

# CFT 柱梁接合部ダイアフラムに関する実験的研究

## - その1 実験概要 -

日大生産工(学部) ○堀 紗友梨 日大生産工 藤本 利昭 日大生産工(院) 大石 琴

### 1. まえがき

コンクリート充填鋼管 (Concrete Filled Steel Tube, 以下 CFT と省略) 構造とは、鋼管内部にコンクリートを充填した合成構造であり、超高層建築物を中心に適用されている。角形断面 CFT 柱と鉄骨梁の接合部には、通しダイアフラム形式が最も多く用いられている。この形式ではコンクリート充填孔の形状として円形が一般的であるが正方形とすることも可能である。しかしながら、コンクリート充填鋼管構造設計施工指針<sup>1)</sup>(以下 CFT 指針と省略)では円形孔を対象として記述されている。そこで、正方形、円形の充填孔をもつダイアフラムの構造性能を把握するため、引張実験を行った。本研究(その1)では、引張試験の概要と結果について報告する。

### 2. 実験概要

#### 2.1 試験体概要

表1に試験体一覧を示す。本実験では通しダイアフラムを対象に実験を行った。試験体はダイアフラムを模擬したプレートだけの試験体(D)、プレートに柱鋼管を取り付けた試験体(S)、さらに鋼管にコンクリートを充填した CFT の3種類とした。また、充填孔の形状を円形孔(C)と正方形孔(R)とし、孔の大きさを100mmと70mmにした4種類、計12体の試験を行った。図1に試験体詳細を示す。なお、試験体名の“100, 70”は充填孔の大きさを示しており、“C”は円形孔、“R”は正方形孔、“D”はプレート、“S”は鋼管付きを表している。

表2に鋼材の材料試験結果を示す。柱材には一般構造用角形鋼管 STKR400 を使用し、梁フランジおよびダイアフラムは一体で製作し、SS400 を使用した。材料試験片は5号試験片とし、それぞれ3本ずつ、計6本の引張実験を行った。

表3にコンクリート調合表を、表4にコンクリートの材料試験結果を示す。試験体のコンク

リートは設計基準強度  $F_c=30(\text{N/mm}^2)$  とし、普通コンクリートを用いた。

表1 試験体一覧

	充填孔の形状・大きさ (mm)			
	円形孔 (C)		正方形孔 (R)	
	100	70	100	70
ダイアフラム (D)	100C-D	70C-D	100R-D	70R-D
鋼管付き (S)	100C-S	70C-S	100R-S	70R-S
CFT	100C-CFT	70C-CFT	100R-CFT	70R-CFT

表2 鋼材の材料試験結果

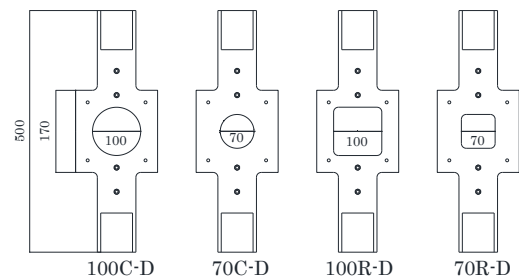
	板厚 $t$ (mm)	降伏強度 $\sigma_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	引張強度 $\sigma_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E_s$ (kN/mm <sup>2</sup> )	伸び率 $\epsilon$ (%)
STKR400	4.17	431	496	205	26.3
SS400	5.72	302	452		38.5

表3 コンクリート調合表

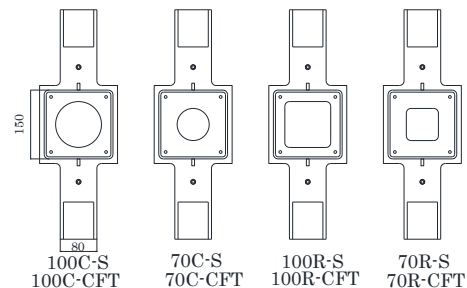
	W/C (%)	単位質量 (kg/m <sup>3</sup> )					
		セメント	水	細骨材		粗骨材 6号砕石	混和剤
				山砂	砕砂		
普通コンクリート	60	325	195	456	312	950	3.58

表4 コンクリートの材料試験結果

	圧縮強度 $\sigma_B$ (N/mm <sup>2</sup> )	設計基準強度 $F_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 $E_c$ (kN/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度ひずみ $\epsilon$ (%)	材齢 (日)
普通コンクリート	31.4	30	26.2	0.23	41



(a) プレート



(b) 鋼管付き, CFT

図1 試験体詳細

## 2.2 実験方法

引張実験に用いた載荷装置を写真 1 に示す。CFT のダイアフラムの局部変形は、梁の圧縮側フランジ接合位置が柱の充填コンクリートによって拘束を受けるため、引張側フランジ接合位置のみに生じると考えられる。したがって、ウェブの影響を無視すれば接合部の局部変形による梁の接合部での回転は、梁の引張側フランジ接合位置の荷重変位特性に支配される。よって梁フランジ 1 枚と柱で構成される部分によって調べることができると考えられる。ことから、引張実験を行った。加力は島津 2000kN 万能試験機を使用した。ダイアフラムの変形を測定するために 4 か所に変位計を設置した。変位計測は図 2 に示すように、①、②は鋼管(ダイアフラム)部分の変形を測定し、③、④は鋼管部分を含む梁フランジ部分の変形を測定した。実験は変位計を取り付けた試験体を、試験機に梁フランジ部分を挟み込み固定させた。実験は単調加力とし、変形率が 5% に達するまで行った。

## 3. 実験結果

### 3.1 荷重-変位関係

図 3 に荷重-変位関係を示す。

図の縦軸は試験機による  $P$ 、横軸は変位  $\delta$  を示している。変位  $\delta$  は鋼管部分(鋼管)及び梁フランジを含む部分(梁フランジ)のそれぞれの変位であり、取り付けた 2 本の変位計の平均値を用いている。

図 3(a), (b) より、プレート試験体では、充填孔の大きさを比較をすると円形孔、正方形孔どちらも充填孔の小さい方が剛性が高く、荷重も



写真 1 実験の様子

大きい。円形孔は 70mm の試験体では梁フランジ部分の変位が大きいのにに対し、100mm の試験体では鋼管部分の変位が大きくなっている。正方形孔では 70mm の試験体の鋼管と梁フランジの変位に大きな差はないが、100mm の試験体では鋼管部分の変位が大きい。

図 3(c), (d) より、鋼管付き試験体では、充填孔の大きさを比較すると孔の小さい方が剛性が高く、変形率が 5% に達するまでの荷重が大きい。ダイアフラムに鋼管が付くことによって全体的に作用する荷重も大きくなり耐力が上昇した。円形孔と正方形孔のどちらも 70mm の試験体の方が鋼管と梁フランジの変位の差が大きい。円形孔は 70mm と 100mm のどちらも梁フランジ部分の方が変位が大きい。

図 3(e), (f) より、CFT 試験体の実験結果では、プレート、鋼管付き試験体の実験に比べて全体的に作用する荷重が大きくなり耐力が上昇した。梁フランジの変位もプレート、鋼管付き試験体の実験に比べて大きい。充填孔の大きさを比較すると 70mm の試験体の方が変形率が 5% に達するまでの荷重が大きい。円形孔はほとんど違いがない。円形孔の梁フランジ部分の変位はほとんど違いがないが鋼管部分の変位は 100mm の試験体の方が大きい。正方形孔は鋼管部分の変位は 100mm の試験体の方が大きく、梁フランジ部分の変位は 70mm の試験体の方が大きい。

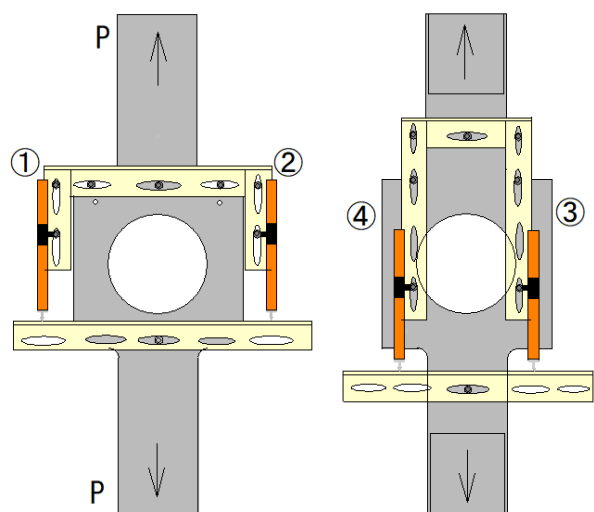
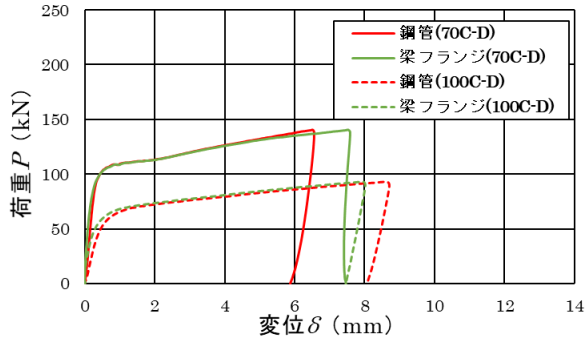
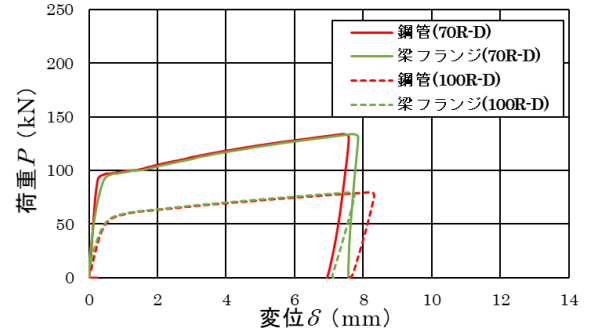


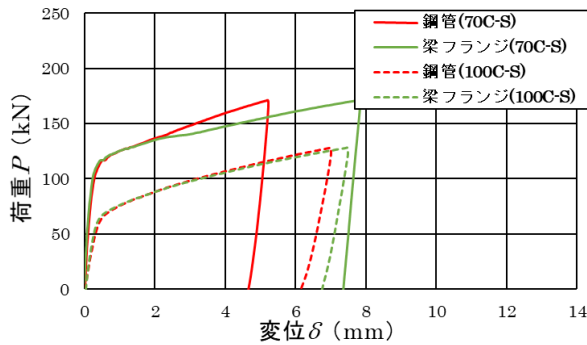
図 2 変位計の設置位置



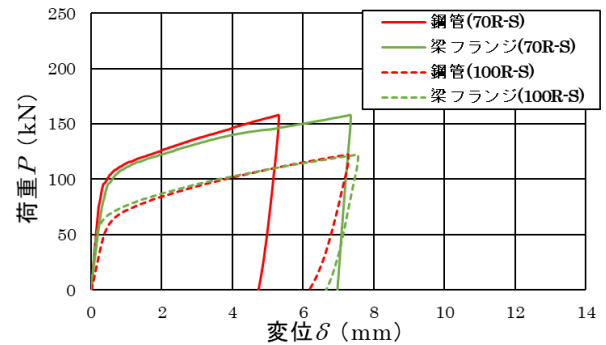
(a)プレート(円形孔)



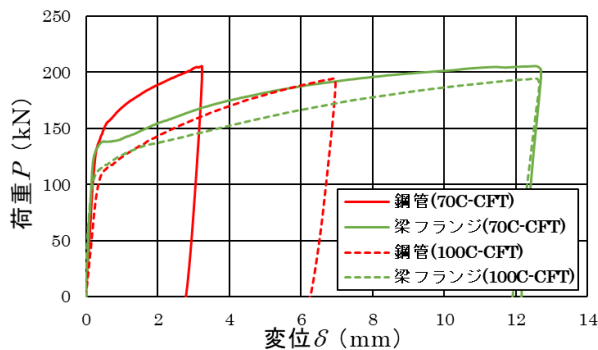
(b)プレート(正方形孔)



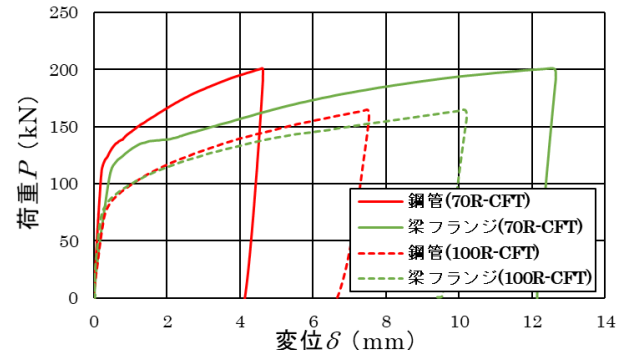
(c)鋼管(円形孔)



(d)鋼管(正方形孔)



(e)CFT(円形孔)



(f)CFT(正方形孔)

図3 荷重—変位関係

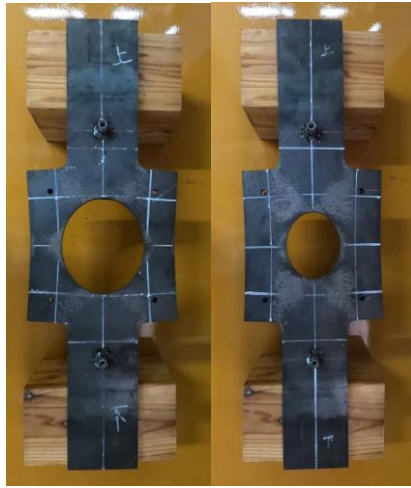
### 3.2 実験後の試験体形状

写真2, 3に試験後の試験体形状を示す。なお、CFT試験体に関してはコンクリートが充填されていて充填孔の変形が確認できないためプレート及び鋼管付き試験体のみ示す。

写真2(a)より、円形孔が縦に広がり試験体中央部は、絞られるような形状になり、楕円形になった。写真2(c)より、正方形孔の試験体も円形孔と同様に、中央部が絞られているような形状に変形した。写真3より、鋼管付き試験体は、プレート試験体と比べて中央部が絞られるよ

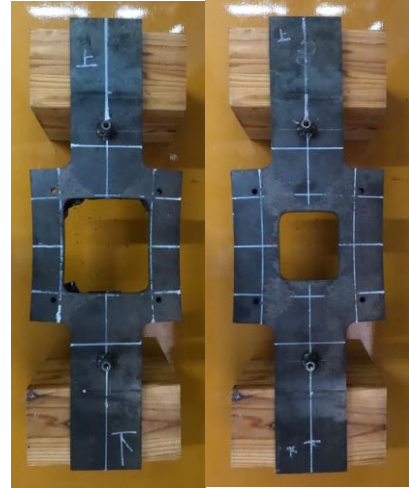
うな変形がみられなかった。CFT試験体の実験後の試験体形状は、ほとんど変化がみられなかった。全ての試験体において、形状の変化は、充填孔が大きい方が大きい。

このようにダイアフラムの形状変化が鋼管や充填コンクリートにより拘束されることで、図3に示したように、剛性、耐力が向上したものと考えられる。



(a)100C-D

(b)70C-D



(c)100R-D

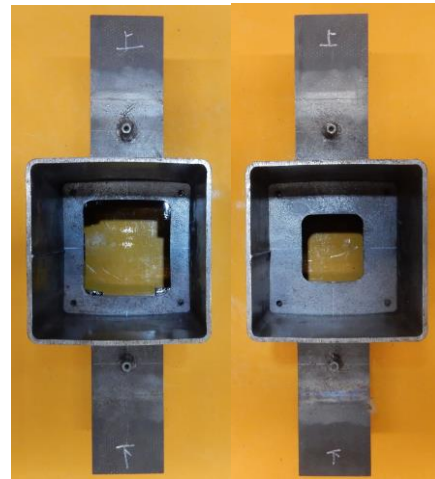
(d)70R-D

写真 2 試験後の試験体形状(プレート)



(a)100C-S

(b)70C-S



(c)100R-S

(d)70R-S

写真 3 試験後の試験体形状(鋼管付き)

#### 4. まとめ

角形 CFT 柱接合部ダイアフラムの構造性能を把握するため、プレート、鋼管付き、CFT 試験体の引張実験を行った。実験から得られた知見を以下に示す。

- プレート、鋼管付き、CFT のすべての実験で充填孔の形状に関係なく充填孔が小さい方が耐力が大きくなった。
- 鋼管部分の変位は円形孔、正方形孔のどちらも充填孔が小さい方が小さくなった。充填孔の形状で比較すると円形孔の方が小さくなった。
- 梁フランジ部分の変位は充填孔の大きさによる違いはほとんどなかった。また、充填孔の形状による違いもほとんどなかった。
- 鋼管付き試験体の場合、ダイアフラムに鋼管

が付くことによって全体にかかる荷重が大きくなり耐力が上昇した。また、鋼管と梁フランジ部分の変位がプレート試験体に比べて円形孔と正方形孔のどちらも小さくなった。

- CFT試験体はプレート、鋼管付き試験体に比べて最も耐力が大きくなった。梁フランジ部分の変位はCFT試験体が最も大きくなった。
- 充填孔が小さい方が剛性が高く、プレート、鋼管、CFTの順に高くなった。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会: コンクリート充填鋼管構造設計施工指針, 第2版, 2008
- 2) 河野昭彦, 松井千秋, 村井望, 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-変位関係モデル, 鋼構造論文集, 第5巻第17号, pp.98