

テラヘルツ波を用いた非破壊検査技術の鋼構造物の塗膜劣化調査への適用性に関する基礎調査

中日本高速道路株式会社 正会員 ○酒井 修平
 東日本高速道路株式会社 正会員 藤野 和雄
 高速道路総合技術研究所 正会員 若林 大

1. 目的

年々増加する鋼橋の維持管理において、塗替え塗装に係る費用はこれまでのレベルの耐久性の塗装を用いては今後雪だるま式に増加するため、耐久性の高い塗装への塗替えが求められている。塗替え塗装の耐久性は、使用する塗装やその施工だけでなく、劣化した既存塗膜や素地表面にある錆を除去する適切な素地調整が重要となる。塗膜表面の劣化であれば機械工具等による3程度程度の素地調整程度でも比較的耐久性の高い塗膜が形成されるが、塗膜内で腐食やさびが発生しているような場合はブラスト等による1程度程度の素地調整が必要となる(図1)。しかしながら、塗膜劣化の評価は表面の錆、割れ、白亜化等の表面的な変状の程度や広がりで判断するのが一般的であり、点検者によって塗替え塗装の素地調整のグレードにばらつきが生じることは避けられない状況にある。そこで、既存塗膜の劣化程度や範囲および塗膜内劣化を把握し、塗替え塗装の最適な時期や素地調整等の塗替え塗装仕様を判断するための点検・調査技術として、優れた物質透過性能を有し、X線に替わる安全な非破壊検査として期待されるテラヘルツ波の適用性について調査・分析をした。

2. 調査内容と使用したテラヘルツイメージングシステム

試験内容は、①既存の劣化塗膜試験片を用いた試行テラヘルツイメージング、②検出性能を確認するためのさび模様を意図的に作成した試験片を用いたテラヘルツイメージング、③土木構造物で用いる塗装の透過特性調査試験の3つを行った。

なお、試験は岩手県立大学と共同研究で行い、試験機は岩手県立大学にある図2及び表1に示す機器、条件で行った。

3. 調査結果

3-1 既存劣化塗膜試験片による調査

詳細な調査に先立ち、テラヘルツ波の周波数等の測定条件および劣化塗膜の画像イメージを把握することを目的に、親不知海岸暴露試験場で約13年間暴露したNEXCO塗装規格のI塗装(下塗:有機ジンクリッチペイント75 μ m, 中塗:ポリウレタン樹脂塗料用中塗30 μ m, 上塗:ポリウレタン樹脂塗料上塗25 μ m)の試験片の表面に広くさびがみられる裏面等をテラヘルツ波で試験調整しながら測定を行った。図3はその測定結果である。暴露試験片裏面は塗膜表面にさび汁を含む結露が比較的長く存在し、塗膜表面はさび色が広がり実際のさび範囲が不明瞭になる。テラヘルツイメージングでは、そうした塗膜表面のさび汁の汚れは排除して腐食・さびがあると思われる箇所のみが検出できている。

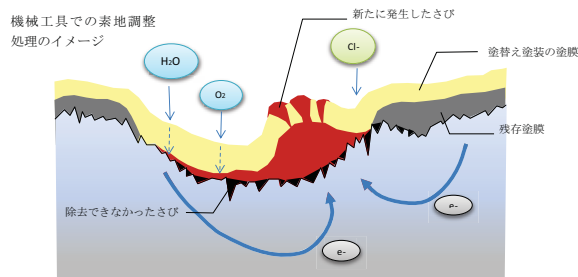


図1 塗替え塗装をしても何度も同じ個所における錆とその原因となる塗膜内腐食のイメージ



図2 テラヘルツイメージング測定システム(岩手県立大学所有)

表1 テラヘルツイメージング測定諸元

項目	内容
測定システム	反射イメージング(プロフスキャン)
発振素子	TUNNET 170GHz
検出器	Obias SBD at RT
測定エリア	各試験による(約60mm×60mm)
スキャンサイズ	0.5/1.0mmステップ
安定化条件	8e-5, avg1 または 2

キーワード テラヘルツ波, 非破壊検査, 鋼橋, 塗装, 塗膜劣化, 塗膜内腐食

連絡先 〒460-0003 名古屋市中区錦2-18-19 中日本高速道路(株)名古屋支社 TEL 052-222-1594

3-2 塗膜内腐食の検出性能試験

試験片(図4)の塗装仕様は、過去一般的に採用された a-1 塗装系(フタル酸系塗装)と現在に塗替え塗装等で使用している i-1 塗装および c-3 塗装のうち膜厚の厚い c-3 塗装の2種類について調査した。

図5より a-1 塗装と c-1 塗装の試験片双方ともにテラヘルツイメージングにより、さび模様は十分な精度で検出できている。画像でややぼんやりとした部分が一部見られる。この原因として受信強度が突出して弱いところがあることから、相対的にその周りが判別しにくくなるのが原因と思われる。しかしながら、全体的にみて今回の試験結果から塗装仕様の種類による検出性能の差は小さいと考えられる。

また、他の部分の調査結果からは、さび径が大きい場合のほうが小さい場合よりもよりはっきりとしたイメージング画像が得られ、さび間隔により隣接するさび模様との統合ではなく、個々のさび模様が識別できることが判った。また、粗密によりさび検出の統合は今回行った試験条件(最小間隔 5 mm)ではなかった。

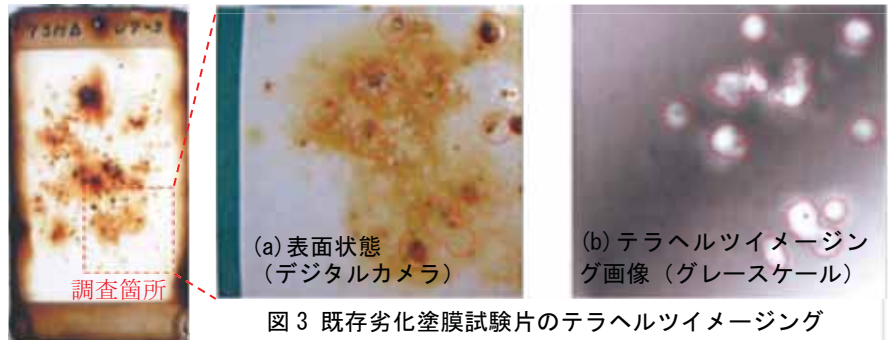


図3 既存劣化塗膜試験片のテラヘルツイメージング

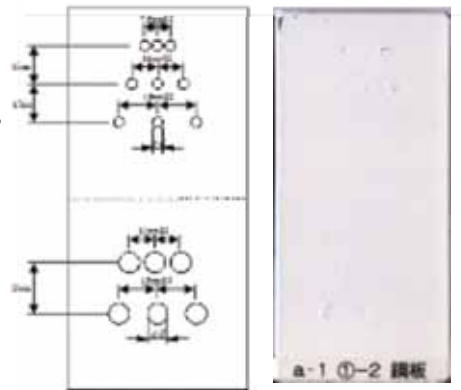


図4 塗膜した錆模様と塗装した試験片

	Type-1 さび径中	
	a-1 塗装	c-3 塗装
さび模様		
グレースケール		
カラー		

図5 試験片のテラヘルツイメージング

3-3 塗膜透過特性調査

各塗装の単膜供試体を図6に示すように固定し、テラヘルツ波の入射パワーP0と透過パワーP1を測定し透過率 $P1/P0$ を求めた。図7~8に示す結果より次のことが言える。鉛系油性さび止めペイント(40 μ m)、長油系フタル酸樹脂塗料上塗(26 μ m)、長油系フタル酸樹脂塗料(26 μ m)は透過率が高く、それらの3層の塗装(a-1相当)の透過率が高く、有機ジンクリッチペイント(102 μ m)、変性エポキシ樹脂塗料(82 μ m)がやや透過率が低く、フッ素樹脂塗料用中塗(49 μ m)、フッ素樹脂塗料上塗(38 μ m)が高いことから、これらの4層を有する塗装(c-3相当)は、ややa塗装系より透過性は低くなる。また、変性エポキシ樹脂塗料の塗膜厚と吸光度の結果から膜厚が厚いと透過率が低くなる(吸光度が高くなる)ことが分かった。

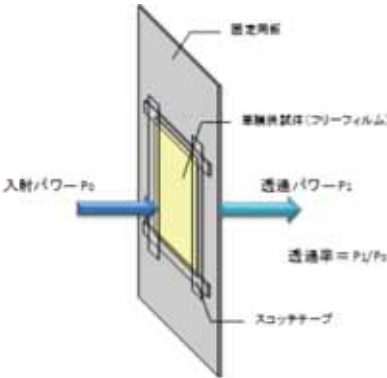


図6 塗膜透過特性試験

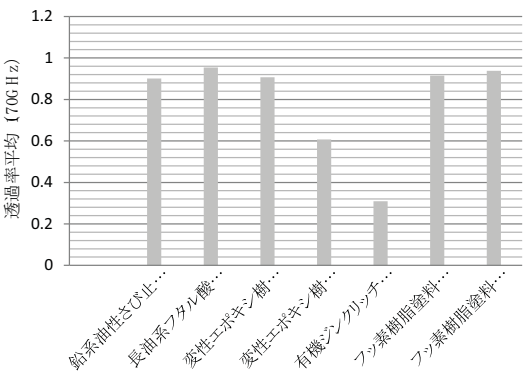


図7 各塗膜の透過率平均 (170GHz)

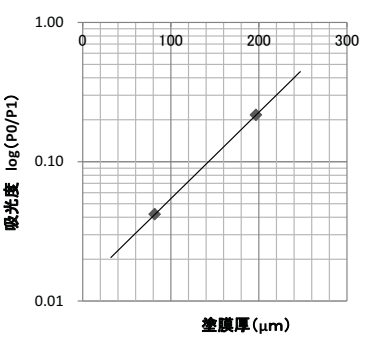


図8 変性エポキシ樹脂塗料の膜厚と吸光度の関係

謝辞 本調査は岩手県立大学との共同研究で行った成果である。調査にあたって多大なご指導・ご協力をいただきました倉林教授に感謝の意を表します。

参考文献 1) 倉林 徹, IPU Research Report テラヘルツイメージングによる非破壊検査, 岩手県立大学研究成果集, Academic Fruits of Collaborations, 2009.3 2) Toru Kurabayashi, Piotr Plotka, Minro Watanabe and others, Sub-terahertz Imaging for Construction Materials, 33rd International Conference on Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves, 2008.9