

PVB-S 被覆鉄筋の塩化物イオン透過抵抗性に関する検討

鹿児島大学大学院

学生会員 ○嶋田祐人

鹿児島大学

正会員 審良善和

(株) 大林組

正会員 石田知子 太田健司

1. はじめに

特に厳しい塩害環境に曝される鉄筋コンクリート構造物では、耐久性の確保を目的として防食鉄筋が用いられる。防食鉄筋には、エポキシ樹脂塗装鉄筋が多く使用されているが、施工時や組み立て時に疵が付きやすいことや、普通鉄筋に比べコンクリートとの付着が低下することなどが問題点として挙げられている。そこで、伸び能力が高いポリビニルブチラール樹脂（以下、PVB 樹脂と称す）で鉄筋を塗装し、コンクリートとの付着向上を目的として珪砂を塗布した、樹脂被覆鉄筋（以下、PVB-S 被覆鉄筋と称す）が開発された。

PVB-S 被覆鉄筋の防錆効果については、土木学会「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針」¹⁾の要求性能を満足することを確認している。そこで、より現実的な防錆効果を把握するためにも、本研究では、長期間における塗膜塩化物イオン透過性試験を実施し、塩化物イオンの透過抵抗性の確認を行った。

2. 試験概要

図-1 に塗膜塩化物イオン透過性試験の試験体概要図を示す。試験は「エポキシ樹脂塗装鉄筋用塗料の塗膜塩化物イオン透過性試験方法」(JSCE-E 530-2003) に準拠して行った。

塗膜試験片は、あらかじめ離型剤を塗布した鋼板に試験に使用する樹脂を目標膜厚まで静電吹付け法（手吹き）により塗装し硬化させた後、塗膜を必要な大きさに切断し鋼板から剥がし試験片とした。試験装置は、塗膜試験片を内径φ50mm、容量0.2Lのガラス容器で挟むように作製した。塗膜表面側の容器に5%NaCl水溶液、塗膜裏面側の容器に蒸留水を入れ、塩化物イオンを自然拡散させている。なお、試験は20℃一定の室内で実施した。

表-1 に試験で使用した塗膜試験片の種類を示す。塗膜試験片は機械塗装ではなく、手吹き塗装にて作製したため膜厚にばらつきが生じた。試験に用いた塗膜は、PVB-S膜、PVB樹脂およびエポキシ樹脂の3種類とした。それぞれの目標膜厚は、PVB-S膜が標準膜厚の $300\pm100\mu\text{m}$ 、PVB樹脂およびエポキシ樹脂は、エポキシ樹脂の標準膜厚である $220\pm40\mu\text{m}$ とした。また、PVB樹脂およびエポキシ樹脂は、比較として目標膜厚 $100\pm30\mu\text{m}$ の塗膜試験片も使用した。

試験では、定期的に蒸留水側の溶液を採取し、濃度勾配により5%NaCl水溶液側から蒸留水側に自然拡散する塩化物イオン量を、イオンクロマトグラフを用いて測定した。

3. 結果および考察

3.1 塩化物イオン透過量

図-2 に各塗膜試験片の塩化物イオン透過量の経時変化を示す。なお、図-2 (a) 中の矢印は、溶液交換の際に、塗膜試験片を試験体から一度取り外し、再設置した時を示している。

目標膜厚を $100\pm30\mu\text{m}$ とした図-2 (a) に着目すると、PVB樹脂はエポキシ樹脂と比較して透過量が非常に小さいことが分かる。ただし、エポキシ樹脂の塩化物イオン透過量は一定ではなく、同じ塗膜試験片であっても透過速度が大きく異なる傾向を示した。これは、溶液交換に伴い塗膜試験片を再設置した時（図中の矢印部分）を境に急激に変化している。このことから、再設置前後で塗膜試験片の試験面に

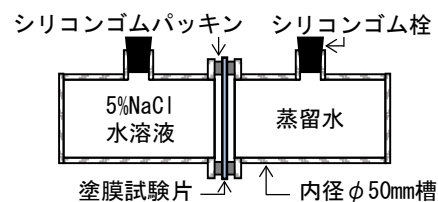


図-1 試験体概要

表-1 塗膜試験片の種類

塗膜試験片の種類	目標膜厚 (μm)
PVB-S膜	300 ± 100
PVB樹脂	220 ± 40
	100 ± 30
エポキシ樹脂	220 ± 40
	100 ± 30

若干のずれが生じ、目視やピンホール試験（1000V）では判定できない微細な欠陥の有無が透過速度に影響を及ぼしたと考えられる。なお、いずれの塗膜試験片における急激な塩化物イオンの透過が認められない部分でも、若干の塩化物イオンの透過は認められた。

次に、目標膜厚を $300\pm100\mu\text{m}$ および $220\pm40\mu\text{m}$ とした図-2 (b) に着目すると、いずれの塗膜試験片においても、若干量ではあるが塩化物イオンが透過している傾向にある。また、その透過量に大きな差はないことが確認された。

3.2 塩化物イオン拡散係数

図-2 より、蒸留水側の塩化物イオン増加率を求め、これを用いて各塗膜試験片の塩化物イオン拡散係数の算出を行った。塩化物イオン拡散係数の算出には、Fick の第一法則を簡略化した式を用いた。目標膜厚 $100\pm30\mu\text{m}$ のエポキシ樹脂に関しては、試験面の塗膜が健全と考えられる部分と試験面の塗膜に目視できない微細な欠陥があると考えられる部分に分けて塩化物イオン拡散係数を算出した。

図-3 に各塗膜の拡散係数と膜厚の関係を示す。「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針」では、エポキシ樹脂内の塩化物イオンの見掛けの拡散係数の設計用値として $2.0\times10^{-6}\text{cm}^2/\text{y}$ が示されている¹⁾。いずれの塗膜もこのエポキシ樹脂塗装鉄筋の設計用値を下回り、十分な塩化物イオン透過抵抗性を持つことがわかる。

目標膜厚 $100\pm30\mu\text{m}$ の結果をみると、エポキシ樹脂は健全と考えられた膜および微細な欠陥が発生していると思われる膜ともに PVB 樹脂に比べ塩化物イオン拡散係数は大きな値を示している。また、PVB 樹脂は $10^{-9}\sim10^{-10}\text{cm}^2/\text{y}$ 程度の値を示しており、十分な塩化物イオン透過抵抗性を持つことがわかる。

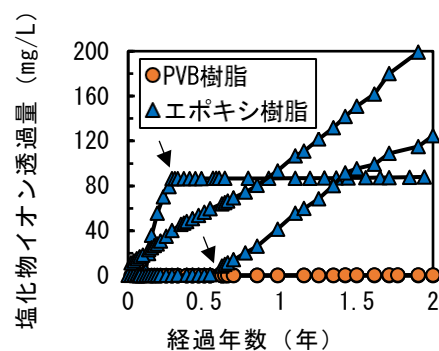
目標膜厚 $300\pm100\mu\text{m}$ および $220\pm40\mu\text{m}$ ではいずれの塗膜も、塩化物イオン拡散係数は $10^{-10}\text{cm}^2/\text{y}$ 程度の値を示しており、PVB-S 膜、PVB 樹脂はエポキシ樹脂と同等に非常に高い塩化物イオン透過抵抗性を持つことが確認できる。また、標準膜厚における PVB-S 膜と PVB 樹脂の塩化物イオン拡散係数は同程度であり、珪砂塗布の影響はないと考えられる。

4. まとめ

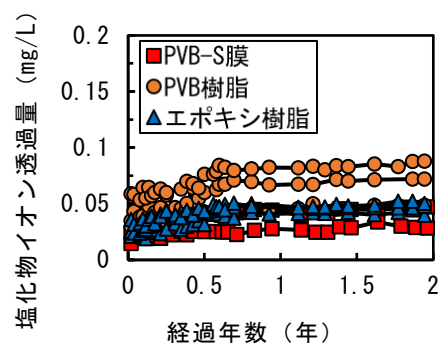
本検討より、PVB-S 膜 ($300\pm100\mu\text{m}$)、PVB 樹脂 ($220\pm40\mu\text{m}$, $100\pm30\mu\text{m}$) は、エポキシ樹脂と同等の塩化物イオン透過抵抗性を持つことが確認された。また、珪砂の有無は塩化物イオン透過抵抗性に大きな影響を与えないことが確認された。PVB 樹脂 ($100\pm30\mu\text{m}$) においても十分な塩化物イオン透過抵抗性を持つことから、補修の際にも $100\mu\text{m}$ 程度確保することで耐食性を付与できると考える。以上より、PVB-S 被覆鉄筋は、エポキシ樹脂被覆鉄筋と同等の塩化物イオン透過抵抗性を持つことから、高い防錆効果が期待できる。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー112 エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針 [改定版]，2003.11
- 2) 嶋田祐人，審良善和，石田知子，太田健司：PVB-S 被覆鉄筋の鉄筋防錆効果に関する基礎検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.43，No.1，2021



(a) 100 μm の結果



(b) 300 μm , 220 μm の結果

図-2 塩化物イオン透過量

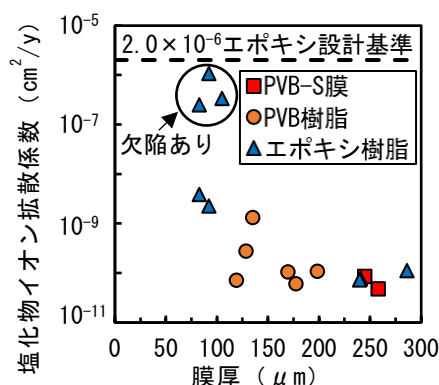


図-3 塩化物イオン拡散係数