

扁平型断面シールド工法の開発 (その6：扁平型セグメントのヒンジ継手の軸力導入曲げ実験)

(株)奥村組 ○正会員 木下茂樹 正会員 奥野三郎 正会員 浅野 剛 フェロー会員 荒川賢治
石川島建材工業(株) 正会員 橋口彰夫

1. はじめに

扁平型断面シールド工法で用いる扁平型セグメントでは、上半部の負曲げ低減を目的として曲率の異なる凹凸曲面を突き合わせた構造のヒンジ継手を脚部に使用するが、この継手ではセグメント間の接触面積が小さくなることから接触点近傍に発生する応力レベルが高くなる。本文はこのような状況をふまえ、ヒンジ継手の耐力照査および回転変形性能の評価を目的として実施した実大での軸力導入曲げ実験結果について報告する。

2. 扁平型セグメント

扁平型セグメントおよびヒンジ継手の形状を図-1に示す¹⁾。凸部外側の曲率半径 $R1$ を凹部内側の曲率半径 $R2$ よりも小さくしており、曲げが作用したときに凸部が凹部表面を転がるような挙動をすることで継手部の回転ばね定数が低減される。また、接触幅が小さく接触部に発生する応力が大きくなるため接触部防護のために支圧板を設置している。

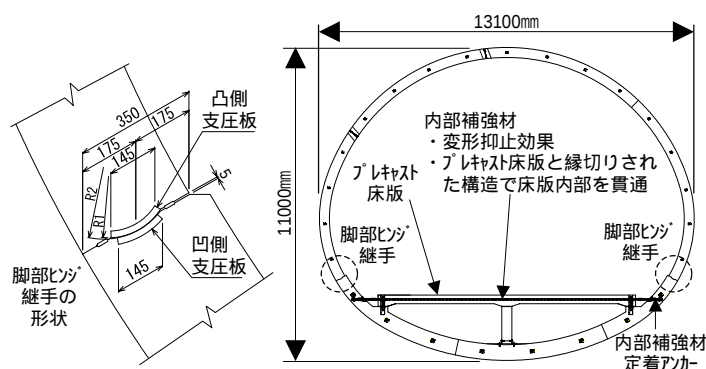


図-1 扁平型セグメントと脚部ヒンジ継手

3. 軸力導入曲げ実験

(1) 実験内容

供試体およびひずみの計測点を図-2に、供試体の諸元、材質を表-1に示す。C1～C12はコンクリート表面、M1, M2はコンクリート内部、S1～S6は支圧板、i1, i2は支圧板定着アンカーのひずみの計測点を表している。実験ケースは支圧板の仕様のみが異なる2ケースとした。載荷手順は以下のとおりである。なお予備解析に基づくヒンジ継手部への作用軸力（幅500mmあたり、以後 N_a ）は1750kNである。

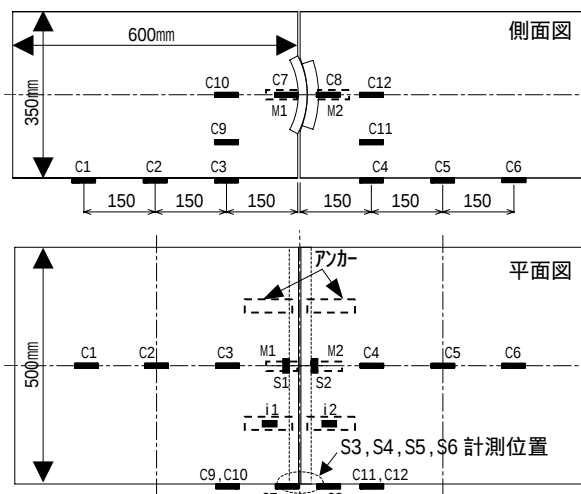
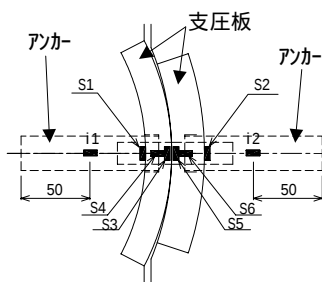


図-2 供試体とひずみ計測点

供試体を軸力導入治具にセット（図-3、写真-1）、PC鋼棒を用いて圧縮軸力導入、軸力増分は200kNピッチとし、軸力が400kN、1000kN、2000kNのときに曲げ載荷を実施、

曲げ載荷実施後の軸力載荷にあたってはサポートジャッキにより逆方向へ載荷することで継手部の回転角を曲げ導入前まで復元、最終軸力は(軸力)/(供試体断面積)により算定される応力がコンクリートの長期許容応力以上となるように設定した（3200kN以上）

(2) 実験結果

軸力の導入にともなう支圧板のひずみの推移を図-4、5に、コンクリートのひずみの推移を図-6に示す（伸

表-1 供試体の諸元と材質

	部位	仕様・材質	許容応力 (N/mm ²)	降伏点または耐力 (N/mm ²)
各ケース共通	本体	H350 × L600 × W500	$\sigma_{ck} = 48\text{N/mm}^2$	26.6
	鉄筋	主鉄筋D16@125, 配力筋D13@75	SD345	200
	定着アンカー	D25, L100 × 2本/支圧板1枚	SD295A	180
CASE1	支圧板(凸)	R1=177.8, t=19.0mm, W=499mm	STKM13A	143
	支圧板(凹)	R2=204.8, t=23.8mm, W=499mm	STPY400	150
CASE2	支圧板(凸)	R1=177.8, t=40.0mm, W=499mm	STKM13A	143
	支圧板(凹)	R2=214.0, t=40.0mm, W=499mm	SS400	160

本体の許容応力は局部載荷を考慮した支圧応力を示す

キーワード 扁平型セグメント, ヒンジ継手, 実大実験

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝5-6-1 (株)奥村組 技術本部 東京土木技術部 TEL 03-5427-8456

び：+）。各図には N_a を破線で、許容応力に対応するひずみを一点鎖線で併記している。

CASE1 では支圧板背面の S1, S2 において大きな引張りひずみが発生しており、支圧板中央部に集中荷重が作用することで曲げ変形が発生している様子がうかがえる。S1 のひずみが S2 よりも大きくなっているが、これは凸側の支圧板の厚さが凹側よりも薄く、支圧板の曲げ剛性が相対的に小さいことに起因するものである。また、アンカーの圧縮ひずみも凸側 (i1) が大きくなっており、 N_a 到達時には支圧板背面のひずみと同様に許容ひずみを超えている。これに対し、支圧板の厚さが凹凸側いずれも 40mm である CASE2 では凸側と凹側の対応する位置のひずみがほぼ同じ値となっている。また、 N_a 載荷時のひずみはいずれの計測点においても許容値以下となっており安定した推移を示している。

支圧板背面のコンクリートについても CASE1 におけるひずみが相対的に大きい。特にコンクリート内部のひずみが顕著であり (M1, M2-CASE1), アンカーの場合と同様に支圧板が薄い凸側のひずみが大きくなっている。CASE2 では凸側と凹側の支圧板の接触地点における集中荷重をコンクリートへ分散する効果が高くなっており、ひずみは CASE1 の 50% 程度に低減されている。 N_a 載荷時点では凸側のひずみ (M1-CASE2) が許容値を 15% 程度超えているが、支圧板の厚さの割り増しにより対処可能なレベルであると考えられる。

図-7 に今回の実験および一般的な金具継手の場合の実験²⁾における導入軸力とセグメント単位幅あたりの回転ばね定数の関係を示す。ヒンジ継手の場合にも軸力の増加とともに回転ばね定数が大きくなるが、その値は通常の継手の場合と比較すると 10% 以下に低減されていることがわかる。また CASE2 の場合の回転ばね定数が CASE1 よりも小さくなっており、支圧板を厚くして剛性を高めることがコンクリートの応力低減に加え、回転ばね定数低減にも効果があるものと考えられる。

4. まとめ

軸力曲げ実験により、提案したヒンジ継手を用いた場合の導入軸力と回転ばね定数の関係を把握することができた。また、支圧板が厚いほど支圧板の接触地点における集中荷重をコンクリートへ分散する効果が高くなり、大きな軸力に対してヒンジ継手の健全性が確保できることが確認できた。

5. おわりに

ヒンジ継手の耐力および回転変形性能を確認することができた。現在、得られた知見に基づき扁平型セグメントの詳細構造の検討を実施中である。

なお、本開発は首都大学東京 都市環境学部 西村和夫教授にご指導を賜った。ここに深く感謝の意を表する。

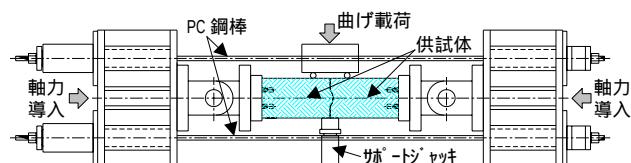


図-3 供試体設置状況



写真-1 供試体設置状況

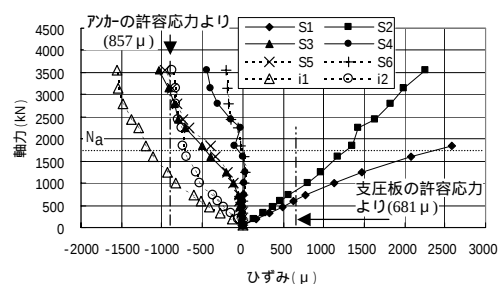


図-4 支圧板ひずみの推移 (CASE1)

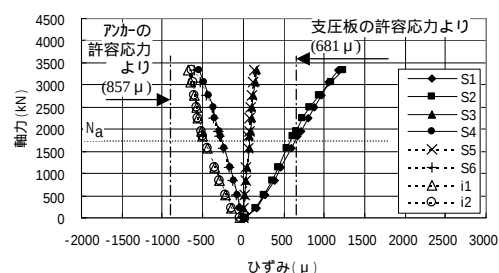


図-5 支圧板ひずみの推移 (CASE2)

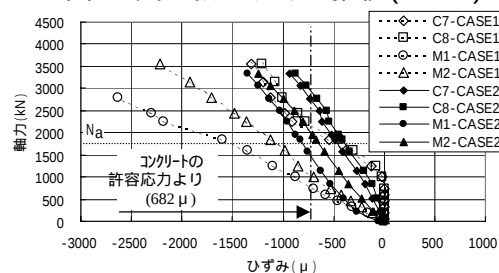


図-6 コンクリートひずみの推移

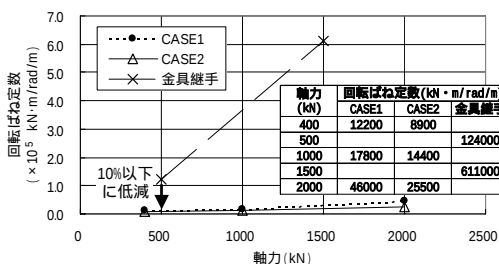


図-7 軸力と回転ばね定数の関係

[参考文献] 1) 橋口他：扁平型断面シールド工法の開発(その2：扁平型セグメントの開発)，第61回土木学会年次学術講演会，6-093，2006.9

2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル，pp.149-152，2002.12