

東洋大学 工学部 正員 小泉 淳
早稲田大学 理工学部 正員 村上 博智

1. まえがき

二次覆工の完了後にシールドトンネルが受ける荷重に対しては、一次覆工であるセグメントリングと、二次覆工であるコンクリートリングとは、協同してその荷重に対して挙動するであろう。筆者等は、この様な場合を想定した室内実験を行い、その結果をよく説明する解析モデルを提示して来た^{(1),(2)}。本報告は、セグメント継手をもつセグメントリングの実情を考え、部分的に曲げ剛性を低下させた鋼製内環の内側にジベルを配した上で、内側にモルタルで二次覆工したトンネル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の鋼製内環(SS41)の内側に厚さ60mmのモルタルを打設して作成した。鋼製内環にはセグメント継手を想定して、巾3mm、深さ5mmの溝が60°間隔に6ヶ所設けてある。又鋼製内環には図2に示すようなジベルが溝の中間に60°間隔に溶接してある。

二次覆工に用いたモルタルの配合比は重量で $W:C:S = 1:2:5$ であり、 $\sigma_c = 436 \text{ kg/cm}^2$, $E_c = 2.4 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ および $\sigma_t = 25 \text{ kg/cm}^2$ であつた。

地盤の抵抗土圧を評価するため、図5などに示してあるように10ヶの鋼管を30°間隔に配し、その外側に接して、剛性の高い支持鋼管を設置した。実験の結果この弾性支のばね常数は $k = 1,700 \text{ kg/cm}$ であつた。

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。

3. 解析モデル

解析モデルは図3に示すとおりで、鋼製内環とモルタルリングとの力のやりとりは、円弧部要素の各節点に仮想した半径方向ばね、接線方向ばねおよび回転ばねを通して行われると考えた。そのばね常数は、両リングが離間しない節点およびジベル位置では無限大に近い値とし、離間する節点では零とする。計算は離間ヶ所が確定するまで繰返し行つた。モルタルリングは荷重点位置にひびわれが発生するまでは剛性一様とし、ひびわれ発生後はその点をヒンジとして取扱つた。

4. 実験結果

図4は荷重と荷重方向の直交減少量との関係を示したものである。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)を求めるにあつては、両リングの半径と厚さとの比を勘案して、半径方向断面のひずみ分布は、鋼製内環では直線分布、モルタルリングでは双曲線分布とした。図5〜8には、このようにして求めた曲げモーメント図が示してある。ひびわれ発生前のB.M.D.は換算荷重 $P = 500 \text{ kg}$ に対して、ひびわれ発生後のB.M.D.は、荷重の代表値として、 $P = 1,500 \text{ kg}$ に対して示してある。

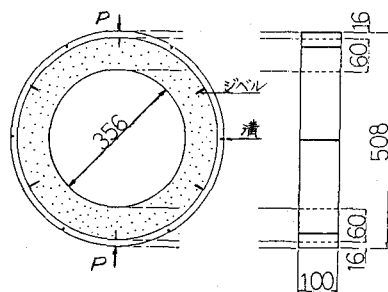


Fig. 1 供試体形状寸法 (mm.)

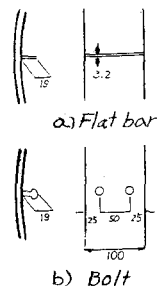


Fig. 2 ジベル

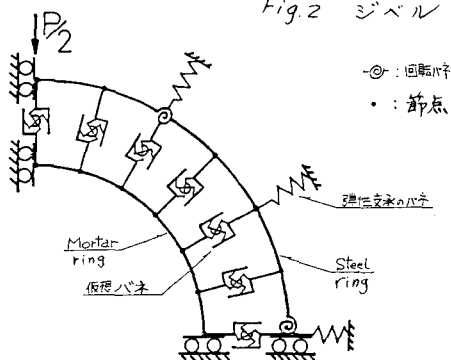
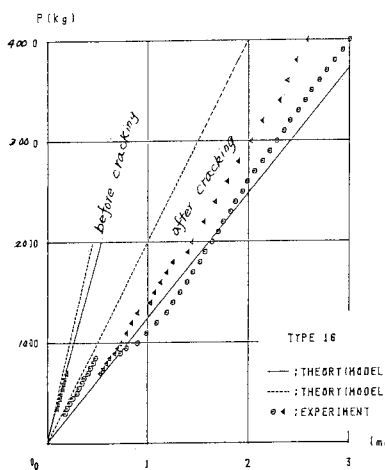


Fig. 3 解析モデル

図中破線は
図3に示した
解析モデルに
対する理論値
であり、実線
は図3に示し
た解析モデル
のうち、回転
ばねを考慮し
ない場合に対
する理論値で
ある。



5. まとめ Fig. 4 RELATIONSHIP between LOAD and DEFORMATION (VERTICAL DIRECTION)すでに述べ

たように鋼製円環とモルタルリングとの間には60°間隔に6つのジベルを配したが、ひずみ測定の結果、両リングは合成構造としては挙動せず、それぞれ独立したひずみ分布をしていた。したがって、解析にあたっては、両リングを重なりリングにモデル化した。このような考え方による理論解析結果と実験結果との比較が、図4～8に示してある。これらの結果は可成りよい符合を示しているのが、提示した解析モデルは、本実験に用いた部分的に剛性を低下させた鋼製円環をモルタルで二次覆工したトンネル模型の挙動をよく説明するものである。従って、平板型コンクリートを用いたシールドトンネルがコンクリートで二次覆工されている場合には、提示した解析モデルを用いて、その挙動を検討することが可能であると考えている。

一方、使用したジベルは図2に示す2種類であるが、その両者の挙動には顕著な差異が認められなかった。これらのことについては現在検討中である。

今後、箱型セグメントを用いたトンネルに対する同様な研究のほか、セグメントが千鳥組された場合についても検討を重ねる予定である。

尚、本研究は、日本シールドエンジニアリングK.K.の援助を一部うけて行ったものである。

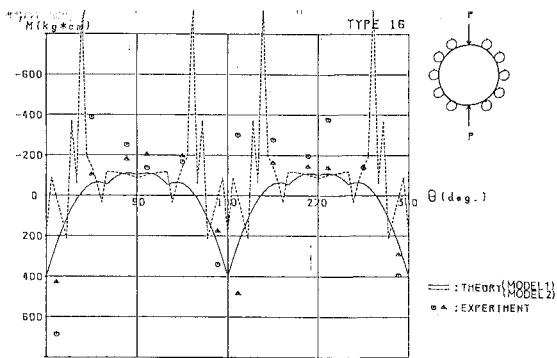


Fig. 5 BENDING MOMENT DIAGRAM P=500kg STEEL

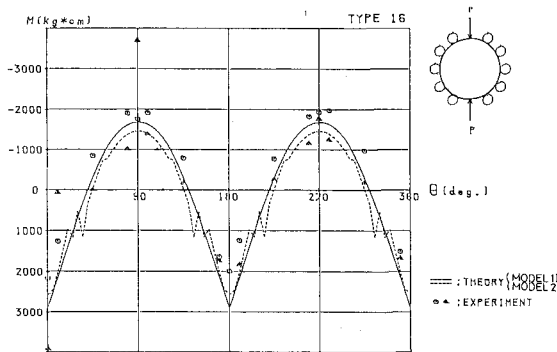


Fig. 6 BENDING MOMENT DIAGRAM P=500kg MORTAR

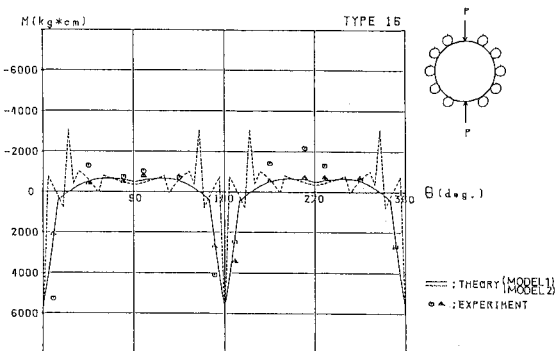


Fig. 7 BENDING MOMENT DIAGRAM P=1500kg STEEL

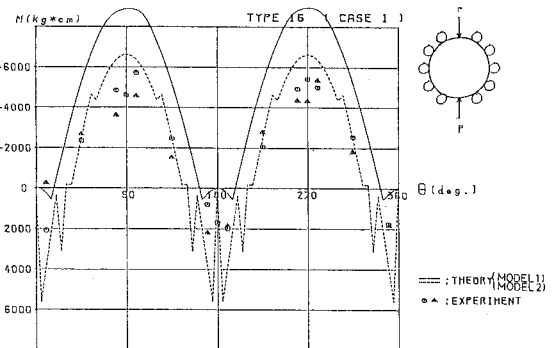


Fig. 8 BENDING MOMENT DIAGRAM P=1500kg MORTAR

(1), (2): 小泉, 村上ほか, 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回年次学術講演会講演概要集. 37-II-199, 38-II-85.