

シールド工用標準鋼製セグメント-二次覆工を施した鋼製セグメントの添接曲げ挙動に関する研究

住友金属工業(株) 鉄構技術部 正会員 前島 稔
 新日本製鐵(株) 建材開発技術部 正会員 鱒田 実
 石川島建材工業(株) 事業本部第一土木技術部 正会員 染谷洋樹
 川商ジェコス(株) 技術部 清水比呂志

1. はじめに

本研究の目的は、二次覆工を施した鋼製セグメントの添接曲げ実験を行うことにより、これまで明確にされていない終局域までの添接曲げ性能を実験的に確認することである。昨年度実施した単体曲げ試験¹⁾の結果、二次覆工コンクリートの拘束効果により主桁は局部座屈を生じることなく全塑性モーメント以上の耐力を有することを確認した。このため本年度は継手部に着目し、鋼製セグメントの耐震設計²⁾をより合理的に行うことを考え、継手部の挙動を実験により確認した。

2. 試験概要

試験体寸法を表-1に、試験概要ならびに試験体を図-1に示す。試験体はシールド工用標準鋼製セグメント³⁾のうちタイプS58を模した試験体である。S58は標準セグメントの中ではトンネル外径について中間的な寸法を有し、昨年度実施した単体曲げ試験にて対象としたタイプである。試験体は曲率を有しない平板型試験体とし、コンクリートのかぶり厚は47mm、全桁高が200mmとなるように製作した。またリング継手のボルトには、許容応力度の80%の初期軸力(92kN程)を導入した。本試験体の中央ピースに、4点正曲げを荷した。

表-1 試験体寸法

セグメント タイプ	外径	スキンプレートの厚さ	セグメント幅	主桁		縦リブ				
	D_0 (mm)	t (mm)	b (mm)	高さ h (mm)	厚さ t_r (mm)	高さ h_s (mm)	厚さ t_s (mm)	中心線長さ u_s (mm)	幅 b_s (mm)	中心角 θ_s (°)
S58	4050	3	1000	150	12	143	8	210	82	11.25
試験体	試験体幅 (mm)	試験体長 (mm)	せん断スパン (mm)	ボルト	コンクリート	鋼材				
	1000	2500	800	M22(10.9)	$\sigma_{ck}=21$ (N/mm ²)	SM490A				

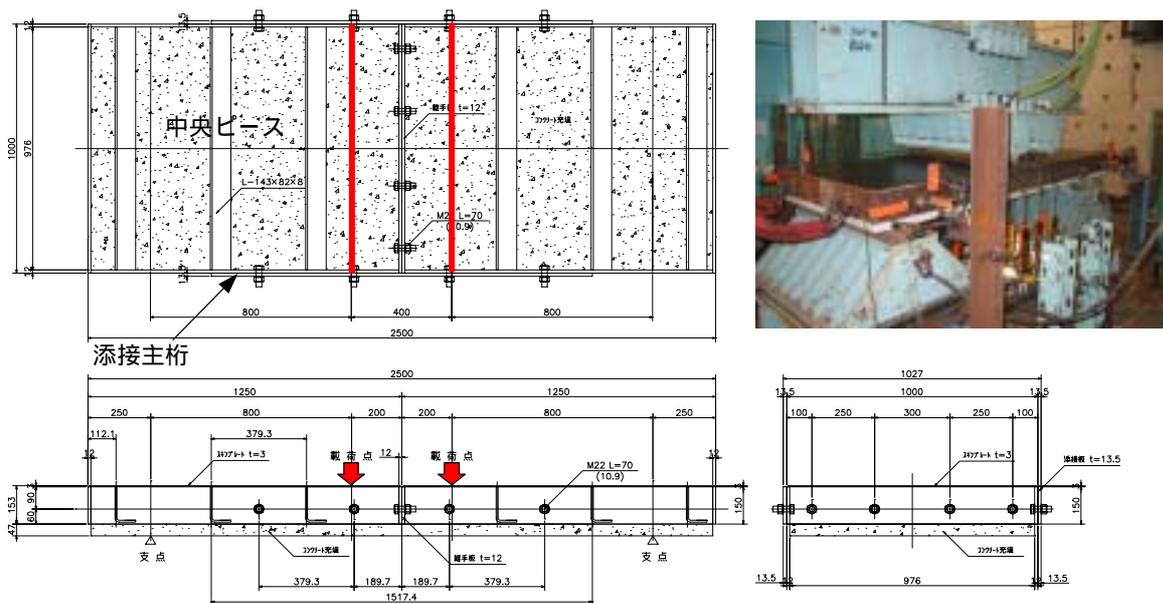


図-1 試験概要ならびに試験体

3. 実験結果および考察

3.1 試験概況ならびに荷重と変位との関係

荷重と中央ピース・添接主桁の中央変位との関係を図-2に示す。荷重120kN時、中央ピースと添接主桁との目違いが急増(2つの曲線が離間)した。これは、はじめ中央ピースと添接主桁が一体となって挙動していたのに対し、中央ピースの変形に伴い、主桁間の摩擦抵抗が減少したことに起因すると考える。その後、最大荷重267.3kNを確認した後、最終荷重258.7kN、中央変位182.7mmまでの挙動を確認した。

モーメントと曲率との関係を図-3に示す。図中の中央ピースのモーメントは載荷荷重より、曲率は鉛直変位量より算定し、添接主桁のモーメントは主桁のひずみと応力の関係より、曲率は主桁引張縁のひずみより算定したものである。50kN・m程度(荷重120kN)までは、中央ピースと添接主桁のモーメントと曲率の関係(曲線)が概ね同じであり、添接主桁が全ピースに生じるモーメントを概ね負担していたと考える。

キーワード：シールドトンネル，鋼製セグメント，二次覆工，耐震設計，添接曲げ実験
 連絡先：〒104-6111 東京都中央区晴海1-8-11 Tel 03-4416-6499

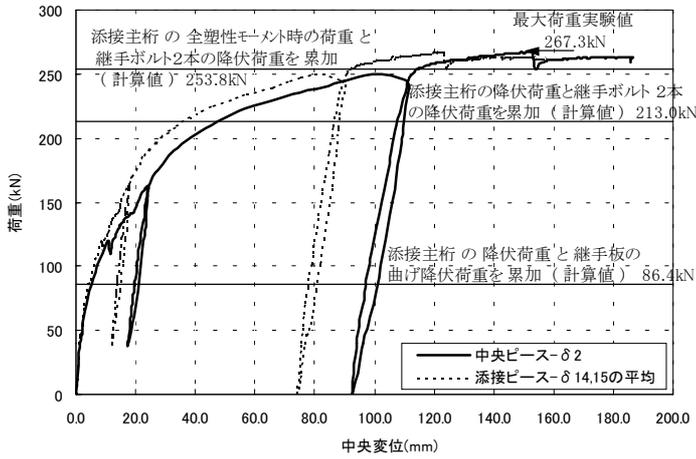


図 - 2 荷重と中央変位との関係

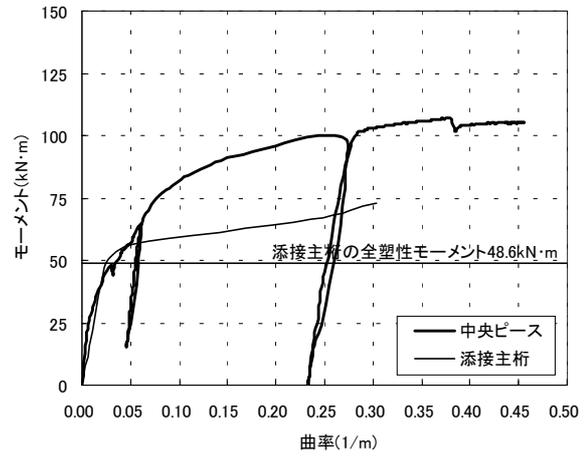


図 - 3 モーメントと曲率との関係



図 - 4 試験終了後の試験体概況



図 - 5 試験終了後の試験体概況 - 内空側

3.2 荷重とひずみとの関係

添接主桁の維ひずみ関係を図 - 6 に示す。添接主桁の断面の塑性化率は93%程度となり、終局荷重時にはほぼ全断面が塑性化していることを確認した。荷重とボルトのひずみとの関係を図 - 7 に示す。4本のボルトのうち主桁に近い2本のボルトのひずみ(B1,2,7,8)は、初期導入ひずみ以上に大きくなるものの、内側の2本のボルトのひずみ(B3,4,5,6)は、てこ反力により初期導入ひずみ以上とはならない。また荷重120kN以降において、中央ピースのセグメント継手部にモーメントが伝達されることにより、主桁に近い外側のボルト2本のひずみが増加している。

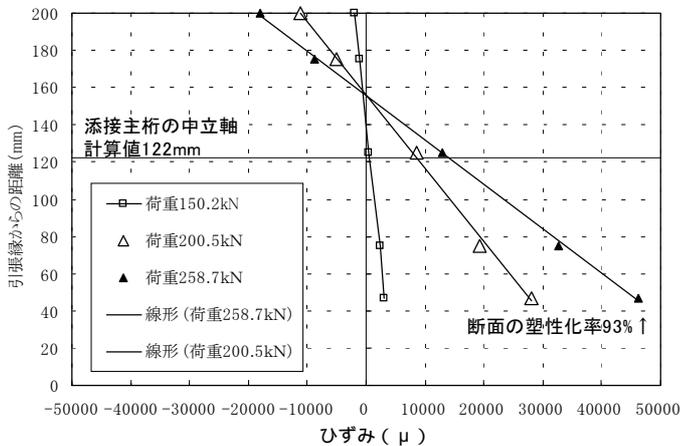


図 - 6 添接主桁の維ひずみ

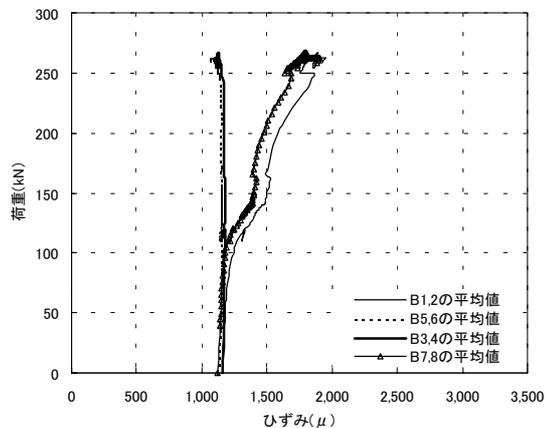


図 - 7 荷重とボルトのひずみとの関係

4. まとめ

- 1) 添接曲げ時の変形性能について、180mm程度の変形性能を確認した。添接部についても大きく損傷することなく高い変形性能を有していることを確認した。但し、継手部におけるコンクリートの拘束効果は、継手板の曲げ変形に伴う主桁の面外方向の曲げ変形を抑制できる点以外はその効果は正曲げの場合は小さい。
- 2) 最大荷重について、添接主桁の全塑性モーメントの荷重と継手ボルト2本の降伏荷重を累加した荷重計算値を上回ることを確認した。このためレベル2地震動に対するセグメントの耐震設計について、本体部は断面の全塑性モーメントにより、継手部はセグメント継手ボルト2本の降伏強度による照査が可能であると考えられる。

なお本研究は、鋼製セグメント工業会より受託して行なったものである。

[参考文献]

- 1) 豊島 径, 三宅正人, 青柳貴志, 品川 弘: シールド工用標準鋼製セグメント-二次覆工を施した鋼製セグメントの曲げ挙動に関する研究, 第59回年次学術講演会講演概要集, 2003.9
- 2) (社)日本下水道協会: 下水道施設耐震計算例 管路施設編 -2001年版-
- 3) (社)日本下水道協会: シールド工用標準セグメント 平成13年7月1日