

形状の異なる固形エンドタブを用いた柱梁接合部の破壊実験

その1 実験結果

正会員○原 章\*1 同 中込 忠男\*2 同 的場 耕\*3  
同 笠原 基弘\*4 同 岩田 衛\*5 同 村山 敬司\*6

柱梁溶接接合部 固形エンドタブ 変形性能  
端部欠陥 亀裂 低温試験

1. はじめに

柱梁接合部の梁端溶接に固形エンドタブを用いると、ひずみ集中点は柱側（ダイアフラム側）にも生じる。また、溶接の始末端が母材幅の範囲内に存在するため、鋼製エンドタブに比べて内部欠陥を生じやすい。ひずみ集中の緩和と、溶接時に始末端部を見やすい形状とすることを意図して形状を改良した固形エンドタブ（以降 Y 型と称す）がある。Y 型と従来型（以降 F 型と称す）で施工した溶接継手の引張実験を実施した結果、Y 型は F 型以上の性能を示したと報告<sup>1)2)</sup>した。本研究は実大の柱梁接合部の試験体により、固形エンドタブの違いによる影響を確認する目的で行った実験結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 試験体及び実験パラメータ

図 1 に試験体形状を示す。試験体は柱□-400×400×25、梁 H-400×200×12×22（SM490A：Y.P=419N/mm<sup>2</sup>、T.S=536N/mm<sup>2</sup>）による柱梁接合部ノンスカラップ試験体とし、開先形状は 35 度のレ型開先、ルートギャップ 7mm とした。

実験パラメータは、固形エンドタブの形状と溶接欠陥の有無の組合せである。Y 型はダイアフラム側と表層側の接合部断面積を大きくする形状で、溶接時に溶接始末端部を見やすくすると共に、側面余盛を増すことでひずみ集中を緩和することを意図した形状となっている。内部欠陥は厚さ 3mm の鋼片を、固形エンドタブの余長を含む端部のダイアフラム側に挿入し、メタルタッチ部を不溶着とすることで製作した。溶接始末端部の溶込不良を想定した長さ 22mm 高さ 5mm と、長さ 7mm 高さ 25mm の組合せ 4 種類とした。Y7-22 は鋼片を平行四辺形に製作し、エンドタブ形状に合わせて配置した。実験パラメータを表 1 に、鋼片の形状と位置を図 2 に、鋼片の取付け状況を写真 1 に示す。

2.2 溶接条件及び超音波探傷検査結果

溶接ワイヤは YGW18(φ1.4)、シールドガ

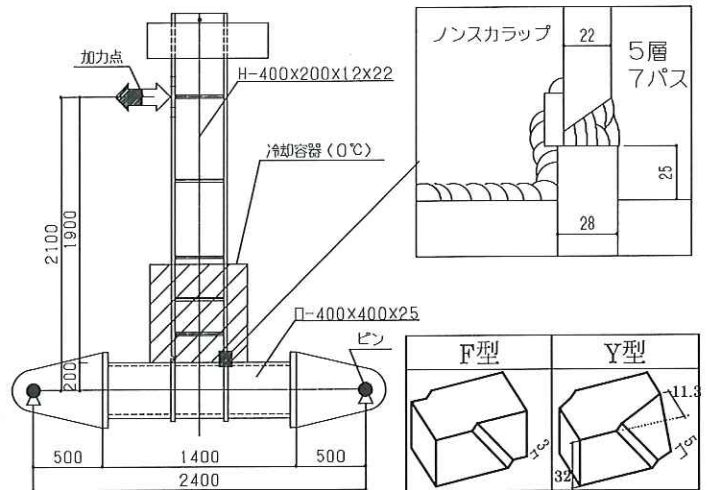


図 1 試験体形状

表 1 実験パラメータ

| 試験体名  | 固形タブ   | 欠陥寸法 |    |
|-------|--------|------|----|
|       |        | 長さ   | 高さ |
| F22-5 | F型(在来) | 22   | 5  |
| F7-25 |        | 7    | 25 |
| Y22-5 | Y型(改良) | 22   | 5  |
| Y7-25 |        | 7    | 25 |

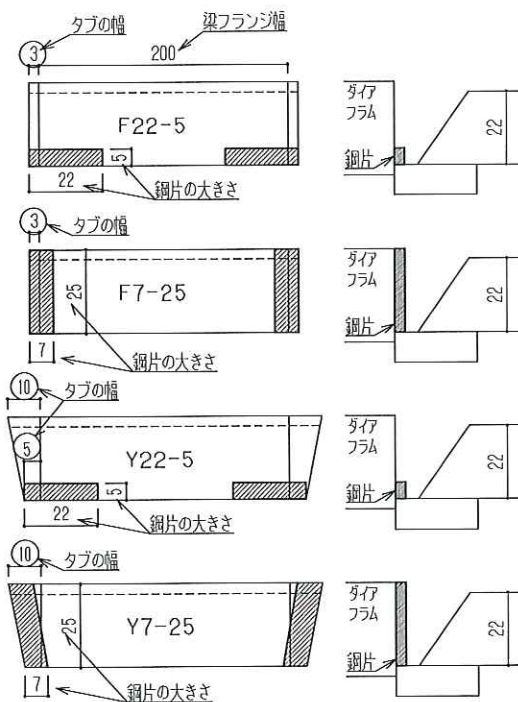


図 2 欠陥位置と形状(斜線は鋼片を示す)

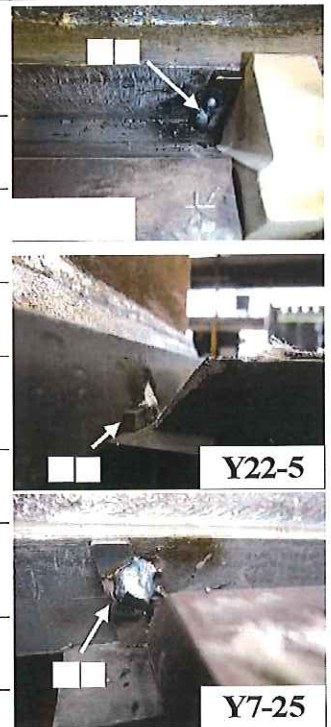


写真 1 鋼片の取付け状況

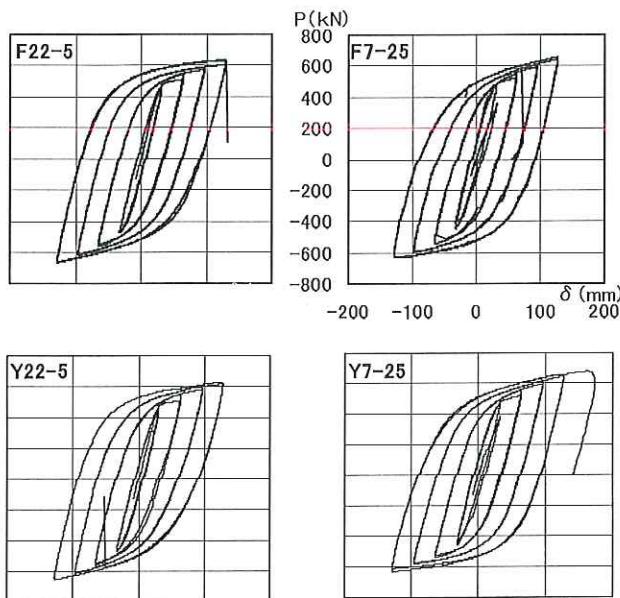


図3 荷重変形関係

スに炭酸ガスを用い、半自動アーク溶接により下向きで溶接した。溶接条件は一般的な条件とし、入熱は 40kJ/cm 以下、パス間温度 350℃以下で施工した。

溶接部の検査は「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」に従い規定探傷を実施した。探触子 5C10×10A70 を使用し、引張応力が作用する溶接部により判定を実施した。鋼片を挿入した全ての位置から欠陥を検出し、3 継手が不合格となった。高さ 25mm を挿入した試験体 (7-25) では Y 型、F 型共にエコー高さの領域が低い。詳細は実験結果と合わせて表 2 に示す。

### 2.3 載荷方法

試験温度は 0℃とし、全塑性耐力時の曲げ変形量の 2 倍、4 倍、6 倍、8 倍の変形を各 2 回繰返す載荷とした。冷却容器を試験体に直接取付け、接合部を 0℃に冷却した状態を 30 分以上保持した後に載荷を始め、載荷中も 0℃を保持した。

### 3. 実験結果

荷重変形関係を図 3 に、実験結果を表 2 に示す。Y7-25 は破断せず、その他は梁フランジ上面の溶接止端部より延性亀裂が進展し、最終的に脆性破面を伴い破断した。全ての試験体で  $8c\delta_p$  以上変形し、十分な性能を示した。挿入した欠陥を起点として破断しなかったため、挿入した欠陥の違いによる影響は確認できなかった。固形エンドタブの違いが破壊性状や変形性能に与える影響は確認

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

表 2 実験結果一覧

| 試験体名  | Pmax (kN) | e δ max (mm) | δ s (mm) | η s  | UT結果 |       |    |    |    | 側面余盛 (mm) |
|-------|-----------|--------------|----------|------|------|-------|----|----|----|-----------|
|       |           |              |          |      | 位置   | 領域    | 長さ | 総和 | 合否 |           |
| F22-5 | 635       | 133          | 260      | 15.1 | U    | L IV  | 10 | 20 | ○  | 5         |
|       | -666      | -128         | -188     | 13.1 | L    | R III | 10 | 38 | ×  | 7         |
| F7-25 | 659       | 128          | 197      | 11.0 | U    | L II  | 17 | 39 | ○  | 7         |
|       | -631      | -128         | -223     | 13.0 | L    | R II  | 22 | 47 | ×  | 7         |
| Y22-5 | 629       | 128          | 209      | 12.7 | U    | L II  | 11 | 26 | ○  | 14        |
|       | -656      | -128         | -181     | 10.7 | L    | R III | 30 | 50 | ×  | 13        |
| Y7-25 | 680       | 174          | 226      | 14.1 | U    | L II  | 14 | 22 | ○  | 10        |
|       | -631      | -128         | -259     | 16.4 | L    | R II  | 16 | 23 | ○  | 11        |

Pmax:最大荷重、e δ max:最大変位、δ s:スカルン曲線の最大変位、η s:累積塑性変形倍率  
 領域:エコー高さの領域、長さ:欠陥指示長さ(エコー高さがL線を越える範囲)

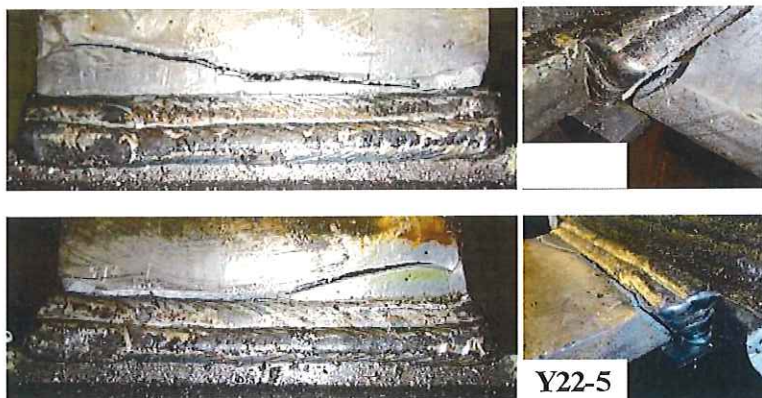


写真2 破壊状況写真

されなかった。

### 4. まとめ

柱梁接合部の梁フランジに溶接部方向の両端に欠陥を挿入し、欠陥を起点とした破壊現象を確認する目的で、試験温度 0℃で繰返し破壊実験を行った。欠陥を起点とした破壊現象を確認することができず、いずれも十分な変形性能を示した。その 2 では実験を終了した試験体の溶接部に内在する欠陥の寸法の確認試験と考察を報告する。

#### 【参考文献】

- 1) 原章, 中込忠男, 山田文富, 的場耕, 村松亮介: 形状の異なる固形エンドタブを用いた突き合わせ溶接継手の引張試験 その 1 実験計画概要, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2012 年 9 月
- 2) 村松亮介, 中込忠男, 山田文富, 的場耕, 原章: 形状の異なる固形エンドタブを用いた突き合わせ溶接継手の引張試験 その 2 実験結果及び考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2012 年 9 月

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

形状の異なる固形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      固形エンドタブ      変形性能  
端部欠陥              亀裂                      低温試験

正会員○的場 耕\*1 同 中込 忠男\*2 同 原 章\*3  
同 笠原 基弘\*4 同 岩田 衛\*5 同 村山 敬司\*6

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。

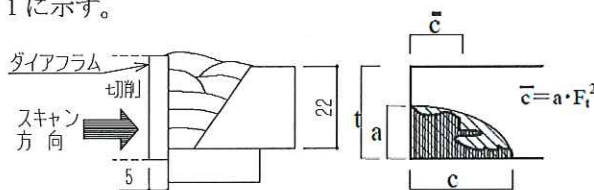


図1 Cスキャン試験片

図3 亀裂特性寸法

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<br>a    | 半長<br>c | c-bar<br>c | UT    | Cスキャンの楕円 |      |
|       |   | 余盛          | 幅内   | 余盛   | 幅内 | 合計 |            |         |            |       |          |      |
| F22-5 | U | L           | 5.5  | 6.0  | 5  | 35 | 40         | 6.0     | 40         | 8.8   | 1.1%     | 4.0% |
|       |   | R           | 2.0  | 4.0  | 7  | 21 | 28         | 4.0     | 28         | 5.3   | 1.1%     | 1.9% |
|       | L | L           | 6.5  | 6.5  | 6  | 25 | 31         | 6.5     | 31         | 9.0   | 2.2%     | 3.3% |
|       |   | R           | 2.5  | 3.5  | 9  | 20 | 29         | 3.5     | 29         | 4.6   | 1.4%     | 1.7% |
| F7-25 | U | L           | 18.0 | 4.0  | 7  | 44 | 51         | 18.0    | 20         | 11.1  | 1.4%     | 6.0% |
|       |   | R           | 15.0 | 14.0 | 7  | 6  | 13         | 15.0    | 11         | 5.1   | 1.9%     | 2.8% |
|       | L | L           | 19.0 | 17.0 | 5  | 45 | 50         | 19.0    | 20         | 10.8  | 2.1%     | 6.5% |
|       |   | R           | 15.0 | 14.5 | 5  | 25 | 30         | 15.0    | 13         | 6.5   | 2.0%     | 3.3% |
| Y22-5 | U | L           | 6.0  | 7.0  | 14 | 23 | 37         | 7.0     | 37         | 10.4  | 1.5%     | 4.1% |
|       |   | R           | 2.0  | 6.0  | 4  | 11 | 15         | 6.0     | 15         | 6.2   | 0.9%     | 1.4% |
|       | L | L           | 7.0  | 6.0  | 10 | 38 | 48         | 7.0     | 48         | 11.2  | 3.1%     | 5.4% |
|       |   | R           | 7.0  | 7.0  | 11 | 22 | 33         | 7.0     | 33         | 10.0  | 2.1%     | 3.7% |
| Y7-25 | U | L           | 15.0 | 3.0  | 11 | 18 | 29         | 15.0    | 16         | 8.6   | 1.1%     | 3.8% |
|       |   | R           | 13.0 | 7.0  | 12 | 4  | 16         | 13.0    | 15         | 8.1   | 0.7%     | 3.1% |
|       | L | L           | 17.0 | 13.0 | 11 | 33 | 44         | 17.0    | 23         | 13.5  | 1.3%     | 6.3% |
|       |   | R           | 11.0 | 12.0 | 9  | 8  | 17         | 12.0    | 14         | 7.5   | 0.6%     | 2.7% |

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スキャンの楕円は  $\pi ac/4$

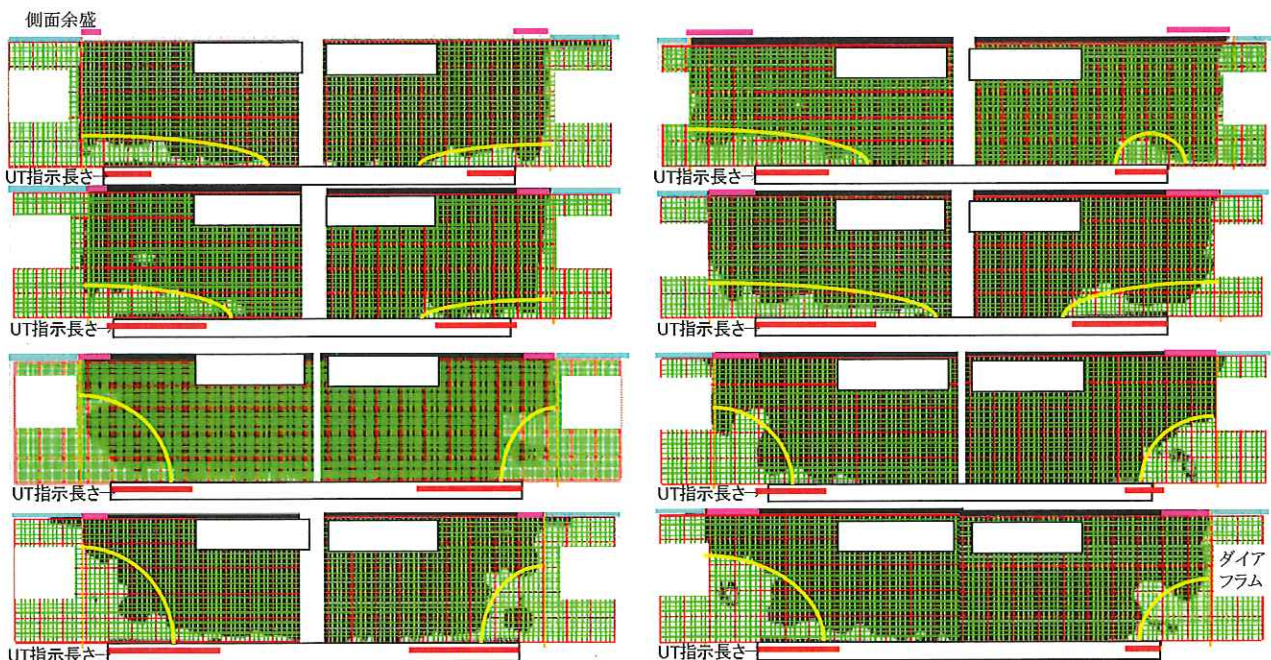


図2 Cスキャン結果

