

樹脂ライニング工の環境劣化特性に関する研究

大阪大学大学院 学 生 員○梅原由紀夫 大阪大学大学院 正 会 員 大西 弘志
大阪大学大学院 フェロー会員 松井 繁之 株式会社奥村組 正 会 員 守屋 裕兄

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート(以下 RC と表記)構造物の劣化問題が多発している。RC 構造物の劣化事例は鉄筋腐食が関係していることが多く、鉄筋腐食をいかに防止・抑制するかが維持管理上重要である。そこで本研究では鉄筋腐食劣化に対する有効な補修工法として、外部からの劣化因子遮蔽性に優れる樹脂ライニング工法に着目した。樹脂ライニングに要求される性能として、①引張性能、②引裂性能、③ひび割れ追従性、④付着性能、を取り上げ、環境促進試験で劣化させた供試体に対して以上の4種の性能試験を行い、主にウレア系樹脂材料について環境促進試験による環境劣化特性を調査した。本稿では付着試験の結果について述べる。

2. 実験方法

表-1 ライニング工概要

主材	トップコート	プライマー	主材厚or層数
ウレアウレタン	アクリルウレタンA	エポキシ系A	約2mm
ポリウレア	アクリルウレタンA	エポキシ系A	約2mm
エポキシ樹脂	アクリルウレタンB	エポキシ系B	3層
ガラスクロスFRP	アクリルウレタンB	エポキシ系B	3層+ガラスクロス
ビニルエステルFRP	専用剤	専用剤	2層+ガラスフレーク

2.1 供試体

本研究におけるライニング工の主材として用いた材料は、表-1 に示すように近年施工実績の増加しているウレアウレタン樹脂およびポリウレア樹脂を中心とする5種類である。

付着試験には、建研式付着試験による調査を行うために、図-1 に示すモルタル片被覆供試体を用意した。環境促進試験は付着試験を行う劣化対象面以外の面もライニングで覆って行った。ウレアウレタンとポリウレアは施工厚を2mmとし、それ以外のものはさらに薄い仕様となっている。供試体は同一条件（同材料、同環境促進）毎に3体用意した。

2.2 環境促進試験

本研究で用いる環境促進試験装置は表-2 に示す設定条件で試験を行える3機である。本研究ではさらに実環境に近い環境促進を行うため、表の試験を組み合わせて交互に行う複合環境促進試験を行った。組み合わせを以下に示す。

- (1) U+S 試験：海岸部の高架橋等の構造物に対する施工を想定。
- (2) U+T 試験：山間部の高架橋等の構造物に対する施工を想定。
- (3) S 試験：海岸部のトンネル内での施工を想定。

以上の複合環境促進試験は、単一環境促進試験を1SET 行うごとに交代し、同じ試験に戻るまでを改めて

1SET として最大6SET 行う。

2.3 耐久性評価

(1)外観観察

樹脂系材料の経時劣化として現われるわれ、はがれ、白亜化等の現象を目視による外観観察を行う。画像をデジタルカメラで記録し、CCD カメラによる観察・記録も随時行う。

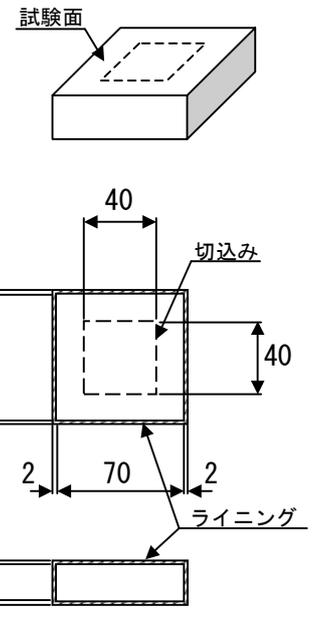


図-1 供試体

表-2 環境促進試験装置設定条件

◆U試験(テューサイクル耐候性試験) (1SET:100cycle)

状態	ブラックパネル温度	試験槽温度	湿球温度	湿度	時間
カーボンアーク照射	63°C	50°C	31°C	50%	60分
暗黒降雨	—	42°C	30°C	98%	30分
1cycle所要時間					1時間30分

◆T試験(恒温恒湿試験)(1SET:50cycle)

状態	温度	湿度	時間
低温保持	5°C	60%	1時間15分
移行	↓		45分
高温保持	60°C	60%	1時間15分
移行	↓		45分
(次サイクル)	(5°C)		(1時間15分)
1cycle所要時間			4時間

◆S試験(塩乾湿複合サイクル試験)(1SET:20cycle)

状態	温度	湿度	塩水濃度	時間
塩水噴霧	35°C	98%	5%	4時間
乾燥	60°C	—	—	2時間
湿潤	50°C	—	—	2時間
1cycle所要時間				8時間以上

※ただし、S試験はSTEP間の移行時間を含まない

キーワード：樹脂ライニング，環境促進試験，付着試験，ウレアウレタン樹脂，ポリウレア樹脂

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 TEL 06-6879-7618 FAX 06-6879-7621

(2)光沢度および厚さ測定

樹脂材料に光劣化が進行すると、多くの材料で白亜化等による光沢度の低下が起こる。本研究では光沢度を経時劣化の一指標としてとらえ、光沢度の経時変化を測定した。また、試験終了時の厚さを測定し、試験前との比較も行った。

(3)付着試験

所定の環境促進試験終了後、各供試体に対して建研式付着試験を行い、付着強度の経時劣化傾向を調査した。



図-2 ウレアウレタン U+S 試験 6SET 後 外観

3. 試験結果

3.1 外観観察

外観の一例を図-2 に示す。どの供試体も U 試験 1SET ごとに表面に白亜化が見られた。ウレアウレタンとポリウレアについては一部の供試体で、トップコートの白亜化による損耗により主材が部分的に露出している箇所があり、露出部においてウレアウレタンでは激しい黄変、ポリウレアでは割れが見られた。その他の材料ではエポキシ・ガラスクロスでは同様の白亜化および露出が、ビニルエステルでは黄変が見られ、エポキシの一部ではふくれが見られた。

3.2 光沢度および厚さ

光沢度は図-3 に示すように U 試験 1SET 後、光沢保持率で 50%以下に低下する供試体が多く、その後は緩やかに低下もしくは収束した。ビニルエステルライニングは最初から光沢度が他の材料に比べて低いと同様の傾向を示した。厚さは試験前後でばらつきがあり、経時的な変化傾向は見られなかった。

3.3 付着強度

ウレアウレタンの付着試験の結果の一例を図-4 に示す。ここでプロットした点は同一条件 3 体の平均値である。ここに見られるように、付着試験の経時劣化傾向は見受けられなかった。ポリウレアについても同様の結果を示した。各種ライニング工の 0, 3, 6SET での付着強度の比較を図-5 に示す。各種複合環境促進試験において、各ライニング工の付着強度には明らかな劣化傾向は見られなかった。エポキシ、ガラスクロス、ビニルエステルについては、6SET 終了時に再度ウレアウレタン、ポリウレアとの比較を行う。

4. まとめ

ウレアウレタン樹脂、ポリウレア樹脂ライニング工は、本研究の環境促進条件に対して、光沢の低下がみられるものの、外観、付着強度ともに高い耐久性を示した。このウレア系樹脂ライニング工とその他の樹脂ライニング工との付着強度に関する比較では、最大環境促進の半分の時点(3SET)で、有意な差は見受けられない。

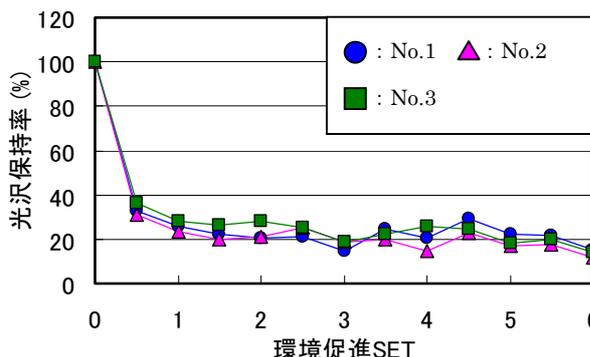


図-3 光沢度経時変化(ウレア U+S 試験)

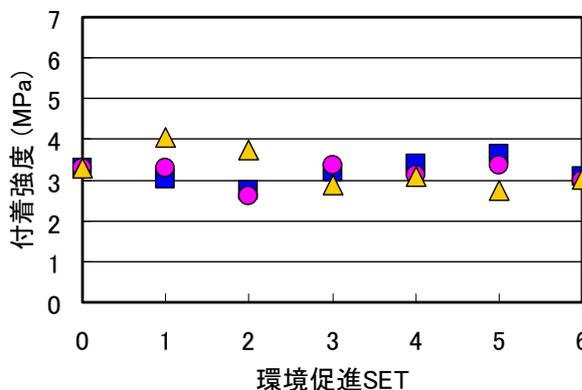


図-4 付着強度経時変化(ウレアウレタン)

(■ : U+S 試験, ● : U+T 試験, ▲ : S 試験)

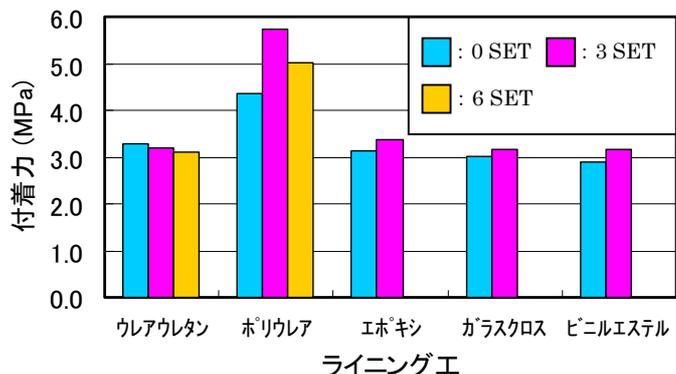


図-5 ライニング工別付着強度比較(U+S 試験)