

(株) 奥村組 正会員 ○奥野 三郎
(株) 奥村組 正会員 荒川 賢治
石川島建材工業(株) 非会員 大関 宗孝

1. ま え が き

小型断面地下鉄トンネル工事でのハニカムセグメントの適用を目指し、外径φ5300mmの種々の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、長期荷重や施工時の一時荷重に対するハニカムセグメントのリング全体としての強度と変形状態を確認する目的で行ったリング載荷試験の概要を報告する。

2. 試験装置および荷重制御

ハニカムセグメントは軸力が大きいほど斜辺継手の剛性が大きい特性があり、地中内の荷重状態を再現するためには軸力をリング全体に作用させて継手の特性を検証する必要がある。このため、図-1および写真-1のように、リング外周にPC鋼より線を巻付け、これを締付けることにより所要のリング方向軸力 N_0 を導入できる試験装置を用いた。この装置では、PC鋼より線とセグメント外周面との間に摩擦力が発生することが考えられるため、リング外周に10°ピッチで合計36本のφ32mm鋼棒を配置し、PC鋼より線の緊張時に鋼棒がコロの働きをすることにより摩擦力を除去するよう工夫した。曲げモーメント M_0 は鉛直荷重PVあるいは水平荷重PH導入用のPC鋼棒を用いて導入した。これらの試験装置により、軸力を $N_0=40, 60, 80$ tf/ringと変化させ、それぞれの軸力で継手の許容曲げモーメント M_a 以上の荷重導入を行った。

以上の地中内での長期荷重に対する検証に加え、シールド機テール内でのセグメント組立時にセグメント自重のみが作用する状態を想定し、軸力を導入せずに鉛直荷重PVのみで荷重導入を行う試験も実施した。

4. 試験結果

(1) 内空変位量計測

図-2に、リング載荷試験での鉛直方向の内空変位量と負曲げ状態となる側方部継手(図示のNo.3,7)の曲げモーメントとの相関をリング方向に導入した軸力をパラメータとして示す。

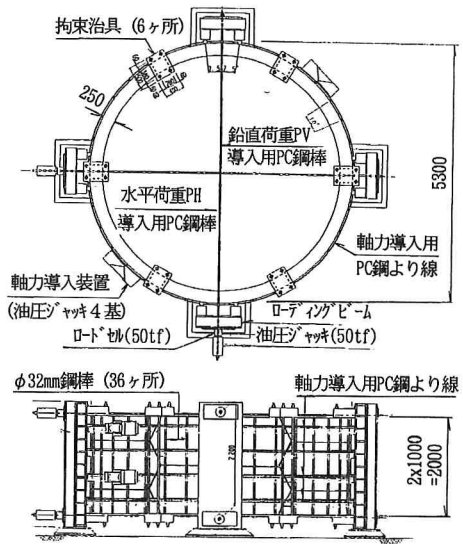


図-1 リング載荷試験装置



写真-1 リング載荷試験状況

同図から、側方部継手の許容負曲げモーメントが作用した荷重段階でも、内空変位量は7~9mm程度に留まっており、リングの曲げ剛性有効率で表現すれば $\eta=0.8$ 程度に相当する。また、シールド機テール内でのセグメント組立状態を想定した試験では、鉛直および水平方向の内空変位量がともに3.2mmとトンネル外径の1/1500程度であり、セグメント組立施工などに支障のない軽微な変位量に留まる結果を得た。

図-3には、継手目開き量と負曲げ状態となる側方部継手（図示のNo. 3, 7）に作用する曲げモーメントとの相関をリング方向に導入した軸力をパラメータとして示す。同図から、側方部継手の許容負曲げモーメントが作用した荷重段階では、いずれの軸力段階でも、継手の目開き量は0.2mm以下と微小であり、その他の正曲げ状態となる継手の目開き量がほとんど0である結果からも、リングに組立てたハニカムセグメントの継手の剛性は実用上十分であると考えられる。また、シールド機テール内でのセグメント組立状態を想定した試験でも、側方部継手での断面力がセグメント自重に相当する荷重段階では、継手の目開き量は0.1mm以下と微小な値に留まった。

(2) 斜辺近傍セグメント本体の応力～歪み計測

斜辺近傍の応力特性を検証するため、コンクリート応力度 σ_c や鉄筋応力度 σ_s の応力～歪み計測結果から斜辺近傍のRC本体各部の曲げモーメントを算定した。この斜辺近傍の曲げモーメントの算定値は事前に行った3次元シェルFEM解析値やリングを剛性一様とした理論計算値とよく近似した。

また、試験時には、継手の許容曲げモーメントを大幅に越えた荷重段階でも、局所的なクラックの発生は一切なかった。これは、覆工内面に継手金物やボルトボックスなどの断面欠損をなくしたことが有効に寄与していると考えられる。

5. あとがき

今回のリング載荷試験の結果、ハニカムセグメントはリング全体としての十分な剛性を保有しており、長期荷重や施工時の一時荷重に対しても十分な安定性を備えた実用的なセグメントであることが確認された。今後も、ハニカムセグメントの実工場の適用に向け、さらに研究を続けたいと考える。

最後に、この開発にあたっては、東京都立大学 山本稔 名誉教授から種々の有益なご助言を頂いており、ここに深甚なる謝意を表します。

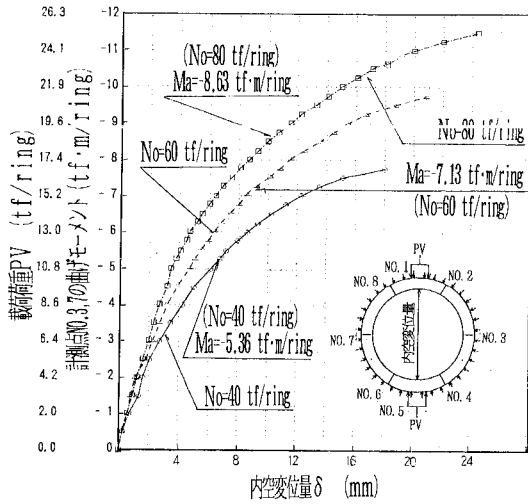


図-2 内空鉛直変位～曲げモーメント相関

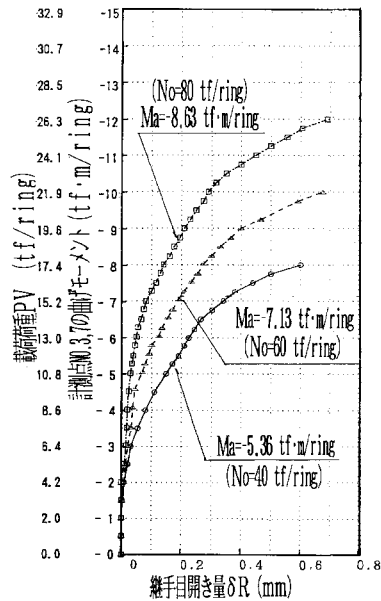


図-3 継手目開き～曲げモーメント相関