

III-646 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2)

箱桁部性能確認試験

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	○左高茂樹

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は、その形状から中央部セグメントが構造上重要な役割を果たすことになる。すなわち中央部セグメント(図-1)は、外圧支持機能、側部セグメントからの伝達荷重の支持機能、およびトンネル軸方向の梁機能を持つ必要がある。これらの機能の内、トンネル軸方向の梁機能を受け持つ箱桁梁は、セグメントに内蔵された箱桁部材(フランジ、ウェブ)を現場で1リング毎に摩擦接合によって連結して構築される。摩擦接合は橋梁などで多くの実績を持つ接合方式であるが、この場合、接合部分の占める割合は橋梁構造全体から見れば小さいものとなっている。しかし、本覆工構造で用いる箱桁梁では、1m毎に分断された箱桁部材を連結するため、接合部分の占める割合の大きい構造となっている。このため、このような多くの接合部分を有する梁が曲げなどの大きな作用力を受けた場合の挙動を試験や解析などによって確認する必要がある。そこで今回は、実物大の試験体を用いた荷重試験を行い、これと併せて3次元FEMにより解析を行い試験結果との比較を行い解析の妥当性を確認した。

2. 箱桁部性能試験とFEM解析

写真-1に試験体の概要図を示す。試験体は、中央部セグメントに組み込まれた箱桁部材5ブロック分(5m)を取り出し、各箱桁ブロック毎にフランジ、ウェブを二面摩擦接合にて連結している。また各箱桁ブロック内にはその中心に梁の軸直角方向にダイヤフラムを設置している。試験は図-2に示すように両端部の箱桁ブロック中心(ダイヤフラム位置)を支持した4mスパンの単純曲げとし、正曲げおよび負曲げの二種類について荷重を行った。荷重は50tfピッ

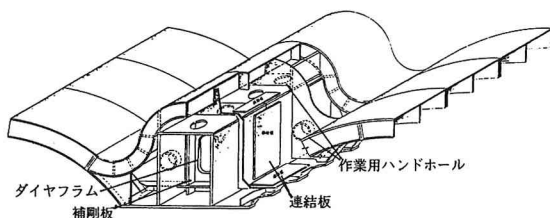


図-1 中央部セグメント詳細図

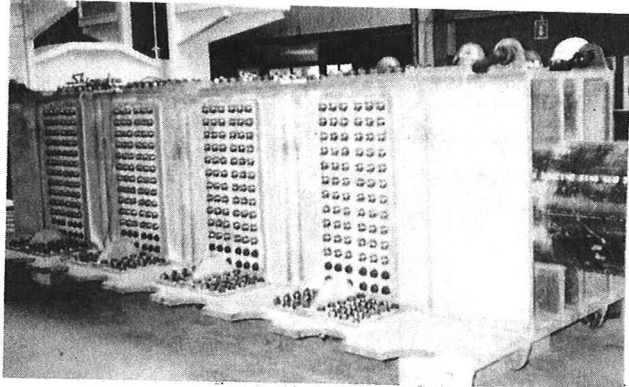


写真-1 箱桁梁試験体

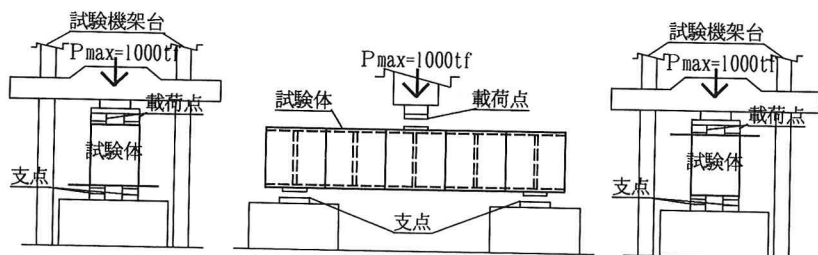


図-2 荷重試験概要

チにて試験機能最大の1000tfまで行った。また100tfピッチでの除荷も行い、試験体の残留変形の有無についても確認した。試験中は、載荷荷重、変位(梁のたわみ)、各部材のひずみ、ブロック間継手の遊間部変位の4項目について測定を行った。

図-3にFEMで用いた解析モデルを示す。試験体が梁の軸方向および梁の幅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。試験の正曲げ、負曲げに対しては、解析では荷重条件、支持条件の変更によって対処した。また今回は箱桁のフランジ部の有効幅を考慮した簡易計算も行い、試験、FEM解析と比較することとした。

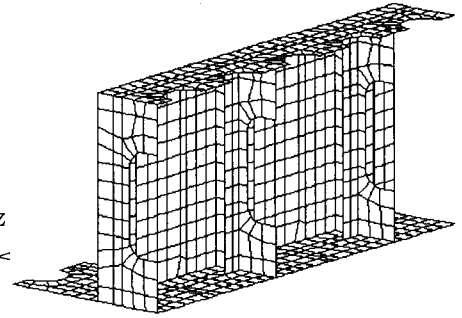


図-3 3次元FEMモデル

3. 試験結果および解析結果

正曲げ、負曲げ時の梁スパン中央における荷重～たわみ曲線を図-4に示す。たわみについては正曲げ時で試験値2.53mm、解析値2.70mm、負曲げ時でそれぞれ2.13mm、2.71mmとほぼ同等な結果となった。また、荷重増加に対してほぼ直線的に増加しており、母材と連結板のすべり等は発生していないことが確認された。なお、荷重を0tfに戻した時の残留変形はほとんど認められなかった。図-5に正曲げ、負曲げにおける1000tf載荷時のウェブ(梁スパン中央より1mずれた地点)の応力分布を示す。試験値、解析値ともに梁高さ中心位置を境にして応力値はほぼ三角形の分布性状を示しているが、端部で若干応力が小さくなっている。これは連結板高さが母材の高さよりも若干小さく、母材の端部での主応力方向が梁軸方向から若干ずれるためであると考えられる。

ところで、今回の試験体は支間長($L=4.0\text{m}$)に対して桁高($H=1.2\text{m}$)が大きく($L/H=3.3$)、梁のせん断変形の影響が大きい構造となっている。そこでフランジの有効幅を考慮した簡易計算ではせん断変形の影響も考慮して計算を行った。計算の結果、梁中央でのたわみは4.20mmとなり、またウェブ端部での応力値も試験、FEM解析値よりも大きい値となった。これは簡易計算では継手部の連結板の厚さを考慮せず、母材が連続していると仮定しているのに対し、試験、FEM解析では継手部で母材と連結板が一体化しており、箱桁の断面剛性が大きくなっているためであると思われる。

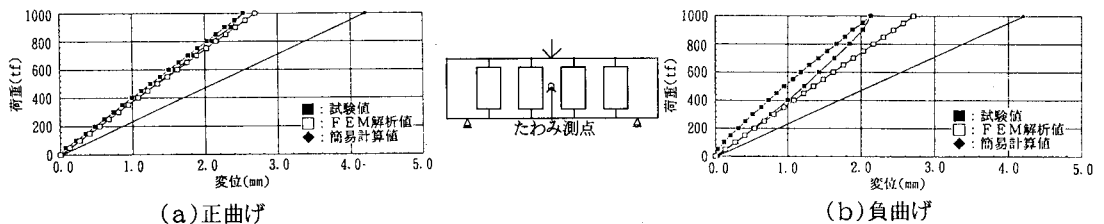


図-4 荷重～たわみ曲線

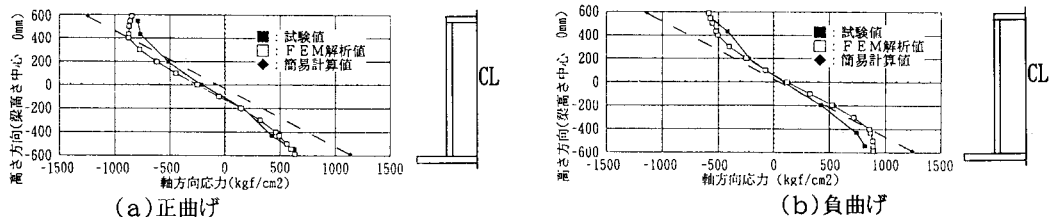


図-5 ウェブ梁軸方向応力分布

4. おわりに

今回の載荷実験により、箱桁梁は1mごとに継手部があるにも関わらず構造的に十分な性能を有していることが判明した。また解析においては、設計で用いる簡易計算である程度までは応力状態を把握できるものの、FEMを用いればさらに部分的な応力状態まで推定することが可能であり、今後の設計計算において有効であることが判明した。