

氏 名	こやなぎ たくじ 小柳 卓治
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 5 6 2 号
学位授与の日付	平成 22 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研 究 科 ・ 専 攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学 位 論 文 題 目	ガラス繊維強化複合材料の耐熱水性に関する迅速性能評価法の研究
審 査 委 員	(主査)教授 藤井善通 教授 濱田泰以 教授 鋤柄佐千子 准教授 横山敦士 准教授 森田辰郎

論文内容の要旨

F R P は 1952 年に日本に導入されて、57 年が経過した。F R P の歴史で、常に市場を引っ張ってきたのは、日本では 33% のトップシェアをもつ浴槽・ユニットバスである。この原動力となったのは世界一厳しい耐熱水性の性能評価であり、申請者はこれらの試験規格 (JIS) に深く関係してきた。今、新たな波として地球環境対応を視野に入れた長期優良住宅の法制化、200 年住宅の普及に向けて動き出しており、長期耐久性に対する F R P の期待も大きい。しかしながら、厳格な耐熱水性の性能評価方法は 50 年間全く変わっておらず、3000 時間の耐熱水性試験は約 2 カ月以上の時間を要しており、迅速化に対しての要望も年々多くなってきていた。

本研究は急激に変わりつつある社会的な要求に対応する F R P の評価法として、従来の耐熱水性の長期耐久試験に代わって、100℃以上の飽和水蒸気を使い、しかも実際に使用方法に近づけるため、片面で迅速に性能評価がおこなえるオリジナルな「片面加圧熱水浸漬試験」を提案するものである。

第一章では本研究の狙いを明確にするため、風呂における給湯方式の流れ、F R P 材料の需要推移と浴槽・ユニットバスのシェアとの関係、耐熱水性性能評価試験を中心とする J I S の制定と改定、それに合わせた企業における性能評価の現状、そして、迅速評価試験の必要性を記述した。なお、参考としてアメリカ・イギリスの F R P 浴槽関係の性能評価等をまとめた。

第二章は迅速性能試験機の開発内容を中心とした。1 号機では本格的な迅速試験を開発するための条件確定を目的としたプロトタイプを試作した。特に、片面加圧下で、耐熱水性性能評価をおこなうとどうなるか、常圧下での試験と 100℃以上の加圧下の条件で等値性があることを確認した。特に、SMC の欠点評価ではブリストー (ふくれ) に関する原因の追及が迅速におこなえるかを試行した。2 号機ではブリストーの発現が 10℃-2 倍則に沿って発生することが確認できた。その他、安全性、サンプル作製、均熱性、測温体の位置、操作性、拡張性、管理項目について知見を得た。拡張性では、片方を外部から強制水冷却できる装置を取り付け、水蒸気拡散現象についても多くの知見を得た。また将来開発部門や工場の品質管理用の迅速評価を想定して設計しそ

の確認ができた。

第三章では迅速片面加圧熱水浸漬試験機（以下迅速試験機）を使って、耐熱水性の指標としているブリスターの観察をSEM・マイクロ스코プ（CCD）によって表面及び断面、両面に亘って詳細におこなった。この主な内容は発生の位置、発生原因、成長と増加の状況である。ブリスターの成長では画面解析によって定量化をおこなった。また、SMCでは樹脂とガラス繊維の他、充填材等多くの添加剤が使用されているが、熱水の拡散浸透によって、ガラス繊維回りに、充填材の炭酸カルシウムの溶解と析出により生じる硅酸カルシウムの結晶と考えられるものを観察した。すなわちブリスター形成には液状の水が関与していることを示している。

第四章ではターゲット材料であるSMCは充填材等により、不透明で内部の観察はおこなうことができないので、ブリスター等の挙動を直接観察するため、ハンドレイアップ法によって透明のFRPを成形し、迅速試験機にて試験をおこなった。試験内容は片面の他、両面浸漬を含むSEM・CCD観察、光線透過率、吸水率、曲げ強度による劣化の内容と劣化の促進度合いである。また、本章では迅速試験機の両側に測定サンプルを装着し、片方のサンプルの外部に強制水冷却装置をセットして、温度勾配下における水蒸気拡散現象を吸水率によって測定し、劣化の促進性の比較をおこなった結果、SMCのサンプルについても吸水率・ブリスターの面積測定をおこない、水蒸気拡散現象による劣化の促進性を確認した。

第五章では複合材の耐熱水性に関する迅速評価の応用として、樹脂の開発、ガラス繊維の開発、複合材の開発へのアプローチについて提案した。迅速試験機による試験は短期間で試験のN数を大幅に増やす事が可能であり、迅速な品質管理と製品開発に効果が期待できる。

第六章は総括と将来の展望としてまとめた。「片面加圧熱水浸漬試験」はFRPの耐熱水性の性能評価法として十分にその機能を発揮し、複合材料であるSMC等の開発とその信頼性の向上に大きく役立つとの確信をえた。この確信を形にすべく、FRPの将来を切り拓くため、規格化・標準化への提案も視野に入れた。

論文審査の結果の要旨

本研究はFRP製品の代表である浴槽等の耐熱水性に関わる新規性能評価法であり、従来のJISを含む性能評価法での長期（3000時間）の熱水試験（90℃）を迅速化することを目的としている。本研究の内容は

1. 迅速評価試験法の提案、試験機の制作（1号機、2号機）
2. 実証試験（3000時間の耐熱水性試験を1～2日間で迅速に評価）
3. 迅速試験により発生した欠陥の断面・平面のSEM/CCDによる詳細な観察からなっている。

耐熱水性の長期評価法はFRP浴槽が商品化されて以来、ほとんど変わっていなかった。そこで、迅速化するため、100℃以上の飽和水蒸気圧を使用し、1～2日間で評価できる独自の「片面加圧熱水浸漬試験機（以下迅速評価試験機）」を提案し、プロトタイプの1号機、実用性のある2号機を制作した。従来のオートクレーブ法と異なるのは実際使用を想定した片面（接液面）迅速性能評価法であり、10℃・2倍則に基づく時間・温度換算をベースにしている。

この迅速評価試験機を用いて、SMC（Sheet Molding Compound）が潜在的にもっている欠陥を短期的に顕在化し、ガラス繊維と樹脂、充填材の界面剥離等で発生するブリスター（ふくれ）

を発現させ、耐熱水性の評価をおこなってきた。SEM/CCD による詳細な観察によって、ブリスターはスキンコア層である 0.3mm~0.5mm の Weak Boundary Layer (WBL) で発生する事をつきとめた。しかし、現状ではその WBL の生成ポイントは配合段階、成形段階成形品の構造など多岐にわたり、現状では発現要因の順序を含め、特定できない状況であるが、ブリスター生成のメカニズム追及の道具ができたと考える。

迅速評価試験機の実用化によって、耐熱水性の性能評価が短期間におこなえるようになり、規格化を進めることで、FRP の標準的な性能評価として普及することが期待でき、その社会的意義は大きい。

本研究は 4 報の論文を筆頭著者としており、そのうち 2 報は査読制のある学術雑誌に掲載予定である。

1. FRP の耐熱水性評価を迅速化するための新試験方法の提案

小柳卓治、岡野政則、赤津友海、西村寛之、藤井善通

強化プラスチック 第 56 巻,3 号 (2010 年 3 月号 PP8-13 掲載予定)

2. 耐熱水性迅速性能評価システムで発現するブリスターの観察結果

小柳卓治、岡野政則、赤津友海、西村寛之、藤井善通

強化プラスチック 第 56 巻,3 号 (2010 年 3 月号 PP14-20 掲載予定)

3. DEVELOPMENT OF RAPID DURABILITY EVALUATION

METHODS FOR POLYMER COMPOSITES IN HOTWATER

Takuji KOYANAGI, Tomomi AKATSU, Yoshimichi FUJII,

Proceedings of SAMPE '08 International SAMPE Symposium& Exhibition CD251
(2008)

4. Study of Rapid Evaluation on Hot Water-resistance of Composites

(Comparison between Transparent FRP and SMC)

Takuji KOYANAGI, Masanori OKANO, Yoshimichi FUJII, Hiroyuki NISHIMURA

SAMPE Journal 投稿中