

III-419

シールドトンネル急曲部における鋼製セグメント主桁の面外変形について

早稲田大学理工学部 正 村上博智 東洋大学工学部 正 小泉淳
 鋼製セグメント工業会 正 桜木 満（石川島建材工業株式会社）
 “ “ 大口克人（日本鋼管ライトスチール）

1. はじめに

都市内のシールドトンネルは公道下に設けられるのが一般的であるので、公道の交叉点下で急曲部を設ける場合がしばしばある。シールドがカーブを切る時には、ジャッキ推力の合力位置が曲線の外側に片寄るように施工するので、曲線部のリング継手の内側のボルトに大きな張力が生ずることとなる。

トンネルの直線部にRCセグメントを用いる場合でも、曲線部には鋼製セグメントを用いるのが普通である。したがってトンネル急曲部では、鋼製セグメントの主桁がリング継ぎボルトに作用する張力によって面外変形を生ずる。

本研究は、この様な場合の張力の算定方法に検討を加えるとともに、それによる主桁の挙動に検討を加えたものである。

2. リング継ぎボルトに生ずる張力

図1は曲線部をもつシールドトンネルのジャッキ推力（ M_0, N_0 ）に対する挙動を把握するための構造モデルである。この構造モデルは、セグメント1リング分を軸剛性EA、曲げ剛性EIをもつ構部材に置換し、これが相互にばね結合されていると考えている。1リング分のリング継手を評価するばねは軸ばね K_u 、せん断ばね K_s および回転ばね K_θ からなっている。 K_u は圧縮に対しては ∞ 、引張に対してはボルト1本当りのばね常数⁽¹⁾にボルト本数を乗じたものである。 K_θ については文献(2)などを参照されたい。

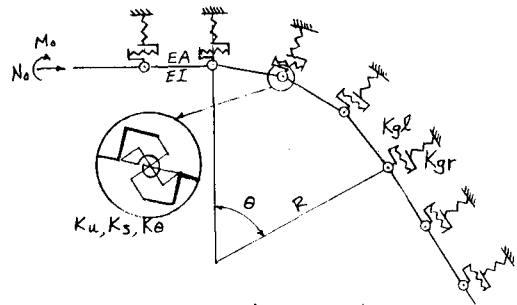


Fig-1 トンネルの構造モデル

トンネルに作用する周辺地盤の影響もばねで評価する。注入剤が所期の強度をもつようになった範囲における接線方向ばね常数 K_{gl} は地盤反力係数に1リング当りの周面積を乗じたものであり、半径方向ばね常数 K_{gr} は地盤反力係数に1リング当りの平均投影面積を乗じたものである。注入剤が硬化するまでの範囲では K_{gl} および K_{gr} を実情に応じて割引くことが必要である。

この様な構造モデルから求められた継手断面力（ M, N ）を用いてRC断面の応力計算方式を準用すれば、リング継ぎボルトに生ずる張力が算定できる。

3. 鋼製セグメント主桁の面外変形に関する実験とその考察

主桁の面外変形に関する実験は主桁高さ、主桁板厚、ボルト位置および縦リブの間隔をパラメータとして12種類を図2に示す要領で実施した。相隣れる縦リブの間で主桁は円弧部材であるが実験の都合で直線部材とした。測定項目はボルト位置における主桁の面外変形量と主桁表面のひずみである。

図4, 5は12種の実験の代表例として図2に示す寸法をもつ実験番号No.11に対する荷重と変形量の関係および $P=3$ に対する主桁中心線上のひずみ分布を示したものである。

図4の実線は主桁が弾性的挙動をしていると考えられる範囲の実験値に対する荷重と変形量の関係を示しており、点線は主桁の挙動を評価する三種類の構造モデルに対する理論値である。

a) 格子ばりモデル (THEORY 1)

図5に示すように、ボルト中心を通る主桁長手方向の測定されたひずみを見れば、図2(b)に示すA、B点で主桁はあたかも固定されているかの如くである。従って主桁の挙動が図3に示す格子ばりモデルであらわされるものとするれば、次の如くである。

$$P = P_1 + P_2$$

$$P_1 = \frac{\mu^3}{\lambda^3(1-\lambda)^3 + \mu^3} \cdot P \quad \left. \begin{array}{l} \\ \end{array} \right\} \text{--- (1)}$$

$$\delta_D = \frac{P \delta^3}{3D} \times \frac{\lambda^3(1-\lambda)^3 + \mu^3}{\lambda^3(1-\lambda)^3 + \mu^3} \quad \text{--- (2)}$$

ここに $\lambda = \frac{a}{l}$, $\mu = \frac{b}{l}$ である。

変形量の算定に用いる格子ばりの有効巾は共に $b_e = (2r_w + \frac{t}{2})$ であつて、 r_w は座金の半径である。又(a)式のDは有効巾 b_e ともつ板の曲げ剛性である。

図4に示す太い点線は式(2)と図示したものであり、図5に示す太い点線は有効巾を主桁高さ h として、図3に示す格子ばりモデルのAB部材に生ずる $P=3$ に対応するひずみ分布を示している。

b) 有限要素法による解 (THEORY 2, 3)

この方法では主桁とスキャンプレートとの接合の境界を自由端と考えた場合と単純支持端として取扱つた場合について計算し、図4、5の二本の細い点線がその結果を示したものである。

4. 結論

図4に示す荷重変位図から、実験値は二つの有限要素法による解の中間的な値を示している。格子ばりモデルによる解は実験値よりやや大きな値を与えるがほぼ実験値を説明している。図5に示す主桁のひずみ分布図をみると、有効巾を主桁高さとした格子ばりモデルは実験結果をよく説明している。

従って、これらのことからトンネル現場の実情に応じて、リング継ぎボルトの張力を算定すれば、主桁の挙動は図3に示す格子ばりモデルによってほぼ説明することができる。

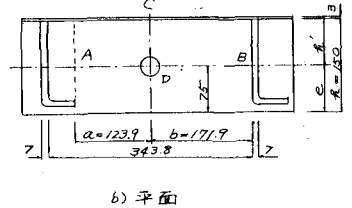
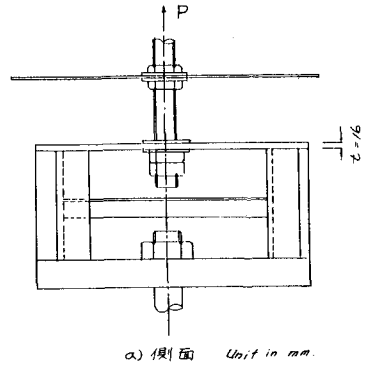


Fig-2 試験概要 (NO.11)

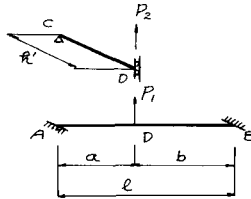


Fig-3 格子ばりモデル

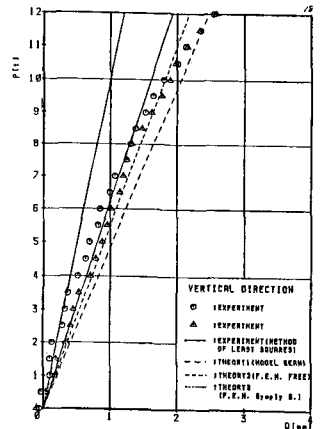


FIG. 4 LOAD-DEFLECTION CURVE (No. 11)

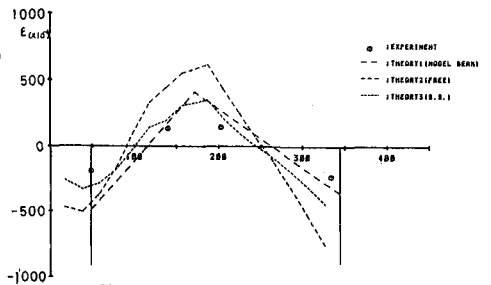


FIG. 5 STRAIN DISTRIBUTION (NO.11)

(1) 村上・小泉：シールド工用セグメントのセグメント継手の挙動について、土木学会論文集、オ296号

(2) 小柳・ほか：シールドトンネル長手方向の挙動について、土木学会オ34 年次学術講演会 Ⅲ-263.