

III-287

シールドトンネルの軸方向剛性評価実験
(その3) 軸圧縮・軸引張実験飛島建設(株)
(株) 奥村組
鉄建建設(株)正員 清水 隆史
正員 井戸田 芳昭
市川 義政

1. はじめに

本文は、文献1)表2に示すシールドトンネルのセグメント単独の軸圧縮・軸引張載荷(A1載荷)実験についての報告である。

2. 実験概要

文献1)図1に示す載荷装置を用いて、軸圧縮力と軸引張力を交番載荷した。当実験は弾性範囲内の挙動を研究目的とする。文献2)の予備実験より1本あたりの継手張力7~8tを弾性限界と判断し、リング間ボルト13本を考慮し、載荷範囲を-150t(圧縮)~91t(引張)とした。

なお材令28日のセグメントの圧縮強度は670kg/cm²、弾性係数は3.85×10⁵kg/cm²であった。

3. 実験結果

(1) 軸方向剛性

供試体全体の変位の計測結果を図1に示す。供試体は軸方向に温度上昇時+0.04mm/°C、温度下降時-0.075mm/°Cの伸縮があるものとして、温度補正を行った。剛性がほぼ一様となった最終ステップの割線剛性として供試体全体の軸圧縮剛性 Kce = 126.0t/mm、供試体全体の軸引張剛性 Kte = 46.0 t/mmが得られる。

図2には荷重と接線軸剛性の関係を示す。圧縮力が大きいくほど軸剛性は増加し、引張力が大きいくほど軸剛性は減少する傾向を示す。

実験用シールドトンネル13リングのうち、載荷版、反力版の3リングを除いた10リング分のコンクリートセグメントを全断面有効と考え、供試体全体の軸圧縮剛性Kcを求めると、 $Kc = EA/10ls = 474.4t/mm$ (ls: セグメント幅0.9m) となる。今回の供試体では、150tまでの荷重レベル(セグメントの応力で13.5kg/cm²)をとれば Kce/Kc=0.27 であるから、供試体の軸圧縮剛性はセグメントコンクリートの軸圧縮剛性の約27%にすぎない。軸圧縮剛性がこのように小さくなる要因として、セグメントの製作精度、組立精度により、セグメント継手部が全断面有効に働いていないことが考えられる。

次に供試体全体の剛性から平均的な継手剛性を算定してみる。1リングあたりの継手数13、供試体全体のリング間数12を考え、継手1本あたりの継手圧縮剛性 k_{jc} 、継手引張剛性 k_{jt} を下式より求めると $k_{jc}=158.4t/mm$ 、 $k_{jt}=47.0t/mm$ となる。

$$\frac{1}{K_{ce}} = \frac{1}{13k_{jc}} + \frac{1}{\frac{EA}{10ls}} \quad \frac{1}{K_{te}} = \frac{1}{13k_{jt}} + \frac{1}{\frac{EA}{10ls}}$$

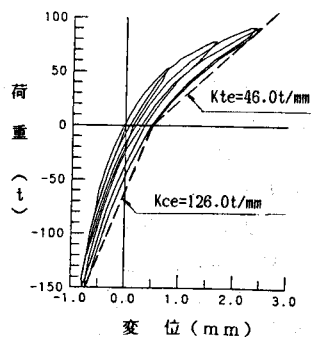


図1 供試体全体の変位

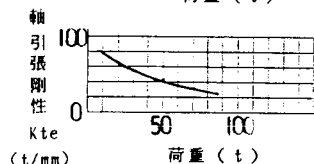
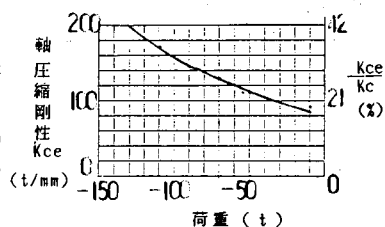
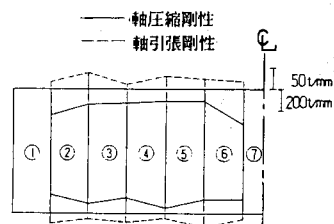


図2 荷重と接線軸剛性の関係

図3 継手部の軸剛性
(平面図)

この継手引張剛性 k_{jt} は、予備実験²⁾により得られた荷重7tまでの割線継手剛性 $k_{jt}=27.5\text{t/mm}$ に比べ7割ほど高い。しかし今回の実験より得られた $k_{jt}=47.0\text{t/mm}$ を使って、シールドトンネルの軸剛性の有効率 α を下式で求めてみると $\alpha=0.11$ となり、予備実験結果 $k_{jt}=27.5\text{t/mm}$ から求めた予測値 $\alpha=0.07$ と比較しても多少高めとなっている程度である。

$$(EA)_{eq} = \alpha \cdot EA \quad \alpha = \frac{K_j}{K_j + \frac{EA}{l_s}} = \frac{13k_{jt}}{13k_{jt} + \frac{EA}{l_s}}$$

ここに、 $(EA)_{eq}$ ：等価軸引張剛性

EA ：セグメント本体の軸剛性

K_j ：1リングあたりの継手引張剛性で、

$K_j = k_{jt} \times \text{継手数}$

一方、図3は各リング間の水平位置での変位（目開き量）から求まる継手部の軸剛性である。各リング間の値にばらつきはあるが、前述の k_{jo} 、 k_{jt} とオーダー的にはほぼ等しい。

(2) 継手張力

図4に引張力91t 載荷時の継手張力分布図(④～⑤リング間断面)を示す。張力には多少のばらつきはあるが、13本の継手張力の合計は91.05tであり、載荷力91tとほとんど等しい。

図5は軸方向水平位置のリング間の継手張力である。張力は図4と同じ程度のばらつきがあるが、平均値6.38tは理論値7tに近い。

(3) セグメント内の鉄筋ひずみ

圧縮力150t載荷時の鉄筋ひずみを図6、引張力91t 載荷時の鉄筋ひずみを図7に示す。圧縮・引張ともに実験値の平均は、理論値の約1.3倍である。鉄筋ひずみ計はセグメントの内径側に設置したが、セグメント断面内でひずみ分布が一樣でないことが推測される。これについては、今後検討する予定である。

4. まとめ

- (1) 今回のシールドトンネルの軸圧縮剛性は、セグメントの応力 13.5kg/cm^2 程度までは、セグメント本体の軸剛性の約27%であった。
- (2) シールドトンネルとしての等価軸引張剛性の有効率は、予備実験に基づいた予測値7%よりも多少高く、約11%であった。
- (3) 継手張力、セグメント内のひずみ分布は理論値に近い値であった。

参考文献

- (1) 松島、水谷、松岡：シールドトンネルの軸方向評価実験（その1）
土木学会第42回年次講演会、III
- (2) 三輪、水谷、川端：シールドトンネルの軸方向評価実験（その2）
土木学会第42回年次講演会、III

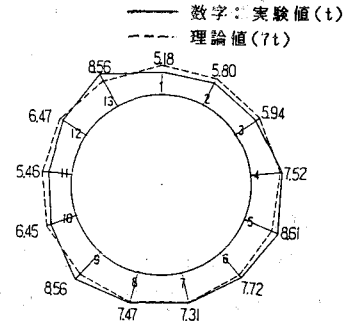


図4 継手張力分布図
(④～⑤リング間) $N=91\text{t}$

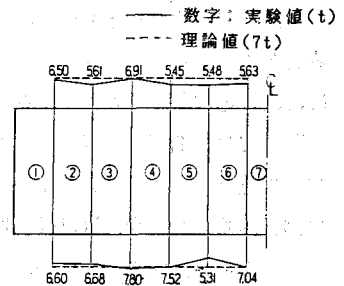


図5 継手張力分布図
(平面図) $N=91\text{t}$

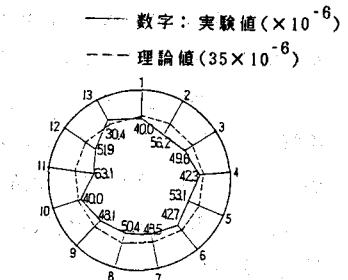


図6 鉄筋ひずみ分布図
(④リング) $N=-150\text{t}$

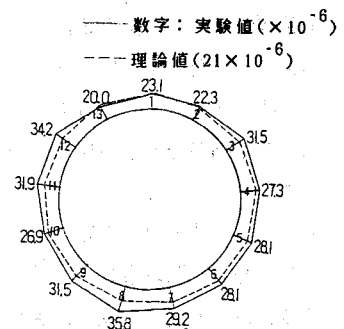


図7 鉄筋ひずみ分布図
(④リング) $N=91\text{t}$