

## 部分係数設計法による道路開削トンネルの試算

阪神高速道路

正会員 岡本 信也 正会員 伊佐 政晃

オリエンタルコンサルタンツ

正会員 ○久木留 貴裕 正会員 大竹 省吾 正会員 張 寧

### 1. はじめに

阪神高速道路の開削トンネル本体工の設計は、許容応力度設計法によるものとしている。一方で、「トンネル標準示方書 開削工法編(2016年度)」や「鉄道構造物等設計標準・同解説 開削トンネル(2001)」においては、性能照査型の設計体系である限界状態設計法が導入されている。また、2017年7月の「橋、高架の道路等の技術基準」の改定に伴い、

道路橋の設計には部分係数設計法が導入され、性能照査型の設計法に移行している。そこで、本論では横断面の部材設計に着目し、許容応力度設計法を適用した設計結果に対して、道路橋示方書・同解説に示される部分係数設計法を適用した照査を行い、その結果を比較し、両設計結果の差異について考察を行ったものである。

### 2. 適用基準と検討断面

適用基準については、許容応力度設計法は、阪神高速道路(株)の「構造物設計基準第3部<sup>1)</sup>」, 「開削トンネル設計指針<sup>2)</sup>」, 「開削トンネル耐震設計指針<sup>3)</sup>」(以下、設計基準という。), 部分係数設計法は道路橋示方書・同解説<sup>4)</sup>(以下、道示という。)を参照した。表-1に許容応力度設計法と部分係数設計法の照査項目を示す。ここで、部分

係数設計法の照査項目は、設計基準の照査項目に対応する道示の照査式及び部分係数を考慮することとした。また、構造細目と作用の特性値について前者は概ね設計基準が道示に準拠しており、後者は死荷重、活荷重、温度荷重、地震荷重が関係するが活荷重を除くと設計上の考慮の方法は類似であり、活荷重に対してはT荷重を作用させることとなることから設計基準によるものとした。作用の組合せに対する荷重組合せ係数及び荷重係数は、活荷重に対する適用性を確認することが妥当ではあるが道示によるものとし、試算によりその影響を確認することとした。図-1に検討断面を示す。土質は、盛土層(B), 粘性土混じりの砂質土層(Asc1, Asc2), 粘性土層(Ac), 礫層(Dg1)の互層となっている。礫層(Dg1)以外のN値は4~25と小さい。

### 3. 常時設計における試算結果の比較

常時設計結果の一例として、図-2, 図-3に両設計法による主鉄筋の配筋略図を示す。曲げに対する照査の結果、許容応力度設計法で決定した配筋に対し、部分係数設計法で照査すると耐荷性能の照査については全ての部材で制限値を満足する結果となった。しかし、耐久性能の照査における鋼材の防食の照査で、内側引張となる底版中央において引張応力度の制限値を満足せず、鉄筋径を1ランク増強する結果となった。また、コンクリート部材の疲労の照査で、外側引張となる部材端部で圧縮応力度の制限値を満足せず、鉄筋量を増強する結果となった。

表-1 許容応力度設計法と部分係数設計法の照査項目

	照査項目	照査基準値	
		許容応力度設計法 【設計基準】	部分係数設計法 【道示】
常時設計	曲げ	許容曲げ応力度	曲げの制限値(道示Ⅲ編)
	せん断	せん断耐力	せん断の制限値(道示Ⅲ編)
	隅角部	鉄筋許容引張応力度	鉄筋引張応力度, 曲げの制限値(道示Ⅲ編)
耐久性		—	曲げの制限値(道示Ⅲ編) ①鋼材の防食 ②コンクリート部材の疲労
耐震設計	曲げ	許容曲率塑性率	水平変位の制限値(道示Ⅴ編)
	せん断	せん断耐力	せん断の制限値(道示Ⅲ, Ⅴ編)
	回転角	許容回転角	—
	破壊形態	曲げ破壊型	曲げ破壊型(道示Ⅴ編)
	隅角部	鉄筋降伏応力度	鉄筋引張応力度, 曲げの制限値(道示Ⅲ編)

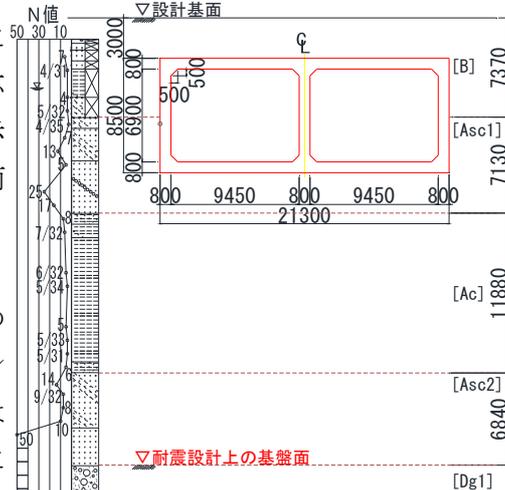


図-1 検討断面

キーワード 部分係数設計法, 限界状態設計法, 開削トンネル, 道路トンネル

連絡先 〒151-0071 東京都渋谷区本町 3-12-1 住友不動産西新宿ビル 6 号館 オリエンタルコンサルタンツ TEL.03-6311-7860

この要因について以下に考察する。①鋼材の防食の照査では荷重条件は永続作用のみを考慮し、制限値を低めに抑えている。これにより頂版、底版に発生する曲げモーメントは、許容応力度設計法における曲げモーメントの0.8倍程度である。一方で、制限値は、許容応力度設計法では、 $180\text{N/mm}^2$ であるのに対して、部分係数設計法では $100\text{N/mm}^2$ としている。永続作用の影響比率が大きい場合では、許容応力度設計法よりも厳しい評価となっていることが挙げられる。②コンクリート部材の疲労の照査では、両設計法で同一の断面力と制限値での照査となる。ただし、断面計算の際に許容応力度設計法では、ヤング係数比を $n=15$ と仮定していたが、部分係数設計法では実ヤング係数比( $n=7.14$ :  $\sigma_{ck}=30\text{N/mm}^2$ の場合)とすることから、後者ではコンクリートの発生応力度が大きくなっている。①②より、部分係数設計法で照査すると主鉄筋の量が、許容応力度設計法で決定した主鉄筋の量に対して増える結果となったと考えられる。

#### 4. 耐震設計における試算結果の比較

前項までに示した許容応力度設計法及び部分係数設計法の常時計算で決定した配筋に対して、両設計法による耐震性能照査を行った。ここでは、応答の厳しい最大級シナリオ地震の照査結果を示す。

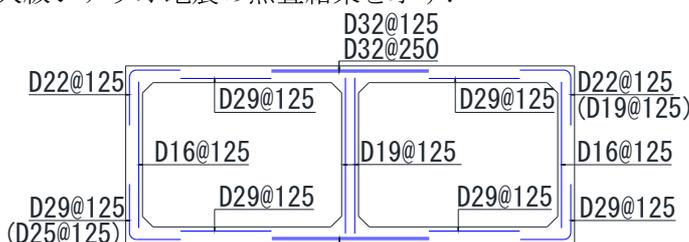
図-4、図-5に許容応力度設計法と部分係数設計法による主鉄筋の配筋略図を示す。曲げモーメントに対する照査の結果、両設計法とも常時設計で決定した配筋では中壁と側壁の応答曲率が制限値を超過する結果となった。これにより、許容応力度設計では主鉄筋、横拘束鉄筋を補強する結果となった。一方、部分係数設計法では横拘束鉄筋のみの補強で主鉄筋の補強は不要となる結果となった。この要因としては、圧縮ひずみの限界値の定義が、設計基準ではH14道示Vをベースとしており、部分係数設計法が導入されているH29道示Vとは異なる。これにより、道示のコンクリートの横拘束鉄筋による圧縮ひずみの限界値の増加に伴う曲げ耐力のわずかな増加により、応答ひずみが低下し、横拘束補強のみで対応可能となったものと考えられる。

#### 5. まとめ

開削トンネルに対して、許容応力度設計法と道示による部分係数設計法の試算結果を比較することで、以下の事項を確認した。

- 1) 設計基準の許容応力度設計法で決定した配筋に対し、道示による部分係数設計法で照査すると耐久性能の照査で制限値が低減されたこともあり、頂底版の主鉄筋量が増える結果となった。
- 2) 断面当たりの鉄筋量は、主鉄筋、配力筋、帯鉄筋の合計で、許容応力度設計法に比べ、部分係数設計法では常時設計までで1.17倍程度、耐震設計まで実施すると1.04程度多くなる結果となった。

- 参考文献：1) 阪神高速道路：設計基準第3部，2017.4. 2) 阪神高速道路：開削トンネル設計指針，2008.10 一部改訂。 3) 阪神高速道路：開削トンネル耐震設計指針，2008.10。 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説I～V，2017.11。



※非対称荷重により、計算結果では左右の鉄筋量が異なるが、安全を考慮し左右対称とする。括弧内は計算上の鉄筋を示す。

図-2 許容応力度設計法による配筋略図（常時）

※赤字は許容応力度設計法から変更箇所



図-3 部分係数設計法による配筋略図（常時）

※赤枠は常時設計からの増強箇所

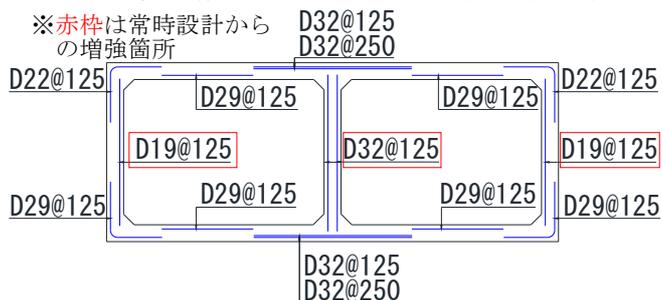


図-4 許容応力度設計法による配筋略図（耐震）

※赤字は許容応力度設計法から変更箇所

※耐震による増強なし



図-5 部分係数設計法による配筋略図（耐震）