

### III-15 二次覆工されたシールドトンネル模型の曲げ実験について

早稲田大学 栗山雄三・村上博智  
 東洋大学 小泉 淳  
 東京ガス（株） 蔵品 稔  
 東急建設（株） 高松伸行

#### 1. はじめに

一次覆工と二次覆工とをアイソレートする材料として細砂を用いたシールドトンネル模型の軸方向挙動は、二本の並列した梁モデルにより明らかにすることができた<sup>1)</sup>。本研究は平板型RCセグメントリングを対象とした一次覆工模型の内側に、二次覆工材料を直打ちしたトンネル模型を用いて、明るみでその軸方向挙動について検討を加えたものである。

#### 2. 実験概要

図1がトンネル模型の概要である。

本実験に用いたトンネル模型は、一次覆工として平板型コンクリートセグメントを想定したアクリル管と、二次覆工として現場打ちコンクリートを想定したエポキシ樹脂から成る。

一次覆工模型として用いるアクリル管は、外径20cm、厚さ1cmの円環であり、その幅は中央部のみが5cmでその他は4.5cmである。管の端面は応力の伝達に乱れが生じないように平滑に加工した。リング継手部には市販の厚さ0.5cmの天然ゴムシートを用い、その形状がアクリル管の横断面形状と同様になるように加工した。アクリル管と天然ゴムシートとの接合には、市販の瞬間接着剤を用いた。

二次覆工模型は、外径18cm、厚さ1.5cmで市販のエポキシ樹脂を直打ちして作成した。その打継目の間隔は25cm及び45cmで更に、打継目のないものも作成した。打継目にはエポキシ樹脂同士の接着を防止するために薄いシリコンゴムリングを挟んだ。

表1は実験の種類で、二次覆工の打継目間隔の違いにより3種類用意した。表2は模型材料の特性のうち解析に用いた諸量を示したものである。図2は実験概要図である。荷重は単純支持された模型の支点から内側に30cmの2箇所に対称に作用させた。測定項目は、アクリル管下縁7か所におけるたわみとひずみ分布である。

また模型の断面変形を防ぐため支点と荷重点の計4か所に鋼製の変形拘束リングを用いた。

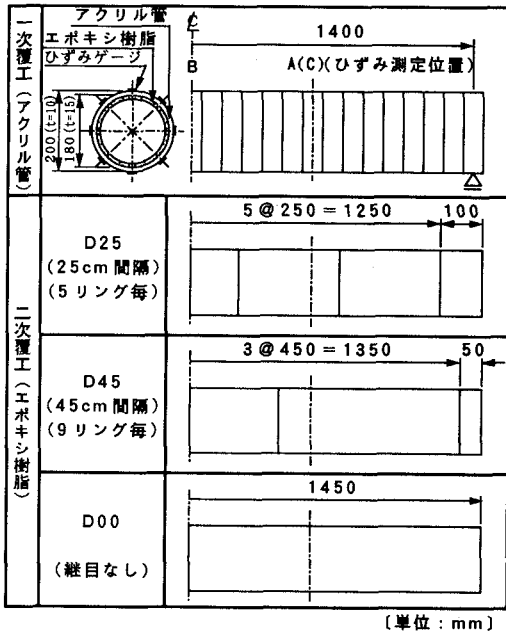


図-1. トンネル模型概要図

表-1. トンネル模型の種類

二次覆工継ぎ目間隔(cm)	25	45	なし
実験名	D25	D45	D00

表-2. 模型の諸量

項目	諸量
アクリルの弾性係数	$E_a = 3.47 \times 10^4 (\text{kgf/cm}^2)$
エポキシ樹脂の弾性係数	$E_e = 3.46 \times 10^4 (\text{kgf/cm}^2)$
ゴム継手の回転ばね定数	$K_w = 7.66 \times 10^6 (\text{kgf} \cdot \text{cm/rad})$
ゴム継手のせん断ばね定数	$K_s = 1.28 \times 10^6 (\text{kgf/cm})$
覆工間Y方向ばね定数	$K_Y = 1.25 \times 10^6 (\text{kgf/cm})$

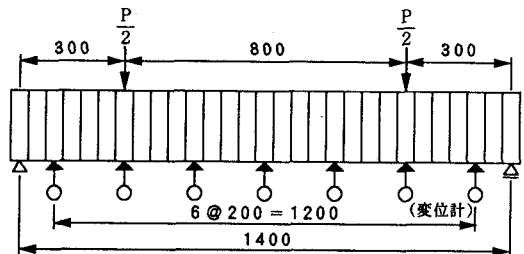


図-2. 実験概要図 [単位: mm]

### 3. 解析方法

#### 3-1. 解析モデル

図3は二次覆工されたシールドトンネル模型の解析モデルである。ひずみの測定結果から各断面におけるひずみ分布は、ほぼ直線上にあることがわかった。よってシールドトンネル模型の、一次覆工のアクリル部分を棒部材に、ゴム継手をばね部材に評価し、二次覆工では、一次覆工と同様に、エポキシ樹脂部分を棒部材に、継目部分をヒンジで評価した。両覆工間の力の伝達は、両覆工に垂直な覆工間y方向ばねを介して行った。

#### 3-2. 覆工間y方向ばね定数 $K_y$

二次覆工されたシールドトンネルがトンネル軸方向に曲げを受けると両覆工の軸方向圧縮域では、覆工の厚さ方向にも互いに圧縮される。その圧縮有効厚さ $t_1$ 、 $t_2$ はそれぞれの覆工厚の2分の1とする<sup>2)</sup>と図4より両覆工の半径方向のばね定数 $k_1$ 、 $k_2$ は、

$$k_1 = E_1 \cdot A / t_1 \quad (1)$$

$$k_2 = E_2 \cdot A / t_2 \quad (2)$$

となる。ここで、 $E_1$ 、 $E_2$ は両覆工の弾性係数、 $A$ は解析モデルにおける節点間隔を幅とする二次覆工の射影面積である。従って覆工間ばね定数 $K_y$ はこれらのばね定数を直列につないだものと考えて、

$$K_y = \frac{k_1 \cdot k_2}{k_1 + k_2} \quad (3)$$

となる。

### 4. 実験結果と考察

図5~7は一次覆工模型下部のたわみ曲線である。図中丸印は、実験値を実線は理論値を示す。各実験において、荷重とトンネル模型のたわみとの関係は概ね線形関係であったので、実験値は最小自乗法により直線近似し、代表荷重として $P = 100 \text{ kgf}$ のたわみ曲線を示してある。また図8は、ひずみ分布図である。図より実験値と解析値はおおむね一致した。

### 5. おわりに

以上に述べたように、二次覆工されたシールドトンネル模型の軸方向挙動は、図3に示す解析モデルを用いて説明することができた。

### 6. 参考文献

- 1) 蔵品・村上・小泉ら：二次覆工されたシールドトンネルの軸方向挙動について(その3) 土木学会第45回年次学術講演会概要集 1990年9月
- 2) 村上・小泉：シールド工専用セグメントのセグメント継手の挙動について 土木学会論文報告集第296号 1980年4月

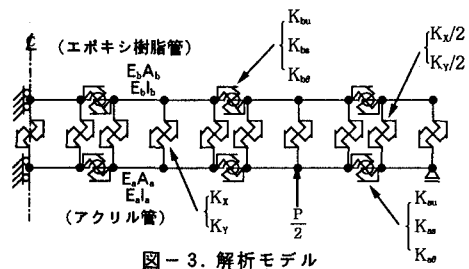


図-3. 解析モデル

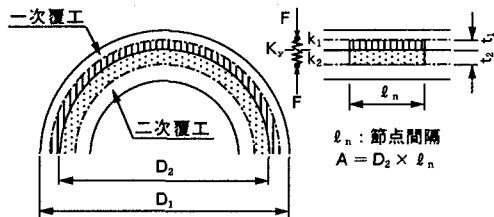


図-4. 覆工間y方向ばね

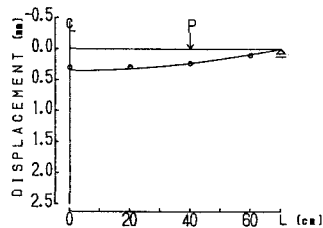


図-5. たわみ曲線(D00)

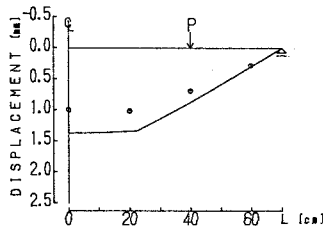


図-6. たわみ曲線(D45)

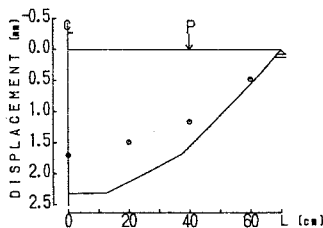


図-7. たわみ曲線(D25)

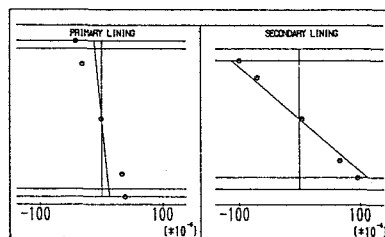


図-8. ひずみ分布図