

CFRP 板及び GFRP 板の長期耐候性試験結果

(財)日本ウェザリングテストセンター 山口富三雄

1. はじめに

繊維強化プラスチックは、軽量化、高強度、高弾性率及び耐食性に優れているため、鋼材に変わる材料として、宇宙用途、航空機をはじめ、船舶、自動車、スポーツ用品及び構造物などの構造部材としての利用が急速に進んでいる。これらの製品及び部材は、使用する環境によって初期に保持していた性質、性能及び機能等が、時間の経過に伴って減少する。この減少する傾向を把握することは、安全性、品質保証及び製品設計等の面から極めて重要である。

本報告では、熱硬化性エポキシ系樹脂を用いてオートクレーブ成形又はプレス成形した炭素繊維強化プラスチック(以下、CFRP 板という。)の屋外暴露試験(最長 20 年間)及び促進試験(一部の試料 50,000 時間)によって耐候性を評価した結果を紹介する。また、建築基準法の防火材料に定められ準不燃材料に位置づけられているフェノール樹脂を用いて、引抜き成形法によって作成したガラス繊維強化プラスチック板(以下、GFRP 板という。)の屋外暴露試験(5 年間)及び促進試験(最長 10,000 時間)によって耐候性を評価した結果を紹介する。

2. CFRP 板の耐候性

2.1 実験の概要

CFRP の耐候性を評価するために、表 1 に示す 6 シリーズの屋外暴露試験(一部、促進試験を含む。)を実施した¹⁾²⁾。屋外暴露試験の状況を写真 1 に示す。

また、6 シリーズの評価項目は、外観観察、質量、光学的性質及び曲げ試験とするが、劣化状況に応じて、引張試験及び衝撃試験を追加した。

表1 実験の区分及び内容

| 区 分 | 実 験 の 内 容 |
|--------|-------------------------------------|
| L シリーズ | 地域の違い及び曲げ変形負荷の有無が耐候性に及ぼす効果。 |
| T シリーズ | エポキシ系樹脂タイプの違いが耐候性に及ぼす効果。 |
| V シリーズ | 炭素繊維含有率の違いが耐候性に及ぼす効果。 |
| P シリーズ | 塗装したCFRP板及び硬化温度の異なるエポキシ系樹脂単体の耐候性。 |
| R シリーズ | 曲げ変形負荷暴露における変形方法及び変形量の違いが耐候性に及ぼす効果。 |
| W シリーズ | 質量の変化傾向を把握。 |



↑ 屋外暴露試験の状況(鉋子)



↑ 曲げ変形負荷による暴露試験

写真 1 屋外暴露試験の状況及び曲げ変形負荷による暴露試験

2.2 Lシリーズ

曲げ変形負荷を与えた屋外暴露試験(以下、曲げ変形下暴露という。)及び曲げ変形負荷を与えない屋外暴露試験(以下、標準暴露という。)を行い、地域による違い及び曲げ変形負荷の有無が耐候性結果に及ぼす影響を評価した。

2.2.1 試料

試料は、織物基材及び一方向基材の2種類とし、硬化温度121℃形又は177℃形のエポキシ系樹脂をマトリックスとして、オートクレーブ又はプレス中で加熱、加圧により板状に成形し、織物基材についてはアニーリング処理を行った(以下、121℃硬化形又は177℃硬化形という。)。また、繊維含有率は60%(以下、Vf60%と略記。)とし、これら試料の組成及び成形条件を、表2に示す。

なお、試料の寸法は300×300mm、厚さは1mm、2mm、3mmとした。

表2 Lシリーズに用いた試料の組成及び成形条件

| 種類 | 織物強化板 | 一方向強化板 |
|---------|--|-----------------------------|
| 炭素繊維 | 平織り トレカ T300B-3000 ケブラー195(トレーサ) | 一方向 ベスファイト HTA7-12000 |
| 樹脂 | 177℃硬化形エポキシ系樹脂 (硬化剤DDS) | 121℃硬化形エポキシ系樹脂 (硬化剤DICY) |
| プリプレグ品番 | F7373-06F | Q-3113-1450 |
| 積層枚数 | 11枚(2mm)、16枚(3mm) | 7枚(1mm)、14枚(2mm)、21枚(3mm) |
| 成形方法 | プレス成形(180℃、1時間) 180℃、1時間(アニーリング) | オートクレーブ成形(125℃、2時間) |

2.2.2 屋外暴露試験

屋外暴露試験は、JIS Z 2381(大気暴露試験方法通則)に準拠した直接暴露試験とし、標準暴露、曲げ変形下暴露及びタブ付き引張試験片形状の暴露(以下、タブ付き暴露という。)で行った。曲げ変形下暴露の方法は、L型鋼2本の間には試料を挟み、試料寸法300mmに対してL型鋼の間隔を295mmまで締め付けることにより曲げ変形を加える方法とした。

また、CFRPが実際に使用される大気環境は地域によって異なるため、環境条件がCFRPの耐候性結果に与える影響も相違すると考えられるため、我が国を代表する寒冷積雪地域である北海道の旭川(以下、旭川という。)、高温多湿地域である沖縄県的那覇(以下、那覇という。)、並びに標準的な地域である千葉県銚子(以下、銚子という。)の3地域を暴露試験場所として選定し、1986年3月20日から3地域で同時に開始した。

2.2.3 結果

旭川、銚子及び那覇における曲げ変形下暴露、銚子における標準暴露とタブ付き暴露による240か月間の織物強化板と一方向強化板の結果を、図1～図6に示す。

織物強化板の曲げ強さ、引張強さ及びシャルピー衝撃値の変化は、暴露期間の途中において結果が多少増減するが、暴露240か月まで初期値とほぼ同程度若しくはやや上回る結果である。

一方向強化板の変化は、引張強さに劣化の兆候は見られるが、曲げ強さ及びシャルピー衝撃値は、暴露240か月まで初期値とほぼ同程度若しくはやや上回る結果である。

以上の結果から、一方向強化板の引張強さに劣化の兆候は見られるが、その他の結果は、暴露240か月まで顕著な変化が認められないため、地域の違い及び曲げ変形負荷の有無による耐候性結果への影響を明らかにすることが出来なかった。

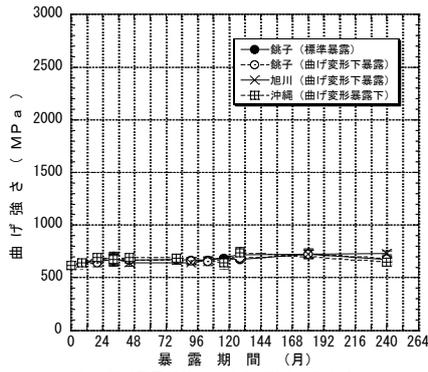


図1 屋外暴露試験による曲げ強さの経年変化【織物強化板 (177°C硬化形 Vf60%)】

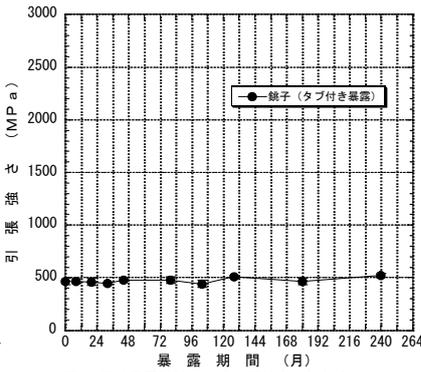


図2 屋外暴露試験による引張強さの経年変化【織物強化板 (177°C硬化形 Vf60%)】

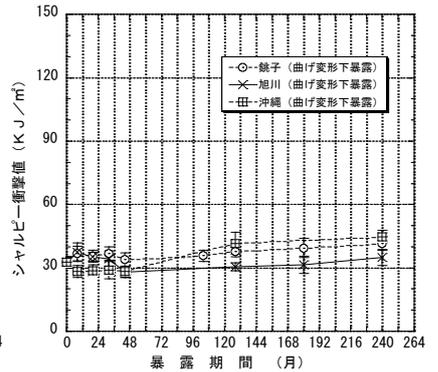


図3 屋外暴露試験によるシャルピー衝撃値の経年変化【織物強化板 (177°C硬化形 Vf60%)】

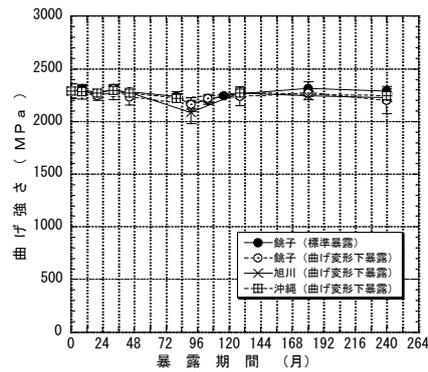


図4 屋外暴露試験による曲げ強さの経年変化【一方向強化板 (121°C硬化形 Vf60%)】

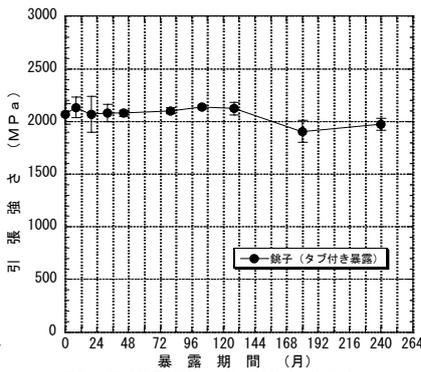


図5 屋外暴露試験による引張強さの経年変化【一方向強化板 (121°C硬化形 Vf60%)】

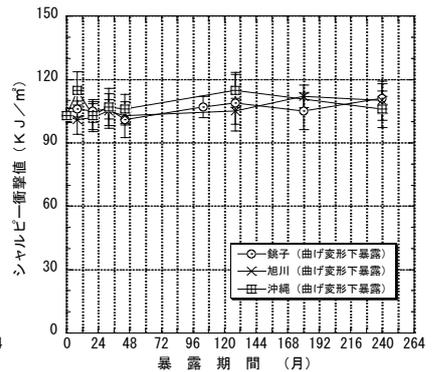


図6 屋外暴露試験によるシャルピー衝撃値の経年変化【一方向強化板 (121°C硬化形 Vf60%)】

2.3 Tシリーズ

エポキシ系樹脂タイプの違いによる耐候性結果への影響を評価した。

2.3.1 試料

試料は、一方向基材の 121°C硬化形 Vf60%及び 177°C形硬化形 Vf60%とし、試料の組成及び成形条件を、表 3 に示す。なお、試料の寸法は、300×300×2mm とした。

表3 Tシリーズに用いた試料の組成及び成形条件

| 種類 | 一方向強化板(121°C形) | 一方向強化板(177°C形) |
|---------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 炭素繊維 | 一方向(バスファイト HTA7-12000) | 一方向(トレカ P3060-15) |
| 樹脂 | 121°C硬化形エポキシ系樹脂 (硬化剤DI CY) | 177°C硬化形エポキシ系樹脂 |
| プリプレグ品番 | Q-3113-1450 | P3060-15 |
| 積層枚数 | 7枚(1mm)、14枚(2mm)、21枚(3mm) | 15枚(2mm) |
| 成形方法 | オートクレープ成形(125°C、2時間) | プレス成形(180°C、1時間) 180°C、1時間(アニーリング) |

2.3.2 屋外暴露試験

JIS Z 2381 (大気暴露試験方法通則) に準拠した直接暴露試験(南面 30 度)を、1986 年 3 月 20 日から銚子で開始した。

2.3.3 結果

屋外暴露試験による 240 か月間の曲げ試験の結果を、図 7～図 9 に示す。

曲げ試験による各特性の初期値は、177°C硬化形の方が 121°C硬化形よりも低い。また、暴露試験後の 2 種類の曲げ試験による変化は、曲げ弾性率の結果を除き、暴露 240 か月ま

で初期値とほぼ同程度若しくはやや上回る結果である。一方、曲げ弾性率の変化は、暴露の初期の段階で 177℃硬化形が 121℃硬化形を僅かに上回ったが、その後、2 種類の結果はほぼ同程度となり、暴露 240 か月までの変化は 121℃硬化形が初期値をやや下回る減少、177℃硬化形は初期値をやや上回る増加となった。

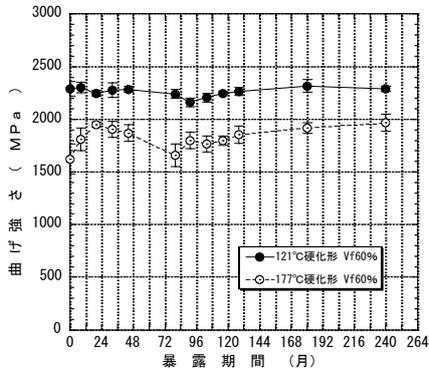


図7 屋外暴露試験による曲げ強さの経年変化
【一方向強化板：樹脂硬化温度の違い（鏡子）】

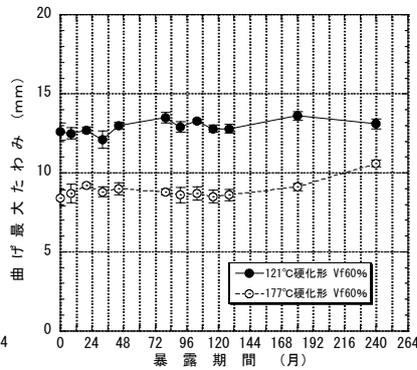


図8 屋外暴露試験による曲げ最大たわみの経年変化
【一方向強化板：樹脂硬化温度の違い（鏡子）】

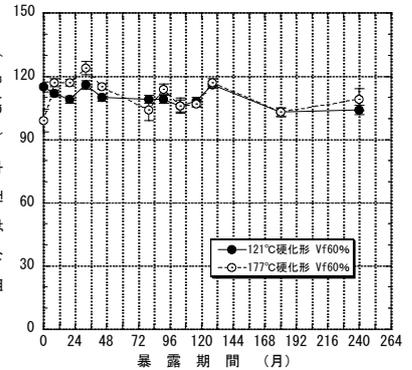


図9 屋外暴露試験による曲げ弾性率の経年変化
【一方向強化板：樹脂硬化温度の違い（鏡子）】

2.4 Vシリーズ

炭素繊維含有率の違いが耐候性結果に及ぼす効果を評価した。

2.4.1 試料

Vシリーズの試料は、織物基材の 177℃硬化形とした。また、試料の繊維含有率は 60%、55%、50%の 3 種類(以下、Vf60%、Vf55%、Vf50%と略記。)とし、これら試料の組成及び成形条件を、表 4 に示す。なお、試料の寸法は、300×300×2mm とした。

表4 Vシリーズに用いた試料の組成及び成形条件

| 種類 | 織物強化板 | | |
|-------|---|------------------------------------|-----------------|
| 炭素繊維 | 平織り トレカ T300B-3000 ケブラー195 (トレーサ) | | |
| 樹脂 | 177℃硬化形エポキシ系樹脂 | | |
| 成形方法 | 180℃、2時間 アニーリング処理：177℃、1時間 | | |
| 積層枚数 | 11枚 (F 7373-06F) | 6枚 (F 7373-06F) 4枚 (F 7373-06M) | 9枚 (F 7373-06M) |
| 繊維含有率 | Vf60% | Vf55% | Vf50% |

2.4.2 屋外暴露試験

JIS Z 2381 (大気暴露試験方法通則) に準拠した直接暴露試験(南面 30 度)を、1987 年 3 月 29 日から銚子で開始した。

2.4.4 結果

屋外暴露試験による 228 か月間の明度及び曲げ試験の結果を、図 10～図 12 に示す。

試料表面の明度は、暴露 36 か月まで繊維含有率の多い順に高い値を示したが、暴露 48 か月以降は試料表面のエポキシ系樹脂が劣化・脱落してなくなり、下層の炭素繊維が露出するため繊維含有率の違いによる差がなくなった(図 10 参照。)

曲げ強さの変化は、初期値が Vf60% < Vf50% ≒ Vf50% の順に高い値を示した。暴露試験後の変化は、暴露試験の途中で結果が増減を繰り返すため、繊維含有率の違いによる差を明らかにすることができなかったが、暴露 228 か月の結果は Vf60% が初期値を上回る増加、Vf55% と Vf50% は初期値を僅かに下回る減少となった(図 11 参照。)

曲げ弾性率の変化は、3種類の初期値がほぼ同程度である。暴露試験後の変化は、Vf60%が初期値をやや下回る減少、Vf55%とVf50%は初期値とほぼ同程度の結果である(図12参照。)

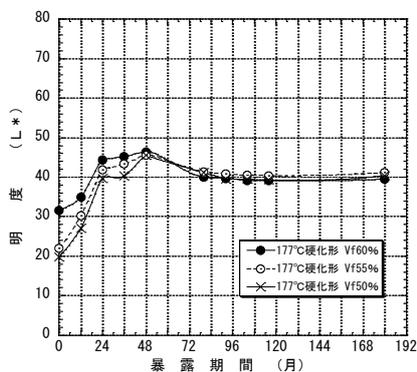


図10 屋外暴露試験による明度の変化【繊維強化板：繊維含有率の違い(銚子)】

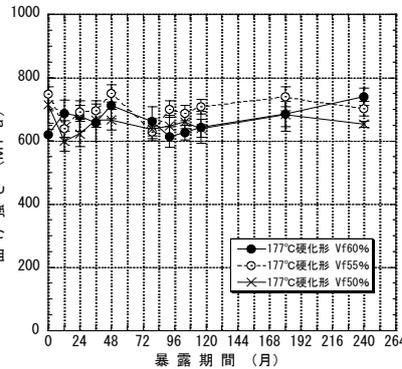


図11 屋外暴露試験による曲げ強さの経年変化【繊維強化板：繊維含有率の違い(銚子)】

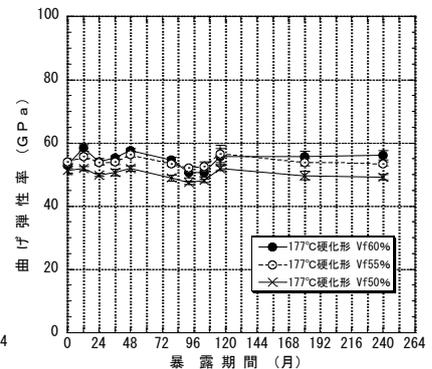


図12 屋外暴露試験による曲げ弾性率の経年変化【繊維強化板：繊維含有率の違い(銚子)】

2.5 Pシリーズ

塗装したCFRP板及び硬化温度の異なるエポキシ系樹脂単体の耐候性を評価した。

2.5.1 試料

Pシリーズの試料は、繊維強化板に塗装を施した2種類(以下、塗装CFRP板という。)と、エポキシ系樹脂単体の2種類(以下、マトリックス樹脂単体という。)とした。塗装CFRP板は、繊維基材の121°C硬化形と177°C硬化形とし、ウレタン塗装又はアルキドメラミン塗装を施した。また、マトリックス樹脂単体は、121°C硬化形と177°C硬化形の樹脂単体をステンレス板上に硬化したものである。

なお、各試料の寸法は70×150mm、厚さは2mm及び3mmとし、これら試料の組成及び成形条件を、表5に示す。

表5 Pシリーズに用いた試料の組成及び成形条件

| 試料区分 | 名称 | 塗料の種類 | 樹脂の種類 |
|------|------------|------------|--------------------------------------|
| a | 塗装CFRP板 | ウレタン塗装 | CFRPは、121°C硬化形エポキシ系樹脂をマトリックスとした繊維強化板 |
| b | 塗装CFRP板 | アルキドメラミン塗装 | CFRPは、177°C硬化形エポキシ系樹脂をマトリックスとした繊維強化板 |
| c | マトリックス樹脂単体 | | 121°C硬化形エポキシ系樹脂をステンレス板上に硬化した |
| d | マトリックス樹脂単体 | | 177°C硬化形エポキシ系樹脂をステンレス板上に硬化した |

2.5.2 屋外暴露試験

JIS Z 2381 (大気暴露試験方法通則)に準拠した直接暴露試験(南面30度)を、1988年4月1日から銚子で開始した。

2.5.3 結果

(1) マトリックス樹脂単体

マトリックス樹脂単体(エポキシ系樹脂)の暴露1812日間の質量減少率の変化は、2種類ともに暴露期間の経過に伴って直線的に減少する傾向を示した(図13参照。)。また、樹脂硬化温度の違いによる比較では、177°C硬化形の方が121°C硬化形より質量減少率が大きい。

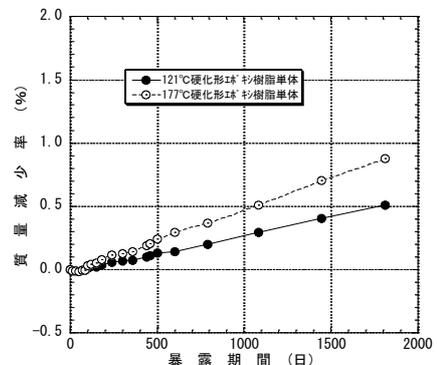


図13 屋外暴露試験による質量減少率の経年変化【樹脂硬化温度の違い(銚子)】

(2) 塗装 CFRP 板

屋外暴露試験による 120 か月間の曲げ試験の結果を、図 14～図 16 に示す。

曲げ試験による 2 種類の各特性値の初期値は、曲げ強さがほぼ同程度であり、曲げ最大たわみは 121℃硬化形、曲げ弾性率は 177℃硬化形の方が、それぞれ若干高い。また、暴露 120 か月の曲げ試験による各特性値は、初期値とほぼ同程度若しくは僅かに上回る結果である（図 14～図 16 参照。）。

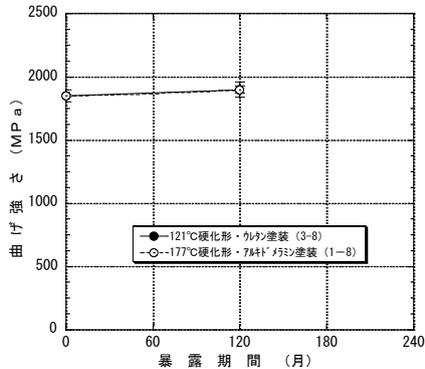


図14 屋外暴露試験による曲げ強さの経年変化【織物強化板に塗装（銹子）】

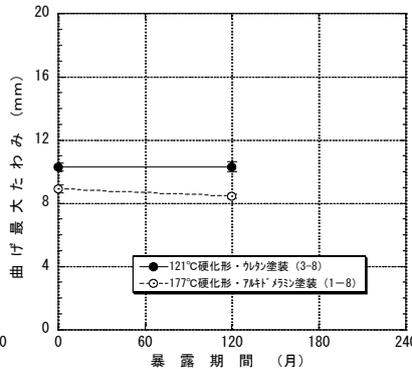


図15 屋外暴露試験による曲げ最大たわみの経年変化【織物強化板に塗装（銹子）】

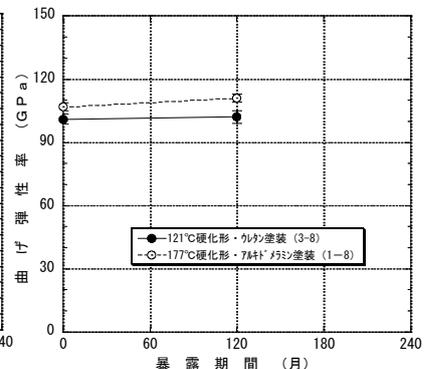


図16 屋外暴露試験による曲げ弾性率の経年変化【織物強化板に塗装（銹子）】

2.6 Rシリーズ

曲げ変形下暴露における変形方法及び変形量の違いが耐候性結果に及ぼす影響を評価した。

2.6.1 試料

Rシリーズの試料は、織物基材の 121℃硬化形 Vf60%とし、これら試料の組成及び成形条件を、表 6 に示す。なお、試料の寸法は、80×140×2mm とした。曲げ変形下暴露の変形方法の違いを写真 2 に示す。

表6 Rシリーズに用いた試料の組成及び成形条件

| 項目 | 内容 | |
|-------|--------|-------------------------|
| 炭素繊維 | 使用炭素繊維 | トレカ T400HB-3000 |
| | トレーサー | ケブラー49 195 |
| | 織組織 | 平織り |
| | 織物品番 | CJ6343 |
| 樹脂 | 硬化タイプ | 121℃硬化形エポキシ系樹脂（硬化剤 DDS） |
| プリプレグ | 品番 | FJ6343-05F |
| 積層枚数 | — | 11枚 |
| 成形方法 | 方法 | プレス成形 |
| | 条件 | 121℃×60分 |
| | アニーリング | なし |



↑ 変形Ⅰ暴露（3点曲げ）



↑ 変形Ⅱ暴露

写真2 曲げ変形下暴露の変形方法の違い

2.6.2 試験方法

(1) 屋外暴露試験

屋外暴露試験は、JIS Z 2381（大気暴露試験方法通則）に準拠した直接暴露試験(南面30度)とし、標準暴露及び曲げ変形下暴露を1990年12月20日から銚子で開始した。また、曲げ変形下暴露の変形量は、初期試料についてJIS K 7074（炭素繊維強化プラスチックの曲げ試験方法）のA法（3点曲げ試験）に準拠した曲げ試験を行なって比例限度たわみを求め、この値を基準として表7に示す変形区分で行った。

表7 曲げ変形区分及び変形方法

| 変形区分 | 変形量及び変形方法 |
|----------|--|
| 変形-I暴露 | JIS K 7074（炭素繊維強化プラスチックの曲げ試験方法）のA法により求めた曲げ比例限度たわみ（5mm）まで、3点曲げ試験方法と同様の方式により変形を与える。 |
| 変形-II暴露 | JIS K 7074（炭素繊維強化プラスチックの曲げ試験方法）のA法により求めた曲げ比例限度たわみ（5mm）まで、試料の両端から押え込む方法により変形を与える。 |
| 変形-III暴露 | JIS K 7074（炭素繊維強化プラスチックの曲げ試験方法）のA法により求めた曲げ比例限度たわみの90%（4.5mm）まで、試料の両端から押え込む方法により変形を与える。 |
| 変形-IV暴露 | JIS K 7074（炭素繊維強化プラスチックの曲げ試験方法）のA法により求めた曲げ比例限度たわみの80%（4mm）まで、試料の両端から押え込む方法により変形を与える。 |

(2) 促進試験

JIS B 7753(サンシャインカーボンアーク灯式耐光性及び耐候性試験機)に準拠した試験機(以下、SW試験という。)を用いて、表8に示す試験条件で行った。

表8 SW試験の試験条件

| 項目 | 試験条件 |
|---------------------|---|
| 光源 | サンシャインカーボンアーク灯 |
| 放射照度 (300~400nm) | 約 78 W/m ² |
| ガラスフィルター | 種類 A 透過率: 255 nm 1%以下 透過率: 302 nm 71 ~ 86% 透過率: 360 nm以上 91%以上 |
| ブラックパネル温度 | 63 ± 3°C |
| 相対湿度 | 50 ± 5% |
| 水噴霧サイクル | 120分照射中18分間水噴霧 |
| 使用機器 | WEL-300L (スガ試験機㈱製) |

2.6.3 結果

屋外暴露試験（180 か月間）及び促進試験（50,000 時間）による質量減少率及び曲げ試験の結果を、図17～図22に示す。

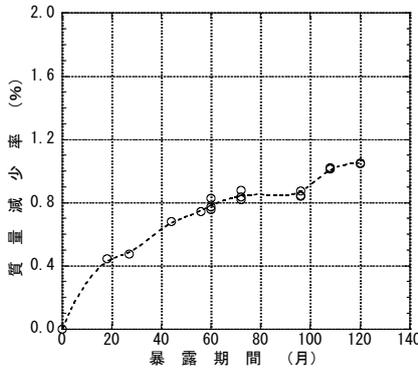


図17 屋外暴露試験による質量減少率の経年変化
【織物強化板（銚子）：121°C硬化形 Vf60%】

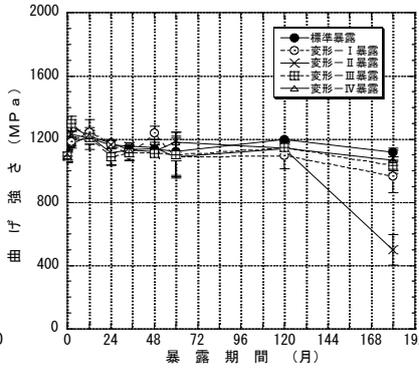


図18 屋外暴露試験による曲げ強さの経年変化
【織物強化板（銚子）：121°C硬化形 Vf60%】

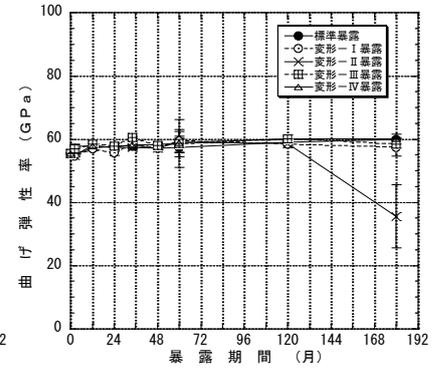


図19 屋外暴露試験による曲げ弾性率の経年変化
【織物強化板（銚子）：121°C硬化形 Vf60%】

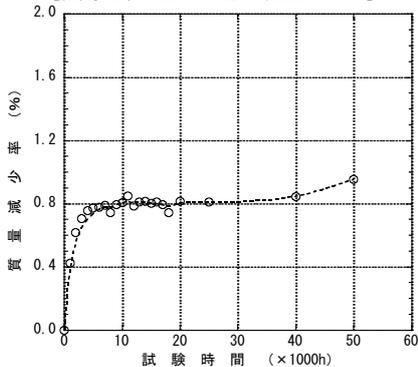


図20 SW試験による質量減少率の経年変化
【織物強化板：121°C硬化形 Vf60%】

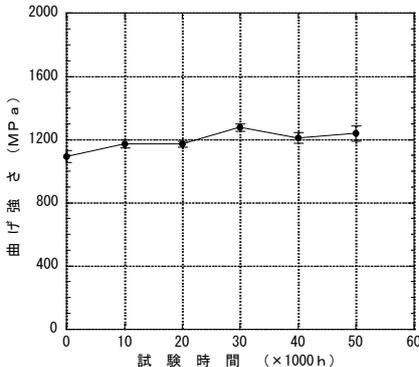


図21 SW試験による曲げ強さの経年変化
【織物強化板：121°C硬化形 Vf60%】

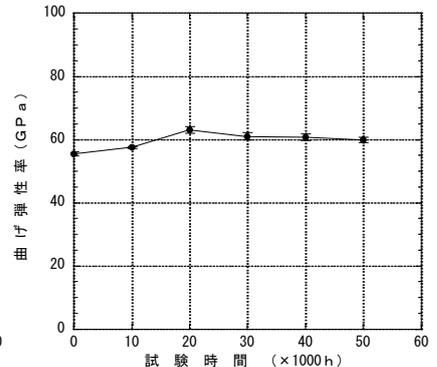


図22 SW試験による曲げ弾性率の経年変化
【織物強化板：121°C硬化形 Vf60%】

(1) 屋外暴露試験

試料表面のエポキシ系樹脂の劣化・脱落に伴い、下層の炭素繊維が露出し、これが砂塵及び風雨等によって脱落を繰り返すため、質量減少率は暴露期間の経過に伴って曲線的に増加した。暴露 120 か月の質量減少率は、約 1.0% である(図 17 参照。)。また、曲げ変形下暴露による試料は、暴露 180 か月で変形 - I 暴露及び変形 - II 暴露の試料裏面に圧縮われ(写真 3 参照。)を確認した。この圧縮われの程度は、変形 - II 暴露がやや著しく、変形 - I 暴露は僅かであった。

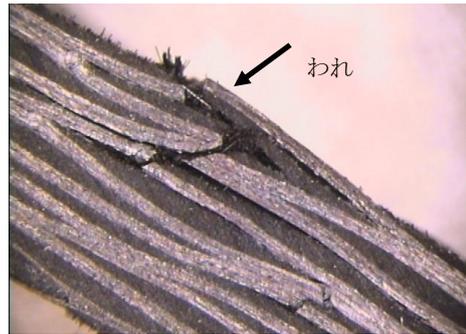


写真3 変形-II暴露による試験片の圧縮われ(断面)

この影響により、曲げ強さ及び曲げ弾性率の変化(図 18、図 19 参照。)は、暴露 180 か月で変形 - I 暴露が僅かな低下、変形 - II 暴露は著しい低下を示し、同じ曲げ変形量でも変形方法によって結果が大きく異なることが明らかとなった。

(2) 促進試験

質量減少率の変化(図 20 参照。)は、屋外暴露試験と同様、試料表面のエポキシ系樹脂の劣化・脱落に伴い、下層の炭素繊維が露出するため 5,000 時間まで試験時間の経過に伴って減少したが、その後、露出した炭素繊維の脱落がなくなるためか 50,000 時間までの変化は横ばいとなった。曲げ強さ及び曲げ弾性率の変化は、50,000 時間まで初期値を上回る結果である(図 21、図 22 参照。)

2.7 Wシリーズ

試料の質量変化の傾向を評価した。

2.7.1 試料

Wシリーズの試料は、前掲に示したTシリーズ及びVシリーズの試料とし、寸法は 100×100×2 mm である。

2.7.2 屋外暴露試験

JIS Z 2381 (大気暴露試験方法通則) に準拠した直接暴露試験(南面 30 度)を、1993 年 9 月 1 日から銚子で開始した。

2.7.3 結果

屋外暴露試験による 144 か月間の質量減少率の結果を、図 23、図 24 に示す。

織物強化板の繊維含有率の異なる試料(Vシリーズ)の質量減少率の変化(図 23 参照。)は、繊維含有率の少ない試料ほど多い傾向である(Vf60% < Vf55% < Vf50%の順)。

一方向強化板の樹脂硬化温度の異なる試料(Tシリーズ)の質量減少率の変化(図 24 参照。)は、樹脂硬化温度の高い試料の方が多い傾向である(121°C硬化形 < 177°C硬化形)。

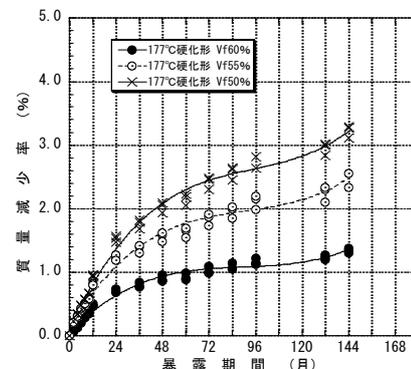


図23 屋外暴露試験による質量減少率の経時変化【織物強化板(銚子)：繊維含有率の違い】

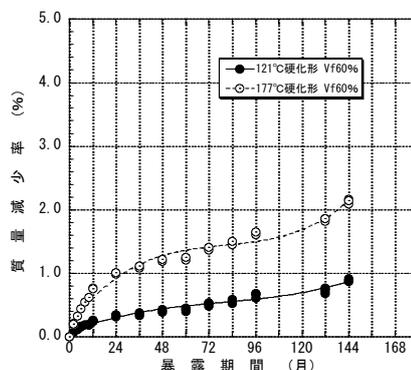


図24 屋外暴露試験による質量減少率の経年変化【一方向強化板(銚子)：樹脂硬化温度の違い】

3. GFRP 板の耐候性

3.1 実験の概要

建築基準法の防火材料に定められ準不燃材料に位置付けられているフェノール樹脂を用いて引抜き成形法による試験成形品(フェノール FRP 板)を試料として、屋外暴露試験及び促進試験による耐候性を評価した³⁾。

3.2 試料

フェノール FRP 板の組成内容を表 9、繊維構成を図 25 に示す。

表9 フェノールFRP板の組成内容

| 試料 | 種類 | JIS番号 | 含有率VOL(%) |
|-------|------------------|--------------|-----------|
| 樹脂 | フェノール樹脂 | | 43.5 |
| 充填材 | クレー | | 4 |
| ガラス繊維 | コンティニューアストランドマット | JIS R 3411相当 | 9.3 |
| | ロービング | JIS R 3412 | 40.7 |
| 不織布 | フェノールパール | | 2.5 |

3.3 屋外暴露試験

屋外暴露試験は、JIS Z 2381(大気暴露試験方法通則)に準拠した直接暴露試験とし、旭川、銚子及び宮古島において、2001年10月11日から3地域で同時に開始した。屋外暴露試験の状況を写真4に示す。

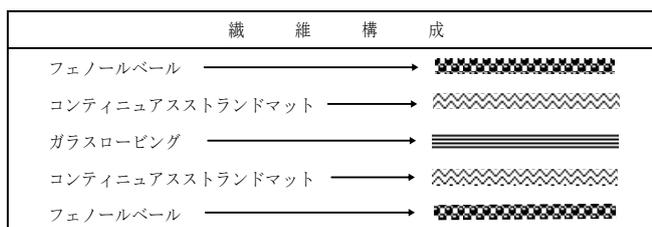


図25 フェノールFRP板の繊維構成



写真4 屋外暴露試験の状況(銚子)

表10 XW試験の試験条件

| 項目 | 試験条件 |
|---------------------|----------------------|
| 光源 | キセノンランプ |
| 放射照度 (300~400nm) | 60 W/m ² |
| ガラスフィルター | インナー #275 アウター 石英 |
| ブラックパネル温度 | 63 ± 3℃ |
| 相対湿度 | 50 ± 5% |
| 水噴霧サイクル | 120分照射中18分間水噴霧 |
| 使用機器 | SC700-W [スガ試験機(株)製] |

3.4 促進試験

促進試験は、SW試験(試験条件は前掲の表8と同様。)とJIS B 7754(キセノンアークランプ式耐光性及び耐候性試験機)に準拠した試験機(以下、XW試験という。)を用いて、表10に示す試験条件で行った。

3.5 結果

屋外暴露試験(旭川、銚子、宮古島)及び促進試験(SW試験、XW試験)による質量減少率、引張強さ及びシャルピー衝撃値の結果を、図26~図31に示す。

質量減少率の変化は、屋外暴露試験(宮古島)及び促進試験(2光源)ともに、試料表面のフェノール樹脂の劣化・脱落に伴って、直線的に増加した。また、促進試験(2光源)による約1,000時間の質量減少率は、宮古島の約1年間に相当する結果と言える。

引張強さの変化は、屋外暴露試験(銚子、宮古島)及び促進試験(2光源)で初期値を下回る減少傾向を示した。特に、促進試験(SW試験)による引張強さの低下は著しい。

シャルピー衝撃値の変化は、屋外暴露試験(宮古島)が暴露3年以降に初期値を下回る減少を示した。一方、促進試験(SW試験)では、試験時間の途中で初期値を大きく下回る減少を示したが、10,000時間で初期値とほぼ同程度まで増加した。

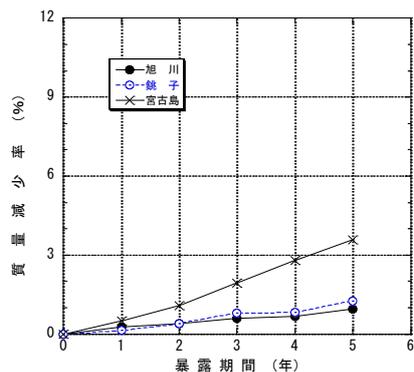


図26 屋外暴露試験によるフェノールFRP板の質量減少率の経年変化

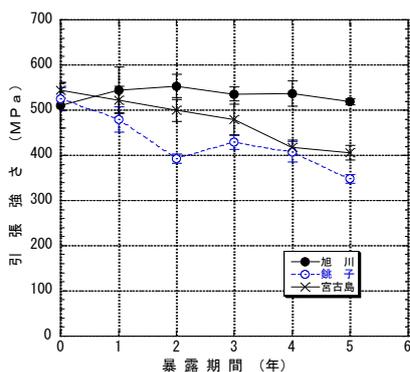


図27 屋外暴露試験によるフェノールFRP板の引張強さの経年変化

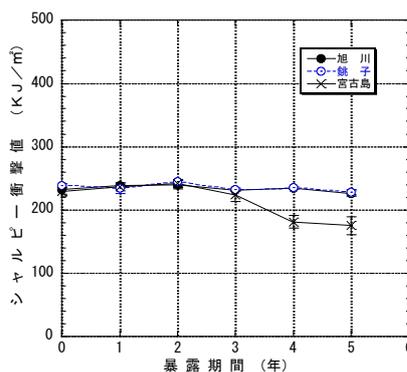


図28 屋外暴露試験によるフェノールFRP板のシャルピー衝撃値の経年変化

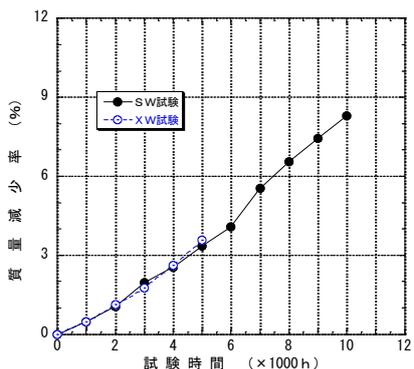


図29 促進試験によるフェノールFRP板の質量減少率の経時変化

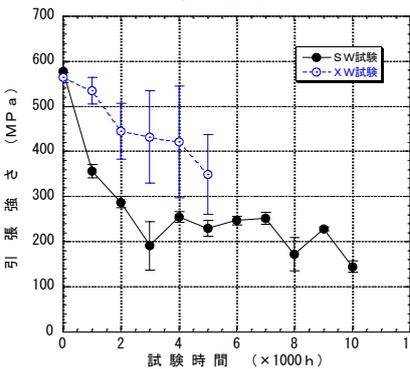


図30 促進試験によるフェノールFRP板の引張強さの経時変化

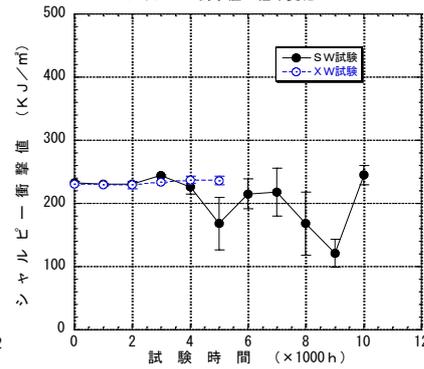


図31 促進試験によるフェノールFRP板のシャルピー衝撃値の経時変化

4. まとめ

(1)CFRP 板の耐候性を評価するため幾つかの実験を行ない、最長 20 年間の屋外暴露試験による結果を取得したが、依然として初期値とほぼ同程度の結果であり、長期耐候性が極めて良いことが確認できた。一方、屋外暴露試験における促進性を意図した曲げ変形下暴露の変形方法及び変形量を検討した実験では、比例限度たわみの変形量を与えた方法の暴露 180 か月で曲げ強さ及び曲げ弾性率が著しく低下した。また、比例限度たわみを与える負荷方法の違いによって耐候性結果が大きく異なることが明らかとなった。

今後、更に長期間の屋外暴露試験を継続して、耐候性の基準となる標準暴露による力学的特性の低下傾向が把握できるデータを取得し、屋外暴露試験における促進性を意図した曲げ変形下暴露の結果との関係を求めていきたい。

(2)フェノール FRP 板の耐候性を評価するため、屋外暴露試験(5 年間)及び促進試験(最長 10,000 時間)による耐候性データを取得し、引張強さ及びシャルピー衝撃値の結果から強度低下が確認できた。

今後、更に屋外暴露試験を継続して、フェノール FRP 板の耐候性の基準となるデータを取得し、耐候性を明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) (財) 高分子素材センター：有機・複合系新素材の標準化に関する調査研究成果報告書 (1985～1995 年)
- 2) (財) 日本ウエザリングテストセンター：ウエザリング技術研究成果発表会 (平成 9 年)
- 3) (財) 日本ウエザリングテストセンター：新発電システムの標準化に関する調査研究 (2001 年～2002 年)