

(株) 奥村組 正会員 ○高橋 忠  
(株) 奥村組 正会員 奥野 三郎  
石川島建材工業(株) 正会員 染谷 洋樹

1. ま え が き

ハニカムセグメントはシールド掘進とセグメント組立の同時施工に適した形状であることに着目し、開発された六角形のセグメントである。このセグメントは①全ピース同一形状、②継手金物が覆工内面に露出せず平滑、③二次覆工を省略しても防食措置が不要、④従来のセグメントに比較して経済的などの特長を備えている。平成3年度に行った『外径φ4050mm継手曲げ要素試験<sup>1)・2)</sup>』の結果からハニカムセグメントの基本構造を決定し、小型断面地下鉄トンネル工事への適用を目指し、外径φ5300mmの各種実大載荷試験を平成5年1~3月に行った。これらの試験のうち、施工時のセグメントの安定性を検証するために行った推力載荷試験の概要を報告する。

2. ハニカムセグメントの基本構造

図-1に示すように、ハニカムセグメントは各隅角部の角度を全て120°とし、正六角形をリング方向に伸ばした形状を基本としている。継手ボルトは通し連続式の直ボルトをリング間と斜辺部に2本ずつ配置し、覆工内面に継手用の金物やボルトボックスを無くすことにした。また、斜辺面には組立精度向上を目的として凹凸状のプラグ・ソケットを取付けた。

3. 試験装置および荷重制御

ハニカムセグメントは半リング突出した状態で組立られる。図-2に示すように、シールド推力がセグメント重心に対し偏心して作用した場合、トンネル軸方向に曲げモーメントが生じ、セグメント内外周方向に微小な変位が発生することが考えられた。このため、実施工を想定し、シールド推力がシールド機のテールクリアランスに相当する±25mm内外周方向に偏心して作用させた状態で3次元シェルFEM解析を行った。この解析では、シールド推力の作用位置により内外周それぞれの方向に変位する傾向となり、いずれも微小な変位量および応力度に留まる結果が得られた。

この解析結果を踏まえ、写真-1に示す外径5300mm、桁高250mm、幅1000mm、等6分割の試験用供試体を製作し、推力載荷試験を行った。

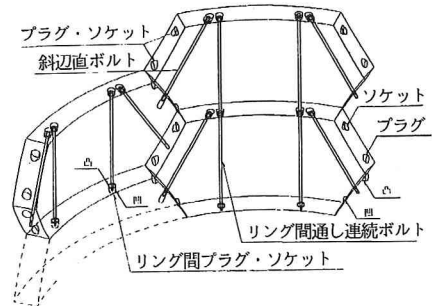


図-1 ハニカムセグメントの基本構造

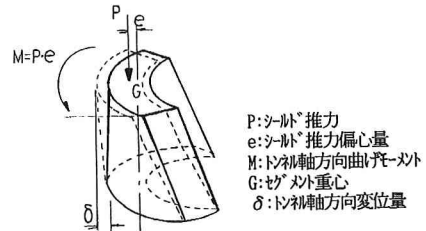


図-2 シールド推力の作用状態

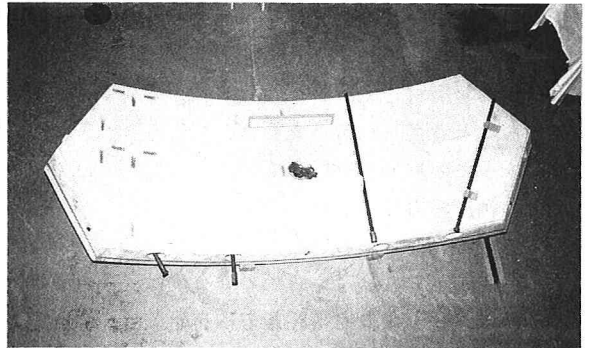


写真-1 ハニカムセグメント試験用供試体

試験では、シールド推力がセグメントの重心位置に作用する状態（CASE-1）、重心からそれぞれ25mm外周側および内周側に偏心して作用する状態（CASE-2およびCASE-3）を想定し、写真-2に示す試験装置を用いてシールド推力  $P_j = \max 150 \text{ tf/本}$ （シールド面板圧約  $120 \text{ tf/m}^2$  で掘削外径5440mmの掘削断面積をシールドジャッキ18本で掘進するとした場合に相当）を1ピースあたり3本で導入する試験を行った。参考のため、試験では最大  $170 \text{ tf/本}$  まで载荷した。

4. 推力载荷試験の結果

図-3に、シールド推力  $P_j$  毎のセグメント外周方向変位量を中央部と端部の各計測点別に示す。同図は、変位量が最大となったCASE-2について示したものであり、セグメントの外周方向変位はシールド推力の増加に伴い大きくなり、シールド推力  $P_j = \max 150 \text{ tf/本}$  が作用した時に中央部で0.89mm、端部で0.34mmとなった。継手の目開き量は0.05~0.10mmで、シールド推力除荷後のセグメントの残留変位もほとんどなく、次ステップのセグメント組立に支障しないと判断できる微小な変位量に留まった。

応力~歪み計測結果からは局所的な応力集中がないことが確認され、3次元シェルFEM解析結果に近似した応力度となった。参考に、CASE-2について、シールド推力  $P_j = 150 \text{ tf/本}$  が作用した状態での3次元シェルFEM解析値と実測値の比較を図-4に示す。同図から、両者はよく近似した結果になっている。

5. あとがき

今回の推力载荷試験から、ハニカムセグメントのシールド推力作用時の変位量や応力度は許容される範囲内に収まっており、シールド掘進とセグメント組立の同時施工が連続的に行われても施工上問題のないことが確認された。

今後は、実工事へのハニカムセグメントの適用に向け、セグメント組立設備などの具体的な施工面からの検討を継続して行いたいと考える。

《参考文献》

- 1) 荒川賢治、奥野三郎他：ハニカムセグメントの継手曲げ試験、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集Ⅲ-7, 1992, pp. 56~pp. 57
- 2) 都甲博二、寺崎勝他：わが国初の六角形セグメントの開発、土木学会誌平成5年4月号, pp. 17~pp. 19

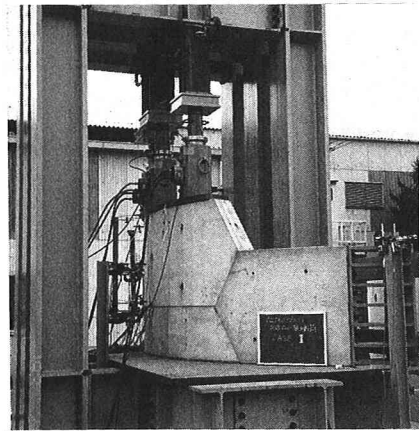


写真-2 推力载荷試験状況

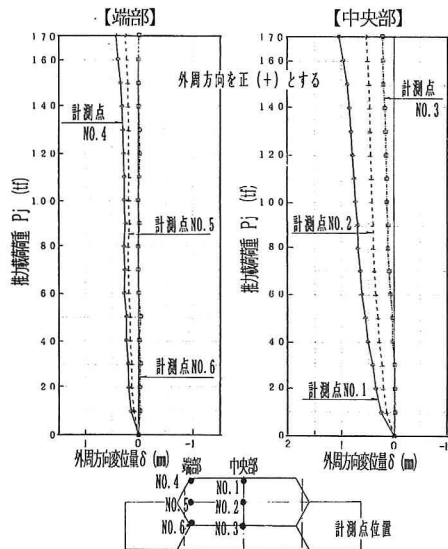


図-3 セグメント外周方向変位~シールド推力相関

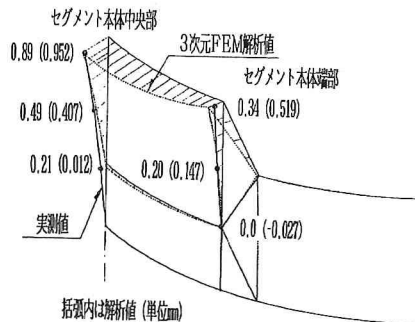


図-4 セグメント外周方向変位 実測値と解析値の比較  
【CASE-2 シールド推力+25mm外周偏心】