

海洋飛沫帯に 5 年間暴露した鉄筋コンクリート梁の性状(II)

— 2 種防食の効果 —

Behavior of Reinforced Concrete Beams Exposed in Marine Splash Zone for Five Years (II)

— Effect of Membrane Protection Methods —

小林 一 輔*・星 野 富 夫*

Kazusuke KOBAYASHI and Tomio HOSHINO

1. は し が き

前報¹⁾では 1 種防食, すなわちセメントの種類・水セメント比およびかぶり²⁾が鉄筋腐食に及ぼす影響について報告したが, 本文では各種の 2 種防食を施した場合の防食効果について鉄筋腐食の面から検討を行ったものである。

2. 2 種防食の概要

本試験で取り上げた 2 種防食方法は, コンクリート表層部に防食層を設けて鉄筋の防食を図る 3 種の方法及び繊維補強コンクリートの適用であるが, 今回は以下に示すような表層部に防食層を設ける 2 種防食方法を適用した場合の結果について報告する。

①合成高分子材料のコーティング

A 種: エポキシ樹脂系として変性脂肪族アミンを硬化剤とした無溶剤型の可撓性エポキシ樹脂をコーティングしたもの,

B 種: 合成ゴム系としてポリブタジエンをイソシアネートプレポリマーで架橋硬化させた弾性ポリブタジエン防水材をコーティングしたもの,

A 種, B 種とも下地処理としてエポキシ樹脂系プライマーを使用し, 更に耐候性の改善を図るために上塗材としてアクリルウレタン樹脂系の塗料を塗布した。なおこれらの全体のコーティング厚さはいずれも約 0.6~1.0mm である。

②ポリマーセメントモルタルのライニング

A 種: ポリマーディスパージョンはアクリル樹脂エマルジョン(固形分 48%)とエポキシ樹脂エマルジョン(固形分 68%)であってポリマーセメント比は 25%, 水セメント比は 32% である。これに珪砂および珪石粉を用いてモルタルとし, 更に強化材としてガラス繊維を混入したポリマーセメントモルタルを 3 層に分けてライニングしたもので, このライニン

グ厚さは約 10mm である。

B 種: ポリマーディスパージョンは固形分 50% の柔軟型アクリル樹脂エマルジョンを主体としたものであって, ポリマーセメント比は 50% と A 種より大きくしたもので水セメント比は 30% である。これに骨材として珪石粉を混入した。このポリマーセメントモルタルを A 種の 3 層目つまり最外層のライニング部分に 2 層に分けてライニングしたものである。B 種のライニング厚さもほぼ 10mm である。

③繊維補強型枠の使用

早強セメントを用いた水セメント比 30% のモルタルと, 長さ 37mm に切断した耐アルカリガラス繊維を同時に吹きつけて成形したガラス繊維補強セメント板(GRC)を永久型枠とするもので, ガラス繊維を容積で 3% および 5% 混入し, 計画板厚を 5mm ならびに 10mm とする合計 4 種類のものを使用した。

3. 供試体の作成

合成高分子材料のコーティングとポリマーセメントモルタルのライニングは, 前報¹⁾の水セメント比 60% のコンクリートの打設面以外の面に施し, 繊維補強セメント板を永久型枠とするものでは, 上記のコンクリートを GRC 板を用いて作成した型枠に打設した。これらの処理は, 電位測定を行うために打設面のみ開放状態とした。

鉄筋の計画かぶりは 2cm と 3cm としたが, GRC 型枠のみすべて 2cm とした。これらのコンクリート梁の締めつけ方法, あるいは暴露方法は前報と同一であるが, 締めつけ荷重は同一水セメント比の無防食コンクリート梁の締めつけ荷重により行った。

4. 鉄筋腐食の測定方法

海洋飛沫帯に 5 年間に暴露した場合, 鉄筋の腐食は相当に進行しているものがあり, このような場合には腐食の程度を面積率のみで評価することは妥当でないと考え

*東京大学生産技術研究所 第 5 部

研究速報

られる。そこで、以下に示すようにして腐食減量の測定を行った。

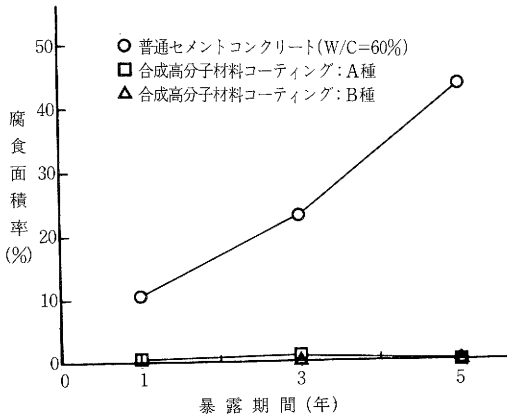


図-1 腐食面積率と暴露期間の関係 (かぶり 2 cm)

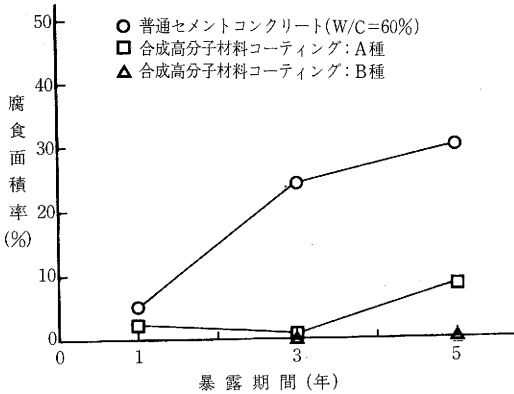


図-2 腐食面積率と暴露期間の関係 (かぶり 3 cm)

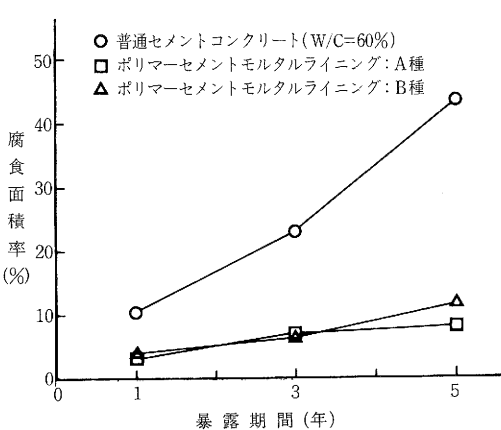


図-3 腐食面積率と暴露期間の関係 (かぶり 2 cm)

コンクリート中より取り出した鉄筋をJCI「コンクリート中の鋼材の腐食評価方法」に規定されている方法、すなわち、10%クエン酸二アンモニウム溶液(60°C)に鉄筋を2日間浸漬した後、ブラッシングによって腐食生成物を除去して腐食減量を求めた。実験に先立ち予備実験でこれらの浸漬時間や方法あるいは、黒皮部分の損失量を調べた。また、基準となる重量は鉄筋によって大きく異なることから、おのおのの鉄筋の健全部分を切断して重量を正確に測定し、腐食面積率の割合で黒皮部分を補正した。

5. 各種防食と鉄筋腐食

図-1~5は、以上のような2種防食を適用した鉄筋コンクリート梁中の鉄筋腐食の進行状態を示したものであって、いずれも同一水セメント比の無防食コンクリートの場合と比較して示している。この場合の腐食面積率

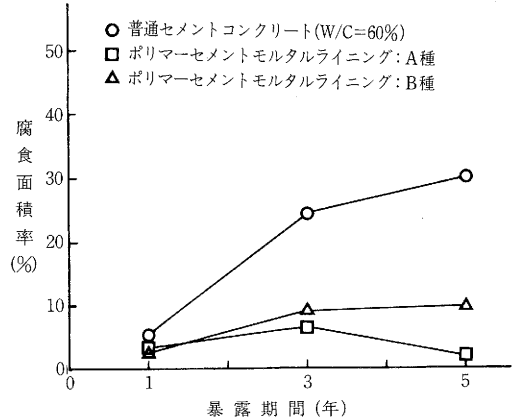


図-4 腐食面積率と暴露期間の関係 (かぶり 3 cm)

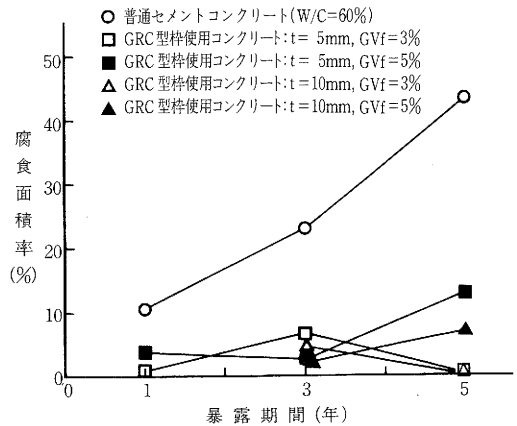


図-5 腐食面積率と暴露期間の関係 (かぶり 2 cm)

の値は、同一条件で暴露した梁 2 本より取り出した 4 本の鉄筋の腐食面積率の平均を示している。

図-1~2 は、合成高分子材料のコーティングを施した場合の結果をかぶり別に示したものであるが、かぶりが 3 cm で、A 種のエポキシ樹脂系のもを用いた場合を除き、今回検討を行った各種の 2 種防食を行ったものの中では最も優れた防食効果を示した。また、暴露 5 年時点の表面状態の観察においても耐候性の改善のために表面に塗布したものの“われ”が認められただけで腐食に関係するような表面劣化は認められなかった。かぶりが 3 cm で A 種のエポキシ樹脂系の場合に意外に大きな腐食面積率を示したのは、暴露当初の曲げ載荷の際にコンクリートに発生させたひびわれに沿ってコーティング材にもひびわれが生じたためであって鉄筋腐食はこのひびわれ発生位置を中心に生じていた。

図-3~4 はポリマーセメントモルタルのライニングを施した場合の結果である。この種のものでは暴露当初の曲げ載荷によって、ほとんどの梁のスパン中央付近に 1~2 本の比較的大きな幅の曲げひびわれが生じており、腐食はその部分で発生している。しかし、暴露 1 年以下における腐食の進行は比較的緩やかであるが、これは腐食個所がひびわれ部分に集中しているためであると考えられる。なお、この種の防食による塩分の抑制効果が優れていることについては次報以降に報告する予定である。

図-5 は GRC 永久型枠を適用した場合の結果を示したものである。暴露当初の曲げ載荷時には、ガラス繊維の補強効果により GRC 板の表面には大きなひびわれは生

じなかったが、微細なひびわれが観察された。この図をみると、ガラス繊維の混入率によって腐食面積率が異なっている。すなわち、混入率 3% の場合には優れた防食効果が認められるが、混入率 5% の腐食面積率は暴露期間が 5 年の段階で大きくなっている。混入率 5% の供試体の表面状態を観察したところ、劣化したと思われる部分にガラス繊維の塊のような状態が認められた。このことから、混入率 5% の場合には繊維が多くなったためにマトリックスであるセメントペーストの充填効果が悪くなり全体として多孔質となったために鉄筋腐食が進行したものと思われる。

6. 腐食度による鉄筋腐食の評価

図-6 は腐食面積率と腐食減量について、同種の 2 本の梁より取り出した 4 本の鉄筋の平均値を示したものである。この図から明らかなように、同一腐食面積率でも腐食減量に相当な差があり、このことはある条件のものは鉄筋に断面欠損を生じているものがあることを示唆している。筆者らは、これを定量的に表すために腐食量を腐食面積で除した値である腐食度を用いることとした。図-7 は 1 種防食および 2 種防食の防食効果を腐食面積率と腐食度の 2 つの方法で表したものである。これらの図から明らかなことは、腐食面積率で表した場合には 1 種防食に比べて防食効果が優れていると判断された 2 種防食でも腐食度で表すと両者の差が縮まるものが認められることである。すなわち、2 種防食でも防食層に欠陥のあるものは、その部分に集中的に腐食が進行し、断面欠

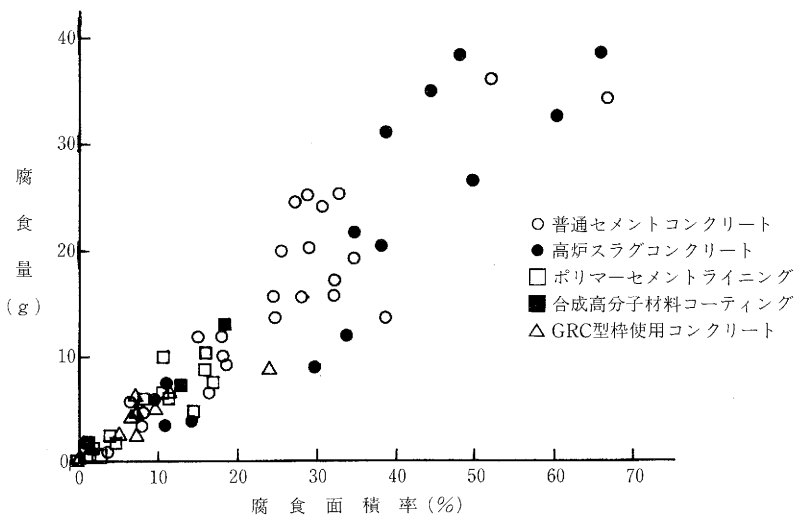


図-6 鉄筋の腐食面積率と腐食減量の関係

研究 速 報

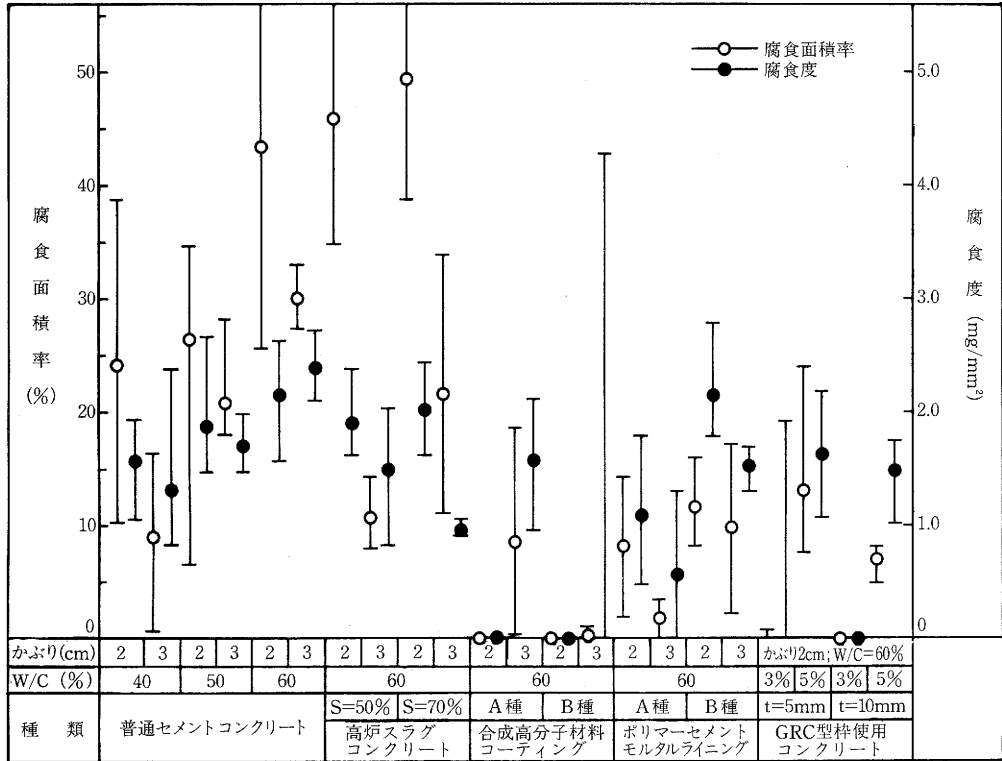


図-7 鉄筋の腐食面積率と腐食度の関係

損が大きくなることを示している。これは、アノードの面積に対するカソードの面積の比率が著しく大きくなるためと考えられ、表面に防食層を設ける 2 種防食の場合には欠陥を作らないことが重要であり、欠陥のある場合にはかえって断面欠損に結びつくような腐食を促進する

恐れがあることを示している。 (1989年 5月27日受理)

参 考 文 献

- 1) 小林, 星野: 生産研究, Vol. 41 (1989) No. 7
- 2) 小林, 星野: 生産研究, Vol. 39 (1989) No. 11