

反発硬式度計によるアミン硬化エポキシ樹脂を用いた CFRP および GFRP の劣化評価

日大生産工(院) ○前山和弘 日大生産工 酒井哲也 大野茂 三友信夫 齋藤敏雄

1. はじめに

設備において材料の内部、機器内部、構造物の内側などの外部から確認できない損傷や腐食が生じた場合、これらを放置すると機器の故障や最悪の場合は事故につながる危険性がある。設備の運用などを考えると、これらの設備を停止させ大掛かりな検査を行うのではなく、稼働中に非破壊検査などによって外側から内部の欠陥の存在や腐食の程度を検出する検査方法が望まれている。

金属の代替材料として軽量かつ耐食性に優れた熱硬化性樹脂は、様々な工業設備に用いられているが、使用環境によっては劣化するケースも存在する。したがって、熱硬化性樹脂を用いた設備に関しても同様に非破壊検査が必要である。非破壊検査には超音波探傷検査や X 線透過検査など様々な種類があり様々な材料で効果をあげているが、熱硬化性樹脂などの有機材料を用いた装置についてはあまり実施されておらず、特に簡易に行える反発式の装置を利用した測定は、劣化を検知する方法としてコンクリートへの使用はあるが、プラスチック材料への使用はほとんどない。そこで、本研究では 10mass%硫酸水溶液中におけるアミン硬化エポキシ樹脂 (EP) 単体と、同樹脂を母材とした炭素繊維強化プラスチック (CFRP: Carbon-Fiber Reinforced Plastic) およびガラス繊維強化プラスチック (GFRP: Glass-Fiber Reinforced Plastic) の劣化について反発硬式度計によって評価可能とした。さらに実験はタンク実機の測定を想定し、試験片の片面のみ接液させる試験方法(片面浸せき試験)¹⁾によっても検討した

2. 実験方法

2.1 試験材料

試験材料はアミン硬化エポキシ樹脂

(TRANSLUX D-150 Axon 社製)を使用し、試験片は室温環境で厚さ 2mm の板状にハンドレイアップによって作製した。なお、CFRP は炭素繊維クロス(C06343 東レ株式会社製)を 6ply 積層し、GFRP は E ガラスチョップドストランドマット(日東紡績株式会社製)を 2ply 積層および、E ガラスクロス 6ply(日東紡績株式会社製)、積層したものと樹脂単体 (EP) を作製した。さらに、試験片は長さ 100mm、幅 100mm に切断し 100℃の空気恒温槽中で 3 時間の二次硬化を行った後に試験に用いた。

2.2 片面浸せき試験

片面浸せき試験は図 1 に示した通り試験片の片面を 10mass%硫酸水溶液に接するようにガラス製器具に固定し 40℃の空気恒温槽中で行った。

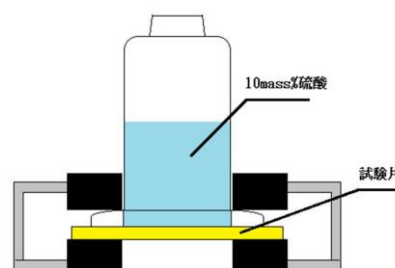


図 1 片面浸せき試験

2.3 劣化の評価

2.3.1 質量変化率

浸せき試験開始から所定の時間経過後、試験片を取り出し質量測定を行った。この質量測定より質量変化率を求めた。

2.3.2 三点曲げ試験

EP および CFRP、GFRP の試験片(長さ 60mm 幅 25mm)を単純浸せきしたものを三点曲げ試験に用いた。三点曲げ試験は JIS K 5893 に準じて、スパン間隔 80mm、クロスヘッドスピード 2mm/min によって行い曲げ強さおよび弾性率をそれぞれ求め、曲げ強さ(弾性率)保持率(%)

Degradation assessment of GFRP and CFRP using an amine cured epoxy resin by rebound hardness tester

Kazuhiro MAEYAMA, Tetsuya SAKAI, Shigeru OONO, Nobuo MITOMO and Toshio SAITO

によって評価した。

2.3.3 反発式硬度計による評価

ポータブル反発式硬度計（形式：HH-441/株式会社ミットヨ製）を使用した。なお、反発式硬度計は円筒形のハンマーの先端に球状のダイヤモンド圧子を取り付けたハンマーを試験片表面に衝突させ、衝突前後の反発速度から硬さを求めるものである。この測定によって得られた値をリープ硬さ値とする。この測定は、試験片の底面にステンレス製（φ20mm×20mm）の円柱状の支台を固定し、試験片が液体に接液していない状態（非接液状態）²⁾と、ガラス器具内に硫酸水溶液の入っており試験片が接液している状態（接液状態）の二つの方法で測定した。

3. 劣化評価

3.1 曲げ強さおよび曲げ弾性率

これらは三点曲げ試験結果より得られた、単純浸せきを行った各試験片の曲げ弾性率保持率を図2に示す。この結果より浸せき時間の経過とともに機械的特性が低下することがすべての試験片において確認できる。また曲げ強さについても同様の結果が確認できた。

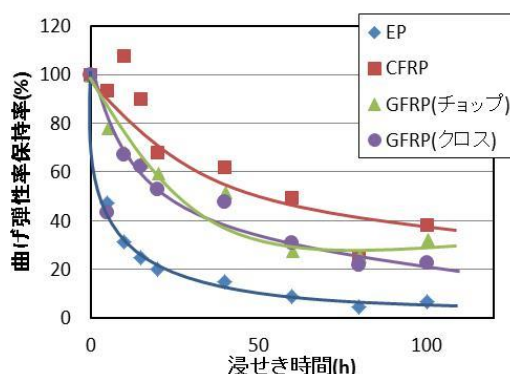
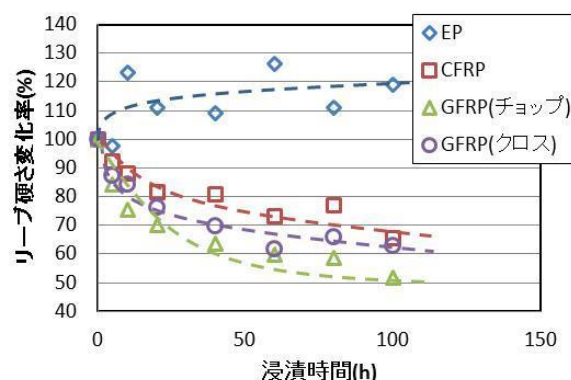


図2 40℃硫酸環境における各試験片の曲げ強度度保持率の変化

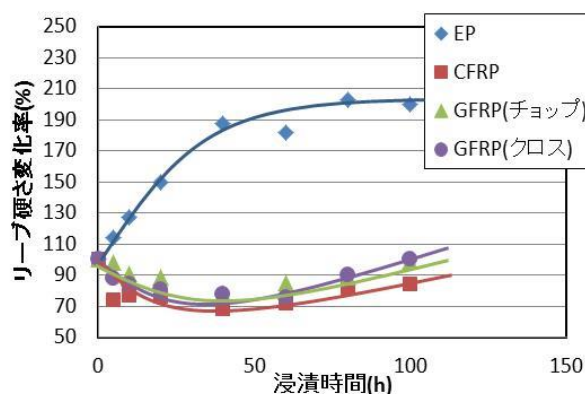
3.2 反発式硬度計による劣化評価

図3(a)は非接液状態で測定を行ったEPおよびCFRP、GFRPのリープ硬さ値の変化を示す。CFRPおよびGFRPのリープ硬さ値は浸せき時間とともに低下する。この挙動は機械的特性の変化と相関があることから、反発硬度計によってCFRP、GFRPの強度低下を検知できる可能性が示された。次に図3(b)はガラス器具内に水溶液が入った状態（接液状態）で反発硬度計により測定を行った結果である。接液状態では、浸せき時間とともに低下するが一定時間経過後、徐々にリープ硬さ値は上昇する。これは劣

化により試験片が軟化したため、溶液の影響を受けたものと考えられる。



(a)非接液状態



(b)接液状態

図3 40℃硫酸環境におけるEPおよびCFRP、GFRPリープ硬さ変化率

4. おわりに

硫酸水溶液中におけるアミン硬化エポキシ樹脂の劣化を反発硬度計によって評価した結果、液なし状態ではCFRPおよびGFRPについてリープ硬さ値と機械的特性に明確な相関関係があることが確認できた。しかし、液あり状態では内部の溶液影響を受けるため長時間浸せきを行ったものについては明確な測定は困難であった。

以上のことから反発式硬度計によってCFRPおよびGFRPの劣化を支台に固定することにより評価できる可能性は見出されたが、詳細な機構は今後さらに検討する必要がある。

<参考文献>

- 1) 前山和弘ら、第33回防錆防食技術発表大会、要講演予稿集 pp.75-78、(2013)
- 2) 前山和弘ら、第20回若手研究者討論会、要講演予稿集 pp.17-18、(2013)