

コンクリート表面含浸材による鋼材腐食発生時期延伸効果の試算

(株) 高速道路総合技術研究所	正会員	○竈本	武弘
(株) 高速道路総合技術研究所	正会員	浅井	貴幸
(株) 中研コンサルタント	正会員	堀口	浩司
(株) 中研コンサルタント	正会員	池富	修

1. はじめに

コンクリート表面含浸材（以下、含浸材という）は、コンクリートへの劣化因子の侵入抑制を目的に使用されている。しかし、含浸材を塗布することで塗布対象のコンクリート構造物に対しどれだけの効果があるかを定量的に評価できていない。そこで、ある仮定した条件下において含浸材を塗布した後コンクリート中の鋼材が腐食し始めるまでの期間を試算し、含浸材の塩化物イオン浸透抑制率の違いによる鋼材腐食発生時期の延伸効果を考察した。

2. 試算方法

含浸材の塩化物イオン浸透抑制率は、JSCE-571「表面含浸材の試験方法」6.7 塩化物イオン浸透に対する抵抗性試験¹⁾により求められる塩化物イオン浸透深さ比から、式-1にて求める値とした。なお、塩化物イオンの浸透期間は63日である。

塩化物イオン浸透抑制率 (%)

$$=100-\text{塩化物イオン浸透深さ比} \quad (\text{式-1})$$

他の試算に用いた条件は、下記のとおり仮定した。

- ・含浸材の含浸部での塩化物イオン濃度分布は直線近似されると仮定し、見掛けの拡散係数を求めた。（図1参照）
- ・無含浸コンクリートの塩化物イオン浸透深さ：30mm
- ・無含浸部での塩化物イオンの見掛けの拡散係数 D_c は、コンクリートのW/Cを基にして参考文献2)により定めた。
- ・初期塩化物イオン濃度： $C(x, 0)=0.0\text{kg/m}^3$
- ・表面塩化物イオン濃度： $C_0=9.0\text{kg/m}^3$, 13.0kg/m^3 ²⁾
- ・塩化物イオン浸透抑制率：95%, 90%, 80%, 70%
- ・含浸材の性能は経年劣化などによって変化しない。

3. 試算条件

含浸材を塗布した場合の劣化予測モデルは、図2のように参考文献3)により含浸材で改質された部分とコンクリートを2層材料と考え、それぞれの層の塩化物イオン拡散係数を別々に設定した。表1に示す条件のもと、式-2によりコンクリート中の鋼材位置での塩化物イオン濃度が腐食発生限界濃度に達するまでの年数を試算した。

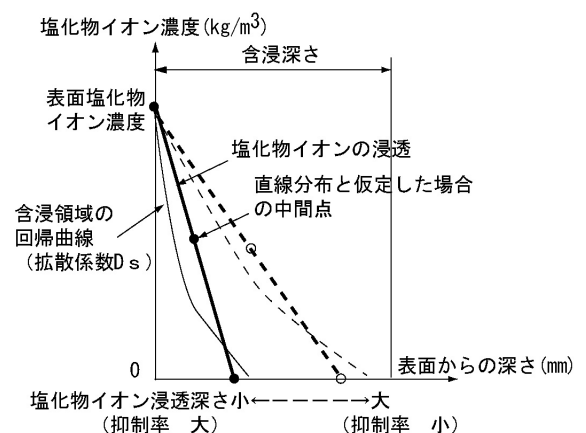


図1 含浸部での塩化物イオン濃度分布の仮定

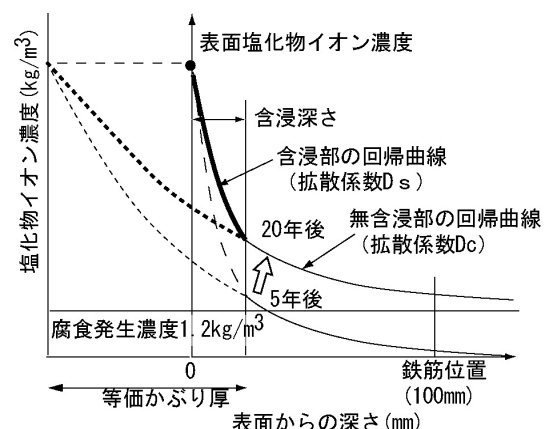


図2 劣化予測モデル

$$C(x, t) = C_0 \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{0.1}{2\sqrt{t}} \left(\frac{x}{\sqrt{D_c}} + \frac{C_s}{\sqrt{D_s}} \right) \right) \right) + C(x, 0) \quad (\text{式-2})$$

ここに、 C_s ：表面含浸材の含浸深さ(mm)， D_s ：含浸部の見掛けの拡散係数($\text{cm}^2/\text{年}$)，

t ：経過年数(年)， D_c ：無含浸部の見掛けの拡散係数($\text{cm}^2/\text{年}$)

キーワード コンクリート，表面含浸材，劣化予測，塩化物イオン濃度，鋼材腐食

連絡先 〒194-8508 東京都町田市忠生1丁目4-1 (株) 高速道路総合技術研究所 TEL 042-791-1625

4. 試算結果

表1の条件について、含浸材による塩化物イオン浸透抑制率を95%として、鋼材位置での塩化物イオン濃度が鋼材の腐食発生限界濃度に達する年数を試算したのが図3である。W/Cが高いコンクリートほど、無含浸のときに腐食発生限界濃度に達する年数に比べ、含浸材による延伸年数が大きく、その効果が見込まれる。また、含浸深さが大きい場合は、その効果がより大きく見込まれることがわかる。

含浸材による塩化物イオン浸透抑制率が異なる場合の試算結果の一例を表2、図4に示す。W/Cが50%のコンクリートの場合、鋼材腐食発生に至る年数を2倍程度に延ばすには、含浸材の含浸深さが5mmであると、塩化物イオン浸透抑制率が95%以上でなくてはならない。一方、塩化物イオン浸透抑制率が80%であると、鋼材腐食発生に至る年数は1.2倍程度にしか伸びない。含浸材の性能の違いが、鋼材腐食発生時期の延伸効果に大きな影響を与えることがわかる。

また、本試算では含浸材の性能が変化しないとしており、仮に経年劣化により含浸材の塩化物イオン浸透抑制率が低下した場合、鋼材腐食発生に至る年数は期待したものよりも比較的大きく低下すると予想できる。

表1 試算の条件

ケース (W/C-含浸深さ- かぶり-表面 塩化物イオン濃度)	W/C (%)	含浸 深さ (mm)	鉄筋の かぶり (mm)	表面塩化物 イオン濃度 (kg/m^3)
40-5-100-9	40	5	100	9
45-5-100-9	45	5	100	9
50-5-100-9	50	5	100	9
55-5-100-9	55	5	100	9
45-5-50-9	45	5	50	9
45-5-100-13	45	5	100	13
40-10-100-9	40	10	100	9
45-10-100-9	45	10	100	9
50-10-100-9	50	10	100	9
55-10-100-9	55	10	100	9

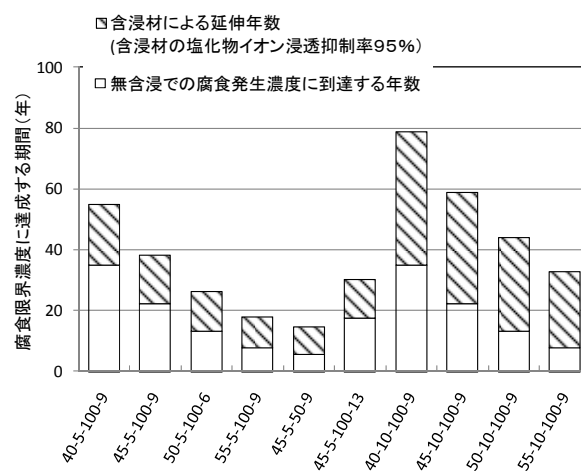


図3 含浸材が腐食発生濃度の到達年に及ぼす効果

表2 塗布効果の試算例(ケース 50-5-100-9)

含浸材の塩化物イオン浸透抑制率(%)	塩化物イオン浸透深さ(mm)	D_s ($\text{cm}^2/\text{年}$)	腐食発生濃度到達年(年)	腐食発生濃度到達年の比 [無含浸を1.0]
95	1.5	0.025	26.340	2.0
90	3.0	0.100	19.250	1.4
80	6.0	0.400	16.130	1.2
70	9.0	0.900	15.140	1.1

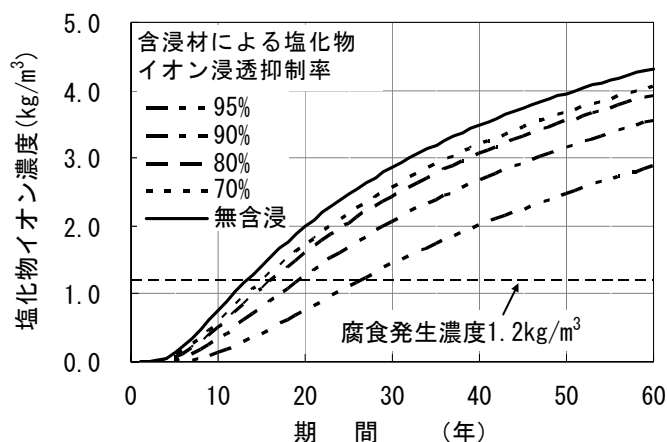


図4 塩化物イオンの浸透例(ケース 50-5-100-9)

5. まとめ

コンクリート構造物の予防保全や補修工事において含浸材を使用することが増えているが、含浸材が使用者の期待する効果を発揮できているか、未解明な点が多い。含浸材の性能により鋼材腐食発生時期の延伸効果に大きな影響があり、材料を選定するうえで、材料を適切に評価し選定することが重要である。

また、初期性能だけでなく経年的な含浸材の性能低下が鋼材腐食発生時期の延伸効果に大きな影響を与えるので、耐久性の高い含浸材が求められるとともに、それを適切に評価することができる試験方法の開発が望まれる。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書[規準編]，2007.5
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書[設計編]，pp111，2007.12
- 3) 土木学会：コンクリートの表面被覆および表面改質に関する技術の現状，pp120，2004.2