

各種補修材料・工法の耐久性能に関する基礎的実験

NTT インフラネット（株） 正会員 竹内 光
 NTT インフラネット（株） 非会員 松田 知巳
 通信土木コンサルタント（株） 非会員 金津 博
 三井住友建設（株） 正会員 ○ 斯波 明宏

1. はじめに

通信用トンネル（以下、とう道と呼ぶ）は、地下構造物であり、開削とう道とシールドとう道がある。ただ、構築後 20 年～30 年以上経過したものが多く、補修・補強などの対策も含めた維持管理が今後の大きな課題となっている。維持管理の問題の一つとして、補修材料および補修工法の耐久性能を適切に評価することが挙げられる。これらの耐久性能を適切に評価することは、補修設計やライフサイクルコストを考える上で非常に重要である。そこで本報告では、開削とう道に焦点を絞り、補修材料・工法を用いた供試体を作製し、促進中性化試験および塩水浸せき試験を行い、耐久性能の指標となる中性化速度および塩化物イオン拡散係数について比較検討を行った。

2. 試験水準

比較試験に用いた供試体の試験水準を表 - 1 に示す。開削とう道で使用されているコンクリートの実強度（約 30N/mm^2 ）と同程度となるような配合（ $W/C=65\%$ ）を基準とし、 $W/C=65 \pm 10\%$ 配合、断面修復工法 4 種類、塗布工法 3 種類、表面被覆工法 1 種類で比較試験を行った。ここで断面修復工法の母材はモルタル材料であり、表面被覆工法は断面修復工法 4 の材料の表面にビニロンメッシュ繊維をエポキシ樹脂接着したものである。また塗布工法の母材はコンクリート 1（ $W/C=65\%$ ）とした。なお、コンクリートのスランプは 10cm、空気量は 4.5% を目標値とした。

3. 試験方法

促進中性化試験、塩水浸せき試験については、原則としてそれぞれ JIS A 1153「コンクリートの促進中性化試験方法」、土木学会基準 JSCE-G572-2003「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法（案）」に準じて行った。試験方法の概要を表 - 2 に示す。養生方法については、原則としてそれぞれの試験方法に準じているが、塗布工法については、塗布材料の浸透を早めるため水中養生 7 日後に塗布を行い、その後材料齢 56 日まで湿空養生を行った。

4. 試験結果

表 - 3 に圧縮強度試験結果を示す。コンクリート 1（ $W/C=65\%$ ）は概ね予想どおり（約 30N/mm^2 ）の圧縮強度となった。また断面修復工法のモルタル材料は、コンクリート 1（A-1）に比べて $5 \sim 20\text{N/mm}^2$ 程度大きな値であった。

次に各材料の促進中性化試験結果を図 - 1 に示す。なお、中性化深さについては、一般に炭酸ガス濃度の平方根に比例することが知られているため（例えば 2）、あらかじめ炭酸ガス濃度による補正

表 - 1 試験水準

記号	試験水準	概要
A-1	コンクリート 1	$W/C=65\%$ （基準）
A-2	コンクリート 2	$W/C=75\%$
A-3	コンクリート 3	$W/C=55\%$
B-1	断面修復工法 1	ポリマーセメント系
B-2	断面修復工法 2	ポリマーセメント系
B-3	断面修復工法 3	急硬性セメント系
B-4	断面修復工法 4	セメント系
C-1	塗布工法 1	亜硝酸塩系
C-2	塗布工法 2	無機セメント系
C-3	塗布工法 3	亜硝酸塩系
D-1	表面被覆工法	エポキシ樹脂

表 - 2 試験方法概要

試験項目	試験概要
圧縮強度試験	コンクリートおよび断面修復工法 試験材齢 28 日
促進中性化試験	CO_2 濃度 5%、温度 20、湿度 60% 促進期間 7, 28, 56, 91 日
塩水浸せき試験	NaCl 10% 溶液、温度 20 浸せき期間 91 日

表 - 3 圧縮強度試験結果

記号	試験水準	圧縮強度（ N/mm^2 ）
A-1	コンクリート 1	31.1
A-2	コンクリート 2	24.9
A-3	コンクリート 3	40.8
B-1	断面修復工法 1	48.7
B-2	断面修復工法 2	35.1
B-3	断面修復工法 3	64.3
B-4	断面修復工法 4	49.2

キーワード 補修材料・工法，促進試験，中性化速度，塩化物イオン拡散係数

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設（株）技術研究所 TEL 04-7140-5201

(5%→0.05%)を行っている。またコンクリートについては図中に回帰式を示した。断面修復工法(B)および表面被覆工法(D)はほとんどあるいは全く中性化は進行せず、中性化に対する抵抗性が非常に大きい結果となった。塗布工法については、基準となるコンクリート1(A-1)に比べればいずれも中性化速度は2/3程度であるが、C-1およびC-3は防錆剤であるため、中性化に対する抑制効果はあまり期待できないことを考慮すると、養生条件の違いが大きな影響を及ぼしたものと考えられる。したがってC-2については抑制効果が小さいと判断される。図-2は本促進試験によるコンクリートの中性化速度係数と既存の推定式の数値係数を比較したものである。促進試験結果は和泉式²⁾と非常に良く合致している。土木学会式¹⁾は絶対値に若干隔たりがあるものの、定性的には近い傾向を示している。

次に塩水浸せき試験結果を図-3に示す。図は拡散係数の相違を明らかにするため、それぞれの表面濃度を基準とした塩化物イオン量比率で表している。拡散係数についても中性化速度係数とほぼ同様の結果となっており、コンクリートの拡散係数 $6.6 \sim 13.9 \text{ cm}^2/\text{年}$ に対し、断面修復工法(B)は $0.3 \sim 4.0 \text{ cm}^2/\text{年}$ であった。断面修復工法(B-4)はポリマーが混入されていないため他と比べて大きな値となった。塗布工法(C)については拡散係数 $4.9 \sim 6.2 \text{ cm}^2/\text{年}$ で、コンクリート1(A-1)より若干小さい値となったが、中性化の場合と同様、養生方法の違いが出たものと考えられる。表面被覆工法(D)の拡散係数は塗布工法と同程度であるが、塩化物イオンの絶対量はコンクリート1の1/20程度以下であり、被覆による遮塩性能は非常に大きい結果となった。図-4は本促進試験結果と土木学会式¹⁾とを比較したものである。促進試験結果は土木学会式に比べ、若干大きめの値を示しているが、概ね傾向は一致している。

5. まとめ

本報告で明らかとなった事項を以下に示す。

- ・ 断面修復工法は中性化および塩分浸透に対し非常に大きな抵抗性を有している。
- ・ 塗布工法は若干の抑制効果は見られるものの、性能評価としては無塗布として扱う方が安全側である。
- ・ 表面被覆工法は被覆材料の遮蔽効果が非常に大きい。
- ・ コンクリート材料の耐久性は概ね既存の推定式等と一致しており、促進試験の妥当性を確認できた。

【謝辞】本稿をまとめるに際して、ご指導・ご助言を頂いた早稲田大学社会環境工学科小泉教授に深謝いたします。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書〔施工編〕，2002年制定
- 2) 日本建築学会：鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針（案）・同解説，2004年制定

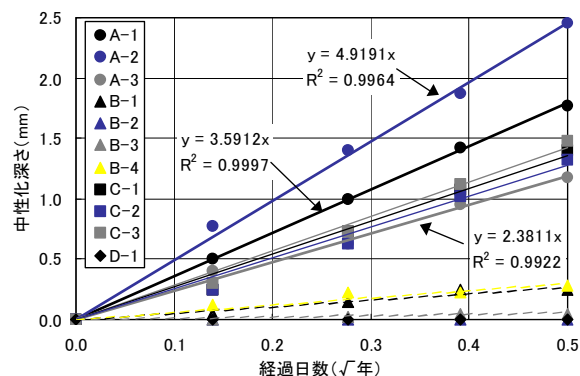


図-1 促進中性化試験結果

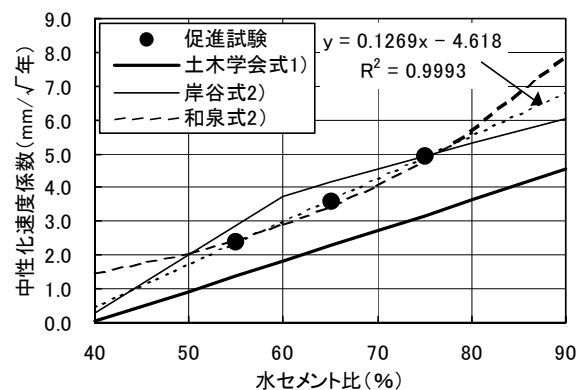


図-2 促進試験値と推定式の比較

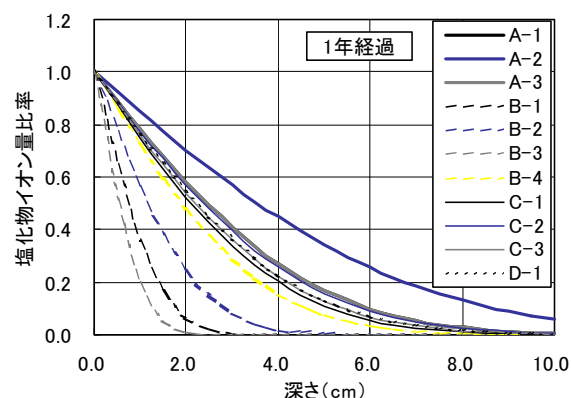


図-3 塩化物イオン拡散係数の比較

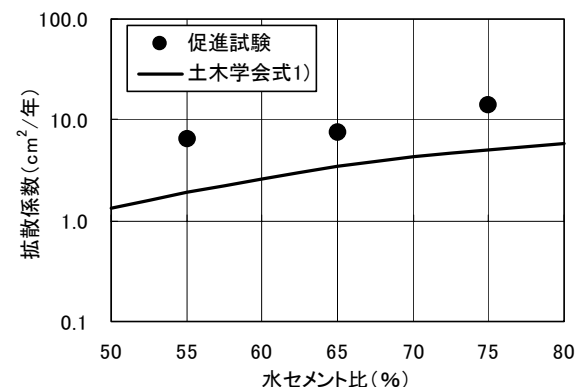


図-4 促進試験値と土木学会式の比較