

セグメントにおける回転ばね定数のばらつきによる応力度への影響

長岡工業高等専門学校 学生会員 ○桑原 正也
 首都大学東京 学生会員 齋藤 良一
 長岡工業高等専門学校 正会員 岩波 基

1. はじめに

土木構造物の設計の分野では ISO2394「構造物の設計に関する一般原則」のなかで、設計照査に信頼性設計を用いることが明記され、我が国においても港湾や基礎の分野などの構造物の設計に信頼性設計の導入が検討されてきた。一方でシールドトンネルの分野では、覆工と地盤の相互作用が複雑なことから長年にわたって許容応力度設計法が用いられてきた。許容応力度設計法は多数の実績があり、かつ比較的簡便ながら信頼性が高い設計方法である。しかし、地盤や材料に内在する様々なばらつきについて信頼性理論などを適用した合理的な考慮は行われず、それらのばらつきが設計結果にどの程度影響を与えるかについては未だ明らかになっていない。

そこで、本検討では、現行の設計基準を参考に仕様を定めた鉄道用シールドトンネルの RC セグメントにおいて、齋藤らが行ったセグメントの回転ばね定数のばらつきを考慮した構造解析結果¹⁾から、コンクリートおよび鉄筋に発生する 10,000 組の応力度を算定し、回転ばね定数のばらつきが設計結果に与える影響について確認したものである。

2. 解析条件

今回の検討にはトンネルライブラリー23号「セグメントの設計」²⁾に記載されている外径が 10.9m の鉄道用複線シールドトンネルのセグメントにおける仕様を用いた。図-1 に示したセグメントの各寸法を表-1 に、材料の物性値を表-2 に示す。

齋藤らが行った構造解析結果¹⁾の中から回転ばね定数のばらつきを考慮した最大曲げモーメントとその位置での軸力の平均値、標準偏差および変動係数を表-3 に示す。なお、齋藤らは、回転ばね定数のばらつき「セグメントの設計」²⁾に記載されている実験測定値のうち RC 平板形の実験測定値を抽出してばらつきを算定した。本報告ではその結果における最大曲げモーメントとその位置での軸力を用いて、セグメントのコンクリートおよび鉄筋の応力度の算定を行うこととした。応力度の算出には許容応力度設計法における複鉄筋長方形断面の計算方法を用い、曲げモーメントおよび軸力から 10,000 組の計算をして、それらの結果の分布および確率変数を算定することとした。

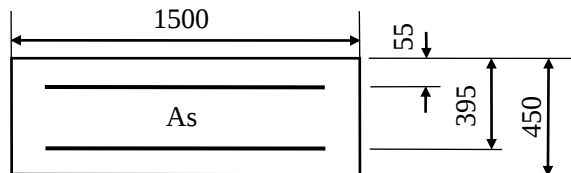


図-1 セグメントの寸法断面

表-1 セグメントの仕様

セグメントの種類		RC平板形
外径 (m)		10.9
セグメント幅B (m)		1.5
セグメント分割数		8等分割
リング継手数		32
セグメント厚さh (m)		0.45
鉄筋	鉄筋量 (As)	D25×12
	有効高さd1 (mm)	55
	有効高さd2 (mm)	395

表-2 材料物性値

コンクリート	
設計基準強度 (N/mm ²)	42
許容曲げ圧縮応力度 (N/mm ²)	16
ヤング係数 (KN/mm ²)	31.4
鉄筋	
鉄筋の種類	SD345
許容応力度 (N/mm ²)	200
降伏強度 (N/mm ²)	345
ヤング係数Es (KN/mm ²)	210

キーワード セグメント, シールド工法, 回転ばね定数

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 番地 Tel : 0258-32-6435(代表) / Fax : 0258-34-9700

3. 計算結果

1) コンクリートの圧縮応力度

セグメントにおける断面応力度の計算結果のうち、コンクリートの圧縮応力度の計算結果を図-2、および表-4に示す。図-2には圧縮応力度の計算結果を点で示し、これらの確率変数から算定した正規分布を実線、対数正規分布を点線で示した。図-2を見ると計算結果の分布は対数正規分布より正規分布に近い分布を示していることが分かる。表-5より計算結果の圧縮応力度の変動係数は3.2%となった。また、10,000組の計算結果のうち許容応力度設計法でのセグメントのコンクリートの許容応力度 16N/mm^2 を超えたものは一つもなかった。

2) 鉄筋の引張応力度

セグメントにおける断面応力度の計算結果のうち、鉄筋の引張応力度の計算結果を図-3 および表-5に示す。図-3には引張応力度の計算結果を点で示し、これらの確率変数から算定した正規分布を実線、対数正規分布を点線で示した。図-3を見ると計算結果の分布は対数正規分布より正規分布に近い分布を示していることが分かる。表-5より計算結果の引張応力度の変動係数は2.6%となった。また、計算結果のうち許容応力度設計法でのセグメントの鉄筋の許容応力度 200N/mm^2 を超えたものは一つもなかった。

4.おわりに

本報告では、齋藤らが算定した回転ばね定数のばらつきを考慮した解析における最大曲げモーメントとその位置での軸力の値¹⁾を用いてセグメント断面に生じるコンクリートおよび鉄筋の応力度を算定した。その結果、コンクリートの圧縮応力度のばらつきも鉄筋の引張応力度のばらつきもおおむね正規分布に近い分布となった。コンクリートの圧縮応力度のばらつきも鉄筋の引張応力度のばらつきも許容応力度を超えるケースはなく、現行の許容応力度設計法において定まるセグメントの設計結果は、設計上考慮してはいない回転ばね定数のばらつきが存在しても十分に安全性があることを確認した。

【参考文献】

1) 齊藤良一、岩波基：シールド工用セグメントへの信頼性設計適用に関する試算,第21回トンネル工学研究発表会報告集, pp355-362, 2011

2) 土木学会トンネル工学委員会:トンネルライブラリー23号,セグメントの設計【改訂版】, pp273-302, 2010

表-3 解析に用いた値

最大曲げモーメント	
平均値 (KN・m)	206.08
標準偏差 (KN・m)	9.78
変動係数 (%)	4.73
最大曲げモーメント時の軸力	
平均値 (KN・m)	1751.2
標準偏差 (KN・m)	3.68
変動係数 (%)	0.21

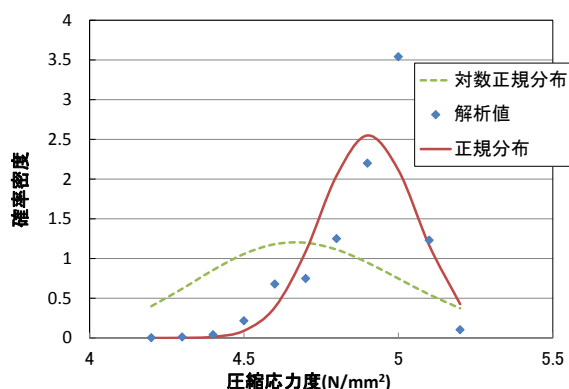


図-2 コンクリートの圧縮応力度のばらつき

表-4 コンクリートの圧縮応力度

圧縮応力度	
平均値 (N/mm ²)	4.90
標準偏差 (N/mm ²)	0.16
変動係数 (%)	3.19

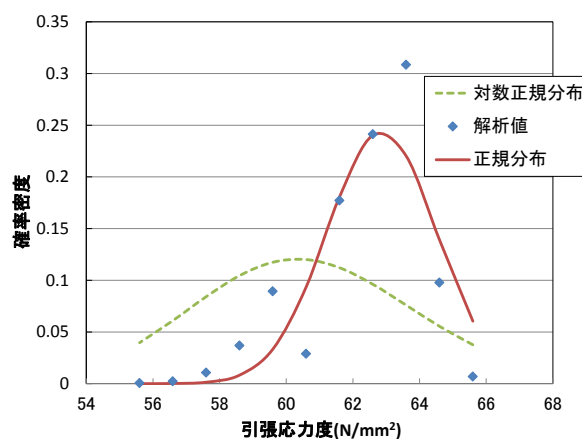


図-3 鉄筋の引張応力度のばらつき

表-5 鉄筋の引張応力度

引張応力度	
平均値 (N/mm ²)	62.86
標準偏差 (N/mm ²)	1.64
変動係数 (%)	2.61