

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

新日本製鐵(株) 鋼構造研究開発センター 正会員○豊島 径
 新日本製鐵(株) 鋼構造研究開発センター 正会員 三宅正人
 住友金属工業(株) 東京土木製品技術グループ 青柳貴志
 太陽鉄工(株) 第二営業部 品川 弘

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曲げ実験を行うことにより、これまで明確にされていなかった終局域までの曲げ性能を実験的に確認することである。

二次覆工コンクリートを施した鋼製セグメントは、コンクリートの拘束効果により全塑性モーメント相当の耐力を発揮すると考える。そこで本研究では、鋼製セグメントの耐震設計¹⁾をより合理的に行うことを考え、横断方向における全塑性モーメントによる照査法導入に必要なデータを収集すべく、実験的検討を行う。

2. 試験概要

表-1に試験ケースを、表-2に試験体寸法を、表-3に使用材料を、図-1に試験体と試験概要図を示す。試験体はシールド工用標準鋼製セグメントのS58をリング継手（ボルト）で接続し、管軸方向に切り出した鋼製セグメントに、二次覆工コンクリートを想定したコンクリートを打設したモデルである。

本モデルに対し、4点曲げ载荷を実施した。

表-1 試験ケース

試験ケース	
1	正曲げ
2	負曲げ

表-2 試験体寸法

セグメント タイプ	外径	スプレートの 厚さ	セグメント 幅	主桁		縦リブ				
	D_o (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 パツ(mm)	ボルト	コンクリート	鋼材				
	500	2500	800	M22(4.6)	$\sigma_{ck}=21$ (N/mm ²)	SM490A				

表-3 使用材料

鋼材	セグメント本体	溶接構造用圧延鋼材 SM490A
	継手ボルト	六角ボルト (4.6)
コンクリート	f_{ck}	21N/mm ²
	粗骨材最大寸法	20mm

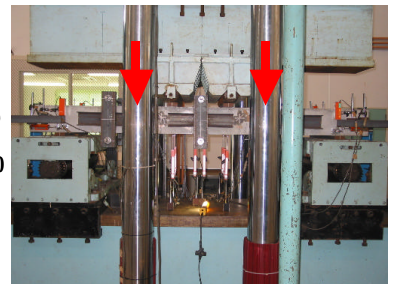
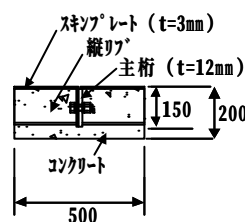
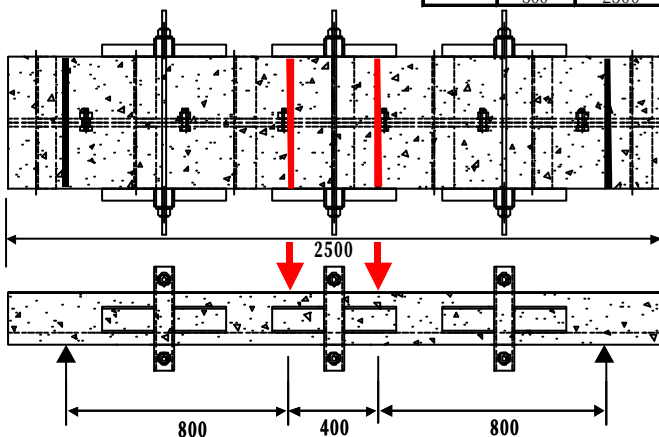


図-1 試験体と試験概要図（ケース1）（単位 mm）

3. 実験結果および考察

3. 1 荷重と変位との関係

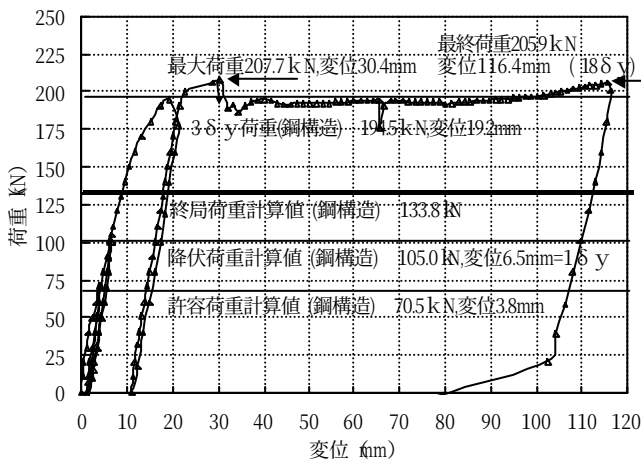


図-2 荷重と変位との関係（ケース1）

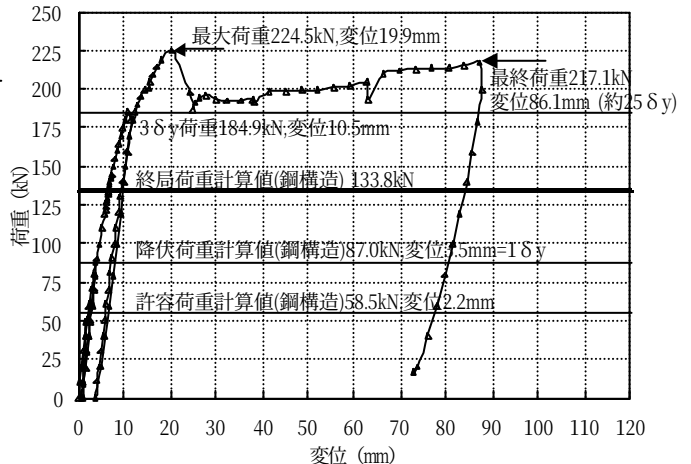


図-3 荷重と変位との関係（ケース2）

キーワード：シールドトンネル，鋼製セグメント，二次覆工，全塑性モーメント，耐震設計，曲げ実験

連絡先：〒293-8511 千葉県富津市新富20-1 Tel 0439-80-2206

図-2, 図-3の荷重と変位との関係より, 両ケースとも終局荷重計算値(全塑性モーメント)を上回る最大荷重を確認した。また変形性能について, 両ケースとも最大荷重以降も耐力が低下することなく, $20\delta_y$ 程度まで変形することを確認した。

3. 2 モーメントと曲率の関係

図-4, 図-5のモーメントと曲率との関係において, 実験値(鋼とコンクリート)は, 荷重と純曲げ区間中央部の変位から求めた曲線, 実験値(鋼)は, 主桁高さ方向のひずみの値から求めた曲線である。

両ケースとも, 鋼構造として計算した全塑性モーメントを上回るモーメントを確認した。また実験値(鋼)は, 最大荷重以降もモーメントが増加することを確認した。このため鋼製セグメントは, 二次覆工コンクリートを施していれば, 鋼製セグメントは塑性変形し, 全塑性曲げモーメント以上の曲げ耐力を確保できる。

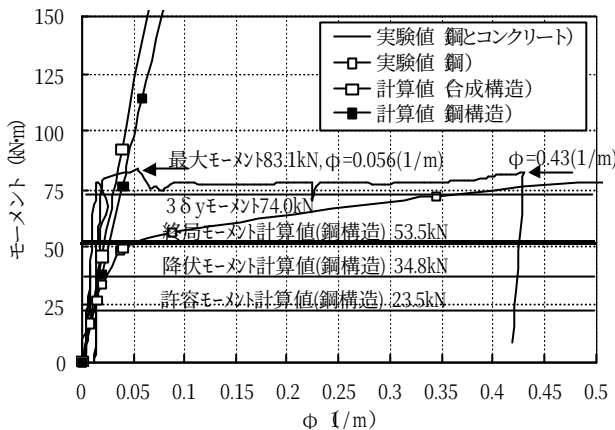


図-4 モーメントと曲率との関係 (ケース1)

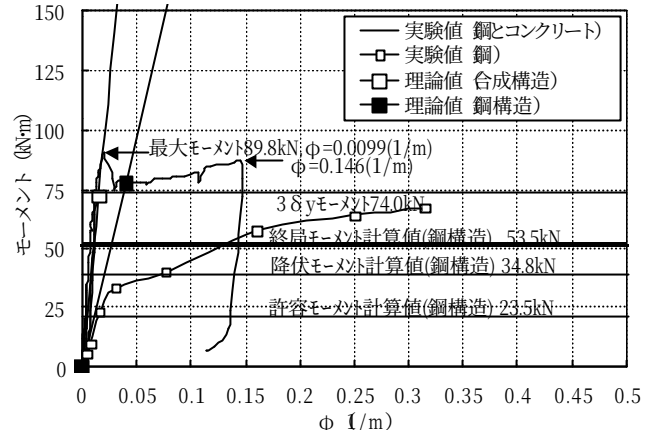


図-5 モーメントと曲率との関係 (ケース2)

3. 3 維ひずみ

図-6, 図-7の維ひずみより, 圧縮, 引張縁のひずみから求めた断面の塑性化率は, 両ケースとも最終荷重時には95%程度塑性化しており, 断面がほぼ全塑性状態に達している。

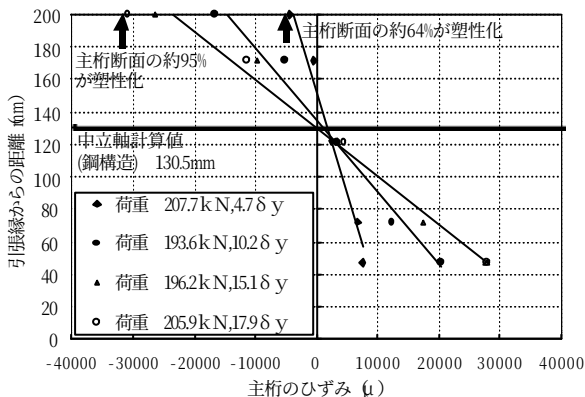


図-6 維ひずみ (ケース1)

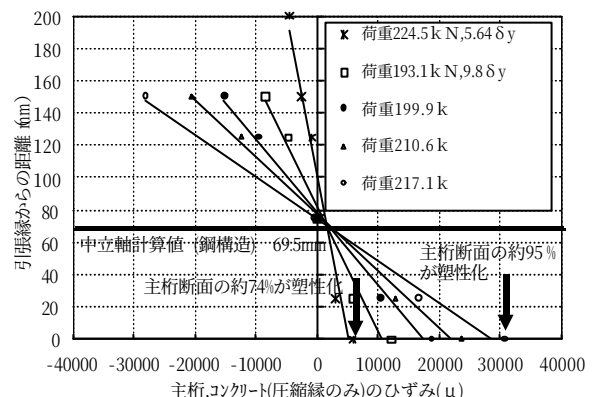


図-7 維ひずみ (ケース2)

3. 4 解体調査結果

図-8の解体結果より, 両ケースとも主桁には, 長手方向に曲げ変形している以外は, 局部座屈等の損傷は確認されなかった。また試験体製作時に付したポンチ孔位置を測定した結果, 引張側端部のポンチ孔で, ケース1で4.7%, ケース2で4.0%のひずみを確認した。

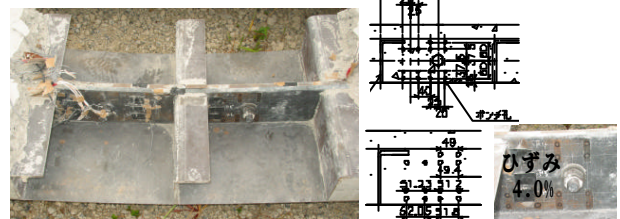


図-8 解体結果 (ケース2)

4. まとめ

- 1) 実験的検討の結果, 両ケースとも, 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。また最大荷重以降も荷重が漸増し, $20\delta_y$ 程度までの変形性能を有することを確認した。
- 2) 二次覆工を施した鋼製セグメントの耐震設計について, 全断面が塑性化した状態を終局状態と定義すること, また剛性低下を考慮することにより, 文献¹⁾に記載される, 初期剛性により発生断面力を算出し, レベル2地震動に対し引張強度により照査する設計法に比べ, より合理的な設計が可能となると考える。

謝辞: 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り, ここに感謝の意を表します。

[参考文献]

- 1) (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-
- 2) (社)日本下水道協会: シールド工事用標準セグメント 平成13年7月1日