

セグメント覆工を対象とした大型覆工模型実験の3次元解析

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 ○木下 果穂 津野 究 牛田 貴士

1. はじめに

シールドトンネルのセグメント覆工を模擬した試験体の載荷実験のシミュレーションを3次元FEM解析により行った。載荷実験の結果と比較したので報告する。

2. 載荷実験のシミュレーション

(1) 載荷実験概要

本稿では、図1に示すような大型覆工模型実験装置¹⁾を用いた載荷実験²⁾を解析対象とし、シミュレーションを行った。覆工模型周囲の油圧シリンダ付きの皿ばねと反力板は全て覆工模型に接触しており、覆工模型天端部の載荷用油圧ジャッキにより、鉛直下向きの荷重を作用させている。

覆工模型は図2に示すように、(a)4つのセグメント模型が3つの継手部により締結されているリングAと、(b)5つのセグメント模型が4つの継手部より締結されているリングBの2種類のセグメント模型である。セグメント模型はD6の主筋とD3の配力筋により配筋されたRC構造であり、継手部では板厚12mmの継手板をボルト(M20)により締結している。

(2) 解析概要

三次元解析で用いたモデルを図3に示す。セグメント本体をソリッド要素、継手板をシェル要素、継手部のボルトをばね要素でモデル化した。リングAとリングBは、2リングともモデルの総節点数は14,700、総要素数は11,736である。

セグメント間の継手面には、引張ばね切りとするばね要素を設置し、載荷時における継手部分の開口を模擬できるようにした。ボルトで締結されている位置にはボルトばねを設置している。なお、セグメント本体のソリッド要素と継手板のシェル要素は、それぞれの要素が接する三辺で固定している。

覆工模型周囲の皿ばねについては、反力板の範囲に引張ばね切りとするばねを設置した。

解析に用いた覆工模型の物性値は、解析対象とした載荷実験にもとづいて設定した。セグメント本体のヤング係数は 22.5kN/mm^2 、ポアソン比は0.2、単位体積重量は 24.5kN/m^3 とした。

(3) 解析結果

a) 荷重～変位関係

解析および実験により得られたセグメント覆工の天端部の荷重～変位の関係を図4に示す。これより、リン

キーワード : セグメント, 有限要素法, 載荷実験

連絡先 : 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7266

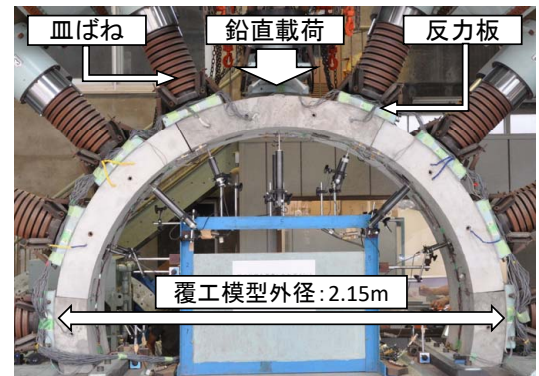
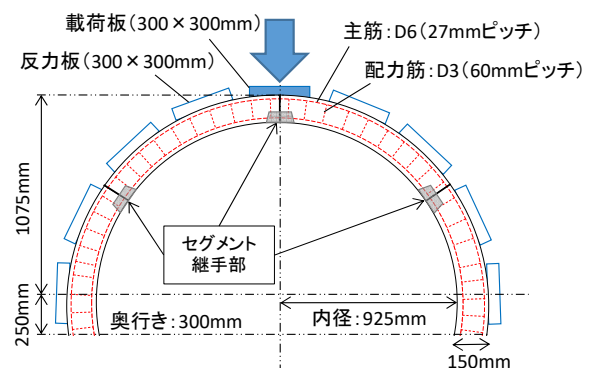
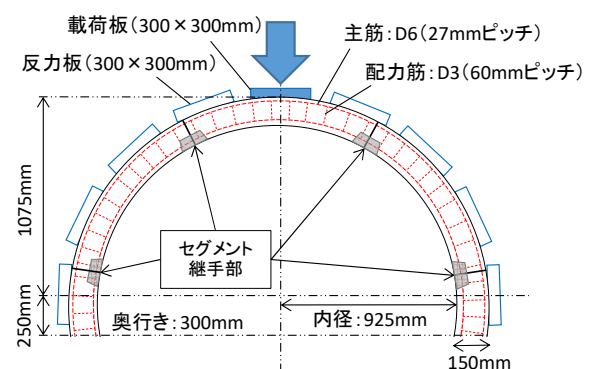


図1 大型覆工模型装置



(a) リング A



(b) リング B

図2 覆工模型の概要

グ A では載荷板押込み量 15.0mm 付近まで、リング B では載荷板押込み量 2.5mm 付近まで、解析結果は実験結果と一致している。また、載荷板押込み量がこれらの値を超えると、リング A とリング B ともに解析値よりも実験値の剛性が低下している。これについては、リング A では、実験において載荷板押込み量 19.0mm でアーチ肩部の継手部付近に圧ぎが発生し、剛性が低下したことが要因の一つであると考えられる。一方、リング B では、実験において載荷板押込み量 2.4mm でアーチ肩部の継手部付近にクラックが発生し、荷重が一旦低下したことが要因の一つであると考えられる。

b) ひずみ分布

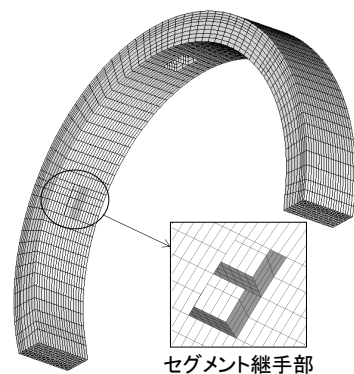
解析により得られた、ひずみの分布を図 5 に示す。ひずみについては von Mises (VM) 相当ひずみを表示している。

リング A では載荷により、継手部付近にひずみが生じており、特にアーチ肩部の継手部にひずみが大きい領域が生じている。実験におけるひび割れの発生箇所は、天端部あるいはアーチ肩部の継手部であり、継手部において圧ぎ(圧縮破壊)が発生していることから、解析結果は実験結果と概ね一致していると考えられる。

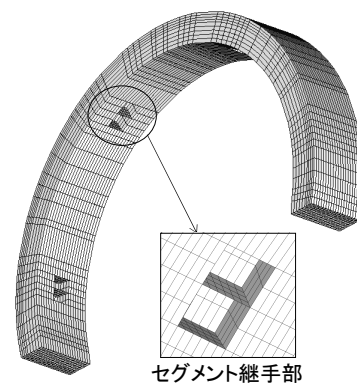
リング B では、載荷が進むと継手部付近にひずみが生じるとともに、特に天端部の載荷板の範囲にひずみが大きい領域が生じている。載荷実験では、継手部付近や天端内側に複数のひび割れが分散して発生していることから、解析結果は実験結果と概ね一致していると考えられる。

3. おわりに

載荷実験のシミュレーションを行った結果、載荷板が降伏する荷重レベル以下では、解析結果は実験結果と概ね対応し、解析手法の妥当性を確認した。今後は荷重条件や継手形式等を変えたシミュレーションを行っていくことを考えている。



(b) リング A



(a) リング B

図 3 三次元解析で用いたモデル

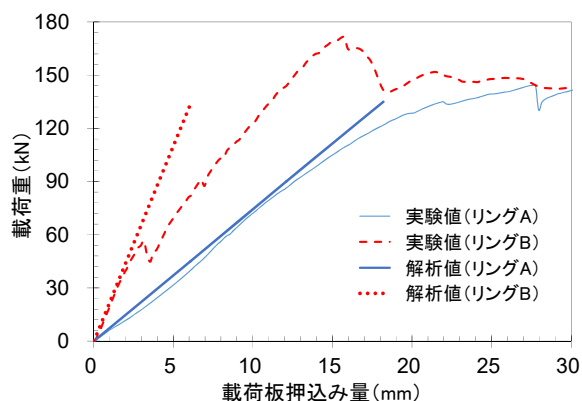


図 4 荷重～変位関係 (天端部)

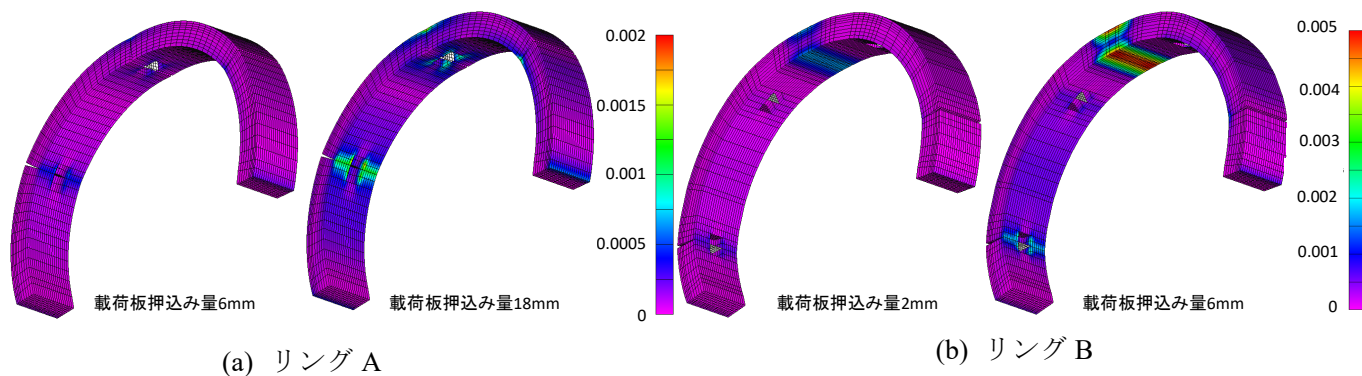


図 5 ひずみ分布

参考文献

- 1) 高橋幹夫, 津野究, 小島芳之: 大型トンネル覆工模型実験装置の開発, 土木学会第61回年次学術講演会講演概要集, III -070, pp.139-140, 2006.9
- 2) 津野究, 鎌田和孝: シールドトンネルを対象とした大型覆工模型実験, 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, III -436, pp.871-872, 2016.9