近づき、等価曲げ剛性は大きくなるがわかる。

3. まとめ

二次覆工を考慮したシールドトンネルの長手方向剛性の計算に関して提案を行った。二次覆工を考慮することによって長手方向剛性は当然大きくなり、これを用いて計算される断面力も大きくなる。今後は、実験による検証とともに、一次覆工と二次覆工の応力分担の割合についての検討も必要であると考えらる。

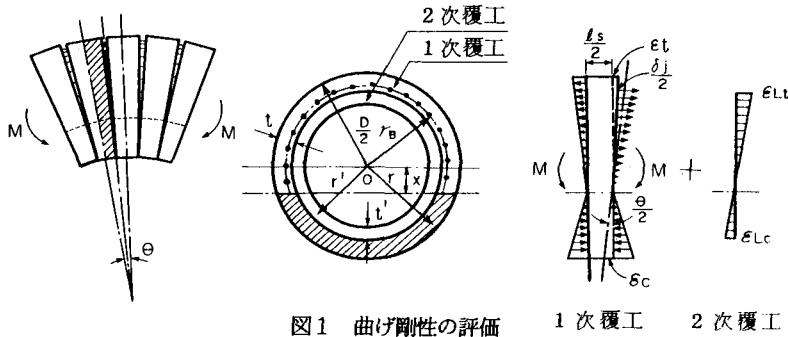


図1 曲げ剛性の評価 1次覆工 2次覆工

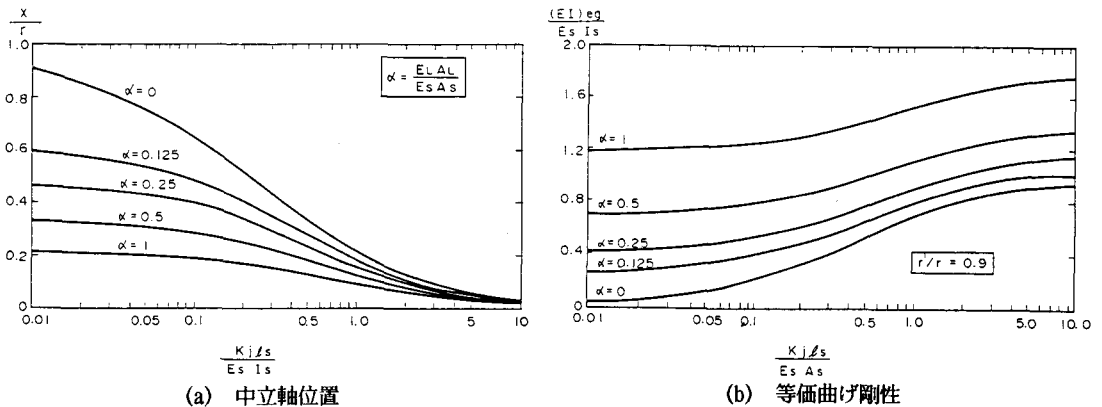


図2 中立軸位置および等価曲げ剛性

参考文献

- 1) 川島, 大日方, 志波, 加納 ; シールドトンネルの耐震性に関する研究 —— (その1) シールドセグメントの等価剛性の評価および応答変位法の適用 —— 土木研究所資料, 第2262号, 昭和60年10月
- 2) 川島, 大日方, 志波, 加納 ; シールドトンネルの耐震性に関する研究 —— (その3) 鉄筋コンクリートシールドセグメントの載荷実験 —— 土木研究所資料, 第2381号, 昭和61年4月