

小口径ハニカムセグメントの開発（２）－継手曲げ試験－

奥村組 正会員○福居 雅也* 正会員 荒川 賢治* 正会員 柳原 純夫**
石川島建材工業 正会員 橋口 彰夫***

1. まえがき

仕上内径 3000mm 以下のシールドトンネルでは、“鋼製セグメント＋二次覆工コンクリート”でトンネル構築が行われているのが通常である。これは、シールドトンネルでは鋼製セグメントがRCセグメントに比べ廉価であること、小口径トンネル内でのセグメント搬送や組立時の施工性が良好でセグメントの割れ欠けの懸念がないことなどのためである。

一方、小口径トンネルにより大幅なトンネル施工費の低減を図るためには、トンネル径の縮小が可能な二次覆工省略が有効である。二次覆工省略を行う場合、鋼製セグメントを用いたのでは防錆上の課題があり、防錆上の懸念のないRCセグメントの適用が期待され、その際には覆工内面に継手用のボルトボックス等がなく平滑であることが望ましい。

これらを背景に、内面が平滑で二次覆工省略に適したRCセグメントとしてすでに開発し、実用化された『ハニカムセグメント』を基本に、トンネル軸方向に挿入するだけで組立が可能な新しいピン式継手¹⁾を用いた『二次覆工省略型の小口径ハニカムセグメント』の開発を行った。このセグメントは仕上内径 3000mm 以下（適用最小内径 2000mm）を対象としている。本報では、開発の過程で実施した継手曲げ試験の結果について報告する。



写真-1 試験装置全景および試験状況

2. 試験概要

(1) 試験目的

試験では、変形特性の把握、継手部の目開き量や回転ばね定数の把握および継手の破壊荷重や破壊形態の把握を目的とした。

(2) 試験方法

試験は軸力（リングあたり 50kN、100kN および 135kN）を導入した継手曲げ試験および軸力を解除した破壊曲げ試験を実施した。また、供試体は平板形状で 2リング幅分とし、桁厚は 150mm とした

（写真-1）。

荷重導入は図-1 に示すようにトンネル軸方向の変位を拘束した状態で、所定の軸力を導入した後、ローディングビームを介し 2点荷重により曲げモーメントを導入した。計測項目は表-1 に示すとおりである。

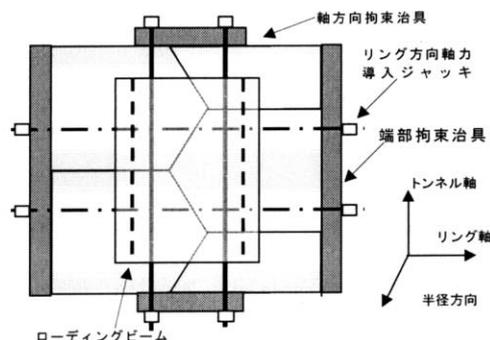


図-1 継手曲げ試験装置概念図

表-1 計測項目一覧

計測項目	使用計器	計測点数
継手目開き	クリップ型変位計	リング方向 3x2=6点
変位	高感度変位計 CDPタイプ	内空鉛直変位 1点
	ストローク 50~100mm	支承鉛直変位 4点 計 5点
コンクリート歪み	歪みゲージ PL-60	リング方向 5点 斜辺面桁高方向 2点 計 7点
プレート歪み	歪みゲージ KGF-1	9点

二次覆工省略 セグメント 継ぎ手曲げ試験 小口径

* 奥村組 技術本部 技術開発部 〒108-8381 東京都港区芝5-6-1 TEL. 03-5427-8473 FAX. 03-5427-8104

** 奥村組 本社 土木部 〒545-8555 大阪府阿倍野区松崎町2-2-2 TEL. 06-6621-1101 FAX. 06-6623-7699

*** 石川島建材工業 事業本部 土木設計部 〒100-0006 東京都千代田区有楽町1-12-1 TEL. 03-5221-7238 FAX. 03-5221-7298

3. 試験結果

(1) 変形特性

図-2に曲げモーメントと本体中央部の変位量の相関を示す。同図には各軸力レベルの許容曲げモーメントおよび剛性一様と仮定した場合の計算上の変位量をあわせて示している。図-2から、許容曲げモーメント付近を変曲点としてバイリニア的な挙動を示すこと、および許容曲げモーメントレベルでの変位量は各軸力とも4mm以下であり、曲げ剛性有効率（剛性一様と仮定した場合の計算変位量/測定変位量）は各軸力とも約0.7程度である結果が得られた。

(2) 継手部の目開き量および回転ばね定数

図-3に曲げモーメントと継手目開き量の相関を示す。同図から、許容曲げモーメント作用時の継手の目開き量は各軸力とも0.2mm以下と微小であり、その際の継手の回転ばね定数は軸力100kN、135kNで21,000～22,000kN・m/rad/ringであった。

(3) 継手の破壊荷重および破壊形態

継手の破壊時の曲げモーメントは許容曲げモーメント ($Ma=9.8$ kN・m/ring) の3.12倍であり、シールド工事中用標準セグメント (桁厚150mmの鋼鉄継手方式のRCセグメント) も継手破壊曲げモーメント21～27 kN・m/ringと比べても同程度の強度を有していること、また、写真-2に示すように破壊形態は本体コンクリートのプレート定着部の引張、せん断破壊が複合した状態であることがわかった。

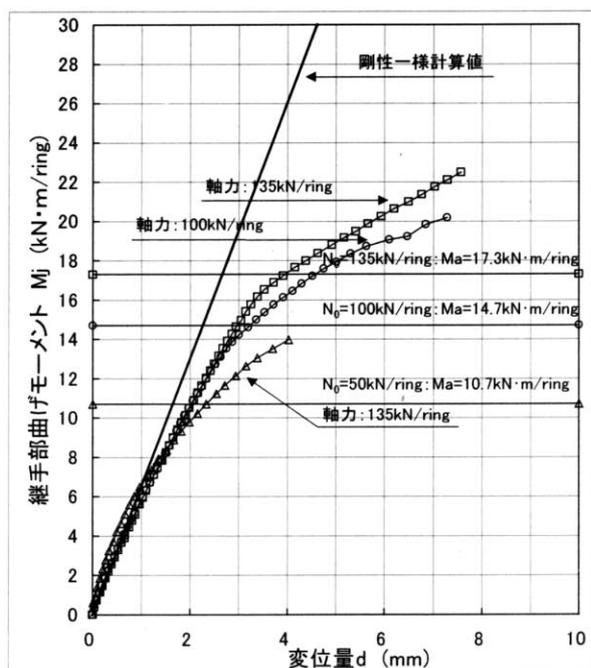


図-2 曲げモーメント-本体中央部変位量の相関

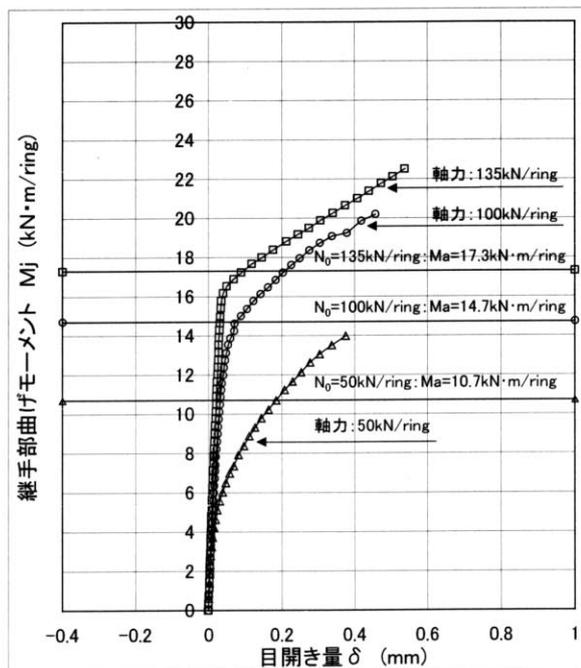


図-3 曲げモーメント-継手目開き量の相関

4. まとめ

今回実施した継手曲げ試験から、小口径ハニカムセグメントに用いたピン式継手は、従来の矩形RCセグメント（鋼鉄継手）と同程度の継手強度があり、継手の許容曲げモーメントが作用した際の継手目開き量は軽微である結果を得た。

今後、狭隘な小口径トンネルでのRCセグメントの搬入や組立てを円滑に行うことが可能なシールド機械設備の検討に努めたい。

【参考文献】

- 1) 白石浩司他：内水圧支持型ハニカムセグメント継手曲げ試験，土木学会第53回年次学術講演会講演要旨集III-B308, 309, 1998, 10

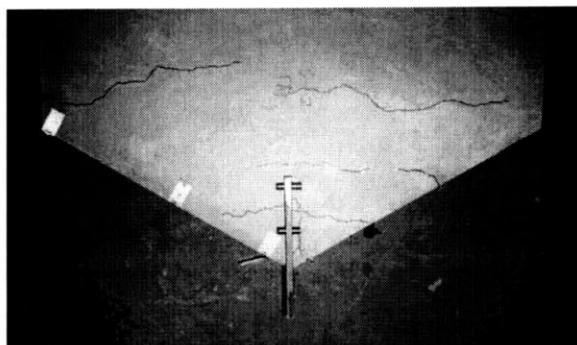


写真-2 継手部の破壊状況