

III-645 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1)

多円形シールドトンネル覆工構造と3次元FEM解析

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	○西尾誠高

1. はじめに

地下鉄道建設においては、一般には駅部では開削工法、駅間ではシールド工法が採用されているが、近年の都市の過密化あるいは地下空間の有効利用という観点から、駅部においてもシールド工法が採用され始めている。最近では多円形シールド工法の実用化が進んできたことから、駅部トンネルへの適用に関する研究も盛んに行われている。本研究では、2連の多円形シールド覆工構造に対して、従来の設計法と併せて複雑な構造形式をより効果的に評価する方法として3次元FEMを用いることの検討を進めている。ここでは、その設計・解析手法についての研究経過を報告する。

2. 多円形シールドトンネルの覆工構造

ここでは、多円形シールド工法を用いた駅部トンネルとして、図-1、2に示すような覆工構造形式を考案する。本覆工構造では、トンネル横断面的に2つの円形トンネルを横に接する状態で構築し、その接合部分の上下に特殊な形状をしたセグメント(以下中央部セグメントと称す)を配置する。この中央部セグメント間に上下方向に荷重を伝達する柱を組み込む。中央部セグメント本体はトンネル内空側の水平部と地山側の円弧状部を形成し、この中空部に箱桁状の部材を組み込んで一体化した特殊な構造となっている。トンネル掘進に伴うセグメントの組立に際して、中央部セグメント間の連結は箱桁状部材をフランジ、ウェブともに二面摩擦接合にて連結し、トンネル軸方向の梁部材を構築する。このように本覆工構造では、構造的に不要な部分の少ない断面形状となっており、中央部セグメントに内蔵された箱桁構造によって荷重の伝達をスムーズに行うことができるものとする。ここで、中央部セグメントについては次の3つの重要な機能を担うこととなる。

- ①中央部セグメント自体に作用する鉛直荷重に抵抗する。
- ②側部円形トンネル部分からのトンネル断面方向の荷重に対して、鉛直成分は梁として受け①の荷重とともに柱に伝達させる。
- ③側部円形トンネル部分からのトンネル断面方向の荷重に対して、水平成分をつり合わせる。

3. 覆工構造解析

本覆工構造では、トンネル断面の中央に柱が設置されたリングと柱のないリングが混在しており、トンネル軸方向に断面が変化する構造となっている。そこ

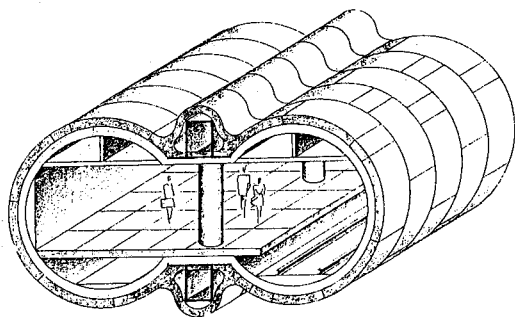


図-1 多円型シールドトンネル覆工構造概要

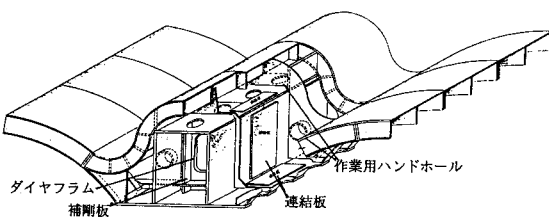


図-2 中央部セグメント詳細図

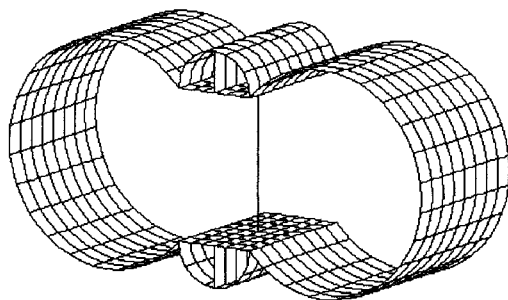


図-3 3次元FEM解析モデル

で本覆工構造に関して、トンネル横断方向、軸方向に総合的にその挙動を評価することを目的として、解析方法に従来の慣用計算法、はりばね解析に加えて、3次元FEMを用いることとした。先ずここでは、3次元FEMを導入するに際してその適用性を検討する目的で、慣用計算法、はりばね解析法との比較を簡単なモデルを用いて行った。

図-3に柱間隔を4mと仮定したトンネル軸方向4リング分の3次元FEM解析モデルを、また図-4に荷重条件を示す。ここでは、解析方法の比較という目的から解析モデルにおいては、セグメント間、リング間の継手の効果を無視して一様な部材として取り扱っている。

柱のある断面において、図-4に示した代表的な測点(1~13)におけるトンネル横断方向軸力および曲げモーメントをそれぞれ図-5(a)および(b)に示す。(b)の測点3、4においてFEM解析値は大きな負の曲げモーメントを示しているが、これはモデル化の上でセグメントを柱要素で点支持しているためであると考えられる。図-6に3次元FEMによる柱のある断面と柱のない断面でのそれぞれ(a)軸力、(b)曲げモーメントの比較を示している。これによれば、測点7~13の側部のセグメントについては柱の有無に関わらずほぼ同様な値を示しているが、測点1~6の中央部セグメントでは発生断面力の大きな相違が認められる。以上のことから、3次元FEM解析によって、トンネル横断方向については従来の計算法である慣用計算法、はりばね解析法とほぼ同等な結果を得ることが分かった。また、FEMによって特に中央部セグメントについてトンネル軸方向に発生する断面力の分布等が明確となった。

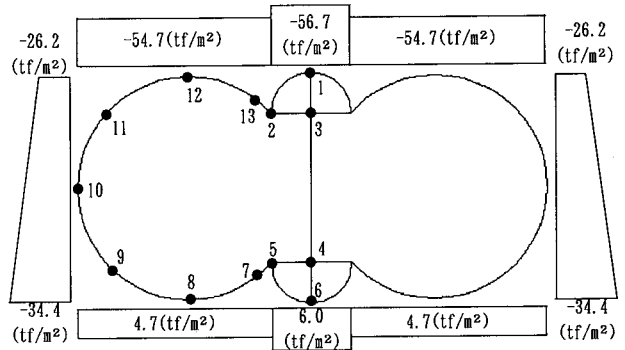
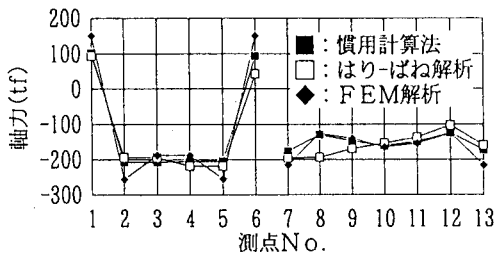
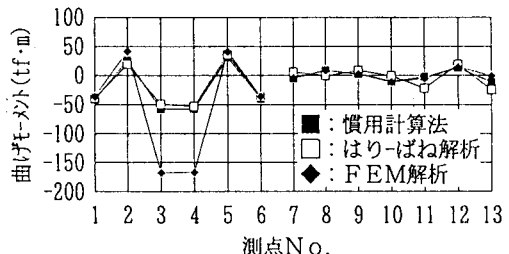


図-4 荷重条件(トンネル完成時)および解析結果出力点

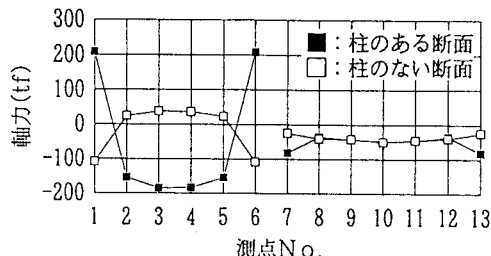


(a)軸力

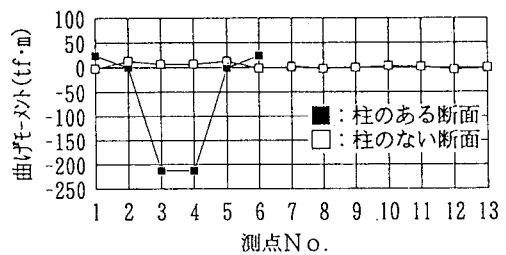


(b)曲げモーメント

図-5 柱のある断面での発生断面力



(a)軸力



(b)曲げモーメント

図-6 柱の有無による発生断面力

4. おわりに

ここでは、駅部トンネルに適用することを目的とした多円形シールドトンネル覆工構造を提案した。また本覆工構造の設計においては3次元FEMが有効であることを示した。今後は、覆工構造の具体化を図るとともに、設計手法の確立を図っていく予定である。