

部材軸と角度をなす完全溶込み溶接部の超音波探傷試験
 角度付き探傷法

正会員 ○石田正法*1 同 加賀美安男*2 同 遠山 解*3
 同 山我信秀*4 同 三村麻里*5 同 藤田 斎*6

超音波探傷試験 溶接線 探傷不能領域
 角度付き溶接線 探触子 公称屈折角

1. はじめに

近年、構造物の平面形状や床組みが複雑となり、柱と梁、または大梁と小梁が角度をもって取合う場合が増えている。これらの部材軸と角度をなす溶接線に対し超音波探傷試験を行う場合、板厚、形状、斜めの角度によっては、図 1.1 に示すように鋭角側では探触子の走査範囲が不足し探傷不能領域が生じる。

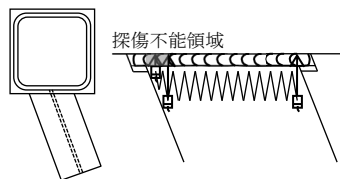


図 1.1 探傷不能領域

部材軸と溶接線のなす角度（以下、部材角 θ と称す）が角度を有している場合、その角度が 10° 程度であれば、探触子に角度を持たせ探傷している場合もあるが、溶接線に対し超音波が垂直に入射しないため感度補正が必要となり、その値は経験値によっている。

一方、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」：2018（以下、UT規準と称す）では、「探傷不能領域を小さくする方法として、斜角探触子の屈折角を変更する、板厚が 16mm 以上の場合はフランジ側面から探傷する、フランジ側面の反射を利用するといった方法が考えられる。」とあるが、具体的な探傷方法の記載はない。

本研究では、探傷不能領域を小さくするための探傷方法として角度を持たせる探傷（以下、角度付き探傷法と称す）と UT 規準で提案されているフランジ側面の反射を利用する方法（以下、側面反射探傷法と称す）について検討を行った。本報では、角度付き探傷法について報告する。なお、試験データの採取は、検査技術者や使用する探傷機器によるバラツキを考慮し、複数名がそれぞれの探傷器を用いた。

2. 事前確認

2.1 探傷不能領域の把握

公称屈折角 65° と 70° の探触子（以下、探触子 65° 、探触子 70° と称す）を使用し、図 2.1 に示すようにフランジ表面から直射で壁側初層を、裏面から直射で壁側表層（余盛高さは考慮しない）を探傷した場合の探傷不能領域 L の一例を表 2.1 に示す。

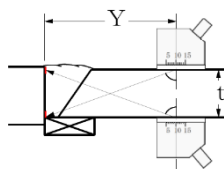


図 2.1 探傷条件

表 2.1 探傷不能領域 L

部材角 θ (°)	板厚 (mm)	探傷不能領域 L (mm)		部材角 θ (°)	板厚 (mm)	探傷不能領域 L (mm)	
		探触子 70°	探触子 65°			探触子 70°	探触子 65°
10	19	15	13	20	19	24	20
	32	21	18		32	38	31
	40	25	21		40	46	37

2.2 標準試験片を用いた事前試験

2.2.1 試験の概要

試験体作製時のパラメータ（部材角 θ ）を検討するにあたり、事前に標準試験片（STB-A1）と対比試験片（RB-41 No.2）を用い、超音波が角度を有して入射した場合の感度低下量を把握した。STB-A1 は初層と表層の欠陥を、RB-41 No.2 は板厚中央の欠陥を想定している。

試験方法は、図 2.2 に示すように STB-A1 の直線溝と RB-41 No.2 の横穴に対し、超音波が入射する角度（以下、入射角 θ と称す）を $0 \sim 20^\circ$ まで 2.5° 刻みで変化させ探傷感度の差を確認した。入射位置は、長さ方向の中央である。

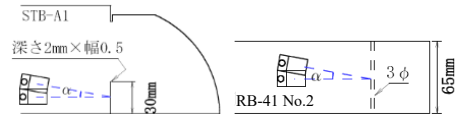


図 2.2 試験片形状

試験に使用した機器類を次に示す。

- ・A スコープ表示デジタル超音波探傷器
- ・斜角探触子（5M10×10A70, 5M10×10A65, 5M10×10A45）
- ・グリセリンペースト

2.2.2 試験結果

入射角 $\theta = 5, 10, 15^\circ$ について入射角 $\theta = 0^\circ$ からの感度低下量を表 2.2 に示す。感度低下量は、入射角 $\theta = 0^\circ$ のエコー高さを 80% に合わせた感度から、それぞれの入射角 θ のエコー高さを 80% に合わせた感度を引いた値とする。

表 2.2 試験結果 単位：dB

入射角 θ (°)	STB-A1			RB-41 No.2		
	探触子 70°	探触子 65°	探触子 45°	探触子 70°	探触子 65°	探触子 45°
5	-18.0	-16.0	-17.2	-15.1	-12.2	-14.8
10	-36.4	-34.1	-35.2	-31.0	-29.6	-22.2
12.5	×	×	-36.7	-36.8	-34.3	-26.5
15	×	×	-38.9	×	×	-27.8

表中の×は、検出したエコーが雑音指示（林状エコーなど）と同レベルとなり、判別が困難となる角度である。探触子 70° 65° の場合、STB-A1 では入射角 $\theta = 10^\circ$ まで、

RB-41 No.2 では入射角 $\theta=12.5^\circ$ まで探傷可能であった。

3. 角度付き探傷法

3.1 試験の概要

3.1.1 検討方針

事前試験より、入射角 $\theta=12.5^\circ$ 程度までは、探傷感度を補正することにより探傷が可能と判断されたため、探傷可能な入射角 θ と、その時の感度補正值について詳細な検討を、試験体を用い行った。

3.1.2 試験体

試験体のパラメータを表 3.1 に、欠陥の断面形状を図 3.1 に、試験体 No.1 の形状を図 3.2 に示す。板厚中央を想定した欠陥は、実際の欠陥を考慮し丸穴ではなく帯状の欠陥とした。

表 3.1 試験体パラメータ

No.	板厚	欠陥の種類	側面余盛	入射角 θ ($^\circ$)						
				0	2.5	5	7.5	10	12.5	
1	25	A	無	○	○	○	○	○	○	○
2	25	A	有	○	○	○	○	○	○	○
3	25	B	無	○	○	○	○	○	○	○
4	40	A	無	○	○	○	○	○	○	○
6A	25	C	無	○	○	○	○	○	○	○
6B	25	D	無	○	○	○	○	○	○	○

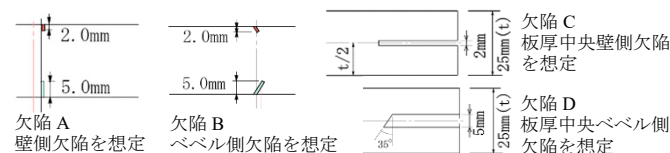


図 3.1 欠陥断面形状

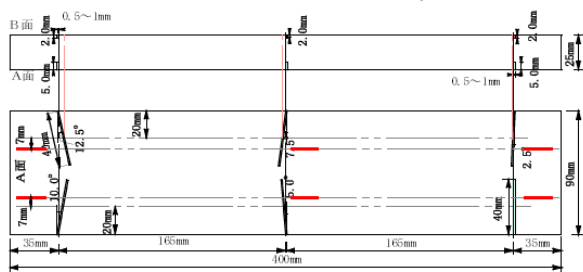


図 3.2 試験体形状

3.1.3 試験概要

探触子を図 3.3 に示すように試験体側面に沿って置き、欠陥に超音波を入射させる。事前試験と同様に最大エコー高さが 80% になるようにゲインを調整し、入射角 $\theta=0^\circ$ からの感度低下量を確認した。また、探傷不能領域は板厚が厚くなると大きくなるので、端部だけではなく中央（側面から 20mm 位置）での感度低下量もあわせて確認した。試験体 No.1 で基本的な確認を、試験体 No.2 ではビード側面の余盛の影響、試験体 No.3 ではベベ

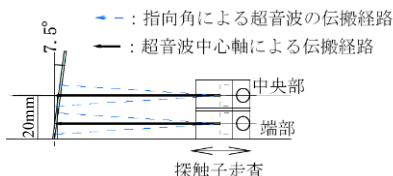


図 3.3 探触子位置

ル側 (35°) の欠陥、試験体 No.4 では板厚が厚い場合の影響、試験体 No.6A, B では板厚中央の欠陥について確認した。

3.2. 試験結果

図 3.4 に試験体 1 の直線溝高さ 5mm の端部の結果（探触子 70° ）を示す。測定は 3 名の検査技術者が行った。

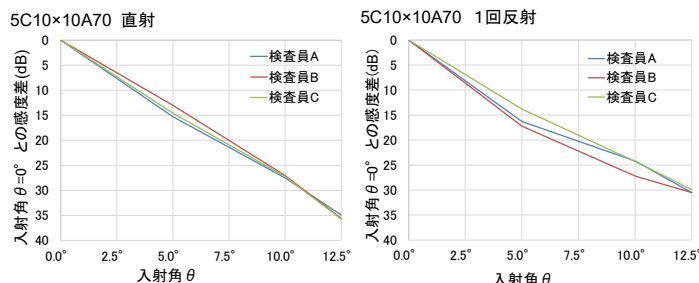


図 3.4 試験結果

探触子 70° は、入射角 $\theta=12.5^\circ$ までエコーの検出は可能であった。そのときの入射角 $\theta=0^\circ$ からの感度低下量（検査技術者 3 名の平均）は、直射で 35.4dB、一回反射で 30.3dB であった。

試験体側面に余盛形状を模して溶接を行った試験体（試験体 No.2）の結果も同じ傾向であった。表 3.2 に主な試験の入射角 $\theta=0^\circ$ からの感度低下量（平均）を示す。

表 3.2 各試験結果 単位: dB

入射角 θ ($^\circ$)	板厚 (mm)	探触子 ($^\circ$)	欠陥 A		欠陥 B		欠陥 D			
			5mm	2mm	5mm	5mm				
			直射	1回	直射	1回	直射	1回		
10	25	70	-27.2	-25.2	-27.9	-25.2	-25.9	-22.4	-21.1	×
		65	-20.7	-27.2	-20.8	-24.4	-21.8	-25.2	-19.7	×
	40	70	-30.2	-20.7	-30.7	-21.0	/	/	/	/
		65	-24.5	-19.1	-26.1	-21.2	/	/	/	/
12.5	25	70	-35.4	-30.3	-33.6	-28.3	-26.2	-24.0	/	/
		65	-27.7	-30.4	-28.3	-27.8	-29.6	-29.4	/	/

事前確認の結果と比べ、感度低下量が小さい値となったが、これは欠陥の端部に超音波を入射しているため、試験体側面から戻るエコーの影響と考える。中央（側面から 20mm 位置）における感度低下量は、事前確認と同様に端部に比べ大きくなり、1 回反射はエコーの判別が困難な結果となった。

4. まとめ

角度付き探傷法を使用し、部材角 $\theta=10^\circ$ までの欠陥有無を判定するための感度補正值が概ね確認できた。部材角 $\theta=10^\circ$ を超える角度の探傷については、側面反射探傷法の可能性について引き続き検討する。

本研究は、(一社) AW 検定協会研究評価委員会 WG27 として実施した。試験に際しご協力頂いた各位に謝意を表する。

*1 戸田建設 (株) *2 (株) 日建設計
 *3 森ビル (株) *4 (株) NTT ファシリティーズ
 *5 (株) 竹中工務店 *6 (株) ジャスト

*1 TODA CORPORATION *2 Nikken Sekkei Ltd.
 *3 MORI BUILDING CO.,LTD. *4 NTT Facilities Inc.
 *5 Takenaka Corporation *6 JUST Corporation