

III-647 多円形シールド工法を用いた駅部トンネルの設計法に関する研究(その3) 特殊セグメント載荷実験

東京都地下鉄建設(株) 正会員 福島昭男
(財)鉄道総合技術研究所 正会員 小山幸則
ハザマ 正会員 園田徹士
ハザマ 正会員 ○粥川幸司

1. はじめに

駅部トンネルへの適用を目的とした2連の多円形シールドトンネル覆工構造において、特に2つの円の接する部分に用いる特殊セグメント(以下中央部セグメントと称す)は、構造上非常に重要なセグメントとなる。中央部セグメントは基本的には従来の2次元解析で設計を行い、部材の構造を検討した。しかし従来のトンネル構造と異なり、トンネル軸方向にその断面が変化する3次元的な構造となっており、従来の2次元解析以外の各種の構造載荷試験および3次元FEM解析などにより安全性を確認する必要がある。ここでは、特に中央部セグメントが受け持つトンネル横断方向の荷重の流れ方やその変形挙動を確認する目的で、実物大の試験体を用いた載荷試験、3次元FEM解析を行い、その安全性を確認した。

2. 中央部セグメント載荷試験と3次元FEM解析

今回の試験では、左右の側部セグメントから中央部セグメントに入る円周方向の力に対して、次の2点を確認する。

- ①鉛直方向成分がセグメントの主桁を介して箱桁ウェブに伝達される時の応力状態
- ②水平方向成分が主に箱桁の下側フランジを介してつり合う時の応力状態

写真-1に試験体および載荷装置の概要を示す。試験体は中央部セグメント1ピースの両側に箱桁部材2ピースを連結したもので、箱桁部および中央部セグメント部を支持して中央部セグメントの両サイドから載荷した。載荷は中央部セグメントの支持の有無によって、柱で支持されたリングを模擬した場合と柱のないリングを模擬した場合の2ケースについて行った。荷重はトンネル断面方向の2次元解析で得られた結果から、軸力として20tfピッチで200tfまで載荷し、その後除荷を行った。

図-1にFEMで用いた解析モデルを示す。試験体がセグメント横断方向および箱桁軸方向について対称であることを考慮して、解析では試験体の1/4をモデル化している。試験での中央部セグメントの支持の有無に対しては、支持条件の変更によって対処した。

3. 試験結果および解析結果

試験の結果、中央部セグメントの支持条件の差による応力あるいは変形などの差はあ

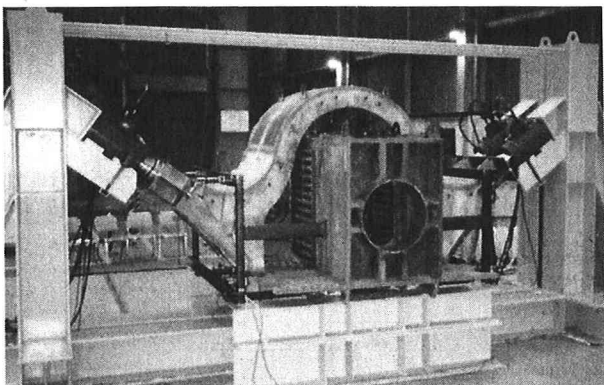


写真-1 中央部セグメント載荷試験概要

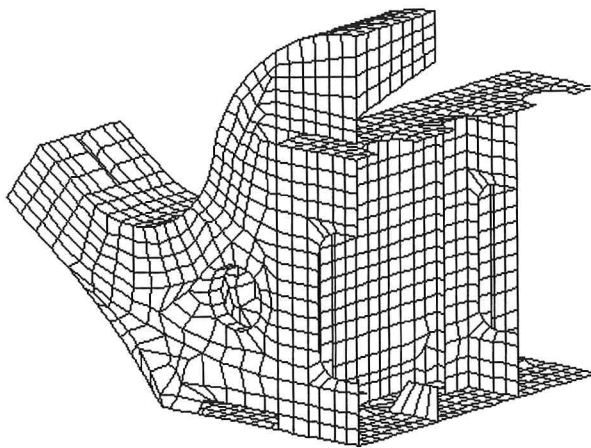


図-1 3次元FEM解析モデル

まり見られなかった。中央部セグメントを支持した(柱で支持されたリングを想定した)場合の、試験および解析結果を図-2～4に示す。図-2では200tf载荷時において、(a)試験、(b)FEM解析における中央部セグメントの主桁および箱桁内部にあるダイヤフラムの主応力ベクトルを示している。試験において応力の流れは、ほぼ载荷の方向に沿って箱桁ウェブまたはダイヤフラムの下部に入るものとなっている。また解析においても同様な傾向となっている。

試験においては、図-1に示した主桁下端で水平方向に最大の応力を示した。この点の荷重～応力曲線を図-3に示す。200tf载荷時には試験では約2150kgf/cm²の応力を発生したが、解析では約2500kgf/cm²の応力値となり、若干解析値の方が大きいもののほぼ同様な値となった。また試験での除荷においては、载荷時とほぼ同様な応力軌跡を示しており、除荷後の応力はほぼ0kgf/cm²となった。ところで、解析での発生応力2500kgf/cm²は部材の許容応力度 $\sigma=2400\text{kgf/cm}^2$ を越えているが、これは箱桁下フランジの連結板のための切り欠き付近であり、局所的に応力が集中したものと考ええる。

図-4には図-1で示した主桁位置での箱桁ウェブの桁高方向の応力分布を示している。図-2で示したように、主桁での応力の流れから箱桁ウェブにおいても下部の方で応力値が大きい分布となっている。また200tf载荷時には、試験値と解析値はほぼ同様な傾向を示していることがわかる。

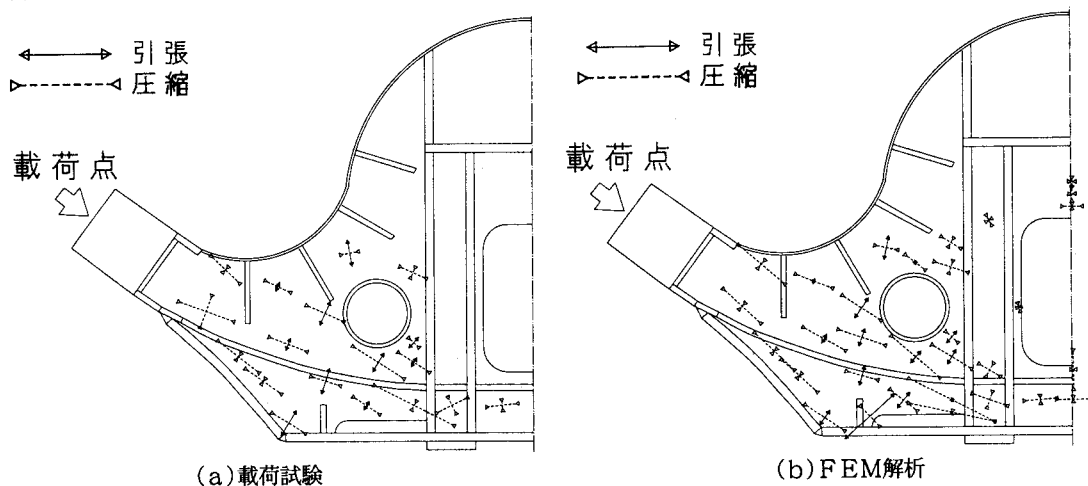


図-2 主桁主応力ベクトル図

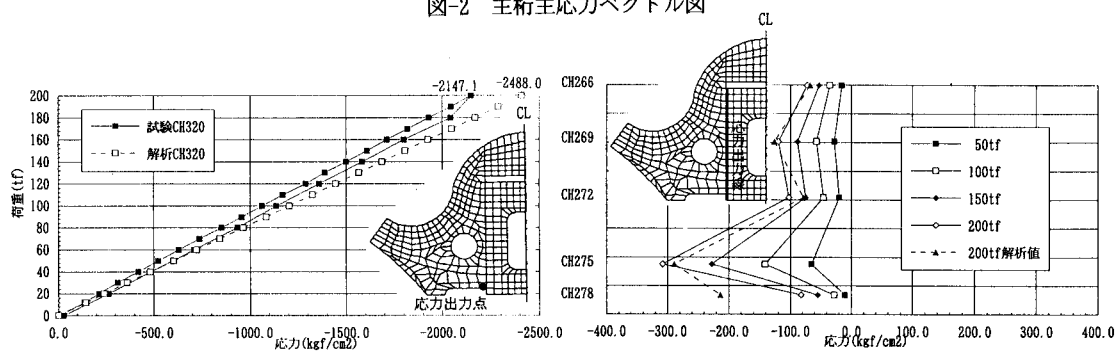


図-3 主桁最大応力発生点における荷重～応力曲線

図-4 箱桁ウェブの桁高方向応力分布

4. おわりに

以上のことから、中央部セグメントは構造的に十分な性能を有しており、安全性にも特に問題はないことが確認された。また、3次元FEM解析は载荷試験の結果を十分表現しており、有効な検討手段であることが確認された。今後は、载荷試験では再現できなかった鉛直方向土圧、側部セグメントから伝達されるであろう曲げモーメントなどの荷重に対する検討を行い、中央部セグメントの安全性を検討する予定である。