

塗膜下亀裂を対象とした調査技術の検出性能評価に関する基礎的検討

(国研)土木研究所 正会員 ○高橋 実、玉越隆史、澁谷 敦、村井啓太、坂本佳也

1. はじめに

鋼道路橋の点検で検出される溶接継手止端部などの塗膜割れは、塗膜のみの割れであるのか鋼部材の疲労亀裂の発生に伴って生じた割れなのかを目視で判断することが困難である。塗膜割れが鋼材に生じた亀裂によるものか判断できない場合には、塗膜を剥がして亀裂の有無を確認する必要がある。しかし、塗膜を剥がす作業とその後に補修塗装する作業には手間が掛かる。また、参考文献 1), 2) によれば塗膜割れの箇所に実際に亀裂が発生している割合は約 13%と比較的低く、多くは塗膜のみの割れとなっている。このような特徴のある塗膜割れ下の亀裂の調査については、塗膜を剥がさずに塗膜上から亀裂を検出できる効率的な調査技術³⁾ と、その検出性能を定量的に統一的に評価する方法が必要とされる。本稿では、塗膜下亀裂の調査技術を対象とした性能評価法の提案に向けた基礎的検討について報告する。

2. シートを用いた性能評価法の提案

統一的な評価方法には、例えば、試験体を用いて評価する方法があるが、塗膜割れ下の亀裂を模擬した試験体を用いる場合は、次に挙げる技術的課題がある。1) 塗膜下の亀裂の状態が塗膜を剥がさないと正確に把握できない、2) 一端塗膜を剥がしてから、再塗装すると、表面開口亀裂内部に塗料が侵入してしまい、非破壊調査技術の検出性能に影響を及ぼす可能性がある、3) 塗膜は経年変化により硬さや膜厚が変化するなど性質が変化するため、調査時点の性質について毎回把握する必要があり手間がかかる、4) スプレー、はけ、ローラー等の道具を手で持って塗布する塗り方のため、塗膜厚にばらつきがある。本検討の最終的な目標は、これらの技術的課題を解決する一つの方法として、塗膜の代わりにシートやフィルム（以下「シート」）を用いた性能評価法を提案することである。

3. 対象としたシートの主な仕様

シートと塗膜の違いを比較するために、それぞれの特徴を踏まえて主な仕様について次のとおり検討した。シートは、材質や厚さが塗膜に比べ均一と考えられ、貼付けや剥がして取り去ることが簡単にできる長所がある。一方、貼付け時に空気が気泡としてシートと鋼材との間に混入したり、シートと鋼材との間で密着せずに剥がれてしまうことがあるなどの短所がある。塗膜を模擬するためにシートを用いる場合、塗膜下亀裂の調査技術の性能に影響を及ぼす因子が塗膜による場合と同等である必要がある。

塗膜下亀裂の調査技術には様々な技術が挙げられるが、ここでは超音波探傷試験（以下「UT」）を取り上げる。UT の性能に影響を及ぼすシートの因子として、前述した短所の他に、膜厚、音響インピーダンス、音響結合性などが考えられる。これらの影響因子のうち、気泡の混入及び密着性についてはシートの貼付施工時に丁寧に貼付るよう留意することで防止できるとした。膜厚以外の音響インピーダンスと音響結合性については、これらの因子と関連性が高いと考えられる材質と粘着力に着目した。表-1 に対象としたシートの主な仕様を示す。シートの種類は、7 種類とし、PVC-1～PVC-3 は単独で用い、S-2～S-4 は直接鋼材に貼付けずに S-1 を鋼材に貼付けてから、その S-1 の上に貼付けて組合せて用いた（メーカー仕様）。

表-1 対象シートの主な仕様

名称	組合せ	主な基材	厚さ(mm)	粘着力(N/25mm)
PVC-1	-	PVC(ポリ塩化ビニル)	0.08	0.8 注2)
PVC-2			0.13	0.4 注2)
PVC-3			0.13	2.5 注2)
S-1	-	特殊アクリル	0.06	13 注3)
S-2	あり注1)	PVC(ポリ塩化ビニル)	0.06+0.14	-
S-3		特殊アクリル	0.06+0.12	-
S-4		フッ素系フィルム	0.06+0.07	-

注1: S-1をベースにその上にシートを貼付け、2枚を組合せたシートとした(メーカー仕様)。注2: アルミニウム板に幅25mmのシートを貼付け、180度方向に引張剥がれるときの引張力。注3: 注1でアルミニウム板の代わりにメラミン塗装板を用いた場合の値。いずれもメーカーカタログ値。

キーワード 塗膜割れ, 亀裂, 超音波探傷試験, 渦流探傷試験, 検出性能

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 土木研究所構造物メンテナンス研究センター TEL 029-879-6773

表-2 対象塗膜の主な仕様

試験体	塗装系	膜厚の種類	膜厚(mm)注2)
No.1	B-1系	a,b,c注1)	0.173~0.56
No.2	C-1系		0.221~0.594
No.3	D系		0.238~0.725
No.4	E系		0.07~0.117
No.5	C-4系		0.28~0.672
No.6	D-4系		0.26~0.732

注1)鋼道路橋塗装便覧(No.1~4は1974年版、No.5~6は1990年版)における標準仕様をa、その2倍3倍の厚さを目指して塗布した膜厚をそれぞれb、cとする。注2)膜厚は、各面3箇所各3回電磁膜厚計で計測した平均値。

表-4 各 UT の基準感度の調整方法

UT-1	UT-2	UT-3	UT-4	UT-5
STB-A1の幅0.5m深さ2mmスリットからのエコーを50%とした。	RB-41のφ3mm横穴からのエコーをH線とした。			

注) シートや塗膜なしの状態で感度調整した。

シートと比較する塗膜の仕様については、シートの考え方と同様に、塗膜の材質を仕様を選定した。表-2 に対象塗膜の主な仕様を示す。塗膜は、6種類とし、各種類の塗膜に対して、膜厚が基準値の約2~3倍までの範囲のものをを用いた。

4. 対象とした試験体と既往調査技術の仕様

表-1 に示すシートが亀裂検出調査に及ぼす影響を調べるために、JIS Z 3060 で規定される感度調整用試験片 RB-41 の人工きず(深さ5mmのφ3mm横穴)を対象とし、RB-41 試験片の表面に各種のシートを貼付け、そのシート上から UT を行って人工きずのエコー高さの変化を調べた。また、表-2 に示す塗膜が亀裂検出調査に及ぼす影響を調べるために、RB-41 試験片と同様の人工きずを有する塗膜試験体を用いて、塗膜上から UT を行って人工きずのエコー高さの変化を調べた。

表-3 に本検討で対象とした UT の探傷装置の主な仕様を示し、表-4 に各 UT の基準感度の調整方法を示す。探触子の走査は手動とし、既往技術を対象とした。

5. シートと塗膜が超音波探傷に及ぼす影響

図-1 に各塗膜上から、また各シート上から UT を行った際の感度補正量を示す。感度補正量とは、塗膜上からの UT の場合、塗膜なしの状態で作られた人工きずからのエコー高さに対して、塗膜ありの状態で作られた同人工きずからのエコー高さが同じ値になるように感度を補正した量を示す。感度補正量の範囲は、塗膜では約-3~15dB、シートでは約-3~40dB となった。従って、感度に及ぼす影響は、シートの方が塗膜に比べて大きい傾向となった。PVC-2 のシートは、対象としたシートや塗膜の中で、厚さが0.13mmと比較的薄いが、超音波の減衰が大きく、感度に及ぼす影響が大きかった。シートの材質を適切に選定すれば、塗膜を再現した探傷ができることがわかった。

本検討では、掲載していないが、渦流探傷試験についても UT と同様に塗膜上からの探傷を想定した検討を行っており、とりまとめる予定である。今後は、塗膜下亀裂の調査技術を対象としたシートを用いた性能評価法の提案に向けて、シートを用いた試験方法の検討を進める予定である。

<参考文献> 1) ICHINOSE,水江,坂野:渦流探傷試験を用いた鋼橋の疲労き裂調査の効率化に関する検討,土木学会第 69 回年次学術講演会概要集,CS5-009,pp.17-18,2014.9 2) ICHINOSE,水江,坂野:渦流探傷試験を用いた鋼橋の疲労き裂調査の効率化に関する検討(その2),土木学会第 70 回年次学術講演会概要集,CS4-005,pp.9-10,2015.9 3) 深沢,大畦,加藤,三木:非破壊試験による表面疲労亀裂検出に及ぼす塗膜の影響,土木学会論文集,第 398 号/ I -10,1988.10

表-3 UT の探傷装置の主な仕様(値は公称値)

UTの装置の種類	UT-1	UT-2	UT-3	UT-4	UT-5
波の種類	SH波	SV波			
周波数	5MHz				
屈折角	90度	90度	55度注1)	70度	45度
振動子寸法	5×5	10×10	10×0.8	10×10	
素子数	－	－	16素子	－	－
接触媒質	SH波用	グリセリンペースト			

注1:斜角探傷用ウェッジの使用時かつ各素子の励起の遅延なし時。

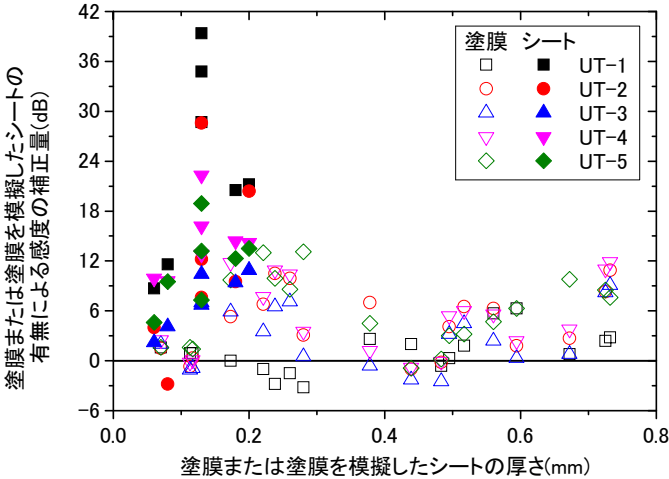


図-1 塗膜上またはシート上からの UT の感度変化