

(32) 角形CFT柱・鉄骨梁偏心接合部の通しおよび内ダイアフラムの各種耐力について

押田 光弘¹・立花 正彦²・森田 耕次³

¹ 工修、東京電機大学大学院 先端科学技術研究科 (〒101-8457 東京都千代田区神田錦町2-2)
E-mail:04udq03@ms.dendai.ac.jp

² 工博、東京電機大学教授 未来科学部建築学科 (〒101-8457 東京都千代田区神田錦町2-2)
E-mail:tatibana@cck.dendai.ac.jp

³ 工博、東京電機大学客員教授 建設技術研究所 (〒270-1382 千葉県印西市武西学園台2-1200)

本研究は、角形 CFT 柱の通しダイアフラムに鉄骨梁が偏心して取り付く接合部について、縮小試験体によって局部引張実験を行い、筆者らが従来より提案している局部引張耐力式の適用性を確認すると共に、内ダイアフラムも含めて既往の文献より抽出した同種の実験データによって、この局部引張耐力式の精度を評価したものである。その結果、縮小試験体による実験によっても、提案している局部引張耐力式は鉄骨偏心梁の通しダイアフラムも含めて、各種耐力を精度良く評価でき、また、本提案式は、内ダイアフラムでも SRC 規準式とほぼ同程度の精度で評価ができることが明らかとなった。

Key Words : CFT, Through Diaphragm, Inner Diaphragm, Local Tensile Strength, Yield Line Theory

1. はじめに

コンクリート充填鋼管（以下CFT）柱 - 鉄骨梁造（以下CFT造と略）建築物の柱梁接合部で多く用いられているのが、有孔通しダイアフラム形式（以下、通しダイアと略）あるいは有孔内ダイアフラム形式接合部（以下、内ダイアと略）である。CFT造の普及に伴って設計が多様化するなか、近年では建物の外柱などにおいて梁芯を柱芯からずらして取り付ける、いわゆる偏心梁の採用が増加する傾向にある。そこで、筆者らは鉄骨梁の偏心を考慮できる角形CFT・通しダイアフラム接合部の局部引張耐力式を提案¹⁾している。

本研究では、有孔通しダイアフラム形式・角形CFT

柱梁接合部への影響因子に関して、系統的に実験を遂行しやすい縮小試験体によって、梁偏心率、コンクリート打設孔径比、鋼管幅厚比を実験変数とした局部引張実験を実施し、通しダイアフラム局部引張性状への実験変数の影響を把握するとともに、本実験の成果ならびに通しダイアフラムのみならず内ダイアフラムも加えた既往の実験資料によって、ダイアフラム局部引張耐力の提案式の精度を検証することを目的とする。

2. 縮小試験体による実験

2.1 試験体の形状と寸法

実験計画を表-1に示す。実験変数は梁の偏心率（3水

表-1 実験計画

D/t	d/D	e/D		
		0	0.1	0.2
39.0	0.6	39-0.6-0*	39-0.6-0.1	39-0.6-0.2
	0.8	39-0.8-0	39-0.8-0.1	39-0.8-0.2
27.8	0.9	39-0.9-0	39-0.9-0.1	39-0.9-0.2
		28-0.9-0	28-0.9-0.1	28-0.9-0.2

D/t : 鋼管幅厚比 d/D : 打設孔径比 e/D : 偏心率
*: 試験体名 39 - 0.8 - 0.2

梁偏心率
打設孔径比
鋼管幅厚比

表-2 各試験体実験変数の組み合わせ

試験体名	柱鋼管		梁フランジ				通しダイアフラム				
	外径	板厚	幅	板厚	偏心量		板厚	出寸法		打設孔径	
	D (mm)	t_c (mm)	D/t_c	B_f (mm)	t_f (mm)	e (mm)	e/D	t_s (mm)	h_s (mm)	d_f (mm)	d_f/D
39-0.6-0	125 (125.1)	3.2 (2.95)	39.1 (42.4)	75 (75.1)	3.2 (3.02)	0	0	3.2 (3.02)	7.5	75	0.6
39-0.6-0.1						12.5	0.1				
39-0.6-0.2						25	0.2				
39-0.8-0						0	0				
39-0.8-0.1						12.5	0.1				
39-0.8-0.2						25	0.2				
39-0.9-0						0	0			113	0.9
39-0.9-0.1						12.5	0.1				
39-0.9-0.2						25	0.2				
28-0.9-0						0	0				
28-0.9-0.1	4.5 (4.16)	27.8 (30.1)	12.5	0.1							
28-0.9-0.2			25	0.2							

()は実測値

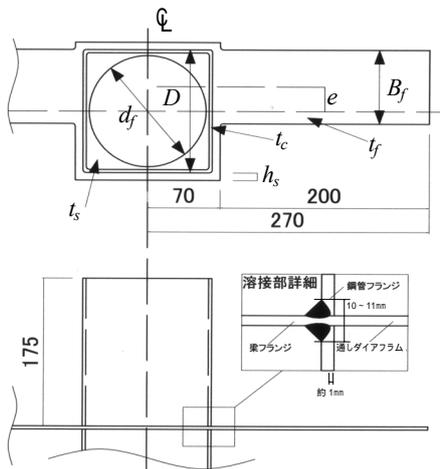


図-1 試験体形状

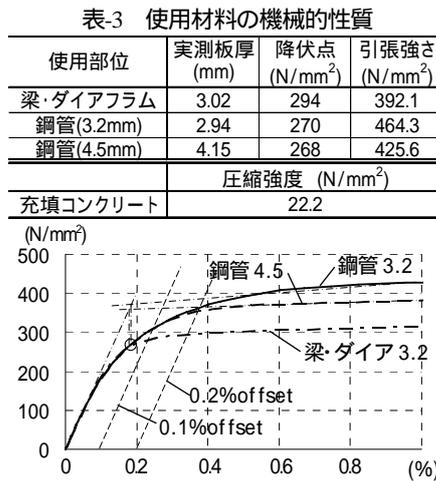


図-2 鋼材の応力 - ひずみ関係の代表例

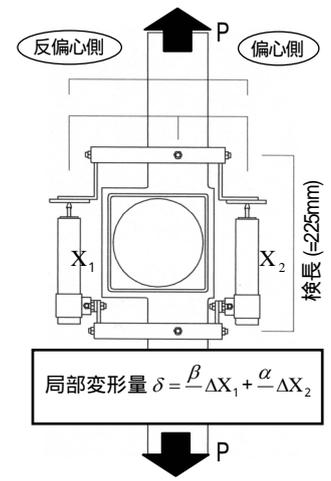


図-3 実験方法と測定項目

準)、打設孔径比 (3水準)、鋼管幅厚比 (2水準) の3種類で、試験体数は合計12体である。

試験体の形状と寸法を図-1に、試験体の各部寸法の組み合わせを表-2に示す。試験体は、角形CFT柱梁接合部からCFT柱とダイアフラム、梁フランジを取り出した部分試験体で、実構造物の1/4～1/6程度の縮小試験体である。柱部材は125mm角の角形鋼管で、梁フランジとダイアフラムは3.2mmの鋼板から一体で切り出し、梁幅は75mm、ダイアフラムは140×140mmである。柱鋼管とダイアフラムの溶接部は図-1に示すように部分溶込み溶接によって構成されている。

使用材料の機械的性質を表-3に、鋼材の応力 - ひずみ関係の代表例を図-2にそれぞれ示す。梁およびダイアフラムに使用した鋼板の降伏点は0.2% オフセット法により決定した。また、鋼管の素材試験は平板部より取り出したJIS 5号試験片により行い、その応力 - ひずみ関係は図-2に示すように明確な塑性すべりを示さなかったため、その降伏点はGeneral Yield Point法により、初期勾配と2次割線 (=0.5%時と1.0%時による割線) の交点のひずみに対応する応力として求めた。

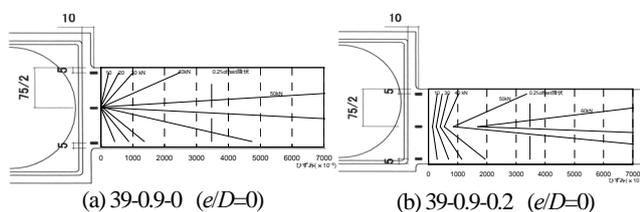


図-4 梁フランジのひずみ分布

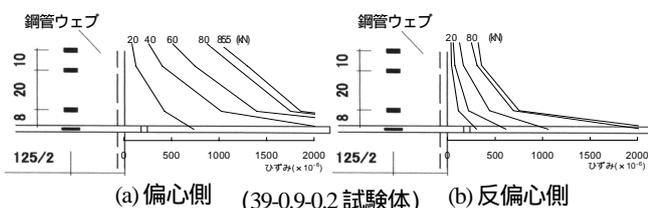


図-5 鋼管フランジおよびダイアフラム側面のひずみ分布

2.2 実験方法と測定項目

実験および測定方法を図-3に示す。加力は万能試験機 (能力：圧縮・引張1000kN) により、試験体の両端部の梁フランジに引張力 (\$P\$) を作用させ、試験体が著しい耐力低下を生じるまで単調载荷する。またダイアフラムの局所変形 () は、両側の梁フランジ芯上に設けた測定点間 (検長225mm) の変位として計測した。さらに梁フランジ、鋼管ウェブ、ダイアフラム側面各部のひずみをそれぞれ計測した。

2.3 実験結果と考察

1) 各部の降伏状況と破壊性状

梁フランジのひずみ分布の代表例を図-4に示す。梁偏心によって梁フランジの偏心側のひずみが反偏心側に比べて増大している。このことは偏心側の鋼管ウェブが梁フランジに影響を与えているためと考えられる。また、梁偏心率の増大または打設孔径比の減少に伴い、梁芯のひずみが増大する傾向も認められる。

鋼管ウェブおよびダイアフラム側面のひずみ分布の代表例を図-5に示す。ダイアフラム側面のひずみは、いずれの試験体でも鋼管ウェブに比べて大きい。39-0.6シリーズでは、反偏心側ダイアフラム側面のひずみが梁フランジ降伏荷重付近までは圧縮側に進行するが、

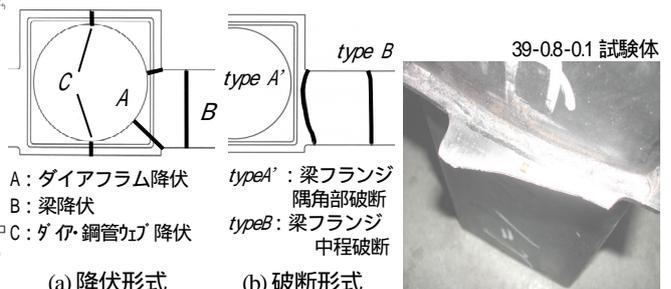


図-6 降伏および破壊形式

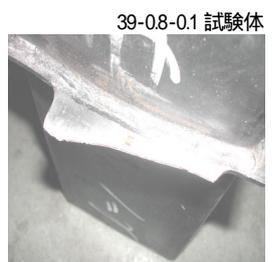


写真-1 最終破壊状況

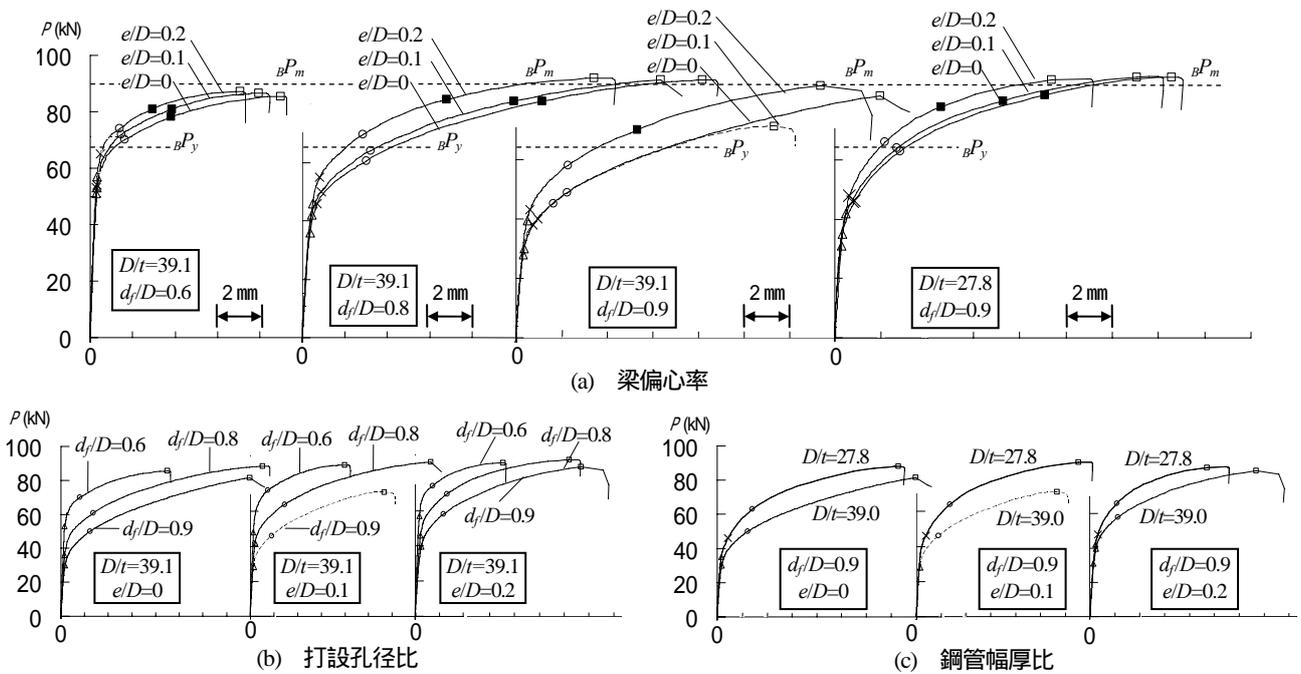


図-7 実験変数別の荷重変形曲線

その後引張側に転化する性状が見られた。

鋼管ウェブ中央のひずみは、ダイアフラムに近づくほど大きな値を示し、その分布は放物線状である。また、偏心側と反偏心側のひずみを比較すると、梁フランジの分布と同様に偏心側の方が大きな値を示す。

39-0.9-0.2試験体では鋼管ウェブの偏心側ダイアフラム近傍のひずみは、最大耐力時にほぼ降伏ひずみ近辺である。その他の試験体では、実験終了時まで降伏ひずみに達していない。

試験体の降伏および破断形式を図-6に、最終破壊状況の代表例を写真-1に、また各試験体の破壊形式を表-4にそれぞれ示す。破壊形式は、梁フランジとダイアフラムとの付け根を始点とする梁フランジの破断 (type A') と、梁フランジの中程の破断 (type B) の2種類が観察され、39-0.8、39-0.9シリーズでは梁が偏心している試験体にtype A'を示し、39-0.6シリーズと28-0.9シリーズではtype Bが見られる傾向にある。

2) 荷重変形関係

各試験体の荷重変形曲線を実験変数別に図-7に示す。図中には降伏耐力、塑性耐力および最大耐力の実験値をそれぞれ、 \bullet 、 \circ 、 \square 印で示す。ここで降伏耐力実験値 ϵP_y は図-8(a)に示すように、1/3 Slope Factor法により接線剛性が初期剛性から1/3に低下した時点の荷重、塑性耐力実験値 ϵP_p は図-8(b)に示すようにGeneral Yield Point法により最大耐力時変形の1/2の変形時における二次接線剛性と初期剛性との交点の荷重として求めた。なお初期剛性は荷重が最大耐力の1/5の時点における接線剛

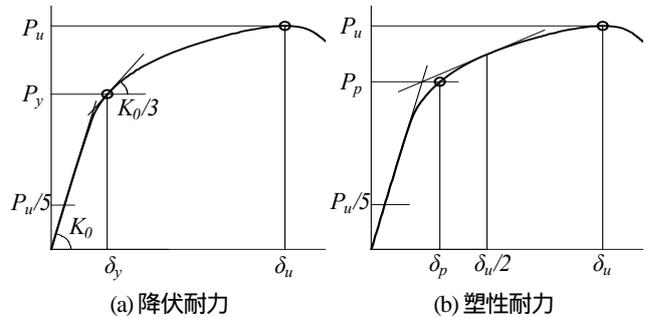


図-8 降伏および塑性耐力実験値の定義

表-4 実験結果一覧

試験体名	破壊形式	実験値			計算値					
		降伏 ϵP_y	塑性 ϵP_p	最大 ϵP_u	降伏耐力 $c P_y$	$\epsilon P_y / c P_y$	塑性耐力 $c P_p$	$\epsilon P_p / c P_p$	最大耐力 $c P_u$	$\epsilon P_u / c P_u$
39-0.6-0	type B	52.9	70.6	85.1	50.9	1.039	70.6	1.000	89.7*	0.949
39-0.6-0.1	type B	52.2	71.8	86.2	52.0	1.004	72.1	0.996	89.7*	0.961
39-0.6-0.2	type B	56.6	74.2	86.8	54.7	1.035	75.6	0.981	89.7*	0.968
39-0.8-0	type B	36.3	60.7	87.9	40.5	0.895	56.7	1.069	85.0	1.034
39-0.8-0.1	type A'	42.1	63.5	87.9	41.4	1.017	57.9	1.098	86.6	1.015
39-0.8-0.2	type B	45.9	69.6	88.6	44.2	1.040	61.6	1.129	89.7*	0.988
39-0.9-0	type B	31.8	49.5	81.5	35.2	0.904	49.7	0.996	75.7	1.077
39-0.9-0.1	type A'	33.9	49.9	(70.8)	36.1	0.941	50.8	0.982	77.2	(0.917)
39-0.9-0.2	type A'	39.4	57.8	85.5	38.5	1.024	54.0	1.069	81.4	1.050
28-0.9-0	type B	38.6	63.5	88.0	46.2	0.835	66.1	0.961	89.7*	0.981
28-0.9-0.1	type B	40.3	64.6	88.2	47.1	0.855	67.3	0.960	89.7*	0.983
28-0.9-0.2	type B	46.1	66.4	87.4	49.6	0.929	70.7	0.939	89.7*	0.975

*: 計算値が梁耐力で決定した試験体

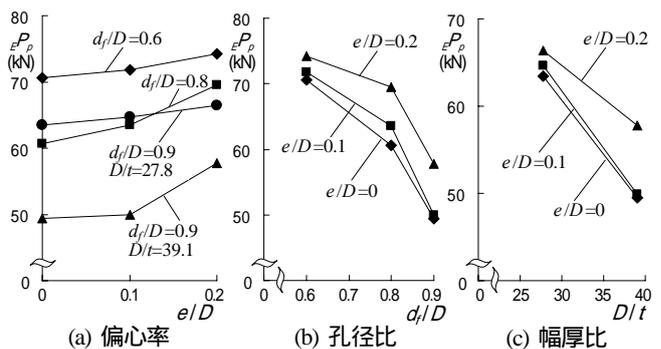


図-9 塑性耐力と実験変数

性による。また同図中の×印は梁フランジ縁、印は梁フランジ芯のひずみゲージによるひずみ値がそれぞれ降伏ひずみに達した時点を示す。変形計測の治具は図-3のように梁フランジ芯に取り付いているため、印以前ではダイアフラムの変形を計測していると言えるが、印以後では梁フランジの変形が計測結果に大きく影響していると考えられる。

各種耐力の実験値を表-4に、塑性耐力の実験値 eP_p と各実験変数との関係を図-9(a)~(c)にそれぞれ示す。なお39-0.9-0.1試験体では梁フランジ付け根にR加工が施されていないため、他の試験体に比べて早期に梁フランジが破断、最大耐力が低下している。以下に、各実験変数別に検討する。

梁偏心率 初期剛性は、梁偏心率による相違は認められず、ほぼ同じである。降伏後の剛性は、偏心率が大きいほど高くなる傾向を、また、最大耐力時の変形は、梁偏心率が大きいほど小さくなる傾向をそれぞれ示す。降伏および塑性耐力は、梁偏心率が大きいほど高くなる傾向を示す。最大耐力は、梁フランジが破断したため梁偏心率に関わらずほぼ同じ値を示す。

打設孔径比 初期剛性は、打設孔径比が増大することにより低下し、その後の剛性も低下する傾向にある。また、最大耐力時の変形は、孔径比が0.6~0.8にかけては増大する傾向を示すが、0.8~0.9では、ほぼ同程度か小さくなる傾向を示す。降伏、塑性耐力および最大耐力は、当然のことながら打設孔径比が大きいほど小さくなる傾向を示す。

鋼管幅厚比 初期剛性は、鋼管幅厚比が増大することにより高くなり、その後の剛性も高くなる傾向を示す。また、最大耐力時の変形は、ほぼ同程度である。降伏および塑性耐力は、鋼管幅厚比が大きいほど高くなる傾向を示す。最大耐力は、梁偏心率が0.0~0.1では鋼管幅厚比が小さいほど高くなる傾向を示す。

3) 各種耐力の実験値と計算値の比較

i) 通しダイアフラム接合部の降伏機構と提案式

筆者らは角形CFT・有孔通しダイアフラム接合部に対する降伏機構として、図-10のようなmode Aの降伏機構を仮定し、降伏線理論によって評価することで得られる耐力式を提案している。以下にその詳細を示す。

mode Aは、通しダイアフラムと鋼管フランジが降伏する機構である。SRC規準¹⁴⁾に示されている角形CFT・有孔内ダイアフラム接合部に対する降伏機構を直接適用することが、通しダイアフラムの鋼管外側部分の変形適合を考慮すると困難であるため、円形CFT・有孔通しダイアフラム接合部に対する降伏機構を参考に提案したものである。

図-10(a)に示すような接合部の全塑性状態において、梁フランジに作用する引張軸力によってダイアフラムにabおよびcd部に複合応力による引張降伏を生じることによって梁フランジの変位がとなり、それに伴い図-10(a)中(ii)の梁フランジと柱鋼管フランジが取り合う部分のAA'、BB'、CC'およびDD'部が曲げ降伏を、またAB、A'B'、CDおよびC'D'部がパンチングシヤー降伏をそれぞれ生じ、面外変形量を生じるとしている。以上より、内部仕事の総和が外部仕事の総和と等しいことからを消去し、塑性耐力 $eP_p(A)$ を導出している。

このmode A式の特徴として、接合部の降伏機構を仮定して降伏線理論により評価し、式を導出している。

梁偏心量 e を変数とし、梁無偏心の状態から梁フランジ縁と鋼管外側面が一致する状態（最大偏心状態）までを連続的に評価できることが挙げられる。

降伏耐力 $eP_p(A)$ は塑性耐力 $eP_p(A)$ のダイアフラムと鋼管フランジの項に $3/4$ 、 $2/3$ という係数をそれぞれ乗じ、最大耐力 $eP_u(A)$ は塑性耐力提案式中の降伏応力度 $D_{y,c}$ 、 C_y をそれぞれ引張強さ $D_{u,c}$ 、 C_u に置き換えて求めるとして提案している。

ii) 実験値との比較・検討

提案式から得られた各種計算値および実験値との比を表-4に、また、各種耐力の実験値と計算値との比較を図-11(a)~(c)に示す。

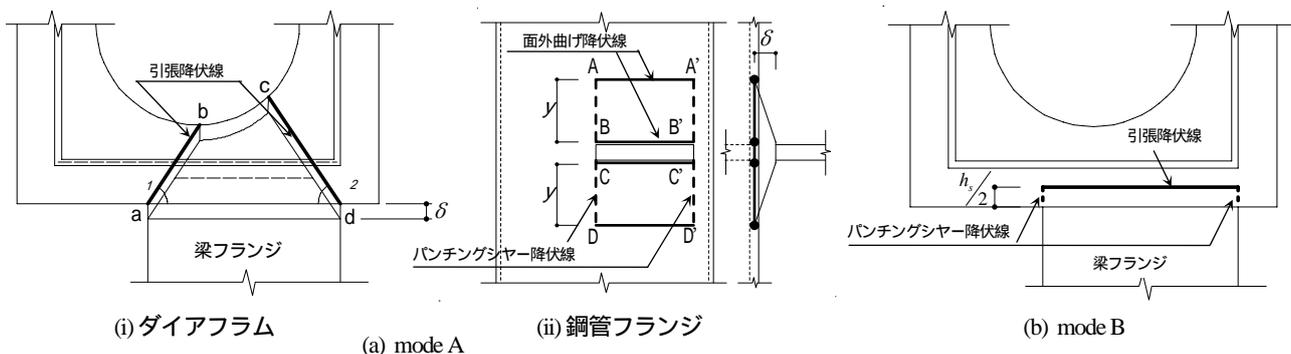


図-10 通しダイアフラム接合部の降伏機構

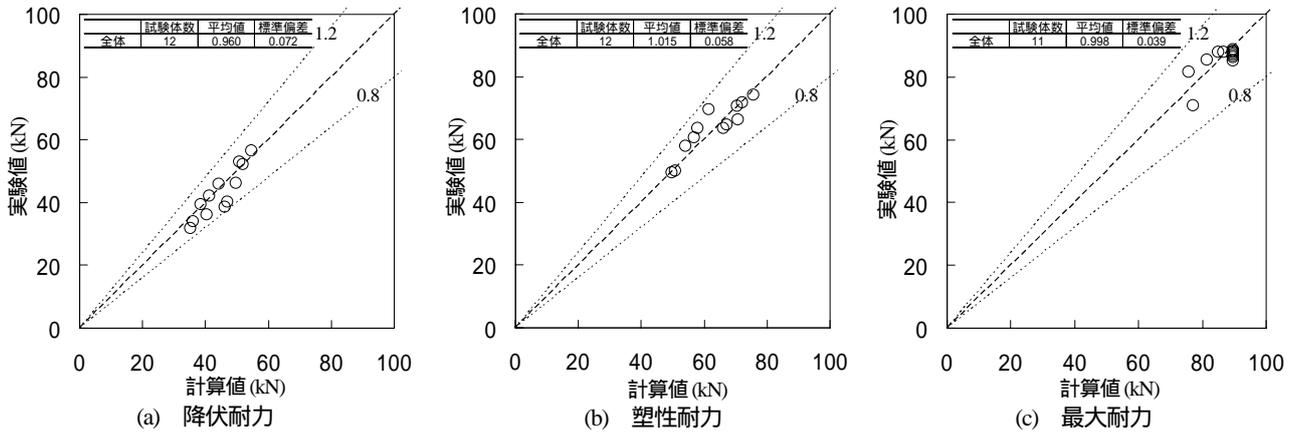


図-11 各種耐力実験値と提案式計算値

各試験体の降伏耐力の計算値は、梁部材の素材試験結果より求めた梁フランジ降伏引張耐力の計算値 (${}_B P_y = 67.3$ kN) を下回っており、ダイアフラムの降伏が先行したものと考えられる。

これら降伏および塑性耐力の計算値 ${}_c P_y$ および ${}_c P_p$ は、梁偏心率が大きくなるほど若干安全側の評価となる傾向にあるが、降伏耐力では ${}_E P_y / {}_c P_y = 0.835 \sim 1.040$ (標準偏差 0.072)、塑性耐力では ${}_E P_p / {}_c P_p = 0.960 \sim 1.129$ (標準偏差 0.058) の範囲である。

以上より、提案式は、降伏および塑性耐力の実験値を良く説明しているものと考えられる。

計算値が ${}_c P_u < {}_B P_m$ (梁フランジ最大引張耐力、89.7 kN) の試験体は、写真-1 で示したようにダイアフラムと梁フランジの付け根部を始点として梁フランジが破断し、 ${}_E P_u / {}_c P_u = 1.015 \sim 1.050$ (標準偏差 0.017) である。これは、最終的にはダイアフラム近傍からの梁フランジの破断であり、ダイアフラムの強度が最大耐力に影響していると考えられる。

計算値が ${}_c P_u > {}_B P_m$ の試験体は、梁中間部で破断しており、39-0.6 シリーズでは ${}_E P_u / {}_c P_u = 0.949 \sim 0.968$ (標準偏差 0.010) であり、28-0.9 シリーズでは ${}_E P_u / {}_c P_u = 0.975 \sim 0.983$ (標準偏差 0.004) である。実験値は計算値 ${}_B P_m$ を下回っているが、これは、ひずみ性状で示したように梁フランジに応力集中が生じ、それが影響したものと考えられる。

3. 既往の実験資料による精度比較

3.1 抽出した実験資料の概要

本章では、前章に示した縮小試験体に加えて、同様に柱CFTと鉄骨梁フランジのみを取り出した既往の局部引張実験資料を用いて提案式の精度を検証する。なお、本研究で取り上げた実験資料は、2005年度までに発表された日本建築学会大会学術講演梗概集、日本建築学会構造系論文集、鋼構造論文集、鋼構造年次論文

報告集より抽出したものである。これら既往の実験資料を、文献毎に主な実験変数の組み合わせ範囲として表-5に示す。

試験体および取扱いの概要は以下の通りである。

1) 抽出できた文献数は11編^{1)~13)}で、これらに記載されている通しダイア試験体30体と内ダイア試験体40体の、計70体を対象とした。このうち、梁偏心の試験体は通しダイアでは文献1)の7体、内ダイアでは文献1)および11)の10体であった。

2) 柱鋼管の外径は、200、250、300mmが用いられており、幅厚比 D/t は22~78の範囲だが、6割の試験体が30~40であった。

3) ダイアフラムに設けられた打設孔の径は、柱径に対する比 d_f/D で0.3~0.9と広範囲だが、約半数の試験体が0.6~0.7である。

4) 柱幅に対する梁偏心量の比 (梁偏心率) e/D は、通しダイアで0~0.30、内ダイアで0~0.23の範囲だが、梁無偏心の試験体が約8割を占めている。

5) 通しダイアのダイアフラム出幅比 h_s/D は、0.06の試験体が約6割で、最大0.2であった。

6) 梁フランジ厚に対するダイアフラム厚の比は、通しダイアで1.0 (同厚) の試験体が約6割で、内ダイアでは0.4~0.5、0.7~0.8、1.0がそれぞれ2割強であった。

7) 柱鋼管厚に対するダイアフラム厚の比は、通しダイアでは0.9~1.1が7割で、内ダイアでは0.9~1.1、2.0以上にそれぞれ約2.5割程度であった。

8) 柱鋼管の降伏点は、通しダイアでは約8割、内ダイアでは6割の試験体が300~400 (N/mm²) であった。また内ダイアでは600~800 (N/mm²) が1割程度である。

9) ダイアフラムの降伏点は、通しダイアでは300~400、400~500 (N/mm²) がそれぞれ4割弱で、内ダイアでは300~400 (N/mm²) が約半数、400~500 (N/mm²) が4割弱であった。

10) 本研究で対象とした実験形式では、鉄骨梁フランジの引張力とダイアフラム局部変形の関係は単調増

表-5 既往の実験資料の試験体概要

		試験体数	柱径 D (mm)	柱幅厚比 D/t	柱幅梁フランジ幅比 B_f/D	タイア出幅比 h_s/D	打設孔径比 d_f/D	柱・タイア板厚比 t_s/t_c	
									梁・タイア板厚比 t_s/t_f
通し ダイ ア	本実験	12	125	28, 39	0.6	0.06	0.6, 0.8, 0.9	0.71, 1.0	
	文献1)	11	250	28, 42	0.4, 0.6	0.06	0.6, 0.8	1.0	
	文献2)	6	200	33	0.25, 0.5, 0.75	0.10	0.45, 0.6	1.0, 2.0	
	文献3)	5	200	33	0.35, 0.5, 0.65	0.10	0.6	1.0	
	文献4)	2	250	29	0.5	0.20	0.65, 0.73	3.0	
内 ダイ ア	文献5)	6	200	35, 50, 65	0.5, 0.65	0.06	0.6	1.0, 1.5, 2.0	
	文献4)	2	250	27.78	0.5	0.0	0.34, 0.5	2.78	
	文献5)	6	200	34.6, 48.6, 64.8	0.5, 0.65	0.0	0.57, 0.67, 0.75	1.02, 1.42, 1.89	
	文献6)	7	300	25, 33.3	0.33 ~ 0.66	0.0	0.47, 0.67	0.5, 0.67, 1.33	
	文献7)	3	300	33.3, 50	0.53, 0.6, 1.0	0.0	0.4, 0.7	1.0, 1.5	
	文献8)	4	300	24.3, 31.9	0.58	0.0	0.67	0.77 ~ 1.28	
	文献9)	8	200	22.2, 33.3	0.5, 0.75, 1.0	0.0	0.5, 0.67	1.33, 2.0	
	文献10)	8	300	25, 33.3, 50	0.53, 0.6	0.0	0.4, 0.7	0.75, 1.0, 1.5	
	文献11) ~ 13)	2	250	39.2	0.6	0.0	0.8	0.95	
	通し ダイ ア	本実験	1.0	0 ~ 0.33	0 ~ 0.2	354, 365	427, 459	294	392
	文献1)	0.5, 0.6	0 ~ 0.75	0 ~ 0.3	397, 453	467, 523	401, 420	562, 574	
文献2)	1.0	0.0	0.0	344, 399	410, 456	259 ~ 295	391 ~ 458		
文献3)	1.0	0.0	0.0	350	503	336	479		
文献4)	1.0	0.0	0.0	393	477	273	446		
文献5)	1.0	0.0	0.0	244 ~ 389	304 ~ 462	302	433		
内 ダイ ア	文献4)	1.0	0.0	0.0	393	477	273	446	
	文献5)	1.0	0.0	0.0	244, 318, 389	304, 384, 462	302	433	
	文献6)	0.32, 0.63	0.0	0.0	321, 344, 365	456, 539, 543	406, 408	566, 580	
	文献7)	0.47	0.0	0.0	360, 400	447, 488	279, 287	433, 446	
	文献8)	0.56 ~ 1.0	0.0	0.0	684, 738	830, 866	443 ~ 537	591 ~ 668	
	文献9)	0.75	0.0	0.0	379, 381, 459	526, 527, 624	382, 430	531, 603	
	文献10)	0.47, 1.0	0.33, 0.44	0.2, 0.23	380, 405	526, 528, 541	380, 427	526, 544	
	文献11) ~ 13)	0.51	0, 0.33	0, 0.2	397	467	401	562	

各記号は図-1による。内ダイアフラム形式は通しダイアフラムの出幅 $h_s = 0$ と考える。

加となるが、異なる研究者によって行われた複数の研究・実験を統一して論じるにあたり、本研究では耐力の定義を統一するため、初期剛性、降伏および塑性耐力は2.3章1)項および図-8中に示す方法によった。なお、文献中に荷重変形関係が記載されていない、あるいは記載されているが印刷の都合で読み取れなかった6体の試験体については最大耐力のみを検討した。

11) 既往の実験資料を取り扱うに当り、角形CFT・有孔通しダイアフラム形式接合部の降伏機構として、図-10(a)に示す他に図-10(b)に示すmode Bが考えられる。これは、梁フランジが取り付く鋼管外側ダイアフラムが降伏する機構である。よって、角形CFT・有孔通しダイアフラムの塑性耐力は $C_p(A)$ および $C_p(B)$ のうち小さい方を採ることで評価できる。

12) 内ダイアフラムも通しダイアフラムと同様の形状をしていることから、本研究では内ダイアフラム試験体の計算値を、mode Aでは提案式中のダイアフラム出幅 h_s をゼロとして、mode Bを梁フランジの耐力としてそれぞれ求めている。

3.2 通しダイアフラム形式接合部での精度比較

通しダイアフラムでの、提案式による各種耐力の計算値と実験値との比較を図-12(a)~(c)に、また、SRC規準式¹⁴⁾による計算値と実験値との比較を図-14(a)~(b)にそれぞれ示す。なお、SRC規準には通しダイアフラ

ムの塑性耐力式は規定されていない。

図-12より、通しダイアフラムでは、提案式は梁が偏心した試験体も含めて平均値1.01~1.10、標準偏差0.1前後と精度良く評価している。一方、図-14に示すように梁偏心の試験体を除外した23体をSRC規準式で評価すると平均値1.34~1.67、標準偏差1以上とバラツキが大きい。これは図-14中の印の試験体で規準式の適用範囲より大きい孔径の打設孔を設けていたためである。これら3体のデータを除くと平均値0.924~1.204、標準偏差0.144~0.184となる。

3.3 内ダイアフラム形式接合部での精度比較

内ダイアフラムでの、提案式による各種耐力の計算値と実験値との比較を図-13(a)~(c)に、また、SRC規準式による計算値と実験値との比較を図-15(a)~(b)にそれぞれ示す。なお、内ダイアフラムの梁最大偏心の試験体については文献10)に記載される耐力式により計算値を求めている。

図-13より、提案式は、平均値1.05~1.17、標準偏差0.2程度である。それに対し、図-15に示すようにSRC規準式では許容耐力式(本研究で定義している降伏耐力に相当)は規定されていないものの、塑性および最大耐力では平均値は1.05~1.11、標準偏差は0.23前後である。このことより、内ダイアフラムでは全体として、提案式はSRC規準式とほぼ同等の精度の評価を与える

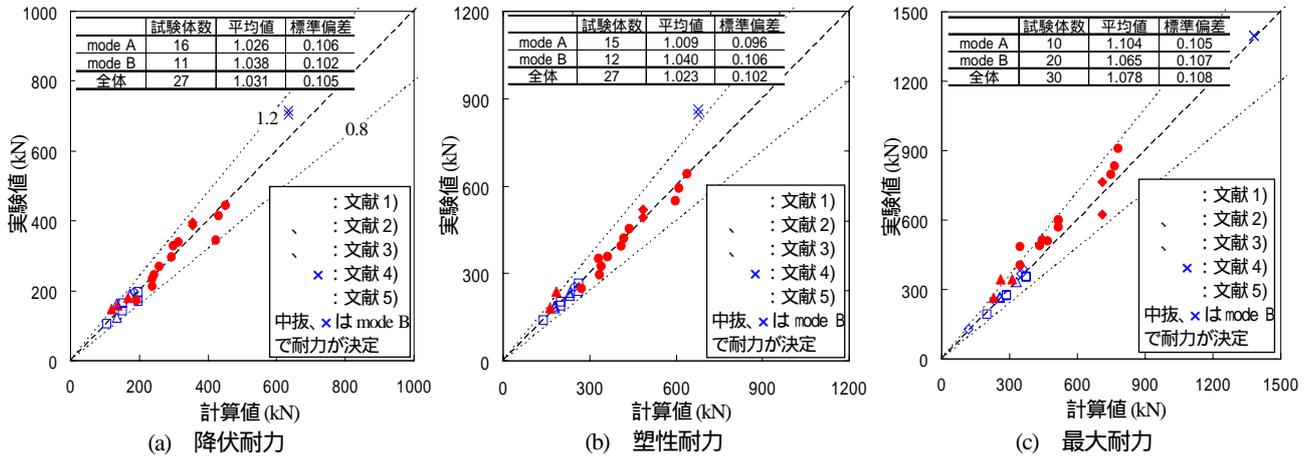


図-12 通しダイアフラム形式接合部の実験値と計算値

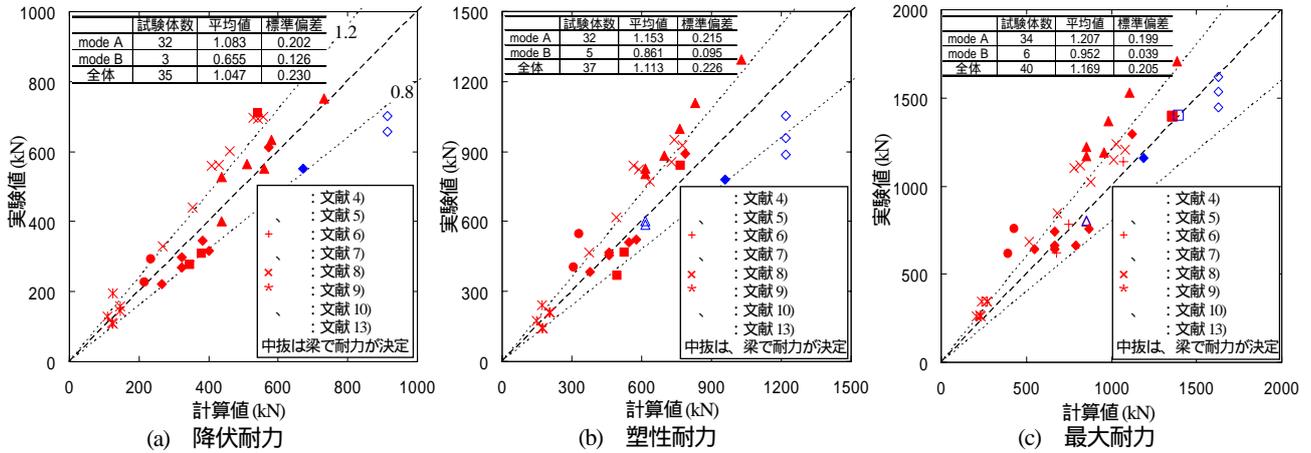


図-13 内ダイアフラム形式接合部の実験値と計算値

と考えられるが、最大耐力の評価に関してはSRC規準式の方が精度が良いと言える。

また、図-13の および 印で示される試験体において実験値が計算値を大きく下回っているが、これらはダイアフラムおよび鋼管に高張力鋼を用いた試験体であり、提案式の鋼材の降伏応力度および引張強さに何らかの適用範囲を設ける必要があることを示唆していると考えられる。

4. まとめ

鉄骨偏心梁の取り付く角形CFT柱梁接合部について、通しダイアフラムとして仮定した降伏モデルを降伏線理論によって評価した降伏耐力、塑性耐力および最大耐力の提案式を、縮小試験体による引張実験成果ならびに既往の文献より抽出した通しダイアフラムの実験資料によって検討した。また、内

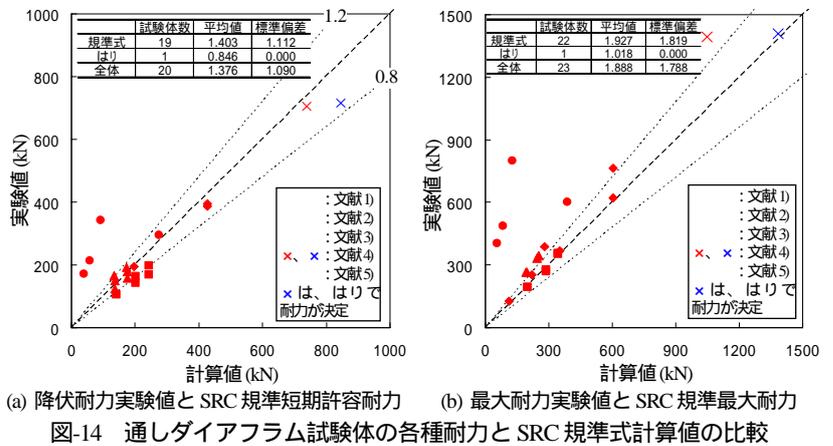


図-14 通しダイアフラム試験体の各種耐力とSRC規準式計算値の比較

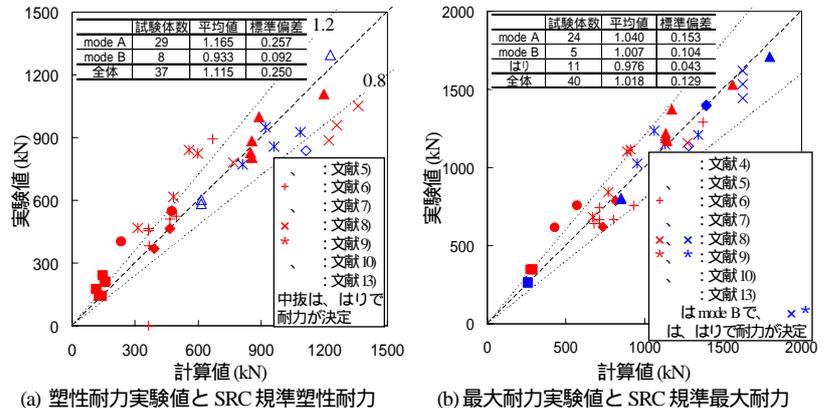


図-15 内ダイアフラム試験体の各種耐力とSRC規準式計算値の比較

ダイアフラムについても提案式を既往の文献より抽出した実験資料によって検討し、適用性を確認した。

その結果、通しダイアフラムの提案式は、縮小試験体および既往の実験資料の実験値と計算値の比の平均で降伏耐力1.01、塑性耐力1.02、最大耐力1.06と精度良く説明できる。また、提案式を内ダイアフラムに適用した場合でも降伏耐力1.05、塑性耐力1.11、最大耐力1.17と偏心を考慮した既往の耐力式とほぼ同程度に局部引張耐力を評価できることが明らかとなった。

謝辞：本研究は千葉大学工学部デザイン工学科森田研究室および東京電機大学建設技術研究所（担当：工学部建築学科立花研究室）との共同研究として実施されたものである。また、既往の実験資料に関する検討は（社）新都市ハウジング協会・CFT造設計法研究会・接合部研究WG（研究会主査：福元敏之、WG主査：一戸康生）の活動の一環¹⁵⁾として実施されたものである。御協力頂いた関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 押田、一戸、石橋、齋藤、福元、立花、森田：鉄骨偏心梁の取り付く通しダイアフラム形式・角形CFT柱梁接合部の力学的性状、鋼構造論文集、第12巻第47号、pp.23~32、2005.9
- 2) 松井、近藤：コンクリート充填角形鋼管柱とH形鋼梁の接合部に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集C、pp.1661~1662、1979.9
- 3) 椎葉、原田、飯島：充填型鋼管コンクリート構造に関する実験的研究（その2）接合部・単純引張実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、C、pp.1853~1854、1992.8
- 4) 渡邊、菊川、鴨下、中嶋：コンクリート充填鋼管柱梁接合部に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集C-1、pp.1165~1168、1998.9
- 5) 河野、松井、村井：コンクリート充填角形鋼管柱とH形鋼梁

- のダイアフラム補強型接合部の局部変形に対する荷重 - 変形関係モデル、鋼構造論文集、第5巻第17号、pp.93~104、1998.3
- 6) 飯田、稲井、島崎：円孔を有するダイアフラムを用いた接合部の引張実験 - 鋼管コンクリート構造における柱・梁接合部に関する研究 -、日本建築学会大会学術講演梗概集、C、pp.1547~1548、1994.9
 - 7) 森田、横山、川又、松村：コンクリート充てん角形鋼管柱 - 鉄骨はり接合部の内ダイアフラム補強に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第422号、pp.85~96、1991.4
 - 8) 森田、寺岡、鈴木、藤原、瀧流馬：高張力鋼を用いたコンクリート充てん角形鋼管柱 - 鉄骨はり接合部の力学的性状に関する研究、日本建築学会構造系論文報告集、第446号、pp.127~136、1993.4
 - 9) 福元、瀧：コンクリート充填角形鋼管柱・鉄骨梁接合部局部の弾塑性性状に関する研究 - 梁幅が広い内部補強形式接合部 -、日本建築学会構造系論文集、第560号、pp.213~220、2002.10
 - 10) 森田、瀧流馬、付、寺岡、横山：コンクリート充填角形鋼管柱 - 鉄骨はり偏心接合部の力学的挙動、鋼構造年次論文報告集、第1巻、pp.147~154、1993.7
 - 11) 一戸、福元、時野谷、齋藤、立花、森田：鉄骨偏心梁の取り付く通しダイアフラム形式・CFT柱梁接合部の力学的性状 - その1 実験計画 -、日本建築学会大会学術講演梗概集C-1、pp.1097~1098、2004.8
 - 12) 石橋、増子、植木、小澤、立花、森田：鉄骨偏心梁の取り付く通しダイアフラム形式・CFT柱梁接合部の力学的性状 - その2 実験結果 -、日本建築学会大会学術講演梗概集C-1、pp.1099~1100、2004.8
 - 13) 押田、齋藤、一戸、福元、立花、森田：鉄骨偏心梁の取り付く通しダイアフラム形式・CFT柱梁接合部の力学的性状 - その3 実験結果の考察と解析 -、日本建築学会大会学術講演梗概集C-1、pp.1101~1102、2004.8
 - 14) 日本建築学会：鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説、2001.1
 - 15) 新都市ハウジング協会：角形CFT柱梁接合部設計指針、 - 通しダイアフラムおよび内ダイアフラムを用いた接合部 -、2006.4

Study on Local Tensile Strength of Connections with Eccentricity between Steel Beam and Concrete-Filled Square Tubular Steel Column Reinforced with Through or Inner Diaphragm

Mitsuhiro OSHIDA, Masahiko TACHIBANA and Koji MORITA

This paper discusses the yield, plastic and ultimate strength of the connection with eccentricity between a steel beam and the CFT square steel column reinforced with the through or inner diaphragm. The local tensile tests of 12 small scale specimens with the through diaphragm are carried out. And the experimental data of through (30 specimens) and inner (40 specimens) diaphragm specimens which were tested by other researchers are collected.

As a result, strength capacities of the connection can be estimated by the superposition of the capacity of the column flange and the through diaphragm which are calculated with Yield Line Theory. The analytical strengths agree comparatively well with experimental data.