

5. クレーンブームのコーナー部溶接継手を模擬した薄板溶接材の超音波探傷

吉久 悦二*, 本田 尚*

Ultrasonic Testing on Welded Joints of Thin Plate Modeled upon
the Welded Joints on the Corner of a Mobile Crane Boom

by Etsuji YOSHIHISA*, and Takashi HONDA*

Abstract; The importance of maintenance increases for construction machines such as mobile cranes to prevent the fracture accidents and to extend the lives of the machines. Welded joints are of major concern as they are frequently the sites of localized damage. Non-destructive inspection techniques for detection and sizing of flaws in welded joints of the machines have been developed. Ultrasonic TOFD(Time of Flight Diffraction) technique is one of those techniques. In this study, TOFD technique was applied to measure the flaw height(through-wall height of flaws) and flaw length(length in the direction parallel to the surface) for two types of specimen. One was a thin plate specimen with butt-welded joint and the other was a L-shaped specimen which is modeled upon the welded joint on the corner of box-type boom of a mobile crane. In these specimens, some artificial flaws, which were surface fatigue cracks, blow holes, lack of fusions and incomplete penetrations, were prepared in the joints. Angle beam and immersion technique were also applied to the specimens for comparison with TOFD technique in the ability of detecting and sizing of flaws

The main results obtained in this study are as follows.

- (1) In the butt-welded specimen, each prepared flaw was detected by TOFD, angle beam and immersion techniques. The length of fatigue cracks could be measured by each technique and the measured length was considered to be close to the actual crack length.
- (2) The height of fatigue cracks could be measured by TOFD and immersion techniques, but could not be measured by angle beam technique. TOFD and immersion techniques gave similar values for the crack height
- (3) In the L-shaped specimen, some flaws were not detected by TOFD technique, though all flaws were detected by the other techniques. The height of fatigue cracks could be, however, measured by TOFD technique.
- (4) In case of flaw which was an aggregation of several separated voids, the length measured by TOFD and angle beam techniques was different from that of immersion technique. These techniques were considered to lose accuracy in measuring the length of flaws of this sort.

Keywords; Ultrasonic testing, TOFD technique, Box type boom, Mobile crane, Welded joints

* 機械システム安全研究グループ Mechanical and System Safety Research Group

1. はじめに

近年、機械・構造物では、寿命の延伸が図られ、長期間の使用に伴い発生した損傷(経年損傷)が原因で、機械等に破損を生じ、事故に到る可能性が高くなっている。クレーン等の建設機械もその例外ではなく、保守検査時に、発生した損傷を確実に検出し、欠陥のサイジング、危険度評価を行い、必要ならば、補修を行うことが望まれる。超音波探傷法は、機械・構造物の探傷に広く用いられている非破壊検査法である。その1つであるTOFD (Time of Flight Diffraction) 法では、通常の1探触子斜角法と比べて、欠陥の高さ(部材厚さ方向の欠陥寸法)が精度良く測定できる¹⁾。欠陥の危険度の評価を行う上で、欠陥高さが非常に有用な情報であることから、ボイラ²⁾、貯槽³⁾や橋梁⁴⁾等、様々な装置へのTOFD法の適用が検討されてきた。しかし、この手法は薄肉部材には不相当であると言われており、現在のところ、適用は厚肉部材へのものが主で、肉厚が薄い部材への適用が制限されている⁵⁾。

移動式クレーンの箱形ブームでは、上板、底板、側板が溶接されているが、溶接継手等の応力集中部が存在する可能性の高い部位では、経年損傷が発生することが多く、保守検査時に発生した欠陥のサイジングを行うことが重要と思われる。ブームを構成する各板の肉厚が薄く、溶接部がコーナーにあるというTOFD法適用に対する悪条件はあるが、計測が可能であれば保守検査の高度化が見込める。そこで、本研究では、薄板溶接材、コーナー溶接部模擬材のTOFD法による探傷を試み、その適用性について検討した。

2. 実験方法

2.1 供試体

TOFD法による探傷について、薄板材での基本的特性を調べるための突き合わせ溶接試験体とクレーン箱形ブームへの適用の可能性を検討するためのL型溶接試験体、計2体を試験に供した。

Fig.1に突き合わせ溶接試験体の形状、寸法を示す。厚さ12mmのSM490製平板を、径1.2mmのソリッドワイヤを用いてAr+20%CO₂ガスシールド、MAG半自動で突き合わせ溶接した。溶接部には、溶接欠陥の代表的なもの3種類(ブローホール、融合不良、溶込み不良)と経年損傷の典型である疲労き裂(表面開口き裂)の挿入を試みた。欠陥等の発生方法、目標寸法を以下に示す。

1) 疲労き裂：幅12mm x 深さ4~5mm 及び2~3mm、溶接金属部に幅0.2mmのワイヤ

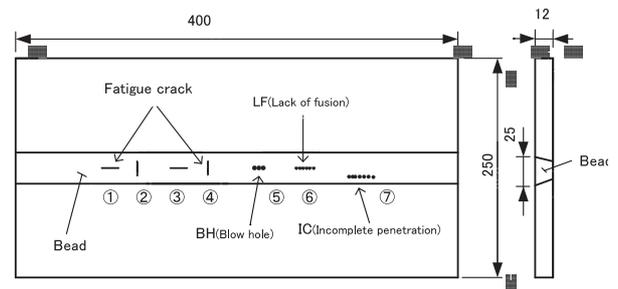


Fig.1 Butt welded specimen
突き合わせ溶接試験体

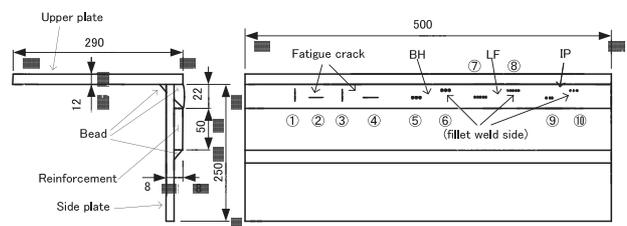


Fig.2 L-shaped specimen
L型試験体

カットを施した棒状試験片に繰り返し、曲げを荷し、ワイヤカット溝と疲労き裂を合わせた長さが所定寸法に達した時に荷を終了し、き裂を含む角ブロックを切り出して試験体溶接部に据え、周囲をTIG溶接する。

- 2) BH(ブローホール)：10mm範囲に数個、溶接中に一時シールドの不良状態を作り、発生させる。
- 3) LF(融合不良)：長さ7~8mm、溶接時に運棒操作により、発生させる。
- 4) IP(溶込み不良)：長さ7~8mm、溶接時のアーク位置の調整により発生させる。

Fig.2に、箱形ブームの上板と側板との溶接部を模擬したL型溶接試験体を示す。溶接方法は突き合わせ溶接試験体と同様である。上板と側板コーナー外側の本溶接に先立ち、コーナー内側と側板の補強板上下端を自動MAGで隅肉溶接した。コーナー内側隅肉溶接部にも、BH、LF、IPを挿入した。なお、疲労き裂は、**Fig.1**及び**Fig.2**で、①、②の箇所が目標深さが2~3mmのもの、③、④の箇所が4~5mmのものである。しかし、疲労き裂を内包した角ブロックを溶接により埋込む際、周囲の溶接金属が冷却過程で収縮し、疲労き裂を開口しようとする力が作用する。この影響

で、き裂が進展し、埋込み完了時には、き裂が予定の寸法よりも大きくなっていった可能性が高い。

2.2 試験方法

探傷は、TOFD法以外に、TOFD法と結果を比較するために横波斜角探傷法、水浸法でも行った。TOFD法、横波斜角探傷法で使用したのは、超音波探傷器USI550(日本クラウトクレーマー社)、スキャナーは手動の平板及びL型用TOFDポジショナー、斜角探傷用X-Yポジショナー(日本クラウトクレーマー社)である。また、水浸法では探傷器DPR30(ソニックス社)、スキャナーG-SCAN 3AX300SR(ジーンズ社)を使用した。また、画像化等データの処理は、各探傷器付属のソフトウェアによった。

Fig.3はTOFD法の原理を示した模式図である。欠陥を挟んで、二つの縦波斜角探触子を対称に配置し、

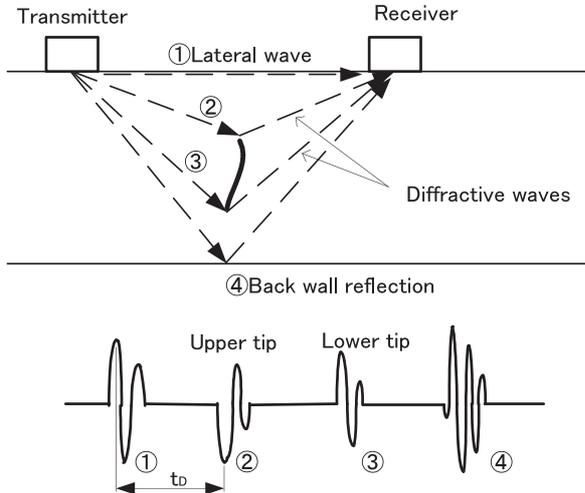


Fig.3 Principle of TOFD method
TOFD法の原理

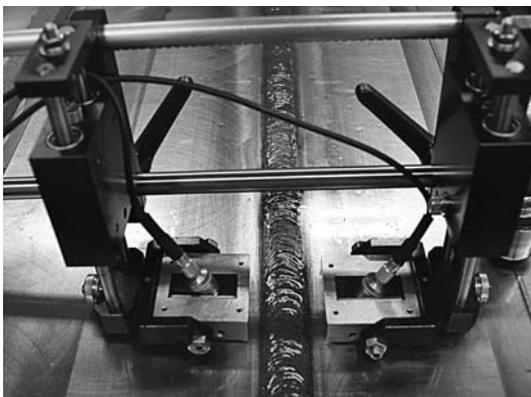


Fig.4 Probe arrangement in TOFD technique for butt-welded specimen
突き合わせ溶接試験体探触子の配置(TOFD)

広角の縦波を片側から入射すると、欠陥の上端の散乱波、下端の回折波が、ラテラル波と底面からの反射波の間に受信され、例えば、欠陥上端の深さ方向の位置dはラテラル波と散乱波の進行時間差 t_b 、試料縦波音速C、探触子間距離2Yから式(1)で与えられる。受信波の強度にかかわらず、時間測定による方法であるため、測定の信頼性が高いとされている。

$$d = \frac{1}{2} (t_b^2 C^2 + 4t_b CY)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

探傷ラインと平行に探触子を走査(Dスキャン)して、得られた探傷画面上で受信強度を輝度に変えてマッピングすると、き裂端部の散乱波等が視覚的に判別可能である。二つの探触子が欠陥に対して対称位置にない場合には誤差を生じるので、Dスキャンと直角方向に走査(Bスキャン)し、 t_b の最小値を求め、測定精度の向上を図る。

Fig.4に突き合わせ溶接試験体での探触子の配置を示す。探触子は溶接線を挟んで配置し、Dスキャン及びBスキャンを行った(データ採取ピッチ:各1mm)。用いた探触子は、予備測定の結果から、周波数5MHz、振動子径6mm、入射角は78°のもの(アクリル製ウェッジ使用)を送受信双方に用いた。探触子距離2Yは60mmである。薄板では、入射角がある程度大きいものが適しているといえるが、78°は、この試料での縦波入射のほぼ臨界角に相当する。L型試験体についても、送受信探触子の組み合わせは種々考えられるが、送受信共に径6mm、周波数10MHzとし、送信用垂直探触子を上板のコーナーから3mmの位置に、入射角78°の受信探触子を側板の補強板上でコーナーから60mmの位置に設置した。ただし、この場合、Bスキャンを行うと探触子間距離が変わるので、Dスキャンの

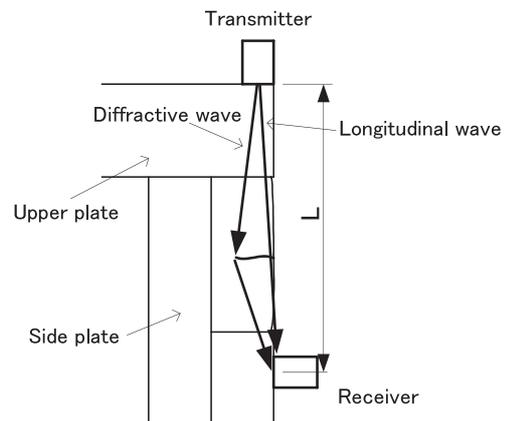


Fig.5 TOFD technique for L-shaped specimen
L型試験体でのTOFD法

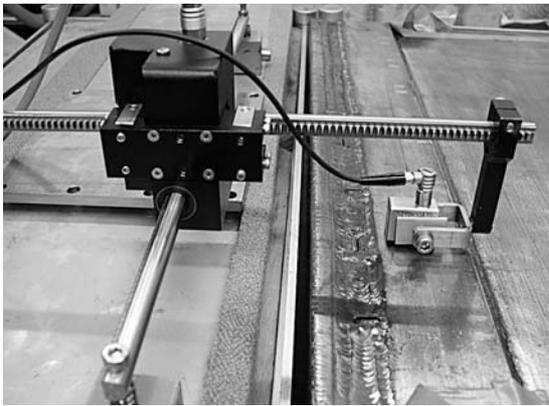


Fig.6 Angle beam technique for L-shaped specimen
L型試験体の斜角法による探傷

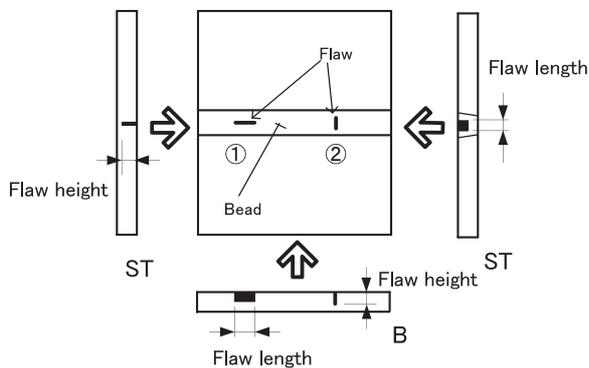


Fig.7 Ultrasonic flaw length and height in immersion technique
水浸法での欠陥指示長さと指示高さ

みを行った。欠陥が送受信探触子の中央にあるわけではないので、サイジングでは若干誤差を生じる。この時の超音波伝ば経路の模式図をFig.5に示す。受信用探触子には最初に縦波、次いで欠陥端での散乱波が到達すると考えられる。送信用探触子のプローブ中心は3mmコーナーから外れているが、ビーム路程算出では、コーナーの頂点にあるものと見なした。

横波斜角探傷は、溶接部の探傷において一般的に用いられているが、エコー強度から欠陥のサイジングを行う方法である。周波数5MHz、振動子寸法10mm x 10mm、横波屈折角70°の探触子を用いて、STB-A2形標準試験片の人工欠陥φ4x4について距離振幅特性曲線を作成して、0.5スキップでのエコーの高さが80%レベルになるように調整した感度を基準感度とした。溶接線平行方向、直角方向に走査して(データ採取ピッチ：両方向とも1mm)、各欠陥の長さ(表面方向の寸法)は、Bスコープ画像上で最大エコー高さの12dB減となる範囲(L線レベル以上の範囲)に対応する探触子の移動距離とした。また、L型試験体では、Fig.6に示

すように側板補強板上に探触子を置いて探傷した。

水浸法は、主として疲労き裂についてのTOFD法の結果の検証用に行ったものである。突き合わせ溶接試験体は56mm x 56mmに、L型試験体は60mm x 60mmの断面で、長手方向は欠陥中央が端面から28mmとなるように切断した。周波数10MHz、振動子径12.5mm、150mm焦点の探触子を用いて、各々切断した試験体の欠陥が存在すると考えられる位置に超音波ビームの焦点がおおよそ来るように水距離を定めた。探傷範囲は、表面下15~40mmである。Fig.7に示すように、探傷はB、STの2方向から二次元走査(データ採取ピッチ：両方向とも0.5mm)して行った。水浸法では基準感度についての規定がないため、B、ST方向からの計測で、各欠陥の最大エコーを約80%のレベルに感度調整し、最大エコーから6dB減となる範囲を欠陥の長さ、高さとした。

3. 実験結果と考察

3.1 突き合わせ溶接試験体

突き合わせ溶接試験体でのTOFD法による探傷結果の例をFig.8に示す。Fig.1の疲労き裂①、②に対するものである。Bスキャン画像中で、矢印(上)で示した部分の縞模様がき裂①の先端部での回折波、矢印(下)で示したのがき裂②の先端部での回折波である。き裂②は、溶接線に直角方向のき裂である。Bスキャン画像から分かるように、溶接線に平行な方向のき裂①と比べて、その端部の回折波は微弱な信号であるが、検出可能である。

欠陥長さ(試験体表面平行方向の寸法)は縞模様の長さ(Fig.8では上下方向の長さ)から、欠陥高さ(試験体厚さ方向の寸法)は表面と欠陥端部の信号との横方向の距離から求められるが、データ取得点間隔が

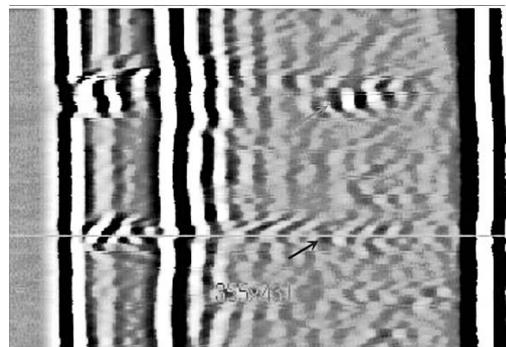


Fig.8 B-scan image for fatigue crack ①, ② in butt welded specimen
疲労き裂①、②のBスキャン画像(突き合わせ溶接試験体)

1mmであり、寸法の評価はミリメートルの位までが妥当と考えられる。き裂①に対して、欠陥長さ、欠陥高さは、各々11mm, 8mmであった。き裂②に対するき裂面垂直方向からのTOFD法、横波斜角法による探傷は、探触子が溶接ビード上来て、試験体と探触子の接触状態が悪くなり、ビードを研磨しなければ適用が不可能である。ここで行ったき裂面に平行方向の探傷では、き裂先端が超音波ビーム路程方向に広がりを持っているために、回折波の伝ばの経路は明らかではなく、測定結果には誤差が含まれる可能性はあるが、一応の指標になると考えられる。欠陥高さは8mmであった。疲労き裂のき裂面直角方向の幅は極小さいが、一般に超音波法では超音波ビームの幅に対して小さなものの大きさは過大に評価され、精度が期待できない。したがって、き裂②では、欠陥長さは評価しなかった

Fig.9に疲労き裂①の横波斜角法による探傷画像を示す。Bスコープ画像から求めた欠陥の長さは10mmであった。欠陥高さについては、基準感度では、き裂

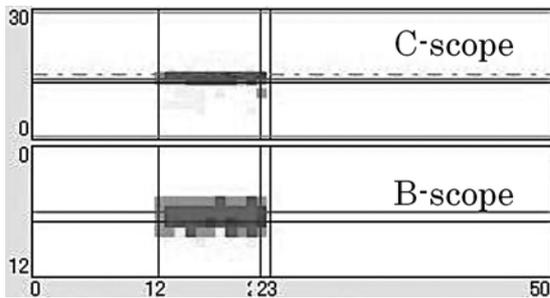


Fig.9 Image for fatigue crack ① by angle beam technique
疲労き裂①の横波斜角法による探傷画像

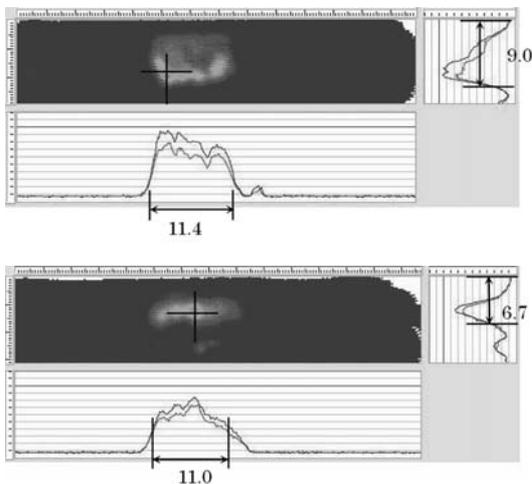


Fig.10 Images for fatigue crack ①, ② by immersion technique
疲労き裂 ①, ②の水浸法による探傷画像

部のエコーの強度レベルが低く、JIS 3060に基づく評価ができなかったため、欠陥深さ(最も強い信号を受けた部位の深さ方向の位置)を求めた。欠陥深さは6mmである。

水浸法による結果をFig.10に示す。上図がき裂①のB方向の探傷画像、下図がき裂②のST方向の画像で、上端が試験体上面である。また、各画像の下、右にある曲線は、その方向からのエコー強度を透視図で、2本の線はRF波形の+側、-側のレベルを示したものである。計測ソフトウェアでは、き裂①, ②の欠陥長さ、欠陥高さは各々11.4mm, 9.0mmと11.0mm, 6.7mmという結果となったが、データ取得点間隔が0.5mmであり、0.1mmの位の値は正確ではない。1mmの位まで評価を行う(以下同様)。

Fig.11に溶込み不良についての水浸法による探傷結果を示す。上図がB方向、下図がST方向の画像である。欠陥の深さ方向の位置について、2つの画像で違いがあり、mm単位では、B方向で6~10mm, ST方向で7~10mmの範囲が欠陥という結果になった。欠

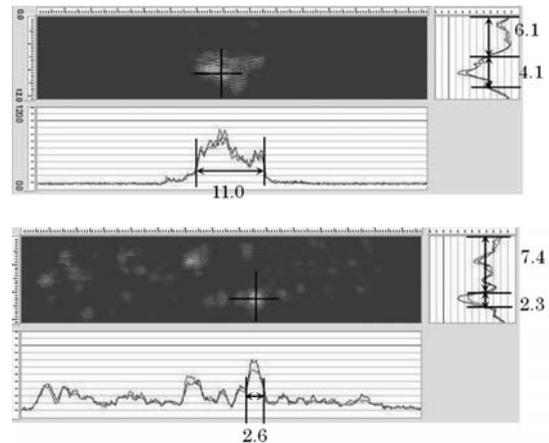


Fig.11 B and ST Images for incomplete penetration by immersion technique
水浸法による溶込み不良のB及びST画像

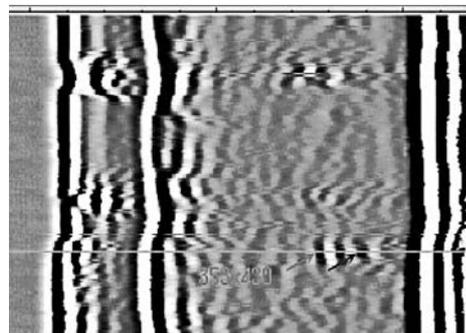


Fig.12 B-scan image for incomplete penetration
溶込み不良のBスキャン画像

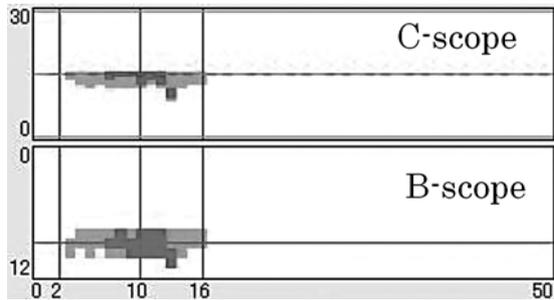


Fig.13 Image for incomplete penetration by angle beam technique
溶込み不良の斜角法による探傷画像

陥長さは11mmである。

この欠陥に対するTOFD法、横波斜角法の結果をFig.12, Fig.13に示す。Fig.12でラテラル波が2波であるので、欠陥部の上下端の波も各々2波であり、最初の波が欠陥上端(左側矢印で示す。), 3番目が欠陥下端(右側矢印で示す。)と考えられる。深さ方向の欠陥の範囲は9~11mm, 欠陥長さは11mmで、深さについての結果は、水浸法とは若干異なっている。また、横波斜角法では、欠陥長さ13mm, 欠陥深さ8mmである。

突き合わせ溶接試験体について各手法で得られた欠陥長さをTable 1に示す。欠陥長さについては、TOFD法、横波斜角法の結果の水浸法との差は、ブローホールを除いて2mm以下である。また、疲労き裂については、10~13mmであるが、き裂を導入したブロックの横幅が12mmであることから、実際に近い値が得られていると思われる。ブローホールについては、水浸法では分離した欠陥が分布していたが、TOFD法、横波斜角法では、連続した欠陥と認識され、長さは水浸法と異なっていた。

欠陥高さ、欠陥深さをTable 2に示す。ここでTOFD法、水浸法の欄の括弧内の値は欠陥の存在する深さ方向の範囲、横波斜角法の値は欠陥深さ(最も強い信号を受けた部位の深さ方向の位置)である。

欠陥高さを見ると、TOFD法による疲労き裂の高さは、水浸法とは差が1mmであり、板厚12mmの薄板でも、TOFD法で表面き裂の深さがある程度評価できることが分かる。ブローホール、融合不良に対しては、TOFD法では、上端の散乱波だけが認識され、欠陥はそれより深い部位に広がりを持っていることは分かるが、その範囲は不明である。溶込み不良では、深さ方向に広がりが大きかったため、欠陥高さが得られたが、位置、高さは水浸法とは異なっており、内蔵欠陥の高さの評価には誤差が大きいと考えられる。高周波探触子の使用等よりきめ細かな測定が必要と考えられる。横波斜角法による欠陥深さは、最高強度レベルから

Table1 Flaw length measured in butt welded specimen
欠陥長さの測定結果(突き合わせ溶接試験体)

	Flaw length (mm)		
	TOFD technique	Imersion technique	Angle beam technique with shear wave
Fatigue crack ①	11	11	10
Fatigue crack ②	-	-	-
Fatigue crack ③	13	13	12
Fatigue crack ④	-	-	-
Blow hole	12	8*	11
Lack of fusion	12	13	11
Lack of penetration	11	11	13

* several separated defects

Table 2 Flaw height measured in butt welded specimen
欠陥高さの測定結果(突き合わせ溶接試験体)

	Flaw length (Flaw depth) (mm)		
	TOFD technique	Imersion technique	Angle beam technique with shear wave
Fatigue crack ①	8	9	(6)
Fatigue crack ②	8	7	(5)
Fatigue crack ③	8	9	(4)
Fatigue crack ④	8	8	(8)
Blow hole	-(8~)	B*:3(8~11) ST:3(7~10)	(8)
Lack of fusion	-(9~)	B:2(8~10) ST2:(8~10)	(6)
Lack of penetration	2(9~11)	B:4(6~10) ST:3(7~10)	(8)

* several separated defects

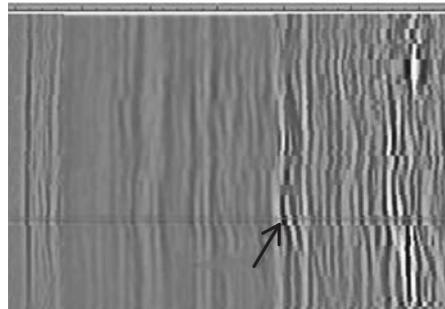


Fig.14 D-scan image for fatigue crack ② by TOFD technique
疲労き裂②のTOFD法による探傷画像

6dB減という広がりを考慮しないため、特に表面疲労き裂の場合に小さめになり、他の手法で求めた欠陥高さとの差が大きい。表面き裂の評価にそのままこの欠陥深さをを用いると危険側の評価となる。

3.2 L型試験体

Fig.14にL型試験体コーナー部外面本溶接部の疲労き裂②についてのTOFD法による探傷結果を示す。こ

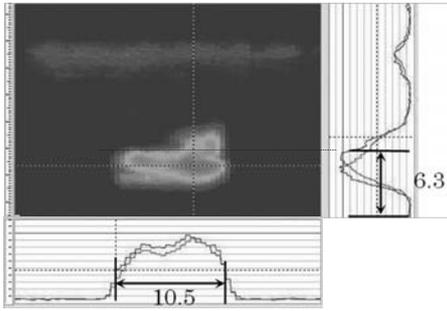


Fig.15 Image for fatigue crack ② by immersion technique
疲労き裂②②の水浸法による探傷画像

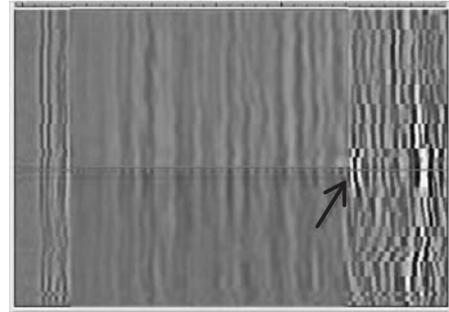


Fig.17 D-scan image for fatigue crack ① by TOFD technique
疲労き裂①のTOFD法による探傷画像

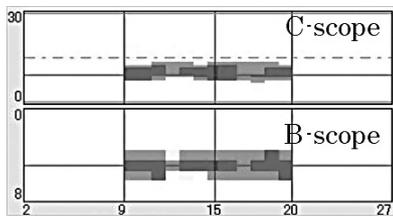


Fig.16 Image for fatigue crack ② by angle beam technique
疲労き裂②の斜角法による探傷画像

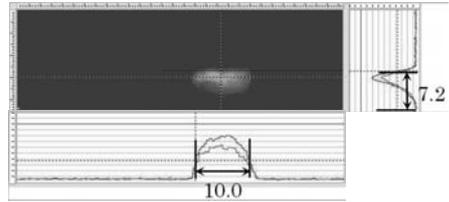


Fig.18 Image for fatigue crack ①① by immersion technique
疲労き裂①の水浸法による探傷画像

のき裂は溶接線に平行に入っている。左端のやや弱い波が受信探触子に最初に到達する縦波である。また、右端に波状模様が見られるが、この領域は深さが8mm付近で、溶接金属と側板の界面近傍に当たる。L型試験体の場合、き裂ブロックを埋め込む際、その底面側に側板があることから、ブロック下部の溶接が完全でなく、欠陥の存在によってこのような信号が発生した可能性があるが、水浸法では検出されておらず、この信号が発生した原因は不明である。しかし、矢印で示した信号の左側には乱れはなく、矢印で示した信号は、き裂下端の回折波と考えられる。欠陥高さ、長さは5mmと10mmであった。

Fig.15, Fig.16に水浸法(B方向(上板側から)のもの)、横波斜角法の結果を示す。水浸法での欠陥高さ、長さは、各々6mm、11mmである。横波斜角法では、突き合わせ溶接試験体と同様、欠陥高さの評価はできなかった。欠陥深さは5mmである。なお、Fig.15の上方、側板内面付近に見られる微弱な信号は、コーナー内面側隅肉溶接ビードからのものである

溶接線に直角な疲労き裂①のTOFD法、水浸法(ST方向(切断面から)のもの)による探傷結果をFig.17, Fig.18に示す。Dスキャン画像の矢印が疲労き裂①の先端の位置である。この場合もき裂下端がとらえられていることが分かる。TOFD法とST方向の水浸法によ

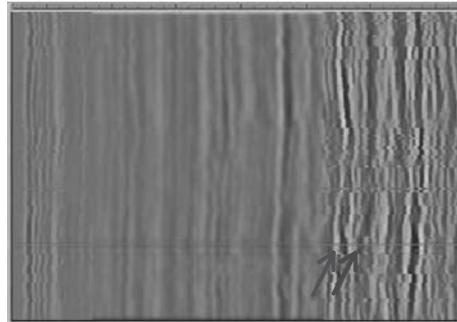


Fig.19 D-scan image for blow hole by TOFD technique
ブローホールのTOFD法による探傷画像

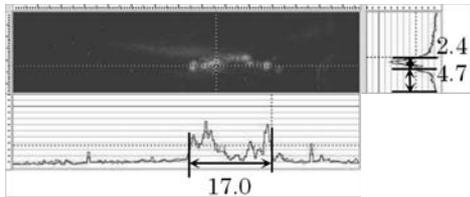


Fig.20 Image for blow hole by immersion technique
ブローホールの水浸法による探傷画像

る欠陥高さは、共に7mmであった。なお、疲労き裂③については、TOFD法ではDスキャン画像中に明瞭な信号が得られず、検出できなかった。この原因は明らかではない。

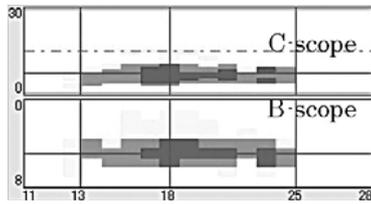


Fig.21 Image for blow hole by angle beam technique
ブローホールの斜角法による探傷画像

Table3 Flaw length measured in L-shaped specimen
欠陥長さの測定結果(L型溶接試験体)

	Flaw length (mm)		
	TOFD technique	Imersion technique	Angle beam technique with shear wave
Fatigue crack ①	—	—	—
Fatigue crack ②	10	11	11
Fatigue crack ③	—	—	—
Fatigue crack ④	11	10	11
Blow hole	11	17*	12
Lack of fusion	—	12*	8
Lack of penetration	—	5	8

* several separated defects

Table4 Flaw height measured in L-shaped specimen

	Flaw length (Flaw depth) (mm)		
	TOFD technique	Imersion technique	Angle beam technique with shear wave
Fatigue crack ①	7	7	(6)
Fatigue crack ②	5	6	(5)
Fatigue crack ③	—	7	(5)
Fatigue crack ④	6	7	(5)
Blow hole	<1 (6~)	B*:2(5~7)	(5)
Lack of fusion	—	B:2*(4~6)	(7)
Lack of penetration	—	B:2(5~7)	(5)

* several separated defects

Fig.19, Fig.20及びFig.21はTOFD法、水浸法(B方向)によるブローホールの探傷結果である。Dスキャン画像は込み入っていて、欠陥の高さを決定するのは難しいが、直接到達した縦波の中、強度の比較的強いのは1波と見られることから、欠陥の上端、下端を定めると、深さ方向の広がりが1mm以下となる。一方、水浸法では2mm強で、異なっている。突き合わせ溶接試験体の場合と同様、薄い板の内蔵欠陥の欠陥高さをTOFD法で正確に評価することはかなり困難と考えられる。また、水浸法では17mmとなる欠陥長さが、TOFD法、横波斜角法では、各々11mm、12mmであり、その差は大きい。

融合不良、溶込み不良については欠陥と見られる

明瞭な信号がDスキャン画像中には見出せず、TOFD法での検出はできなかった。

Table 3, Table 4に欠陥長さ、欠陥高さの測定結果をまとめて示す。疲労き裂についてのもの以外の水浸法の結果は全てB方向からのものである。

コーナー内側の隅肉溶接は脚長が小さいため、後述するように、TOFD法より容易に欠陥検出ができると思われる横波斜角法でも、試験体表面等の信号と溶接欠陥の信号との区別が明瞭にできなかった。TOFD法、水浸法による測定は行っていない。

疲労き裂の欠陥長さについて、各手法の測定結果は同程度で、これは埋め込みブロックの寸法から見てほぼ妥当な値と考えられる。欠陥高さについては、TOFD法、水浸法の結果は、突き合わせ溶接試験体と同様に、1mm程度の差であった。一方、横波斜角法による欠陥深さは、当然のことであるが、常に小さめの結果となっている。ブローホール、融合不良、溶込み不良の結果を見ると、離散した欠陥の集合に対して、TOFD法、横波斜角法では検出分解能が十分でなく、欠陥長さの評価では、水浸法と差が大きくなった。また、横波斜角法では、全ての欠陥が検知されているが、TOFD法では、ブローホール以外の検出はできなかった。より小径の探触子を用いて広角に超音波を送信する等手法の改良が必要である。

4. まとめ

移動式クレーン箱形ブームの溶接部の欠陥の検出、サイジングについて、TOFD法の適用を検討するため、人工欠陥を付した、薄板の突き合わせ溶接継手試験体、L型コーナー部溶接継手試験体を対象に、TOFD法、横波斜角法、点焦点水浸法による探傷を行った。水浸法はより正確な結果が得られ、3つの手法の中で、基準となると考えて行ったものである。得られた結果の主なものは、以下の通りである。

- 1) 突き合わせ溶接継手において、TOFD法、横波斜角法は、表面疲労き裂の溶接線方向の長さについて、水浸法によるものとほぼ同程度の測定結果を与え、それは実際の長さに近いものと考えられる。
- 2) 欠陥高さについては、横波斜角法では評価が困難であるが、TOFD法では水浸法と大きな差のない測定結果が得られた。
- 3) L型コーナー部溶接継手の欠陥について、TOFD法では、一部検出できない欠陥があった。しかし、表面き裂の欠陥高さの評価は横波斜角法ではできないが、TOFD法では水浸法と同様の結果が得られた。
- 4) 突き合わせ溶接継手、L型コーナー部溶接継手での複数の欠陥の集合体である溶接欠陥に長さについて

て、TOFD法、横波斜角法は、検出分解能が十分でなく、水浸法とは異なる結果となった。

参考文献

- 1) 三原 毅, TOFD法の原理とBS7706, 非破壊検査, 49-12, pp.802-805 (2000)
- 2) 岩本啓一, 青木清隆, ボイラへのTOFD法適用事例, 超音波TECHNO, 12-11, pp.55-61 (2001)
- 3) 荒川敬宏, 中西保正, 加藤謙治, 芝田三郎, 久保善明, 球形ホルダーへの超音波TOFD法の適用, 非破壊検査, 49-12, pp.828-833 (2000)
- 4) 村井康生, 齋藤賢司, 鈴木紀生, 杉井謙一, TOFD法による橋梁溶接試験体の超音波探傷試験, 鋼構造年次論文報告集, 5, pp.281-288 (1997)
- 5) ASME Code Case 2235-2 Use of Ultrasonic Examination in Lieu of Radiography (2000)
- 6) JIS Z 3060 -1994 鋼溶接部の超音波探傷法

(平成16年10月6日受理)

