

III-175 二次覆工で補強されたシールドトンネルの挙動について

早稲田大学 理工学部 学生員 高松 伸行
 早稲田大学 理工学部 正 員 村上 博智
 東洋大学 工学部 学生員 橋本 祐一
 東洋大学 工学部 正 員 小泉 淳

1. まえがき

二次覆工されたシールドトンネルにおいて、二次覆工完了後に荷重が累加されると、一次覆工と二次覆工とはその荷重に対しては協同して挙動するであろう。筆者等は、このような荷重状態を想定して、部分的に曲げ剛性を低下させた鋼製円環の内側にジベルを配した上で、モルタルで二次覆工したシールドトンネルの模型を用いて室内実験を行い、その結果をよく説明する解析モデルを提示してきた^{(1),(2),(3)}。本報告は、ジベル筋の配置間隔を変えた2種類の模型について実験を行い、その結果に検討を加えたものである。

2. 実験概要

実験に用いたトンネル模型は、図1に示すように厚さ16mmの鋼製円環(SS41)の内側に厚さ60mmのモルタルを打設して作製した。鋼製円環にはセグメント継手を想定して、幅3mm、深さ8mmの溝を60°間隔に6ヶ所設けた。また鋼製円環はジベルを溝の中間に60°間隔に6個溶接したものと、20°間隔に18個溶接したものの2種類を用いた。二次覆工に用いたモルタルの配合重量比は、水：セメント：砂 = 1：2：5であり、その強度および弾性係数は $\sigma_c = 426 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_t = 20 \text{ kgf/cm}^2$ および $E_c = 2.0 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ であった。トンネル模型は水平面内に設置して、その載荷方法は図1に示す通りである。また、供試体の外側には地盤の抵抗土圧を評価するために図4などに示してあるように10個の鋼管を30°間隔に配し、その外側に接して剛性の高い支持用鋼管を設置した。そのバネ定数は $k = 1700 \text{ kgf/cm}$ であり、これは鋼管の圧縮試験より求めた。

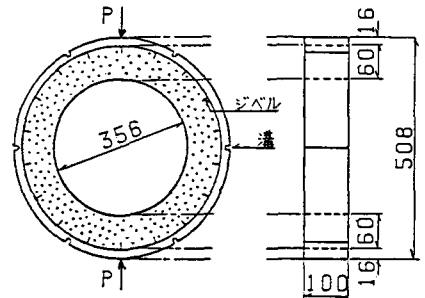


FIG.1 供試体形状寸法

3. 解析モデル

解析モデルは図2に示すとおりで、マトリックス法を用いて解析した。即ち鋼製円環とモルタル円環との力のやりとりは、円弧部材要素の各節点に仮想した半径方向ばねと接線方向ばねを通して行われると考えた。そのばね定数は、両円環が離向しない節点およびジベル位置では密着しているので無限大に近い値とし、離向する節点では零とする。計算はばねの離向箇所が確定するまで繰返し行った。また、抵抗土圧を想定して配置した鋼管の作用は図2に示すような半径方向ばねで表わし、このばねについても離向箇所が確定するまで繰返し計算した。セグメント継手を想定した溝の位置には回転ばねを配した。そのばね定数は鋼製円環のみの載荷試験により得られた直径変化量から求めた。解析はひびわれ発生前と発生後に分けて行った。ひびわれ発生前ではモルタル円環が剛性一様とし、ひびわれ発生後はその影響を荷重点位置にヒンジを設けることによって評価した。

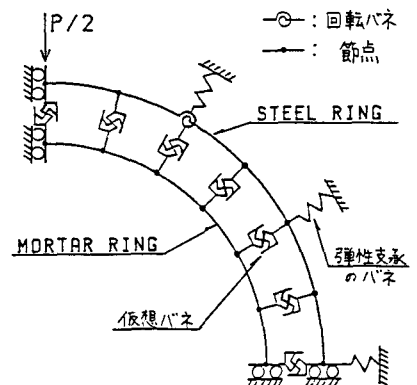


FIG.2 解析モデル

4. 実験結果

図3は荷重と荷重方向の直径変化量との関係を示したものである。図中実線はジベルを設けなかった場合の理論値であり、破線はジベルを設けた場合の理論値である。60°間隔にジベルを設けた場合と20°間隔に設けた場合の差はほとんど認められなかった。また、両者に対する実験値もほとんど一致していたので、20°間隔にジベルを配置した場合の値をプロットしてある。測定されたひずみから断面力（曲げモーメントおよび軸力）を求めるにあたっては、円環の各断面におけるひずみ分布は半径と厚さとの比を考慮して鋼製円環では直線分布、モルタル円環では双曲線分布と考えた。ひびわれ発生前は荷重 $P=500\text{ kgf}$ に換算した実験値と、ひびわれ発生後は $P=3000\text{ kgf}$ を代表値とした実験値と理論解析結果との比較を図4～7に示してある。

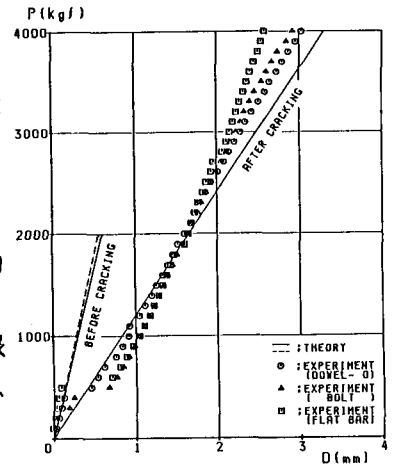


FIG.3 RELATIONSHIP BETWEEN LOAD AND DEFORMATION

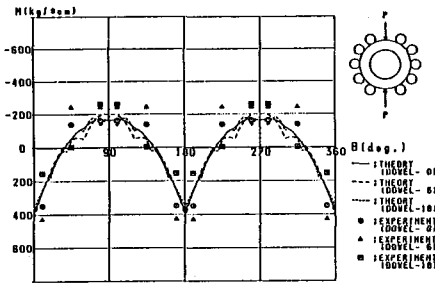


FIG.4 BENDING MOMENT DIAGRAM $P=500\text{ kgf}$ STEEL

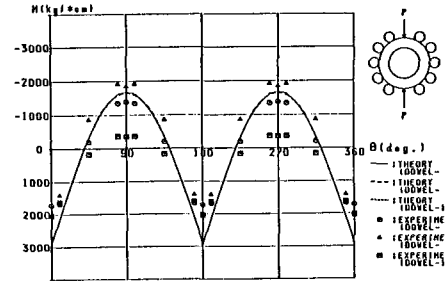


FIG.5 BENDING MOMENT DIAGRAM $P=500\text{ kgf}$ MORTAR

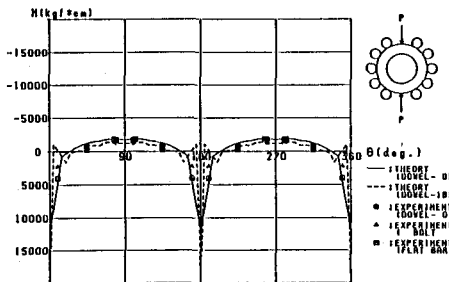


FIG.6 BENDING MOMENT DIAGRAM $P=3000\text{ kgf}$ STEEL

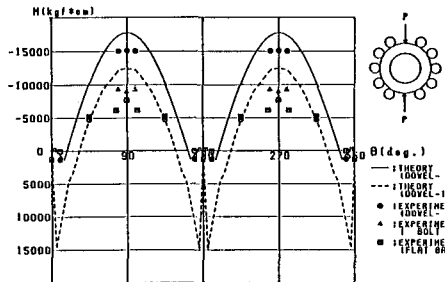


FIG.7 BENDING MOMENT DIAGRAM $P=3000\text{ kgf}$ MORTAR

5. まとめ

図3に示したように直径変化量については、実験結果と解析結果はよい符合を示している。図4～7に示した曲げモーメント図によれば、鋼製円環の実験結果は解析結果と符合しているが、モルタル円環についてはジベル間隔が20°の場合には荷重方向に直交する直径点付近で解析結果と実験結果に差が見られる。この点については現在検討中である。

今後は、ジベルの配置間隔に関する同様な研究のほか、トンネル模型を千鳥組にしてモルタルで二次覆工した場合についても検討する予定である。

(1), (2), (3): 村上, 小泉ほか 二次覆工で補強されたシールドトンネルの挙動について

土木学会第37, 38, 39回年次学術講演会講演概要集

37-Ⅲ-199, 38-Ⅲ-85, 39-Ⅲ-3/2