

III-B 115

リングシールド工法の開発（その14）

—— セグメントのはりばねモデル設計法と修正慣用設計法との比較について ——

住友金属工業 正会員 ○岩橋 正佳 早稲田大学 正会員 小泉 淳
東急建設 正会員 高松 伸行 住友建設 正会員 金子 正士

1. はじめに

近年、都市部を中心に地下空間の有効利用に対するニーズが高まっている。リングシールド研究会では、道路・鉄道等を対象とした任意形状の大断面トンネルを効率的かつ安全に構築するリングシールド工法^{1) 2) 3)}を開発中である。本工法は、トンネル外殻部をリング状のシールドマシンで先行掘削して一次覆工を構築し、その後、内部地山を掘削してトンネルを完成させる新しいシールド工法である。本工法の対象が任意形状の大断面トンネルであることから、その覆工部材には大きな断面力の発生が予想される。このため、優れた断面性能を有する合成構造のセグメントの使用が、現在のところ最も有力と考えられる。

本研究は、平成5年度に実施したセグメントの試作試験、組立試験、ならびに、平成6年度に実施したセグメントの基本性能の確認試験に引き続き、セグメントの設計方法を確立するための一環として、「修正慣用設計法」と、基本性能の確認試験から得られた本体および継手の耐荷特性を基にした「はりばねモデル設計法」とを比較検討し、今後の設計において修正慣用設計法を適用する場合の、曲げ剛性の有効率 (η) および曲げモーメントの割増し率 (ζ) を算出した結果について述べたものである。

2. セグメント本体構造の概要

本工法に用いるセグメントは、リング部と作業坑部に分かれている。覆工材には発生断面力ならびに作業坑内での組立作業性から、高強度でかつ軽量なセグメントが望ましい。これらの要求を満たすため、リング部のセグメントはトンネル円周方向に中空部を設けたボックス型の鋼とコンクリートとの合成構造とした。セグメントの概要を、図1に示す。なお、作業坑部のセグメントは発生断面力に応じて合成、RC、鋼製セグメントを選定することになっている。

3. 解析方法

図2に示すとおり、今回検討したトンネルは、縦楕円形状の上下2車線の道路トンネルとした。また、土質条件は、土被り12.0m、地下水位GL-3.0m、土の単位体積重量 1.9 tf/m^3 、地盤反力係数 4.0 kgf/cm^2 、側方土圧係数0.4である。今回検討した解析手順のフローを図3に示す。なお、はりばねモデルによる設計では、セグメントを3リングの千鳥組とした。表1には、セグメントの断面性能および各継手のばね定数を示す。

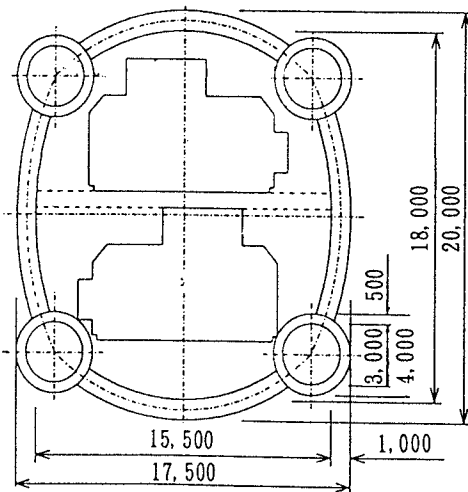


図2 トンネル断面

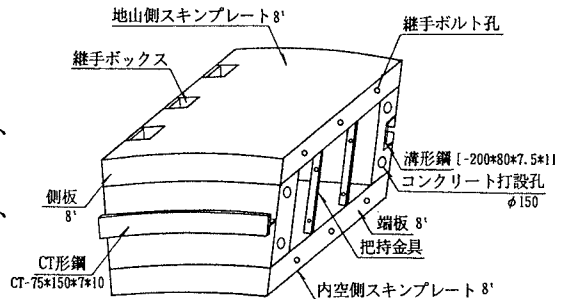


図1 セグメント構造

表1 セグメントの断面性能と継手のばね定数

セグメントの断面性能	リング部	E (kgf/cm ²)	2.85×10 ⁵			
		A (cm ²)	1.1743			
		I (cm ⁴)	0.1562			
	作業坑部	E (kgf/cm ²)	3.30×10 ⁵			
		A (cm ²)	0.750			
		I (cm ⁴)	0.0156			
セグメント継手の回転ばね定数 (tf・m/rad)	リング部	4.92×10 ⁴				
	作業坑部	1.05×10 ⁴				
リング継手のせん断ばね定数 (tf/m)	リング部	法線	96.500	接線	∞	
	作業坑部		∞			

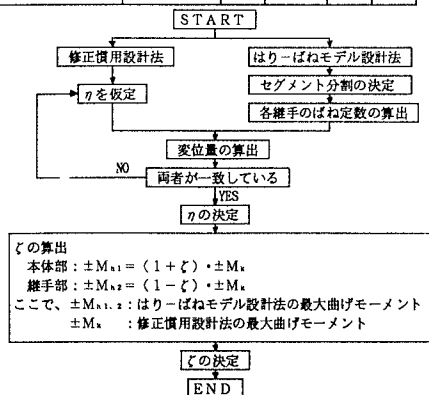


図3 解析手順のフロー

4. 解析結果

図4および図5にそれぞれ、両設計法により算出された断面力図を、また、表2に最大断面力を示す。この結果、修正慣用設計法の曲げ剛性の有効率（ η ）を55%とした場合に、両設計法の変位量がほぼ一致した。また、曲げモーメントの割増し率（ ζ ）は、リング部は0%、作業坑部は65%の場合に、両設計法の結果がほぼ一致した。この η の違いは、作業坑部はリング継手のせん断ばね定数を無限大と仮定したため、添接効果が顕著にあらわれたが、リング部はせん断試験から得られた実際のせん断ばね定数を用いたため、曲げモーメントの添接効果がありなく、いも継手に似た挙動を示していたことが原因と考えられる。

表2 断面力の比較

項目		断面力	修正慣用設計法		はりばね		
			η	ζ	モデル設計法		
リング部 作業坑部	本体	$+M_{max}(tf \cdot m)$	55	0	140	142	
		N (tf)			367	397	
	継手	$+M_{max}(tf \cdot m)$			同上	140	
		N (tf)				404	
	本体	$+M_{max}(tf \cdot m)$		65	349	375	
		N (tf)			61	41	
	継手	$+M_{max}(tf \cdot m)$			74	42	
		N (tf)			61	290	
変位量 (mm)	リング部		21.6	21.8			
	作業坑部		20.8	17.5			

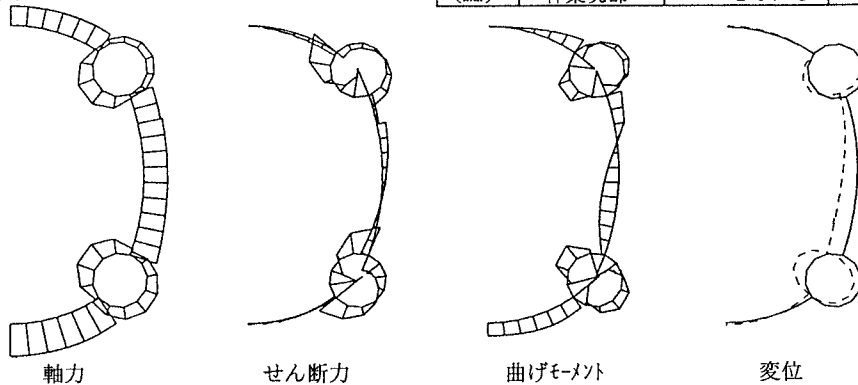
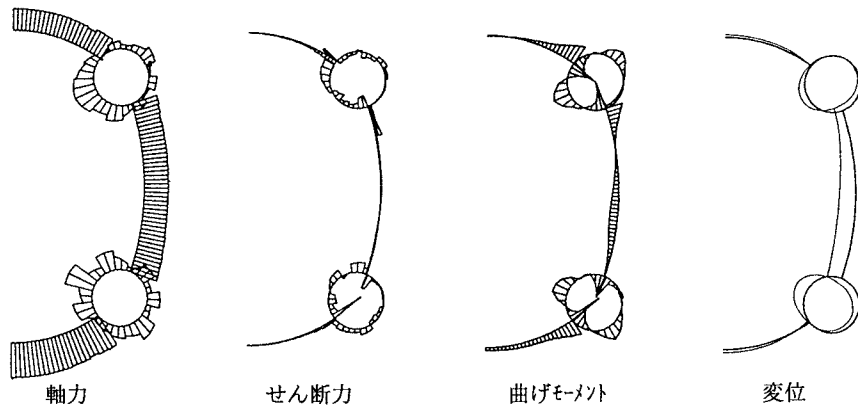
図4 修正慣用設計法による計算結果（ $\eta = 55\%$ ）

図5 はりばねモデル設計法による計算結果（中央リング）

5. まとめ

以上の検討より、リングシールド工法に用いる本合成セグメントに対しても、修正慣用設計法の適用が可能であることが確認できた。今回はトンネルの全体変位量から η を求めたが、今後は、リング部、作業坑部それぞれの η で検討するとともに、横楕円・円形等のトンネル断面についてもケーススタディーを実施する予定である。また、今回の結果からもわかるように、作業坑部はリング部の軸力による影響で、発生する曲げモーメントとせん断力が特に大きくなるため、作業坑の位置をトンネル内側に偏心させ、リング部の軸力をスムーズに伝達できるような断面形状⁴⁾も併せて検討する予定である。なお、本研究は、リングシールド工法研究会（五洋建設(株)、住友建設(株)、(株)錢高組、東急建設(株)、日本国土開発(株)、不動建設(株)、ならびに三菱重工業(株)、住友金属工業(株)）の共同研究の一部として実施したものである。

【参考文献】

- 1) 堀田、篠岡、金子ほか：リングシールド工法の開発（初1～3）土木学会第48回年次学術講演会概要集第6部P. 216～P. 221, 1993
- 2) 堀田、若橋、浅上ほか：リングシールド工法の開発（初4～6）土木学会第49回年次学術講演会概要集第6部P. 418～P. 423, 1994
- 3) 若橋、高松、三宅ほか：リングシールド工法の開発（初7～13）土木学会第50回年次学術講演会概要集第3部P. 1258～P. 1270, 1995
- 4) 高松、金子、杉山ほか：リングシールド工法の開発（初15）土木学会第51回年次学術講演会概要集, 1996（投稿中）