

## 形状の異なる固体エンドタブを用いた柱梁接合部の破壊実験

## その2 欠陥調査と考察

柱梁溶接接合部	固体エンドタブ	変形性能
端部欠陥	亀裂	低温試験

## 1. はじめに

その1で報告した実大試験体の接合部より、溶接部を切断し、内在する実欠陥の寸法を調査した。欠陥の寸法と超音波探傷試験（以降UTとする）の結果、および変形性能との関係について考察する。

## 2. 欠陥寸法の調査方法

破断位置が梁フランジ側であり、破断面では挿入した実欠陥の寸法を確認することが出来ない。そこで、Cスキャン（超音波映像処理）により欠陥寸法を調査した。実験を終了した試験体の上下フランジから、ダイアフラムと溶接部およびフランジを含む部位をブロック状に切断した後に、ダイアフラムを溶接部より5mmに機械加工で切削した。スキャン方向はダイアフラム側より行い、検出範囲は溶着金属側7mmまでとした。試験片を図1に示す。

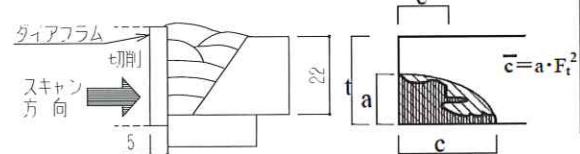


図1 Cスキャン試験片

図3 亀裂特性寸法

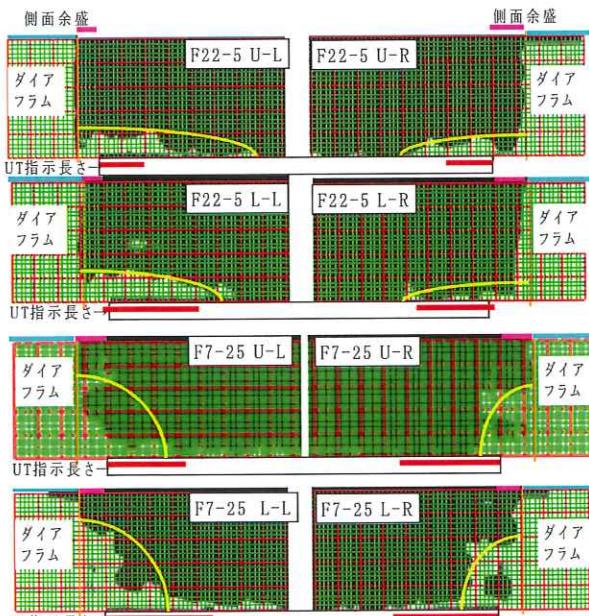


図2 Cスキャン結果

## 3. 実験結果

## 3.1 Cスキャン試験結果

Cスキャンにより得られた画像を図2に示す。画像から読み取った測定結果を表1に示す。画像の白い部分が欠陥を示す。想定した欠陥の寸法より小さい傾向にあるが、端部に欠陥が内在していたことが確認できた。画像の下

表1 Cスキャン測定結果他一覧

検査箇所	側	Cスキャン結果 (mm)				亀裂特性寸法 (mm)			欠損面積率	
		高さ	長さ	深さ	半長	—	a	c	UT	Cスキャンの横円
F22-5	U	5.5	6.0	5	35	40	6.0	40	8.8	1.1%
	R	2.0	4.0	7	21	28	4.0	28	5.3	1.1%
	L	6.5	6.5	6	25	31	6.5	31	9.0	2.2%
	R	2.5	3.5	9	20	29	3.5	29	4.6	1.4%
F7-25	U	18.0	4.0	7	44	51	18.0	20	11.1	1.4%
	R	15.0	14.0	7	6	13	15.0	11	5.1	1.9%
	L	19.0	17.0	5	45	50	19.0	20	10.8	2.1%
	R	15.0	14.5	5	25	30	15.0	13	6.5	2.0%
Y22-5	U	6.0	7.0	14	23	37	7.0	37	10.4	1.5%
	R	2.0	6.0	4	11	15	6.0	15	6.2	0.9%
	L	7.0	6.0	10	38	48	7.0	48	11.2	3.1%
	R	7.0	7.0	11	22	33	7.0	33	10.0	2.1%
Y7-25	U	15.0	3.0	11	18	29	15.0	16	8.6	1.1%
	R	13.0	7.0	12	4	16	13.0	15	8.1	0.7%
	L	17.0	13.0	11	33	44	17.0	23	13.5	1.3%
	R	11.0	12.0	9	8	17	12.0	14	7.5	0.6%

亀裂特性寸法  $\bar{c}$  は深さ  $a$ 、半長  $c$  より求める(図3参照)。  $a$  はCスキャンの高さ最大値

欠損面積率: 欠陥面積 / 側面余盛を含む溶接断面

欠陥面積: UTは領域から想定した高さ × 指示長さ、Cスキャンの横円は  $\pi ac/4$

側に UT の指示長さを示したが、長さ方向については欠陥を概ね評価できていることがわかる。

### 3.2 欠陥の寸法評価

欠陥と変形性能の関係は文献 1, 2 で報告あるように、欠陥の長さに比べ高さの方が変形性能に影響する。欠陥の寸法と変形性能の関係を考察するために、様々な大きさの欠陥寸法を WES2805<sup>3)</sup>の亀裂特性寸法 ( $c$ ) を算出し評価した。22-5 シリーズは C スキヤンの測定結果を用いるが、欠陥高さの大きい 7-25 シリーズについて C スキヤンの結果をそのまま採用すると欠陥を大きく評価することになる。7-25 シリーズの欠陥長さは欠陥高さ 2 mm 以上となる範囲で  $c$  を算出した。算出方法を図 3 に、欠陥を橋円として求めた欠損面積率と合わせ表 1 に示す。

### 4. 考察

Y 型は F 型に比べ側面余盛が大きく、欠陥を内在する可能性もあるが UT で検出は難しい。欠陥を過小に評価する規定探傷で合格となり側面余盛に欠陥を有する試験体でも破断に至らなかった。C スキヤンと UT の比較を図 4 に示す。なお、UT による欠陥の高さは領域 II を 4 mm、III・IV を 5 mm として評価し、長さの合計は UT の指示長さと側面余盛の合計である。UT の指示長さは C スキヤン長さと相関あるが、高さの相関は無い。規定探傷では欠陥の高さの評価が難しいといえる。一般的な溶接施工において 6 mm 以上の欠陥は想定されず、規定探傷では高さを 5 mm 程度として指示長さによる判定をしている。

累積塑性変形倍率と亀裂特性寸法および欠損面積率との関係を文献 1 の結

果と合わせて図 5、図 6 に示す。欠陥から破断した文献 1 に比べ、本実験は欠陥が比較的小さく、破断に至らなかつたと推測できる。また、高さが小さく長さが大きい欠陥の評価は、欠損面積率と亀裂特性寸法で異なる。

### 5. まとめ

UT で欠陥の高さの評価は難しく、長さは近い値であった。欠陥の位置が初層側で応力状態が安全側となる条件下で、溶接部の管理を適正に行った場合は、学会の UT 規準の判定値より大きな欠陥を内在しても破断に至らなかつたことを確認した。

[謝辞] 本研究は(社)日本溶接協会ロボット溶接研究委員会厚板向けの最適ロボット溶接施工技術開発プロジェクトの研究活動の一環として行われたものである。

### 【参考文献】

- 中込忠男, 服部和徳, 市川祐一, 的場耕, 岩田衛: 欠陥を有する柱梁接合部の変形能力に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集 第 556 号, 2002 年 6 月
- 建築鉄骨梁端溶接部の超音波探傷検査指針, (社)日本鋼構造協会, 2008 年 1 月
- 溶接継手のぜい性破壊発生及び疲労亀裂進展に対する欠陥の評価方法, (社)日本溶接協会, 2011 年 10 月

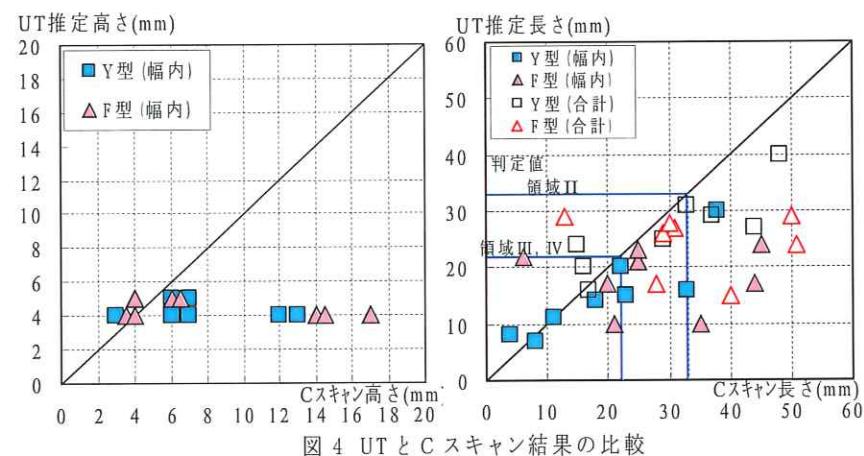


図 4 UT と C スキヤン結果の比較

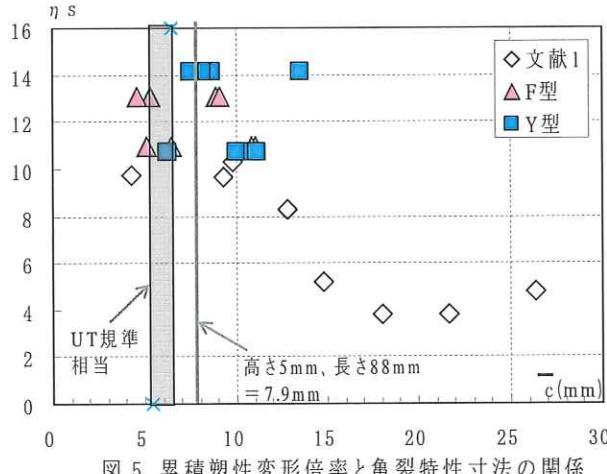


図 5 累積塑性変形倍率と亀裂特性寸法の関係

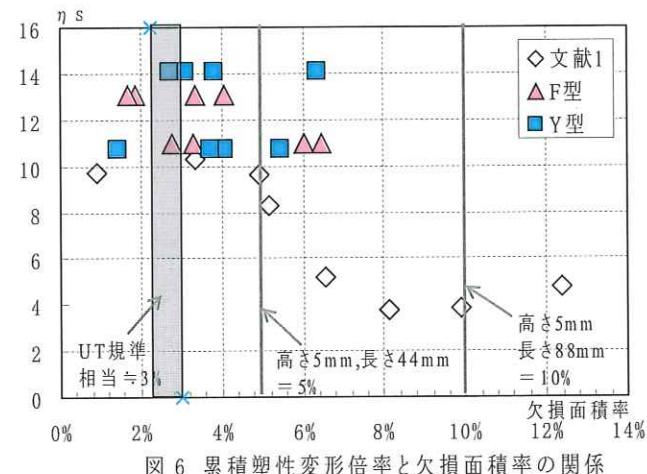


図 6 累積塑性変形倍率と欠損面積率の関係

\*1 角藤 鉄構事業部 博士(工学)  
\*2 早稲田大学創造理工学部建築学科教授・工博  
\*3 スノウチ 技術開発部  
\*4 アクトエイションハート 博士(工学)  
\*5 神奈川大学工学部建築学科 教授・工博  
\*6 中部鋼板 博士(工学)

Kakuto Corporation, Steel Structure Division, Dr. Eng.  
Prof., School of Creative Science and Engineering Dept. of Architecture, WASEDA Univ., Dr. Eng.  
Sunouchi Corporation, Technology Development Division  
Action-Creation-Heart Co., Ltd Dr. Eng.  
Prof., Faculty of Engineering, Kanagawa Univ., Dr. Eng.  
Chubukohan Corporation, Dr. Eng.