

超音波を用いた酸環境におけるGFRPの劣化評価

日大生産工(院) ○中島 惇 日大生産工 酒井 哲也
日大生産工 矢野 耕也 東工大・理工(院) 久保内 昌敏

1 はじめに

ガラス繊維強化プラスチック(GFRP)は軽量・高強度であるために、構造用材料として普及している。さらに、母材となる樹脂によっては耐食性に優れているために、化学装置用の材料として使われている。しかし、使用環境によっては損傷するなど問題も抱えている¹⁾。

GFRPの耐薬品劣化は、樹脂の耐薬品性に大きく依存し、この薬液が内部に浸入することによって生じると考えられている。このような環境でGFRPを安全に利用するためには、現場で実施可能かつ容易な方法による浸入評価が必要である。

特に化学プラント等では稼働中の劣化による故障も発生しており、適切な寿命予測や検査方法の確立が必要となるが、現在の保全作業は目視や経験に基づいていることが多く、結果として事後保全となる場合がある。

そのため、本研究ではGFRPの主要な適用対象である酸環境(硫酸中)における熱硬化性樹脂の劣化について、非破壊検査方法で実績のある超音波によって評価することを目的とし実験を行った。

2 実験方法

2.1 試験材料および環境

試験材料は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)を強化材として使用し、母材となる樹脂には、アミン系エポキシ(EP)樹脂(TRANSLUX D150 AXSON 製)を用いて、ハンドレイアップ法によって厚さ2mmの板状にGFRPを作製した。なお、積層はチョップドストランドマットを2plyとした。

これをJIS K7017に準拠して長さ60mm、幅25mmに切断したものを100℃にて2時間の二次硬化を行って試験片とした。

試験環境は80℃の恒温水槽中に10mass%の硫酸(H₂SO₄)を入れた試験管内に、この試験片を単純浸せきさせるものとした。

2.2 超音波試験

超音波試験は、図1に示す構成になっている。

超音波送受信機(Model500PR オリンパス株式会社製)およびオシロスコープ(TDS210 Tektronix 製)に周波数5.0MHzの超音波探触子(V109 オリンパス株式会社製)を接続して測定を行った。

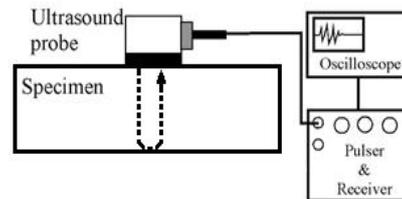


図1 超音波試験機材の構成

この探触子を測定箇所となる試験片平面部に接触媒体(エコーゲル N-100 NIKKO FINE INDUSTRIES 社製)を塗布して接触させ、オシロスコープに表示される超音波が材料表面から入射して反対側の表面(底面)または他の反射源で反射することで得られる波形を観測する超音波パルス反射法による測定を行った。超音波パルス反射法は、対象の片面のみで測定するため、現場での実施が可能かつ容易な方法である。

超音波による測定は(1)式により、あらかじめ測定した浸せき前の試験片厚さ d_0 または浸せき後の試験片厚さ d_a を、試験片内部を透過した超音波が底面で反射したエコー(第1底面エコー t_1)から、もう一度試験片内部を透過して底面で反射したエコー(第2底面エコー t_2)までの伝播時間で除し、超音波音速 C を求めた。

$$C = \frac{2d_a}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

2.3 評価方法

劣化の評価は、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、表面の硫酸を精製水によって洗い流したのち(湿潤状態)に超音波試験および、寸法・質量の測定と三点曲げ試験を行った。

Evaluation of degradation of GFRP under acid environment by ultrasonic technique

Atsushi NAKAJIMA, Tetsuya SAKAI, Koya YANO and Masatoshi KUBOUCHI

3 結果および考察

3.1 質量変化率および曲げ強度保持率

図2に硫酸環境中における質量変化率および曲げ強度保持率を経時変化で示した。浸せき後15時間で浸せき前に比べ、質量は約25%増加し、曲げ強度は30%にまで低下していることから、硫酸が内部に浸入するとともに強度も低下するとわかる。

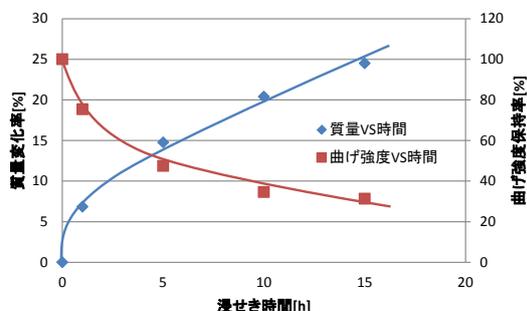


図2 80°C10mass%硫酸環境におけるGFRPの質量変化率及び曲げ強度保持率

3.3 超音波波形

図3に浸せき前と浸せき後に現れる超音波波形を示す。

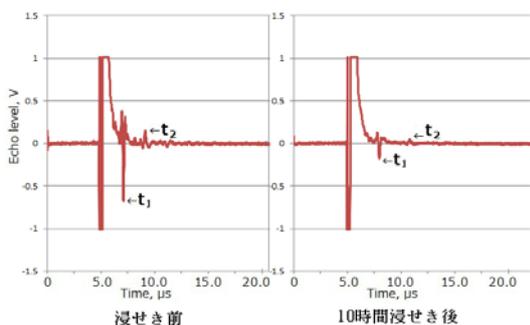


図3 80°C10mass%硫酸環境におけるGFRPの浸せき前後の超音波波形

浸せき前の超音波底面エコーの波形に比べ、10時間浸せき後の波形は、超音波の散乱等によって第1底面エコー(t_1)と第2底面エコー(t_2)の高さが減少しており、また到達時間にも遅延が生じている。さらに長時間の浸せきでは傾向がより顕著であるため、底面エコーの特定が困難となる。

3.4 超音波音速の変化

超音波音速は浸せき前の厚さおよび浸せき後の厚さで求めたもの両者についての経時変化を図4に示す。浸せきにより音速が低下するが、15時間経過後に浸せき前の厚さで計算した音速は約1750m/sであるが、浸せき後の厚さで計算した音速は約2150m/sと、浸せき前の音速約2450m/sからそれぞれ約30%、約10%の

低下という異なる結果を示した。これは浸せきによって生じた母材樹脂の化学反応や、繊維-樹脂界面への浸入といった劣化によって、材料固有の音速が変化したものと推察される。

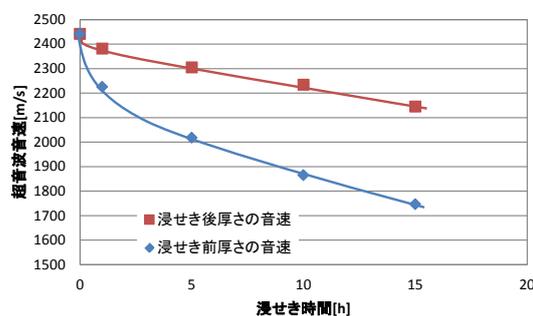


図4 80°C10mass%硫酸環境におけるGFRPの超音波音速

3.5 超音波音速と質量変化の関係

質量変化率と浸せき前の厚さで求めた超音波音速の関係について図5に示す。質量の増加、すなわち硫酸の浸入につれて超音波音速の低下が確認された。また、曲げ強度についても、曲げ強度の低下にしたがい超音波音速の値が低下しており、超音波によって強度低下を評価できることも確認された。

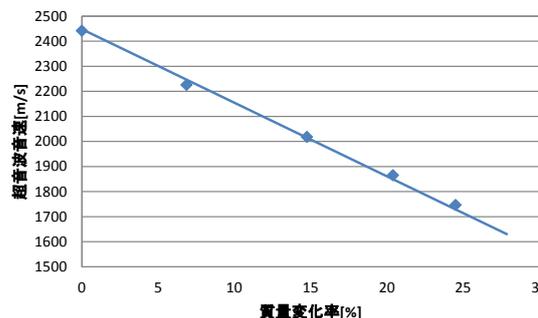


図5 80°C10mass%硫酸環境におけるGFRPの超音波音速と質量変化率の関係

4 おわりに

本実験の結果、浸せきによる試験片内部への硫酸の浸入に伴い、強度および超音波音速の低下が確認された。質量変化率と超音波音速、曲げ強度は強い相関関係にあったことから、超音波音速を求めることによって材料内への硫酸の浸入および強度低下、すなわち劣化評価が可能であることが明らかになった。

以上から、酸環境におけるGFRPの劣化評価として、超音波測定は有効であると考えられる。

「参考文献」

- 1)化学装置材料部会 有機材料分科会;「化学装置用有機材料資料集 X・2009年度化学装置用有機材料使用実績データ集」, (2011)