

溶接始末端部に発生する欠陥の実態調査 (その5. 誤差の要因分析と探傷時の留意点)

正会員 ○笠原基弘\*1 正会員 荒井 均\*2  
同 尾形 源\*3 同 木村武美\*4  
同 遠藤久士\*5 同 廣重隆明\*6

溶接欠陥 欠陥高さ 同時端部エコー法 先端エコー

1. はじめに

本報では、その4に引き続き同時端部エコー法による欠陥高さ測定における誤差要因を分析し、探傷時の留意点を整理する。

2. 同時端部エコー法による欠陥先端エコー高さ

同時端部エコー法は、欠陥の上下における先端エコーのビーム路程差 $\Delta W$ から欠陥高さを求める方法であるが、エコー高さは図-2.1のように欠陥の隙間 $g$ 、欠陥長さ $L$ 及びビーム路程 $W$ などによって変化し、欠陥長さ $L$ が5mm以下では、ビーム路程 $W$ が遠く、長さ $L$ が短いほど、また隙間 $g$ が狭いほどエコー高さが低下する。

実欠陥では欠陥高さ $h$ 、長さ $L$ 及び欠陥の隙間 $g$ は複雑であるため、断面形状を図-2.2のように区分し欠陥深さ $d$ に先端径 $\rho$ と長さ $L$ を有する横穴としてモデル化し、同時端部エコー法によるエコー高さの変化を求めたのが図-2.3である。欠陥の隙間 $g > 0.3\text{mm}$ 、かつ長さ $L > 1\text{mm}$ であれば先端エコーは検出できる。

3. 計測された欠陥高さと測定位置の誤差

3.1 探傷者毎の誤差

同時端部エコー法により探傷者が計測した試験体の位置 $X_{\text{max}}$ における欠陥高さ $hd$ とCスキャン画像による $X_{\text{max}}$ における欠陥高さ、またCスキャンにおける最大欠陥高さ位置 $cX_{\text{max}}$ と探傷者が計測した $X_{\text{max}}$ との誤差の標準偏差を図-3.1及び表-3.1に示す。

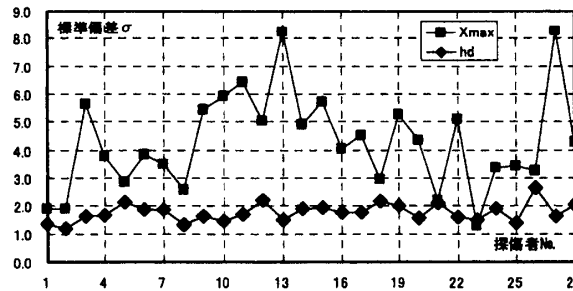


図-3.1 探傷者毎の測定位置における欠陥高さ及び位置の誤差

表-3.1 探傷者毎の計測された欠陥高さ及び測定位置の誤差

探傷者 No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	平均
標準偏差 σ	欠陥高さ	1.38	1.21	1.65	1.68	2.15	1.87	1.86	1.32	1.65	1.47	1.72	2.22	1.51	1.92	欠陥高さ 1.78
	測定位置	1.90	1.90	5.65	3.80	2.85	3.87	3.52	2.59	5.45	5.92	6.44	5.05	8.24	4.90	
探傷者 No.		15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	平均
標準偏差 σ	欠陥高さ	1.95	1.77	1.76	2.20	2.00	1.57	2.10	1.60	1.51	1.91	1.41	2.65	1.64	2.04	測定位置 4.30
	測定位置	5.74	4.05	4.54	2.97	5.28	4.37	2.21	5.13	1.29	3.37	3.43	3.26	8.30	4.28	

表-3.2 試験体毎の探傷者による欠陥高さ及び測定位置の誤差

試験体 No.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	平均
標準偏差 σ	欠陥高さ	2.08	1.20	1.46	1.22	1.45	1.67	1.67	1.10	1.37	1.92	2.11	1.83	1.42	1.17	1.62	3.27	欠陥高さ 1.73
	測定位置	4.54	2.68	4.03	4.13	7.58	4.69	2.72	4.92	4.61	3.40	5.37	2.16	3.85	4.36	2.67	4.85	
試験体 No.		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	平均
標準偏差 σ	欠陥高さ	1.74	1.78	1.82	1.39	2.28	1.60	1.16	1.53	1.28	3.31	1.24	1.83	1.55	2.36	1.55	2.24	測定位置 4.38
	測定位置	2.85	6.03	3.87	6.62	7.83	3.57	2.51	1.49	5.08	4.57	5.07	3.12	4.11	4.38	4.82	7.80	

Investigation of Actual Conditions with Defects at Welding End (Part.5 factor analysis of testing effect)

KASAHARA Motohiro, ARAI Hitoshi, OGATA Hajime  
KIMURA Takemi, ENDO Hisashi, HIROSIGE Takaaki

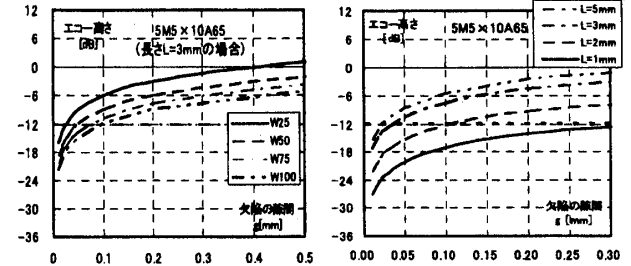


図-2.1 模擬欠陥の先端エコー高さ 図-2.3 実欠陥の先端エコー高さ

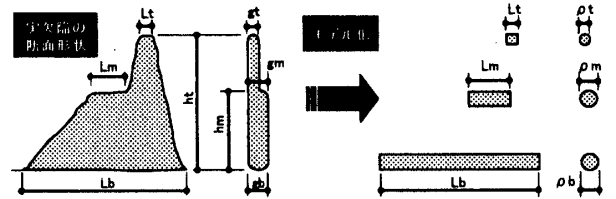


図-2.2 実欠陥における断面形状と欠陥のモデル化

探傷者毎の測定位置 $X_{\text{max}}$ における欠陥高さ $hd$ の誤差が少ないが、 $cX_{\text{max}}$ との誤差が大きいため、探傷者の同時端部エコー法による欠陥高さは適正であるものの、実欠陥における欠陥高さの最大値 $chd$ を検出していないといえる。

3.2 試験体毎の誤差

同時端部エコー法により探傷者が計測した試験体毎の測定位置 $X_{\text{max}}$ における欠陥高さ $hd$ とCスキャン画像による $X_{\text{max}}$ における欠陥高さ、またCスキャンにおける最大欠陥高さ位置 $cX_{\text{max}}$ と探傷者が計測した $X_{\text{max}}$ との誤差の標準偏差を表-3.2及び図-3.2に示す。試験体No.5, No.21, No.32(写真-3.1)のCスキャン画像における $X_{\text{max}}$ の誤差が大きくなっているのは、欠陥高さの最大値の位置がフランジ端面となる $cX_{\text{max}} \approx 0$ 近傍であるため、多くの探傷者が先端エコーを検出できていないものと考えられる。

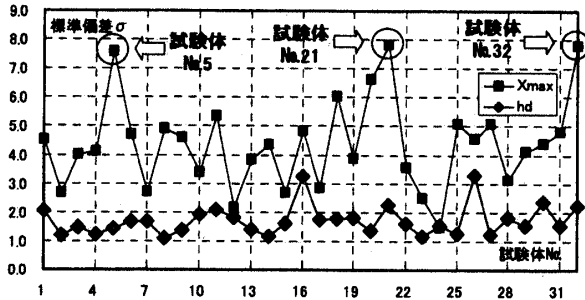


図-3.2 試験体毎の探傷者による欠陥高さ及び位置の誤差

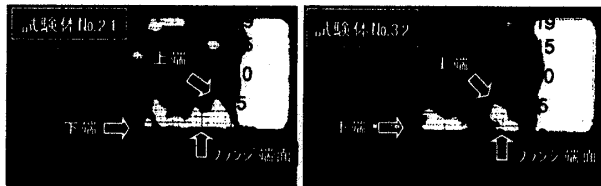


写真-3.1 欠陥高さの最大値がフランジ端面にある欠陥の例

#### 4. 同時端部エコー法における誤差の要因分析

##### 4.1 欠陥の断面形状による要因

実欠陥における先端長さ $lt$ と平坦部の長さ $Lm$ の比( $lt/Lm$ )と先端高さ $ht$ と平坦部の欠陥高さ $hm$ の差( $ht-hm$ )との比に対するCスキャンによる欠陥高さの標準偏差を図-4.1に示す。 $(ht-hm)/(lt/Lm) \geq 4$ では、標準偏差 $\sigma \geq 2$ となり誤差が大きくなる。

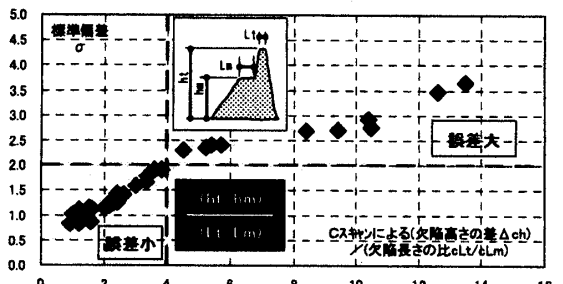


図-4.1 実欠陥の欠陥高さ測定に及ぼす断面形状の影響

##### 4.2 実欠陥の断面形状によるエコー高さ

実欠陥を先端の長さ $lt$ と隙間 $gt$ 、また一方を平坦部の長さ $Lm$ と隙間 $gm$ の先端と長さを有する横穴と仮定して得られたエコー高さ $H$ と標準偏差 $\sigma$ との関係を図-4.2に示す。先端の隙間 $gt$ が狭いほど、長さが短いほど標準偏差が大きくなり、 $\sigma \geq 2$ では計算上の先端エコー高さ $Hu$ が検出レベル以下となり先端エコーの検出が

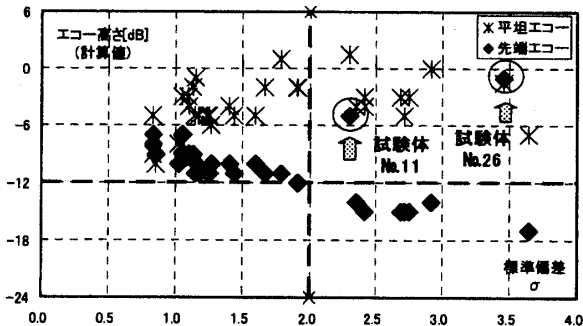


図-4.2 同時端部エコー法によるエコー高さ(計算値)

難しくなる。なお、実際には図-4.2において先端エコーがL検出レベル(-12dB)以下であっても探傷者によっては検出できている。図-4.3に探触子の周波数帯域を示す。探触子は波数が少ないほど、帯域が広いほど分解能が高くなり先端エコーが検出しやすくなる。実欠陥における先端の隙間は $gt=0.05 \sim 0.30$ mm、長さ $Lt=1 \sim 6$ mmであった。図-4.3における2箇所の特異点は、先端の隙間 $gt$ が広く、長さ $Lt$ も大きいいため、エコー高さは十分に検出レベルを超えているが、欠陥高さが大きく多くの探傷者が別個の欠陥と評価していることが誤差の要因である(写真4.1)。なお、JSSC IV 08-2008(梁端溶接部のUT指針)では、同一断面に欠陥がある場合は欠陥高さを5mmと評価することになっている。

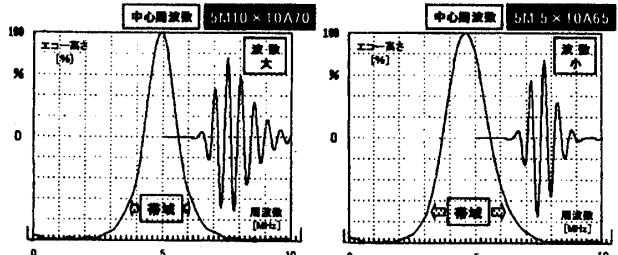


図-4.3 斜角探触子の周波数帯域

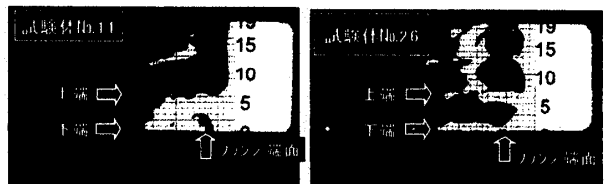


写真-4.1 同時端部エコー法による $\Delta W$ 路程差が大きい欠陥

#### 5. 端部探傷における留意点

##### 5.1 欠陥の断面形状は複雑である

実欠陥における断面形状は人工欠陥と異なり複雑であることを認識し、フランジ端面に存在する欠陥を見逃さないように、また $hd \geq 5$ mmの欠陥高さを有する欠陥を適切に評価するためには、フランジ端面と探触子の外法を一致させた状態で首振走査を含む前後走査を十分に行い先端エコーを捉えることが重要である。

##### 5.2 欠陥の最大ビーム路程差を捉える

代替タブにおける端部欠陥の最大高さ $hd$ は、側面余盛内からフランジ端面の7mm間に存在することが多いため、特に端部探傷の経験が少ない場合には、欠陥高さのある適当な端部探傷片を用い欠陥の最大エコーではなく、欠陥上下先端エコーを捉え、最大の $\Delta W$ 路程差を計測できるように訓練することが望ましい。欠陥先端の隙間が狭く、かつ先端長さが短い欠陥では先端エコーが検出レベル(-12dB)程度となり先端エコーが捉えにくいいため、そのような場合にはL検出レベルから-6dB程度までの範囲を監視し、先端エコーを見逃さないようにすることが大切である。

##### 5.3 最適な探傷条件を選択する

同時端部エコー法による $\Delta W$ 路程差は、欠陥高さが $hd=5$ mmと大きくとも $\Delta W$ が2mmと小さいため、測定範囲は125mm以下とし、場合によっては $\Delta W$ 機能を用いるか、できるだけ解像度が鮮明となるように探傷条件を配慮すべきである。

\*1 溶接検査(株)博士(工学)  
\*2 (株)キューンコンサルタント  
\*3 (有)アトイノベーション

\*4 溶接検査(株)  
\*5 (株)東京建築研究所  
\*6 (株)竹中工務店

\*1 Yosetsukensa, Corp., Dr. Eng.  
\*2 QC-Consultant Corp.  
\*3 Actationheart Co. Ltd.

\*1 Yosetsukensa, Corp.  
\*4 Tokyo-Kenchiku Structural Eng.  
\*5 Takenaka Corp.