

35度開先面に融合不良を有する接合部の繰返し載荷実験

—その5 フランジ厚・フランジ幅の影響 実験計画および材料試験—

正会員 ○成川 優也*1 見波 進*2 服部 和徳*3
宗川 陽祐*4 中野 達也*5

開先面 融合不良 溶接欠陥
繰返し載荷 板厚・板幅 欠陥率

1.はじめに

溶接欠陥が継手の強度や伸び能力を低下させることは知られており、筆者等はこれまで、様々な欠陥の長さや高さが施された試験体の繰返し曲げ載荷実験をおこない、その欠陥が変形能力にどのように影響を与えるかについて検証を実施している¹⁾²⁾。既往の試験体¹⁾²⁾は、フランジ厚25mm、フランジ幅100mmの組立組立H形鋼のみの限られた条件下である。そこで、本研究は、板厚や板幅をパラメータとし、溶接欠陥が継手の変形能力に与える影響について検討を実施した。

2.試験体

試験体一覧(既報も含む)を表1に示す。

試験体形状を図1に示す。試験体は、35度開先面に発生した融合不良を想定した溶接欠陥を挿入した溶接組立H形鋼である。フランジ厚は16mmと25mmとし、フランジ幅は64mmと100mmの2種類としている。フランジおよびウェブの材質はSN490Bとしている。梁せいは125mm、梁ウェブの板厚は12mmである。本研究では、溶接はおこなわず、欠陥は放電加工を用いて人工欠陥により製作した。

3.試験方法

実験装置は1000kNアムスラー型油圧万能試験機を用いた。図2に示すように試験体と加力ビームをボルトでつなぎ、載荷点ビームを載せ2点載荷として弾性範囲内で正負各1回行い、全体中央変位 δ が表2に示す全塑性耐力時の変形量 δ_p を基準変位とし、 δ_p の2倍、4倍、6倍、8倍につい

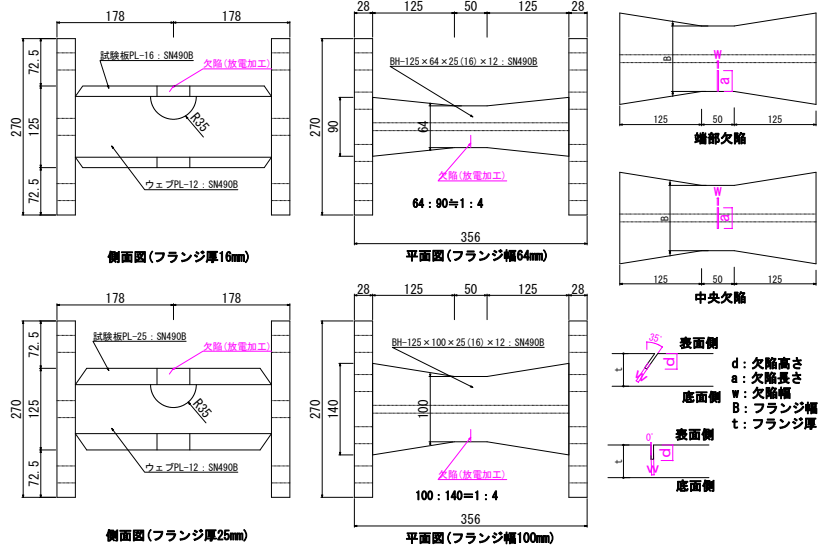


図1 試験体形状

表1 試験体一覧

| 試験体 No. | 欠陥位置 | 表面・裏面 | 欠陥角度 | 板厚 mm | 板幅 mm | 欠陥寸法(mm) | | | 欠陥断面積A mm ² | フランジ断面積Af mm ² | 欠陥率 α % | フランジの降伏比 % | |
|---------|------|-------|------|----------|----------|----------|-----|------|---------------------------|------------------------------|-------------------|---------------|----|
| | | | | | | 高さ | 長さ | 幅 | | | | | |
| シリーズ1 | 1 | 中央 | 表面 | 35° | 25 | 100 | 1.2 | 100 | 0.4 | 120 | 2500 | 4.80 | 74 |
| | 2 | | | | | | 2.5 | 28 | 0.4 | 70 | 2500 | 2.80 | |
| | 3 | | | | | | 5 | 14 | 0.4 | 70 | 2500 | 2.80 | |
| | 4 | | | | | | 5 | 28 | 0.4 | 140 | 2500 | 5.60 | |
| | 5 | | | | | | 10 | 23 | 0.6 | 230 | 2500 | 9.20 | |
| | 6 | | | | | | 20 | 38 | 1 | 760 | 2500 | 30.40 | |
| | 7 | | | | | | 25 | 10 | 1 | 250 | 2500 | 10.00 | |
| | 8 | 端部 | 表面 | 35° | 25 | 100 | 2.5 | 14 | 0.4 | 35 | 2500 | 1.40 | 74 |
| | 9 | | | | | | 5 | 7 | 0.4 | 35 | 2500 | 1.40 | |
| | 10 | | | | | | 5 | 14 | 0.4 | 70 | 2500 | 2.80 | |
| | 11 | | | | | | 10 | 11.5 | 0.6 | 115 | 2500 | 4.60 | |
| | 12 | | | | | | 20 | 19 | 1 | 380 | 2500 | 15.20 | |
| | 13 | | | | | | 25 | 5 | 1 | 125 | 2500 | 5.00 | |
| シリーズ2 | 14 | 端部 | 表面 | 35° | 25 | 100 | 10 | 10 | 0.6 | 100 | 2500 | 4.00 | 74 |
| | 15 | | 表面 | 0° | | | 10 | 10 | 0.6 | 100 | 2500 | 4.00 | |
| | 16 | | 底面 | 0° | | | 10 | 10 | 0.6 | 100 | 2500 | 4.00 | |
| | 17 | | 表面 | 35° | | | 10 | 10 | 0.6 | 100 | 2500 | 4.00 | |
| | 18 | | 表面 | 0° | | | 10 | 20 | 0.6 | 200 | 2500 | 8.00 | |
| | 19 | | 底面 | 0° | | | 10 | 20 | 0.6 | 200 | 2500 | 8.00 | |
| シリーズ3 | 20 | 端部 | 表面 | 35° | 16 | 64 | 6.4 | 6.4 | 0.8 | 40.96 | 1024 | 4.00 | 68 |
| | 21 | | | | | | 10 | 10 | 0.6 | 100 | 1024 | 9.77 | |
| | 22 | | | | | | 8 | 8 | 0.8 | 64 | 1600 | 4.00 | |
| | 23 | | | | 25 | 64 | 10 | 10 | 0.6 | 100 | 1600 | 6.25 | 67 |
| | 24 | | | | | | 8 | 8 | 0.8 | 64 | 1600 | 4.00 | |
| | 25 | | | | | | 10 | 10 | 0.6 | 100 | 1600 | 6.25 | |
| | 26 | | | | | | 10 | 10 | 0.6 | 100 | 2500 | 4.00 | |

シリーズ1およびシリーズ2は、文献1および文献2にて報告済み。
欠陥断面積：欠陥高さ×欠陥長さ、フランジ断面積：板厚×板幅
欠陥率：欠陥断面積/フランジ断面積×100

て正負交番載荷を各2回ずつ実施した。本実験では、断面形状(板厚および板幅等)が異なるため、事前予備解析を実施し、同塑性率を与えた場合、試験部(欠陥近傍)には、ほぼ同程度の作用ひずみが生じることを確認している。試験体温度は0℃と設定した。ドライアイスで冷やしたエタノールをビニル袋に入れ試験板フランジに密着させ、CTOD試験方法³⁾を参照して、板厚16mmは10分、板厚25mmは20分間温度を保持した後、冷却しながら載荷を行った。

4.測定方法

変形の測定は、変位計を図2に示す5箇所に設置して行った。全体中央変位 δ は以下の式で算出し、この値に基づき載荷の変位の制御を行った。荷重は、試験機の荷重計により測定した。温度は試験体フランジの表面および人工欠陥の切欠き底に熱電対を取り付け測定した。

$$\delta = D3 - (D1 + D5) / 2 \quad \dots(1)$$

5.素材試験

表3に機械的性質一覧(素材試験結果)を示す。図3に、梁フランジの応力-ひずみ関係の一例を示す。引張試験片は、JIS Z 2241:2010(金属材料の引張試験方法)に示される1A号試験片とした。試験温度は0℃としている。シリーズ3の降伏比は67%もしくは68%であり、シリーズ1およびシリーズ2に比べ降伏比が低い鋼材であった。

表4にシャルピー衝撃試験結果一覧を示す。0℃シャルピー吸収エネルギーは、238J(シリーズ1)、228J(シリーズ2)、154J(シリーズ3:板厚16mm)、170J(シリーズ3:板厚25mm)であり、シリーズ3は、シリーズ1および2に比べ若干低い値であるが、総じて高めの値であった。

6.まとめ

その5では、実験計画ならびに供試材の材料試験について報告した。実験結果および考察について、その6に示す。

【参考文献】

- 1) アルミニウム サミル, 服部和徳, 見波進, 笠原基弘: 35

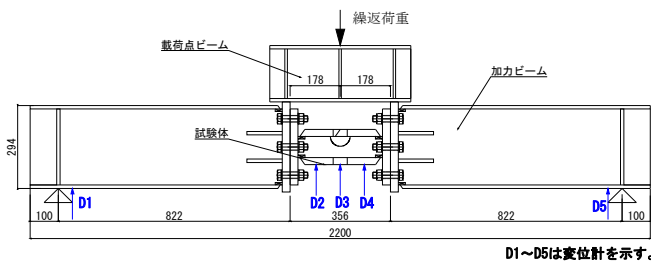


図2 試験体セットアップ

度開先面に融合不良を有する接合部の繰返し載荷実験(その1~2), 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.1043-1046, 2015.9

- 2) アルミニウム サミル, 服部和徳, 見波進: 35 度開先面に融合不良を有する接合部の繰返し載荷実験(その3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp.1201-1202, 2016.8
3) 日本溶接協会: WES1108 亀裂先端開口変位(CTOD)試験方法, 6.2.2 試験片の温度, p.12, 2016.1

表2 全塑性耐力時の変形量 δ_p

| 試験体No. | フランジ寸法 | | σ_y N/mm ² | I cm ⁴ | Z _p cm ³ | M _p kN·m | δ_p mm |
|--------|---------|--------|---------------------------------|----------------------|-----------------------------------|------------------------|------------------|
| | 厚さ (mm) | 幅 (mm) | | | | | |
| 20,21 | 16 | 64 | 364 | 667 | 122 | 44.3 | 5.09 |
| 22,23 | 16 | 100 | | | | | |
| 24,25 | 25 | 64 | 350 | 838 | 165 | 57.6 | 5.48 |
| 26 | 25 | 100 | | | | | |

σ_y : 降伏点、I: 断面2次モーメント、Z_p: 塑性断面係数
M_p: 全塑性モーメント、 δ_p : 全塑性モーメント時の変形量

表3 機械的性質一覧(素材試験結果)

| シリーズ | 鋼材 | 板厚 | σ_{yH} | σ_{yL} | σ_u | EL | Y.R. |
|-------|--------|----|-------------------|-------------------|-------------------|----|------|
| | | mm | N/mm ² | N/mm ² | N/mm ² | % | % |
| シリーズ1 | SN490B | 25 | 377 | 362 | 507 | 31 | 74 |
| シリーズ2 | | 25 | 401 | 399 | 542 | 28 | 74 |
| シリーズ3 | | 16 | 366 | 364 | 538 | 29 | 68 |
| | | 25 | 355 | 350 | 532 | 30 | 67 |

σ_{yH} : 上降伏点、 σ_{yL} : 下降伏点、 σ_u : 引張強さ
EL: 伸び、Y.R.: 降伏比($\sigma_{yH}/\sigma_u \times 100$)

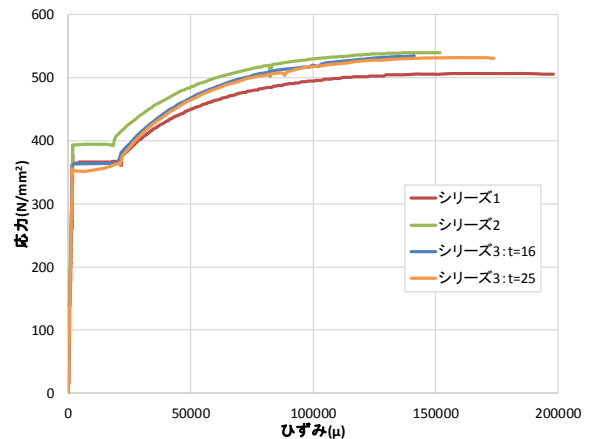


図3 応力-ひずみ関係(梁フランジ)

表4 シャルピー衝撃試験結果一覧

| シリーズ | 板厚 | $\sqrt{E_0}$ | $\sqrt{B_0}$ | $\sqrt{T_e}$ | $\sqrt{T_s}$ | $\sqrt{E_{shelf}}$ |
|-------|----|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------|
| | | J | % | ℃ | ℃ | J |
| シリーズ1 | 25 | 238 | 7 | -51 | -61 | 263 |
| シリーズ2 | 25 | 228 | 10 | -50 | -43 | 245 |
| シリーズ3 | 16 | 154 | 30 | -18 | -16 | 193 |
| | 25 | 170 | 20 | -41 | -26 | 183 |

$\sqrt{E_0}$: 0℃吸収エネルギー、 $\sqrt{B_0}$: 0℃脆性破面率
 $\sqrt{T_e}$: エネルギー遷移温度、 $\sqrt{T_s}$: 破面遷移温度
 $\sqrt{E_{shelf}}$: 上部棚吸収エネルギー

*1 東京電機大学 大学院 理工学研究科修士課程 大学院生
*2 東京電機大学 理工学部 建築・都市環境学系 教授・博士(工学)
*3 (一財)ベタリーピングつくば建築試験研究センター・博士(工学)
*4 (一財)ベタリーピングつくば建築試験研究センター・博士(工学)
(元宇都宮大学 大学院生)
*5 宇都宮大学 地域デザイン科学部 准教授・博士(工学)

*1 Graduate Student, Graduate School of Science and Eng., Tokyo Denki Univ.
*2 Prof., School of Science and Eng., Tokyo Denki Univ., Dr. Eng.
*3 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr. Eng.
*4 Tsukuba Building Test Laboratory of Center for Better Living, Dr. Eng.
(Former Graduate Student, Utsunomiya Univ.)
*5 Associate Prof., Faculty of regional design, Utsunomiya Univ., Dr. Eng.