

開削トンネルの耐久性能に関する基礎的研究

長岡工業高等専門学校 学生会員 Nguyen Duc Long
 長岡工業高等専門学校 正会員 岩波 基

1. 目的

1998年に改訂されたISO2394「構造物の信頼性に関する一般原則」では、性能設計を用いることを規定し、その設計照査には限界状態設計、または信頼性設計法を採用することを定めている。しかし、トンネルの分野では、地盤条件や施工条件に応じて覆工に作用する外力(土圧)が複雑に異なることや、その用途に応じてトンネル構造物の内外の環境が様々で覆工の長期耐久性能を適切に評価できないことから、許容応力度設計法が採用されているのが現状である。開削トンネルの設計に限界状態設計法の導入が試みられているが、それに用いる部分安全係数は実測データに基づいて合理的には定められていない。特に、耐久性能については実験値を極端に安全側の評価をした照査が行われているのが現状である。そこで本報告は、開削トンネルについてコンクリート標準示方書に準じた耐久性能照査の問題点を明確にし、今後の研究課題についてまとめたものである。

2. 耐久性能照査の現状

現在耐久性能照査に関する検討は以下3つの検討を行っているが本報告はひび割れ幅とコンクリートの塩化物イオンに対する検討を行った。

2.1 ひび割れに対する検討

「トンネル標準示方書（開削工法編）2006年制定¹⁾」においてトンネルの使用目的や環境条件そして部材の条件から定めた許容ひび割れ以下となることを確認して行う。この検討は、耐久性能だけでなく水密性能や美観についても構造物の品質を確認する上で重要な検討である。

2.2 コンクリートの塩化物の影響に対する検討

「トンネル標準示方書（開削工法編）2006年制定¹⁾」では、外部から塩化物の影響を受けることは想定しておらず、東京都心の東部地区における開削トンネルのように外部から塩化物が作用する場合には「コンクリート標準示方書（施工編）2002年版²⁾」に準じて検討することとなっている。

3. 検討条件

3.1 形状寸法

今回の解析対象は地下鉄銀座線の中に上野広小路から上野までの間、2連ボックスの標準断面について検討を行った。図-1に構造寸法を示す。

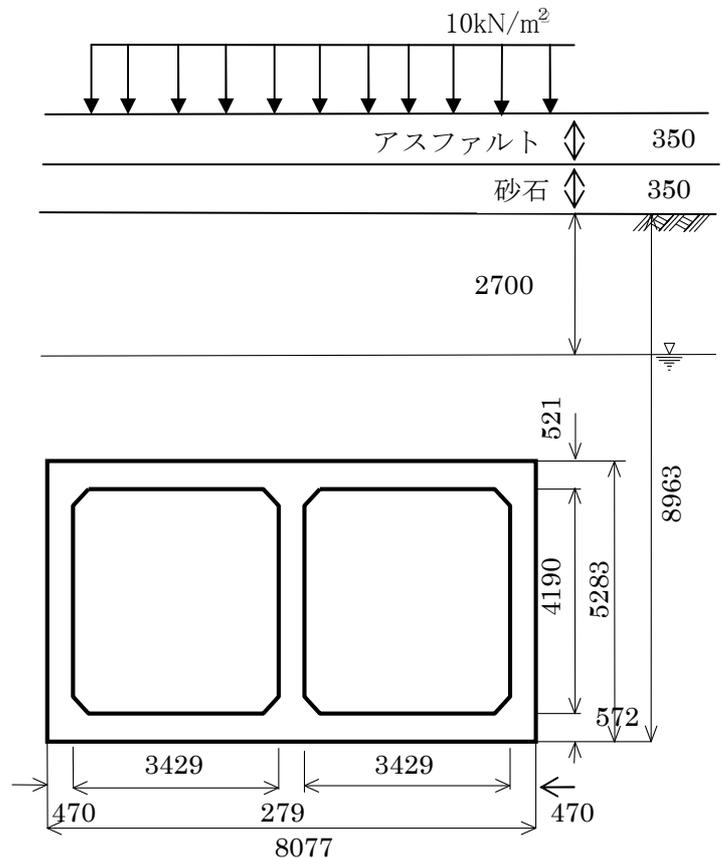


図-1 標準断面図(単位mm)

キーワード 開削トンネル 耐久性能

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝 888 番地 長岡工業高等専門学校

TEL 0258-34-9273 E-mail : ci17371f@st.nagaoka-ct.ac.jp

3.2 部材条件

コンクリートと鋼材の諸元を表1に示す。

4. 検討結果

4.1 ひび割れ幅の検討

開削トンネルを骨組みモデルで評価し、図-1に示した地盤構成から鉛直荷重と静止土圧係数 $k_0=0.5$ とした水平土圧を作用させて、内側引張になる最大曲げモーメントを抽出した。解析した結果から上床版と側壁の最大曲げモーメントと軸力からひび割れ幅を推定した。表-2にひび割れ幅の検討結果を一覧にして示す。

主鉄筋応力度が小さく、またひび割れがほとんど発生しない結果となった。

4.2 塩化物の影響に対する検討

表面イオン濃度はコンクリート標準示方書（施工編）²⁾に記載されているもっとも小さい値（ 1.5kg/m^3 ）を用いた。トンネル内側（上床版、側壁）は乾湿の繰り返しが起こるので、コンクリート表面での塩化物の蓄積が大きいと考えられ、塩化物の影響に対する検討を行った。その結果は表-3に示す。銀座線は建設されてから経た年数80年経ているので、耐用年数も80年とした。その結果、塩化物イオン濃度はそれぞれ 1.60 と 1.49kg/m^3 となり、いずれも安全率は1より大きく、鉄筋腐食が生じる可能性があるという結果となった。

また、このかぶりで鉄筋腐食が発生すると予測される年数は上床版（内側）に21年、側壁（内側）12年でかなり短い結果となった。

5. おわりに

今回、地下鉄銀座線を例としてトンネルの耐久性に関する計算を行い、以下のことがわかった。

- ・ 銀座線の鋼材鉄筋コンクリートでは、実際と同じく曲げひび割れが小さい結果となった。
- ・ 銀座線は建設から80年を経た現在も問題なく使用されている。しかし、計算結果によると限界年数を超えて鉄筋腐食が生じる可能性となった。したがって、現在評価方法が適切ではない可能性があると考えられる。

参考文献

- 1) トンネル標準示方書（開削工法編）2006制定,土木学会
- 2) コンクリート標準示方書（施工編）2002制定,土木学会

表-1 物性諸元

コンクリート			
単位体積重量		22	kN/m^3
弾性係数	上部(下部,柱)	13.7	kN/mm^2
	側壁	19.6	kN/mm^2
鋼材			
単位体積重量		78.5	kN/m^3
弾性係数		195	kN/mm^2

表-2 ひび割れ幅の検討結果

		上床版 (内側)	側壁(内側)
主鉄筋応力度	N/mm^2	5.796	7.048
純かぶり	mm	52	39
鉄筋間隔	mm	300	300
鉄筋径	mm	175	175
k1		1	1
k2		1	1
k3		1.3	1.3
弾性係数	N/mm^2	195000	195000
最大ひび割れ間隔	mm	196.6	196.6
ひび割れ幅	mm	0.01	0.01
環境条件		腐食性	腐食性
許容ひび割れ幅	mm	0.21	0.156

表-3 塩化物の影響に対する検討結果

		側壁 (内側)	上床版 (内側)
設計拡散係数 Dk	$\text{cm}^2/\text{年}$	1.86	1.86
セメント水比 W/C		0.61	0.61
構造物係数 γ_i		1.10	1.10
構造物係数 γ_{cl}		1.30	1.30
コンクリート材料係数 γ_c		1.00	1.00
D_p の安全係数 γ_p		1.20	1.20
Dk	$\text{cm}^2/\text{年}$	1.86	1.86
最大ひび割れ間隔	mm	196.6	196.6
ひび割れ幅	mm	0.01	0.01
許容ひび割れ幅	mm	0.156	0.21
純かぶり	mm	39.0	52.0
耐用年数 t	年	80	80
表面イオン濃度 C_0	kg/m^3	1.50	1.5
塩化物イオン濃度 C	kg/m^3	1.60	1.49
限界値 C_{lim}	kg/m^3	1.2	1.2
$\gamma_i \cdot C_0 / C_{lim}$		1.47	1.36
限界に達する年数	年	12	21