

柱と梁が平面的・立面的に斜めに接合される柱梁接合部の力学挙動 その1 平面的に斜めに接合されるフランジ要素の実験

2. 構造-10. 鉄骨構造-f. 柱- 梁接合部

正会員 ○ 劉 雨辰*1

正会員 吉敷祥一*2

〃 仲田章太郎*3

〃 西沢 淳*4

柱梁接合部 平面斜め接合 梁フランジ
塑性変形能力 最大耐力 ひずみ分布

1. はじめに

建築物の柱梁接合部において、柱と梁が直交するように平面計画を行うのが一般的である。しかしながら、実際の建築物では、大空間の確保や意匠上の理由等から、柱と梁が平面的あるいは立面的に取付角度 θ (図1)をもって接合される場合がある(以下、平面斜め接合、立面斜め接合と呼ぶ)。「建築鉄骨標準ディテール」¹⁾では、平面斜め接合を採用する際に、H形鋼梁を斜めに加工する方法(図1(a))とダイアフラムを斜めに加工する方法(図1(b))が例示されている。しかしながら、柱梁接合部の平面・立面斜め接合に関する研究は少なく、必ずしも加工方法と力学特性の関係は明らかでない。例えば、平面斜め接合においてH形鋼梁を斜めに加工する方法で製作された柱梁接合部(図1(a))では、梁フランジの危険断面位置が不明確であり、その破壊機構についての検討が必要である。

本研究では、まず平面斜め接合された柱梁接合部を対象とし、梁フランジ要素の引張载荷実験を行い、その塑性変形能力を把握する。

2. Mises降伏条件による検討

ここでは、Mises降伏条件を用いて、文献2)を参考に平面斜め接合された梁フランジの破壊機構について検討する。引張力が作用する鋼板の応力状態を図2に示す。ここで鋼板の幅方向を u 断面、斜め方向を t 断面とし、 u 断面に直交する引張力が作用した際の t 断面の破断について考える。なお、以後は式展開の都合上、取付角度とは異なる角度 θ_f ($=90^\circ - \theta$)を定義して用いる(図2)。応力の降伏条件は次式で表される。

$$\Phi = \sigma_n^2 + 3\tau_m^2 - \sigma_u^2 = 0 \quad (1)$$

また、微小変形を仮定した場合、 t 断面に垂直な σ_n 方向のひずみは $du \sin \theta_f$, u 断面に平行な τ_m 方向のひずみは $du \cos \theta_f$ であり、応力仕事は(2)式で表される。

$$W_m = (\sigma_n \sin \theta_f + \tau_m \cos \theta_f) du \quad (2)$$

塑性歪法線則より ζ を非負の比例定数として次式が成り立つ。

$$du \sin \theta_f = \zeta \frac{\partial \Phi}{\partial \sigma_n} = 2\zeta \sigma_n, du \cos \theta_f = \zeta \frac{\partial \Phi}{\partial \tau_m} = 6\zeta \tau_m \quad (3)$$

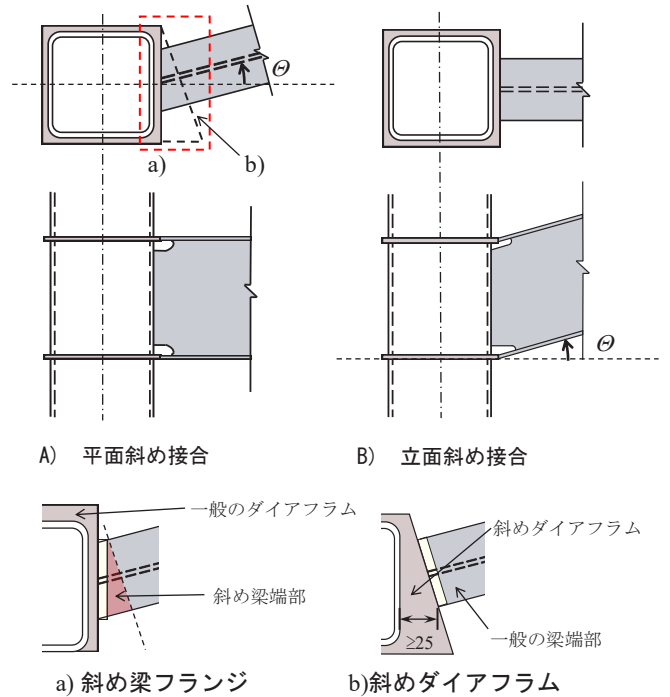


図1 斜め接合の分類

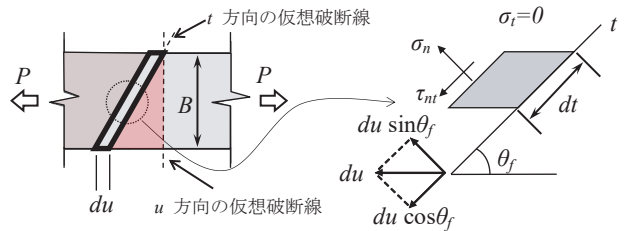


図2 Mises降伏条件(t の破断を仮定する)

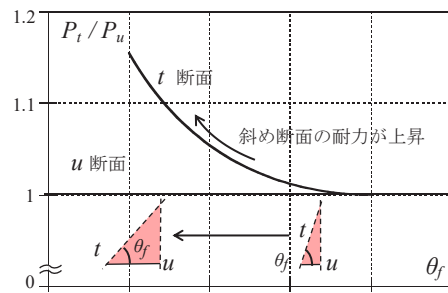


図3 u 断面に対する t 断面の引張耐力の比

Structural behavior of horizontal and vertical oblique beam-column connections (Part 1 Tensile test of beam-flange component with horizontal oblique joint)

Yuchen LIU, Shoichi KISHIKI, Shotaro NAKADA, Jun NISHIZAWA

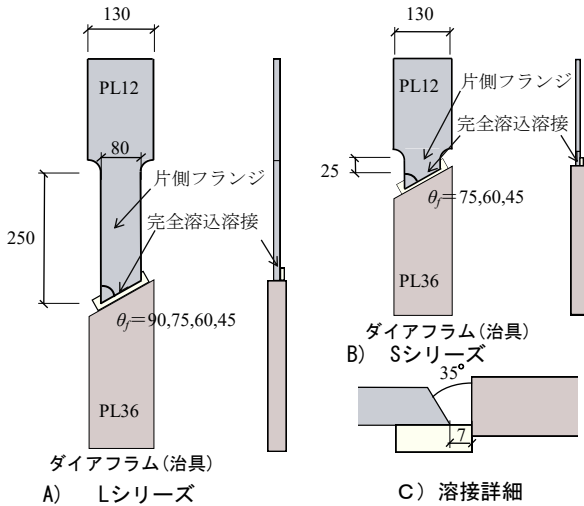


図4 試験体の概要

表1 材料の機械的性質

試験体		σ_y [N/mm]	σ_u [N/mm]	EL[%]
母材	SS400 PL12	316	425	28
治具	SS400 PL36	296	450	33
溶着金属	YGW 18	467	565	28

表2 実験結果の一覧

角度 θ_f	平行部 l [mm]	計測区間 L_0 [mm]	剛性 k [kN/mm]	降伏耐力 P_y [kN]	最大耐力 P_{max} [kN]	終局変位 δ_u [mm]	破壊モード
L90	250	315	217	257	398	74.6	B
L75			209	258	399	72.4	B
L60			210	255	399	63.0	B
L45			211	257	395	42.0	A
S75	42	107	217	266	424	14.6	B
S60	55	120	200	254	417	16.8	A
S45	72	137	208	260	412	12.7	A

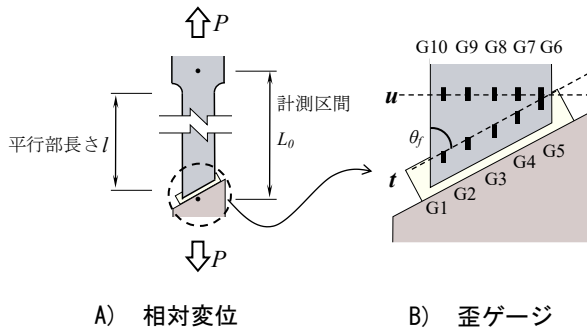


図5 計測計画

(1)~(3)式より、次式が得られる。

$$\sigma_n = \frac{3 \tan \theta_f}{\sqrt{3(3 \tan^2 \theta_f + 1)}} \sigma_u, \tau_n = \frac{1}{\sqrt{3(3 \tan^2 \theta_f + 1)}} \sigma_u \quad (4)$$

また、(4)式を(2)式に代入すれば応力仕事は次式で表せる。

$$W_{in} = \sqrt{1+2 \sin^2 \theta_f} \frac{\sigma_u}{\sqrt{3}} du \quad (5)$$

鋼板の厚さを d とし、応力仕事と変形の関係に基づいて、 t 断面と u 断面の引張耐力 P_t 、 P_u は次式で表せる。

$$P_u = \sigma_u B d, P_t = \frac{W_{in} B d}{du \sin \theta_f} = \frac{\sqrt{1+2 \sin^2 \theta_f} \sigma_u B d}{\sqrt{3} \sin \theta_f} \quad (6)$$

(6)式によって求めた u 断面に対する t 断面の引張耐力の比 P_u/P_t を角度 θ_f との関係として図3に示す。この図より、 t 断面と u 断面のなす角が小さくなるほど、つまりは取付角度 θ が大きくなるほど、斜めの t 断面は元断面より引張耐力が大きくなる事が分かる。すなわち、平面斜め接合において、斜めの t 断面が危険断面になることはないと考えられる。

3. 実験計画

3.1 試験体の概要

前章の検討結果の検証を含め、斜め接合を対象としたフランジ要素の引張実験を行う。試験体の概要を図4に、使用した材料の機械的性質を表1に示す。実験は、H形鋼梁 (RH400x200x8x13) がダイアフラムに平面斜め接合された柱梁接合部において、曲げ引張力が作用する梁フランジを想定して行う。試験体はPL12(SS400)とPL36(SS400)により、それぞれH形鋼梁のフランジとダイアフラムを再現している。なお、本実験では梁フランジ要素の破壊機構を確認するため、ダイアフラムには十分に厚いPL36を用いた。梁フランジ要素とダイアフラムの接合部は、ルート間隔7mm、開先角度35°のレ形開先を設け、裏当金FB-9x25を取り付けて完全溶け込み溶接とした。なお、溶接ワイヤーにはYGW18を使用した。

実験のパラメータは梁フランジ要素のダイアフラムに対する角度 θ_f (以下、平面角度) であり、平面角度 $\theta_f = 45, 60, 75, 90^\circ$ となる4体の試験体 (Lシリーズ) を製作した。また、 $\theta_f = 45, 60, 75^\circ$ については、梁フランジ要素の溶接部近傍の破壊を促すための試験体として、Lシリーズの1/10の平行部長さを有する3体の試験体 (Sシリーズ) も用意した。

3.2 荷重方法と計測計画

実験は、アムスラー型万能試験機を用い、試験体の中心と加力方向の作用線が一致するように設置し、試験体の両端から170mm程度をチャックで固定して行う。荷重は、単調引張荷重とし、試験体の破断による耐力低下が確認できるまで行った。

計測計画を図5に示す。実験中は計測区間の上端と下端に設置された変位計により計測された相対変位を用いて両者の差分から軸変形 δ を得る。また、梁フランジ要素とダイアフラムの溶接部近傍において、幅方向 (u 断面) と斜め方向 (t 断面) にひずみゲージを貼付している。なお、 $\theta_f = 15, 30^\circ$ の試験体のように両方向のひずみゲージの位置が重なる場合には、一枚のひずみゲージを両方向のひずみゲージとして併用している。

4. 実験結果と考察

4.1 荷重 - 平均ひずみ関係と破壊状況

荷重と平均ひずみの関係をシリーズ毎に図6に、試験体

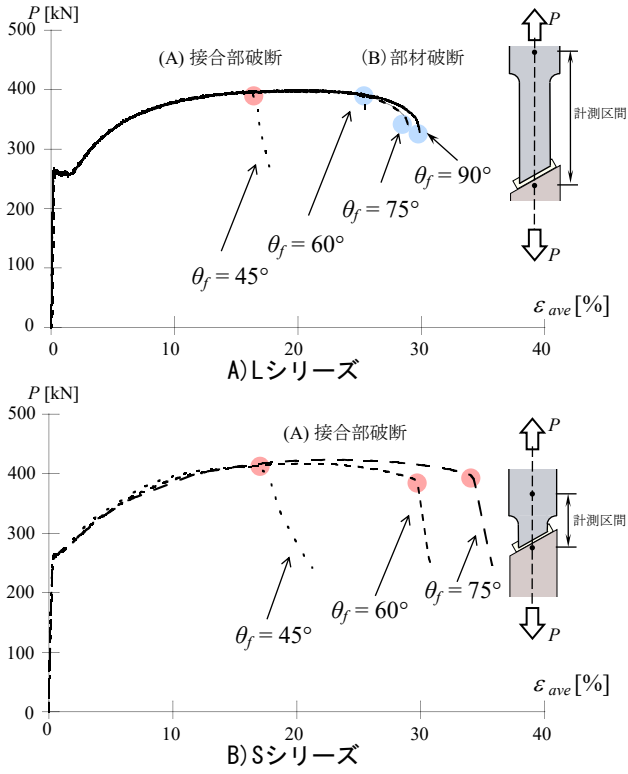


図 6 荷重 - 平均ひずみ関係

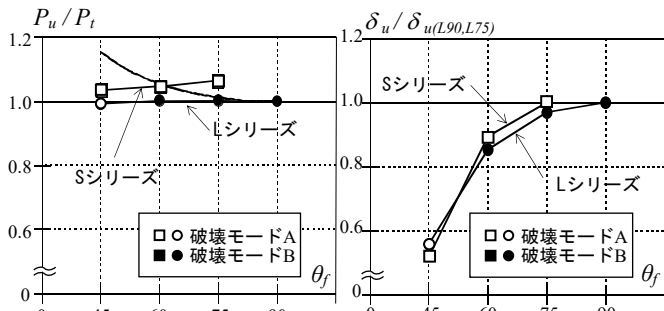


図 7 最大耐力の比較

図 8 塑性変形能力の比較

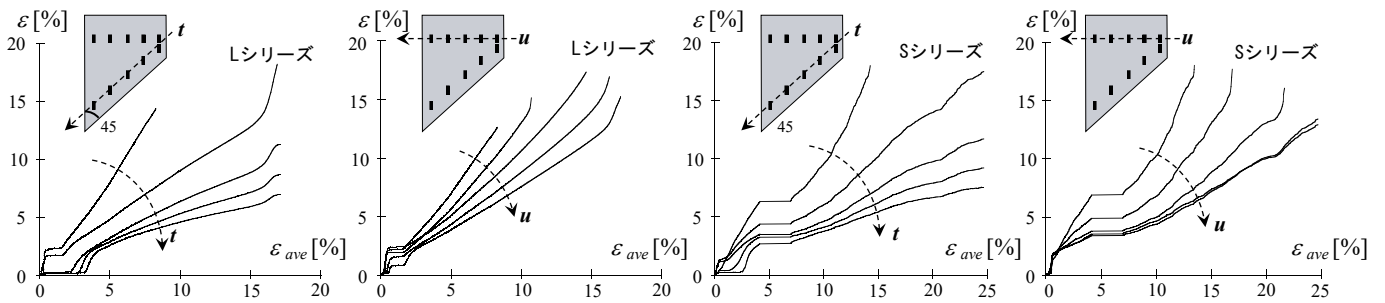


図 9 $\theta_f = 45^\circ$ におけるひずみ履歴

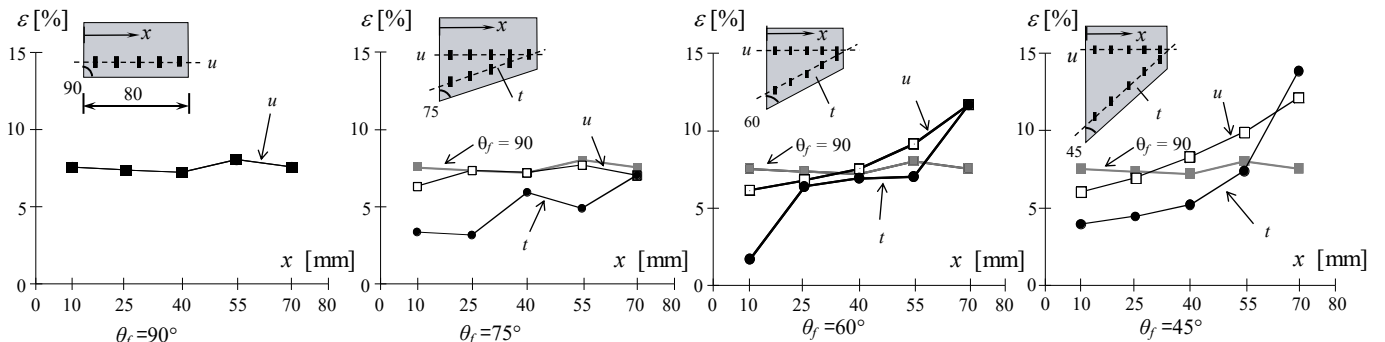
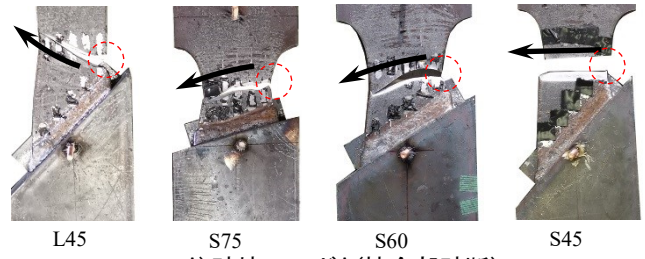


図 10 $\epsilon_{ave} = 8\%$ 時のひずみ分布

の破壊状況を写真1に示す。また、実験結果の概要を表2にまとめる。図の縦軸は荷重 P であり、横軸は軸変形 δ を平行部長さ l で除した平均ひずみ ϵ_{ave} である。また、線種により平面角度 θ_f を区別し、試験体の終局状態であると判断した点にマーカーを付けている。マーカーは、赤色を接合部破断（破壊モードA）、青色を母材破断（破壊モードB）とする。破壊モードAは斜め接合の端点（写真1,赤破線の丸）から亀裂が生じて破断に至った場合、破壊モードBは平行部の中央付近から破断に至った場合である。

実験より得られた履歴挙動を見ると、いずれの試験体も荷重初期の荷重は、ほぼ等しい初期剛性を維持したまま直線的に増加し、260kN付近で降伏した。その後、ひずみ硬化によって緩やかに耐力が上昇している。最終的に



A) 破壊モードA(接合部破断)



B) 破壊モードB(母材破断)

写真1 試験体の破壊状況

は、試験体L45を除くLシリーズは破壊モードA、Sシリーズと試験体L45は破壊モードBの破断に至った。

4.2 最大耐力と塑性変形能力

ここでは、実験より得られた最大耐力と塑性変形能力を考察する。最大耐力と塑性変形能力を試験体L90に対する比として整理し、平面角度との関係を図7、図8に示す。なお、塑性変形能力は、図6において終局状態であると判断とした点の軸変形と定義している。図中のマーカーは、種類によって試験体のシリーズを、また黒塗りと白抜きの違いによって破壊モードを区別している。

最大耐力(図7)は、いずれの試験体も平面角度によらず、ほぼ一定値である。Sシリーズは、平行部が短いため塑性化部の拘束が強く、平行部の長いLシリーズよりも最大耐力は大きい。平面角度の違いによる影響は小さい。一方、塑性変形能力(図8)は、平面角度が小さくなるに従って低下している。平面角度45°では、試験体L90のおおよそ半分程度の変形で破断に至っており、平面斜め接合の影響が顕著に表れている。

4.3 溶接部近傍のひずみ履歴とその分布

次いで、溶接部近傍のひずみに着目して分析を行う。平均ひずみ ϵ_{ave} と溶接部近傍におけるひずみの関係を図9に、また、平均ひずみ8%時のu断面とt断面のひずみ分布を図10に示す。なお、図9では最も塑性変形の低下が著しかった平面角度45°の試験体について示している。

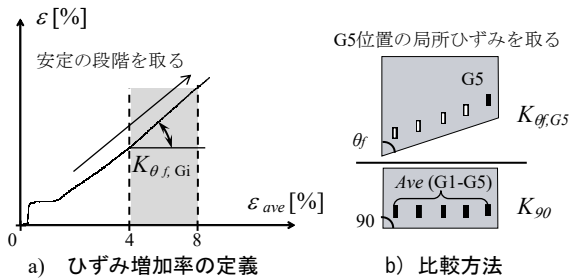


図11 ひずみ増加率の定義と比較方法

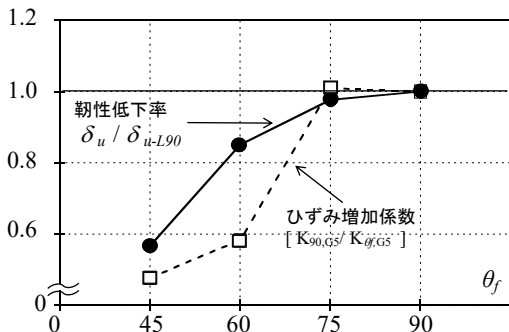


図12 ひずみ増加率と塑性変形能力の比較

平均ひずみに対する溶接部近傍のひずみ履歴(図9)を見ると、u断面、t断面ともに両者の交差位置、つまりt断面の先端に行くほど、ひずみが大きくなっていることが分かる。ひずみ分布(図10)において平面角度の違いを比較すると、平面斜め接合されるとu断面とt断面の交差部におけるひずみの増大がより顕著に表れており、その程度は平面角度が小さいほど大きい。したがって、平面角度が小さいほど梁フランジ要素の変形能力が低下した要因は、上記のひずみの増大が原因であると考えられる。

4.4 ひずみの増大と塑性変形能力の関係

前節におけるひずみ増大を定量的に評価し、塑性変形能力との関係を考察する。ここで図9中における平均ひずみが4~8%の範囲の勾配をひずみ増加率Kとして用いる(図11(a))。また、平面斜め接合とした試験体において最もひずみの大きかったG5のひずみ増加率Kを用い、試験体L90におけるひずみ増加率の平均値K₉₀に対する比を、平面斜め接合によるひずみ増加係数と定義する(図11(b))。

ひずみ増加係数の逆数と塑性変形能力の比(図8)を、平面角度との関係として表し、図12に示す。ひずみ増加係数の逆数と塑性変形能力を比較すると、両方の傾向は概ね一致しており、平面斜め接合における塑性変形能力の低下は、u断面とt断面の交差部におけるひずみの増大が原因であると言える。

5. まとめ

本報では、柱梁接合部における平面斜め接合される梁フランジ要素の引張載荷実験を行った。以下に得られた結果を示す。

- [1]梁フランジに斜め切断してダイアフラムに平面斜め接合する場合、斜め方向のt断面では耐力が上昇するため、幅方向のu断面が危険断面となることを示した。
- [2]平面斜め接合された梁フランジ要素は、u断面とt断面の交差部におけるひずみが最も大きくなった。また、平面角度が小さいほど、つまりは柱と梁取付角度θが大きいほど、この点のひずみの増大が顕著となり、その程度に応じて塑性変形能力が低下することが分かった。

参考文献

- 1) 鉄骨建設業協会：建築鉄骨標準ディテール 2016年版, p.35 2016.4
- 2) 吹田 啓一郎, 李 相周, 井上 一郎：有孔鋼板の引張強さと変形能力(その1 破壊基準と最大耐力), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.977-978, 2001.9

*1 東京工業大学 環境・社会理工学院 修士課程
 *2 東京工業大学 准教授・博士(工学)
 *3 東京工業大学 環境・社会理工学院 博士後期課程
 *4 株式会社角藤

*1 Graduate Student, Tokyo Institute of Technology
 *2 Associate Professor, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.
 *3 Doctoral Student, Tokyo Institute of Technology
 *4 KAKUTO CORP.

柱と梁が平面的・立面的に斜めに接合される柱梁接合部の力学挙動

その2 平面的に斜めに接合される接合部実験の計画

正会員 ○ 西澤 淳^{*1} 正会員 劉 雨辰^{*2}
同 仲田章太郎^{*2} 同 吉敷祥一^{*2}

柱梁接合部 斜め接合 取付角度
繰り返し載荷 塑性変形能力

1. はじめに

既報(その1)¹⁾では、取付角度 θ (図1)をもつ斜め接合されたフランジの要素実験を行い、フランジの危険断面について検討した。

本報(その2, 3)では、平面的に斜めに接合された柱梁接合部を対象とする繰り返し載荷実験を行い、取付角度 θ (図1(b))が塑性変形能力に及ぼす影響について把握する。

2. 実験計画

2.1 試験体概要

試験体の機械的性質を表1に、また試験体の概要を図2に示す。試験体は、柱梁接合部を含む十字形部分架構であるが、実験は梁の片側ずつを対象として実施する。試験体の柱は $\square 250 \times 250 \times 12$ (BCR295)、梁はRH400 \times 200 \times 8 \times 13、ダイアフラムはPL19(SN490C)である。梁フランジはノンスカリップ工法による完全溶け込み溶接とし、溶接ワイヤーにはYGW18を使用した。

2.2 実験パラメータ

試験体一覧を表2に示す。実験のパラメータは、取付角度 θ と偏心接合の有無である。 $\theta=0^\circ$ となるような試験体を標準試験体(試験体No.1)とし、これに対し、 $\theta=15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$ となるように梁が斜めに切断された試験体を製作し、取付角度の影響を確認する。偏心接合は、「鋼構造接合部設計指針」²⁾に則りダイアフラムの出寸法を25mmに収めるように接合した。さらに、製作方法の違いが塑性変形能力に及ぼす影響を検討するため、ダイア

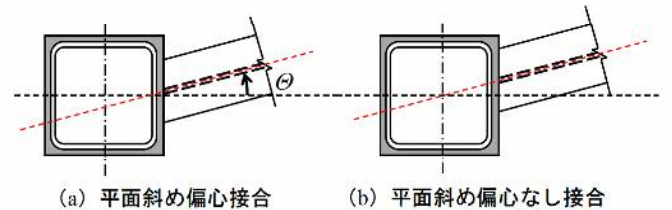


図1 平面斜め接合の偏心問題

表1 鋼材の機械的性質(ミルシート値)

鋼種	降伏点 σ_y [N/mm ²]	引張強さ σ_u [N/mm ²]	降伏比 Y.R.[%]	破断伸び EL.[%]
SS400	313	440	71	32

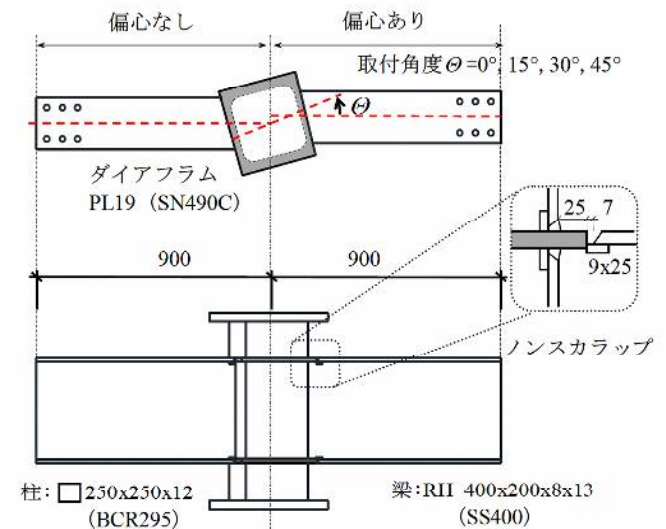


図2 試験体の概要

表2 試験体一覧

試験体名	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
取付角度 θ	0°	15°		30°		45°	
載荷長 l [mm]	2175	2170	2170	2154	2186	2125	2233
ダイアフラム 詳細							
偏心接合	なし	なし	なし	なし	あり	なし	あり

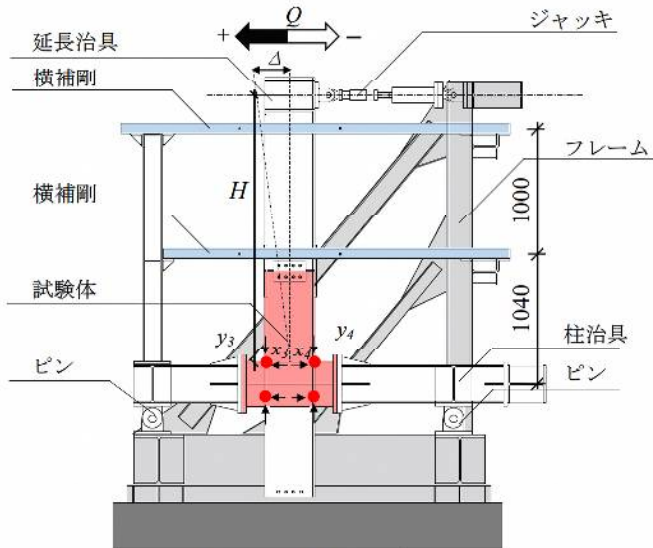


図3 セットアップ

ラムを斜めに切断することにより梁フランジの取付角度を 0° にした試験体 (No.3) も用意した。

2.3 セットアップと計測計画

試験体のセットアップを図3に示す。図中の赤色部分が試験体である。試験体の柱端は、柱治具を介して、フレームから取り付けられたピンにより支持されている。一方、試験体の梁は、延長治具を介して、ジャッキと接続し、油圧ジャッキを用いて荷重を行う。梁の中間には、横補剛を設置し、横座屈の発生を抑えている。標準試験体No.1における荷重点から梁端部までの距離 (以下、荷重長 H) は2175mmである。しかしながら、他の試験体では、柱を回転させることにより試験体の取付角度を変化させるため、荷重点から梁端部までの距離は取付角度ごとに若干異なっている。

計測計画を図4に示す。変形については、荷重点の絶対変位 D 、ダイヤフラム側面に取り付けられたターゲット (図3中の赤丸) より梁端部中心における水平・鉛直方向の絶対変位 x_3, x_4, y_3, y_4 を計測した。総回転角 θ_D と柱の回転角 θ_c は次式より得られる。

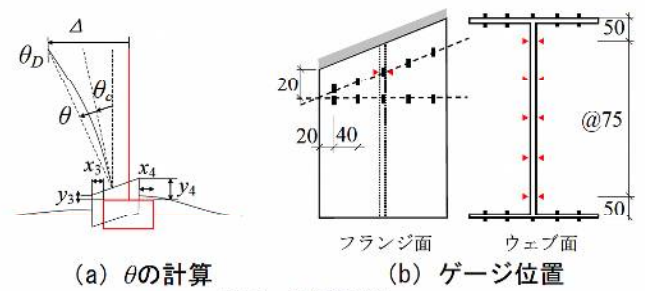
$$\theta_D = \frac{\Delta - \frac{x_3 + x_4}{2}}{H} \quad (1)$$

$$\theta_c = \frac{y_4 - y_3}{D_b - t_f} \quad (2)$$

ここで、 D_b は梁せい、 t_f は梁フランジの厚さである。また、部材角 θ は、総回転角 θ_D と柱の回転角 θ_c の差分であり、次式で表される。また、この値を荷重の制御値に用いる。

$$\theta = \theta_D - \theta_c \quad (3)$$

せん断力 Q は、ジャッキに接続したロードセルにより計測する。その他、ひずみ分布を確認するため、歪ゲー



(a) θ の計算 (b) ゲージ位置

図4 計測計画

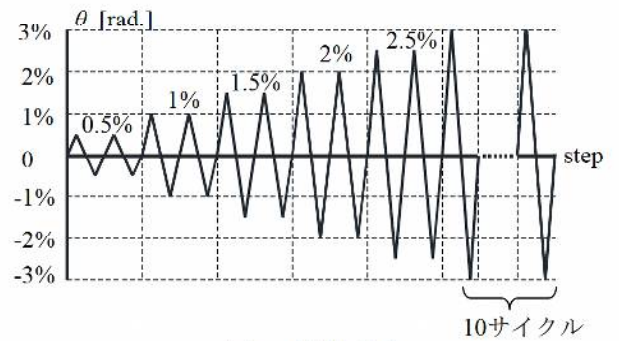


図5 荷重履歴

ジを図4(b)のように貼付した。図中、フランジ部のゲージ位置は黒色マーカー、ウェブのゲージ位置は赤色の三角形で表す。フランジ部のゲージ位置は水平方向と斜め方向の両方向を測る。なお、溶接部の熱影響を避けるため溶接端部から20mm離している。また、取付角度 θ の変化と共に斜めのゲージ位置も変化させている。

2.4 荷重計画

荷重履歴を図5に示す。荷重は、基本的には各振幅を2サイクルずつ繰り返す正負交番漸増変位振幅荷重である。変位振幅としては、部材角 θ にて $\pm 0.5, \pm 1.0, \pm 1.5, \pm 2.0, \pm 2.5, \pm 3.0\%$ を採用している。また、部材角 $\theta = 3.0\%$ の荷重に関しては10サイクル行い、繰り返し変形性能も併せて確認している。

3. まとめ

本報(その2)では、平面的に斜めに接合された柱梁接合部の塑性変形能力を把握するための繰り返し荷重実験の計画について示した。

謝辞

本研究は、JST産学共創プラットフォーム共同研究推進プロジェクトによる成果です。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 劉 雨辰, 吉敷祥一, 仲田章太郎, 西澤 淳: 柱と梁が平面的・立面的に斜めに接合される柱梁接合部の力学挙動(その1), 日本建築学会関東支部研究報告集1, pp.433-436, 2020.3
- 2) 日本建築学会: 鋼構造接合部設計指針, 第3版, p.168, 2012.3

*1 株式会社角藤

*2 東京工業大学

KAKUTO CORP.

Tokyo Institute of Technology

柱と梁が平面的・立面的に斜めに接合される柱梁接合部の力学挙動

その3 平面的に斜めに接合される接合部実験の実験結果

正会員 ○ 劉 雨辰*1
同 吉敷祥一*1正会員 仲田章太郎*1
同 西澤 淳*2柱梁接合部 平面斜め接合 取付角度
繰り返し载荷 塑性変形能力

1. はじめに

本報(その3)では、実験結果について述べる。

2. 実験結果と考察

2.1 荷重変形関係

試験体No. 1とNo. 2の履歴挙動と終局状態の様子を図1に、実験結果一覧を表2に示す。図の縦軸はせん断力 Q に载荷長 H を乗じた曲げモーメント M であり、横軸は部材角 θ である。また、図中の赤色線は弾性剛性の計算値とミルシート値を用いて算出された全塑性モーメント M_p である。なお、ここでは部材角 $\theta=0.03\text{rad}$ の2サイクル目までの結果を示している。

履歴曲線は、両試験体ともに計算値とほぼ同程度の弾性剛性を発揮している。全塑性モーメント M_p を超える領域では、歪硬化を伴いながら安定した紡錘型の履歴曲線を描いている。しかしながら、両者ともに $\theta=-0.03\text{rad}$ の2サイクル目の载荷中に局部座屈(図1中、写真)が確認され、耐力が緩やかに低下している。

2.2 取付角度の違いによる性能の比較

ここでは、取付角度 θ が梁の性能に及ぼす影響について検討する。まず、最大耐力に着目する。サイクル毎の最大耐力の推移について図2に示す。図中、○印はNo.1($\theta=0^\circ$)、●はNo.2($\theta=15^\circ$)の結果を表している。なお、ここでは正側の最大耐力のみを示している。両試験体の最大耐力の推移はほぼ同様の傾向を示している。具体的には、12サイクル目までは歪硬化の影響により耐力は増加し、それ以降は前述した局部座屈の影響により最大耐力の低下が確認できる。また、10サイクル以降の $\theta=0.03\text{rad}$ の一定変位振幅载荷では、局部座屈変形が進行するものの、一定の耐力に収束し、特に最後の3サイクル程度ではほぼ一定の耐力を維持している。

次いで、エネルギー吸収能力に着目する。履歴曲線から得られた骨格曲線と累積曲線を図3、図4に示す。両試験体の骨格曲線と累積曲線の挙動は、ほぼ同様であり、取付角度の違いは見られない。骨格曲線(図3)では、No.1($\theta=0^\circ$)に比べてNo.2($\theta=15^\circ$)の弾性剛性がやや低いが、降伏後の挙動はほぼ同様であり、今後の実験結果と

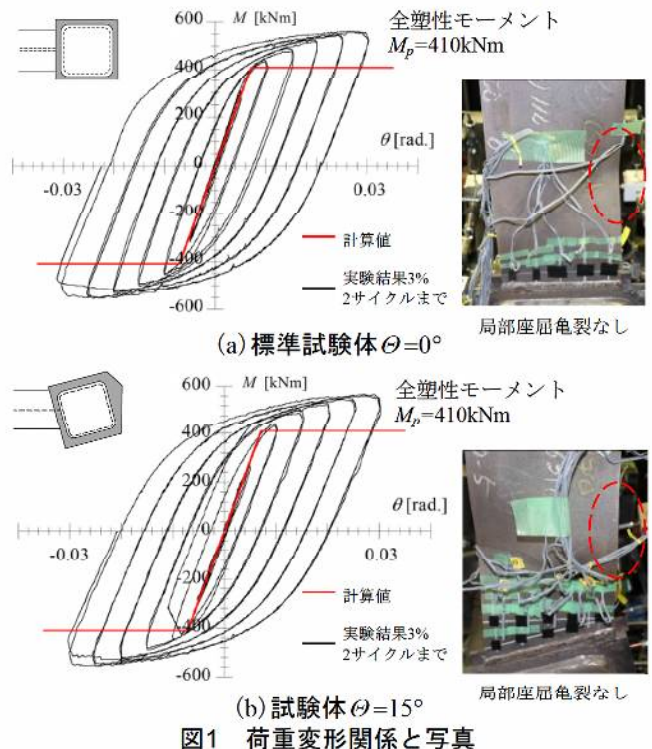
合わせて詳細に分析する必要がある。しかし、大局的にみれば、 $\theta=15^\circ$ 程度の取付角度が梁の剛性や耐力といった履歴挙動に及ぼす影響は小さいと言える。

2.3 ひずみ分布の考察

最後に、前報(その1)¹⁾の要素実験で得られた結果を踏まえ、取付角度が梁フランジのひずみ分布に及ぼす影響について検討する。0.025rad. 载荷時における曲げモーメントに対する曲げ引張側の梁フランジのひずみ増分、およびそのフランジ幅方向の分布を図5(No.1)、図6(No.2)に示す。まず試験体No. 1($\theta=0^\circ$)の結果(図5)をみると、全塑性モーメント近傍から曲げモーメントに対してひずみが急増している。また、幅方向のひずみ分布をみると、幅中央に比べて両端部のひずみが大いことが分かる。これは通しダイアフラムを介して中空断面

表1 実験結果一覧

試験体	取付角度 θ	弾性剛性 K_1 [kN/mm]	降伏耐力 M_y [kNm]	最大耐力 M_{max} [kNm]	局部座屈発生
1	0°	11.3	455.7	559.2	3%の1目サイクル
2	15°	9.35	452.7	567.0	3%の1目サイクル



の柱に接続しているためであると考えられる。同様に、No.2 ($\theta = 15^\circ$) についても、 u 方向のひずみ分布はNo.1とほぼ等しい。しかしながら、 t 方向では u 方向と共有している右端を除けば、 u 方向よりひずみが小さいことが分かる。これは、前報¹⁾で示したようにミーゼスの降伏条件に従えば、斜めの t 方向断面の耐力は、 u 方向より大きくなるからである。したがって、本実験のように応力勾配を持つ条件下においても、 t 方向より u 方向の方が危険断面となりうることを示されたと言える。

最後に、 u 方向のひずみ分布について、前報¹⁾の要素実験との比較を図7に示す。要素実験(図7(b))をみると、取付角度 $\theta = 0^\circ$ と $\theta = 15^\circ$ の結果はほぼ等しく、 $\theta = 30^\circ$ 以上では右端にいくほどひずみが大きくなっている。本実験(図7(a))においても取付角度 $\theta = 0^\circ$ と $\theta = 15^\circ$ のひずみ分布はほぼ一致している。したがって、梁においても取付角度 $\theta = 15^\circ$ 程度までであれば、塑性変形能力に及ぼす取付角度の影響は小さいと考えられる。なお、No.3~7, $\theta = 30^\circ, 45^\circ$ の実験結果については、稿を改めて報告する。

3. まとめ

本論文では平面的に斜めに接合された柱梁接合部を対象とし、取付角度が梁の力学挙動に及ぼす影響について検討した。本報(その3)までの検討結果より、 15° 程度の取付角度であれば梁の履歴挙動や塑性変形能力に及ぼす取付角度の影響は小さいことが分かった。

参考文献

- 1) 劉 雨辰, 吉敷祥一, 仲田章太郎, 西澤 淳: 柱と梁が平面的・立面的に斜めに接合される柱梁接合部の力学挙動(その1), 日本建築学会関東支部研究報告集I, pp.433-436, 2020.3

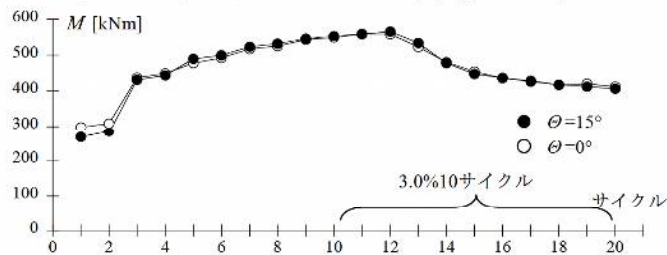


図2 振幅ごとの最大耐力の推移

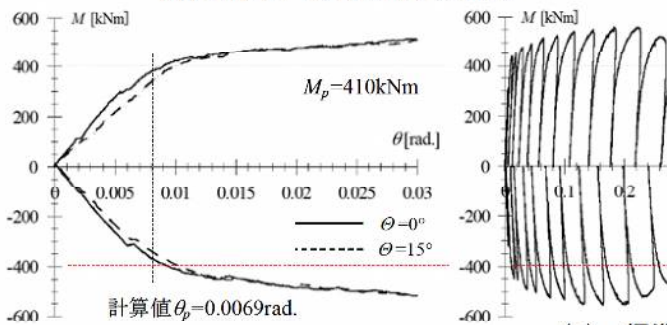
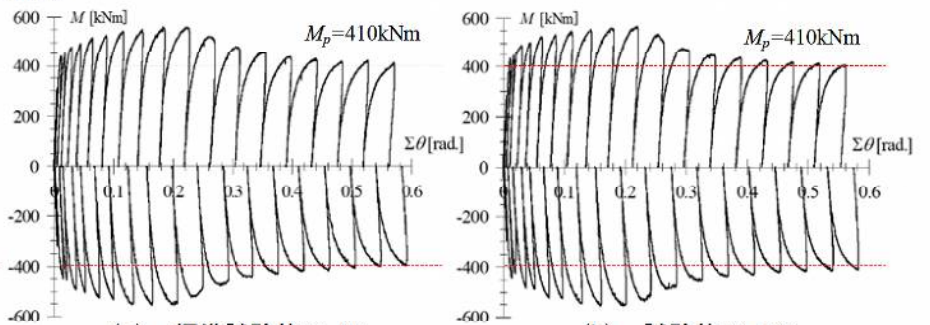
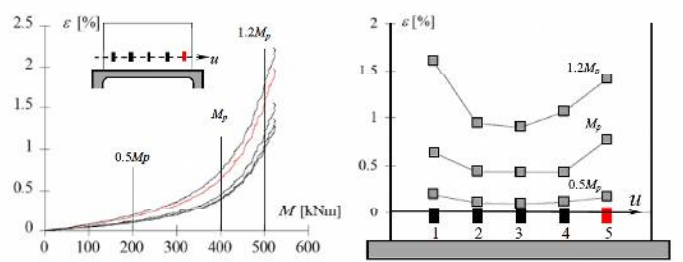


図3 骨格曲線

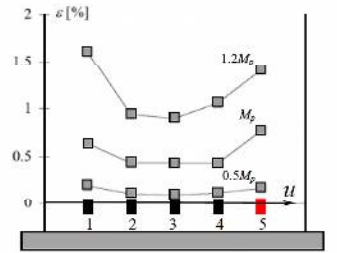


(a) 標準試験体 $\theta = 0^\circ$

(b) 試験体 $\theta = 15^\circ$

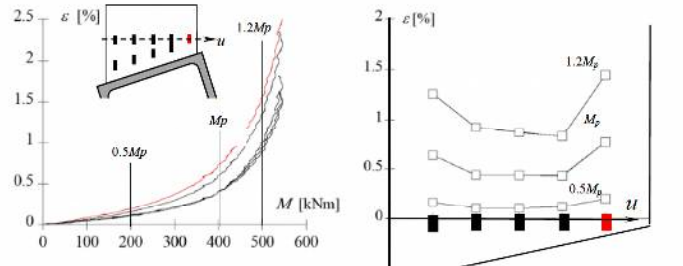


(a-u) $\theta = 0^\circ$ 引張側のひずみ曲線

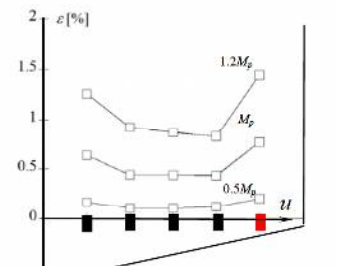


(b-u) M_p よりひずみ分布

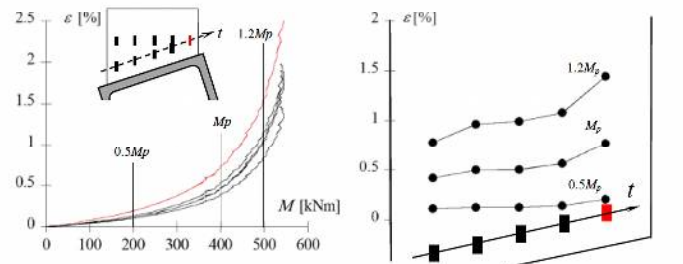
図5 $\theta = 0^\circ$, 振幅0.025rad. $\theta = 0 \sim 2.5\%$ までのひずみ状態



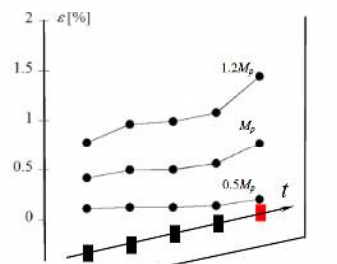
(a-u) $\theta = 15^\circ$ 引張側 u 方向のひずみ曲線



(b-u) M_p よりひずみ分布

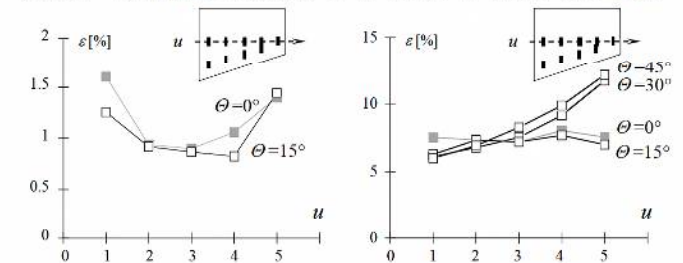


(a-t) $\theta = 15^\circ$ 引張側 t 方向のひずみ曲線

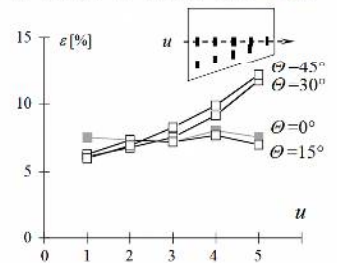


(b-t) M_p よりひずみ分布

図6 $\theta = 15^\circ$, 振幅0.025rad. $\theta = 0 \sim 2.5\%$ までのひずみ状態



(a) $1.2M_p$ 時のひずみ分布比較



(b) 前報要素実験の結果

図7 ひずみ分布の比較

*1 東京工業大学
*2 株式会社角藤

Tokyo Institute of Technology
KAKUTO CORP.