

溶接始末端部に発生する欠陥の実態調査 (その3. 調査概要)

正会員 ○ 遠藤久士*1 正会員 土屋芳弘*2
 同 廣重隆明*3 同 古城豊光*4
 同 藤田哲也*5 同 笠原基弘*6

溶接欠陥 欠陥高さ 非破壊検査

1. はじめに

梁端フランジ溶接の固形エンドタブ工法は溶接初層始終末端部に欠陥が生じやすく、溶接部の内部欠陥高さは構造耐力上大きな影響を与える重要な要素である。

以前に報告した、その1・その2 (日本建築学会大会 (東北) 学術講演 2009年) では、第23次AW検定代替エンドタブ試験の試験体を用い、実溶接部における始終末端部に生じる内部欠陥の高さに関する調査と同時端部エコー法による欠陥高さの測定精度について検討を行った。

前報では試験体11体、探傷者1名とサンプル数が少なかったため、本報では第24次AW検定代替エンドタブ試験の試験体を用い、サンプル数を増やし調査検討を行うこととした。

2. 調査概要

2.1 調査方法

調査は以下の手順で行った。

- ① 試験体の抽出
- ② 同時端部エコー法による超音波探傷検査の実施
- ③ Cスキャン (超音波映像処理) の実施
- ④ マクロによる確認

2.2 試験体

第24次AW検定工場溶接代替エンドタブおよび工事現場溶接代替エンドタブの東日本における本試験の外観検査に合格した1437体を調査対象とし、放射線透過試験で不合格となった409体について同試験記録を基に同時端部エコー法による予備調査を行い、始終末端部に欠陥高さの大きいと思われる工場溶接28体 (F姿勢10体、H姿勢18体)、工事現場溶接4体 (F姿勢)、合計32体を抽出した。試験体の内訳を表-2.1に示す。

2.3 同時端部エコー法による探傷検査

「建築鉄骨梁端溶接部の超音波探傷検査指針 (日本鋼構造協会)」に記載されている同時端部エコー法によりビーム路程差 (ΔW) を測定し、欠陥高さ (hd) を求めた。その際、欠陥高さ最大位置 (以下 X_{max} と示す) も記録した。同時端部エコー法の概要を図-2.1、欠陥の記号説明図を図-2.2に示す。

探傷者は、一般社団法人 CIW検査協会の紹介により28名の協力を得た。探傷者の構成は、UT経験年数10年未満が10名、10以上20年未満が7名、20年以上が11

名、保有資格はUT2が8名、UT3が20名であった。

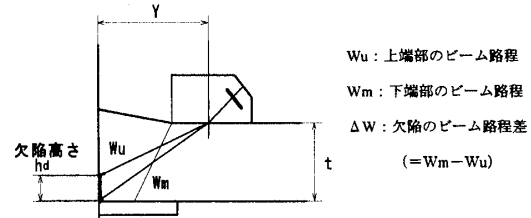


図-2.1 同時端部エコー法の概要

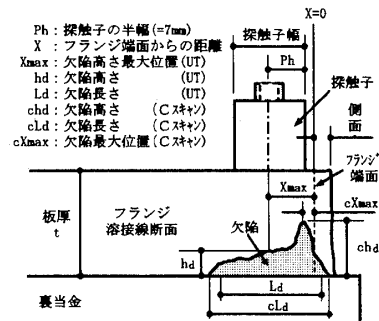


図-2.2 欠陥の記号説明図

表-2.1 試験体の内訳

試験体No.	種目	溶接姿勢	側	放射線透過試験結果		同時端部エコー法による予備調査結果			
				欠陥長さ [mm]	領域	X_{max} [mm]	ΔW [mm]	hd [mm]	
1	工場	F	L	IP	27	Ⅲ	5	1.9	4.9
2	工場	F	L	IP	17	Ⅲ	7	1.7	4.4
3	工場	H	R	IP	15	Ⅲ	7	1.3	3.4
4	工場	H	L	IP	14	Ⅳ	7	0.8	2.2
5	工場	H	L	IP	19	Ⅲ	7	1.5	3.9
6	工場	F	L	SI	22	Ⅲ	7	1.4	3.7
7	工場	H	R	IP	14	Ⅲ	7	1.2	3.2
8	工場	F	L	IP	18	Ⅳ	7	0.3	0.9
9	工場	H	L	IP	11	Ⅲ	7	1.5	3.9
10	工場	H	L	IP	10	Ⅳ	7	1.8	4.7
11	工場	H	L	IP	15	Ⅲ	7	2.6	6.5
12	工場	H	L	IP	14	Ⅲ	7	2.1	5.4
13	工場	H	L	IP	19	Ⅲ	7	1.7	4.4
14	工場	F	L	IP	18	Ⅲ	7	1.2	3.2
15	工場	H	L	IP	8	Ⅲ	7	1.3	3.4
16	工場	F	L	IP	14	Ⅲ	7	1.4	3.7
17	工場	H	L	IP	11	Ⅲ	7	1.3	3.4
18	工場	F	R	IP	22	Ⅲ	8	2.2	5.6
19	工場	H	L	IP	15	Ⅳ	7	2.1	5.4
20	工場	F	R	IP	20	Ⅲ	7	1.3	3.4
21	工場	H	L	IP	14	Ⅲ	7	2.0	5.1
22	工場	H	L	IP	17	Ⅳ	7	1.2	3.2
23	工場	H	R	IP	10	Ⅲ	7	1.4	3.7
24	工場	F	L	IP	19	Ⅳ	7	1.3	3.4
25	工場	F	L	IP	42	Ⅲ	15	1.3	3.4
26	工場	H	L	IP	17	Ⅲ	7	3.5	8.5
27	工場	H	R	IP	10	Ⅳ	7	1.0	2.7
28	工場	H	R	IP	14	Ⅲ	7	1.9	4.9
29	現場	F	L	IP	9	Ⅱ	7	1.2	3.2
30	現場	F	R	IP	10	Ⅲ	7	1.2	3.2
31	現場	F	L	IP	13	Ⅲ	7	1.2	3.2
32	現場	F	L	IP	19	Ⅱ	7	1.6	4.2



写真-2.1 Cスキャンの実施状況

Investigation of Actual Conditions with Defects at Welding End (Part.3. Outline of Investigation)

ENDO Hisashi, TSUCHIYA Yoshihiro, HIROSHIGE Takaaki
 FURUKI Toyomitsu, FUJITA Tetsuya and KASAHARA Motohiro

2.4 Cスキャン

溶接部をブロック状に加工してCスキャンを実施した。スキャン方向は目的以外の欠陥検出を避けるため母材側より行き、検出範囲は溶着金属側 2.0mm までとした。Cスキャンの実施状況を写真-2.1、ブロック加工の要領を図-2.3 に示す。

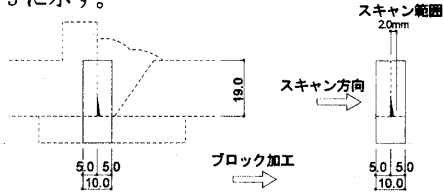


図-2.3 ブロック加工の要領

2.5 マクロ

Cスキャンの結果を参考に試験体を切断し、欠陥を確認した結果、Cスキャンとマクロの欠陥高さはほぼ一致していた。切断面の欠陥状況を写真-2.2 に示す。



写真-2.2 切断面の欠陥状況（試験体-1）

3. 調査結果

試験体 32 体中、Cスキャンで欠陥高さが 5mm 以上の試験体は 10 体で、調査対象試験体の 0.7%であった。調査対象試験体数と 5mm 以上の試験体数を表-3.1 に示す。

表-3.1 調査対象試験体数と欠陥高さが5mm以上の試験体数

種目	姿勢	調査対象試験体数	放射線透過試験不合格試験体数	欠陥高さが5mm以上の試験体数
工場溶接	F	617	132	3
	H	597	181	6
工事現場溶接	F	216	94	1
	H	7	2	0
合計		1437	409	10

同時端部エコー法について試験体 32 体×探傷者 28 名=896 のサンプルを得た。

Cスキャンの結果を正とし、同時端部エコー法により欠陥高さが 5mm 以上を検出したのは 10 体×28 名=280 の内 74 例で 26%であった。

同時端部エコー法の測定精度について、探傷者が X_{max} と判断した位置での欠陥高さは、試験体別に $chd \pm 10\%$ 以内が 18%~93%で平均 43%、 $chd \pm 20\%$ 以内が 29%~93%で平均 60%であった。同時端部エコー法の判定正解率を表-3.2 に、同時端部エコー法による測定位置と欠陥高さを図

-3.2 に示す。なお、 $chd + 10\%$ 及び $chd + 20\%$ のラインはそれぞれ測定誤差として $X \pm 1mm$ 、 $X \pm 2mm$ を考慮し、 X が 7mm 以下の chd は探蝕子の半幅 (7mm) を考慮してその範囲内の最大値とした。

4. まとめ

Cスキャンにより溶接初層始終端部に欠陥高さが 5mm 以上の大きな欠陥も検出された。

同時端部エコー法により欠陥高さが 5mm 以上を検出できた確率は低い結果であった。

欠陥形状は複雑であるため、最大欠陥高さを正確に見極めることが同時端部エコー法で判定する際の重要なポイントである。

表-3.2 同時端部エコー法の判定正解率

試験体 No.	Cスキャン		同時端部エコー法							
	測定結果		合判定 $hd < 5mm$		否判定 $hd \geq 5mm$		測定精度 $chd \pm 10\%$ 以内		測定精度 $chd \pm 20\%$ 以内	
	Chd (mm)	CXmax (mm)	正解 数	正解 率	正解 数	正解 率	正解 数	正解 率	正解 数	正解 率
1	6.6	13.3	—	—	9	32%	14	50%	20	71%
2	4.7	7.5	25	88%	—	—	17	61%	24	86%
3	2.8	1.2	27	96%	—	—	8	29%	10	36%
4	2.0	1.7	28	100%	—	—	8	28%	8	29%
5	3.1	0.8	27	98%	—	—	9	32%	12	43%
6	2.8	1.2	26	93%	—	—	8	28%	9	32%
7	3.1	8.7	28	100%	—	—	9	32%	16	57%
8	2.8	1.8	28	100%	—	—	7	25%	9	32%
9	2.8	-1.3	28	100%	—	—	6	21%	8	29%
10	5.7	-1.0	—	—	9	32%	20	71%	23	82%
11	6.8	-2.0	—	—	19	68%	14	50%	18	64%
12	5.7	9.1	—	—	9	32%	11	39%	23	82%
13	3.4	9.2	24	86%	—	—	11	39%	15	54%
14	3.0	5.4	26	93%	—	—	11	38%	18	64%
15	4.3	0.0	28	100%	—	—	26	93%	26	93%
16	6.7	-0.4	—	—	1	4%	23	82%	26	93%
17	4.1	3.7	27	98%	—	—	18	68%	21	75%
18	5.8	6.2	—	—	5	18%	10	36%	17	61%
19	4.8	1.2	22	79%	—	—	15	54%	18	64%
20	3.1	1.6	27	96%	—	—	7	25%	14	50%
21	5.8	-2.5	—	—	6	21%	15	54%	25	89%
22	3.1	12.9	28	100%	—	—	5	18%	10	36%
23	2.8	5.8	28	100%	—	—	7	25%	9	32%
24	3.1	7.1	26	93%	—	—	10	36%	18	64%
25	3.2	16.7	28	100%	—	—	7	25%	19	68%
26	7.1	-1.7	—	—	11	38%	18	64%	22	78%
27	3.4	6.2	27	96%	—	—	5	18%	9	32%
28	6.1	7.0	—	—	3	11%	8	28%	21	75%
29	1.6	2.9	28	100%	—	—	7	25%	10	36%
30	5.1	2.1	—	—	2	7%	20	71%	22	78%
31	2.8	2.1	27	98%	—	—	13	46%	16	57%
32	4.8	0.8	27	98%	—	—	21	75%	25	89%
合計	590	96%	74	26%	389	43%	541	60%		

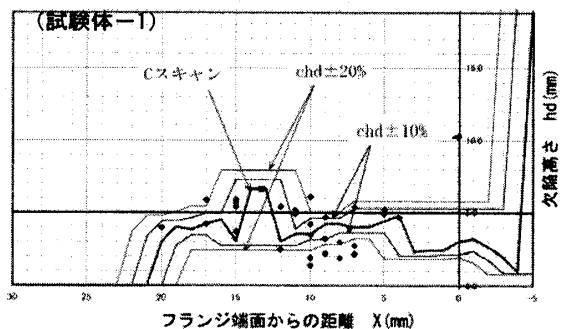


図-3.2 同時端部エコー法による測定位置と欠陥高さ

*1 ㈱東京建築研究所

*4 ㈱鴻池組

*1 Tokyo-Kenchiku Structural Engineers

*4 Konoike Constractiou Co.,Ltd

*2 飛鳥建設㈱

*5 ㈱日本設計

*2 Tobishima Corp.

*5 Nihonsekkei Inc.

*3 ㈱竹中工務店

*6 溶接検査㈱

*3 Takenaka Corp.

*6 Yosetsukensa Corp