

## 防水材料の耐候性試験 その44

### FRP防水材の屋外暴露試験7年（断面観察）

防水材料	耐候性	屋外暴露
FRP防水材	劣化	断面観察
元素分布		

正会員	○川口圭太*1	正会員	梶野正彦*1
正会員	竹本喜昭*2	正会員	清水市郎*3
正会員	松村 宇*4	正会員	高根由充*5
正会員	田中享二*6		

#### 1. はじめに

防水材料促進耐候性試験方法小委員会では2002年から各種防水材料の屋外暴露試験を実施している。防水材料の耐候性試験（その16）（その33）（その34）では、FRP防水の屋外暴露試験3年及び7年経過時の外観変化及び物性変化について外観変化はあるが、物性は確保されていることを報告した。また、FRP防水材工業会では断面観察によるFRP防水材の劣化状況考察（その1）（その2）で屋外暴露3年経過時の断面観察を報告した。

本報では、FE-SEM（電界放射型走査電子顕微鏡）を用いて屋外暴露7年の試験片断面の微視観察およびX線照射による断面の元素の分布状況を観察し、3年経過時と7年経過時の断面の比較および、トップコートの有無による断面の比較を実施した。

#### 2. 試験

##### 2.1. 暴露試験体

評価に用いた暴露試験体は、30cm角コンクリート舗道板全体をFRP防水材で被覆する形で作成した。試験体の仕様は、スチレン系FRPでトップコートなしのM-1試験体とスチレン系FRPでポリエステル樹脂系トップコートありのM-3試験体で、試験体は暴露期間ごとに回収し各評価を実施した。

##### 2.2. 屋外暴露試験

暴露地域一覧を表1に示す。

表1 屋外暴露地域

気候	暴露地	
N；寒冷地域	旭川	北海道立北方建築総合研究所
C；温暖地域	銚子	日本ウェザリングテストセンター
S；亜熱帯地域	宮古島	日本ウェザリングテストセンター

##### 2.3. 評価方法

評価方法を表2示す。

表2 評価方法

項目	試験方法	
外観変化	状態観察	目視・顕微鏡観察（100倍）
	白亜化	JIS K 5600-8-6
断面観察	2次電子画像	FE-SEMによる画像処理（250倍） 加速電圧20kV

#### 2.4. 観測元素

FE-SEMによる観測元素の一覧を表3に示す。

表3 観測元素と表示色

観測元素	表示色	備考
炭素	赤	樹脂を示す
珪素	青	ガラス繊維を示す

#### 3. 評価結果と考察

##### 3.1. 外観変化

屋外暴露3年及び7年のM-1試験体、屋外暴露7年のM-3試験体の外観変化結果を表4に示す。

表4 各試験体の外観変化

期間	試験体	暴露地	白亜化	状態観察
3年	M-1	旭川	等級1	ガラス繊維の表出がなく、拡大しても割れ、剥がれ、膨れは見られない。
		銚子	等級1	
		宮古島	等級1	
7年	M-1	旭川	等級3	ガラス繊維の表出があり、宮古島では他の暴露地に比べ多い。拡大しても割れ、剥がれ、膨れは見られない。
		銚子	等級3	
		宮古島	等級4	
	M-3	旭川	等級4	ガラス繊維の表出がなく、拡大しても割れ、剥がれ、膨れは見られない。
		銚子	等級4	
		宮古島	等級4	

7年経過のM-1試験体は、いずれの試験体もガラス繊維が表出しており、3年経過時に比べ白亜化が進行していることから中塗り層の減耗が考えられる。

M-3試験体は、白亜化の進行が見られたがガラス繊維の表出は確認されなかった。

##### 3.2. 断面観察

###### 3.2.1. M-1試験体の断面観察

各暴露地におけるM-1試験体の暴露3年、暴露7年の断面写真（上段SEM画像）および元素分布（下段カラー）を図1に示す。断面写真と元素分布は同一箇所を記載しており、写真右側の矢印部が暴露面である。断面写真矢印部の白い帯は境界面の乱反射である。

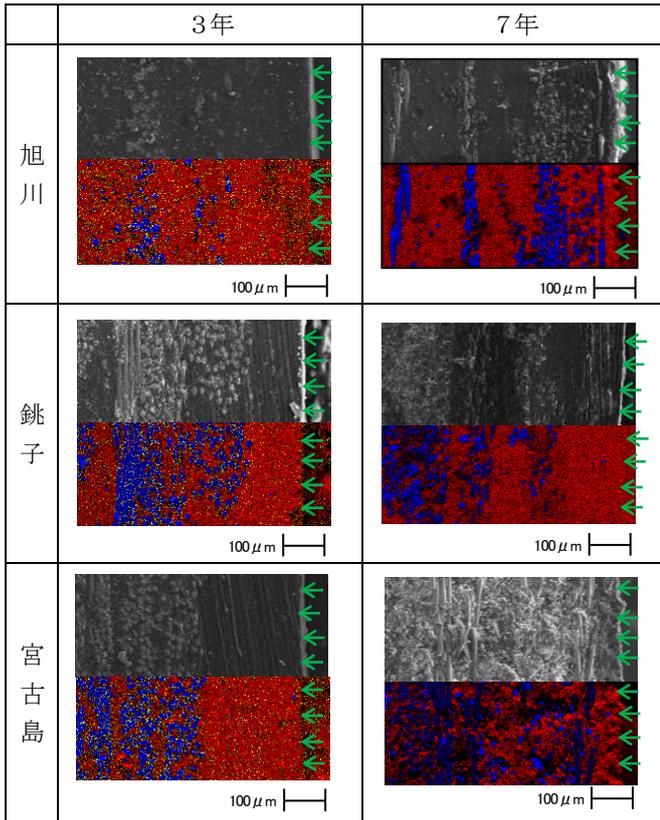


図1 M-1試験体の断面観察

図1より暴露3年のいずれの試験体も、ガラス繊維周りの炭素の消失が見られなかったが、暴露7年の試験体では表層付近に珪素の分布が確認され、宮古島では表層付近のガラス繊維周りの炭素の消失が見られた。黒く見えている部分が炭素の消失である。詳細例として図2に宮古島暴露3年、7年のガラス繊維周りの元素分布拡大写真を示す。

防水層の劣化は表層から進行し、表出したガラス繊維に沿って樹脂の加水分解により炭素が消失したものと考えられる。暴露地にかかわらずガラス繊維が表出している範囲では、同様に樹脂分の消失が生じていると予測される。

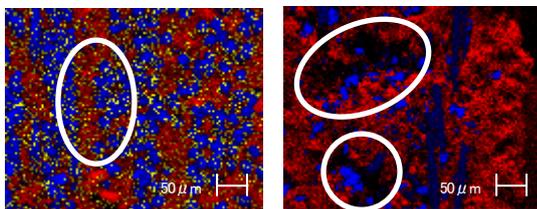


図2 宮古島元素分布拡大写真 (左: 3年 右: 7年)

暴露3年の写真で黄色に表示されているものは、測定時のノイズである。

### 3.2.2. M-3試験体の断面観察

各暴露地におけるM-3試験体の暴露7年の断面写真・元素分布および宮古島のガラス繊維周りの元素分布拡大写真を図3に示す。

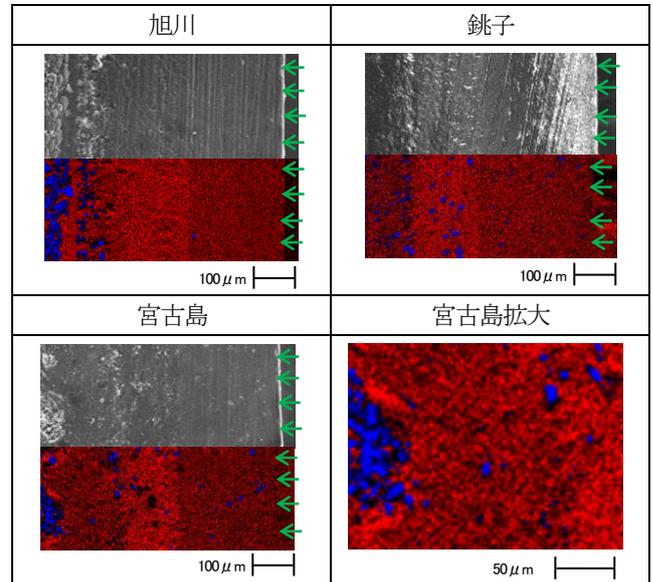


図3 M-3試験体の断面観察

トップコート有りのM-3試験体はいずれも白亜化は進行しているが、炭素の分布が密であり、ガラス繊維周りの炭素の消失が見られず表層にも空隙などの欠損が確認されないことから保護機能を維持していると考えられる。

## 4. まとめ

- FE-SEMによる評価方法で画像化することにより、M-1試験体の中塗り層の減少や露出したガラス繊維付近の炭素の消失など目視で観察困難な劣化が確認された。
- トップコートがある場合は屋外暴露7年でも防水層の保護機能を維持している。
- ガラス繊維が露出した場合、繊維に沿って防水層内部の樹脂の加水分解が進行し、防水機能に影響を及ぼす恐れがある。
- FRP防水の劣化は、M-1試験体の中塗り層の減少や白亜化など、表面から進行しており、ガラス繊維が表出しなければガラス繊維周りの炭素の消失が見られない。
- 表面からの防水層の劣化を保護するためトップコートは必要であり、適切な維持管理が求められる。
- 今後屋外暴露15年の試験体と本評価結果の比較を行い劣化の進行度合いを確認する予定である。

\*<sup>1</sup>FRP防水材工業会

\*<sup>2</sup>清水建設 博士 (工学)

\*<sup>3</sup>建材試験センター

\*<sup>4</sup>北海道立総合試験機構北方建築総合研究所

\*<sup>5</sup>日本ウェザリングテストセンター 博士 (工学)

\*<sup>6</sup>東京工業大学名誉教授 工博

\*<sup>1</sup>FRP Waterproofing Membrane Industry Association

\*<sup>2</sup>Shimizu Corporation, Dr. Eng

\*<sup>3</sup>Japan Testing Center for Construction Materials

\*<sup>4</sup>Hokkaido Research Organization

Northern Regional Building Research Institute

\*<sup>5</sup>Japan Weathering Test Center, Dr. Eng

\*<sup>6</sup>Emeritus professor of Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng