

コンクリート中 PVB-S 被覆鉄筋の防錆効果と塗膜健全性

鹿児島大学 学生会員 ○富吉 陽斗, 正会員 審良 善和
(株)大林組 正会員 石田 知子, 正会員 太田 健司

1. はじめに

厳しい塩害環境にある RC 構造物では、耐久性の確保を目的として防食鉄筋が多く使用されている。その中で、伸び能力の高いポリビニルブチラール樹脂（以下、PVB 樹脂と称す。）で鉄筋を被覆し、付着性の向上を目的として珪砂を塗布した被覆鉄筋（以下、PVB-S 被覆鉄筋と称す。）が開発された。本研究では、コンクリート中を模擬した溶液（以下、模擬細孔溶液と称す。）による試験および PVB-S 被覆鉄筋を埋設した鉄筋コンクリートによる暴露試験を行い、PVB-S 被覆鉄筋のコンクリート中での防錆効果と塗膜健全性について実験的な検討を行った。

2. 実験概要

2.1 塗膜塩化物イオン透過性試験

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-E530-2003)²⁾ に準拠して行った。表 1 に塗膜試験片の種類を示す。PVB 樹脂およびエポキシ樹脂（以下、EP 樹脂と称す。）を用いた。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水溶液または5%NaCl 模擬細孔溶液、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た。試験は20℃一定の室内で実施し、試験体数は各3体とした。測定は蒸留水側の塩化物イオン量をイオンクロマトグラフ法により計測した。

2.2 浸漬による腐食試験

写真 1 に供試体形状を示す。φ16mm の PVB-S 被覆鉄筋およびエポキシ樹脂塗装鉄筋（以下、EP 鉄筋と称す。）を用い、試験範囲でない部分にはエポキシ樹脂を塗布した。試験溶液は模擬細孔溶液（pH：13.4、Ca(OH)₂：0.002mol/L+飽和分、KOH：0.31mol/L、NaOH：0.22mol/L の混合水溶液）、5%NaCl 模擬細孔溶液、5%NaCl 水溶液の3種類で、供試体数は各10体とした。浸漬開始後、2週に1回の頻度で測定周波数0.02Hz~200kHz、交流電圧5Vでインピーダンスの測定を行い、交流抵抗を算出した。ここで、被覆鉄筋の劣化指標は、既往の研究³⁾より周波数1Hz時の交流抵抗が10⁶~10⁷Ω・cm²で「膨れ・剥離」、10⁶Ω・cm²以下で「腐食あり」とした。また、判定後、塗膜劣化が認められる供試体は解体し、剥離面積および腐食面積の測定を行った。

2.3 鉄筋コンクリート暴露試験

沖縄県宮古島市平良港の海上大気中（写真 2）にて、鉄筋コンクリート暴露試験を2019年3月から行っている。供試体形状を図 1、供試体種類を表 2 に示す。調査項目はインピーダンス測定および供試体解体による鉄筋腐食調査を実施した。インピーダンス測定は、測定周波数0.02Hz~200kHz、交流電圧5Vで行った。鉄筋腐食調査は、基盤目試験を行った後に被覆材を除去し腐食面積を測定した。なお、普通鉄筋の供試体は鉄筋腐食調査のみ行った。

3. 結果および考察

3.1 塗膜の塩化物イオン透過性

図 2 に測定結果より算出した塩化物イオン拡散係数と膜厚の関係を示す。PVB-S 膜および PVB 樹脂膜は5%NaCl 模擬細孔溶液を用いた試験では拡散係数にばらつきがあり、やや大きくなる試験体を確認された。一方、5%NaCl 水溶液での拡散係数は概ね同程度であった。したがって、透過量および拡散係数が大きくなった原因としては、高ア

表 1 塗膜試験片の種類

塗膜試験片	目標膜厚(μm)
PVB-S膜	300±100
PVB樹脂膜	220±40
EP樹脂膜	220±40

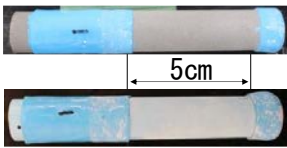


写真 1 供試体形状



写真 2 宮古島暴露場

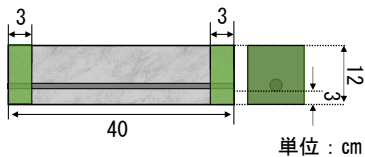


図 1 宮古島供試体形状

表 2 供試体種類

鉄筋	セメント種類	練混ぜ水	ひび
PVB-S被覆鉄筋	普通ポルトランドセメント (OPC)	水道水	無
		海水	有
	FAセメント	水道水	無
		海水	有
EP鉄筋	普通ポルトランドセメント	水道水	無
	FAセメント	海水	無
普通鉄筋	普通ポルトランドセメント	水道水	無
	FAセメント	海水	無

キーワード 防食鉄筋, PVB-S 被覆鉄筋, 塩害, 防食, 耐久性

連絡先 〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学 海洋土木工学科 TEL 099-285-8480

ルカリ性環境における PVB 樹脂の変質または製造時の微細欠陥が影響していると考えられる。しかし、図中の点線で示している EP 樹脂の設計用値を十分満足しているため、コンクリート中を模擬した溶液においても高い塩化物イオン浸透抵抗性を保持していることが確認された。

3.2 浸漬による腐食試験

図 3 に試験溶液ごとの周波数 1Hz 時の交流抵抗の経時変化を示す。図中の赤線および緑線は被覆鉄筋の劣化指標の閾値を示している。模擬細孔溶液の試験では、PVB-S 被覆鉄筋は浸漬開始時から交流抵抗の低下がみられたが、40 週以降は EP 鉄筋と概ね同程度の抵抗値で推移している。一方、5%NaCl 模擬細孔溶液および 5%NaCl 水溶液を用いた試験では、PVB-S 被覆鉄筋の交流抵抗の低下が速く、EP 鉄筋に比べ耐食性が劣る結果となった。これは、PVB 樹脂は EP 樹脂と比べ親水性が高いため、浸漬試験では劣化しやすい環境となった可能性が高い。ただし、図 2 の塩化物イオン拡散係数では EP 樹脂と概ね同程度の値を示していることから塩化物イオンは浸透していないと予想される。また、微細な欠陥や珪砂の剥落の影響を受けている可能性も考えられる。

図 4 に解体した供試体の腐食面積と解体時の交流抵抗 (1Hz) の関係を示す。交流抵抗の低下と塗膜の劣化には強い相関があり、ここで示した判定の閾値を用いることでコンクリート中被覆鉄筋の状態を推定することができると考えられる。

3.3 鉄筋コンクリート暴露試験

図 5 に宮古島暴露供試体の周波数 1Hz 時の交流抵抗の経年変化を示す。コンクリート中においても、EP 鉄筋に比べ PVB-S 被覆鉄筋の抵抗値は低い傾向を示している。しかし、浸漬による腐食試験ほどの違いはなく、暴露 3 年時には EP 鉄筋も同程度の低下を示している供試体が確認された。これは、コンクリート中に埋設し、海上大気中に暴露していることで水の供給が少ないためだと考えられる。

鉄筋の状態としては、PVB-S 被覆鉄筋および EP 鉄筋に腐食は確認されず、普通鉄筋のみ腐食が認められた。被覆膜については、PVB-S 被覆鉄筋-OPC のみ鉄筋との付着性の低下が確認された。しかし、鉄筋腐食までは至っておらず、健全性は維持されていると考えられる。

4. まとめ

PVB-S 被覆鉄筋はコンクリート中において、塗膜の劣化は EP 鉄筋と同程度であり、高い塩化物イオン浸透抵抗性と防錆効果を保持していることが確認された。

参考文献：1) 嶋田祐人，審良善和，石田知子，太田健司：PVB-S 被覆鉄筋の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.1，2021，2) 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]，2003.11，3) 嶋田祐人，審良善和，石田知子，太田健司：PVB-S 被覆鉄筋の腐食とインピーダンスの関係，令和 4 年度土木学会全国大会第 77 回年次学術講演会，V-178，2022.9

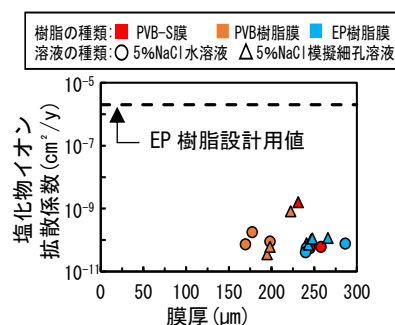


図 2 塩化物イオン拡散係数

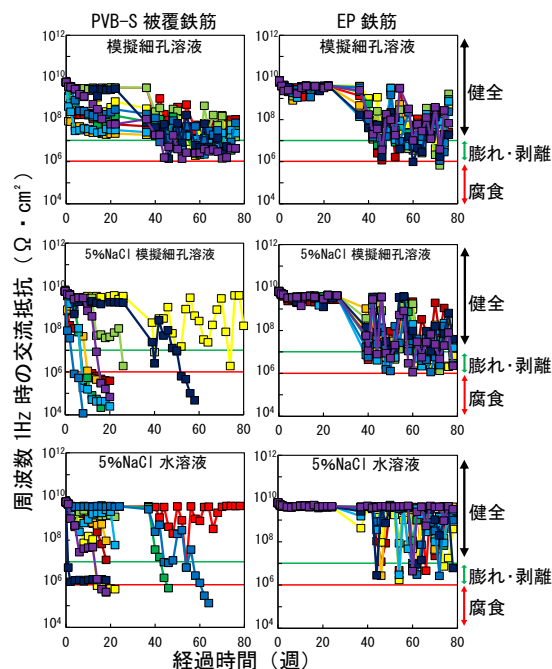


図 3 周波数 1Hz の交流抵抗経時変化

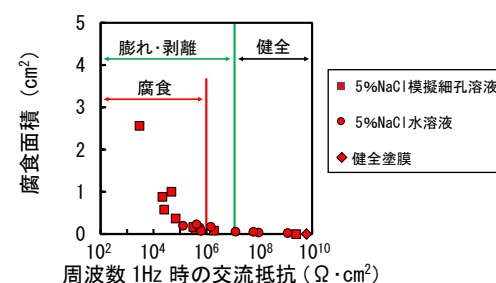


図 4 腐食面積と交流抵抗の関係

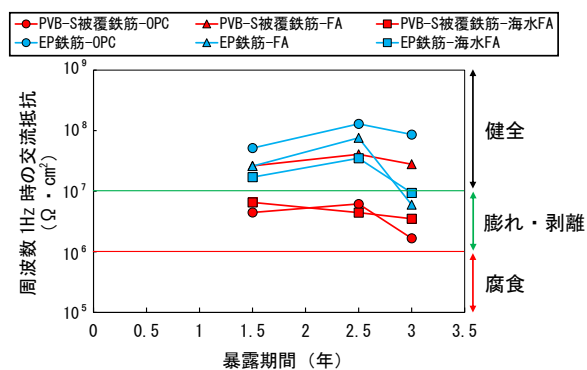


図 5 周波数 1Hz の交流抵抗の経年変化