

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	薬液環境で用いるFRP製機器のRBIに資する非破壊検査の適用に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	草野正大
Author(English)	Masahiro Kusano
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10137号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:久保内 昌敏,伊東 章,多湖 輝興,淵野 哲郎,青木 才子,水谷 義弘
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10137号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第 号			学位申請者氏名		草野 正大	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	久保内昌敏	教 授	審査員	青木 才子	准教授	
	審査員	伊 東 章	教 授		水谷 義弘	准教授	
		多湖 輝興	教 授				
		洲野 哲郎	准教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は、「薬液環境で用いる FRP 製機器の RBI に資する非破壊検査の適用に関する研究」と題し、以下の 8 章より構成されている。

「第 1 章 緒論」では、化学プラントなど薬液環境下で使用される繊維強化プラスチック（FRP）製機器の劣化現象とそれに対する検査やメンテナンスの現状について述べている。FRP 製機器を安全に長期間使用するには、検査による劣化状態の把握と適切なメンテナンスが必要であるが、有効な非破壊検査が確立されていないことを指摘している。一方で、近年、日本の化学プラントにおいても保全ツールの一つとして、機器のリスクを指標とするリスクベースメンテナンス（RBM）が取り入れられ始めようとしており、FRP 製機器についても金属構造材料と同様に RBM に基づく保全活動を行うべきであるとしている。以上より本研究の目的が、リスクベース検査（RBI）に資する FRP 製機器の破損確率の導出と、機器の劣化に応じた非破壊検査の検討およびその評価方法であるとしている。

「第 2 章 薬液環境下における FRP 製機器の劣化分析」では、実際に化学プラント内で長期使用された FRP 製貯蔵タンクおよびその切り出しサンプルに対し、目視観察や強度試験に加えて SEM・EDS や FT-IR などを用いた劣化分析を行い、タンクの貯蔵薬液ごとに実環境における FRP の劣化現象、劣化速度について明らかにし、それぞれの劣化機構を考察している。

「第 3 章 FRP 製機器の破損確率の導出」では、第 2 章で行った劣化分析結果を基に、分析タンクと類似の腐食劣化環境下にある FRP 製機器の破損確率を導出している。限界状態設計法の考え方を用いて導出を行っており、過去の事例から類推される高くない確信度の予想劣化状態に基づいて求めた破損確率の値は高くなる。このことから、現在の劣化状態を把握する方法として非破壊検査による機器の評価と破損確率の更新が必要であると結論付けている。

「第 4 章 耐食 FRP 製機器に対する従来の超音波検査の適用」では、実機 FRP 製機器に対して超音波検査を適用し、劣化の遅い硫酸貯槽と、典型的な表面反応型を示す次亜塩素酸を扱う機器の場合には超音波による厚さ測定が有効であると述べ、また劣化によって内部に空洞を生じる塩酸貯槽でも健全層厚さ測定の可能性を指摘している。さらに、検査結果に影響を与える要素として、界面に起因する超音波の減衰・反射・散乱、FRP の劣化に起因する軟化、表面の粗面化、さらに貯液状態かどうかといった検査実施環境などを挙げ、検査有効度の観点からこれらを考察している。

「第 5 章 斜角探触子ピッチキャッチ法による健全層・腐食層厚さの測定」では、第 4 章で用いた従来の超音波検査では容易に評価をすることができない腐食層形成型劣化材料に対し、斜角探触子を用いた新しい測定手法を考案し、腐食層形成型の劣化を模擬した二層モデル試験片の測定より、この手法の妥当性を検証している。垂直入射を含めて、4 つの角度の検査により連立方程式から、二層それぞれの音速と厚さの同時測定が可能であることを導くとともに、測定精度のよい底面エコーが得られる時間による評価を提案している。

「第 6 章 FRP 劣化に対するテラヘルツ時間領域分光法の適用可能性」では、テラヘルツ波の高分子材料への透過性、水や物質への応答性、材料や人体への非侵襲性に着目し、材料内に浸入した薬液の非破壊評価手法としてテラヘルツ時間領域分光法の適用可能性を検討している。酸・塩基性水溶液に浸漬した試験片の複素屈折率測定をおこなって水の場合と比較した結果、塩基性水溶液は水と同様に浸入量に従って増加するのに対し、酸性水溶液では高波数側より大きな増加が認められ、酸の浸入を定量的に求めることができることを明らかにしている。

「第 7 章 検査による破損確率の更新と検査有効度の提案」では、第 3 章で導出した劣化分析結果に基づく FRP 製機器の破損確率について、機器を検査することによるベイズ統計に基づいた破損確率の更新を検討している。これにより、非破壊検査による現在の劣化状態から、破損確率を更新する手法を示すとともに、FRP 製機器に対する検査の確かさを表す指標として、超音波検査の検査有効度を提案している。

「第 8 章 総括」では、各章で得られた結論を総括している。

これを要するに、本論文は、化学プラント等で用いる FRP 製機器について、実薬液環境下における劣化分析に基づいた破損確率を示すとともに、超音波及びテラヘルツ時間領域分光法によって非破壊検査の可能性を明らかにし、さらにこれら非破壊検査による破損確率の更新手法と検査有効度の考え方を示したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分価値あるものと認められる。