

III-16 二次覆工されたシールドトンネル模型の土中実験について

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

1. はじめに

二次覆工が耐荷能力を発揮できるようになった後におけるシールドトンネルは、上載荷重の影響や地盤沈下の影響、併設トンネルの影響、近接して施工される構造物の影響および地震の影響等を考慮しなければならない。シールドトンネルに対するこれらの影響はトンネル軸方向について特に考慮する必要がある。すなわち、一次覆工のみによるシールドトンネルはリング継手が存在することによりかなりフレキシブルな構造であるので、上述の影響は吸収しやすい。しかしながら、そのトンネルに他の目的のために二次覆工を一体的に施工した場合にはフレキシビリティが失われるため、同一の影響に対して、一次覆工のみによるシールドトンネルより大きな応力を受けることとなる。本研究は、二次覆工されたシールドトンネル模型¹⁾を土中に埋設し、上載荷重を作用させた場合についてその挙動を検討したものである。

2. 実験概要

図-1は土中実験概要図である。実験土槽は、幅80cm、高さ80cmおよび長さ200cmで、トンネル模型に対する土槽壁面の影響が少なくなるよう内面に薄いゴム膜を貼付した。地盤材料には豊浦標準砂を用い、所定の高さより落下堆積させることにより密度管理を行って模型地盤を作成した。使用した砂の諸量は表-1に示すとおりである。トンネルは土破りが1D(=20cm)となるように埋設し、両端は土槽側面に鉛直方向に単純支持した。荷重としては、35cm×35cm×1.6cm(重量15.5kgf)の鋼製板を積み重ねて作用させた。載荷ステップは31kgf(0.0253kgf/cm²)ずつで、372kgf(0.304kgf/cm²)まで載荷した。トンネル模型は、対称2点載荷実験¹⁾で用いたものと同じで、長さが2.05mである。トンネル模型の種類は表-2に示すように二次覆工の継ぎ目間隔を変えた3種類である。計測項目は、二次覆工内面上部のたわみと両覆工のひずみ分布である。

表-1. 模型地盤の諸量

項目	諸量
比重	$G_s=2.64$
密度	$\gamma=1.51(t/m^3)$
間げき比	$e=0.75$
内部摩擦角	$\phi=39.1^\circ$
地盤反力係数	$k_{sv}=0.77(kgf/cm^3)$

表-2. 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	SD25	SD45	SD00

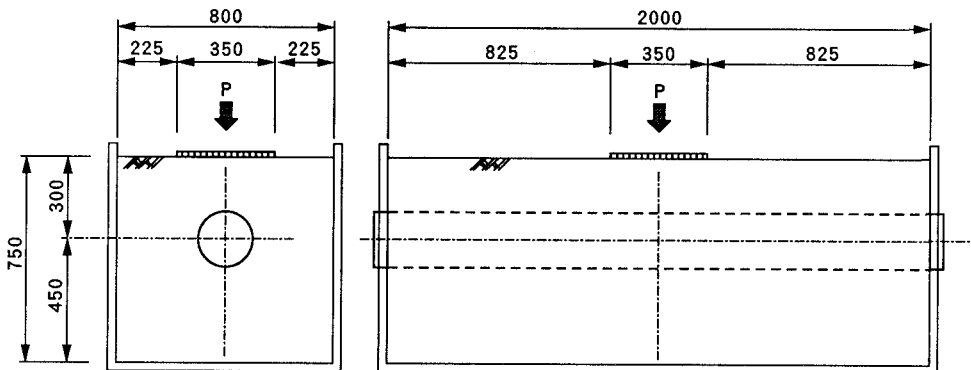


図-1. 土中実験概要図

[単位: mm]

3. 解析方法

ひずみ測定の結果から、一次覆工と二次覆工とは概ね重ね構造的に挙動していることを確認した。したがって、トンネル模型の解析モデルとしては図-2に示すような2本の並列した梁モデル^{1), 2)}を用いた。また、トンネルと土との相互作用は一次覆工を想定した梁の各節点に付したばね支で評価した。そのばねのばね定数 K_{gv} は、平板載荷試験の結果から求めた地盤反力係数 k_{gv} に各節点間のトンネルの射影面積を乗じて求めた。解析モデルに作用させる節点外力は、Köglerの方法³⁾を参考にして求めた。

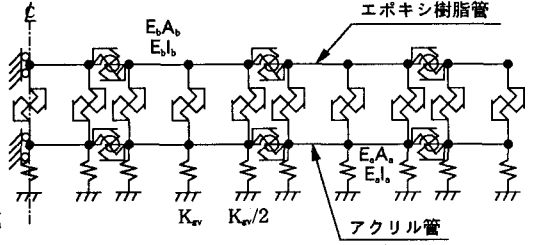


図-2. 解析モデル

4. 実験結果と考察

図-3~5は、二次覆工内面上部のたわみ曲線である。図中、丸印は実験値を、実線は解析値を示す。各実験段階における荷重とトンネルのたわみとの関係は概ね直線となったので、最小2乗法により直線近似し、代表荷重として $P=372\text{kgf}$ (0.304kgf/cm^2)におけるたわみを求めた。実験値と解析値は図に示すように概ね一致した。表-3は、両覆工に作用する曲げモーメントの中央断面における実験値とその解析値を示したものである。この結果、両覆工が負担する曲げモーメントは、二次覆工の継ぎ目が多くなるほど小さくなることが明らかとなった。

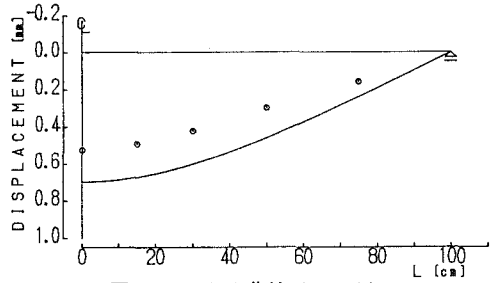


図-3. たわみ曲線 (SD00)

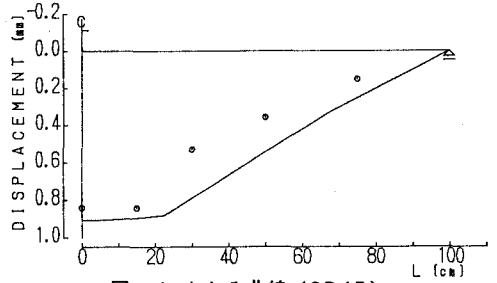


図-4. たわみ曲線 (SD45)

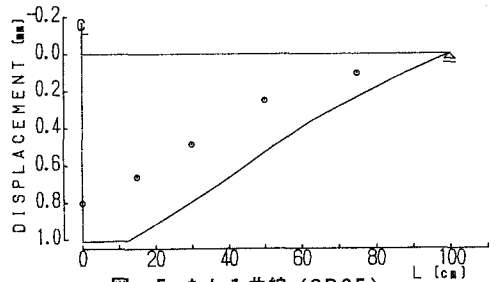


図-5. たわみ曲線 (SD25)

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挙動は、図-2に示す解析モデルを用いて説明することが可能である。また、二次覆工に適当な間隔で継ぎ目を設けることにより発生する断面力を低減できることが明らかとなった。

表-3. 両覆工に発生する曲げモーメント (中央断面)

実験名	M_1 (一次覆工)	M_2 (二次覆工)	$M_1 + M_2$
SD00	711.8 (190.0)	1872.1 (2087.5)	2583.9 (2277.5)
SD45	319.5 (92.2)	975.8 (1014.0)	1295.3 (1106.2)
SD25	201.6 (74.2)	806.1 (802.3)	1007.7 (876.5)

注) カッコ内は解析値を示す。

(単位: $\text{kgf}\cdot\text{cm}$)

◆◆◆◆ 参考文献 ◆◆◆◆

- 1) 栗山・村上・小泉他：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、土木学会第46回年次学術講演会概要集、1991年9月。
- 2) 蔵品・村上・小泉他：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。
- 3) 土質工学会：土質工学ハンドブック、1982年。