

溶接欠陥の検出性向上のための超音波探傷試験における斜角探触子の選定

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

超音波探傷試験 斜角探触子 周波数 屈折角 溶接欠陥 開先角度

1. はじめに

日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」2008(学会 UT 規準)では、周波数 5MHz または 2MHz、屈折角 70 度または 65 度が標準となっているが、JIS Z 3060:2015「鋼溶接部の超音波探傷試験方法」では周波数は 2MHz 以上 5MHz 以下、屈折角は 45 度、60 度、65 度または 70 度と改定された。

また、日本建築学会「建築工事標準仕様書」JASS6 鉄骨工事 2017 では、標準開先角度が 35 度だけでなく、30 度も追加された。

そこで、本報では溶接欠陥の検出性を向上させるための、斜角探触子の選定が及ぼす影響度を理論的に検証した。

2. 溶接欠陥と超音波ビームの入射角

建築で多用されている裏当て金付きレ形開先において、発生が予想される欠陥に対して使用探触子における屈折角 θ と超音波ビームの入射角 β との関係を図 2.1 に、開先角度と屈折角における欠陥面へ入射角との関係を表 2.1 に示す。

3. 斜角探触子

2018 年に改定が予定されている学会 UT 規準では、周波数 f が 5MHz、2MHz に加えて、その中間である 3MHz が追加され、振動子寸法が 5, 10, 14, 20mm、屈折角が 45 度、65 度、70 度となるため、実際に使用が予想される探触子の形式を図 3.1 に示す。

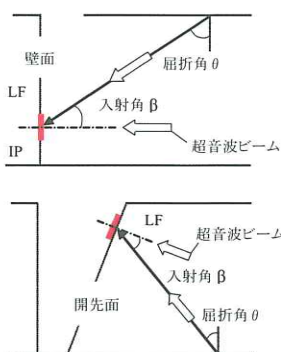


図 2.1 欠陥面への入射角と屈折角

表 2.1 欠陥面への入射角

検出対象欠陥		壁面の溶込不良 (IP) 融合不良 (LF)		開先面の融合不良 (LF)	
開先角度				30度	35度
欠陥面への入射角 β					
屈折角 θ	45度	45度	15度	10度	
	65度	25度	5度	10度	
	70度	20度	10度	15度	

4. 探傷条件の設定

学会 UT 規準において、板厚が 75mm 以下では A2 系 STB の $\phi 4 \times 4$ を用いてエコー高さ区分線の作成及び探傷感度の調整が行われるため、本報では表 4.1 に示す探傷条件とした。

表 4.1 探触子における探傷条件の設定

エコー高さ 区分線の作成	屈折角における探傷感度の調整		
	45度	65度	70度
A2系STB- $\phi 4 \times 4$	U線 (Ho+6dB)	M線 (Ho-6dB)	H線 (Ho±0dB)

5. 使用探触子におけるエコー高さ

UT では、欠陥面へ超音波ビームが垂直に入射するほどエコー高さ H_o が高く、図 5.1 に示すように入射角がずれるほどエコー高さが低くなり、欠陥を検出できなくなるため、面状欠陥におけるエコー高さ H_o を (5.1) 式及び (5.2) 式により算出した。

$$H_o[\text{dB}] = 20 \cdot \log \left\{ \left(\gamma_r \cdot \delta_r / \gamma_s \cdot \delta_s \right) (\sin Z / Z)^4 \right\} \quad \cdots (5.1)$$

$$Z = 1.414 \cdot D \cdot \pi \cdot f \cdot h_b \cdot \sin \beta \cdot C_s \cdot (D + 1.414 \cdot h_b) \quad \cdots (5.2)$$

ここで、

γ_r : 欠陥の形状反射率、 γ_s : 標準穴の形状反射率、

δ_r : 欠陥の界面反射率、 δ_s : 欠陥の界面反射率、

h_b : 欠陥高さ、 C_s : 横波音速、 D : 見かけの振動子寸法である。算出したエコー高さの一例を図 5.2 に示す。

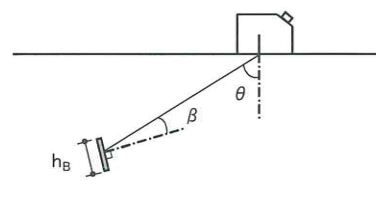


図 5.1 欠陥面への超音波ビームの入射角のずれ

6. 各探触子における欠陥の検出性

学会 UT 規準における欠陥の評価は、エコー高さが L 線 (Ho-12dB) を越えるものを対象とし、エコー高さの領域と欠陥評価長さを用いており、欠陥高さを 5mm と想定している。

そのため、各探触子において、裏当て金付きレ形開先における壁面の溶込不良 IP 及び融合不良 LF、開先角度が 35 度及び 30 度の場合の開先面の融合不良 LF を対象とした場合の検出可能な欠陥高さの上限値を表 6.1 に整理した。

6.1 壁面の溶込不良及び融合不良

何れの探触子においても、欠陥面に対する超音波ビームの入射角 $\beta \geq 20$ 度となり、欠陥先端反射となるため、L 検出レベルを越えないか、または検出可能な欠陥高さの上限値が 3mm 以下となる。したがって、エコー高さの領域により欠陥高さを評価することはできない。

表 3.1 使用する斜角探触子の形式

		2M14×14A45	2M20×20A45
3M5×10A45	3M10×10A45	3M14×14A45	3M20×20A45
5M5×10A45	5M10×10A45		
			2M20×20A65
3M5×10A65	3M10×10A65	3M14×14A65	3M20×20A65
5M5×10A65	5M10×10A65	5M14×14A65	
			2M20×20A70
3M5×10A70	3M10×10A70	3M14×14A70	3M20×20A70
5M5×10A70	5M10×10A70	5M14×14A70	

Selection of angle probe in ultrasonic testing for improving weld defect detectability

*1 Kasahara Motohiro *2 Hiroshige Takaaki *3 Yokota Kazunobu *4 Hattori Kazunori
*5 Nakano Tatsuya *6 Shima Toru *7 Nakagomi Tadao

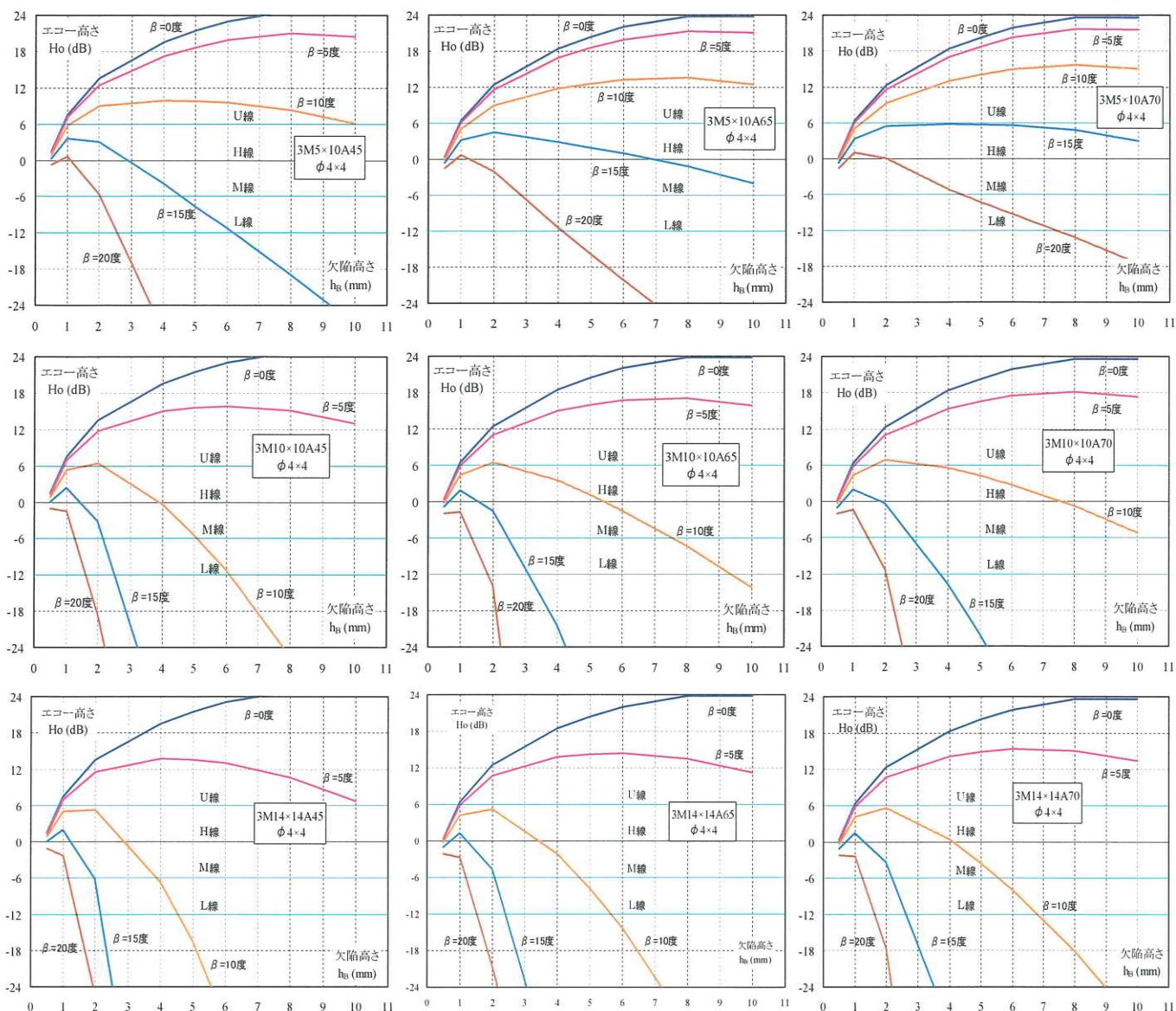


図 5.2 欠陥高さに対する超音波ビームの入射角によるエコー高さ (周波数: 3MHz, ビーム路程: W=100mm)

6.2 開先面の融合不良

探触子の周波数・振動子寸法・屈折角によって、開先面の融合不良を検出できる欠陥高さが異なり、周波数が高いほど、振動子寸法が大きいほど検出性が低くなる。

7. まとめ

裏当て金付きレ形開先に発生が予想される溶接欠陥の検出性について、使用する斜角探触子における周波数・振動子寸法・

屈折角について理論的な検証を行った結果、使用する探触子によって著しく欠陥評価が異なることから、検出対象欠陥及び開先角度等を考慮して、確実に欠陥を検出し、適正に欠陥評価ができる斜角探触子を選定する必要がある。

【参考文献】

- 1) 仙田・廣瀬・裏垣: 傾きを持った平面上欠陥の傾きについて : 非破壊検査 vol. 23 No. 2 p. 92 1978

表 6.1 各探触子における検出可能な欠陥高さの上限値 ×: 検出不可 ○: 制限無し 単位: (mm)

検出対象欠陥			探 触 子 の 形 式																										
			2MHz						3MHz												5MHz								
			14×14			20×20			5×10			10×10			14×14			20×20			5×10			10×10					
			45度	65度	70度	45度	65度	70度	45度	65度	70度	45度	65度	70度	45度	65度	70度	45度	65度	70度	45度	65度	70度	45度	65度	70度			
壁 面 開先面	溶込不良 (IP) 融合不良 (LF)		×	≦2	≦3	×	≦1	≦2	×	≦2	≦3	×	≦1	≦2	×	×	≦1	×	×	≦1	×	×	≦1	×	×	×			
		30度	≦4	○	≦10	≦3	○	≦10	≦6	○	○	≦2	○	≦10	≦2	○	≦6	≦2	≦10	≦4	≦1	○	≦10	≦1	≦10	≦2			
開先面	開先角度 (LF)	35度	≦10	≦10	≦7	≦7	≦9	≦4	≦10	○	≦10	≦6	≦9	≦3	≦4	≦5	≦2	≦3	≦4	≦2	≦4	≦9	≦2	≦2	≦2	≦1			

*1 (有)アクトエーションハート *2 (株) 竹中工務店
 *3 (株) NTTファシリティーズ *4 (一財) ベターリビング
 *5 宇都宮大学 *6 戸田建設(株) *7 信州大学

*1 Act-Creation-Heart Co., Ltd. *2 Takenaka Corporation
 *3 NTT Facilities Inc. *4 Center for Better Living
 *5 Utsunomiya University *6 TODA Corporation *7 Shinshu University