

PS I - 6 表面疲労亀裂検出に対する各種非破壊試験の適用性

東京工業大学 正員 三木千寿 横河橋梁製作所 正員 深沢 誠
中国エックス線 正員 加藤昌彦 関西エックス線 正員 大睦久雄

1. 緒言

疲労亀裂の発生は橋梁構造物の中では極めて局所的な現象であり、それを早期に発見し、適切な補修を行うならば、その後も橋梁を安全に供用し続けることができる。現在では、補修の要否、補修期間の設定のための寿命予測に破壊力学を適用し、橋梁の安全性を定量的に評価することが試みられており、この場合、疲労亀裂を確実に検出すること、および精度よくその寸法を測定することが必要となる。そこで本試験は、すみ肉溶接止端部に発生する表面亀裂について、一般的に行われている各種の非破壊試験を適用し、亀裂検出能力と寸法推定精度について検討した。

2. 供試体および試験方法

試験には、図-1に示すすみ肉溶接止端部に各種の大きさの亀裂を発生させたA供試体（18本）、B供試体（7本）を用いた。まず、超音波探傷端部エコー法により亀裂深さ（ a ）の推定を行った。引き続き、磁粉探傷試験、渦流探傷試験、浸透探傷試験を行い、亀裂長さ（ l ）を推定した。その後、亀裂破面を露呈して実亀裂寸法を求め、非破壊試験による推定値との対応を検討した。

3. 超音波探傷端部エコー法による亀裂深さの推定

試験に先立って種々の探触子の性能を調べたが、接近限界、 S/N 、分解能を総合的に判断して、高分解能型ミニチュア探触子を用いた。図-2に探触子性能と試験方法を示す。亀裂深さは4方向の探傷のうち、最大の指示値とした。

図-3に実測亀裂深さと推定深さの関係を示す。亀裂深さが2.5 mm以上と大きい場合には両者の対応が良く、推定精度はおおよそ ± 1 mmの範囲におさまっている。また、深さが1~2.5 mmの亀裂については、端部エコーの検出はできないが、亀裂発生により生ずる板表面とのコーナー部からの反射エコーにより亀裂の存在が確認できた。しかしながら、深さ1 mm以下の亀裂については端部エコー、コーナーエコーとも検出できなかった。なお、推定誤差の大きな亀裂の詳細な検討を行うと、亀裂前縁の形状、亀裂面が屈曲していることに起因するものが多く、溶接継手部に発生した亀裂の場合、機械切欠きのような理想的な欠陥に比べて検出限界、寸法推定精度が悪くなるものと考えられる。

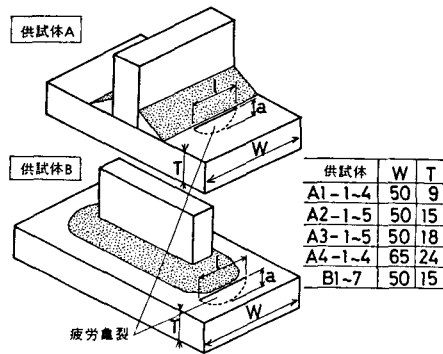


図-1 供試体

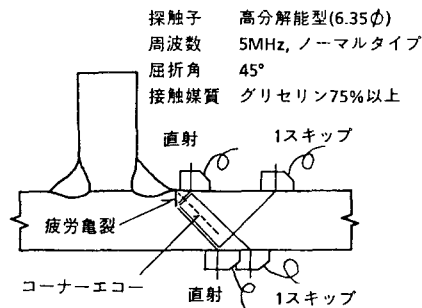


図-2 超音波探傷端部エコー法

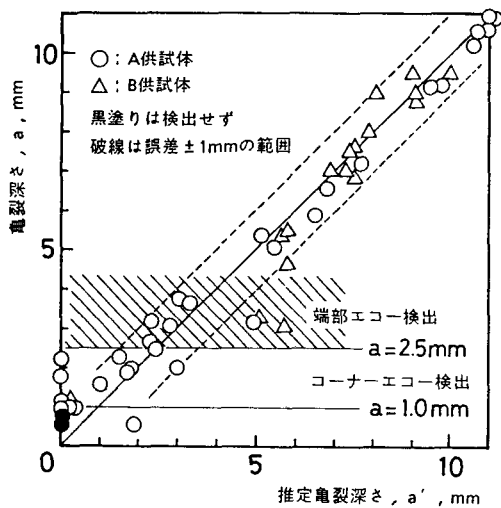


図-3 実測亀裂深さと推定値との関係

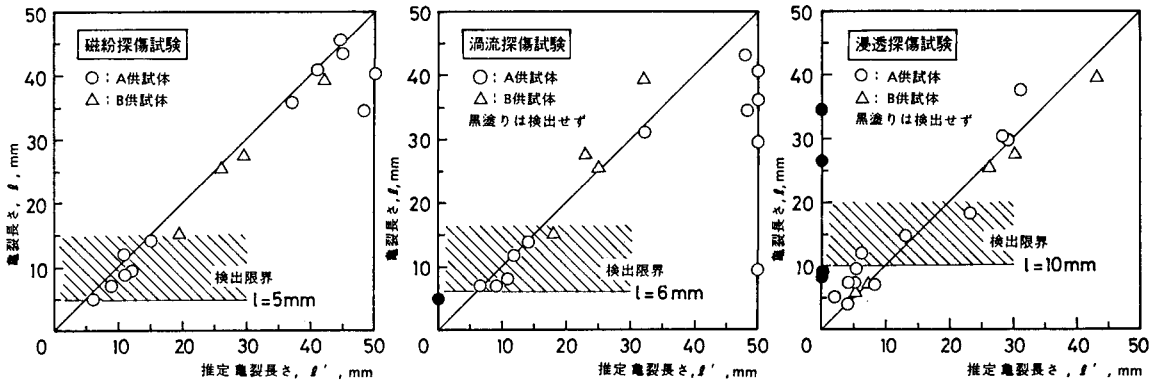


図-4 実測亀裂長さと推定値との関係

4. 亀裂長さの推定

いずれの非破壊試験も予備実験を行い、亀裂検出性能、作業性を考慮して適切な探傷方法を決定した。磁粉探傷は蛍光湿式交流極間法（小型携帯用TE-2）、渦流探傷は単一方法（AMLEC MK IX, 16mmφプローブ）、浸透探傷は溶剤除去性染色法（浸透時間1hr, 現象時間5min以上）である。

図-4に、それぞれの試験での推定亀裂長さと実寸法の関係を示す。黒塗りのプロットは検出できなかった亀裂であり、これをもとに図中に示した寸法についての検出限界を求めた。しかしながら、検出限界は l のみではなく、亀裂表面における開口の程度に依存し、ここで対象としているような亀裂の表面開口量は亀裂の深さに最も関係する。図-5は、この亀裂深さに注目して整理したものである。両図を比較すると、磁粉探傷は若干過大評価の傾向にあるが、長さ5mm、深さ0.5mmの亀裂の検出が可能であり、3つの試験方法の中では最も優れていることが判る。浸透探傷はばらつきが大きく、深さが小さい亀裂は検出できない場合がある。また、渦流探傷は試験片端部の疑似信号、微小アンダーカットの検出のために一部過大評価となっているが、精度的には両者の中間と考えられる。表-1には、それぞれの非破壊試験による検出限界をまとめて示す。

表-1 亀裂の検出限界

	検出限界		$a \leq 5\text{mm}$ の 亀裂の検出
	l	a	
磁粉探傷	5mm	0.5mm	過大評価の傾向
渦流探傷	6mm	1.0mm	"
浸透探傷	10mm	2.5mm	過小評価

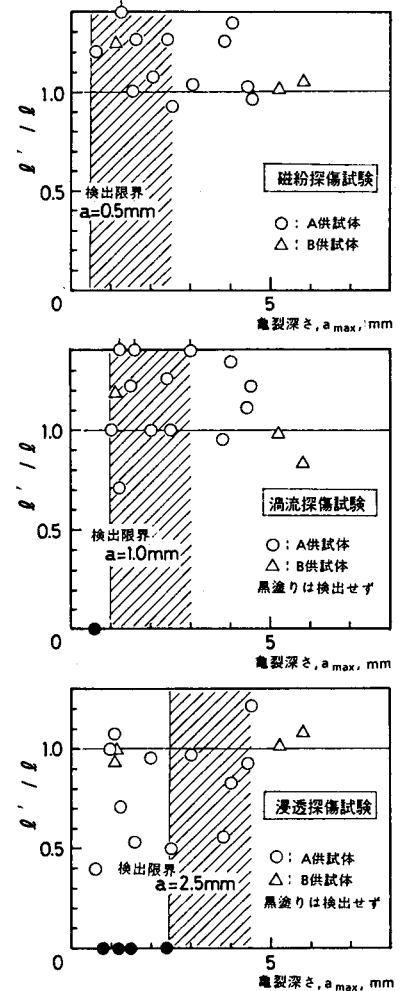


図-5 亀裂深さに注目した検出限界