

第29回

千葉県非破壊検査研究会・研究発表会

講演資料

日時 平成27年3月11日(水)  
13:00~16:50

場所 千葉県産業支援技術研究所

# 目 次

## I 研究発表

1. 超音波を用いた内部欠陥映像化技術に関する最近の話題 ----- 1  
JFE テクノリサーチ (株) 高田 一
2. 社会インフラへのUT適用例 ----- 5  
菱電湘南エレクトロニクス (株) 和高 修三  
三菱電機 (株) 情報技術総合研究所 木村 友則
3. 渦流探傷器によるコーティング上からの溶接部検査 ----- 17  
オリンパス株式会社 山内竜也
4. UT 研究・普及昔話 ----- 23  
NPO 国際建設情報研究所 藤盛紀明
5. JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」改正の動向 ----- 33  
日本検査 (株) 守井隆史

## II. 特別講演会

- 演 題 : 来たるべき巨大地震と気候変動に伴う災害への今後の対応 ----- 59  
講 師 : 清水建設 (株) 技術研究所  
構造・生産技術センター所長 坂本 眞一氏

超音波を用いた内部欠陥映像化技術に関する最近の話題  
 Topics on internal flaw imaging using ultrasonic focused beam

JFEテクノリサーチ(株) 高田 一

1. 緒言

最近では超音波探査映像装置という言葉をよく耳にする。これは一昔前には、C スキャン超音波探傷装置（以下、C スキャン）と言われた装置の発展版であり、分解能や探傷結果の表示精度に格別の進化が加わった結果、従来のC スキャンとは性能を異にするようになった装置を別の名称で呼称するようになったものである。

物体の内部映像を得るための装置としては、上記超音波探査映像装置のほかに X 線を用いた装置があり、特にマイクロフォーカス X 線源を用いた透視装置や CT 装置がある。

ただし、X 線は厚さのある異物の検出に有効であるものの、厚さが薄い割れや接合不良などのきず検出には有効性が薄いという基本特性に変化はなく、逆に、超音波には厚さが薄い割れや接合不良などのきず検出に有効であるという特性があるので、高分解能 X 線装置を持てば内部映像化は「事足れり」というわけではない。超音波と X 線は相補う関係にあるといえる。

本稿では、超音波探査映像化技術に焦点を当て、最近の装置性能や技術革新の話題について紹介する。

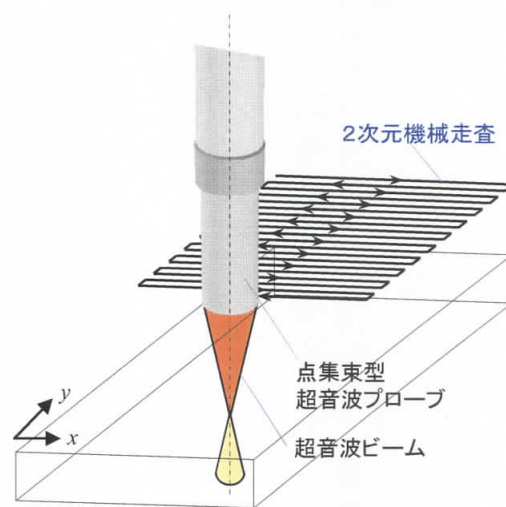


図1. 超音波探査映像技術の原理

2. 超音波探査映像技術

超音波探査映像技術の原理は、図1に示すように、水浸法を用い、焦点型超音波探触子を2次元走査するC スキャン超音波探傷の原理と変わるところはない。

しかし、超音波探触子の機械走査機構の精度向上や高周波数化が相俟って、鮮明な内部映像を得ることができるようになってきた。例えば、図2は厚さ2mmのステンレス鋼板内部にある非金属介在物を周波数50MHzの水浸集束型探触子を用いて検出した例<sup>1)</sup>である。微小な輝点はサイズφ10~20μmのきずであり、このようなきずを明瞭に、かつ、画像にずれを生じさせることなく検出することができる。経験上、周波数200MHzの水浸集束型探触子を用いれば、5μmくらいのきずも検出できるようである。

上記データは超音波探査映像装置の初期の製品で採取したものであり、最近の装置はさらに精度が向上している。しかし、超音波探触子の取り付け部の剛性を高めるために、超音波探触子の姿勢調整、または、被検体の傾き調整の機能がなくなっている。そのため、平坦な被検体以外への適用性に欠けるようになってきた。

超音波探査映像装置は、現在、表1に示すようなシーン



図2. 非金属介在物の検出例(50MHz)

で活用されている。

3. ドライ超音波非破壊評価技術

超音波測定技術には、レーザー超音波法、電磁超音波法、空気結合超音波法<sup>2)~4)</sup>など液体の媒質なしに物体へ超音波を送受波する方法がある。しかし、高い検出能や分解能が必要な場合には、圧電振動子を水や油を介して物体と音響結合させるウェットな方法をとらざるを得ない。そこで問

表1. 超音波探査映像技術の主な適用先

No.	品種	検出対象
1	鉄鋼製品	・板材の非金属介在物 ・軸受鋼の非金属介在物 ・水素誘起割れ評価
2	その他金属	・内部異物, 異常組織
3	金属溶接部	・溶接きず評価 ・接合不良
4	鋳造品	・ざく巣, 多層材界面のきず
5	スパッタリングターゲット材	・パッキングプレートとの剥離
6	樹脂・複合材	・射出成形樹脂の流動解析 ・CFRP等積層材の剥離 ・CFRP等複合材の破損解析
7	電子部品	・ICパッケージの剥離, クラック ・CSPのアンダーフィル剥離・ポイド評価 ・積層コンデンサの電極間の割れ, 剥離, ポイド ・素子の不良解析
8	パワーモジュール	・素子と基板との接合不良 ・基板とヒートシンクとの接合不良
9	セラミックス	・内部きず, 表面きず
10	MEMS	・貼り合せ基板の接合不良

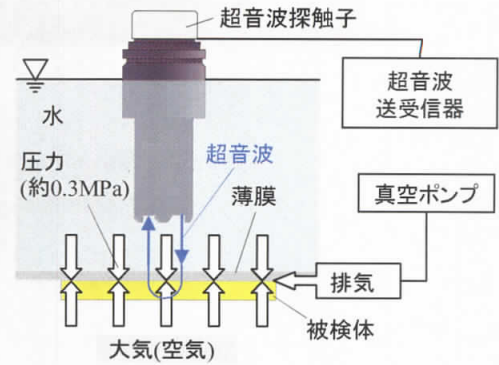


図3. ドライ超音波非破壊評価技術の原理

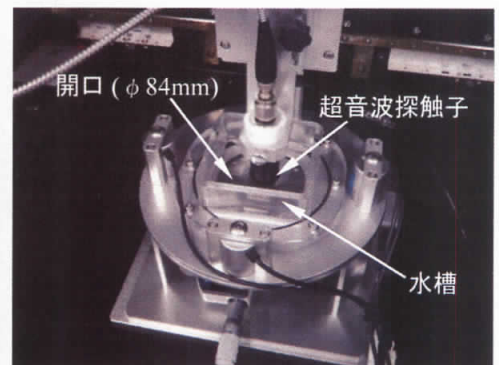


図4. 組み込み型ドライ超音波機構の外観

題となるのが、水や液体により劣化や状態変化する製品の検査（電子部品、金属材料、FRP、セラミックスなど）、およびウェット状態を嫌う機械装置等の現場検査である。

このような対象の検査を目的にドライ超音波非破壊評価技術<sup>5,6)</sup>（以下、ドライ超音波技術）が開発された。ドライ超音波技術は、被検体と超音波伝搬媒体である水との間に固体薄膜（単に薄膜とも言う）の仕切りを設け、被検体と固体薄膜とを真空吸着させることにより、高レベルで水→薄膜→被検体の超音波伝達を達成する技術である。

従来のドライ超音波技術には小さな物体にしか適用できない問題があったが、今回、この問題を解決した実用性が高いドライ超音波装置を開発した。その概要を紹介する。

### 3-1. ドライ超音波非破壊評価技術の原理

図3にドライ超音波技術の原理を示す。水を満たした水槽の底に張られた固体薄膜が水と被検体との仕切りの役割と超音波伝達媒体の役割とを果たしている。固体薄膜の外側には図示を省略した排気経路が形成され、これに真空ポンプが接続されている。固体薄膜と被検体とを接触させ、真空ポンプを用いて排気を行う（到達圧力：0.3MPa程度）ことにより両者を真空吸着（密着）させると、固体薄膜と被検体との間を高レベルで超音波が伝達するようになる。

被検体と固体薄膜とを密着させ、水中で集束型超音波探触子を2次元走査することにより、被検体内部の高分解能2次元画像（Cスコープ）を得ることが可能である。

### 3-2. 実用ドライ超音波装置

#### 3-2.1 組み込み型ドライ超音波装置

図3の原理図に示したドライ超音波機構は、Cスキャン

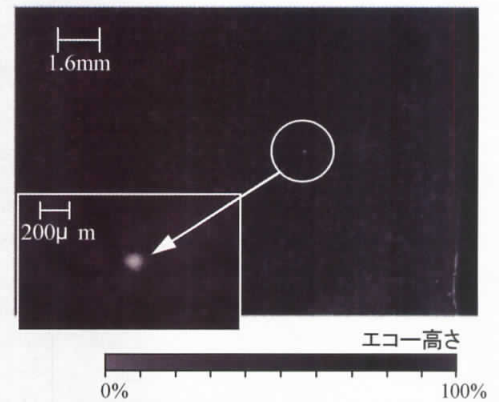


図5. 組み込み型ドライ超音波機構を用いたφ50μm円形平面欠陥の検出結果(Cスコープ)

超音波探傷装置等に組み込んで使用するもので、組み込み型ドライ超音波機構と称する。当機構を用いるには、被検体は固体薄膜より小さい必要があるため、画像化可能サイズ（被検体サイズ）の大型化を図るべく、機構要素の大型化を図った。開発した装置の外観を図4に示す。中央の開口はφ84mmあり、これに厚さ0.1mmのラバー膜<sup>7)</sup>が張られている（最大60×60mmの領域を画像化可能）。図5に鋼製サンプルの深さ1mm位置にあるφ50μm円形平面きずを周波数50MHz、振動子径6.4mm、水中焦点距離12.7mmの広帯域水浸超音波探触子を用いて検出した結果を示す。ごく微小なきずがドライ状態で良好に画像化されている。

### 3-2.2 ドライ超音波カメラ

図6にドライ超音波カメラの概略構成を示す。水を満たしたケースの底面に厚さ 0.1mm のラバー膜が張られており、その外側に、薄膜と被検体との接触部と、外気を遮断するシール材が設けられている（薄膜とシール材の間には排気経路があるが、図示省略）。この構造により、薄膜よりも大きい被検体に対しても薄膜を真空吸着させて高効率超音波伝達を達成することが可能である。

ケース中に備えられた超音波振動子アレイと機械走査機構とを用い、超音波振動子アレイのフェイズドアレイ(PA)動作による集束ビームのリニア電子走査とその直交方向への機械走査とを組み合わせることにより、物体内部を高分解能、かつ、高速に2次元画像化する。2次元画像は最高 2Hz 程度のレートで更新され、物体内部が連続的に映し出される。内部画像がほぼ瞬時に表示されるので、表示待ち時間によるストレスがない内部検査が可能である。

図7にドライ超音波カメラのうち、超音波フェイズドアレイ機器を除いた部分（カメラヘッドと称する）を示す。カメラヘッド部重量は、作動状態では、3Kg 弱である。

このドライ超音波カメラを用いて、鋼板（厚さ 2mm）の深さ 1mm の位置に  $\phi 1\text{mm}$  円形平底穴を加工したサンプルを内部画像化した例を図8に示す。この実験では、周波数 25MHz、素子ピッチ 0.5mm の仕様をもつ超音波振動子アレイを用い、深さ 1mm の位置に焦点が形成されるようにした。 $\phi 1\text{mm}$  円形平底穴が良好に検出されている。

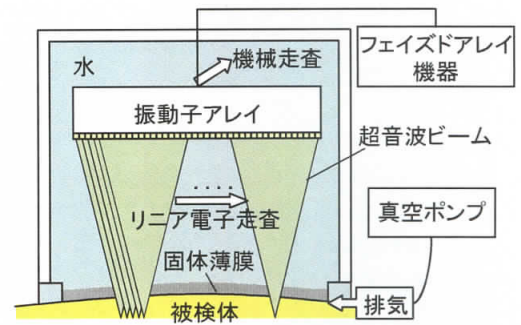


図6. ドライ超音波カメラの構成

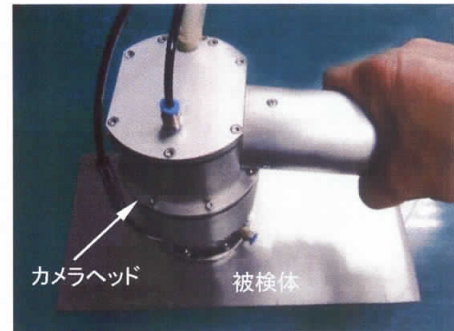


図7. ドライ超音波カメラヘッドの外観

### 3-3. ドライ超音波技術のまとめ

ご紹介した組み込み型ドライ超音波装置およびドライ超音波カメラによれば、被検体への超音波伝達に水や油などの接触媒質（媒体）を全く必要とせず、高感度・高分解能な物体内部画像化を達成できる。今後、水や接触媒質を使いきい物体の超音波検査（計測）や水や油を使いきい現場での超音波検査への当製品の適用を進めたい。

なお、ご紹介したドライ超音波装置のドライ機構部は、独立行政法人科学技術振興機構(JST)殿の助成金を得て実行した著者らの共同研究「ドライ超音波非破壊評価技術の実用化技術の開発」の結果、完成した。当開発の協力者および支援者の方々に厚く御礼申し上げる。

### 4. 内部欠陥形状の 3D 計測技術（レビュー）

ここでは、2012 年に開催された WCNDT で発表された超音波高集束ビームを用いた内部欠陥の 3D イメージング方法<sup>8)</sup>について簡単に紹介する。

この研究は、高集束ビームを用いた非金属介在物等の検出において得られるビーム路程のデータを用いて、開口合成法と同様の手続きにより、非金属介在物等の 3 次元形状を得ようとする試みである。

一般的な開口合成法では、送受波を行なうプローブを点源とみなした信号処理を行うが、高集束ビームの場合にはプローブを点源とみなすことができない。そこで、この研究では高集束プローブとエコー源（点状）との位置関係を変えて、エコー伝搬時間の解析が行なわれた。

その結果、エコー源と集束ビーム焦点との位置関係に応じて伝搬時間プロファイルに変化があらわれること（図9参照）が判明し、計算した伝搬時間プロファイルを用いてエコ

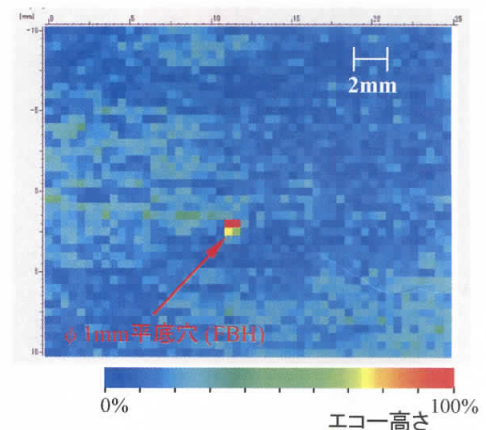
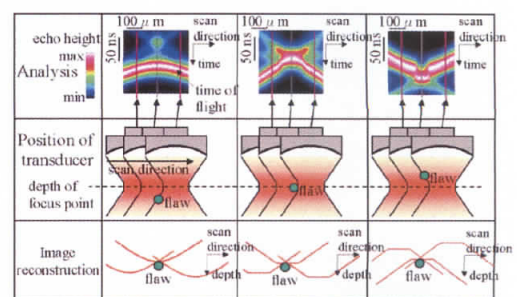


図8. ドライ超音波カメラを用いた $\phi 1\text{mm}$ 平底穴の検出結果(Cスコープ)



©NDT.net

図9. エコー源位置による伝搬時間プロファイルの変化

一源の形状の再構成を行なった結果、再構成像と実際のエコー源（非金属介在物等）形状とが定性的に一致したこと（図10参照）が報じられている。

<参考文献>

- 1) H. Takada, T. Ozeki: Mater. Trans., 52(2011), pp.772-779.
- 2) Tat-Hean Gan, David A. Hutchins, Duncan R. Billson, David W. Schindel: IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr., 50(2003), pp.1516-1524.
- 3) Junho Song, D. E. Chimenti, Stephen D. Holland: J. Acoust. Soc. Am., 119(2006), pp.EL1-EL6.
- 4) Masakazu Takahashi, Masaaki Noji, Keiji Kiryu, Yukio Ogura, Koichiro Kawashima: 自動車技術協会春季学術講演会 (2010年5月19日) .
- 5) Tohmyoh Hironori, Saka Masumi: IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr., 50(2003), pp.661-667.
- 6) Tohmyoh Hironori, Saka Masumi: IEEE Trans. Ultrason., Ferroelect., Freq. Contr., 51(2004), pp.432-438.
- 7) 特願 2012-244068.
- 8) T. Ozeki, H. Takada: 18th World Conference on NDT, Durban, (2012) No.248.

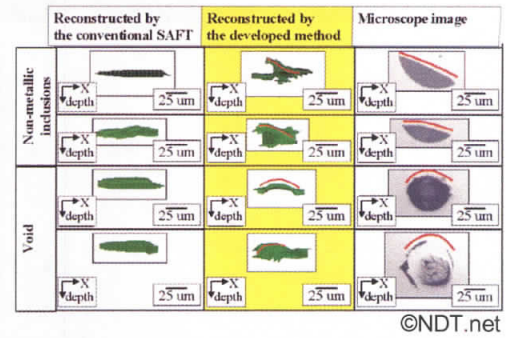


図10. 欠陥形状再構成結果と実形状との対比

# 社会インフラへのUT適用例

菱電湘南エレクトロニクス（株） 和高 修三  
三菱電機（株）情報技術総合研究所 木村 友則

## 1. はじめに

非破壊検査技術には、社会インフラ構造物の老朽化への対応が一段と求められるようになってきている。ここでは、社会インフラへのUT（Ultrasonic Testing）技術の適用例について、我々が取り組んでいる例を紹介する。第2章と第3章では、鋼構造物への適用例を示し、第4章と第5章ではコンクリート構造物への適用例を示す。

## 2. 鋼床版疲労き裂への適用例<sup>1)、2)</sup>

### 2. 1 滞水検知による貫通き裂の検出

重交通の鋼床版橋において、図1に示すように、デッキプレートとUリブの溶接部から、デッキプレートを貫通するき裂が報告されている。図2は、これにより発生した路面陥没の事例である。貫通き裂には緊急対応が必要であるが、このき裂は目視点検では直接確認できない部位に発生している。そこで、UTを用いた貫通き裂の検出技術を開発した。

基本的アイデアは次の通りである。貫通き裂が存在すると雨水がUリブ内に侵入し、図3に示すようにUリブ内に滞水する。これに着目し、Uリブ内の滞水を検知することで、間接的に貫通き裂の存在を検出している。図4に概要を示すように、2個の探触子をUリブの底面に対向して設置しUリブ底面に板波を伝搬させ、2探触子法により透過波を受信する。水が有る場合には水中にエネルギーが漏洩するので、受信される透過波の振幅が、水が無い場合に比べて小さくなる。これを利用し、透過波の振幅を測定することで滞水の有無を検知する。

適切な周波数や探触子間距離などをシミュレーションにより検討し、周波数は0.3 MHz～0.4 MHz、探触子間距離は390 mmとしている。探触子を試作して実物大模型を対象として行った実験の様子を図5に示す。Uリブ内に水が無い状態と、水を入れた状態で受信された透過波を重ねて図6に示す。水を入れると透過波の振幅は約16dB低下している。この程度に振幅が変化すれば、探触子とUリブとの接触状態が多少変動しても滞水検出可能であり、Uリブの塗装除去も不要である。

実橋への適用の様子を図7に示す。探触子を搭載した治具をUリブの下側から押し当てるようにしてデータ採取している。図8に透過波を示す。殆どが透過波の振幅が大きい状態（滞水無し）であったが、振幅が小さくなる場所（滞水有り）が数カ所あった。後日、この場所の路面を剥いで詳細調査を行ったところ貫通き裂が検出されこの技術の有効性が確認できた。

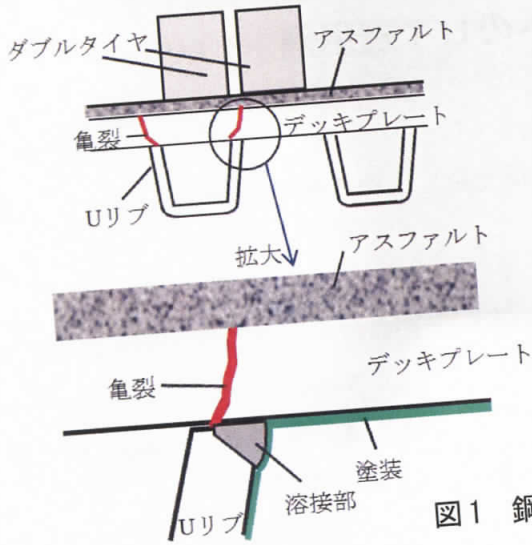


図1 鋼床版断面図と貫通き裂



図2 路面に発生した陥没

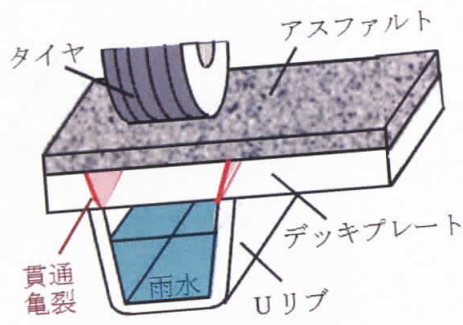


図3 Uリブ内の滞水

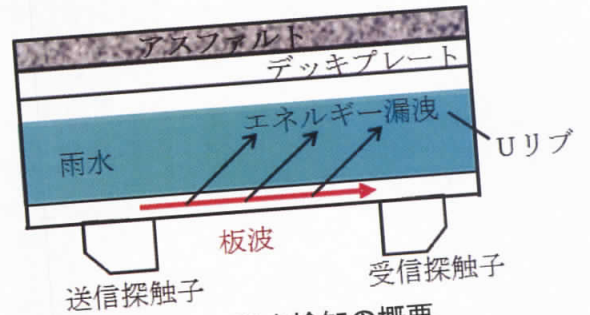


図4 滞水検知の概要



図5 実物大の模型を用いた実験

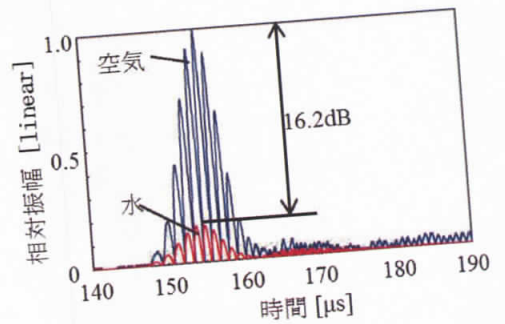


図6 模型実験でのエコーの比較



図7 実橋への適用

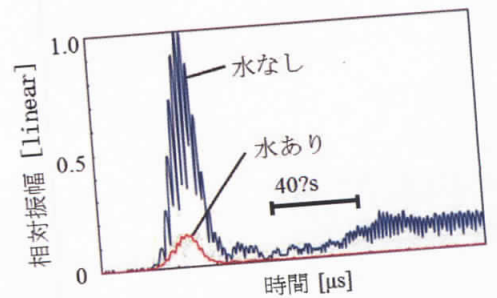


図8 実橋でのエコー



## 2. 2 貫通前のき裂の検出と深さ推定

貫通する前のき裂を検出しその深さを推定する技術も並行して開発している。図9に示すように、このき裂は目視点検では発生・進展過程を確認できない場所に発生するのでUTの適用が考えられるが、Uリブ内部は密閉空間であり、内部へは探触子によるアクセスができない。さらにデッキプレート上面にはアスファルトがあり、上面へのアクセスもできない。アクセス可能な部位はデッキプレート下面のみである。さらにデッキプレート上面には腐食による凹凸や舗装打替時のきず等が存在する場合が多く、平坦とは限らないのでこの面での1回反射法は利用困難である。

これらのことを考慮し、デッキプレート下面に探触子によりアクセスし、超音波をき裂に直接照射することとした。基本的アイデアは次の通りである。初期段階の浅いき裂を確実に検出するため、屈折角の大きい斜角探触子の適用を考え、屈折角を臨界屈折角に近づけた横波斜角探触子を用いることとした。この探触子により図9に示すようにデッキプレートの下面にほぼ平行な超音波ビームを伝搬させてき裂に直接照射する方法（臨界屈折角探傷法と呼んでいる）を開発した。詳細は参考文献(2)を参照して頂きたいが、この方法では、探触子ホルダに角度調整機構を設けており、これを用いて試験体の音速の差異が探傷結果に及ぼす影響を抑圧できる入射角の調整手順や、試験体の表面状態の差異（塗装の種類や塗装面の経年劣化など）が探傷結果に及ぼす影響を抑圧できる感度校正手順も併せて開発している。

図10は、Uリブ溶接部を模擬した小型試験体に対して疲労試験を実施し、実き裂に近いき裂を発生させて行った実験結果である。深さが0 mmから9.5 mmのき裂を対象として実験を行っている。深さ4 mm程度以上のき裂はほぼ確実に検出できる。なお、図に示すようにエコー高さは深さが4 mmを超えると飽和状態となる。これはき裂の深い位置に超音波ビームが照射されないためである。実橋に適用した結果では、深さ2~7 mm程度のき裂を検出できている。

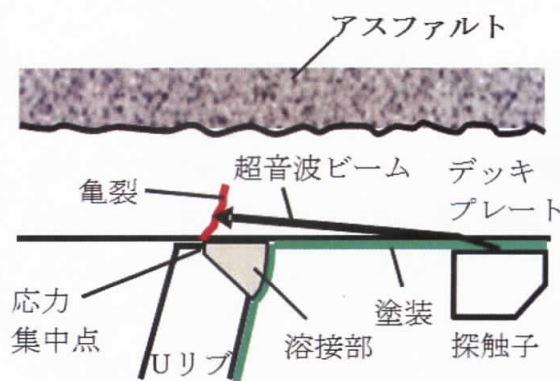


図9 鋼床版断面図と臨界屈折角探傷法

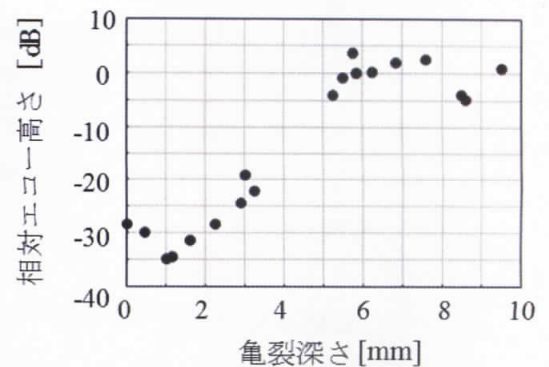


図10 き裂深さとエコー高さの関係

### 3. 鋼板腐食部の残存肉厚の測定<sup>3)、4)</sup>

鋼板腐食部の残存肉厚測定への適用例を紹介する。SH (Shear Horizontal) 板波を用いており、零次モード以外のSH板波にはカットオフ周波数 $f_c$ があることを利用している。カットオフ周波数 $f_c$ に関連して、板波には次の特性がある。

- (1) カットオフ周波数 $f_c$ よりも高い周波数の波は板を伝搬できる。しかし、カットオフ周波数 $f_c$ よりも低い周波数の波は板を伝搬できない。
- (2) カットオフ周波数 $f_c$ は、板厚に逆比例する。すなわち、板が厚ければカットオフ周波数 $f_c$ は低く、薄ければ高くなる。

上記(2)より、腐食していない領域(厚い領域)のカットオフ周波数は、腐食部(薄い領域)でのカットオフ周波数に比べて低いことになる。

基本的アイデアは次の通りである。図11に示すように板の左側(腐食していない厚い領域)から、この厚さで決まるカットオフ周波数よりも高い周波数 $f$ の板波を、腐食部へ向けて伝搬させる。この周波数 $f$ が、腐食部(薄い領域)のカットオフ周波数よりも低ければ、上記(1)より、この波は腐食部を通過伝搬できない。したがって、図に示すように反射することになる。周波数 $f$ を徐々に高くしていったら、この周波数 $f$ が腐食部のカットオフ周波数よりも高くなれば、上記(1)より、この波は図に示すように腐食部を通過伝搬する。これらのことより、周波数を徐々に高くなるように変化させて板波を伝搬させ、腐食部からの反射エコーのレベルの変化を逐次測定し、このレベルが急に低下する周波数を見つければその周波数が腐食部のカットオフ周波数 $f_c$ であると同定できることになる。

詳細は割愛するが、腐食部の残存肉厚 $t'$ に対応するSH板波のカットオフ周波数 $f_c$ は理論的に次式で決まる。

$$f_c = \frac{nV_s}{2t'} \quad (1)$$

ここで、 $V_s$ は鋼板の横波音速(固定値)、 $n$ は板波のモード次数(予め選定する零以外の固定値)である。この式より、腐食部のカットオフ周波数 $f_c$ を上述の手順で求めれば、残存肉厚 $t'$ を求めることができる。

以上が第1の基本的アイデアであるが、ここで紹介する測定法には、これ以外にもう1つの第2の基本的アイデアがある。周波数を変化させた板波を送受信する手段には、搬送波の周波数を変化できるバースト波発生器と、斜角探触子を用いることが考えられる。しかし、板波には、音速(位相速度)が周波数に依存して変化する周波数分散と呼ばれる特性がある。このため、効率よく板波を送受信するには、周波数ごとにスネルの法則にしたがって斜角探触子の入射角 $\alpha$ (言い換えればくさびの角度)を変える必要があるが、この構成では装置が煩雑になり、また使いにくく、測定に要する時間も長くなる。

そこで、より簡便な方法として図12に示すように、フェーズドアレイ探触子を利用して、送信ビームの送信角度 $\theta$ を変化させることにより、板波の周波数 $f$ を変化させる方

法を考えた。この方法の原理は下記の通りであるが、それを説明する前に、上記の斜角探触子を用いる手段についてもう一度考えてみる。この手段では、周波数  $f$  を決めれば、周波数分散特性を表す線図から音速  $v_p$  が決まり、音速  $v_p$  が決まればスネルの法則から入射角  $\alpha$  が決まるという手順に沿っている。模式的に書けば、次のように表される。

周波数  $\Rightarrow$  音速  $\Rightarrow$  角度

第2の基本アイデアは、これを逆にしたものに対応する。すなわち模式的に書けば

角度  $\Rightarrow$  音速  $\Rightarrow$  周波数

で表される。物理的には次のように説明できる。フェーズドアレイ探触子を用いて、角度  $\theta$  方向に SH 波を送信したとき、SH 板波の波面が効率よく形成されるには（言い換えれば、効率よく送信されるには）、スネルの法則（波数整合条件）にしたがう必要がある。このため、角度  $\theta$  とスネルの法則から決まる、ある特定の音速  $v_p$  のときだけ、効率よく波面が形成される。この特定音速  $v_p$  が決まれば、周波数分散特性を表す線図からそれに対応するある特定の周波数  $f$  が決まり、結果的に、この周波数  $f$  の板波だけが効率よく送信されることになる。

以上がアイデアであり、詳細は割愛するが、送信角度  $\theta$  と周波数  $f$  との間には次の関係式が成り立つことが導出できる。

$$f = \frac{nV_s}{2t \cos \theta} \quad (2)$$

ここで、 $t$  は板の厚さ（腐食していない領域での厚さ）である。送信角度  $\theta$  を変化させれば、この関係式にしたがって板波の周波数  $f$  が変化することになる。周波数が  $f_c$  と等しくなった時の送信角度を  $\theta_c$  とすると、式(1)と式(2)から次式が成り立つ。

$$\frac{t'}{t} = \cos \theta_c \quad (3)$$

以上を踏まえると測定手順は次のようになる。送信角度を徐々に変化させてフェーズドアレイ探触子から SH 波を送信し、同じ探触子で反射エコーを受信し、そのレベル変化を測定し、ある角度で反射エコーレベルが急に低下する送信角度を求める。これが  $\theta_c$  に対応するので、この角度と式(3)から残存肉厚  $t'$  を算出する。

原理確認のために行ったシミュレーション結果を次に示す。図 13 は、腐食を模擬した V 溝を有する試験体であり、図 14 はフェーズドアレイ探触子の構成を示す図である。 $t = 19\text{mm}$ 、 $t' = 14\text{mm}$  とした。式(3)から  $\theta_c$  は  $42.5^\circ$  となる。送信角度  $\theta$  が  $\theta_c$  より小さい場合および大きい場合の例として、 $\theta = 38^\circ$  および  $48^\circ$  の場合の受信信号を、それぞれ、図 15 および図 16 に示す。これらの図から、 $\theta_c$  の前後で振幅が大きく変化することが分かる。送信角度  $\theta$  を  $1^\circ$  ステップで変化させて同様のシミュレーションを行い、受信信号の振幅と  $\theta$  との関係性を求めた。結果を図 17 に示す。図に示すように、 $\theta = 35^\circ$  を越えた付近から振幅が急激に減少し、振幅が半分になる角度は  $43^\circ$  である。この角度と式(3)とから  $t'$  を求めると  $13.9\text{mm}$  となり、V 溝部の  $14\text{mm}$  とほぼ一致している。

この測定法についてはシミュレーションだけでなく、実験によっても検証を行っている。

ここで紹介した方法は高精度な残存肉厚測定が可能な方法としてだけでなく、フェーズドアレイ探触子を単に高速に画像を取得するために用いるのではなく、全く別の用途へのフェーズドアレイ探触子の適用があることを示しておりこの観点からも今後の発展が期待できる。

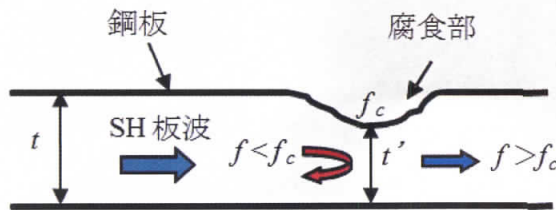


図11 鋼板腐食部でのカットオフによる反射と通過

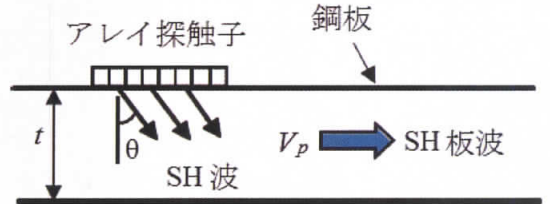


図12 フェーズドアレイ探触子によるSH板波の送信

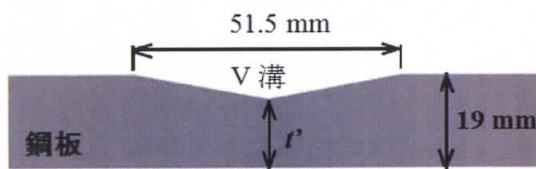


図13 腐食を模擬したV溝

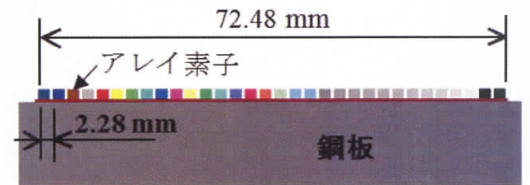


図14 フェーズドアレイ探触子(32素子、中心周波数0.38 MHz、広帯域)

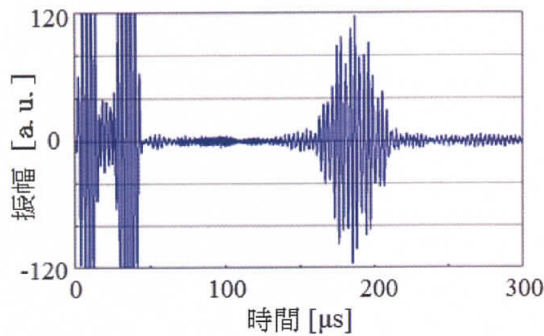


図15  $\theta = 38$  度の場合の受信信号

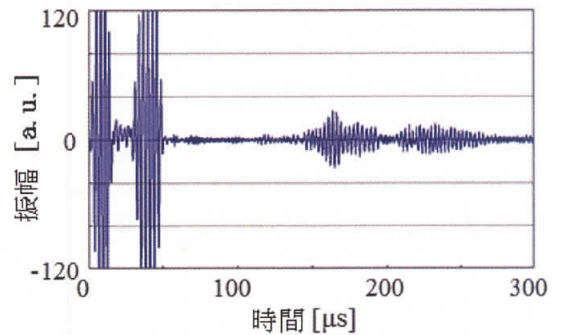


図16  $\theta = 48$  度の場合の受信信号

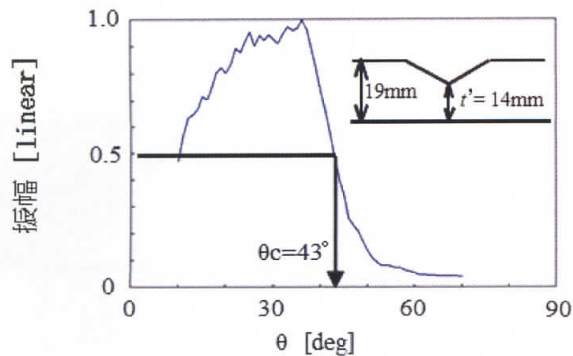


図17 受信信号の振幅変化

#### 4. コンクリートのひび割れ深さ診断<sup>5)</sup>

この章と次の章では、コンクリート構造物への適用例を紹介する。コンクリートは鋼材を代表とする金属に比べて、超音波の減衰が大きい材料であり、使用できる周波数は高くても 500 kHz 程度までと低い周波数帯になる。音速は 4000 m/s 程度なので波長は 500 kHz でも約 8 mm と長い。さらに、コンクリートは不均一材料であり、超音波にとっては解決すべき課題が多い材料である。

ここでは、モルタル仕上げしたコンクリート構造物において、ひび割れ深さを概略診断する技術を紹介する。

基本的アイデアは次の通りである。図 18(a)に示すように、ひび割れ深さ<モルタル厚の場合には、超音波はモルタルとコンクリートとの境界面で反射されモルタル層内を伝搬した超音波が受信される。これに対し、図 18(b)に示すように、ひび割れ深さ>モルタル厚の場合には、ひび割れ部で超音波の伝搬が阻止され、境界面で反射された超音波は受信されず、躯体のコンクリートまで伝搬した後、受信される。この差を利用する。

図 19 に実験結果例を示す。モルタルの厚さを約 20 mm、コンクリートの厚さを約 80 mm とし、ひび割れを模擬してスリットを設けている。スリット深さは 5 mm および 40 mm である。使用した探触子の公称周波数は 500 kHz、直径は 1 インチであり、探触子中心間距離は 60 mm とした。図 19(a)および(b)は、それぞれ、スリット深さ 5 mm および 40 mm の場合の受信信号である。両者の間には明瞭な差異が見られる。モルタルおよびコンクリートの厚さと音速から、コンクリートの底面エコーは約 50  $\mu$ s 後に受信される。ここでは図に示すように、底面エコーよりも前に第 1 ゲートを、底面エコー付近に第 2 ゲートを設けている。

スリット深さ 5 mm の場合には、モルタル層内を伝搬した超音波が第 1 ゲート内で受信されているが、40 mm の場合にはスリットで超音波の伝搬が阻止され第 1 ゲート内では大幅に振幅が減少している。また、第 2 ゲート内のエコー波形の周波数スペクトルを求めた。図 20(a)および(b)が、それぞれ、スリット深さ 5 mm および 40 mm の周波数スペクトルである。スリット深さ 5 mm の場合は 500 kHz 付近の成分が多く存在するが、スリット深さ 40 mm の場合は 200 kHz 付近の周波数が支配的である。これは、スリット深さ 40 mm の場合ではコンクリート内部を伝搬した底面エコーが第 2 ゲート内の主成分であり、コンクリートが高減衰材であるため周波数が低下したものと考えられる。これに対しスリット深さ 5 mm の場合には、底面エコーだけでなくモルタル層内での多重反射波が存在し、この多重反射波はモルタル層内しか伝搬しないので殆ど減衰せず、500 kHz 付近の成分として受信されたと考えられる。以上のように、第 1 ゲート内のエコー振幅の差や、第 2 ゲート内の周波数スペクトルの差を用いれば、ひび割れ深さの概略診断が可能である。ここではスリットを対象としたデータを例として示したが、ひび割れでも同様な診断が可能と考えられる。

この方法は、ひび割れが斜めに入っている場合や、ひび割れが枝分かれしている場合

にも適用可能である点を強調しておきたい。

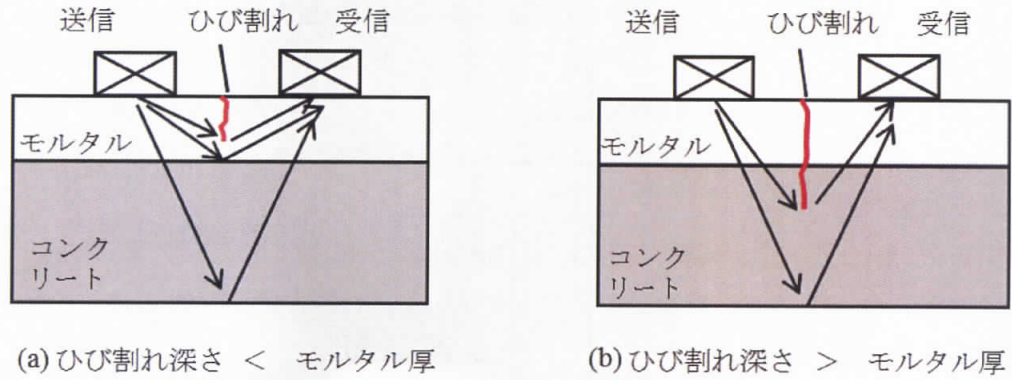


図 18 超音波の伝搬経路

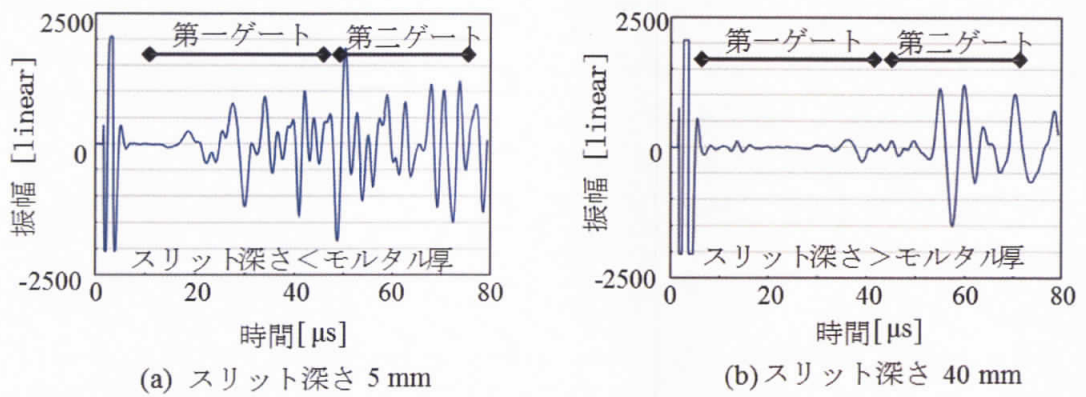


図 19 受信信号

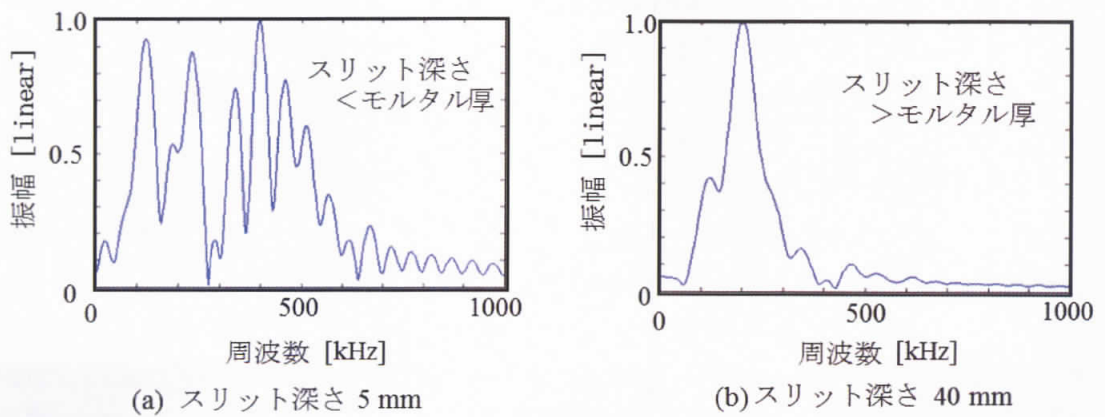


図 20 第 2 ゲート内の波形の周波数スペクトル

## 5. コンクリートの音速と圧縮強度<sup>6)</sup>

コンクリートの音速と圧縮強度の関係について調べた結果を紹介する。

コンクリートでは使用できる超音波の周波数が低いので、波長が試験体の厚さと同じオーダーになることが多い。このため超音波の伝搬挙動が複雑になり、音速測定を行うには超音波の伝搬挙動を十分把握した上で方法を検討することが重要である。さらに、周波数が低いので、時間軸上でのエコーの立ち上がりが鈍い。このため、立ち上がり時間の同定が難しく、同定誤差が音速算出結果へ及ぼす影響が大きい。これら2つの点に関連して、ここで紹介する音速測定法には2つのポイントがある。

まず第1のポイントは、シミュレーションを利用して超音波の伝搬挙動を把握した上で音速測定法を検討したことである。探触子配置と試験体の厚さを図21に示す。探触子には公称周波数0.1 MHz、直径38 mmの広帯域のものを用いた。図22に受信エコーのシミュレーション結果を示す。種々のエコーが受信されていることが分かる。エコー波形を見るだけでは、どれがどのモードで、どの経路を経て受信されたのか不明であるが、シミュレーションでは時間を追って超音波の伝搬挙動を把握できるので図に示すようにモードや経路を特定できる。図23はシミュレーション結果と実験結果を比較したものである。両者はほぼ一致しており、シミュレーションを援用すればB1エコーを識別可能である。そこで、B1エコーを用いて音速測定を行うこととした。

第2のポイント（基本的アイデア）は、音速測定だけに特化し、エコーの振幅情報を無視し位相情報だけに着目し、ゼロクロス点を用いることにして、加えて、ゼロクロス点の視認性を向上できる信号処理を用いていることである。信号処理手順を図24に示す。ACエコー波形（図24(a)）を増幅飽和させ（図24(b)）、その後、微分している（図24(c)）。AC波形でのゼロクロス点が微分波形ではスパイク状の波形となって現れる。図25は微分波形のシミュレーション結果と実験結果を比較したものであり両者はほぼ一致している。スパイク状の波形であれば伝搬遅延時間を読み取ることが容易であり時間の同定誤差も小さい。

以上示した音速測定法を用いて、円柱試験体と直方体試験体について音速測定し、圧縮強度との相関を調べた結果を図26に示す。音速と圧縮強度の間には相関係数Rが0.77～0.97と高い相関関係が得られている。

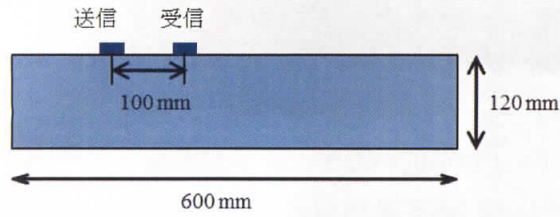


図 21 探触子配置とコンクリート寸法

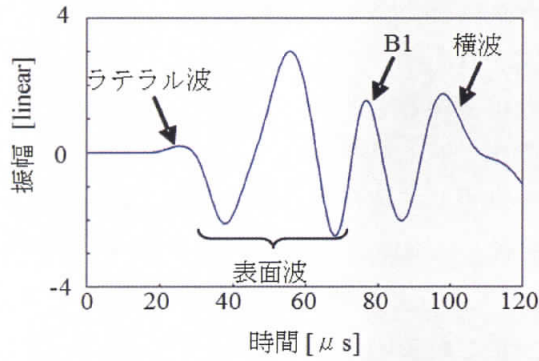


図 22 受信エコーのシミュレーション結果

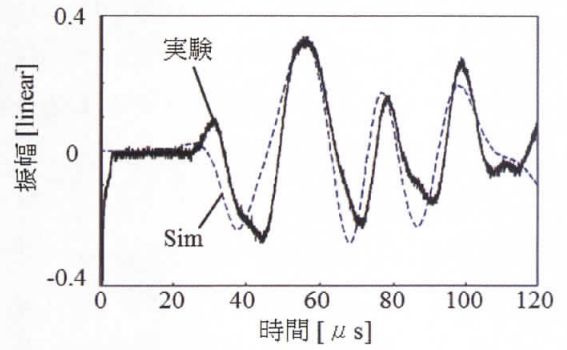


図 23 受信エコーのシミュレーション結果と実験結果の比較

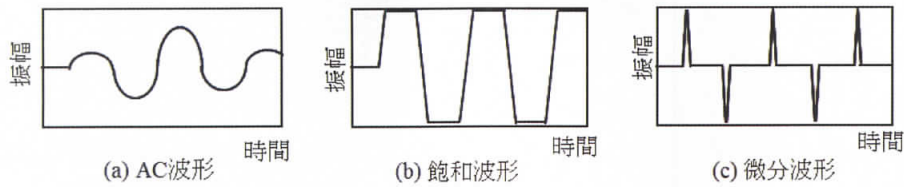


図 24 信号処理手順

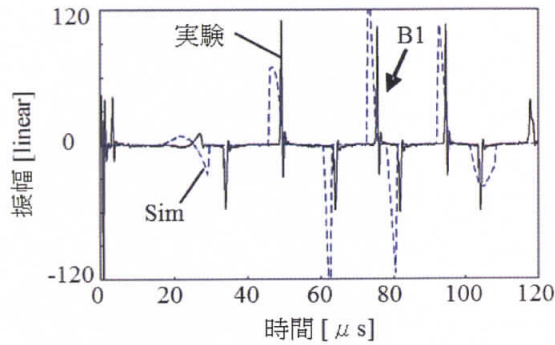


図 25 微分波形のシミュレーション結果と実験結果の比較

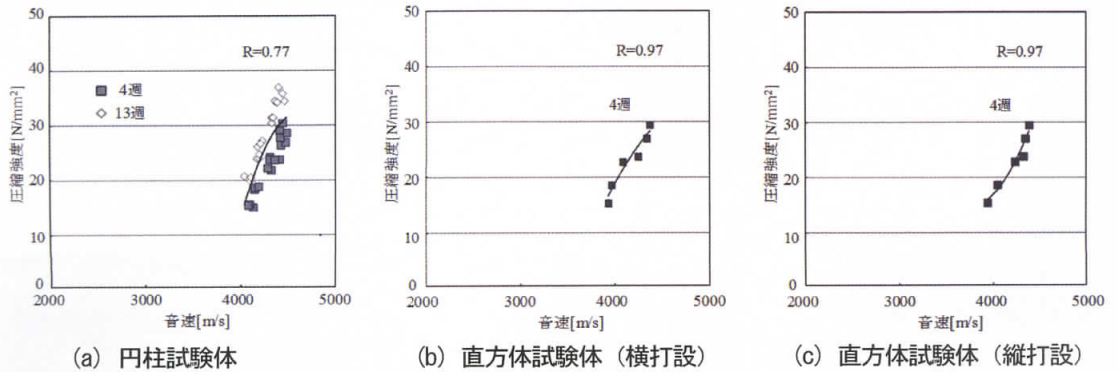


図 26 音速測定結果と圧縮強度の関係



## 6. おわりに

我々が取り組んでいる鋼構造物へのUT技術適用例と、コンクリート構造物へのUT技術適用例を紹介した。UT技術を含め、社会インフラへ適用される非破壊検査技術が更に進歩を遂げていき、益々、社会に重要な役割を果たすようになっていくことを期待したい。

なお、鋼床版疲労き裂への適用技術（第2章）、および鋼板腐食部の残存肉厚の測定技術（第3章）は、（独）土木研究所との共同研究で開発したものである。またコンクリートのひび割れ深さ診断技術（第4章）、およびコンクリートの音速と圧縮強度に関する技術（第5章）は、（株）アミックと共同で開発したものである。

## 参考文献

- (1) 木村友則、小池光裕、和高修三、高橋実、村越潤、“板波による鋼床版デッキプレート貫通亀裂の検出”、日本音響学会 2013 年秋季研究発表会 講演論文集、pp. 1353~1356、(2013)
- (2) 村越潤、高橋実、小池光裕、木村友則、“臨界屈折角近傍に調整した超音波斜角探触子による鋼床版デッキ進展き裂の探傷法の検討”、土木学会論文集 A1、68、No. 2、pp. 453~464、(2012)
- (3) 木村友則、小池光裕、和高修三、高橋実、村越潤、“SH アレイ探触子を用いた鋼板の残存肉厚測定方法”、電子情報通信学会、信学技報 US2013-104、2014 年 2 月開催、pp. 55~60、(2014)
- (4) 木村友則、和高修三、小池光裕、高橋実、村越潤、“SH アレイ探触子による鋼板残存肉厚測定方法の実験検証”、日本非破壊検査協会、平成 26 年度秋季講演大会、pp. 11~12、(2014)
- (5) 木村友則、和高修三、新村博、長岡康之、三輪秀雄、高鍋雅則、“超音波によるモルタル仕上げしたコンクリート試験体のひび割れ深さ診断”、日本非破壊検査協会、第 22 回超音波による非破壊評価シンポジウム講演論文集、pp. ~、(2015)
- (6) 木村友則、和高修三、岡本実、長岡康之、三輪秀雄、高鍋雅則、“コンクリートの超音波伝搬速度と圧縮強度”、日本非破壊検査協会、第 21 回超音波による非破壊評価シンポジウム講演論文集、pp. 103~108、(2014)

編集上の調整ページ

**OLYMPUS**

Your Vision, Our Future

# 渦流探傷器による コーティング上からの溶接部検査

2015年3月11日  
オリンパス株式会社  
検査ソリューション部  
山内竜也

**OLYMPUS**

## 目次

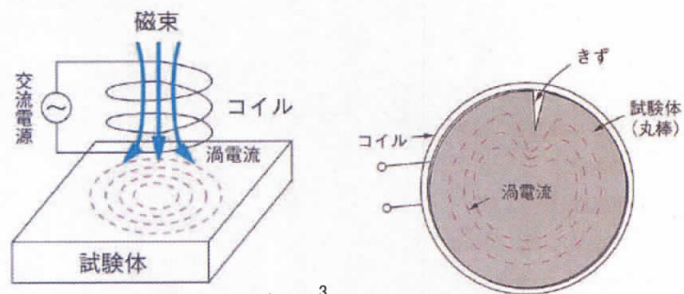
1. 渦流探傷の定義
2. 渦電流とは？
3. 渦流探傷の画面表示
4. 渦流探傷のメリット／デメリット
5. 渦流プローブの種類
6. 溶接部検査への適用

2

## 1. 渦流探傷の定義

### 渦流探傷試験(Eddy Current Testing)

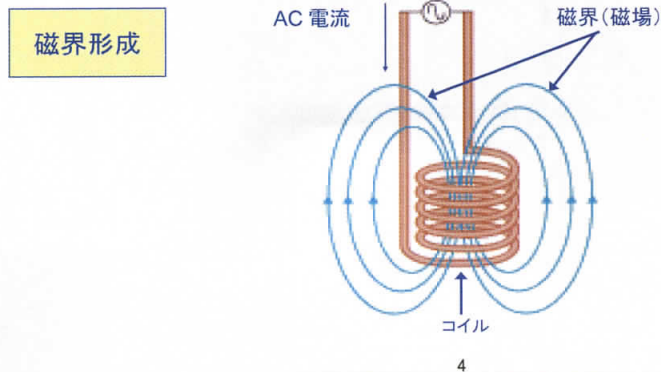
- 導電性の試験体に交流を通じたコイルを接近し、試験体中に渦電流を生成させ、その渦電流の変化を測定して材料表面及び表面近傍のきず検出を行う検査方法



3

## 2. 渦電流とは？

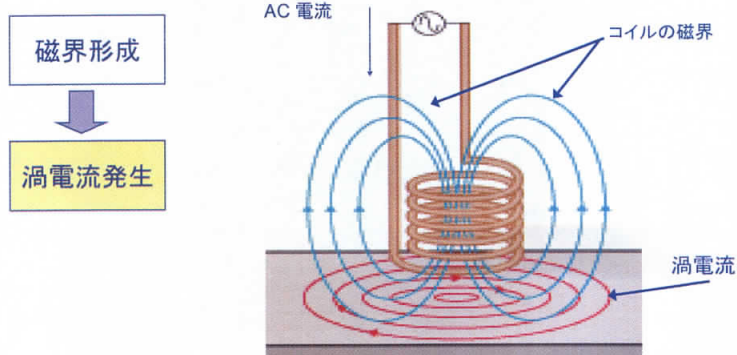
- ◆ コイルに電流を流すと、コイルは時間的に変化する磁界を形成します。



4

## 2. 渦電流とは？(続き)

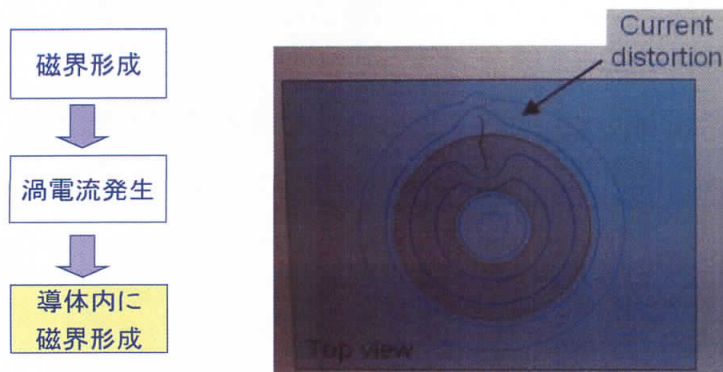
- ◆ コイルを導電体に近接させると、コイル周りに形成された磁界が導体の内部に渦電流を生成します。
- ◆ 渦流探傷では、この渦電流を利用します。



5

## 2. 渦電流とは？(続き)

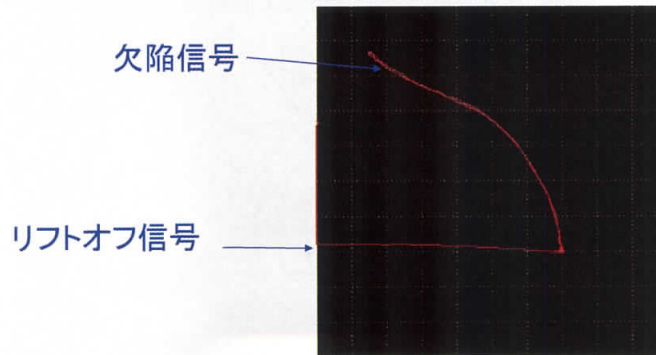
- ◆ 導体に渦電流が発生すると、それに伴って導体に磁界を形成します。
- ◆ 導体に亀裂等の欠陥がある場合、この磁界に乱れが生じます。
- ◆ 渦流探傷では、この磁界の乱れを検出し、欠陥有無を判定します。



6

### 3. 渦流探傷の画面表示

- ◆ 磁界の乱れが発生すると、下図に示す欠陥信号が探傷器の画面に表示されます。
- ◆ この欠陥信号の長さ、伸びる角度を確認することで、欠陥の進展深さやプローブに対する角度を検証します。



7

### 4. 渦流探傷のメリット／デメリット

- |   |  |
|---|--|
| <p>◆ <b>メリット:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 導電材料の表面及び表面近傍検査に向いている。</li> <li>- 検出感度が高い</li> <li>- 試験速度が速い</li> <li>- 非接触検査可能</li> <li>- 導電率測定及び非導電性コーティングの厚さ測定が可能</li> <li>- コーティングの除去不要</li> <li>- ポータブル性に優れている</li> <li>- 低コストの検査が可能</li> </ul> | <p>◆ <b>デメリット:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 渦電流の浸透深さに制限がある</li> <li>- 導電体のみの適用</li> <li>- 渦流探傷の結果を正しく判断する為には、トレーニングが必要</li> <li>- 端末効果の影響を受けやすい</li> <li>- リフトオフ信号の影響を受けやすい</li> </ul> |
|---|--|

8

## 5. 渦流プローブの種類

### ◆ 上置コイル



### ◆ 貫通コイル



### ◆ 内挿コイル



9

## 6. 溶接部検査への適用

### ① 表面亀裂検査(一般的な渦流検査)

- 表面プローブを使用する。
- プローブのサイズ及び周波数は、検査材料の材質同様に検出する欠陥のサイズに影響する。
- 表面状態(凹凸)の影響を受けやすい(リフトオフ信号)



10

## 6. 溶接部検査への適用(続き)

### ②溶接部検査用の専用プローブ

- ◆ 端末効果とリフトオフの影響を少なくできる溶接部用のプローブを使用する。

(例)θプローブ、  
クロスポイントプローブ

- ◆ 弊社では、コイルをクロスして巻いたクロスポイントプローブを採用している。

検出コイル 励磁コイル



クロスポイントプローブ

検出コイル



励磁コイル  
θプローブ

11

## 6. 溶接部検査への適用(続き)

### ③溶接部検査

- ◆ 溶接キャップ部及び熱影響部の表面まで到達している亀裂欠陥の検査及び検出に適用されている。
- ◆ 溶接検査での渦流探傷は、検査領域の清掃及び事前準備をほとんど行わなくてもコーティング層を通して渦流を材料内部に浸透可能である。
- ◆ 溶接部の渦流探傷には英国規格があり、これを用いて海外では実用化されている。

BS EN 1711-2000

(試験片、校正、コーティング厚さの影響などが説明されています)



12



# UT研究・普及昔話

2015年3月11日  
千葉県非破壊検査研究会

藤盛 紀明  
日本非破壊検査協会 名誉会員  
千葉県非破壊検査研究会 会長

## 日本初の鉄骨溶接部の超音波探傷検査(UT)



朝日東海ビルディング(1971年)  
全面的にUTを採用した初めての建物



UTの実施状況(1969年)

1960年代前半 日本非破壊検査協会入会

清水建設機械部にあった日本無線製USF-5A(1952)  
で研究開始(垂直探傷用)  
USF5-Aにアクリルの楔を自作して斜角探傷実験開始  
海上電子で開催された 第2分科会参加 コーナー反射発表  
木村勝美(金材研) 高橋茂(千代田化工)と知り合う  
(BAMのプステムブルグの発表と同じ内容)

1967年? 202小委員会参加

1968年? 202小委員会委員長就任の高橋氏茂委員長から  
超音波斜角探傷試験の現状・課題を教えられる。  
木村・高橋両氏から溶接部UTの202勧告作成をアドバイスされる。  
寺田邦男氏と都内の鉄骨現場で溶接部のUT斜角探傷トライ

1969年? 高橋茂氏の勧めでクラウトクレーマーUSR10W購入

**NDI 202小委員会勧告**  
**「鋼溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類」提案**

**朝日東海ビル 工場溶接 現場溶接をUTで検査**

### **朝日東海ビル 工場溶接 現場溶接をUTで検査 結果と課題**

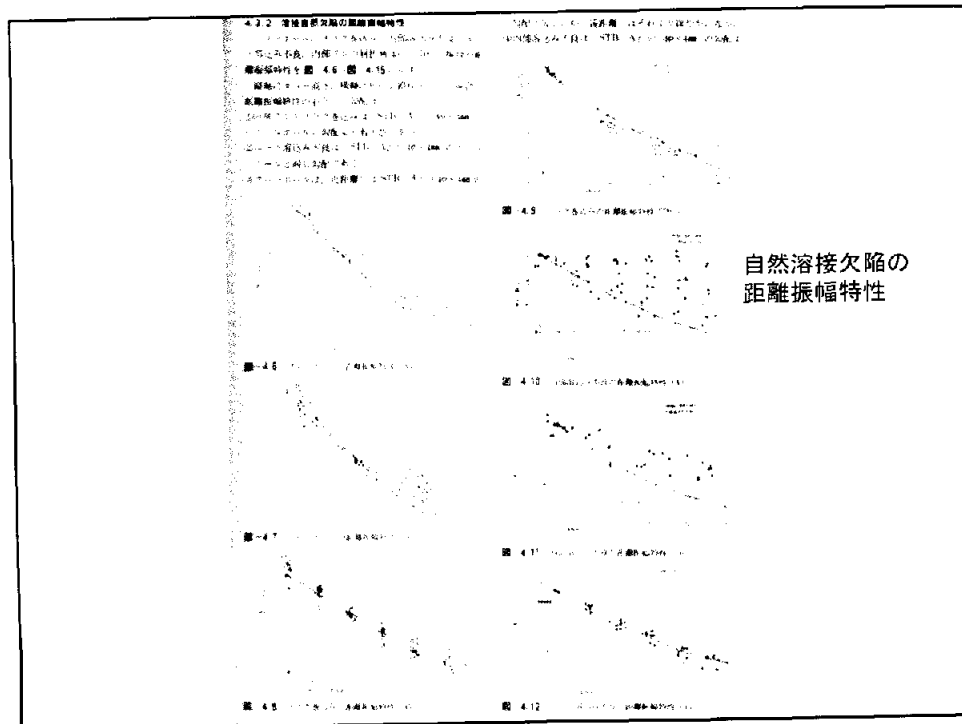
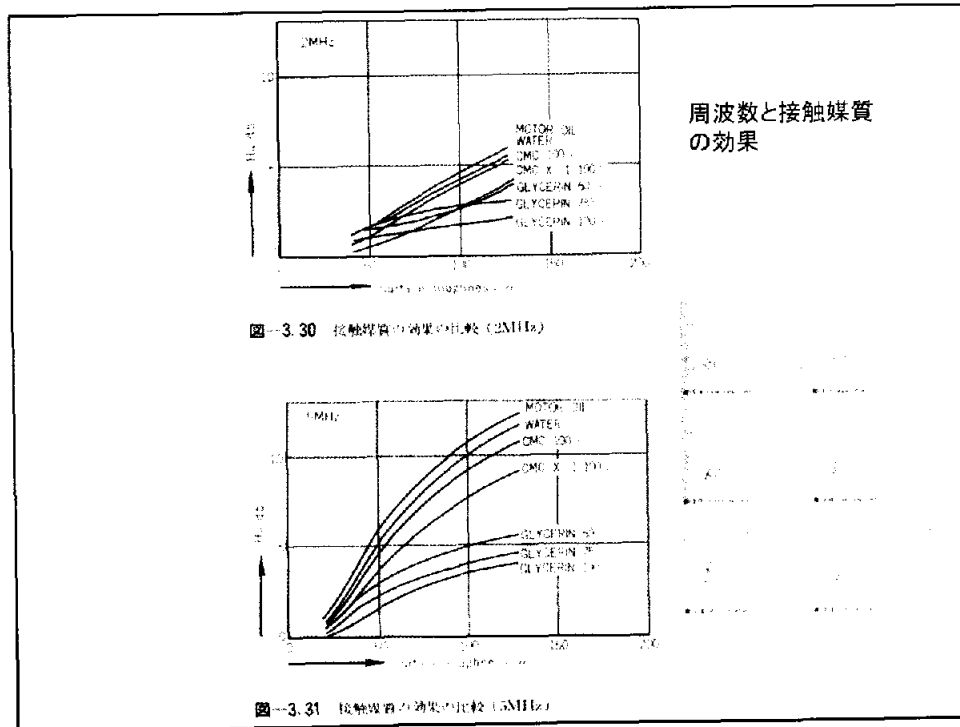
微小ブローホール検出:

実溶接欠陥の探傷感度と検出レベル研究  
屈折角 振動子寸法 周波数の研究  
探傷面の粗さと接触媒質の研究  
距離振幅特性曲線の研究

欠陥以外のエコー検出: 妨害エコーの研究

欠陥寸法が合わない: 寸法測定方法の研究





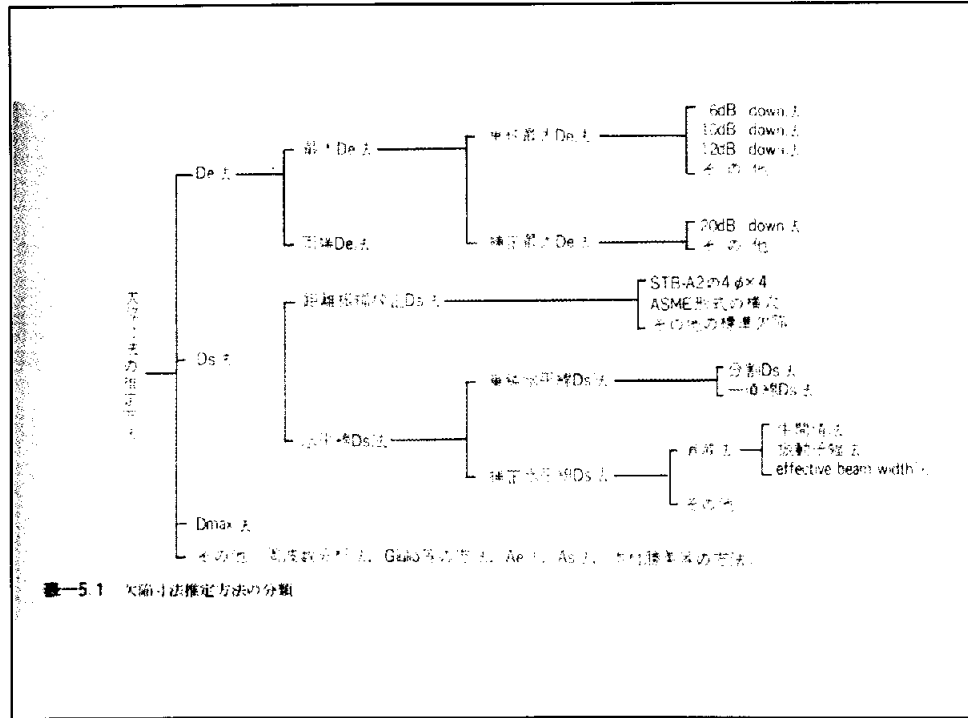


表-5.1 有効光束幅推定方法の分類

No.	規格	規格記号	規格名	規格年	規格種別	規格内容	備考
1	1	100	100	100	100	100	100
2	2	200	200	200	200	200	200
3	3	300	300	300	300	300	300
4	4	400	400	400	400	400	400
5	5	500	500	500	500	500	500
6	6	600	600	600	600	600	600
7	7	700	700	700	700	700	700
8	8	800	800	800	800	800	800
9	9	900	900	900	900	900	900
10	10	1000	1000	1000	1000	1000	1000
11	11	1100	1100	1100	1100	1100	1100
12	12	1200	1200	1200	1200	1200	1200
13	13	1300	1300	1300	1300	1300	1300
14	14	1400	1400	1400	1400	1400	1400
15	15	1500	1500	1500	1500	1500	1500
16	16	1600	1600	1600	1600	1600	1600
17	17	1700	1700	1700	1700	1700	1700
18	18	1800	1800	1800	1800	1800	1800
19	19	1900	1900	1900	1900	1900	1900
20	20	2000	2000	2000	2000	2000	2000
21	21	2100	2100	2100	2100	2100	2100
22	22	2200	2200	2200	2200	2200	2200
23	23	2300	2300	2300	2300	2300	2300
24	24	2400	2400	2400	2400	2400	2400
25	25	2500	2500	2500	2500	2500	2500
26	26	2600	2600	2600	2600	2600	2600
27	27	2700	2700	2700	2700	2700	2700
28	28	2800	2800	2800	2800	2800	2800
29	29	2900	2900	2900	2900	2900	2900
30	30	3000	3000	3000	3000	3000	3000
31	31	3100	3100	3100	3100	3100	3100
32	32	3200	3200	3200	3200	3200	3200
33	33	3300	3300	3300	3300	3300	3300
34	34	3400	3400	3400	3400	3400	3400
35	35	3500	3500	3500	3500	3500	3500
36	36	3600	3600	3600	3600	3600	3600
37	37	3700	3700	3700	3700	3700	3700
38	38	3800	3800	3800	3800	3800	3800
39	39	3900	3900	3900	3900	3900	3900
40	40	4000	4000	4000	4000	4000	4000
41	41	4100	4100	4100	4100	4100	4100
42	42	4200	4200	4200	4200	4200	4200
43	43	4300	4300	4300	4300	4300	4300
44	44	4400	4400	4400	4400	4400	4400
45	45	4500	4500	4500	4500	4500	4500
46	46	4600	4600	4600	4600	4600	4600
47	47	4700	4700	4700	4700	4700	4700
48	48	4800	4800	4800	4800	4800	4800
49	49	4900	4900	4900	4900	4900	4900
50	50	5000	5000	5000	5000	5000	5000

規格	規格記号	規格名	規格年	規格種別	規格内容	備考
1	100	100	100	100	100	100
2	200	200	200	200	200	200
3	300	300	300	300	300	300
4	400	400	400	400	400	400
5	500	500	500	500	500	500
6	600	600	600	600	600	600
7	700	700	700	700	700	700
8	800	800	800	800	800	800
9	900	900	900	900	900	900
10	1000	1000	1000	1000	1000	1000
11	1100	1100	1100	1100	1100	1100
12	1200	1200	1200	1200	1200	1200
13	1300	1300	1300	1300	1300	1300
14	1400	1400	1400	1400	1400	1400
15	1500	1500	1500	1500	1500	1500
16	1600	1600	1600	1600	1600	1600
17	1700	1700	1700	1700	1700	1700
18	1800	1800	1800	1800	1800	1800
19	1900	1900	1900	1900	1900	1900
20	2000	2000	2000	2000	2000	2000
21	2100	2100	2100	2100	2100	2100
22	2200	2200	2200	2200	2200	2200
23	2300	2300	2300	2300	2300	2300
24	2400	2400	2400	2400	2400	2400
25	2500	2500	2500	2500	2500	2500
26	2600	2600	2600	2600	2600	2600
27	2700	2700	2700	2700	2700	2700
28	2800	2800	2800	2800	2800	2800
29	2900	2900	2900	2900	2900	2900
30	3000	3000	3000	3000	3000	3000
31	3100	3100	3100	3100	3100	3100
32	3200	3200	3200	3200	3200	3200
33	3300	3300	3300	3300	3300	3300
34	3400	3400	3400	3400	3400	3400
35	3500	3500	3500	3500	3500	3500
36	3600	3600	3600	3600	3600	3600
37	3700	3700	3700	3700	3700	3700
38	3800	3800	3800	3800	3800	3800
39	3900	3900	3900	3900	3900	3900
40	4000	4000	4000	4000	4000	4000
41	4100	4100	4100	4100	4100	4100
42	4200	4200	4200	4200	4200	4200
43	4300	4300	4300	4300	4300	4300
44	4400	4400	4400	4400	4400	4400
45	4500	4500	4500	4500	4500	4500
46	4600	4600	4600	4600	4600	4600
47	4700	4700	4700	4700	4700	4700
48	4800	4800	4800	4800	4800	4800
49	4900	4900	4900	4900	4900	4900
50	5000	5000	5000	5000	5000	5000

## 探触子 寸法

BS:面積のみ規定

クラウトクラーマー:8x9 20x22

米国:インチ寸法

日本  
理論・実験の結果  
10x10 20x20

木村・藤盛で第6回WCNDTで発表  
(ハノーバー)

周波数は2Mと5M提案

The Results of Ultrasonic Inspections (初期1970-1971の工場溶接検査結果)

Productive capacity per month	No.	Rate of failure (%)
Above 4,000ton	1	40
	2	60
	3	73
	4	40
	5	10
About 2,000ton	1	37
	2	12
	3	8
	4	0
	5	3
	6	0
	7	20
	8	0
	9	0

Productive capacity per month	No.	Rate of failure (%)
About hundreds ton	1	9
	2	100
	3	75
	4	83
	5	24
	6	37
	7	12
	8	100

### 鉄骨ファブ工作技術者・溶接技術者の反応例

- \* 従来のX線検査結果とどの程度合うのか？
- \* 証拠が残らないではないか！信用出来ない！
- \* 発見欠陥の調査でガウジングする時に欠陥が見つからないように一気にガウジングする
- \* 探触子のコードを切断する
- \* 探傷器を蹴飛ばす
- \* 人によって結果が違くとクレーム
- \* 全数社内検査する(工学的には抜き取りでも対処可能)
- \* 開先形状(ルート間隔、ベベル角度など)を改良する
- \* 溶接前検査の徹底
- \* 裏研の徹底

### 鉄骨ファブ工作技術者・溶接技術者の反応例

- \* 従来のX線検査結果とどの程度合うのか？
- \* 証拠が残らないではないか！信用出来ない！
- \* 発見欠陥の調査でガウジングする時に欠陥が見つからないように一気にガウジングする
- \* 探触子のコードを切断する、探傷器を蹴飛ばす
- \* 検査する人によって探傷試験結果が違くとクレーム
- \* 全数社内検査する(工学的には抜き取りでも対処可能)

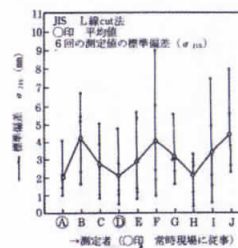


図7.2 欠陥指示長さ測定値のばらつき (溶接割れ、1個の割れを1人6回測定)

1968年  
NDIS2404 原案検討(原案藤盛作成)  
鋼構造物溶接部の超音波斜角探傷試験方法および等級分類

1971年  
NDIS2404 制定  
\* 鉄骨関係のUT検査普及開始

1973年  
NDIS2404のJIS化検討  
(造船、圧力容器、原子力関係者から鉄骨関係者主導に疑問)

1975年  
藤盛NDI 202小委員会(溶接UT) 委員長就任  
JISZ3060 鋼溶接部の超音波試験方法 制定

1979年  
日本建築学会 鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準 制定

1983年  
全国鐵構工業連合会 建築鉄骨超音検査技術者認定

### 1975年—1979年(藤盛委員長中の) 202小委員会WG活動

1976年 自動探傷の規格NDIS2407-65 磯野英二  
1978年 屈折角の温度依存性 福原熙明 NDI誌発表  
1977年 DAC検討 202小委勧告 寺田邦男  
1977年 STB-A3の検討 202小委勧告 松井一彦  
1977年 欠陥の板厚方向寸法測定 雑誌投稿 小倉幸夫  
1977年 欠陥指示長さ測定方法の詳細 202小委勧告 松井一彦  
1978年? 鋼裏当金付T継手のたれ込み判別 寺田邦男  
関西でも検討(松井?)  
1979年 タンデム探傷法 MDIS2410 宇田川健志  
1979年 母材部の欠陥波の処置 202小委勧告 伊庭敬二  
1979年 エコー高さ領域のばらつき 202小委勧告 岸上守孝

**超音波探傷器の性能・仕様がバラバラ  
JSNDI誌に探傷器のあるべき姿を発表:猛反発**



## 初期のUT講習会で注意した主要説明事項

1. 測定範囲の異なる距離振幅特性曲線の使用
2. 使用する距離振幅特性曲線と探触子の一致
3. CRTの視差の考慮
4. エコー高さ区分線の変更と領域変更の混乱
5. STB RBの携行
6. 接触媒質誤用防止
7. 第三者検査での局部のみ探傷の排除
8. 探傷準備・作業個々の精度確保
9. 最大エコー高さの確保再確認
10. 規格・仕様などの勝手な解釈、変更防止
11. エコーがCRTを突き抜けた場合の処置
12. 図面を信用し過ぎない
13. 予備調査・事前学習重視
14. モード変換・音波経路考慮・注意
15. 超音波の音場考慮
16. 妨害エコーの活用
17. 検査対象物の変化考慮
18. 出来るだけ欠陥と面会

日本建築学会 鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準(1979)

## 超音波探傷検査規準

### 1章 総 則

#### 1.1 適用範囲

この規準は、鋼構造部材の完全溶込み溶接接合部（以下、溶接部という）を超音波探傷試験によって検査する場合に適用する。ただし、板厚9mm未満のもの、鋼管分岐継手、鋼管の製造工程における溶接部、鋼管の長手継手および直径が300mm未満の円周継手には適用しない。

超音波探傷試験方法は、パルス反射法で直接接触法による。ただし、特別な調査研究によりその信頼性が確認された超音波探傷法による場合は、この規準によらなくてよい。

#### 1.2 一般事項

1.2.1 この規準は、溶接部に存在する欠陥の超音波探傷試験方法および合否判定を示す。

1.2.2 超音波探傷検査の範囲および判定結果の処置は、当事者間において構造物の規模、溶接部の有する構造耐力上の重要度などを考慮して定める。

1.2.3 **UTは万能ではない品質確保の規準で構造安全の規準では無い！**  
**ばらつきもあるし見逃しもある！**

### 溶接UT思い出の人達

木村勝美(UT全ての恩師)  
高橋 茂(斜角探傷の恩師)  
寺田邦男(溶接UTの先輩、一生の友人)  
倉持 貢(溶接UTのパートナー)  
斉藤鉄夫(圧接UT研究仲間)  
松井一彦(溶接UT研究仲間)  
清田文範(溶接UT研究仲間)  
小倉幸夫(溶接UT研究仲間)  
山崎利一(溶接UT研究仲間)  
名取孝夫(溶接UT研究仲間)  
大島正昭(鉄骨UT研究仲間)  
泉 満(鉄骨UT研究仲間)  
森田耕二(建築学会UT制定仲間)  
古沢平夫(鉄骨UT研究仲間)  
岸上守孝(川向うのUT仲間)  
白井越郎(川向うのUT仲間)  
守井隆史(川向うのUT仲間)  
立川克美(CNDTの守護神)  
小林洋治(溶接探傷器アドバイザー)  
太田耕二(探傷器開発仲間)  
星野充宏(探触子研究仲間)

### 藤盛記明 非破壊検査関連経歴

#### 日本非破壊検査協会経歴

副会長(1992—1993) 理事(数回)  
第2分科会(超音波探傷)主査 202小委員会委員長  
名誉会員

#### 表彰

1972年 非破壊検査協会創立20周年記念論文賞  
1978年 非破壊検査協会論文賞  
1986年 非破壊検査協会論文賞  
2003年 日本非破壊検査協会功績賞

#### 役職

秋田県 秋田県非破壊検査研究会 顧問  
千葉県 千葉県非破壊検査研究会 会長

#### 執筆

連載 検査に強くなる話(1998年10月—1999年11月) 鉄鋼技術  
受け入れ検査のための鉄骨工事検査の手引き 共著 鋼材倶楽部  
超音波探傷試験 共著 日本非破壊検査協会  
溶接部の超音波探傷試験 共著 日本非破壊検査協会  
圧接部の超音波探傷試験 共著 日本圧接協会

# JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」(案) 改正内容の概要

立川 克美 千葉県非破壊検査研究会  
名取 孝夫 (株)ジャスト研究所  
守井 隆史 日本検査株式会社

## 概 要

JIS Z 3060「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」は、2002年に改定され現在に至っているが、探傷器のデジタル化、広帯域探触子の普及、探傷周波数の使用範囲枠の融和などから改正することが求められていた。前回の改定ではISO規格との整合も視野に入れられていた。今回これらの懸案事項を整理してようやく改定案が作成されることとなった。現行JIS規格との比較を中心に概要を述べる。JIS Z 3060は2015年1月に専門委員会が開催され、近々改正案が公示される予定である。

### 1. JIS Z 3060 改正の経緯

当初溶接部の超音波探傷試験の要求に対応して1970年に日本非破壊検査協会規格としてNDIS 2404:1970(鋼構造物溶接部の超音波探傷試験方法及び等級分類方法)が制定された。その後この規格をベースにしてJIS Z 3060が1975年に制定された。その後JIS Z 3061(曲面状の鋼溶接部の超音波探傷試験方法)を取り込み、また鋼管分岐継手溶接部の超音波探傷試験方法、試験体が音響異方性を持つと判断された場合の試験方法も加え1988年に改定が行われた。更に、2002年には関連する規格の改定に整合を図り、また端部エコー法によるきず指示高さの測定を加えて改正を行った。今回、探傷器のデジタル化、広帯域探触子の普及、探傷周波数の使用範囲枠の融和がありこれらに関連する部分を改正した。またきず高さの測定方法としてTOFD法が普及してきたことからこの技術を導入した。更に計算機器の発達により特に鋼管の長手溶接部のきず位置を幾何学的な計算により求める方法を導入した。

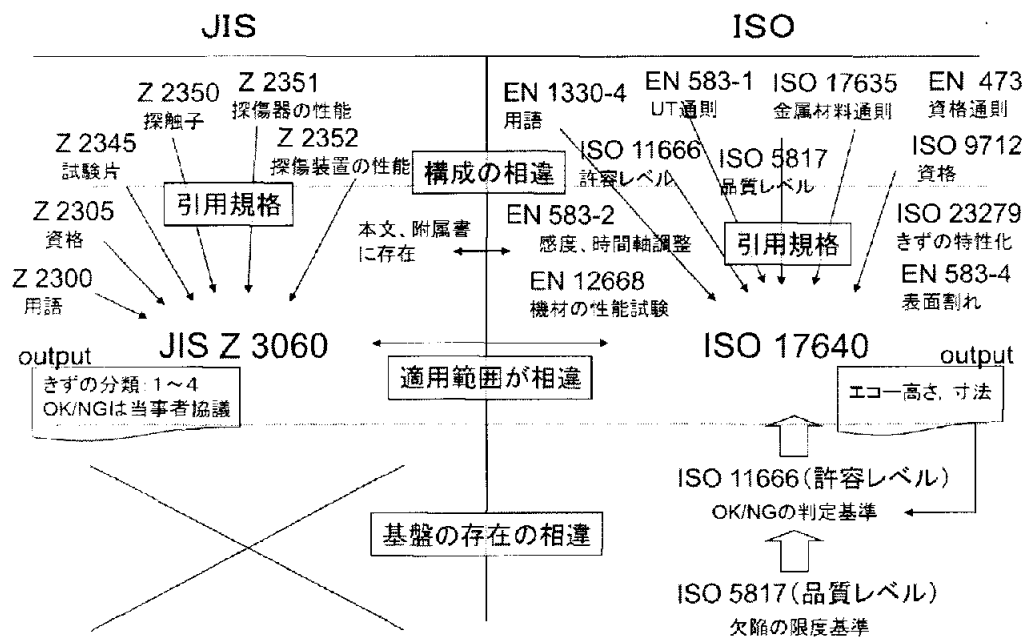
### 2. 現行規格と改正案との比較

改正の経緯に述べたように、探傷器のデジタル化、使用周波数の融和、広帯域探触子の普及などに関連した部分で規格本体、附属書A(探傷器及び探触子の機能及び性能)、附属書B(平板継手溶接部の探傷方法)附属書C(円周継手溶接部の斜角探傷方法)、附属書D(長手継手溶接部の斜角探傷方法)では改定する部分が多くなった。また新たにTOFD法によるきず指示高さの測定方法を導入し附属書Iとした。その他の附属書E(鋼管分岐継手溶接部の斜角探傷方法)、附属書F(ノズル継手溶接部の探傷方法)、附属書G(試験結果によるきずの分類方法)、附属書H(端部エコー法によるきずの指示高さの測定方法)については大きな改正は行われていない。ここでは紙面の関係もあり、改正部分の多かった本体、附属書A、附属書B、附属書C、附属書D、及び新たに追加となった附属書Iについて現行規格との比較を主に対比して示す。

注：従来附属書番号は1,2・・・の順に取られていたが、今回よりA,B,C・・・の順に変更されている。

### 3. ISO規格との整合の検討

溶接部の超音波探傷規格として ISO 17640:2010（溶接部の非破壊試験—超音波探傷試験—探傷技術、試験レベル及び評価）がありこの規格がどの程度 JIS Z 3060 と整合しているか検討を行った。JIS Z 3060 では板厚 6mm 以上の溶接部が対象であるが、ISO 17640 では厚さ 8mm 以上の減衰の低いフェライト系鋼の溶接部が対象で、縦波音速 5920±50m/s、横波音速 3255±30m/s の音速範囲を規定した材料が対象となっている。また、ISO 5817（溶接部の不健全部に関する品質レベル）で規定する探傷要領（垂直、斜角の使用、探触子数、屈折角の種類）によって探傷内容が異なる。更に、ISO 17640 では多くの ISO 規格や EN 規格を引用しているため、JIS Z 3060 とは相入れない規格であることが分かった。これらから関係者で協議の結果、JIS Z 3060 には該当 ISO 規格なしとした。



解説図 1—ISO 17640:2010 と JIS Z 3060:9999 との体系の比較

解説表 1—ISO 17640:2010 とこの規格（JIS Z 3060:9999）との適用範囲の技術的相違

旧規格（JIS Z 3060:2002）の適用範囲の規定内容	ISO 17640:2010 の適用範囲の規定内容	この規格と ISO 17640 との適用範囲の技術的相違
<ul style="list-style-type: none"> <li>厚さ 6 mm 以上のフェライト系鋼完全溶込み溶接部。</li> <li>探傷条件の設定、探傷感度、使用基準試験片、きずの検出方法、位置及び寸法の測定方法。</li> <li>きずの分類について規定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>厚さ 8 mm 以上の超音波の減衰の低いフェライト系鋼完全溶込み溶接部。</li> <li>ISO 5817 の品質レベルに対応し、A、B、C、D の四つの試験レベルを規定。</li> <li>信号指示の長さおよびエコー高さに基づく評価及び探触子の移動法によるきず指示の特性ときず寸法推定とに基づく評価。</li> <li>鋼の縦波音速 5 920±50 m/sec、及び横波音速 3 255±30 m/sec の鋼を対象。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>板厚差がある。</li> <li>ISO 規格は材料の超音波減衰を規定、JIS は減衰測定し補正</li> <li>ISO 規格は材料音速によって対象を限定、JIS は音速を測定し、探傷方法に反映する。</li> <li>ISO 規格は品質レベルに関連した試験レベルが規定されている。これは ISO 5817 で許容されるべききずの大きさによる溶接部品質に応じて試験レベルを規定しているもので、試験レベルによって垂直、斜角の併用、使用する探触子の数及び屈折角が異なる。</li> <li>JIS Z 3060 には品質レベル及び試験レベルの規定はない。</li> </ul>

鋼溶接部の超音波探傷試験方法（本文）比較

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案																																
1. 適用範囲	厚さ6mm以上のフェライト系鋼の完全溶込み溶接部の手動探傷試験。 鋼管製造工程中の継手溶接部には適用しない。	厚さ6mm以上のフェライト系鋼の完全溶込み溶接部の手動探傷試験。 鋼管製造工程中の継手溶接部には適用しない。																																
2. 引用規格	JIS Z 2300（非破壊試験用語） JIS Z 2345（超音波探傷試験用標準試験片） JIS Z 2350（超音波探触子の性能測定方法） JIS Z 2352（超音波探傷装置の性能測定方法）	左記に加え JIS Z 2305（非破壊検査技術者の資格及び認証） JIS Z 2351（超音波探傷器の電氣的性能測定方法）																																
3. 定義	ベースト、グリセリンペースト、I方向、C方向、Q方向、 STB音速比、STB屈折角度差、最大透過パルス、さすの指が長さ	グリセリンペースト、I方向、C方向、Q方向、STB音速比、 透過パルス、透過パルス高さ、透過パルス高さ区分線																																
4. 技術者	探傷の原理、フェライト系鋼溶接部の知識、探傷の知識と経験を有する者	JIS Z 2305に規定する超音波探傷試験の資格者又はこれと同等の有資格者とし探傷の原理、フェライト系鋼溶接部の知識、探傷の知識と経験を有する者																																
5.1 標準試験片	A1形STB、A2形系STB、A3形系STB	A1形STB、A2形系STB、A3形系STB																																
5.2 対比試験片	RB-41（均質な低減衰材料又は試験体と同一の鋼種、探傷面状況） RB-42、RB-43、RB-A6 厚さは試験体の±10%、音速差±2%以内。 単位：mm	RB-41A（試験体と同一の鋼種、探傷面状況）、RB-41B（均質な低減衰材料）、RB-42、RB-43、RB-A6、RB-SDH 対比試験片の寸法は附属書Bへ移動																																
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>試験片番号</th> <th>試験体厚さ t</th> <th>RBの厚さ T</th> <th>標準穴直径 d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No.1</td> <td>20 以下</td> <td>19 又は t</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>No.2</td> <td>20 超え 40 以下</td> <td>38 又は t</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>No.3</td> <td>40 超え 80 以下</td> <td>75 又は t</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>No.4</td> <td>80 超え 140 以下</td> <td>125 又は t</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>No.5</td> <td>140 超え 200 以下</td> <td>175 又は t</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>No.6</td> <td>200 超え 250 以下</td> <td>225 又は t</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>No.7</td> <td>250 超え</td> <td>t</td> <td>6.0</td> </tr> </tbody> </table>	試験片番号	試験体厚さ t	RBの厚さ T	標準穴直径 d	No.1	20 以下	19 又は t	3.0	No.2	20 超え 40 以下	38 又は t	3.0	No.3	40 超え 80 以下	75 又は t	3.0	No.4	80 超え 140 以下	125 又は t	6.0	No.5	140 超え 200 以下	175 又は t	6.0	No.6	200 超え 250 以下	225 又は t	6.0	No.7	250 超え	t	6.0	
試験片番号	試験体厚さ t	RBの厚さ T	標準穴直径 d																															
No.1	20 以下	19 又は t	3.0																															
No.2	20 超え 40 以下	38 又は t	3.0																															
No.3	40 超え 80 以下	75 又は t	3.0																															
No.4	80 超え 140 以下	125 又は t	6.0																															
No.5	140 超え 200 以下	175 又は t	6.0																															
No.6	200 超え 250 以下	225 又は t	6.0																															
No.7	250 超え	t	6.0																															
	「超音波探傷装置」	探傷器、探触子の機能・性能は附属書 A																																
6. 接触媒質	グリセリンペースト、濃度75%以上のグリセリン水溶液、水、オイル、音響インピーダンスが明らかな液体 探触子がポリスチレンで接触媒質がグリセリン又は75%以上のグリセリン水溶液の場合は伝達補正不要	グリセリンペースト、濃度75%以上のグリセリン水溶液、水、オイル、音響インピーダンスが明らかな液体 横波垂直探触子を使用する場合は横波専用接触媒質																																
7.1 探傷方法の選定	探触子斜角法、直接接触法	探触子斜角法、直接接触法																																

鋼溶接部の超音波探傷試験方法（本文）比較

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案																																												
7.2 STB 又は RB の選定	<p>斜め平行走査，溶接線上走査，またぎ走査，垂直法は指定箇所適用 タンデム法は 20mm 以上の完全溶込み部で指定箇所適用</p> <p>RB-41, RB-42, RB-43, RB-A6, STB-A2 形系のいずれかを選択。 板厚 75mm 以上，音速比から探傷屈折角を使用：RB-41, RB-42, RB-43 使用するビーム路程が 150mm 以下：STB-A2 形系使用可</p>	<p>タンデム法，垂直法，斜め平行走査，溶接線上走査，またぎ走査を適用する場合は受渡当事者間の協議による。</p> <p>RB-41A, RB-41B, RB-42, RB-43, RB-A6, STB-A2 形系のいずれかを選択。 板厚 75mm 以上，音速比から探傷屈折角を使用：RB-41A, RB-41B, RB-42, RB-43 のいずれかを選択。 使用するビーム路程が 150mm 以下：STB-A2 形系使用可。</p>																																												
7.3 周波数の選定	<p>垂直探傷：RB-41 使用</p> <table border="1" data-bbox="667 965 855 1753"> <thead> <tr> <th colspan="2">斜角探傷</th> <th colspan="2">垂直探傷</th> </tr> <tr> <th>最大ビーム路程 mm</th> <th>公称 MHz</th> <th>最大ビーム路程 mm</th> <th>公称 MHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100 以下</td> <td>5</td> <td>40 以下</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>100 超え 150 以下</td> <td>2 又は 5</td> <td>40 超え</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>150 超え</td> <td>2</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table> <p>2MHz 以上 5MHz 以下，ただし減衰の著しいものはそれ以下使用可</p>	斜角探傷		垂直探傷		最大ビーム路程 mm	公称 MHz	最大ビーム路程 mm	公称 MHz	100 以下	5	40 以下	5	100 超え 150 以下	2 又は 5	40 超え	2	150 超え	2	-	-	<p>垂直探傷：RB-41A 又は RB-41B 使用</p> <p>2MHz 以上 5MHz 以下，ただし減衰の著しいものはそれ以下使用可</p> <table border="1" data-bbox="667 150 890 943"> <thead> <tr> <th colspan="2">斜角探傷</th> <th colspan="2">垂直探傷</th> </tr> <tr> <th>最大ビーム路程 mm</th> <th>公称 MHz</th> <th>最大ビーム路程 mm</th> <th>公称 MHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> <td>40 以下</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>100 超え 150 以下</td> <td>2~5</td> <td>40 超え 60 以下</td> <td>2 又は 5</td> </tr> <tr> <td>150 超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> <td>60 超え</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>250 超え</td> <td>2</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	斜角探傷		垂直探傷		最大ビーム路程 mm	公称 MHz	最大ビーム路程 mm	公称 MHz	100 以下	3.5~5	40 以下	5	100 超え 150 以下	2~5	40 超え 60 以下	2 又は 5	150 超え 250 以下	2~3.5	60 超え	2	250 超え	2	-	-
斜角探傷		垂直探傷																																												
最大ビーム路程 mm	公称 MHz	最大ビーム路程 mm	公称 MHz																																											
100 以下	5	40 以下	5																																											
100 超え 150 以下	2 又は 5	40 超え	2																																											
150 超え	2	-	-																																											
斜角探傷		垂直探傷																																												
最大ビーム路程 mm	公称 MHz	最大ビーム路程 mm	公称 MHz																																											
100 以下	3.5~5	40 以下	5																																											
100 超え 150 以下	2~5	40 超え 60 以下	2 又は 5																																											
150 超え 250 以下	2~3.5	60 超え	2																																											
250 超え	2	-	-																																											
(振動子の公称寸法)		<p>斜角探傷子 公称寸法：5×5mm 以上 20×20mm 以下，通常使用は下表 タンデム探傷では規定しない。</p> <table border="1" data-bbox="1034 150 1177 943"> <thead> <tr> <th>公称周波数 MHz</th> <th>振動子の公称寸法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2~2.5</td> <td>14×14, 20×20</td> </tr> <tr> <td>3~4</td> <td>10×10, 14×14, 20×20</td> </tr> <tr> <td>4.5~5</td> <td>5×5, 10×10</td> </tr> </tbody> </table> <p>垂直探傷子 公称寸法：φ10mm 以上 φ30mm 以下，通常使用は下表</p> <table border="1" data-bbox="1345 163 1453 929"> <thead> <tr> <th>公称周波数 MHz</th> <th>振動子の公称寸法（直径） mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>20, 28</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	公称周波数 MHz	振動子の公称寸法	2~2.5	14×14, 20×20	3~4	10×10, 14×14, 20×20	4.5~5	5×5, 10×10	公称周波数 MHz	振動子の公称寸法（直径） mm	2	20, 28	5	10																														
公称周波数 MHz	振動子の公称寸法																																													
2~2.5	14×14, 20×20																																													
3~4	10×10, 14×14, 20×20																																													
4.5~5	5×5, 10×10																																													
公称周波数 MHz	振動子の公称寸法（直径） mm																																													
2	20, 28																																													
5	10																																													

鋼溶接部の超音波探傷試験方法（本文）比較

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案
(SN比)		II線に対するノイズレベルを測定し、使用するビーム路程範囲で22dB以上
(垂直探触子の不感帯)		5MHz：8mm以下， 2MHz：15mm以下
7.4 検出レベルの選定	L 検出レベル又はM 検出レベル	L 検出レベル又はM 検出レベル
7.5 探傷の時期	熱処理のあるものは最終熱処理後	熱処理のあるものは最終熱処理後 低温割れ懸念材：溶接完了後必要時間経過後
7.6 探傷面の手入れ	スパッタ、浮いたスケールは除去 さび、塗料の影響のある場合：伝達損失12dB以下に仕上げ	スパッタ、浮いたスケールは除去 さび、塗料の影響のある場合：伝達損失12dB以下に仕上げ
7.7 母材の探傷	斜角探傷時超音波が通過する部分の母材は予め垂直探傷実施 板厚60mm以下：5MHz、φ20mm，板厚60mm超え：2MHz，φ30mm 探傷感度Bg：80%，さび範囲：20%超え，100mm <sup>2</sup> 以上有害	斜角探傷時超音波が通過する部分の母材は予め垂直探傷実施 板厚60mm以下：5MHz、φ20mm，板厚60mm超え：2MHz，φ30mm 探傷感度Bg：80%，さび範囲：20%超え，100mm <sup>2</sup> 以上有害
7.8 STB との音速比の測定	横波垂直探触子を用い、STB(A1、A2、A3)及び試験体の横波音速を測定 板厚は有効数字3桁以上の厚さ計又は寸法測定器	<ul style="list-style-type: none"> <li>STB 音速比の測定条件を規定</li> <li>STB 音速比の測定装置を規定</li> <li>測定に用いる試験片，試験体を規定し探傷方向の確認を指示</li> <li>STB 音速比の測定方法               <ol style="list-style-type: none"> <li>超音波厚さ計による方法</li> <li>探傷器による方法</li> </ol> </li> </ul>
7.9 音速比による屈折角の選定 「屈折角」	公称屈折角45° 使用：STB 屈折角43°～47° 試験体板厚75mm超え，STB 音速比0.995～1.005：STB 屈折角69°～71° 使用可	公称屈折角45° 使用：STB 屈折角43°～47° 試験体板厚75mm超え，STB 音速比0.995～1.005：STB 屈折角69°～71° 使用可

鋼溶接部の超音波探傷試験方法（本文）比較

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案																																																																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>試験体板厚</th> <th>STB との音速比</th> <th>探傷に使用する屈折角</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6mm 以上</td> <td>0.990 以上 1.020 以下</td> <td>STB 屈折角 63° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td>25mm 以下</td> <td>0.990 未満</td> <td>探傷屈折角 63° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.020 超え</td> <td>探傷屈折角 63° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td>25mm 超え</td> <td>0.995 以上 1.015 以下</td> <td>STB 屈折角 58° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td>75mm 以下</td> <td>1.015 超え 1.025 以下</td> <td>STB 屈折角 58° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.995 以下</td> <td>探傷屈折角 58° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.025 超え</td> <td>探傷屈折角 58° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td>75mm 超え</td> <td>0.995 以上 1.025 以下</td> <td>STB 屈折角 58° 以上 67° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.995 未満</td> <td>探傷屈折角 58° 以上 67° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.025 超え</td> <td>探傷屈折角 58° 以上 67° 以下</td> </tr> </tbody> </table>	試験体板厚	STB との音速比	探傷に使用する屈折角	6mm 以上	0.990 以上 1.020 以下	STB 屈折角 63° 以上 72° 以下	25mm 以下	0.990 未満	探傷屈折角 63° 以上 72° 以下		1.020 超え	探傷屈折角 63° 以上 72° 以下	25mm 超え	0.995 以上 1.015 以下	STB 屈折角 58° 以上 72° 以下	75mm 以下	1.015 超え 1.025 以下	STB 屈折角 58° 以上 72° 以下		0.995 以下	探傷屈折角 58° 以上 72° 以下		1.025 超え	探傷屈折角 58° 以上 72° 以下	75mm 超え	0.995 以上 1.025 以下	STB 屈折角 58° 以上 67° 以下		0.995 未満	探傷屈折角 58° 以上 67° 以下		1.025 超え	探傷屈折角 58° 以上 67° 以下	<table border="1"> <thead> <tr> <th>試験体板厚</th> <th>STB との音速比</th> <th>探傷に使用する屈折角</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6mm 以上</td> <td>0.990 以上 1.020 以下</td> <td>STB 屈折角 63° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td>25mm 以下</td> <td>0.990 未満</td> <td>探傷屈折角 63° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.020 超え</td> <td>探傷屈折角 63° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td>25mm 超え</td> <td>0.995 以上 1.015 以下</td> <td>STB 屈折角 58° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td>75mm 以下</td> <td>1.015 超え 1.025 以下</td> <td>STB 屈折角 58° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.995 以下</td> <td>探傷屈折角 58° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.025 超え</td> <td>探傷屈折角 58° 以上 72° 以下</td> </tr> <tr> <td>75mm 超え</td> <td>0.995 以上 1.025 以下</td> <td>STB 屈折角 58° 以上 67° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0.995 未満</td> <td>探傷屈折角 58° 以上 67° 以下</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.025 超え</td> <td>探傷屈折角 58° 以上 67° 以下</td> </tr> </tbody> </table>	試験体板厚	STB との音速比	探傷に使用する屈折角	6mm 以上	0.990 以上 1.020 以下	STB 屈折角 63° 以上 72° 以下	25mm 以下	0.990 未満	探傷屈折角 63° 以上 72° 以下		1.020 超え	探傷屈折角 63° 以上 72° 以下	25mm 超え	0.995 以上 1.015 以下	STB 屈折角 58° 以上 72° 以下	75mm 以下	1.015 超え 1.025 以下	STB 屈折角 58° 以上 72° 以下		0.995 以下	探傷屈折角 58° 以上 72° 以下		1.025 超え	探傷屈折角 58° 以上 72° 以下	75mm 超え	0.995 以上 1.025 以下	STB 屈折角 58° 以上 67° 以下		0.995 未満	探傷屈折角 58° 以上 67° 以下		1.025 超え	探傷屈折角 58° 以上 67° 以下
試験体板厚	STB との音速比	探傷に使用する屈折角																																																																		
6mm 以上	0.990 以上 1.020 以下	STB 屈折角 63° 以上 72° 以下																																																																		
25mm 以下	0.990 未満	探傷屈折角 63° 以上 72° 以下																																																																		
	1.020 超え	探傷屈折角 63° 以上 72° 以下																																																																		
25mm 超え	0.995 以上 1.015 以下	STB 屈折角 58° 以上 72° 以下																																																																		
75mm 以下	1.015 超え 1.025 以下	STB 屈折角 58° 以上 72° 以下																																																																		
	0.995 以下	探傷屈折角 58° 以上 72° 以下																																																																		
	1.025 超え	探傷屈折角 58° 以上 72° 以下																																																																		
75mm 超え	0.995 以上 1.025 以下	STB 屈折角 58° 以上 67° 以下																																																																		
	0.995 未満	探傷屈折角 58° 以上 67° 以下																																																																		
	1.025 超え	探傷屈折角 58° 以上 67° 以下																																																																		
試験体板厚	STB との音速比	探傷に使用する屈折角																																																																		
6mm 以上	0.990 以上 1.020 以下	STB 屈折角 63° 以上 72° 以下																																																																		
25mm 以下	0.990 未満	探傷屈折角 63° 以上 72° 以下																																																																		
	1.020 超え	探傷屈折角 63° 以上 72° 以下																																																																		
25mm 超え	0.995 以上 1.015 以下	STB 屈折角 58° 以上 72° 以下																																																																		
75mm 以下	1.015 超え 1.025 以下	STB 屈折角 58° 以上 72° 以下																																																																		
	0.995 以下	探傷屈折角 58° 以上 72° 以下																																																																		
	1.025 超え	探傷屈折角 58° 以上 72° 以下																																																																		
75mm 超え	0.995 以上 1.025 以下	STB 屈折角 58° 以上 67° 以下																																																																		
	0.995 未満	探傷屈折角 58° 以上 67° 以下																																																																		
	1.025 超え	探傷屈折角 58° 以上 67° 以下																																																																		
7.10 探傷屈折角の算出	STB 音速比から算出，V 透過法による算出	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷屈折角の算出要領</li> <li>・STB 音速比による方法</li> <li>・V 透過法による方法</li> <li>・対比試験片による方法（RB-41A を用いる方法）</li> </ul>																																																																		
8. 探傷装置の調整・点検 8.1 斜角探傷	<p>入射点測定，測定範囲の調整，STB 屈折角の測定，探傷屈折角の測定，エコー高さ区分線の作成（複数又は 1 本），領域区分の決定，探傷感度の調整</p> <p>探傷装置の測定，調整，点検：入射点，STB 屈折角，測定範囲，探傷感度は作業開始時に測定，調整する。また作業開始後 4 時間以内毎感度が維持されていない場合の処置</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>変化の範囲</th> <th>処置の内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>±4dB 以下</td> <td>再調整して作業を継続する。</td> </tr> <tr> <td>4 dB を超える低下</td> <td>再調整し，直前の調整又は点検以降の試験を再試験</td> </tr> <tr> <td>4dB を超える増加</td> <td>再調整し，直前の調整又は点検以降の試験で得られたきずの指部について再試験</td> </tr> </tbody> </table>	変化の範囲	処置の内容	±4dB 以下	再調整して作業を継続する。	4 dB を超える低下	再調整し，直前の調整又は点検以降の試験を再試験	4dB を超える増加	再調整し，直前の調整又は点検以降の試験で得られたきずの指部について再試験	<p>入射点測定，測定範囲の調整，STB 屈折角の測定，探傷屈折角の測定，エコー高さ区分線の作成（複数），領域区分の決定，探傷感度の調整</p> <p>探傷装置の測定，調整，点検：入射点，STB 屈折角，測定範囲，探傷感度は作業開始時に測定，調整する。また作業開始後 4 時間以内毎感度が維持されていない場合の処置</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>変化の範囲</th> <th>処置の内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+4dB 以下</td> <td>再調整して作業を継続する。</td> </tr> <tr> <td>4 dB を超える低下</td> <td>再調整し，直前の調整又は点検以降の試験を再試験</td> </tr> <tr> <td>4dB を超える増加</td> <td>再調整し，直前の調整又は点検以降の試験で得られたきずの指部について再試験</td> </tr> </tbody> </table>	変化の範囲	処置の内容	+4dB 以下	再調整して作業を継続する。	4 dB を超える低下	再調整し，直前の調整又は点検以降の試験を再試験	4dB を超える増加	再調整し，直前の調整又は点検以降の試験で得られたきずの指部について再試験																																																		
変化の範囲	処置の内容																																																																			
±4dB 以下	再調整して作業を継続する。																																																																			
4 dB を超える低下	再調整し，直前の調整又は点検以降の試験を再試験																																																																			
4dB を超える増加	再調整し，直前の調整又は点検以降の試験で得られたきずの指部について再試験																																																																			
変化の範囲	処置の内容																																																																			
+4dB 以下	再調整して作業を継続する。																																																																			
4 dB を超える低下	再調整し，直前の調整又は点検以降の試験を再試験																																																																			
4dB を超える増加	再調整し，直前の調整又は点検以降の試験で得られたきずの指部について再試験																																																																			



鋼溶接部の超音波探傷試験方法（本文）比較

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案																		
	<p>測定範囲が維持されていない場合の処置</p> <table border="1" data-bbox="331 943 451 1749"> <tr> <th>変化の範囲</th> <th>処置の内容</th> </tr> <tr> <td>±2%以下</td> <td>再調整して作業を継続する。</td> </tr> <tr> <td>2%を超えるもの</td> <td>再調整し、直前の調整又は点検以降の試験を再試験</td> </tr> </table>	変化の範囲	処置の内容	±2%以下	再調整して作業を継続する。	2%を超えるもの	再調整し、直前の調整又は点検以降の試験を再試験	<p>測定範囲が維持されていない場合の処置</p> <table border="1" data-bbox="331 127 451 943"> <tr> <th>変化の範囲</th> <th>処置の内容</th> </tr> <tr> <td>±2%以下</td> <td>再調整して作業を継続する。</td> </tr> <tr> <td>2%を超えるもの</td> <td>再調整し、直前の調整又は点検以降の試験を再試験</td> </tr> </table> <p><b>STB 屈折角が維持されていない場合の処置</b></p> <table border="1" data-bbox="499 127 651 943"> <tr> <th>変化の範囲</th> <th>処置の内容</th> </tr> <tr> <td>±2°以下</td> <td>再調整して作業を継続する。</td> </tr> <tr> <td>2°を超えるもの</td> <td>交換又は補修を行い、直前の調整又は点検以降の試験を再試験</td> </tr> </table>	変化の範囲	処置の内容	±2%以下	再調整して作業を継続する。	2%を超えるもの	再調整し、直前の調整又は点検以降の試験を再試験	変化の範囲	処置の内容	±2°以下	再調整して作業を継続する。	2°を超えるもの	交換又は補修を行い、直前の調整又は点検以降の試験を再試験
変化の範囲	処置の内容																			
±2%以下	再調整して作業を継続する。																			
2%を超えるもの	再調整し、直前の調整又は点検以降の試験を再試験																			
変化の範囲	処置の内容																			
±2%以下	再調整して作業を継続する。																			
2%を超えるもの	再調整し、直前の調整又は点検以降の試験を再試験																			
変化の範囲	処置の内容																			
±2°以下	再調整して作業を継続する。																			
2°を超えるもの	交換又は補修を行い、直前の調整又は点検以降の試験を再試験																			
8.2 垂直探傷	<p>測定範囲の調整、エコー高さ区分線の作成、領域区分の決定、探傷感度の調整</p> <p>探傷装置の測定、調整、点検：測定範囲、探傷感度は作業開始時に測定、調整する。また作業開始後 4 時間以内毎に点検。</p> <p>探傷条件が維持されていない場合の処置は斜角と同様</p>	<p>測定範囲の調整、エコー高さ区分線の作成、領域区分の決定、探傷感度の調整</p> <p>探傷装置の測定、調整、点検：測定範囲、探傷感度は作業開始時に測定、調整する。また作業開始後 4 時間以内毎に点検。</p> <p>探傷条件が維持されていない場合の処置は斜角と同様</p>																		
8.3 タンデム探傷	<p>測定範囲の調整、STB 屈折角の測定、エコー高さ区分線の作成、領域区分の決定、探傷感度の調整</p> <p>探傷装置の測定、調整、点検：入射点、STB 屈折角、測定範囲、探傷感度は作業開始時に測定、調整する。また作業開始後 4 時間以内毎に点検。探傷条件が維持されていない場合の処置は斜角と同様</p>	<p>測定範囲の調整、エコー高さ区分線の作成、領域区分の決定、探傷感度の調整</p> <p>探傷装置の測定、調整、点検：入射点、STB 屈折角、測定範囲、探傷感度は作業開始時に測定、調整する。また作業開始後 4 時間以内毎に点検。探傷条件が維持されていない場合の処置は斜角と同様</p>																		
9.1 斜角探傷	<p>走査方法：首振り走査、振り走査、ジグザグ走査、縦方形走査、横方形走査</p> <p>縦方形走査、斜め平行走査、溶接線上走査、またざ走査</p> <p>評価対象：L 検出レベル-L 線を超えるきざず</p> <p>M 検出レベル-M 線を超えるきざず</p> <p>エコー高さの領域測定</p> <p>きざずの指し長さ測定：L 線超える範囲、2MHz 探触子の場合 -6dB</p> <p>きざずの位置測定</p> <p>きざずの指し高さ：必要とした場合附属書 8 による。</p>	<p>走査方法：首振り走査、振り走査、ジグザグ走査、縦方形走査、横方形走査</p> <p>縦方形走査、斜め平行走査、溶接線上走査、またざ走査</p> <p>評価対象：L 検出レベル-L 線を超えるきざず</p> <p>M 検出レベル-M 線を超えるきざず</p> <p>エコー高さの領域測定</p> <p>きざずの指し長さ測定：L 線超える範囲、2～2.5MHz 探触子の場合 -6dB</p> <p>きざずの位置測定</p> <p>きざずの指し高さ：測定する場合附属書 H 又は付属書 I による。</p> <p>きざずの分類：附属書 G による。</p>																		

鋼溶接部の超音波探傷試験方法（本文）比較

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案
9.2 垂直探傷	<p>走査方法：きずの見落としのないよう行う。                      評価対象：L 検出レベル-L 線を超えるきず                      M 検出レベル-M 線を超えるきず                      エコー高さの領域測定                      きずの指示長さ測定：L 線超える範囲，                      板厚 75mm 以上，2MHz 探触子の場合最大エコー高さ-6dB の範囲                      きずの位置測定</p>	<p>走査方法：きずの見落としのないよう行う。                      評価対象：L 検出レベル-L 線を超えるきず                      M 検出レベル-M 線を超えるきず                      エコー高さの領域測定                      きずの指示長さ測定：L 線超える範囲，                      板厚 75mm 以上，2MHz 探触子の場合最大エコー高さ-6dB の範囲                      きずの位置測定                      きずの分類：附属書 G による。</p>
9.3 タンデム探傷	<p>探傷準備：参照線けがき，タンデム基準線決定，探触子配置                      走査方法：縦方形又は縦方形タンデム走査                      評価対象：L 検出レベル-L 線を超えるきず                      M 検出レベル-M 線を超えるきず                      エコー高さの領域測定                      きずの指示長さ測定：L 検出レベル-L 線超える範囲                      M 検出レベル-M 線超える範囲                      きずの位置測定</p>	<p>タンデム探傷に関する規定は附属書 B へ移動</p>
10. 記録	<p>試験年月日，施工業者又は製造業者名，工事又は製品名，試験番号又は記号，試験技術者名，材質・寸法，溶接方法・開先形状，探傷器名・点検日時，探触子・点検日時，使用した RB・STB，RB の厚さ・曲率・探傷面状態・STB 音速比，試験体探傷面の状態，探傷範囲，接触媒質，公称周波数・試験周波数，公称屈折角・STB 屈折角，STB 音速比及びその測定方法，探傷屈折角及び算出方法，測定範囲，エコー高さ区分線，探傷感度，感度補正量，検出レベル，最大エコー高さの探触子位置・探触子溶接部距離・ビーム路程・領域，きずの指示長さ，きずの深さ，きずの始終端，合否及び基準，DAC 使用時の記録，その他（指定事項・協議事項）</p>	<p>試験年月日，施工業者又は製造業者名，工事又は製品名，試験番号又は記号，試験技術者名，材質・寸法，溶接方法・開先形状，探傷器名・識別記号・点検日時，探触子・識別記号・点検日時，使用した RB・STB・名称・識別記号，RB の厚さ・曲率・探傷面状態・STB 音速比，試験体探傷面の状態，試験体の探傷面温度，探傷範囲，接触媒質（種類・名称），公称周波数・試験周波数，公称屈折角・STB 屈折角，STB 音速比及びその測定方法，探傷屈折角及び算出方法，測定範囲，エコー高さ区分線，探傷感度，感度補正量，検出レベル，最大エコー高さの探触子位置・探触子溶接部距離・ビーム路程・領域，きずの指示長さ，きずの深さ，きずの始終端，合否及び基準，DAC 使用時の記録，タンデム法使用時の記録，その他（指定事項・協議事項）</p>

附属書 1 (A) : (規定) 超音波探傷装置の機能及び性能

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案												
名称	超音波探傷装置の機能及び性能	探傷器及び探触子の機能及び性能												
1. 適用範囲	超音波探傷装置の機能及び性能について規定	探傷器及び探触子の機能及び性能について規定												
2. 探傷器	<p>探傷器に必要な機能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一探触子、二探触子のいずれでも使用可</li> <li>・1 ステップ 1dB 以下、計 70dB 以上</li> <li>・補助日盛板はエコー高さ区分線記載可、着脱可のもの</li> <li>・時間軸関係つまみはロック機構要</li> <li>・広帯域探触子使用の場合 RF 波形表示可</li> </ul> <p>探傷器に必要な性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・増幅直線性 ±3%、時間軸直線性 ±1%、感度余裕値 40dB 以上</li> <li>・電源電圧の変動に対する安定度：感度 ±1dB 以内、時間軸・DAC 起点の移動量 ±2% 以内（フルスケールに対し）</li> </ul>	<p>探傷器に必要な機能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一探触子、二探触子のいずれでも使用可</li> <li>・1 ステップ 1dB 以下、計 70dB 以上</li> <li>・アナログ探傷器の校正日盛板はエコー高さ区分線記載可、着脱可のもの</li> <li>・時間軸関係つまみはロック機構要</li> <li>・広帯域探触子使用の場合 RF 波形表示可</li> </ul> <p>探傷器に必要な性能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・増幅直線性 ±3%、時間軸直線性 ±1%、感度余裕値 40dB 以上</li> <li>・電源電圧 ±10% 以内の変動に対する安定度：感度 ±1dB 以内、時間軸の移動量 ±2% 以内（フルスケールに対し）</li> </ul>												
3.1 探触子の機能	<p>DAC 機能</p> <p>探傷器の点検</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・増幅直線性、時間軸直線性、感度余裕値は 12 か月以内毎点検</li> </ul> <p>斜角探触子に入射点測定用日盛 (1mm 毎) のあること。</p> <p>斜角探触子の公称周波数と振動子の公称寸法</p> <table border="1" data-bbox="458 318 504 943"> <thead> <tr> <th>公称周波数 MHz</th> <th>振動子の公称寸法 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>14×14, 20×20</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5×5, 10×10</td> </tr> </tbody> </table> <p>垂直探触子は円形、直径 10mm 以上、30mm 以下</p> <p>垂直探触子の公称周波数と振動子の公称寸法</p> <table border="1" data-bbox="504 318 550 943"> <thead> <tr> <th>公称周波数 MHz</th> <th>振動子の公称直径 mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>20, 28</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	公称周波数 MHz	振動子の公称寸法 mm	2	14×14, 20×20	5	5×5, 10×10	公称周波数 MHz	振動子の公称直径 mm	2	20, 28	5	10	<p>DAC 機能</p> <p>探傷器の点検</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・増幅直線性、時間軸直線性、感度余裕値は 12 か月以内毎点検</li> </ul> <p>斜角探触子に入射点測定用日盛 (1mm 毎) のあること。</p> <p>斜角探触子の振動子の公称寸法は、本体による。</p> <p>垂直探触子の公称直径は本体による。</p>
公称周波数 MHz	振動子の公称寸法 mm													
2	14×14, 20×20													
5	5×5, 10×10													
公称周波数 MHz	振動子の公称直径 mm													
2	20, 28													
5	10													
試験周波数		<ul style="list-style-type: none"> <li>・試験周波数は、公称周波数の 90%～110% の範囲</li> <li>・広帯域の探触子の試験周波数は、公称周波数の 80%～120% の範囲</li> </ul>												

附属書 I (A) : (規定) 超音波探傷装置の機能及び性能

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案																								
<p>3.2 斜角探触子の性能</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・接近限界長さ <table border="1" data-bbox="352 965 464 1693"> <tr> <th>振動子寸法 mm</th> <th>接近限界長さ</th> <th>振動子寸法 mm</th> <th>接近限界長さ</th> </tr> <tr> <td>20×20</td> <td>25mm</td> <td>10×10</td> <td>15mm</td> </tr> <tr> <td>14×14</td> <td>20mm</td> <td>5×5</td> <td>7mm</td> </tr> </table> </li> <li>・タンデム探傷における探触子の最小入射点間距離 5MHz: 45° -20mm 以下, 70° -27mm 以下 2MHz: 45° -25mm 以下</li> <li>・公称屈折角: 40°, 45°, 60°, 65°, 70°</li> <li>・SN 比は H 線に対し使用するビーム路程範囲で 22dB 以上</li> <li>・遠距離分解能 2MHz: 9mm 以下, 5MHz: 5mm 以下, その他: 8mm 以下</li> <li>・不感帯</li> </ul>	振動子寸法 mm	接近限界長さ	振動子寸法 mm	接近限界長さ	20×20	25mm	10×10	15mm	14×14	20mm	5×5	7mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>・接近限界長さ <table border="1" data-bbox="352 152 464 880"> <tr> <th>振動子寸法 mm</th> <th>接近限界長さ</th> <th>振動子寸法 mm</th> <th>接近限界長さ</th> </tr> <tr> <td>20×20</td> <td>25mm</td> <td>10×10</td> <td>15mm</td> </tr> <tr> <td>14×14</td> <td>20mm</td> <td>5×5</td> <td>7mm</td> </tr> </table> </li> <li>・タンデム探傷における探触子の最小入射点間距離 5MHz: 45° -20mm 以下, 70° -27mm 以下 2MHz: 45° -25mm 以下</li> <li>・公称屈折角と STB 屈折角との差は, 気温又は試験片の温度が 10°~30° の範囲内で±2° 以内</li> <li>・分解能 2~2.5MHz: 9mm 以下, 3~4MHz: 7mm 以下, 4.5~5MHz: 5mm 以下</li> <li>・不感帯</li> </ul>	振動子寸法 mm	接近限界長さ	振動子寸法 mm	接近限界長さ	20×20	25mm	10×10	15mm	14×14	20mm	5×5	7mm
振動子寸法 mm	接近限界長さ	振動子寸法 mm	接近限界長さ																							
20×20	25mm	10×10	15mm																							
14×14	20mm	5×5	7mm																							
振動子寸法 mm	接近限界長さ	振動子寸法 mm	接近限界長さ																							
20×20	25mm	10×10	15mm																							
14×14	20mm	5×5	7mm																							
<p>3.3 垂直探触子の性能</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ノイズレベル: 使用する探傷感度で 10% 以下</li> <li>・遠距離分解能 2MHz: 9mm 以下, 5MHz: 6mm 以下, その他: 8mm 以下</li> <li>・不感帯 5MHz: 8mm 以下, 2MHz: 15mm 以下</li> <li>・探触子の性能点検 上記項目について購入時及び 1 か月に 1 回以上</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・分解能 2MHz: 9mm 以下, 2 超え 5MHz 未満: 7mm 以下, 5MHz: 6mm 以下</li> <li>・探触子の性能点検</li> <li>・分解能: 購入時, 1 年毎及び補修実施直後</li> <li>・試験周波数: 狭帯域: 購入時, 広帯域: 購入時及び 1 年毎</li> </ul>																								
<p>4. タンデム探傷のジグ</p>	<p>送受信の 2 側の探触子が配置可能で横又は縦方形行走が可能なもの</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数</li> <li>・不感帯</li> <li>・探触子の性能点検</li> <li>・ビーム中心軸の偏り: 2° 以下</li> <li>・探触子の性能点検</li> <li>・公称屈折角と STB 屈折角の差異, ビーム中心軸の偏り, 接近限界長さ, 分解能, 不感帯: 購入時, 1 年毎及び補修実施直後</li> <li>・試験周波数: 狭帯域: 購入時, 広帯域: 購入時及び 1 年毎</li> </ul>																								

附属書 2 (B) : (規定) 平板継手溶接部の探傷方法

項 目	JIS Z 3060: 2002	改正案
1. 適用範囲 (一般)	平板突合せ継手、T継手、角継手、探傷面の曲率半径が1000mm以上の円周継手、探傷面の曲率半径が1500mm以上の長手継手の各溶接部の超音波探傷試験方法	平板突合せ継手、T継手、角継手、探傷面の曲率半径が1000mm以上の円周継手、探傷面の曲率半径が1500mm以上の長手継手の各溶接部の超音波斜角探傷試験、垂直探傷試験、タンデム探傷試験について規定
2. (斜角探傷) 対比試験片及び標準試験片	RB-41 又は STB	探傷感度調整用試験片：RB-41A, RB-41B, A2 形系標準試験片、 A3 形系標準試験片 RB-41A は試験体と同一の鋼種、探傷面状況で、曲率は持たないで、試験体との首速差 2%以内 RB-41A 及び RB-41B の寸法 単位：mm
3. 使用する探触子	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 本体表 4 に規定</li> <li>・ 板厚が 75mm を超える場合は更に 45° を併用する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 使用する探触子の公称周波数、振動子の公称寸法、公称屈折角は本体による。</li> <li>・ 板厚が 75mm を超える場合は更に 45° を併用する。</li> </ul>
4.1 探傷装置の調整	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 測定範囲の調整、入射点測定、STB 屈折角・探傷屈折角測定、探傷感度の調整、エコー高さ区分線の作成は本体による。</li> <li>・ 感度補正量の求め方</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 入射点、測定範囲の調整</li> <li>・ STB 屈折角の測定、探傷屈折角の測定</li> <li>・ エコー高さ区分線の作成 (RB-41A, RB-41B, S1B-A2 形系)</li> <li>・ 領域区分の決定</li> <li>・ 探傷感度の調整             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ RB-41A：標準穴のエコー高さを H 線、φ6mm 使用の場合+3dB</li> <li>・ RB-41B：標準穴のエコー高さを H 線にし感度補正量を付加、φ6mm 使用の場合+3dB</li> </ul> </li> <li>・ A2 形系：φ4×4mm のエコー高さ 70°：H 線、65°：M 線 45°：H 線に合わせ+6dB それぞれ感度補正量を付加</li> <li>・ 感度補正の合計が 2dB 超えの場合、感度補正実施</li> </ul>

附属書 2 (B) : (規定) 平板継手溶接部の探傷方法

項目	JIS Z. 3060: 2002	改正案																																																																																								
5. 探傷方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>探傷面及びび面、側の定義</li> <li>探傷方向：2 方向以上</li> <li>走査方法：ジグザグ走査</li> <li>探傷面</li> </ul> <table border="1" data-bbox="598 1016 1078 1767"> <thead> <tr> <th>継手種類</th> <th>最大ビーム路程</th> <th>周波数</th> <th>探傷面</th> <th>探傷方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">突合せ 継手</td> <td>150mm 以下</td> <td>2 又は 5MHz</td> <td>片面両側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>150 超え 250mm 以下</td> <td>2MHz</td> <td>片面両側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>250mm 超え</td> <td>2MHz</td> <td>両面両側</td> <td>直射</td> </tr> <tr> <td>150mm 以下</td> <td>2 又は 5MHz</td> <td>片面片側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">T 継手</td> <td>150 超え 250mm 以下</td> <td>2MHz</td> <td>片面片側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>250mm 超え</td> <td>2MHz</td> <td>両面片側</td> <td>直射</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">角継手 (閉断面)</td> <td>150mm 以下</td> <td>2 又は 5MHz</td> <td>片面片側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>150 超え 250mm 以下</td> <td>2MHz</td> <td>片面片側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>250mm 超え</td> <td>2MHz</td> <td>片面片側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>250mm 超え</td> <td>2MHz</td> <td>片面片側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> </tbody> </table>	継手種類	最大ビーム路程	周波数	探傷面	探傷方法	突合せ 継手	150mm 以下	2 又は 5MHz	片面両側	直射, 1 回反射	150 超え 250mm 以下	2MHz	片面両側	直射, 1 回反射	250mm 超え	2MHz	両面両側	直射	150mm 以下	2 又は 5MHz	片面片側	直射, 1 回反射	T 継手	150 超え 250mm 以下	2MHz	片面片側	直射, 1 回反射	250mm 超え	2MHz	両面片側	直射	角継手 (閉断面)	150mm 以下	2 又は 5MHz	片面片側	直射, 1 回反射	150 超え 250mm 以下	2MHz	片面片側	直射, 1 回反射	250mm 超え	2MHz	片面片側	直射, 1 回反射	250mm 超え	2MHz	片面片側	直射, 1 回反射	<ul style="list-style-type: none"> <li>公称屈折角 60° では A2 形系試験片は用いない。</li> <li>感度補正の求め方</li> <li>STB と試験体とのそれぞれ V 透過法により感度差を求めめる。</li> <li>斜角探触子のくさびの材質がポリスチレンで接触媒質がグリセリンペースト又はグリセリン 75%以上の水溶液の場合伝達損失の補正はしなくして良い。</li> </ul>																																								
継手種類	最大ビーム路程	周波数	探傷面	探傷方法																																																																																						
突合せ 継手	150mm 以下	2 又は 5MHz	片面両側	直射, 1 回反射																																																																																						
	150 超え 250mm 以下	2MHz	片面両側	直射, 1 回反射																																																																																						
	250mm 超え	2MHz	両面両側	直射																																																																																						
	150mm 以下	2 又は 5MHz	片面片側	直射, 1 回反射																																																																																						
T 継手	150 超え 250mm 以下	2MHz	片面片側	直射, 1 回反射																																																																																						
	250mm 超え	2MHz	両面片側	直射																																																																																						
角継手 (閉断面)	150mm 以下	2 又は 5MHz	片面片側	直射, 1 回反射																																																																																						
	150 超え 250mm 以下	2MHz	片面片側	直射, 1 回反射																																																																																						
	250mm 超え	2MHz	片面片側	直射, 1 回反射																																																																																						
	250mm 超え	2MHz	片面片側	直射, 1 回反射																																																																																						
<p>・探傷面、探傷範囲、周波数</p> <table border="1" data-bbox="636 143 1445 994"> <thead> <tr> <th>継手の種類</th> <th>探傷面</th> <th>探傷範囲</th> <th>使用する最大のビーム路程 mm</th> <th>周波数 MHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">突合せ 継手</td> <td rowspan="2">片面両側</td> <td rowspan="2">直射法及び 1 回反射法の範囲</td> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> </tr> <tr> <td>100 を超え 150 以下</td> <td>2~5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">両面両側</td> <td rowspan="2">直射法の範囲</td> <td>150 を超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> </tr> <tr> <td>250 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">T 継手</td> <td rowspan="2">片面片側</td> <td rowspan="2">直射法及び 1 回反射法の範囲</td> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> </tr> <tr> <td>100 を超え 150 以下</td> <td>2~5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">両面片側</td> <td rowspan="2">直射法の範囲</td> <td>150 を超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> </tr> <tr> <td>250 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">角継手 (閉断面 の場合)</td> <td rowspan="2">片面片側</td> <td rowspan="2">直射法及び 1 回反射法の範囲</td> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> </tr> <tr> <td>100 を超え 150 以下</td> <td>2~5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">両面片側</td> <td rowspan="2">直射法の範囲</td> <td>150 を超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> </tr> <tr> <td>250 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>		継手の種類	探傷面	探傷範囲	使用する最大のビーム路程 mm	周波数 MHz	突合せ 継手	片面両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5	100 を超え 150 以下	2~5	両面両側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5	250 を超える場合	2	T 継手	片面片側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5	100 を超え 150 以下	2~5	両面片側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5	250 を超える場合	2	角継手 (閉断面 の場合)	片面片側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5	100 を超え 150 以下	2~5	両面片側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5	250 を超える場合	2	<p>・探傷面、探傷範囲、周波数</p> <table border="1" data-bbox="636 143 1445 994"> <thead> <tr> <th>継手の種類</th> <th>探傷面</th> <th>探傷範囲</th> <th>使用する最大のビーム路程 mm</th> <th>周波数 MHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">突合せ 継手</td> <td rowspan="2">片面両側</td> <td rowspan="2">直射法及び 1 回反射法の範囲</td> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> </tr> <tr> <td>100 を超え 150 以下</td> <td>2~5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">両面両側</td> <td rowspan="2">直射法の範囲</td> <td>150 を超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> </tr> <tr> <td>250 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">T 継手</td> <td rowspan="2">片面片側</td> <td rowspan="2">直射法及び 1 回反射法の範囲</td> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> </tr> <tr> <td>100 を超え 150 以下</td> <td>2~5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">両面片側</td> <td rowspan="2">直射法の範囲</td> <td>150 を超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> </tr> <tr> <td>250 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">角継手 (閉断面 の場合)</td> <td rowspan="2">片面片側</td> <td rowspan="2">直射法及び 1 回反射法の範囲</td> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> </tr> <tr> <td>100 を超え 150 以下</td> <td>2~5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">両面片側</td> <td rowspan="2">直射法の範囲</td> <td>150 を超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> </tr> <tr> <td>250 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	継手の種類	探傷面	探傷範囲	使用する最大のビーム路程 mm	周波数 MHz	突合せ 継手	片面両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5	100 を超え 150 以下	2~5	両面両側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5	250 を超える場合	2	T 継手	片面片側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5	100 を超え 150 以下	2~5	両面片側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5	250 を超える場合	2	角継手 (閉断面 の場合)	片面片側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5	100 を超え 150 以下	2~5	両面片側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5	250 を超える場合	2
継手の種類	探傷面	探傷範囲	使用する最大のビーム路程 mm	周波数 MHz																																																																																						
突合せ 継手	片面両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5																																																																																						
			100 を超え 150 以下	2~5																																																																																						
	両面両側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5																																																																																						
			250 を超える場合	2																																																																																						
T 継手	片面片側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5																																																																																						
			100 を超え 150 以下	2~5																																																																																						
	両面片側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5																																																																																						
			250 を超える場合	2																																																																																						
角継手 (閉断面 の場合)	片面片側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5																																																																																						
			100 を超え 150 以下	2~5																																																																																						
	両面片側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5																																																																																						
			250 を超える場合	2																																																																																						
継手の種類	探傷面	探傷範囲	使用する最大のビーム路程 mm	周波数 MHz																																																																																						
突合せ 継手	片面両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5																																																																																						
			100 を超え 150 以下	2~5																																																																																						
	両面両側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5																																																																																						
			250 を超える場合	2																																																																																						
T 継手	片面片側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5																																																																																						
			100 を超え 150 以下	2~5																																																																																						
	両面片側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5																																																																																						
			250 を超える場合	2																																																																																						
角継手 (閉断面 の場合)	片面片側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5																																																																																						
			100 を超え 150 以下	2~5																																																																																						
	両面片側	直射法の範囲	150 を超え 250 以下	2~3.5																																																																																						
			250 を超える場合	2																																																																																						

附属書 2 (B) : (規定) 平板継手溶接部の探傷方法

項 H	JIS Z 3060: 2002	改正案																							
探傷方法 (続き)		<ul style="list-style-type: none"> <li>探傷面及び面、側の定義</li> <li>探傷方向：2 方向以上</li> <li>走査方法：ジグザグ走査，きず検出なら前後，左右，首振り，振り</li> <li>走査方法：本体による。</li> <li>走査範囲：上記表による。</li> <li>走査速度：梁傷に支障を来さない速度</li> <li>きず位置の推定：探触子溶接部距離，ビーム路程，屈折角から推定する。</li> <li>きずの評価：本体のきずの評価により行う。</li> </ul>																							
(垂直探傷)		<ul style="list-style-type: none"> <li>対比試験片：RB-41A 又は RB-41B</li> <li>探触子：周波数の選定，振動子寸法の選定は本体による。</li> <li>探傷装置の調整</li> <li>探傷面，探傷範囲，周波数は下表のとおり <table border="1" data-bbox="786 168 1070 949"> <thead> <tr> <th>継手の種類</th> <th>探傷面</th> <th>探傷範囲</th> <th>使用する最大のビーム路程 mm</th> <th>周波数 MHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">I 継手</td> <td rowspan="3">片面 母材表面</td> <td rowspan="3">探傷面～ 設計溶接 溶込み部</td> <td>40 以下</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>40 を超え 60 以下</td> <td>2 又は 5</td> </tr> <tr> <td>60 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">角継手 (閉断面 の場合)</td> <td rowspan="3">片面 母材表面</td> <td rowspan="3">探傷面～ 設計溶接 溶込み部</td> <td>40 以下</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>40 を超え 60 以下</td> <td>2 又は 5</td> </tr> <tr> <td>60 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>エコー高さ区分線の作成</li> <li>領域区分の決定</li> <li>探傷感度の調整</li> <li>RB-41A の場合：標準穴のエコー高さを H 線、φ 6mm 使用の場合+3dB</li> <li>RB-41B；標準穴のエコー高さを H 線にし感度補正量を付加， φ 6mm 使用の場合+3dB</li> <li>感度補正量の求め方：試験体と STB の多重反射エコー高さより採取</li> <li>探傷方法</li> <li>探傷面は上表による。I 継手，角継手は直交する外面</li> <li>探傷方向，走査方法，走査範囲は本体及び図にて記述</li> <li>走査速度：探傷に支障を来さない速度</li> </ul>	継手の種類	探傷面	探傷範囲	使用する最大のビーム路程 mm	周波数 MHz	I 継手	片面 母材表面	探傷面～ 設計溶接 溶込み部	40 以下	5	40 を超え 60 以下	2 又は 5	60 を超える場合	2	角継手 (閉断面 の場合)	片面 母材表面	探傷面～ 設計溶接 溶込み部	40 以下	5	40 を超え 60 以下	2 又は 5	60 を超える場合	2
継手の種類	探傷面	探傷範囲	使用する最大のビーム路程 mm	周波数 MHz																					
I 継手	片面 母材表面	探傷面～ 設計溶接 溶込み部	40 以下	5																					
			40 を超え 60 以下	2 又は 5																					
			60 を超える場合	2																					
角継手 (閉断面 の場合)	片面 母材表面	探傷面～ 設計溶接 溶込み部	40 以下	5																					
			40 を超え 60 以下	2 又は 5																					
			60 を超える場合	2																					

附属書 2 (B) : (規定) 平板継手溶接部の探傷方法

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案																
(タンデム探傷試験)		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 探傷位置の推定：きずの最大エコーを示す探触子位置、溶接基準線からの隔たり及びビーム路程から推定</li> <li>・ 探傷の評価は本体による。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 適用の目的：探傷面に垂直な開先面又はルート面に発生するきずの検出</li> <li>・ 標準試験片：STB-A1, A3 形系標準試験片</li> <li>・ 探触子             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 周波数：2MHz 又は 5MHz</li> <li>・ 振動子寸法：特に規定しない。</li> <li>・ 屈折角：板厚 20mm 以上 40mm 未満：70°，40mm 以上：45°</li> </ul> </li> <li>・ 探触子配置：2 個の探触子で超音波ビームが送受できること。</li> <li>・ 探傷装置の調整</li> <li>・ 測定範囲の調整</li> <li>・ 入射点、SIB 屈折角の測定</li> <li>・ 透過パルス高さ区分線の作成</li> <li>・ 領域区分の決定</li> <li>・ 探傷感度の調整：試験体健全部で V 透過法により最大透過パルスが M 線に一致するよう調整の後、下表のゲインを付加</li> </ul> <table border="1" data-bbox="1056 190 1305 952" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>板厚</th> <th>探傷範囲</th> <th>付加するゲインの値</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>20 mm 以上 40 mm 未満</td> <td>板厚の全体</td> <td>16 dB</td> </tr> <tr> <td>40 mm 以上 75 mm 未満</td> <td>板厚の全体</td> <td>10 dB</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">75 mm 以上</td> <td>表面から t/4 以下</td> <td>10 dB</td> </tr> <tr> <td>t/4 を超え t/2 以下</td> <td>12 dB</td> </tr> <tr> <td>t/2 を超え裏面まで</td> <td>14 dB</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>注記</b> t は板厚</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 探傷方法             <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 参照線の罫書き</li> <li>・ タンデム基準線の決定</li> <li>・ 探触子の配置</li> </ul> </li> </ul>	板厚	探傷範囲	付加するゲインの値	20 mm 以上 40 mm 未満	板厚の全体	16 dB	40 mm 以上 75 mm 未満	板厚の全体	10 dB	75 mm 以上	表面から t/4 以下	10 dB	t/4 を超え t/2 以下	12 dB	t/2 を超え裏面まで	14 dB
板厚	探傷範囲	付加するゲインの値																
20 mm 以上 40 mm 未満	板厚の全体	16 dB																
40 mm 以上 75 mm 未満	板厚の全体	10 dB																
75 mm 以上	表面から t/4 以下	10 dB																
	t/4 を超え t/2 以下	12 dB																
	t/2 を超え裏面まで	14 dB																



附属書 2 (B) : (規定) 平板継手溶接部の探傷方法

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案
		<ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方向、探傷面：突合せ継手：片面，両側， T 継手，角継手：片面，片側</li> <li>・走査方法：横又は縦方形タンドム走査</li> <li>・走査範囲</li> <li>・走査速度：探傷に支障を来さない速度</li> <li>・きず位置の表示：最大透過ハルス高さを示す位置できずの深さ位置， 溶接線に直角方向の位置，溶接線と並行方向の位置及びきず指示長さ きずの評価</li> <li>・L 又は M 検出レベルにより評価</li> <li>・透過ハルス高さの領域及びきず指示長さを 1mm 単位で求める。 (L 検出レベル：L 線，M 検出レベル：M 線)</li> <li>・きずの分類：附属書 G による。</li> </ul>

附属書3(C)：(規定) 円周継手溶接部の斜角探傷方法

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案
1. 適用範囲 (一般)	探傷面の曲率半径が50mm以上1000mm未満の円周継手溶接部の超音波探傷試験	探傷面の曲率半径が50mm以上1000mm未満の円周継手溶接部の超音波探傷試験
2. 対比試験片及び標準試験片	<ul style="list-style-type: none"> <li>入射点の測定, 測定範囲の調整, 屈折角の測定: STB-A1, A3 形系</li> <li>エコー高さ区分線の作成, 探傷感度の調整:               <ul style="list-style-type: none"> <li>曲率半径 250mm未満: RB-42 又は RB-A6, 250mm以上: RB-41</li> </ul> </li> <li>RB-42, RB-A6 の形状, 寸法規定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エコー高さ区分線の作成, 探傷感度の調整:               <ul style="list-style-type: none"> <li>曲率半径 250mm未満: RB-42 又は RB-A6, 250mm以上: RB-41A, RB-41B, RB-42, RB-A6</li> </ul> </li> <li>RB-42, RB-A6 の形状, 寸法規定</li> </ul>
3. 使用する探触子	<ul style="list-style-type: none"> <li>接触面の曲面加工はしない。</li> <li>曲率半径が250mm以下の場合はジグを用いる。</li> <li>探触子の公称屈折角は本体による。</li> <li>板厚が75mmを超える場合は本体で規定のほか45°を併用する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>周波数の選定: 本体による。</li> <li>振動子寸法: 10×10mm以上20×20mm以下</li> <li>探触子の公称屈折角は本体による。探触子の接触面の加工をしたものは探傷屈折角を用いる。</li> <li>板厚が75mmを超える場合は本体で規定のほか45°を併用する。</li> <li>探触子の接触面</li> </ul>
4. 探傷装置の調整	<ul style="list-style-type: none"> <li>測定範囲の調整</li> <li>入射点の測定, 探傷屈折角の測定</li> <li>エコー高さ区分線の作成</li> <li>感度補正               <ul style="list-style-type: none"> <li>RB-42, RB-A6 を用いた場合感度補正はしない。</li> <li>RB-41 を用いた場合曲率と接触媒質の種類, 探触子種類により補正する。</li> <li>内面から探傷する場合は V 透過法により STB との差を補正する。</li> </ul> </li> <li>探傷感度の調整: RB-A6, RB-41, RB-42 のいずれかによりエコー高さが II 線に一致するよう調整する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>入射点の測定               <ul style="list-style-type: none"> <li>接触面の加工を行わない場合: STB-A1, STB-A3 系による。</li> <li>接触面の加工を行った場合: STB などのエッジを用いて測定</li> </ul> </li> <li>STB 屈折角, 探傷屈折角の測定               <ul style="list-style-type: none"> <li>接触面加工なし: 本体による。</li> <li>接触面加工あり: RB-42 又は RB-A6 を用いて探傷屈折角を測定</li> </ul> </li> <li>エコー高さ区分線の作成               <ul style="list-style-type: none"> <li>RB-41A 又は RB-41B を用いる場合</li> <li>RB-42 を用いる場合</li> <li>RB-A6 を用いる場合</li> </ul> </li> <li>探傷感度の調整               <ul style="list-style-type: none"> <li>RB-42 による場合: 標準穴のエコー高さが H 線に一致するよう調整</li> </ul> </li> </ul>

探傷面	試験体の曲率半径		単位 mm
	50以上250未満	250以上	
外面からの探傷	ジグの使用又は接触面の加工を行う	ジグは非使用及び接触面の加工を行わない	
内面からの探傷	接触面の加工を行う	接触面の加工を行わない	

附属書 3 (C) : (規定) 円周継手溶接部の斜角探傷方法

JIS Z 3060: 2002

項 目

改正案

• RB-A6 による場合 :

- 屈折角 70° : 標準穴のエコー高さが H 線に一致するよう調整
- 屈折角 65° : 標準穴のエコー高さが M 線に一致するよう調整
- 屈折角 45° : 標準穴のエコー高さが H 線に一致するよう調整した  
後 6dB 感度を上げる。
- 屈折角 60° は使用しない。
- RB-41A による場合 : 標準穴のエコー高さが H 線に一致するよう調整
- RB-41B による場合 : 標準穴のエコー高さが H 線に一致するよう調整  
し、感度補正量が 2dB を超える場合付加する。
- 感度補正量の求め方 (RB-41A の場合)
- 外面探傷の場合 : グラフより曲率、探触子周波数、サイズにより採取
- 内面探傷の場合 : STB 又は RB と試験体とで V 透過法により採取
- 感度補正量の求め方 (RB-41B の場合)
- 外面探傷の場合 : STB 又は RB と試験体とで V 透過法により採取
- 内面探傷の場合 : STB 又は RB と試験体とで V 透過法により採取

• 測定範囲の調整 (探傷面、探傷範囲、周波数)

内外面の探傷	探傷面	探傷範囲	使用するべき最大のビーム路程 mm	周波数 MHz
外面だけ探傷可能な場合	外面 (凸面) 両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5
			100 を超え 150 以下	2~5
			150 を超え 250 以下	2~3.5
			250 を超える場合	2
内外面ともに探傷可能な場合	外面 (凸面) 両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5
			100 を超え 150 以下	2~5
			150 を超え 250 以下	2~3.5
			250 を超える場合	2
内外面ともに探傷可能な場合	両面 両側	直射法の範囲	100 以下	3.5~5
			100 を超え 150 以下	2~5
			150 を超え 250 以下	2~3.5
			250 を超える場合	2

5. 探傷方法

• 探傷面

継手種類	最大ビーム路程	周波数	探傷面	探傷方法
外面だけ探傷可能	150mm 以下	2 又は 5MHz	外面両側	直射, 1 回反射
	150 超え 250mm 以下	2MHz	外面両側	直射, 1 回反射
	250mm 超え	2MHz	外面両側	直射, 1 回反射
内外面とも探傷可能	150mm 以下	2 又は 5MHz	外面両側	直射, 1 回反射
	150 超え 250mm 以下	2MHz	外面両側	直射, 1 回反射
	250mm 超え	2MHz	両面両側	直射

• 探傷方向 : 2 方向以上の超音波ビームの方向

• 走査方法 : ジグザグ走査

• 位置の推定 : 探触子溶接部距離、ビーム路程、屈折角から推定

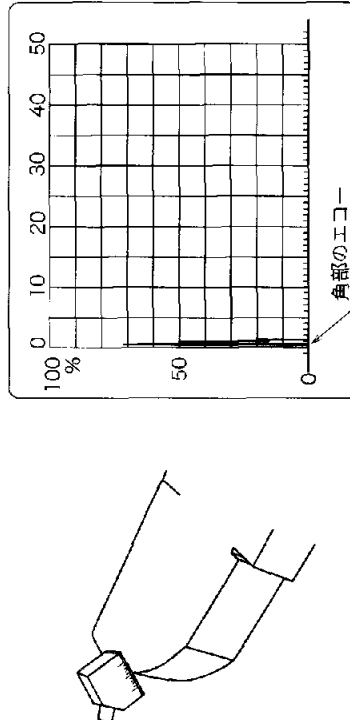
附属書3(C)：(規定)円周継手溶接部の斜角探傷方法

項 目	JIS Z 3060: 2002	改正案
5. 探傷方法 (続き)		<p>・探傷方法</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷面は上記表による。</li> <li>・探傷方向は2方向以上の超音波ビームで行う。</li> <li>・探触子の走査方法は本体による。(ジグザグ走査+種々)</li> <li>・走査範囲は上記表による。</li> <li>・走査速度：探傷に支障を来さない速度</li> <li>・きず位置の推定：探触子溶接部距離，ビーム路程，STB 屈折角又は探傷屈折角により推定する。</li> </ul> <p>・きずの評価は本体 10.2.2 による。</p>

附属書 4 (D) : (規定) 長手継手溶接部の斜角探傷方法

項 目	JIS Z 3060: 2002	改正案																																			
1. 適用範囲	探傷面の曲率半径が 50mm 以上、1500mm 未満で肉厚対外径比が 16% 以下の長手継手溶接部の超音波探傷試験	探傷面の曲率半径が 50mm 以上、1500mm 未満で肉厚対外径比が 16% 以下の長手継手溶接部の超音波探傷試験																																			
2. 定義	<ul style="list-style-type: none"> <li>・肉厚半値ビーム路程</li> <li>・肉厚半値探触子距離</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外面肉厚半値ビーム路程</li> <li>・内面肉厚半値探触子距離</li> </ul>																																			
3. 対比試験片及び標準試験片	<ul style="list-style-type: none"> <li>・入射点の測定、測定範囲の調整：STB-A1, A3 形系</li> <li>・屈折角の測定</li> <li>曲率半径 250mm 未満：RB-43</li> <li>250mm 以上：STB-A1, STB-A3 形系、又は試験体</li> <li>・エコー高さ区分線の作成、探傷感度の調整</li> <li>曲率半径 250mm 未満：RB-43, 250mm 以上：RB-41</li> <li>・RB-43 の形状、寸法規定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・屈折角の測定</li> <li>曲率半径 250mm 未満：RB-43</li> <li>250mm 以上：STB-A1, STB-A3 形系、又は RB-43</li> <li>・エコー高さ区分線の作成、探傷感度の調整</li> <li>曲率半径 250mm 未満：RB-43, 250mm 以上：RB-41A, RB-41B, RB-43</li> <li>・RB-43 の形状、寸法規定</li> </ul>																																			
4. 使用する探触子	<ul style="list-style-type: none"> <li>・接触面の曲面加工はしない。</li> <li>・曲率半径が 250mm 以下の場合にはジグを用いる。</li> <li>・探触子の公称屈折角は下表による。</li> </ul> <table border="1" data-bbox="874 981 1066 1704"> <thead> <tr> <th>t/D (%)</th> <th>使用できる公称屈折角 (度)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.3 以下</td> <td>70, 65, 60, 45, 40</td> </tr> <tr> <td>2.3 を超え 5.8 以下</td> <td>60, 45, 40</td> </tr> <tr> <td>5.8 を超え 11.1 以下</td> <td>45, 40</td> </tr> <tr> <td>11.1 を超え 16.0 以下</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>・屈折角 40°、45° を選択した場合は 65° 又は 70° を併用する。</li> </ul>	t/D (%)	使用できる公称屈折角 (度)	2.3 以下	70, 65, 60, 45, 40	2.3 を超え 5.8 以下	60, 45, 40	5.8 を超え 11.1 以下	45, 40	11.1 を超え 16.0 以下	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>・探触子の接触面</li> </ul> <table border="1" data-bbox="826 136 1342 931"> <thead> <tr> <th rowspan="2">探傷位置</th> <th rowspan="2">探触子の長さ<sup>a)</sup></th> <th colspan="2">試験体の曲率半径 R</th> <th rowspan="2">単位 mm</th> </tr> <tr> <th>50 以上 200 未満</th> <th>200 以上 250 未満</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">外面からの探傷</td> <td>26 以下</td> <td>ジグの使用・接触面加工あり。</td> <td>接触面の加工なし。</td> <td>750 以上</td> </tr> <tr> <td>26 超え 36 以下</td> <td>ジグの使用・接触面加工あり。</td> <td>接触面の加工なし。</td> <td>接触面の加工なし。</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">内面からの探傷</td> <td>26 以下</td> <td>ジグの使用・接触面加工あり。</td> <td>接触面の加工なし。</td> <td>接触面の加工なし。</td> </tr> <tr> <td>26 超え 36 以下</td> <td>ジグの使用・接触面加工あり。</td> <td>ジグの使用・接触面加工あり。</td> <td>接触面の加工なし。</td> </tr> </tbody> </table> <p>注<sup>a)</sup> ビーム方向の探触子先端から後端までの長さ。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・周波数の選定：本体 8.3.1 による。</li> <li>・振動子寸法の選定：10×10mm 以上、20×20mm 以下とする。</li> <li>・屈折角：公称屈折角は本体 8.3.3(a) による。</li> </ul>	探傷位置	探触子の長さ <sup>a)</sup>	試験体の曲率半径 R		単位 mm	50 以上 200 未満	200 以上 250 未満	外面からの探傷	26 以下	ジグの使用・接触面加工あり。	接触面の加工なし。	750 以上	26 超え 36 以下	ジグの使用・接触面加工あり。	接触面の加工なし。	接触面の加工なし。	内面からの探傷	26 以下	ジグの使用・接触面加工あり。	接触面の加工なし。	接触面の加工なし。	26 超え 36 以下	ジグの使用・接触面加工あり。	ジグの使用・接触面加工あり。	接触面の加工なし。
t/D (%)	使用できる公称屈折角 (度)																																				
2.3 以下	70, 65, 60, 45, 40																																				
2.3 を超え 5.8 以下	60, 45, 40																																				
5.8 を超え 11.1 以下	45, 40																																				
11.1 を超え 16.0 以下	40																																				
探傷位置	探触子の長さ <sup>a)</sup>	試験体の曲率半径 R		単位 mm																																	
		50 以上 200 未満	200 以上 250 未満																																		
外面からの探傷	26 以下	ジグの使用・接触面加工あり。	接触面の加工なし。	750 以上																																	
	26 超え 36 以下	ジグの使用・接触面加工あり。	接触面の加工なし。	接触面の加工なし。																																	
内面からの探傷	26 以下	ジグの使用・接触面加工あり。	接触面の加工なし。	接触面の加工なし。																																	
	26 超え 36 以下	ジグの使用・接触面加工あり。	ジグの使用・接触面加工あり。	接触面の加工なし。																																	

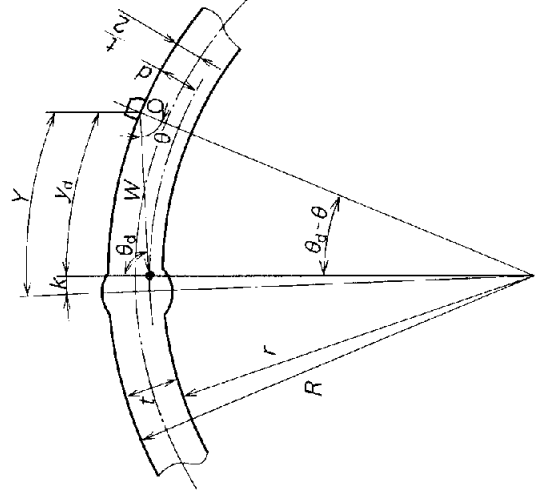
附属書 4 (D) : (規定) 長手継手溶接部の斜角探傷方法

項目	JIS Z 3060, 2002	改正案												
<p>5. 探傷装置の調整</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>測定範囲の調整</li> <li>探傷屈折角の測定</li> <li>時間軸上の特定点の表示 (0.5S, 1.0S, 1/2t)</li> <li>エコー高さ区分線の作成</li> <li>曲率による感度補正                     <ul style="list-style-type: none"> <li>RB-41 を用いた場合曲率と接触媒質の種類、探触子種類により補正する。(曲率半径 250mm 以上)</li> <li>内面から探傷する場合は V 透過法により STB との差を補正する。</li> </ul> </li> <li>探傷感度の調整：本体の規定による。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>入射点の測定</li> <li>接触面の加工のない場合：本体 9.1.1.1 による。</li> <li>接触面の加工を行った場合：STB などの角で行う。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>外面から探傷の場合の使用可能な公称屈折角                     <table border="1" data-bbox="343 174 571 896"> <thead> <tr> <th>VD (%)</th> <th>使用できる公称屈折角 (度)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.3 以下</td> <td>70, 65, 60, 45</td> </tr> <tr> <td>2.3 を超え 3.9 以下</td> <td>65, 60, 45</td> </tr> <tr> <td>3.9 を超え 5.8 以下</td> <td>60, 45, 40</td> </tr> <tr> <td>5.8 を超え 11.1 以下</td> <td>45, 40</td> </tr> <tr> <td>11.1 を超え 16.0 以下</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>内面から探傷の場合：本体表 5 による。</li> </ul>	VD (%)	使用できる公称屈折角 (度)	2.3 以下	70, 65, 60, 45	2.3 を超え 3.9 以下	65, 60, 45	3.9 を超え 5.8 以下	60, 45, 40	5.8 を超え 11.1 以下	45, 40	11.1 を超え 16.0 以下	40
VD (%)	使用できる公称屈折角 (度)													
2.3 以下	70, 65, 60, 45													
2.3 を超え 3.9 以下	65, 60, 45													
3.9 を超え 5.8 以下	60, 45, 40													
5.8 を超え 11.1 以下	45, 40													
11.1 を超え 16.0 以下	40													
		<div style="display: flex; align-items: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>a) 外面から探傷する接触面の加工を行った場合の例</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>測定範囲の調整</li> <li>STB 屈折角及び探傷屈折角の測定</li> <li>探触子の接触面加工を行わない場合</li> <li>探触子の接触面加工を行った場合</li> <li>時間軸上の特定点の表示 (0.5S, 1.0S, 1/2t)</li> <li>外面から探傷の場合</li> <li>内面から探傷の場合</li> </ul> </div> </div>												

附属書 4 (D) : (規定) 長手継手溶接部の斜角探傷方法

項 目	JIS Z 3060: 2002	改正案																																																																					
		<p>・エコー高さ区分線の作成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・RB-41A 又は RB-41B を用いる場合：附属書 B B.2.3.4 による。</li> <li>・RB-43 による場合（外面から探傷の場合、内面から探傷の場合）</li> <li>・感度補正（補正量が 2dB を超えた場合補正する。）</li> <li>・RB-41A を用いた場合</li> </ul> <p>外面から探傷：曲率と接触媒質の種類、探触子種類によりグラフより補正量を読み取り補正する。</p> <p>内面から探傷：V 透過法により STB 又は RB との差を補正する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・RB-41B を用いた場合</li> </ul> <p>外面から探傷：V 透過法により試験体と RB-41B との差を補正する。</p> <p>内面から探傷：V 透過法により STB 又は RB との差を補正する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷感度の調整</li> <li>・RB-41A, RB-41B を用いた場合：標準穴のエコー高さを H 線に合わせ感度補正量を付加する。</li> <li>・RB-43 を用いた場合：標準穴からのエコー高さを H 線に合わせる。</li> </ul>																																																																					
6. 探傷方法:	<p>探傷面</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>継手種類</th> <th>最大ビーム路程</th> <th>周波数</th> <th>探傷面</th> <th>探傷方法</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">外面だけ探傷可能</td> <td>150mm 以下</td> <td>2 又は 5MHz</td> <td>外面両側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>150 超え 250mm 以下</td> <td>2MHz</td> <td>外面両側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>250mm 超え</td> <td>2MHz</td> <td>外面両側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">内外綿とも探傷可能</td> <td>150mm 以下</td> <td>2 又は 5MHz</td> <td>外面両側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>150 超え 250mm 以下</td> <td>2MHz</td> <td>外面両側</td> <td>直射, 1 回反射</td> </tr> <tr> <td>250mm 超え</td> <td>2MHz</td> <td>両面両側</td> <td>直射</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>・探傷方向：2 方向以上の超音波ビームの方向</li> <li>・走査方法：ジグザグ走査</li> <li>・きず位置の推定：探触子溶接部距離、ビーム路程、屈折角から推定</li> </ul>	継手種類	最大ビーム路程	周波数	探傷面	探傷方法	外面だけ探傷可能	150mm 以下	2 又は 5MHz	外面両側	直射, 1 回反射	150 超え 250mm 以下	2MHz	外面両側	直射, 1 回反射	250mm 超え	2MHz	外面両側	直射, 1 回反射	内外綿とも探傷可能	150mm 以下	2 又は 5MHz	外面両側	直射, 1 回反射	150 超え 250mm 以下	2MHz	外面両側	直射, 1 回反射	250mm 超え	2MHz	両面両側	直射	<p>・探傷面、探傷範囲、周波数</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>内外面の探傷</th> <th>探傷面</th> <th>探傷範囲</th> <th>使用するべき最大のビーム路程 mm</th> <th>周波数 MHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">外面だけ探傷可能な場合</td> <td rowspan="4">外面 (凸面) 両側</td> <td rowspan="4">直射法及び 1 回反射法の範囲</td> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> </tr> <tr> <td>100 を超え 150 以下</td> <td>2~5</td> </tr> <tr> <td>150 を超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> </tr> <tr> <td>250 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">内外面ともに探傷可能な場合</td> <td rowspan="4">外面 (凸面) 両側</td> <td rowspan="4">直射法及び 1 回反射法の範囲</td> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> </tr> <tr> <td>100 を超え 150 以下</td> <td>2~5</td> </tr> <tr> <td>150 を超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> </tr> <tr> <td>250 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">両面両側</td> <td rowspan="4">両面両側</td> <td rowspan="4">直射法の範囲</td> <td>100 以下</td> <td>3.5~5</td> </tr> <tr> <td>100 を超え 150 以下</td> <td>2~5</td> </tr> <tr> <td>150 を超え 250 以下</td> <td>2~3.5</td> </tr> <tr> <td>250 を超える場合</td> <td>2</td> </tr> </tbody> </table>	内外面の探傷	探傷面	探傷範囲	使用するべき最大のビーム路程 mm	周波数 MHz	外面だけ探傷可能な場合	外面 (凸面) 両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5	100 を超え 150 以下	2~5	150 を超え 250 以下	2~3.5	250 を超える場合	2	内外面ともに探傷可能な場合	外面 (凸面) 両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5	100 を超え 150 以下	2~5	150 を超え 250 以下	2~3.5	250 を超える場合	2	両面両側	両面両側	直射法の範囲	100 以下	3.5~5	100 を超え 150 以下	2~5	150 を超え 250 以下	2~3.5	250 を超える場合	2
継手種類	最大ビーム路程	周波数	探傷面	探傷方法																																																																			
外面だけ探傷可能	150mm 以下	2 又は 5MHz	外面両側	直射, 1 回反射																																																																			
	150 超え 250mm 以下	2MHz	外面両側	直射, 1 回反射																																																																			
	250mm 超え	2MHz	外面両側	直射, 1 回反射																																																																			
内外綿とも探傷可能	150mm 以下	2 又は 5MHz	外面両側	直射, 1 回反射																																																																			
	150 超え 250mm 以下	2MHz	外面両側	直射, 1 回反射																																																																			
	250mm 超え	2MHz	両面両側	直射																																																																			
内外面の探傷	探傷面	探傷範囲	使用するべき最大のビーム路程 mm	周波数 MHz																																																																			
外面だけ探傷可能な場合	外面 (凸面) 両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5																																																																			
			100 を超え 150 以下	2~5																																																																			
			150 を超え 250 以下	2~3.5																																																																			
			250 を超える場合	2																																																																			
内外面ともに探傷可能な場合	外面 (凸面) 両側	直射法及び 1 回反射法の範囲	100 以下	3.5~5																																																																			
			100 を超え 150 以下	2~5																																																																			
			150 を超え 250 以下	2~3.5																																																																			
			250 を超える場合	2																																																																			
両面両側	両面両側	直射法の範囲	100 以下	3.5~5																																																																			
			100 を超え 150 以下	2~5																																																																			
			150 を超え 250 以下	2~3.5																																																																			
			250 を超える場合	2																																																																			

附属書 4 (D) : (規定) 長手継手溶接部の斜角探傷方法

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案																
		<p>改正案</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>探傷方向：2 方向以上の超音波ビームの方向</li> <li>走査方法：シグナグラフ走査、きず検出なら前後、左右、首振り、振り</li> <li>本体 10.2.1 による。</li> <li>走査速度：探傷に支障を来さない速度</li> </ul>																
<p>7. きず位置の推定</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ビーム路程の補正：<math>tD</math> によるグラフから補正係数を読み取り補正</li> <li>探触子距離の補正：<math>tD</math> によるグラフから補正係数を読み取り補正</li> <li>きず位置を測定したビーム路程、探触子距離及び該当する 0.5S、1.0S、0.25S (肉厚半値 <math>W</math>、<math>Y</math>) から比例配分によりきず位置を求める。</li> <li>内面から探傷の場合は探傷により求めた 0.5S、1.0S、0.25S (肉厚半値 <math>W</math>、<math>Y</math>) から比例配分によりきず位置を求める。</li> </ul>	<div data-bbox="778 952 1396 1691" style="border: 1px solid black; padding: 10px;">  <p style="text-align: center;">外面から探傷する場合のきず位置推定 (直射法)</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> <li>幾何学に基づく計算方法</li> <li>外面から探傷の場合</li> </ul> <table border="1" data-bbox="558 138 1077 952"> <thead> <tr> <th>探傷法</th> <th>きずの位置</th> <th>計算式</th> <th>関連する計算式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">直射法</td> <td>きずの深さ</td> <td><math>d = R - \frac{R \times \sin \theta}{\sin \theta_d}</math></td> <td rowspan="2"><math>\theta_d = \tan^{-1} \left[ \frac{R \times \sin \theta}{(R \times \cos \theta - W)} \right]</math></td> </tr> <tr> <td>探触子きず距離</td> <td><math>Y_d = \frac{\pi \times R(\theta_d - \theta)}{180}</math></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">1 回反射法</td> <td>きずの深さ</td> <td><math>d = R - \frac{R \times \sin \theta}{\sin \theta_d}</math></td> <td rowspan="2"><math>\theta_d = \tan^{-1} \left[ \frac{R \times \sin \theta}{(R \times \cos \theta - (W_0 - W))} \right]</math></td> </tr> <tr> <td>探触子きず距離</td> <td><math>Y_d = \frac{Y_0 - \pi \times R(\theta_d - \theta)}{180}</math></td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: right;"><math>W_0 = 2 \times R \times \cos \theta - 2 \times r \times \cos \theta'</math></p>	探傷法	きずの位置	計算式	関連する計算式	直射法	きずの深さ	$d = R - \frac{R \times \sin \theta}{\sin \theta_d}$	$\theta_d = \tan^{-1} \left[ \frac{R \times \sin \theta}{(R \times \cos \theta - W)} \right]$	探触子きず距離	$Y_d = \frac{\pi \times R(\theta_d - \theta)}{180}$	1 回反射法	きずの深さ	$d = R - \frac{R \times \sin \theta}{\sin \theta_d}$	$\theta_d = \tan^{-1} \left[ \frac{R \times \sin \theta}{(R \times \cos \theta - (W_0 - W))} \right]$	探触子きず距離	$Y_d = \frac{Y_0 - \pi \times R(\theta_d - \theta)}{180}$
探傷法	きずの位置	計算式	関連する計算式															
直射法	きずの深さ	$d = R - \frac{R \times \sin \theta}{\sin \theta_d}$	$\theta_d = \tan^{-1} \left[ \frac{R \times \sin \theta}{(R \times \cos \theta - W)} \right]$															
	探触子きず距離	$Y_d = \frac{\pi \times R(\theta_d - \theta)}{180}$																
1 回反射法	きずの深さ	$d = R - \frac{R \times \sin \theta}{\sin \theta_d}$	$\theta_d = \tan^{-1} \left[ \frac{R \times \sin \theta}{(R \times \cos \theta - (W_0 - W))} \right]$															
	探触子きず距離	$Y_d = \frac{Y_0 - \pi \times R(\theta_d - \theta)}{180}$																



附属書 4 (D) : (規定) 長手継手溶接部の斜角探傷方法

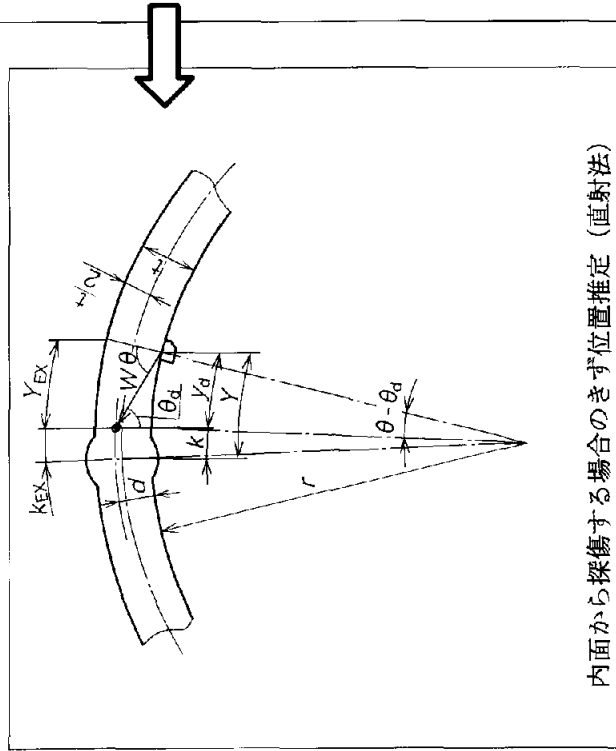
項目

JIS Z 3060: 2002

改正案

・内面から探傷の場合

探傷法の位置	計算式	関連する計算式
直射法の深さ	$d = \frac{r \times \sin \theta}{\sin \theta_d} - r$	$\theta_d = \tan^{-1} \left[ \frac{r \times \sin \theta}{(r \times \cos \theta + W)} \right]$
探傷子きず距離	$\lambda_d = \frac{\pi \times r \times (\theta - \theta_d)}{180}$	
1回反射法の深さ	$d = \frac{r \times \sin \theta}{\sin \theta_d} - r$	$\theta_d = \tan^{-1} \left[ \frac{r \times \sin \theta}{(r \times \cos \theta + (W' - W))} \right]$
探傷子きず距離	$\lambda_d = \lambda'_d - \frac{\pi \times r \times (\theta - \theta_d)}{180}$	



内面から探傷する場合のきず位置推定 (直射法)

・近似的な計算方法

・ビーム路程の補正:  $t/D$  によるグラフから補正係数を読み取り補正

・探傷子距離の補正:  $t/D$  によるグラフから補正係数を読み取り補正

・きず位置を測定したビーム路程, 探傷子距離及び該当する 0.5S, 1.0S, 0.25S (肉厚半値 W, Y) から比例配分によりきず位置を求める。

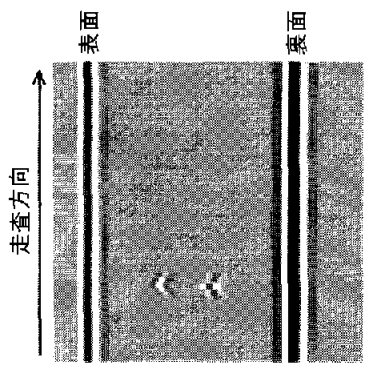
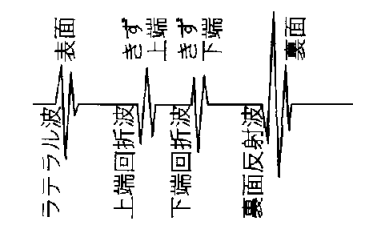
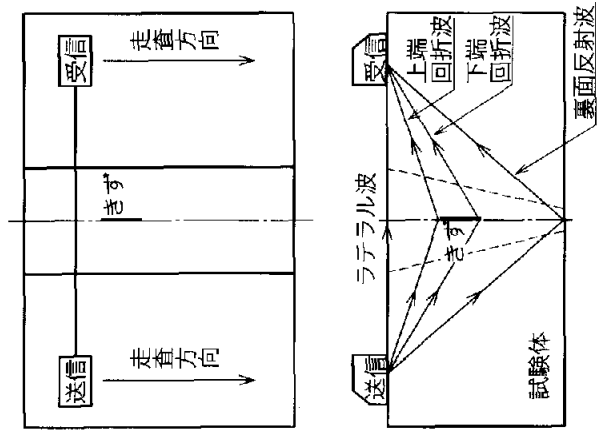
・内面から探傷の場合は探傷により求めた 0.5S, 1.0S, 0.25S (肉厚半値 W, Y) から比例配分によりきず位置を求める。

(きずの評価)

・きずの評価は本体 10.2.2 による。

附属書 I：(参考) TOFD 法によるきずの指示高さの測定方法

項目	JIS 7.3060: 2002 新規追加	改正案
I.1 一般	平板突合せ継手溶接部及び探傷面の曲率半径が 50 mm 以上の円筒継手溶接部に検出されたきずの指示高さを TOFD 法を用いて測定する方法	
I.2 用語, 定義	<p>ラテラル波 ・ きず上端部 ・ きず下端部</p> <p>・ 上端回折波 ・ 下端回折波 ・ 探触子間隔</p> <p>・ D-スキヤン ・ D-スキヤン画像 ・ B-スキヤン</p> <p>・ B-スキヤン画像 ・ TOFD 不感帯 ・ 全波形成録型超音波探傷器</p>	



a) 探傷状況  
b) 探傷波形  
c) D-スキヤン画像  
図 I.1-D-スキヤン

附属書 I: (参考) TOFD 法によるきずの指示高さの測定方法

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案
I.3 記号		<p><math>S</math> : 入射点間距離の二分の一の距離</p> <p><math>d_U</math> : きず上端部の深さ</p> <p><math>d_L</math> : きず下端部の深さ</p> <p><math>h</math> : きずの指示高さ</p> <p><math>t</math> : 試験体の厚さ</p> <p><math>C</math> : 試験体の音速</p> <p><math>T_U</math> : ラテラル波と上端回折波との伝搬時間差</p> <p><math>T_L</math> : ラテラル波と下端回折波との伝搬時間差</p>
I.4 技術者		<p>有資格者で TOFD 法の探傷についての十分な知識及び経験をもち、かつ、TOFD 法の適用に関する教育及び訓練を受けた者とする。</p>
I.5 装置		<ul style="list-style-type: none"> <li>探傷器, 表示装置, 走査装置, 探触子</li> </ul>
I.6 標準試験片		<ul style="list-style-type: none"> <li>A1 形標準試験片又は A3 形系標準試験片</li> </ul>
I.7 測定の準備		<ul style="list-style-type: none"> <li>標準試験片の選定</li> <li>探触子の選定 周波数: 1~15MHz, 振動子寸法: 2~20mm, 屈折角: 40~70°</li> </ul>

表 I.1 - TOFD 法において使用する探触子及びビームの交軸深さの例

試験体の厚さ mm	深さ方向の 探傷範囲	公称周波数 MHz	振動子寸法 mm	公称屈折角	ビームの 交軸深さ
6 以上~10 以下	0~t	10~15	2~3	70	2t/3
10 超え~20 以下	0~t	7~10	3~5	60~70	2t/3
20 超え~35 以下	0~t	5~10	5~7	60	2t/3
35 超え~50 以下	0~t	5~7	5~10	60	2t/3
50 超え~100 以下	0~t/2	5~10	5~10	60	1t/3
	t/2~t	3~5	6~12	45~55	5t/6
100 超え~200 以下	0~t/3	5~10	5~10	60	2t/9
	t/3~2t/3	3~5	7~14	45~55	5t/9
	2t/3~t	2~5	10~20	40~50	8t/9 又は t

・試験体の音速測定

附属書 I：(参考) TOFD 法によるきずの指示高さの測定方法

項目	JIS Z 3060: 2002	改正案
I.8 探傷装置の調整		<ul style="list-style-type: none"> <li>・入射点の測定, 音速値の測定, 測定範囲の調整</li> <li>・探触子の保持機構, 探触子間隔の設定</li> <li>・波形収録ゲートの調整 (起点, 範囲)</li> <li>・探傷感度の調整</li> </ul>
I.9 きず指示高さの測定		<ul style="list-style-type: none"> <li>・走査方法の選定</li> <li>・走査装置の配置, 走査速度</li> <li>・データ収録点の間隔の選定</li> <li>・母材の走査, 溶接部の走査</li> <li>・音響結合の確認</li> <li>・きず指示高さの測定</li> </ul> <p>内部きずの場合, 表面開口きずの場合, 裏面開口きずの場合            上下端のパルス波形が分離しない場合は指示高さ測定不可</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・きず指示高さの補正</li> </ul>
I.10 記録		<ul style="list-style-type: none"> <li>a) TOFD 法である旨, 並びに使用した TOFD 法の装置名及び主な仕様</li> <li>b) 全波形収録型超音波探傷器の仕様</li> <li>c) 全波形収録型超音波探傷器の性能及び点検日時</li> <li>d) 走査装置の仕様 <b>e)</b> 走査装置の性能及び点検日時</li> <li>f) 画像表示装置の仕様 <b>g)</b> スキャン方法</li> <li>h) 走査の開始点及び終了点の位置 <b>i)</b> 収録ピッチ</li> <li>j) 探触子間隔 <b>k)</b> D-スキャン画像</li> <li>l) B-スキャン画像 <b>m)</b> パルス波形</li> <li>n) きず指示高さ <b>o)</b> その他, きず高さの測定結果に影響を及ぼす項目</li> </ul>

特 別 講 演

来たるべき巨大地震と気候変動に伴う災害への今後の対応

清水建設（株）技術研究所

構造・生産技術センター所長 坂本 眞一

