

経済性と高耐久性を追求した新型継手（その4）

東京地下鉄(株) 正会員 入江健二 正会員 橋口弘明
 石川島建材工業(株) 正会員 ○阿部 義 正会員 橋本博英
 メトロ開発(株) 宮山俊彦

1. はじめに

先に、BEST継手（Beam Structure Joint）を用いたセグメント厚さ 320・400mmの継手曲げ試験およびひび割れ防止の確認試験について報告した。本報告では、軸力導入継手曲げ試験および、せん断試験に関して、必要な設計条件を把握することを目的としている。

2. 試験の結果

2. 1 軸力導入継手曲げ試験

①概要

本試験は、セグメントリングに軸力が作用した際の曲げ剛性と耐力および回転ばね定数を把握することを目的とする。試験供試体は、幅 1.6×長さ 2.0×厚さ 0.4m、幅 1.6×長さ 2.0×厚さ 0.32mの平板供試体であり、セグメント厚さ 0.4mの供試体は本継手を 2 段配置で 2 箇所、厚さ 0.32mの供試体は 1 段配置で 2 箇所に配置している（図-1）。試験供試体数は、セグメント厚さと正曲げ・負曲げの組み合わせの 4 体で、それぞれ設計荷重まで载荷し、その後、導入軸力を変化させた（表-1）。試験方法は、図-2 に示すように、両端可動支持 2 点载荷で鉛直方向に载荷を行った。

②回転ばね定数の理論値

セグメント間継手の回転ばね定数 k_θ は継手の引張ばね定数 k を用いて求める。軸力が作用する場合の回転ばね定数は「鉄道構造物等設計標準・同解説（シールドトンネル）」^{*1} に準拠して求めることとし、今回の試験における回転ばね定数の解析値は、簡易化のため、「第Ⅲ領域：中立軸がボルト位置より圧縮縁側にある場合において、コンクリートの圧縮応力度が許容に達するとき」のみで表した。なお、セグメント間継手が 2 段配置の場合は、継手を内面側・外面側に分割して考え、引張側（正曲げ：内面側、負曲げ：外面側）のみを評価する。

③試験結果

本試験で得られた各ケースの回転ばね定数を表-1 に示している。また、図-3 にセグメント厚さ 320mm における正曲げ試験の $M-\theta$ 関係を示す。これらより、側面における割線勾配は、いずれのケースにおいても解析で求めた回転ばね定数とほぼ等しい値を示しており、回転ばね定数は解析的に求められることが認められた。また、いずれの試験ケースにおいても、設計荷重まで载荷した際に、ひび割れの発生は認められず、さらに、先に報告した継手曲げ試験の破壊荷重が理論上の破壊荷重を大きく上回っていることから、本継手を用いたセグメントは十分な耐力を有していることが確認された。

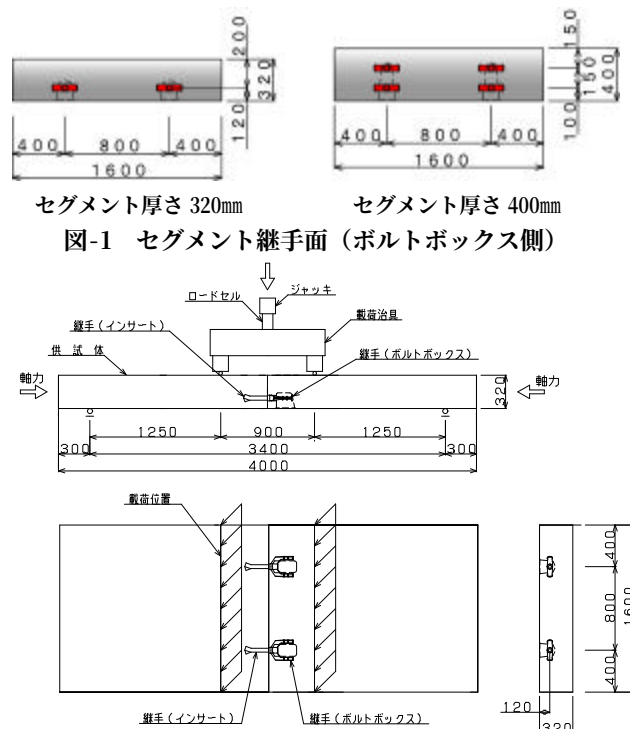


図-2 軸力導入継手曲げ試験概要図（厚さ 320mm、正曲げ）

表-1 軸力導入継手曲げ試験 試験ケースと結果

試験ケース	導入軸力 (kN)	設計荷重 (kN)	最終計測荷重 (kN)	回転ばね定数(kN・m/rad)	
				割線（側面）	解析値
400mm厚 正曲げ	2,000	552	551	196,284	217,000
	1,200	388	387	152,606	130,000
400mm厚 負曲げ	2,400	573	572	190,640	217,000
	1,500	453	455	163,127	135,000
320mm厚 正曲げ	1,700	349	350	127,396	122,800
	800	245	245	65,860	57,800
320mm厚 負曲げ	1,500	303	303	55,566	65,000
	700	185	185	29,919	30,300

キーワード：セグメント、セグメント継手、経済性、耐久性、ダクティル

連絡 先：〒100-0006 東京都千代田区有楽町 1-12-1 石川島建材工業(株) セグメント事業本部 TEL03-5221-7240

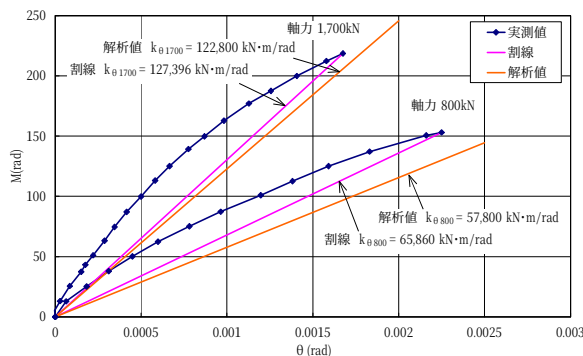


図-3 軸力導入継手曲げ試験
M-θ関係(厚さ320mm, 正曲げ)

2. 2 セン断試験

①概要

本試験は、設計に用いられるせん断ばね定数を把握することを目的としている。また、地下鉄13号線を想定したセグメント幅(1.6m)と1.5m幅との比較を行う。試験は、図-4に示すように、平板供試体(主セグメント1ピース、添接セグメント2ピース)を本継手で連結し、主セグメントを押し抜く方法で载荷した。

②試験結果

本試験結果のまとめを表-2に、荷重-変位関係図を図-5に示す。各試験において、最終計測荷重は理論上の破壊荷重を大きく上回り、十分な耐力を有することが確認された。図-5より、荷重-変位関係は、(1)ボルトの初期導入軸力によりリング間面に摩擦が効いている領域、(2)摩擦が切れ、ボルトクリアランス分動している領域、(3)クリアランスがなくなり、直接継手にせん断力が作用している領域、の3領域に分けてモデル化できる。厚さ0.4mと0.32mで摩擦が切れる荷重が異なるが、これはリング継ボルトの初期導入軸力(0.4m厚:M24(6.8), 0.32m厚:M24(10.9))の違いにより説明できる。厚さ0.4mの1.5m幅・1.6m幅は、同様の挙動を示した。厚さ0.32mでは、せん断ばね定数はほぼ等しい値となったが、第2領域に差が生じた。これは設計上のボルトクリアランスが±3mmであることから、許容内であることがいえる。これらより、1.5m幅と1.6m幅のセグメントは同様のせん断性能を有することを確認した。

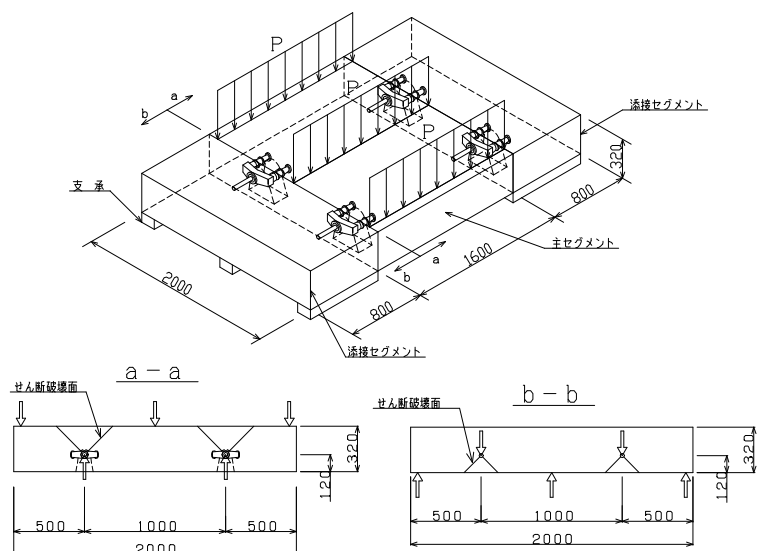


図-4 セン断試験概要図(幅1.6m, 厚さ0.32m)

表-2 セン断試験 試験ケースと結果

厚さ(mm)	400		320	
幅(mm)	1500	1600	1500	1600
設計荷重(kN)	212(ボルト許容応力到達)	149(コンクリートの長期許容応力)	149(コンクリートの長期許容応力)	373(コンクリートのコン破壊)
理論上破壊荷重(kN)	391(ボルト降伏応力到達)	373(コンクリートのコン破壊)	373(コンクリートのコン破壊)	373(コンクリートのコン破壊)
最終計測荷重(kN)	654	644	689	650
せん断ばね定数ks1(kN/m)	62,000	64,000	167,000	132,000
せん断ばね定数ks2(kN/m)	13,000	13,000	18,000	13,000
最終目違い量(mm)	15	14	12	14

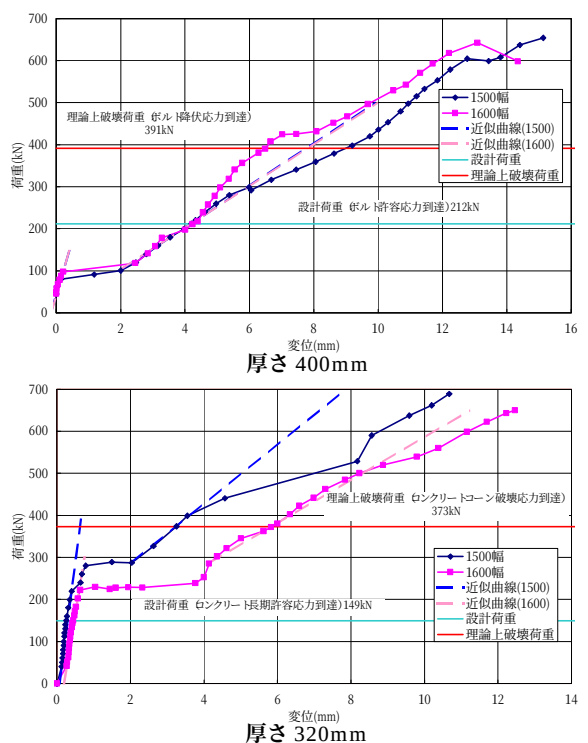


図-5 セン断試験 変位-荷重関係図

3. まとめ

本継手を用いたセグメントの回転ばね定数・せん断ばね定数を表すことができ、先の報告を含めて、本継手の基本性能及び設計諸量に関して示すことができた。今後は、計測用セグメントを計画しており、これまでの報告で示した結果と実施工における結果との比較、組立作業性の検証等が課題として挙げられる。

参考文献：鉄道総合技術研究所 編 鉄道構造物等設計標準・同解説 シールドトンネル, 1997.8 ^{*1}

入江・高野・今井・村松・橋本・國藤 経済性と高耐久性を追求した新型継手の開発(その2)

土木学会第58回年次学術講演会概要集, 2003.9