T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

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,渕野 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)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学工学 専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 （ 工学 ） Doctor of
学生氏名： Student's Name	草野 正大	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	久保内 昌敏
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

薬液環境下にある FRP 製機器は，内部への薬液の拡散および樹脂・繊維の腐食劣化が原因となって破損する．機器を長期にわたって安全に使用し続けるには，非破壊検査による劣化状態の把握が必要であるが，現状では目視検査程度しかおこなわれていない．そこで本研究では，まず，実機 FRP 製機器に対して超音波検査をおこない，他の手法による劣化分析結果との比較により，非破壊検査としての有効性を提示した．さらに，薬液の拡散や FRP の腐食劣化に対する FRP 独自の新しい検査手法が必要であるため，斜角探触子を用いた超音波による健全層・腐食層の厚さ測定およびテラヘルツ分光法による薬液侵入量評価を検討し，将来的な非破壊検査手法の可能性を示した．本論文は，次の 8 章から構成される．

第 1 章「緒論」では，研究の背景として，化学プラントなどの薬液環境下で使用される繊維強化プラスチック（Fiber Reinforced Plastic，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る．薬液環境下における FRP の劣化は，FRP 内部への薬液侵入と薬液による樹脂や繊維の腐食劣化に特徴付けられる．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，このような劣化現象に対して有効な非破壊検査が確立していないのが現状である．一方で，近年，日本の化学プラントにおいても機器のリスクを指標とする保全体系いわゆるリスクベースメンテナンス（Risk Based Maintenance，RBM）が取り入れられ始めようとしている．これまで RBM は金属構造材料を主な対象としてきたが，FRP 製機器についても同様に RBM に基づく保全活動をおこなうべきである．そこで本研究の目的は，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とその評価とする．

第 2 章「薬液環境下における FRP 製機器の劣化分析」では，実際にプラント内で長期使用された FRP 製貯蔵タンク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 などを用いた詳細な劣化分析をおこない，実環境における FRP の劣化現象，劣化速度，劣化機構について，タンクの貯蔵薬液ごとに考察している．

第 3 章「FRP 製機器の破損確率の導出」では，第 2 章の劣化分析結果を基に，分析タンクと類似の環境下にある FRP 製機器の破損確率を導出する．導出には，材料の強度と外力を一定値ではなく確率密度関数として表す，限界状態設計法の考え方を用いている．ただし，導出された破損確率は，過去の事例による現在の予想劣化状態に基づいているため，値は高い．そのため，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が必要である．

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，超音波検査を適用し，非破壊検査としての精度や限界を評価する．検査結果に影響を与える要素として，FRP 製材料であるが故に起こる超音波の減衰・反射・散乱，薬液環境における FRP の劣化現象自体，検査実施環境などの観点から考察している．

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正しく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する．

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と水や物質への応答性，材料や人体への非侵襲性に着目し，材料内に侵入した薬液の非破壊評価手手法としての適用可能性を検討する．酸・塩基性水溶液に浸漬した試験片について，テラヘルツ時間領域分光法による複素屈折率測定をおこない，試験片内に侵入した薬液と複素屈折率との関係性を明らかにする．

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確率の更新をおこなう．更新にはベイズ統計が用いられる．これにより，第 2 章でおこなった劣化分析結果（過去の事例）だけでなく，第 4 章以降で提案した非破壊検査手法などによる現在の劣化状態も，破損確率のパラメータとして有効に利用される．また，FRP 製機器に対する検査結果の確信度を表す指標として，検査有効度を提案する．

第 8 章「結論」では，本研究全体を総括する．

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	化学工学 専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 （工学） Doctor of
学生氏名： Student's Name	草野 正大	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	久保内 昌敏
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

FRP (Fiber Reinforced Plastic) equipment under chemical solutions degrades due to penetration of the solution and corrosion of the resin and the fiber. In order to keep operating equipment under a severe condition for several decades, it needs appropriate maintenance and non-destructive testing (NDT). However, NDT for FRP equipment is hardly performed except for a visual inspection because an appropriate NDT method for FRPs under solutions is still not sure.

In addition, these days, chemical companies are under consideration to introduce Risk Based Maintenance (RBM) and Risk Based Inspection into their plants as a screening standard for maintenance. RBM and RBI standardize on risks of all components in the plant to decide the priority of maintenance and to select the most effective inspection method for risk reduction. A large number of metals have been used as construction materials in chemical plants so that failure databases and knowledge help to evaluate the risk of metal equipment. On the other hand, compared with metal materials, the lack knowledge and information of FRPs makes risk evaluation difficult.

In this thesis, the risk of FRP equipment was eliminated based on detailed degradation analyses of several FRP tanks used in chemical plants. Then, ultrasonic testing (UT) was applied to the FRP tanks to confirm the appropriateness and preciseness as NDT for FRPs. Furthermore, Terahertz spectroscopy which is a relative new optical analysis method was also used to evaluate penetration of chemical solutions into resin. Finally, the risk after inspection was decide based on the preciseness of a NDT method. These results will greatly help to introduce RBM and RBI on FRP equipment in chemical plants.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).