

III-43

縦楕円形シールドトンネル適合セグメントについて

東京都下水道局 安齋 史郎 (財)土木研究センター 正員 渡辺 直樹
 新日本製鐵(株) 正員 ○鱒田 実 (株)神戸製鋼所 下村 弥
 日本L&L管(株) 中山 陽太郎

1. はじめに

縦楕円形シールドトンネルにおいて、覆工用セグメントに発生する断面力は、円形に比べて曲げモーメントが卓越することとなる。これに対応するため、覆工用セグメントとしては、本体の抵抗モーメントの大きい合成セグメントとすることに加えて、セグメント継手は剛性が高くかつ継手部の抵抗モーメントが大きい高剛性継手を用いることとした。

セグメントの部分性能確認実験としての実験項目は、表-1に示す通りである。

表-1 実験項目

項目	確認項目	曲げ試験種類	継手構造
単体曲げ試験	本体強度の確認	正曲げ	従来継手
継手曲げ試験	継手強度の評価 継手剛性の評価	正曲げ	高剛性継手
		負曲げ	従来継手 高剛性継手

2. 単体曲げ試験

(1) 試験方法

試験方法は、図-1に示すように平面上で両端可動支持として2点集中荷重で、1トンピッチで、最終状態まで載荷した。

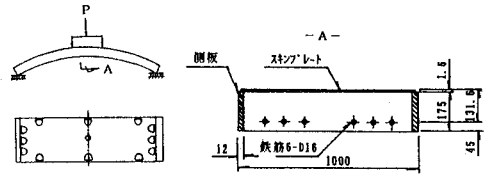


図-1 試験方法および本体構造

(2) 試験結果および考察

単体曲げ試験の解析値、および実験結果を表-2、図-2～図-3に示す。

表-2 単体曲げ試験の解析値および結果

解 析 値	発生	中立軸	X (cm)	6.36
	応力度	コンクリート圧縮応力度	σ_c (kgf/cm ²)	-126
		コアコンクリート応力度	σ_{cc} (kgf/cm ²)	-1938
	(tf·m) M=10	鉄筋応力度	σ_s (kgf/cm ²)	2074
		側板応力度	σ_{ss} (kgf/cm ²)	3446
	抵抗 モーメント	鉄筋より決まる抵抗モーメント	M_{rs} (tf·m)	8.68
		側板より決まる抵抗モーメント	M_{rs} (tf·m)	5.51
	破壊 モーメント	鉄筋より決まる破壊モーメント	M_{us} (tf·m)	14.5
		側板より決まる破壊モーメント	M_{uss} (tf·m)	9.58
	塑性抵抗モーメント			M_p (tf·m)
頂点変位 (mm/10 ⁻³)	初亀裂発生前の剛性	E : 350000 (kg/cm ²) I : 59205 (cm ⁴)	0.144	
		初亀裂発生後の剛性	E : 350000 (kg/cm ²) I : 23086 (cm ⁴)	0.370
実験 結果	初亀裂確認載荷モーメント		M_{c1} (tf·m)	3.03
	最終載荷モーメント		M_{c2} (tf·m)	18.5

表-2中、発生応力度は鉄筋コンクリートとしての応力算定と同一の仮定条件により計算した値である。抵抗モーメントは部材が許容応力度に達する時の、破壊モーメントは部材が降伏応力度に達する時のモーメントの値である。塑性抵抗モーメントは、合成セグメントの本体構造で、側板引張縁および引張鉄筋の降伏に伴い、中立軸距離が減少しながら、圧縮縁での底板、側板およびコンクリートの圧縮縁歪が極限歪に達した時点が終局時であるとして、求めた値である。

単体曲げ試験の最終的な破壊性状は、主鉄筋および側板の引張降伏による曲げ降伏破壊である。計測された変位歪から考察すると次の事がいえる。

① 変位について、初亀裂発生前は全断面有効断面としての剛性、初亀裂発生後はコンクリートの引張部を無視した断面としての剛性による理論勾配に一致している。

② 各部材の発生応力度について、主鉄筋と側板の発生応力度は、概ね理論値に近い。これらのことから、断面を構成する各部材は、一体として挙動しているといえる。

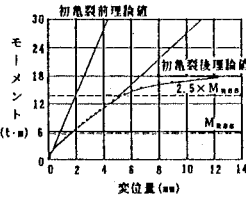


図-2 曲げモーメント
— 頂点鉛直変位量

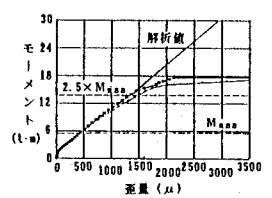


図-3 曲げモーメント
— 頂点側板歪

3. 継手曲げ試験

(1) 試験方法およびセグメント継手構造

試験方法は、表-3に示すように、セグメント2ピースを平面上で両端可動支持として2点集中荷重で、0.5トンプッチで、最終状態まで荷重した。

また、セグメント継手に用いた高剛性継手と従来継手の比較を表-4に示す。

(2) 試験結果および考察

継手曲げ試験の解析値、および実験結果を表-5、図-4に示す。表-5中、解析値で、M1は図-5に示すような断面において、鉄筋コンクリートの応力算定と同一の仮定により応力を算出し、ボルトの応力が許容応力度に達するときのモーメントの値である。図中のXは圧縮縁から中立軸までの距離である。同様にM3は規格降伏応力度に達するときの値である。M4は図-6に示すような断面において、鉄筋コンクリートの応力算定と同一の仮定により応力を算出し、アンカー筋の応力が規格降伏応力度に達するときの値である。

試験の結果、高剛性継手供試体はボルトの降伏点で、従来継手供試体は継手金物の曲げ降伏点で最終荷重が決定された。そのため従来継手は最大載荷モーメントが低い。

また、変形特性において、高剛性継手は従来継手に比べて、継手部の継手目開き、たわみが少なく、継手の回転パネ定数は約2～3倍であり、文字通り“高剛性”であることが明らかとなった。

4. まとめ

単体曲げ試験および継手曲げ試験の結果から、高剛性継手を有する合成セグメントは縦楕円形トンネルに適合することが確認できた。なお、本実験は、「合理的断面シールド工法の開発に関する共同研究」において、東京都下水道局、(財)土木研究センターおよび民間18社での共同研究である。

*大林組、奥村組、鹿島建設、熊谷組、鴻池組、神戸製鋼所、佐藤工業、清水建設、新日本製鐵、大成建設、飛島建設、西松建設、日特建設、日本L-1管、間組、フジタ、前田建設工業、三井建設

表-3 試験方法

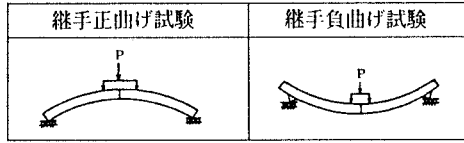


表-4 高剛性継手と従来継手の比較

	高剛性継手	従来継手
斜視図		
構造的特徴	継手金物は底板部、ドーム部が一体となっており、ボルト孔は通し穴となっている。	継手板に補強板が、補強板にアンカー筋が溶接され、継手板にボルト孔があげられている。

表-5 継手曲げ試験の解析値および実験結果

試験の種類	正曲げ試験		負曲げ試験			
	高剛性継手	従来継手	高剛性継手	従来継手		
解析値	継手構造					
	ボルトが許容応力度に達するモーメント M1 (tf·m)		3.07	2.04		
	設計破壊モーメント M2 (tf·m)		7.06	3.53		
	ボルトにより決まる破壊モーメント M3 (tf·m)		9.21	6.13		
7φ-筋により決まる破壊モーメント M4 (tf·m)		8.58	4.83			
実験結果	最大載荷モーメント (tf·m)		9.36	6.65	6.38	5.02
	継手回転パネ定数 (tf·m/RAD.)	M= 0~1.86 (tf·m) K _{θ1}	5458	2550		
		M=1.86~3.13 (tf·m) K _{θ2}	1213	525		
		M=3.13~7.10 (tf·m) K _{θ3}	406			
		M=3.13~6.40 (tf·m) K _{θ4}	149			
	破壊状況	M= 0~0.86 (tf·m) K _{θ1}			2767	1010
		M=0.86~2.04 (tf·m) K _{θ2}			529	277
M=2.04~3.53 (tf·m) K _{θ3}				245	140	
	ボルトの降伏	継手板の曲げ降伏	ボルトの降伏	継手板の曲げ降伏		

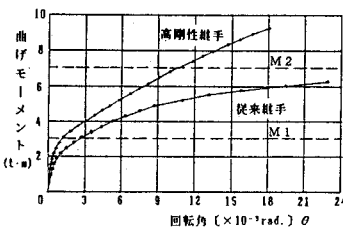


図-4 曲げモーメント-回転角

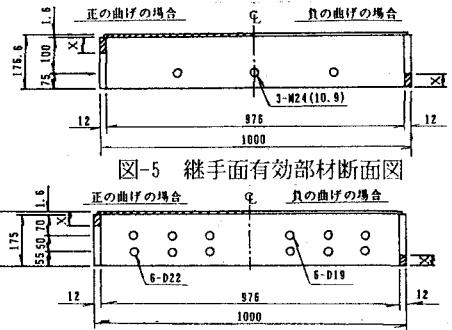


図-5 継手面有効部材断面図

図-6 継手アンカー筋部有効部材断面図