

RCセグメント用背面被覆材の耐水圧性能試験

日本シビックコンサルタント株式会社	正会員	○ 団	昭博
日本シビックコンサルタント株式会社			土屋 直樹
日本シビックコンサルタント株式会社			金井誠一郎
セメダイン株式会社			秋本 雅人
セメダイン株式会社			高橋 正男

1. 目的

都市部では社会基盤の整備が進み、様々な地下構造物が輻輳している。その一方で、近年、シールド工法は技術水準の高度化により施工条件の多様化が進み、大深度・高水圧条件での施工事例が増加している。

地下水位以下に構築するシールドトンネルの場合、水密性の確保が構造物の耐久性を確保する上で重要である。その対策として、水密性の弱点となりやすい継手部には、設計法が確立¹⁾されている水膨張シール材を配置している。これに対し、セグメント本体部の水密性については、セグメント本体部材の性能に依存しているのが現状である。RCセグメントにおいては、高水圧の作用にともない本体部からの地下水の浸透や、施工中または供用中にひび割れや欠け等の損傷にともなう漏水により、耐久性の低下が懸念されている。とくに沿岸部のように地下水中に高濃度の塩分が含有する腐食性の環境条件では、トンネル構造物ならびに内部施設の腐食が著しく進行することが報告されており²⁾、構造物の耐久性を確保するための対策が重要である。

そこで本報告は、RCセグメントの耐久性向上対策として有効と考えられる背面被覆材を用いて、耐水圧性能試験を実施し、塗膜厚と耐水圧性能の関係を評価したものである。

2. 試験概要

(1) 被覆材の選定

RCセグメントの背面被覆材として実績がある材料の多くは、樹脂系材料が使用されている。本試験では、被覆材に要求される性能、品質、経済性等を考慮して、実績の豊富な高弾性エポキシ樹脂系材料を選定した。選定した被覆材の性状を表-1に示す。

(2) 試験方法

耐水圧試験は、建築用セメント防水剤の試験方法として規格化されている透水試験方法³⁾に準拠し、以下の手順で実施した。

スレート板(300mm×150mm, t=5mm)を2枚突き合わせ、写真-1(1)に示すように被覆材を所定の厚さで塗布する。

スレート板の突合せ部に所定の厚さのスペーサーを挟み込むことにより、強制的にひび割れを模擬した目開きを発生させる。

写真-1(2),(3)に示す試験装置により、目開きを発生させた試験体に一方から所定の水圧を作用させ、一定期間を保持した後、漏水の有無および被覆材の損傷の有無を目視にて確認する。

なお本試験は、作用水圧ならびにセグメントに発生するひび割れ幅を試験パラメータとして、表-2に示す試験条件で実施した。

表-1 高弾性エポキシ樹脂系被覆材の性状

		主 剤	硬化剤
主成分		エポキシ樹脂	変成シリコーン樹脂
外 観		白色液状	淡黒色液状
粘度(mPa・s/23℃)		19000±7000	6000±3000
配 合 比		1	1
可使時間(23℃)		60分以上(塗布可能時間)	
タックリ-タイム(23℃)		90分以内(塗布可能時間)	
フィルム物性	破断強度	4.9 N/mm ²	
	最大伸び	130%	
コンクリート付着強度		2.4 N/mm ² (コンクリート破壊)	

キーワード RCセグメント, 高水圧, 耐久性向上, 背面被覆, 耐水圧試験

連絡先 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里2-26-2 日本シビックコンサルタント株式会社 TEL 03-5604-7534

(3) 試験結果および考察

耐水圧試験結果を表 - 3 に示す。これより得られた知見を、以下に列挙する。

- ・膜厚 0.35mm の場合、目開き量 $\delta=0.4\text{mm}$ 以下では作用水圧 $P_w=3.0\text{MPa}$ としても漏水は確認されなかったが、 $\delta=0.5\text{mm}$ においては $P_w=0.7\text{MPa}$ の時点で漏水と塗膜端部の破断が確認された。
- ・膜厚 0.5mm の場合、目開き量 $\delta=0.5\text{mm}$ 以下では作用水圧 $P_w=3.0\text{MPa}$ においても漏水は確認されなかったが、 $\delta=0.6\text{mm}$ においては $P_w=0.7\text{MPa}$ の時点で漏水と塗膜端部の破断が確認された。
- ・膜厚 1.0mm の場合、目開き量を $\delta=1.0\text{mm}$ まで発生させても $P_w=3.0\text{MPa}$ に抵抗できる結果となった。さらに $\delta=1.5\text{mm}$ では、 $P_w=1.5\text{MPa}$ を作用させても漏水は確認されなかったが、 $P_w=3.0\text{MPa}$ において塗膜の膨張破壊に至った。

以上のことから、本試験で用いた材料では作用水圧 $P_w=3.0\text{MPa}$ までの条件であれば膜厚と同等のひび割れ追従性を有するものと判断できる。また、既往のシールドトンネルの多くは水圧 $P_w=1.0\text{MPa}$ 以下の条件であることを考慮すると、0.4mm のひび割れ追従性を有する膜厚 0.35mm の適用性が高いと考えられる。

3. おわりに

以上、本試験により高水圧条件下における RC セグメントの水密性向上策として、背面被覆材の有効性を確認できた。しかし本報告は、短期間の作用水圧条件により耐水圧性能を評価したにすぎず、今後、事業者の要求事項になると予想される耐久性に対する定量評価については、想定される様々な条件を考慮する必要がある。今後は、材料の耐薬品性、長期耐久性、ならびにシールド機のテールブラシによる耐摩耗性などに着目した試験を実施し、背面被覆材の最適設計法を明確にしたい。

参考文献

- 1) 社団法人日本トンネル技術協会：セグメントシール材による止水設計手引き，1997
- 2) 例えば、田辺、佐藤他：臨海部経年シールドトンネルの塩害および腐食メカニズムの解明とその対策，トンネル工学報告集第 15 巻，pp.355-362，2005.12
- 3) 日本規格協会：JIS A 1404「建築用セメント防水剤の試験方法」，1994

表 - 2 耐水圧試験パラメータ

膜 厚	0.35mm, 0.5mm, 1.0mm
目開き量 (ひび割れ幅)	0.2mm ~ 1.5mm
作用水圧	0.7MPa ~ 3.0MPa



(1)供試体

(2)加圧部



(3)試験装置全景

写真 - 1 耐水圧試験装置

表 - 3 耐水圧試験結果

膜 厚 t (mm)	目開き量 δ (mm)	作用水圧 P_w (MPa)							
		0.7		1.0		1.5	2.0	3.0	
		3 時間	3 日	3 時間	3 日	3 時間	3 時間	3 時間	2 日
0.35	0.2	漏水無し	漏水無し	(↓)	(↓)	(↓)	(↓)	(↓)	(↓)
	0.3	漏水無し	漏水無し	(↓)	(↓)	(↓)	(↓)	(↓)	(↓)
	0.4	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	0.5	塗膜破壊							
0.5	0.3	漏水無し	($P_w=1.0$)	漏水無し	漏水無し	($P_w=2.0$)	(↓)	(↓)	(↓)
	0.4	漏水無し	($P_w=1.0$)	漏水無し	漏水無し	($P_w=2.0$)	(↓)	(↓)	(↓)
	0.5	漏水無し	($P_w=1.0$)	漏水無し	漏水無し	($P_w=2.0$)	漏水無し	漏水無し	漏水無し
	0.6	塗膜破壊							
1.0	0.5	漏水無し	($P_w=3.0$)	漏水無し	($P_w=3.0$)	漏水無し	($P_w=3.0$)	漏水無し	漏水無し
	0.7	漏水無し	-	漏水無し	-	漏水無し	-	(↓)	-
	1.0	漏水無し	-	漏水無し	-	漏水無し	-	漏水無し	-
	1.5	漏水無し	-	漏水無し	-	漏水無し	-	塗膜破壊	

表中の時間は水圧の作用時間を、「-」は供試体数の制約による未実施の項目を、「(↓)」、「($P_w=**$)」は他ケースでの代替を、それぞれ示す。