

超音波探傷試験による溶接欠陥の検出性と欠陥評価に関する研究

正会員 ○笠原基弘*1 正会員 服部和徳*2 正会員 横田和伸*3 正会員 嶋 徹*4
正会員 廣重隆明*5 正会員 板谷俊臣*6 正会員 中込忠男*7

超音波探傷試験 斜角探触子 屈折角 溶接欠陥 欠陥高さ フェーズドアレイ

1. はじめに

溶接欠陥では、割れに次いで溶込不良および融合不良の検出が重要であるが、それらの検出性についての研究は少ない。

近年では、フェーズドアレイ (PA) を用いた高度な探傷方法が欠陥の検出性および寸法評価の点で高精度とされている。

本研究は、各種探傷法における破壊に悪影響のある欠陥高さを有する欠陥の検出性と欠陥寸法の精度について比較した。

2. 試験体

試験体の形状を図1に示す。試験体はI形の溶込不良 (IP) と開先面の融合不良 (LF) の端部欠陥を想定し、所定の位置に想定したステンレス鋼板を、開先内に挿入して欠陥を作成した。

3. 探傷方法および探傷条件

適用した探傷方法および探傷条件を表1に示す。

4. 欠陥の評価

4.1 UTによる欠陥評価

エコー高さ H_0 はSTB-A2の $\phi 4 \times 4$ を0dBとし、エコー高さの領域は学会UT規準にならい領域I~Vとした。欠陥高さ h_s はエコー高さ領域に応じてIIでは4mm、III/IVでは5mm、Vでは6mmとし、IPにおいて欠陥エコーが分離する ($\Delta W \geq 2$ mm) 場合は欠陥高さは5mm以上あるとみなし欠陥高さ (h_w) を評価した。欠陥長さ L_u はL線カット法により求めた。

4.2 PAによる欠陥評価

PAにおける欠陥断面画像 (Bスコープ) を基に、エコー高さが80%以上 (赤) の部分より欠陥高さ h_p を、40%以上 (橙) の部分より欠陥長さ L_p を算出した。

5. 探傷結果

探傷結果を表1および図2に、PA画像の一例を図3に示す。

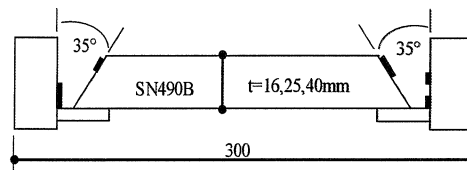


図1 試験体形状と欠陥挿入位置

表1 探傷条件一覧

| 探傷法 | 探傷器 | 探触子 | 探傷感度 | 距離補償特性 | 欠陥寸法測定 | | 検出率 |
|---------------|--------------|-------------------|--------------------------|-------------------|--|--------|------------|
| | | | | | 欠陥高さ | 欠陥長さ | |
| 斜角探傷法 (UT) | 汎用デジタル探傷器 | SM10×10A60 | 縦穴 $\phi 4 \times 4$ -M線 | ← | エコー高さ領域により欠陥高さをUT規準で想定されたII(4mm)・III/IV(5mm)・V(6mm)として評価 それに加えて、欠陥エコー分離 ($\Delta W \geq 2$) により、欠陥高さを5mm以上と見なして総合評価する | L線カット法 | デジタルレベルリスト |
| | | SM5×10A65 | 縦穴 $\phi 4 \times 4$ -H線 | ← | | | |
| | | SM10×10A65 | 縦穴 $\phi 4 \times 4$ -H線 | ← | | | |
| | | SM10×10A70 | 縦穴 $\phi 4 \times 4$ -U線 | ← | | | |
| フェーズドアレイ (PA) | エンコーダ付きPA探傷器 | SMz16ch40-70 (65) | 縦穴 $\phi 4 \times 4$ -H線 | 横穴 $\phi 1.5$ -H線 | 断面(Bスキャン画像)よりH線を超える範囲より算出 | M線カット法 | |

表2 探傷結果一覧

| 欠陥 | 試験体 No. | PA | | SM10×10A60 | | | | | | SM5×10A65 | | | | | | SM10×10A65 | | | | | | SM10×10A70 | | | | | | | | |
|----|---------|---|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 板厚 mm | 高さ mm | 長さ mm | hp mm | Lp mm | Ho dB | エコー領域 | エコー分離 | hs mm | hw mm | Lu mm | Ho dB | エコー領域 | エコー分離 | hs mm | hw mm | Lu mm | Ho dB | エコー領域 | エコー分離 | hs mm | hw mm | Lu mm | Ho dB | エコー領域 | エコー分離 | hs mm | hw mm | Lu mm |
| | | Detailed data rows for IP and LF defects, following the structure of the provided image | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

A Study on the Detection of the Defect Evaluation of Weld Defects due to Ultrasonic Testing

*1 Kasahara Motohiro *2 Hattori Kazunori *3 Yokota Kazunobu *4 Shima Tohru
*5 Hiroshige Takaaki *6 Toshiomi Itatani *7 Nakagomi Tadao

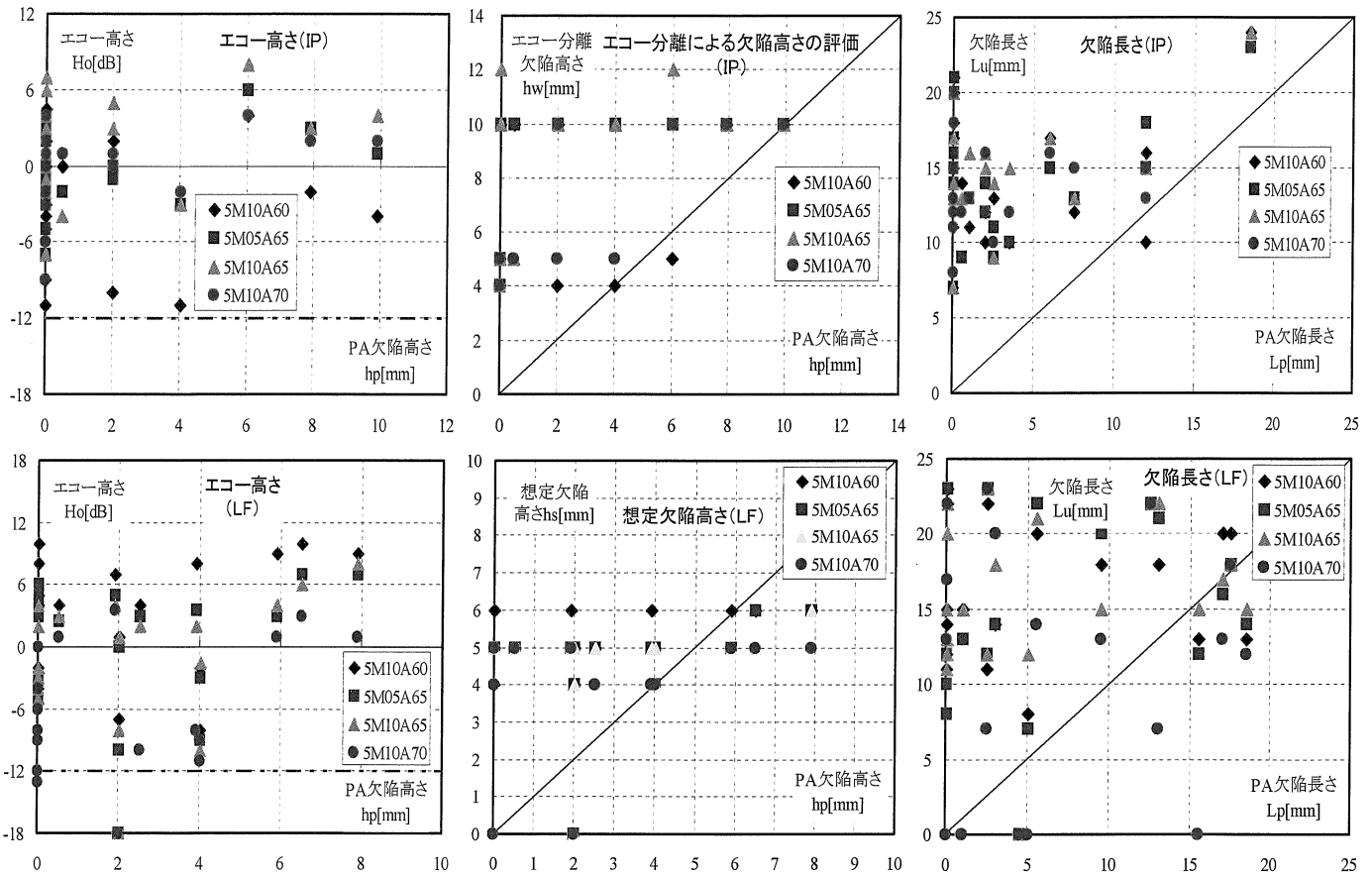


図2 探傷結果 (IP・LF)

5.1 溶込不良 (IP)

PAによる欠陥高さ h_p と各UTにおけるエコー高さ H_o を比較するとUTでは検出レベルをすべて超えているが、PAでは欠陥が検出されていないものが多く、 H_o は感度設定の違いにより60度が最も低い。エコーの分離による欠陥高さ h_w の評価では60度および70度が欠陥高さを適正に評価できない。欠陥長さ L_p は L_u に比べ欠陥が検出されないことから過小評価となる。

5.2 融合不良 (LF)

PAによる欠陥高さ h_p と各UTにおけるエコー高さ H_o を比較すると、UTでは開先面に超音波が最も垂直入射に近い60度が高く70度が最も低くなっている。エコー高さ領域による欠陥高さ h_s は4~6mmの想定しかないため差異は少ない。欠陥長さは、PAでは欠陥が検出されないものがあるため、 L_u に比べて L_p は過小評価となっている。

6. 考察

UTによる距離振幅特性は $\phi 4 \times 4$ の縦穴を用い、PAでは $\phi 1.5$ の横穴を用いているため、ビーム路程 W および欠陥の指向性による影響を比較した計算結果の一例を図4に示す。横穴の場合は縦穴に比べ H_o が低く、ビーム路程 W が大きくなるほど低下する。超音波が欠陥面に垂直入射しない場合には、欠陥の先端エコーのみが H_o に影響するため、先端エコー高さ H_t における距離振幅特性を比較した計算結果の一例を図5に示す。横穴は縦穴に比べエコー高さ H_t が低く、検出レベルを僅かに超える程度であることから、欠陥の先端を検出し難いことがわかる。

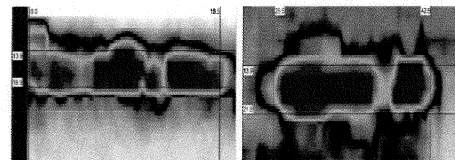


図3 フェーズアレイによる断面画像 (IP・LF)

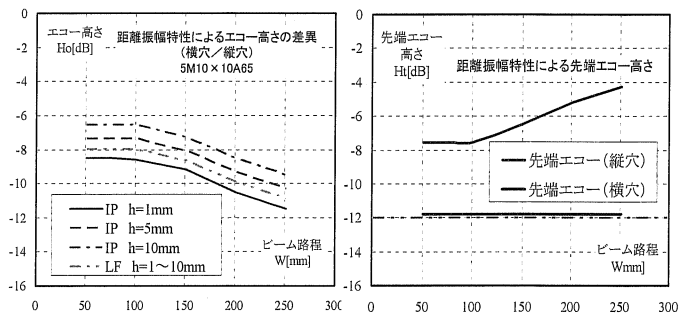


図4 欠陥面エコーの距離特性 図5 先端エコーの距離特性

7. まとめ

- PAを含めた各UTにおける探傷の結果、以下の知見を得た。
- 1) 距離振幅特性には、縦穴ではなく横穴を用いると板厚が厚い場合には欠陥を検出しにくくなる。
 - 2) 溶込不良の欠陥高さを評価するには65度、融合不良を検出するには60度に近い探触子が適している。
- 謝辞: フェーズアレイ探傷についてはオリンパス(株)の協力を得た。ここに謝意を表す。

*1 アクションハート 博士(工学) *2 (一財)ベターリビング 博士(工学)
 *3 (株)NTTファシリティーズ *4 戸田建設(株) 博士(工学) *5 (株)竹中工務店
 *6 (株)永井製作所 博士(工学) *7 信州大学 名誉教授(工博)

*1 Action-creation-heart Co.ltd. Dr.Eng *2 Better Living Dr.Eng.
 *3 NTT Facilities Inc. *4 Toda Corporation Dr.Eng. *5 Takenaka Corporation
 *6 Nagai Steel Works Corporation Dr.Eng *7 Shinshu Univ. Prof. Dr.Eng.