

III-B 128

凸形セグメント実物大載荷試験（その2） —— リング載荷試験 ——

西松建設 正会員 三戸憲二 東京都立大学 正会員 今田 徹
東京都立大学 正会員 山崎良一 西松建設 正会員 山崎 宏

1. はじめに

継手曲げ試験から、凸形セグメント継手は千鳥組みされた従来型セグメントと同等の最終耐力を有し、従来型セグメントに比べてボルトの数および仕様を低減できることがわかったが、継手面に作用する軸力が小さいために、実応力レベルに比べてせん断パネの効果が過小評価となっている傾向がうかがえた。そこで、実応力レベルでの凸形セグメントリングの挙動を確認するために、地下鉄単線断面を対象とした実物大セグメントリング載荷試験を行った。本報では、凸形セグメントリングの強度特性、変形性能、モーメント分担率について報告する。

2. 試験概要

凸形セグメント、および比較対象としている従来型セグメントの仕様は、実物大載荷試験（その1）に準じた。リング載荷試験の概要図と試験状況を、図-1および写真-1に示す。試験は単独リングを対象とし、リング外周に配置したアンボンドPC鋼線で軸力を導入した後、鉛直～水平荷重載荷用PC鋼棒で曲げモーメントを導入した。なお、トンネル軸方向の拘束力を表現する目的でセグメント継手部には拘束治具を設置し、なじみをとるために0.4tfで締結した。

3. 結果および考察

比較対象にしている従来型千鳥組リングの計算値は、はりばねモデルの計算値を用いている。

(1) 変形性能およびボルトの曲げモーメント分担率

代表値として曲げモーメントが顕著に作用する軸力45tf、 $P_v:P_H=1:0$ における鉛直方向の荷重と内空変位の関係を図-2に示す。これより、設計荷重レベルにおける凸形セグメントリングは、従来型に比べボルトの仕様を下げていても関わらず、単独リングでも従来型千鳥組リングのはりばねモデル計算値よりも大きなリング剛性を有していることがわかる。図-3に、負曲げ位置でのボルトひずみの実験値と従来型継手（継手間隔Lの効果を見視したとき）の計算値との比較を示す。今回のリング載荷試験では、スプリングラインに継手を配置したため負曲げで目開きしやすい状況となっているが、ボルトのひずみは設計荷重まではほとんど変化しておらず、設計荷重を超えて25tf付近からわずかに増加傾向が現れている。しかし、従来型継手の計算値のような顕著なひずみの増加は見られ

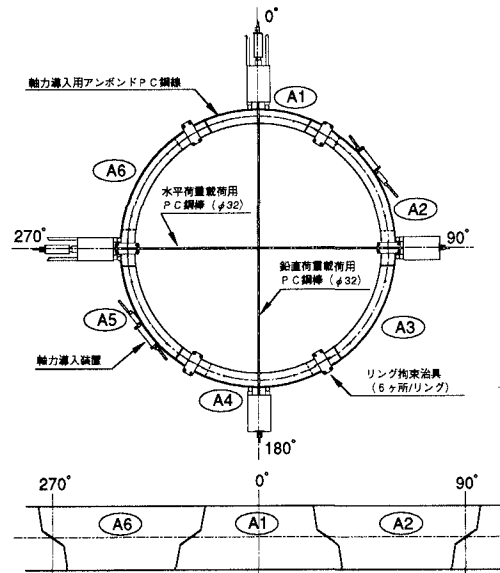


図-1 リング載荷試験概要図

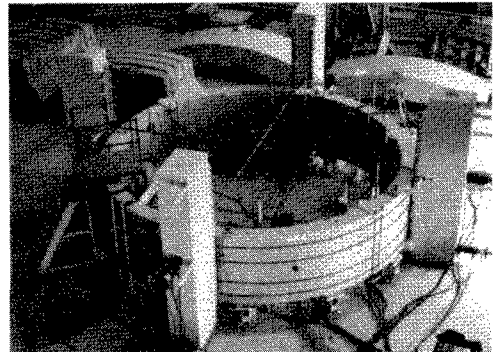


写真-1 リング載荷試験状況

表－2 リング載荷試験結果

		$\theta = 0^\circ$ 正曲げ（本体）		$\theta = 90^\circ$ 負曲げ（継手）	
		計算値	実測値	計算値	実測値
曲げモーメント (tfm/1.2m)	許容値	13.4	—	-10.1	—
	破壊時	24.5	25.5	-20.9	-14.2
安全率		1.83	1.90	2.06	1.41

注）負曲げ位置の破壊時モーメントおよび安全率は、実験終了時の値を示す。

ず、凸形セグメントの特徴である、せん断力による曲げモーメントの伝達が有効に働いていることがわかる。また、設計荷重レベルでの継手部の見かけの回転バネ定数は正曲げで20,000tfm/rad、負曲げで5,000tfm/radと継手曲げ試験に比べ大きな値が得られた。この値から理論式を基にボルトの分担率を算出したところ、正曲げ負曲げ共、0.03程度とボルトの負担が極めて小さいことから、凸形セグメントのボルト省略の可能性が示された。

(2) 強度特性

最終耐力を整理した結果を表－2に示す。最終的には設計通り、正曲げ本体部の背面側鉄筋が降伏して試験を終了したが、この時の安全率が、従来型千鳥組リングを対象とした安全率の計算値を上回った（ $1.90 > 1.83$ ）。また、負曲げ位置の継手についても同様に、試験終了時のボルトの応力度から従来型千鳥組リングを対象とした安全率の計算値2.06を大きく上回った（ $1.41 \times \sigma_{by} / \sigma_b = 1.41 \times 9000 / 4000 = 3.15$ ）。

(3) 曲げモーメントの分布

鉄筋のひずみ計測値を基に、本体部の曲げモーメントの分布を算出した結果を図－4に示す。凸形セグメントの実験値が剛性一様リングと同等の分布を示していることから、凸形セグメントを剛性一様リングとして設計することに問題はないと考えられる。

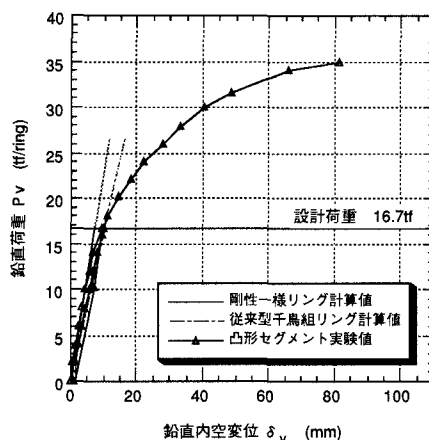
4. おわりに

凸形セグメントは、単独リングでも千鳥組従来型セグメントリングと同等のリング剛性、リング耐力を有し、しかもボルトの曲げモーメント分担率が極めて小さいことが確認された。今後は、実応力レベルでの継手の正曲げ耐力の確認を含めた実験を重ね、凸形セグメント継手の伝達機構を明確にしていく予定である。

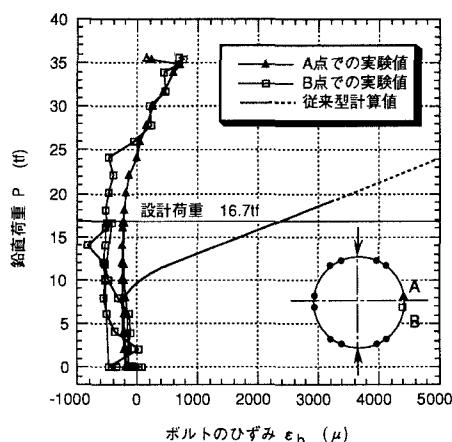
最後に、リング載荷試験にあたってご協力いただいた、ジoster（株）加瀬明氏、藤野豊氏、岩田和実氏に感謝の意を表します。

【参考文献】

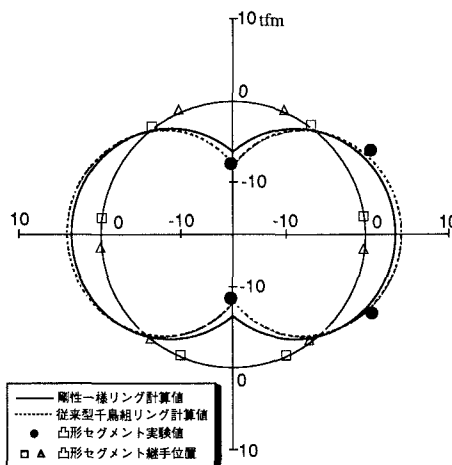
1) 今田徹、他：凸形セグメントの開発、土木学会第50回年次講演会概要集Ⅲ pp.1206～1207



図－2 荷重～鉛直内空変位
(N=45tf, Pv: Ph=1:0)



図－3 荷重～ボルトのひずみ（負曲げ）



図－4 曲げモーメントの分布比較図
(N=45tf, Pv: Ph=1:0)