

35度開先面に発生する融合不良に対する超音波探傷試験方法に関する研究

正会員
同

○服部 和徳^{*1} 笠原 基弘^{*2}
中込 忠男^{*3}

超音波探傷試験 融合不良 開先角度
斜角探傷法 探触子 エコー高さ

1. はじめに

構造物の継手性能を低下させる溶接内部欠陥として、完全溶込溶接部には、割れ、溶込不良、融合不良、ブローホールおよびスラグ巻込みが挙げられる。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」(以下、UT規準と称す。)の指標となった既往文献¹⁾では、余盛止端部に発生する開先面の融合不良については記述されていない。そこで、開先角度35度における余盛止端部近傍に発生する融合不良を検出するための最適な斜角探触子について実験的な検討をおこなう。

2. 試験体

試験体一覧を表1に、試験体形状を図1および写真1に示す。供試材はSN490B(板厚:25mm)とし、開先面の融合不良を想定した試験体を13体製作した。開先角度は35度とし放電加工により製作した。欠陥位置は、端部欠陥と中央欠陥の2種類製作している。なお、高さ1.2mm、長さ100mmの試験体は、アンダーカットを想定して欠陥を製作した。

3. 斜角探触子および探傷方法

実験に使用した斜角探触子を表2に示す。周波数は2種類(4MHz,5MHz)、振動子寸法は3種類(8×9mm,5×10mm,10×10mm)、屈折角3種類(60度,65度,70度)とし、計7種類の探触子を用いて実験を実施した。UT規準では5M10×10A65および5M10×10A70が通常の探傷用に規定されているが、現在、5M10×10A70が多用されている。なお、5M5×10A65はUT規準に示される付則2で推奨されている探触子である。

探傷方法を図2に示す。探傷方法は、4種類(①底面反射法、②欠陥先端法、③直射法、④一回反射法)とした。UT規準における検出レベルはエコー高さがHo(dB)を基準として-12dBを超えたもの(L検出レベル)を溶接欠陥として評価している。

4.1 実験結果(欠陥先端法)

図3にエコー高さ-欠陥高さ(端部欠陥)の関係の一例を示す。図3より欠陥先端エコーはエコー高さが-12dB以下であり、欠陥が検出できないことがわかる。この結果は端部欠陥および中央欠陥共に同様である。すべての探触子においてエコー高さは-12dB以下であり、表面側から欠陥先端を検出することは困難である。

表1 試験体一覧

欠陥位置	欠陥寸法(mm)			欠陥位置	欠陥寸法(mm)		
	高さ	長さ	幅		高さ	長さ	幅
中央欠陥	1.2	100	0.4	端部欠陥	2.5	14	0.4
	2.5	28	0.4		5	7	0.4
	5	14	0.4		14	14	0.4
		28	0.4		10	11.5	0.6
	10	23	0.6		20	19	1.0
	20	38	1.0		25	5	1.0
25	10	1.0					

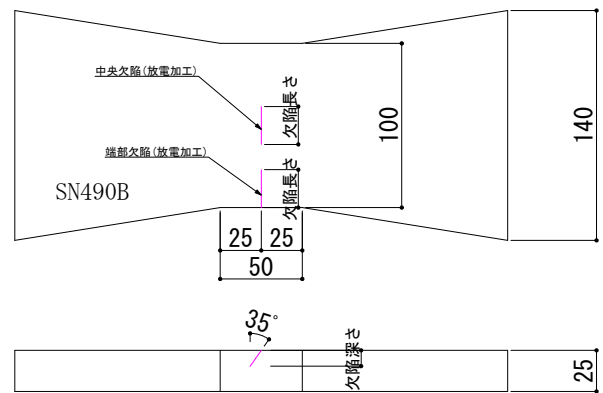


図1 試験体形状

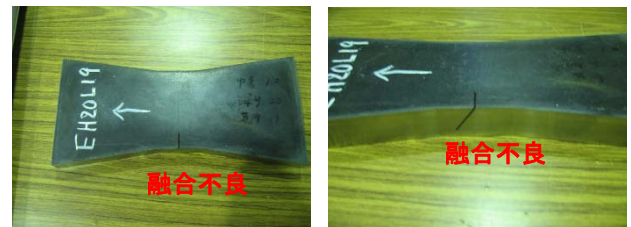


写真1 試験体

表2 斜角探触子一覧

周波数(MHz)	振動子(mm)	屈折角(度)		
		60	65	70
4	8×9	60	65	70
5	5×10	-	65 ^{*2}	-
	10×10	60	65 ^{*1}	70 ^{*1}

*1: UT規準で規定されている探触子

*2: UT規準 付則2で推奨されている探触子

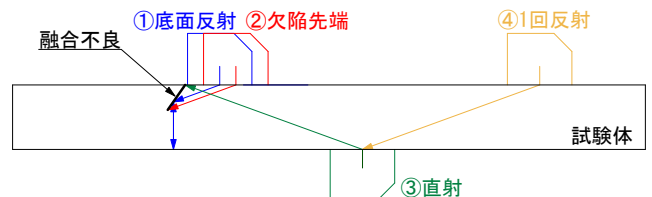


図2 探傷方法

4.2 実験結果（直射法および一回反射法）

図3より、通常多用されている探触子5M10×10A70ではエコー高さが-12dB以下であり、欠陥を検出できないことがわかる。一方、4M8×9A70では、エコー高さが-12dBを超え欠陥を検出できている。この結果は、中央欠陥も同様の傾向であった。これは、超音波ビームが欠陥面に垂直に入射せず斜めに入射する場合には、屈折角が同一でも、周波数および振動子寸法の差異によって、欠陥の反射指向性が異なるためと考えられる。見かけの振動子寸法、および指向角は式(1)～式(2)により算出した^{2) 3)}。

$$D_E = \frac{\cos\theta}{\sqrt{1 - \left(\frac{C_w}{C}\right)^2 \sin^2\theta}} \cdot D_{E1} \quad \dots(1)$$

$$\phi = 57 \frac{\lambda}{D_E} \quad \dots(2)$$

ここで、 D_E ：見かけの振動子寸法(mm)、 θ ：屈折角(度)
 C_w ：くさび中の縦波速度(mm/秒)、 C ：試験体中の横波速度(mm/秒)
 D_{E1} ：実際の振動子寸法(mm)、 λ ：波長(mm)、 ϕ ：指向角(度)

欠陥高さが5mmの直射法における探触子毎の超音波の入射および反射の模式図を図5に示す。4M8×9A70では5M10×10A70に比べて指向性が鈍くなり、欠陥を検出できると考えられる。また、5M5×10A65探触子においても-12dBを超え欠陥検出が可能であった。これは、指向性が鈍くなることに加え、入射角が小さくなっていることによると考えられる。

エコー高さー屈折角 θ の関係を図4に示す。 θ が70度<65度<60度の順でエコー高さが高くなった。これは θ が小さくなるにつれ、入射角が15度>10度>5度の順で小さくなっていることから理論的な結果と一致する。

4.3 実験結果（底面反射法）

屈折角70度による底面反射法は、エコー高さが-12dBを超えて欠陥の検出性は高いが、屈折角が小さくなるにつれて検出性が悪くなっている。これは中央欠陥も端部欠陥も同様である。図6に底面反射法における超音波の入射の模式図を示す。これは、屈折角が小さくなると欠陥面で反射したエコーが探触子に戻りにくいことに起因するものと考えられる。底面反射法はエコー高さから欠陥の検出性は高くなるが、欠陥から直接的な欠陥位置を判断できないため、探傷時には留意が必要である。

5. まとめ

- 1)通常用いられている5M10×10A70を用いた直射法および一回反射法において、35度開先面に発生する欠陥高さの高い融合不良は検出できない。
- 2)4M8×9A70では、5M10×10A70に比べ指向角が鈍く、超音波が欠陥に対し斜め15度に入射しても、欠陥高さの高い融合不良を検出できる。
- 3)欠陥先端エコーはいずれも低いため、表面側から欠陥

先端を検出することは困難である。

- 4)底面反射法では、欠陥からの直接的なエコーは得られないが、開先面の融合不良の検出性は高い。

【参考文献】

- 1)藤盛明:鋼構建築物の超音波斜角探傷試験に関する研究 東京工業大学博士論文 1975
- 2)仙田他:一探触子法による模型欠陥エコー高さの計算方法 日本非破壊検査協会 第2分科会資料 No.2760 pp.1-10 1979.11
- 3)仙田、廣瀬、裏垣:傾きを持った平面状欠陥の検出について 非破壊検査 Vol.23 No.2 p.92 1974

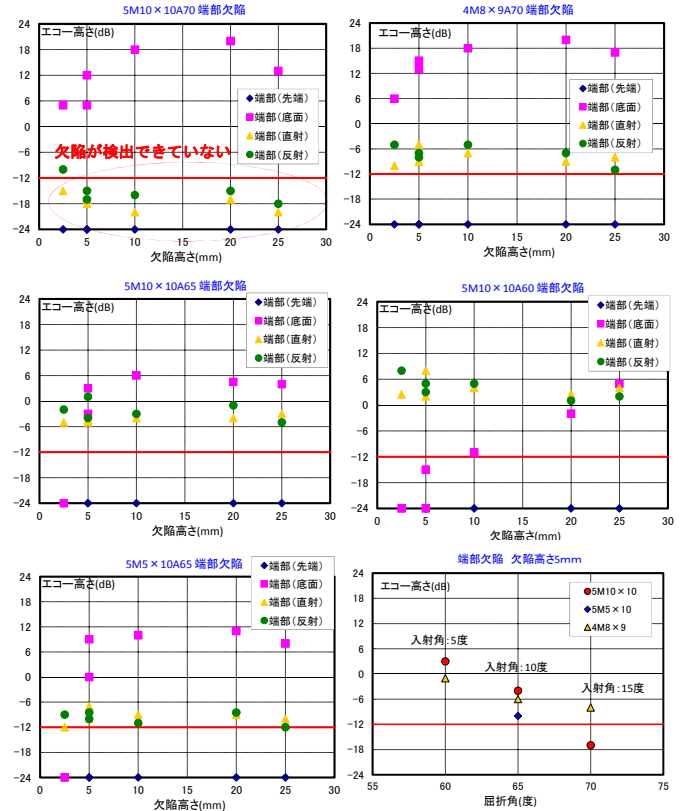


図3 エコー高さー欠陥高さ関係（端部欠陥） 図4 エコー高さー屈折角関係

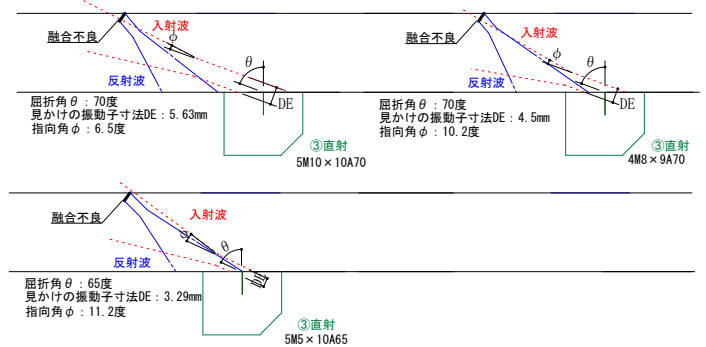


図5 超音波の入射および反射の模式図(直射法欠陥高さ:5mm)

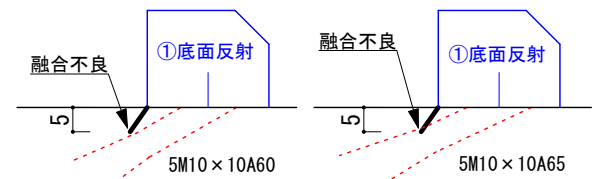


図6 超音波の入射の模式図(底面反射法)

*1 一般財団法人ベターリビング つくば建築試験研究センター・博士(工学)

*2 アクトエイションハート・博士(工学)

*3 早稲田大学創造理工学部建築学科 教授・工博

*1 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr.Eng.

*2 Action-Creation-Heart Co., Ltd, Dr.Eng.

*3 Prof., School of Creative Science and Engineering Dept. of Architecture, WASEDA Univ., Dr.Eng.