

吹き付けコンクリートとエポキシ樹脂塗装鉄筋を併用した補強土工法の長期耐久性に関する研究

鹿児島大学 学生会員 ○吉田 誠

鹿児島大学 学生会員 樋原 弘貴

鹿児島大学 学生会員 松元 淳一

鹿児島大学 学生会員 山口 明伸 (株)日本地下技術 正会員 三田 和朗

1. はじめに

切土した斜面の安定化を図るために用いられる補強土工法には長期耐久性が求められるが、地上部がコンクリート製の場合、海岸や温泉地盤などの特殊な環境を除いては、これまで特に耐久性上の考慮はなされていなかった。しかし、近年、雨水の酸性化や二酸化炭素の増加など地球環境の悪化が深刻化していく中で、一般環境であっても初期の性能を長期間維持することができない状況も予想されるようになってきた。そこで本研究では、地上部を吹き付けコンクリートで施工する補強土工法の1つで、その100年耐久性を確保するためにエポキシ樹脂塗装鉄筋（以下；EP 鉄筋と称す）とコンクリート表面被覆材を併用した工法を取り上げ、この工法の酸性雨と炭酸化の複合劣化環境における耐久性について実験的に検討を行った。

2. 検討を行った補強土工法の特徴

図-1には、本補強土工法の断面図を示した。本工法は、吹き付け法枠工法を簡素化することで従来の工法より経済性を高めており、また、地上部の頭部コンクリート部材および地盤の補強部材に高耐久性のEP 鉄筋を用いた。さらに、頭部コンクリートの表面には、表面被覆材を塗布することでコンクリート自体の耐久性向上を図った工法である。

3. 実験概要

3.1 供試体概要

実験には、実際の頭部コンクリートと同様に、全ての材料を予め練り混ぜた水セメント比 55%のコンクリートを圧縮空気吹き付けで作製した湿式吹き付けコンクリート供試体を用いた。供試体の形状を図-2に、供試体の要因と水準を表-1に示す。供試体中には、L字型に折り曲げたEP 鉄筋あるいは比較用の異形鉄筋をそれぞれ2本ずつ、かぶり 3cm および 4cm に配筋し、コンクリート表面については、試験面を除く側面および底面をそれぞれエポキシ樹脂とタールエポキシ樹脂で被覆した。一方、試験面には表-1に示した2種類の表面改質材あるいは撥水材を塗布し、比較用として用いた無処理ものと合わせて計4種類について検討を行った。また、劣化状況を強度の観点からも把握するためφ5×10 cmの圧縮強度供試体も併せて作製した。

3.2 酸性雨散布と炭酸化促進を併せた複合劣化促進試験

ここでは、将来の雨水の酸性化と二酸化炭素濃度の上昇を考慮し、酸性雨による化学的劣化現象と炭酸ガスによる炭酸化現象の複合した劣化環境での耐久性を検討することとし、本研究室で開発した酸性雨劣化と炭酸化促進を併せた

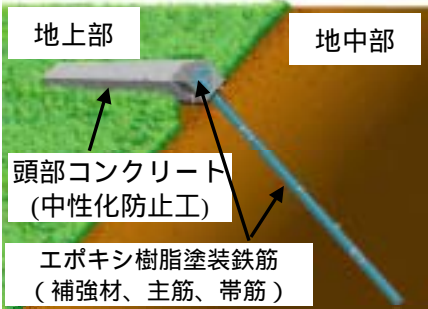


図-1 補強土工法断面図

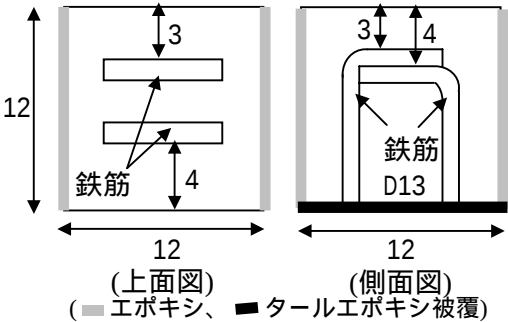


図-2 供試体形状 (単位：cm)

表-1 要因と水準

要因	水準
鉄筋種類	エポキシ樹脂塗装鉄筋 普通鉄筋
表面処理種類	シラン・シロキサン系撥水材 ケイ酸ナトリウム系表面改質材A ケイ酸ナトリウム系表面改質材B 無塗布

表-2 促進試験条件

1サイクル (散布 乾燥)	暴露1年相当 (22時間 74時間)
散布溶液	酸性溶液(pH3.0)
散布量	2250L/m ²
CO ₂ 濃度	5%
温度	30
湿度	70～100%

キーワード 補強土工法、改質材、酸性雨、炭酸化

連絡先 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-40 鹿児島大学工学部海洋土木工学科 TEL099-285-8480

促進試験により、頭部コンクリートの長期的耐久性を検討した。この促進試験の諸条件を表-2に示す。散布溶液は火山性酸性雨環境である桜島の降雨の組成を考慮した化学組成の酸性溶液で、既往の研究¹⁾より、酸性雨散布と炭酸化促進(乾燥)の繰り返し1サイクルが1年に相当すると考えた。なお、本試験は最長100サイクルまでを予定しているが、ここでは、25サイクル(暴露25年相当)までの結果について報告する。

4. 実験結果および考察

想定暴露年数25年における供試体内部の中性化深さを図-3に示す。無塗布に比べ、改質材を塗布した場合、僅かながら中性化を抑制する結果を示したが、撥水材を塗布したものは、かえって中性化が大きくなる結果を示した。これは、改質材が供試体内部の Ca^{2+} と反応し、C-S-H結晶を生成することで、コンクリート表面を緻密化し劣化因子の侵入を抑制したのに対し、撥水材には外部からの水分の浸入は抑制するが、気体の移動は制御しない特徴があることから、外部からの CO_2 の浸入や供試体内部からの水蒸気の散逸が生じ、他の供試体に比べて供試体内部が乾燥した状態で二酸化炭素の影響を受けて、炭酸化が早まったものと考えられた。

図-4には、コンクリートの $\text{Ca}(\text{OH})_2$ が CO_2 と反応し生成された CaCO_3 量を表面からの深さごとに示差熱重量分析装置にて測定した結果を示す。この結果からも、無塗布に比べて改質材を塗布した場合は炭酸化を抑制しているのに対し、撥水材では逆に炭酸化が促進されている状況を確認できる。

図-5, 6には普通鉄筋およびEP鉄筋の腐食面積率についてそれぞれ示した。想定暴露年数25年時点の腐食面積は、無塗布供試体中の普通鉄筋でも最大で約0.7%と小さいが、改質材や撥水材を塗布することで明らかに腐食抑制効果があることが確認された。また、EP鉄筋については、表面改質材の種類や有無に関わらず、腐食量は極めて小さく、鉄筋の曲げ部付近に点状の腐食が見られた程度であり、EP鉄筋の使用が耐久性に有効であることがあらためて確認された。

図-7には、想定暴露年数25年までの圧縮強度の経時変化を示す。この結果、改質材を塗布した供試体の25サイクル時点で圧縮強度は、無塗布供試体や撥水材を塗布した供試体に比べて幾分小さくなる傾向を示した。この理由については現時点では明確でないが、吹付けコンクリートの品質ばらつき等も含め、今後検討すべき点であると考えている。

5. まとめ

補強土工法の頭部コンクリート部材について、酸性雨と炭酸化の複合作用に対する耐久性を検討した結果、想定暴露年数25年程度では、供試体表面深さ方向に1~5mm程度中性化が進行し、若干の鉄筋腐食も認められるものの、頭部コンクリート部材は所要の耐久性を保持していた。

また、この部材にEP鉄筋と表面被覆材として改質材Bを用いることによって耐久性が向上することも確認された。

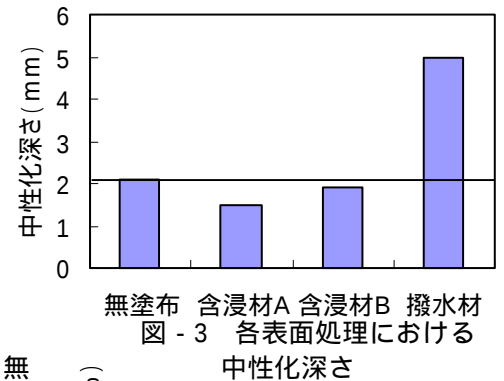


図-3 各表面処理における中性化深さ

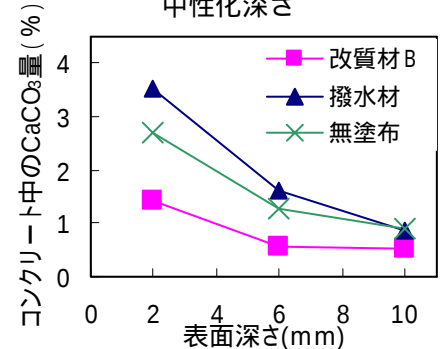


図-4 コンクリート中の CaCO_3 量

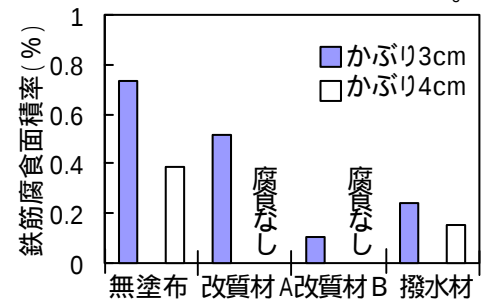


図-5 普通鉄筋の腐食面積率

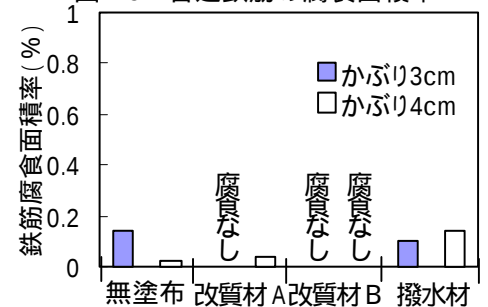


図-6 EP鉄筋の腐食面積率

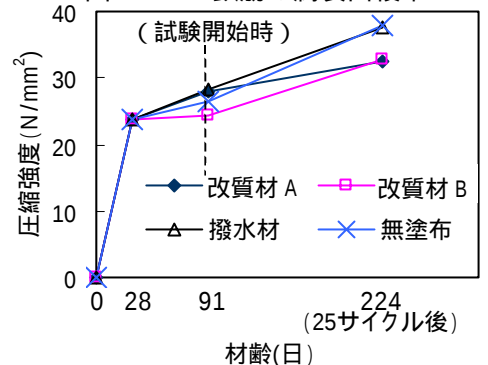


図-7 圧縮強度の経時変化

1) 久場公司、武若耕司、審良善和、山口明伸：鉄筋コンクリートの酸性雨劣化評価のための促進試験方法について、土木学会第57回年次学術講演会、-536、pp1071-1072、2002