

Ⅲ－B 88 シールド工用セグメントへの限界状態設計法の適用に関する一考察

日本シビックコンサルタント(株) 正会員 斉藤 正幸

早稲田大学 学生員 古屋 秀史

早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

現在、シールド工用セグメントの設計は許容応力度設計法によって行われている。これまでの多くの実績から、セグメントを許容応力度設計法によって設計することに問題はないように思われる。しかし、社会的な趨勢として、各種構造物の設計法が許容応力度設計法から限界状態設計法に移行しつつある。シールド工用セグメントについても例外ではなく、現在、土木学会をはじめとして、いくつかの企業体においても許容応力度設計法から限界状態設計法への移行が検討されている。

本報告はシールド工用セグメントに限界状態設計法を適用するにあたって、その安全性の照査方法と安全係数について検討を加えたものである。

2. 限界状態設計法による設計の手順

シールド工用セグメントの許容応力度設計法と限界状態設計法とによる設計の手順を図-1に比較する。この図から明らかなように、許容応力度設計法では、作用荷重、材料特性、構造計算などの不確定要因を材料強度に対する安全率で一括して評価しているのに対し、限界状態設計法ではそれぞれの要因に対して部分安全係数を設定することで評価する。限界状態設計法における安全係数は、過去に建設されたシールドトンネルの実績を考慮して、許容応力度設計法において付与されていた安全率と同等の水準となるべきであり、極端に安全性を低下させたり、逆に過大な安全性を確保するようなことにならないように両者の整合性に十分留意してこれを設定する必要がある。

コンクリート標準示方書によれば、限界状態設計法における照査項目には、終局限界、疲労限界、使用限界があるが、一般にシールドトンネルにおいては繰返し荷重が作用することは考えられないため、疲労限界に関する照査は行わないでよいものと思われる。使用限界状態は、ひび割れ幅、覆工全体の変形量、継手の目開き量に対して照査することを考えている。

3. 安全係数の設定

表-1～5は、シールド工用セグメントの終局限界状態の照査に用いる各安全係数を示したものである。材料係数および部材係数はコンクリート標準示方書に準じ、セグメント独自の項目を追加して設定した。荷重係数は橋梁等の上部構造では一般に荷重を増加させる方向で設定されているが、セグメントの設計では鉛直荷重と水平荷重のバランスによって曲げモーメントが変化し、荷重強度を全体的に増加させても曲げモーメント M と軸力 N との関係が変

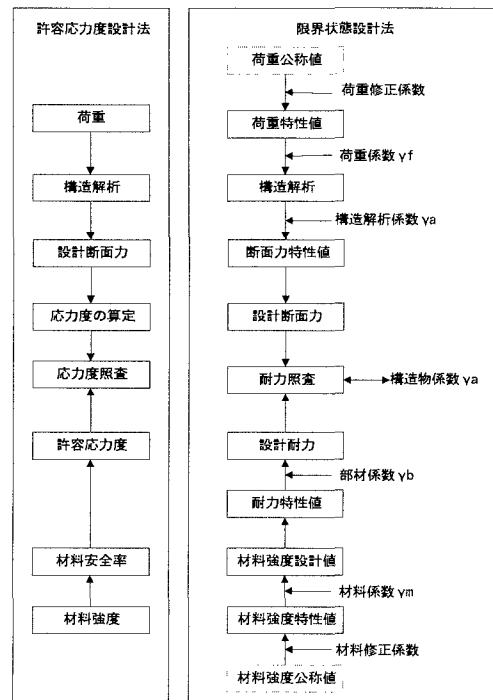


図-1 許容応力度設計法と限界状態設計法の比較

キーワード: シールドトンネル, セグメント, 限界状態設計法

連絡先: 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里 2-26-2 日暮里 UC ビル6F TEL 03-5604-7527 FAX 03-5604-7558

表-1 荷重係数

種類	種別・用途		荷重係数
緩み土圧	砂質土	N値 15	1.3
		N値 30	1.2
		N値 40	1.1
		N値 50	1.0
	粘性土	N値 8	1.3
		N値 15	1.2
		N値 30	1.1
		N値 40	1.0
土の単位体積重量		1.05	
側方土圧係数 低減させることを前提に影響解析を行う			
水圧	コンクリート系セグメント	0.9	
	スチール系セグメント	1.0	
自重	一次覆工	鉄筋コンクリート製	1.0
		鋼製	1.0
		ダクタイル製	1.1
	二次覆工	無筋コンクリート	1.0
		鉄筋コンクリート	1.0
		輪荷重	$h \leq 4.0m$
上載荷重		$h > 4.0m$	1.1
	建物荷重		1.0
地盤反力係数	半径方向地盤反力		1.0
	接線方向地盤反力	$ku=0$	1.0
		$ku=k/3$	0.9
		$ku=k$	0.9
		内水圧	
	その他の荷重	鉄道・自動車荷重	1.1
内部集中荷重		1.0	
ジャッキ推力		1.3	
施工時荷重	裏込め注入圧	1.3	
	エレクターの操作荷重	1.3	
地震の影響	L1地震	1.3	
	L2地震	1.0	
併設の影響	短期的な影響	1.3	
	長期的な影響	1.1	
近接施工の影響	短期的な影響	1.3	
	長期的な影響	1.1	
地盤沈下の影響	土被りが小さい場合	1.1	
	土被りが大きい場合	1.2	

表-2 材料係数

材料	用途	材料係数
コンクリート		1.3
	主鉄筋	1.05
鉄筋	配力筋、補強筋、アンカー筋	1.0
	主桁、縦リブ	1.05
鋼材		1.0
	スギンプレート	1.0
球状黒鉛鋳鉄		1.1
ボルト		1.0

表-3 部材係数

種別	項目	部材係数
RCセグメント	本体	曲げ 1.1
		圧縮 1.2
		せん断 1.2
		金具式 1.1
	セグメント継手	ほぞ 1.2
		雌雄締結 1.1
		金具式 1.15
		ほぞ 1.2
	リング継手	ピン方式 1.15
		吊り金具 1.3
	実績	多い 1.0
		少ない 1.05
鋼製セグメント	二次覆工	有り 1.0
		無し 1.1
	本体	曲げ 1.05
		圧縮 1.15
		せん断 1.15
		金具式 1.1
	セグメント継手	リング継手 1.15
		吊り金具 1.3
	実績	多い 1.0
		少ない 1.05
	二次覆工	有り 1.0
		無し 1.1

表-4 構造解析係数

解析手法	細目	構造解析係数
はりばねモデル	継手の定数を実験・解析によって求めた場合	1.0
	継手の定数を実験に基づいて定めた場合	1.05

表-5 構造物係数

分類	構造物係数
不特定多数の人間が入居する	1.0～1.3の間で設定する
特定少数の人間が入居する	
人間が入居しない	

化しない。したがって、荷重全体を割増す荷重係数を採用することによって M/N を一定とした設計断面力の割増しを行い、一方、荷重バランスを崩すことによって、設計断面力(曲げモーメント)の割増しを行うこととなる。このことから、ゆるみ土圧ならびに土の単位体積重量に対しては荷重を増加させる安全係数を設定し、側圧係数に対しては側方土圧を低減させるように安全係数を設定することとした。また、水圧に対しては、過大な評価を行うと軸力が増加し、RC セグメントの場合には有利な条件となる一方、鋼製セグメントの場合には不利な条件となることから、セグメントの基本構造に応じて安全係数を設定することとした。構造解析係数は構造解析にはりばねモデルを用いることを前提として 1.0 としている。

4. おわりに

シールド工用セグメントに対する限界状態設計法の照査内容と安全係数とを暫定的に定めた。基本的にはコンクリート標準示方書の考え方に準拠しているが、シールドトンネル特有の安全係数の設定も行っている。特に、これまでの実績をみると、良質地盤におけるシールドトンネルは耐久性に関する問題が生じている例はあるものの、耐力的な問題が生じているものは少ない。一方、軟弱地盤におけるシールドトンネルは耐久性に関する問題のほか、長期的なトンネルの変形などの問題も生じている例がかなり認められる。これらの実態が限界状態設計法を適用することで適切に評価できれば、シールドトンネルのより合理的な設計が可能になると考えられる。今後、これらの安全係数を用いてセグメントの試設計を行い、その結果と許容応力度設計法との比較を行って、両者の整合性を勘案しながら、安全係数の値そのものの修正を含めて検討を進める予定である。

最後に、本検討は土木学会トンネル工学委員会・技術小委員会「限界状態設計法検討部会」の審議結果に基づいたものであること付記する。