

# (48) 角形CFT柱—H形鋼梁接合部における 梁ウェブ接合部曲げ耐力に関する研究 —パネルアスペクト比による比較—

城戸 將江<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 北九州市立大学准教授 国際環境工学部建築デザイン学科 (〒808-0135 福岡県北九州市若松区  
ひびきの1-1)

E-mail:kido-m@kitakyu-u.ac.jp

本研究の目的は、角形CFT柱—スラブ付きH形鋼梁接合部の載荷実験を行い、最大耐力に対する、パネルアスペクト比、スラブの有無の影響を示すことである。

最大荷重を全塑性モーメントに対応する荷重で無次元化した無次元化最大荷重は、パネルアスペクト比が小さい試験体が最も大きく、最大荷重時の部材角はパネルアスペクト比が小さい試験体が最も小さかった。スラブの有無について比較すると、スラブの有る方が無次元化最大荷重はやや小さく、パネルアスペクト比が大きい試験体のほうが無次元化最大荷重の差が顕著であった。

**Key Words :** *Beam web, floor slab, composite beam, out-of-plane deformation*

## 1. はじめに

米国でのノースリッジ地震や、日本での兵庫県南部地震において、実構造物における梁端溶接接合部の脆性的破断現象が観察された<sup>1)</sup>。また、通しダイアフラムと梁フランジの完全溶込溶接部近傍に発生した脆性破断・亀裂のほとんどが、角形鋼管柱・H形鋼梁ラーメン構造の梁端下フランジにおいて発生していた<sup>2)</sup>。

上記のような被害を防ぐ目的で、「鉄骨梁端溶接接合部の脆性的破断防止ガイドライン・同解説」<sup>1)</sup> (以下、破断防止ガイドライン) が刊行された。そこでは、梁端接合部設計法と梁端接合部溶接施工法が示され、角形鋼管柱に取り付くH形鋼梁の保有塑性回転角 (保有変形性能) の評価式も示されている。

また、コンクリート充填鋼管柱とH形鋼梁からなる柱梁接合部において、梁フランジの応力を柱に伝達するダイアフラム等の接合部局所の性状は、多くの実験的研究により把握され、接合部の耐力評価法および復元力特性モデルが提案されており、それらはコンクリート充填鋼管構造設計施工指針<sup>3)</sup>第1編第4章にまとめられている。

一方、鋼構造の梁端接合部の曲げ耐力は、梁フランジと梁ウェブの各々の曲げ耐力の和として評価できる。た

だし、柱が中空鋼管の場合には、梁ウェブの取り付く部分の柱スキンプレートに面外変形が生じ、柱に伝達される梁ウェブの曲げモーメントが小さくなり、その結果、梁端接合部の曲げ耐力が低下する。中空角形鋼管柱、中空円形鋼管柱に接合される梁ウェブ接合部の曲げ耐力に関しては、耐力評価法がいくつか提案されており<sup>4,8)</sup>、鋼管の幅厚比、径厚比に応じて梁ウェブ接合部の曲げ耐力を評価できる状況にある。また、鋼管スキンプレートの面外変形により梁ウェブ接合部の曲げの伝達効率が低下すると、梁に十分な変形能力が確保できない<sup>9)</sup>。このことから梁ウェブの伝達効率と梁の変形能力の関係が示されている<sup>10,13)</sup>。

柱がコンクリート充填角形鋼管 (以下角形 CFT 柱) の場合には、梁ウェブが圧縮側となる位置ではコンクリートの存在により、柱スキンプレートの面外変形は抑えられると考えられるが、引張側となる位置では、コンクリートの存在による面外変形の拘束は期待できない<sup>14)</sup>。このことから、著者らは機構法により角形 CFT 柱および円形 CFT 柱に取り付く梁ウェブ接合部の曲げ耐力を計算した<sup>14, 15)</sup>。また、角形 CFT 柱—H形鋼梁接合部の曲げ実験を行い、その最大耐力や梁ウェブひずみ分布について検討を行っており、スラブが付いていない場合は、幅厚比が最大耐力に及ぼす影響は少なく<sup>16)</sup>、スラブが付

いている場合は、柱の幅厚比が大きい試験体、スカラップの有る試験体、コンクリートを充填していない中空試験体のほうが耐力が小さいことを示した<sup>17)</sup>。

本研究の目的は、文献 16)、17)に引き続き、パネルアスペクト比およびスラブの有無を実験変数とした柱梁接合部実験を行い、全塑性モーメントに対する最大荷重の比や最大荷重時の部材角に対する実験変数の影響を示すことである。

なお、荷重条件を単純梁形式としており、柱の両側に取りつく両方の梁においてスラブ側が圧縮となり、実際の構造物には生じにくい荷重条件であるが、本研究は柱スキンプレートの面外変形と梁ウェブ接合部の曲げ耐力に着目した基礎的研究である。

## 2. 実験概要

試験体は、 $\square-300 \times 300 \times 9$ の角形 CFT 柱とスラブのついた H 形鋼梁からなる柱梁接合部である。荷重条件は単純梁形式で、単調荷重とする。表-1 に試験体一覧を示す。No.1, 2 がスラブのない試験体で、NO.3,4 がそれぞれ No.1,2 と同じパネルアスペクト比でスラブの付いた試験体である。No.5 は文献 17)に示したもので基準となる試験体である。表-2 に試験体の実測寸法を示す。スラブ無、スラブ有試験体で板厚は共通としている。

試験体の形状(スラブ有)を図-1 に示す。柱鋼管は BCR295 を、梁は SN400B を、ダイアフラムは SN490C で板厚 19mm (No.2,4,5 試験体)、16mm (No.1, 3 試験体)を使用した。スラブには合成デッキプレートを用い、幅は 920mm とした。シアコネクタとして頭付きスタッド 13φ 長さ 80mm を 200 ピッチ(ダブル)で配置した。また、溶接金網 6φ@150 をかぶり厚さ 30mm の位置に配筋した。スラブの周囲には、合成デッキを受け

るためのアングル L-50×50×6 を取付け、そのアングルに幅 130mm 厚さ 3.2mm の鋼板を型枠代わりとして溶接している。

鋼材の材料特性を調べるため、引張試験を行った。引張試験の結果を表-3 に示す。なお、柱鋼管については、0.2% オフセット法により降伏応力度  $\sigma_y$  を求めた。引張試験片はすべて JIS1 号 B 試験片を用いた。試験体の柱に充填したコンクリートおよびスラブコンクリートのシリンダー強度を表-1 に示す。代表的な応力-ひずみ関係を図-2 に示す。

荷重装置を図-3 に示す。鉛直変位は、それぞれの梁端で 2 点を計測し両端の部材角を求めた。

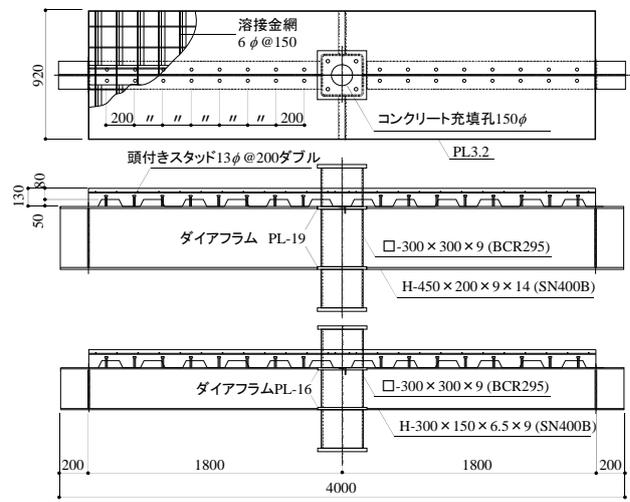


図-1 試験体 (単位:mm)

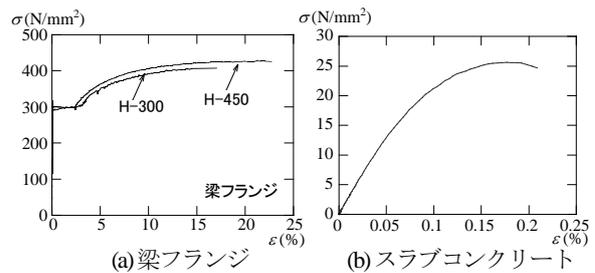


図-2 材料の応力-ひずみ関係

表-1 試験体一覧

No.	試験体名	梁寸法	パネルアスペクト比	コンクリート強度(Nmm <sup>2</sup> )	
				柱	スラブ
1	R33C-PA1.0-NS	H-300×150×65×8	1.0	39.7	無
2	R33C-PA1.5-NS	H-450×200×9×14	1.5	39.7	無
3	R33C-PA1.0-NS-S	H-300×150×65×8	1.0	35.0	24.7
4	R33C-PA1.5-NS-S	H-450×200×9×14	1.5	35.8	25.0
5	R33C-PA1.3-NS-S <sup>3)</sup>	H-400×200×8×13	1.3	36.3	28.2

表-2 試験体実測寸法 (単位:mm)

試験体名	梁フランジ板厚	梁ウェブ板厚	柱鋼管板厚	ダイアフラム板厚
R33C-PA1.0-NS	9.09	6.51	8.99	16.18
R33C-PA1.5-NS	14.27	8.97	8.99	18.89
R33C-PA1.3-NS-S	13.27	7.98	8.99	18.95

表-3 引張試験結果

部位		$\sigma_y$ (Nmm <sup>2</sup> )	$\sigma_u$ (Nmm <sup>2</sup> )	$\sigma_y/\sigma_u$ (%)	$\epsilon_u$ (%)	EL (%)
H-300	フランジ	288	391	73.6	2.90	23.5
	ウェブ	316	425	74.3	3.11	28.0
H-450	フランジ	301	429	70.1	2.43	30.0
	ウェブ	336	444	75.7	2.69	27.3
H-400	フランジ	325	438	74.1	2.60	26.9
	ウェブ	359	455	78.9	2.77	26.2
ダイアフラム PL19		383	528	72.6	1.91	27.0
ダイアフラム PL16		378	528	71.53	1.98	26.8

$\sigma_y$ ,  $\sigma_u$ : 降伏応力度および引張強さ,  $\sigma_y/\sigma_u$ : 降伏比  
 $\epsilon_u$ , EL: ひずみ硬化開始時ひずみ度および破断伸び



#### 4. 結論

角形 CFT 柱-H 形鋼梁接合部の実験を、パネルアスペクト比、スラブの有無を実験変数として行い、全塑性モーメントに対応する荷重で無次元化した荷重  $PP_p$ -変形関係に対し検討を行った。

最大荷重を全塑性モーメントに対応する荷重で無次元化した値は、パネルアスペクト比が小さい試験体が最も大きく、最大荷重時の部材角も大きかった。スラブの有無について比較すると、パネルアスペクト比が大きい試験体のほうが無次元化最大荷重の差が顕著で、スラブの有る試験体の無次元化最大荷重がスラブの無い場合よりも小さくなっていった。

**謝辞：**本研究は、平成 20、21 年度文部科学省科学研究費補助金（若手研究（B））、課題番号 20760379）の援助を受けた。研究を進めるにあたり北九州市立大学教授津田恵吾先生に貴重なご助言をいただいた。実験は、平成 22 度、23 年度研究室の大学院生、学部生の協力を得た。関係各位に感謝します。

#### 参考文献

- 1) 日本建築センター：鉄骨梁端溶接接合部の脆性的破断防止ガイドライン・同解説、2003.12.
- 2) 日本建築学会近畿支部鉄骨構造部会：通しダイアフラム形式で角形鋼管柱に接合される H 形鋼梁の塑性変形能力に関する実大実験 報告書、1997.7.
- 3) 日本建築学会：コンクリート充填鋼管構造設計施工指針、2008.10
- 4) 森田耕次、江波戸和正、舟橋明之、小南忠義、里見孝之：箱形断面柱のかど溶接を部分溶込み溶接とした柱はり接合部の力学的挙動に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第 397 号、pp.48-59、1989.3
- 5) 吹田啓一郎、田中剛：角形鋼管柱に接合される梁ウェブ接合部の曲げ耐力、鋼構造論文集、第 7 巻第 26 号、pp.51-58、2000.6
- 6) 立山英二、井上一朗、杉本正三、松村弘道：通しダイアフラム形式で角形鋼管柱に接合される H 形断面はりの耐力と変形性能に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第 389 号、pp.109-121、1988.7
- 7) 田淵基嗣、坂本真一、金谷弘、藤原勝義、上場輝康：角形鋼管柱に接合される H 形鋼はり端部の曲げ耐力の評価、日本建築学会構造系論文報告集、第 389 号、pp.122-131、1988.7
- 8) 田中剛、田淵基嗣、村上裕通：円形鋼管柱梁仕口における梁ウェブ接合部の曲げ耐力評価、鋼構造年次論文報告集、第 9 巻、pp.457-464、2001.11
- 9) 日本建築学会：鋼構造接合部設計指針、2006.3
- 10) 田中淳夫、増田浩志、高木大、久田哲彰：鋼構造梁端混用接合部の力学性状に関する研究、日本建築学会構造系論文集、第 484 号、pp.121-130、1996.6
- 11) 増田浩志、田中淳夫、銭鋼：鋼構造梁端混用接合部の力学性能に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、第 509 号、pp.151-158、1998.7
- 12) 松本由香、秋山宏、山田哲：鋼構造柱梁接合部における梁の変形能力とウェブの継手効率、日本建築学会構造系論文集、第 523 号、pp.117-124、1999.9
- 13) 岡田健、呉相勲、山田哲：合成梁の塑性変形能力に柱梁接合部における継手効率が及ぼす影響、日本建築学会構造系論文集、第 573 号、pp.185-192、2003.11
- 14) 城戸將江、津田恵吾：コンクリート充填角形鋼管柱に取り付く梁ウェブ接合部の曲げ耐力、日本建築学会構造系論文集、第 602 号、pp.219-226、2006.4
- 15) 城戸將江：コンクリート充填円形鋼管柱に取り付く梁ウェブ接合部の曲げ耐力、日本建築学会構造系論文集、第 673 号、pp.483-489、2012.3
- 16) 城戸將江、：コンクリート充填角形鋼管柱に取り付く H 形鋼梁ウェブ接合部の曲げ耐力に関する実験的研究：幅厚比の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.1249-1250、2010.7
- 17) 劉懋、城戸將江：CFT 柱に取付く梁ウェブ接合部の曲げ耐力に関する実験的研究、鋼構造年次論文報告集、第 19 巻、pp.481-486、2011.11
- 18) 日本建築学会：鋼構造限界状態設計指針・同解説、2010.2

## BASIC STUDY ON FLEXURAL MOMENT OF BEAM WEB AT SQUARE CFT COLUMN H SHAPED BEAM CONNECTION Effect of Panel Aspect Ratio

Masae KIDO

The purpose of this study is to make clear the effect of panel aspect ratio and floor slab on the maximum strength of the beam connected to the square CFT column-H shaped beam connection. A basic experimental study was carried out. Local buckling occurred at the beam flange in all specimens. Maximum load of specimen with panel aspect ratio 1.0 is greater than those of other specimens. The effect of floor slab is remarkable when the panel aspect ratio is 1.5.