

CFT 柱-フラットプレート接合部の耐荷性能に関する実験的研究

正会員 ○佐藤 宏貴*1
同 五十嵐 泉*2
同 島崎 和司*3

接合部 CFT 柱 フラットプレート
パンチングシア破壊 混合構造

1. はじめに

フラットプレート構造は施工の合理化、空間の自由度など優れた特徴を持ち、CFT 柱は耐荷性、施工性等に有効である。CFT 柱とフラットプレートを組み合わせた構造はこれらの優れた特徴を併せ持つ構造形式と成り得るが、接合部周辺での変形状や、脆性的なパンチングシア破壊など不明瞭な点が多く¹⁾、研究の数も多くはない²⁾。

本研究では、施工性に留意した CFT 柱-フラットプレート接合部を考案し、その破壊性状と挙動の把握、および今後の研究の基礎となるデータを得る事を目的とした実験を行う。

2. 試験体

試験体形状寸法を図 1 に、図 2 に接合部詳細図を示す。試験体は、1 層分の中柱-フラットプレート接合部の一部を取り出したもので、縮尺は約 1/2.24 とした。本研究では、コア耐震壁を有する 8 階建 CFT 構造を対象としており、対象接合部においては、大地震時の応答変形角における剛性低下、およびその後の変形時の耐力低下を許容するが、剛性低下後もスラブが抜け落ちない為に長期荷重によるせん断力には抵抗できる必要がある。

試験体パラメータはスラブ曲げ補強筋量、接合プレート形状およびせん断補強筋の有無とした。スラブ配筋は No.1 試験体の上・下端および No.2 試験体の下端筋を同じとし、CFT 柱幅内スラブ曲げ補強筋は CFT 柱内を貫通させずに柱面で折り曲げた。スラブと CFT 柱は No.1、No.2 試験体ともに、鋼管とダイアフラムに溶接された接合プレートとフラットプレート内に埋め込まれる埋設 H 鋼のウェブを介して HTB で接合する(埋設 H 鋼は施工時につなぎ梁の役割を果たす)。接合プレート形状は No.1 は I 型、No.2 は十字型とした。せん断補強筋は No.2 試験体にのみ取り付けました。材料試験結果を表 1、2 に示す。

3. 加力方法

CFT 柱端部・スラブの反曲点位置をピン支持し、スラブに長期荷重にあたる鉛直荷重を一定に与えながら、地震力にあたる水平力(変位)を CFT 柱水平加力位置に正負交番で静的に加えた。

加力サイクルを図 3 に示す。CFT 柱層間変形角として 1/1000 を 1 回、1/500、1/200 を 2 回、1/100 を 6 回、1/67、1/50、1/33 を 2 回、1/20 を 1 回とした。

4. 計測計画

柱変形角、スラブ曲げ変形・せん断変形、接合プレートせん断変形・曲げによる変形、スラブ振れ変形等を計測できるよ

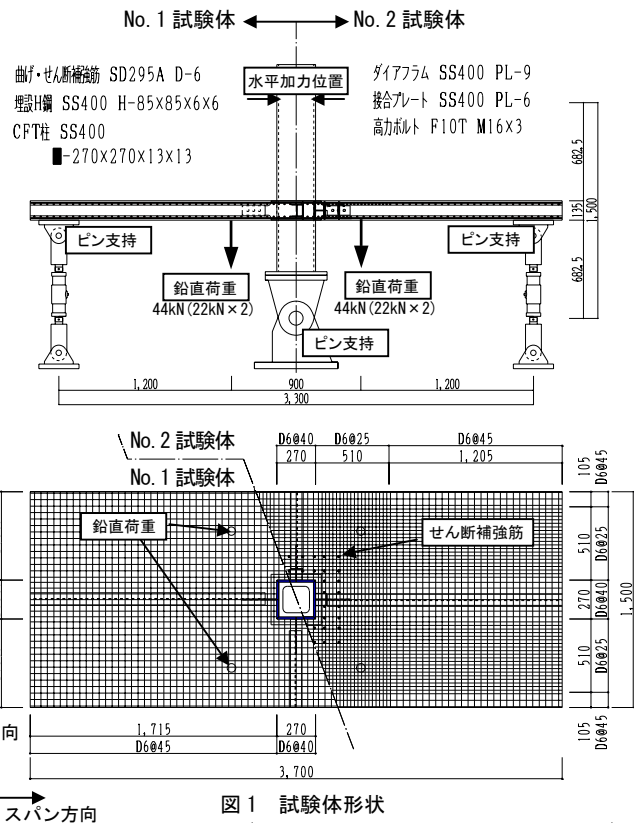


図 1 試験体形状

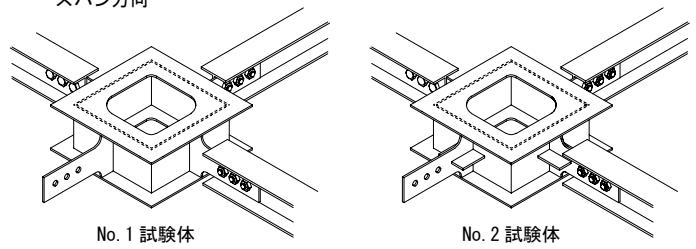


図 2 接合部詳細

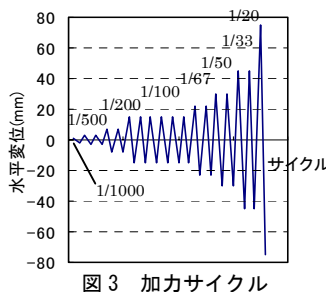


図 3 加力サイクル

表 1 コンクリート材料試験結果

圧縮強度	ヤング係数
69.1 N/mm ²	3.24 × 10 ⁴ N/mm ²

表 2 使用鋼材の材料試験結果

	引張強度 (N/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)
D-6 (SD295)	559	385
PL-6 (SS400)	582	432
PL-9 (SS400)	548	357

うに変位計を配置した。また、スラブ曲げ補強筋、せん断補強筋、接合プレート、ダイアフラム・埋設 H 鋼、CFT 柱の歪測定のために歪ゲージを各点に貼り付けた。

表 3 試験体各耐力計算値と実験値

	接合部曲げ耐力					実験値 M_A (kN·m)	スラブ許容 Msl	接合部せん断耐力			実験値 V_A (kN)	スラブ許容 Qsl	$M_A/\sum M_A + V_A/\sum V_A$
	sMf _A (kN·m)	cMs _A (kN·m)	sMs _A (kN·m)	cMt _A (kN·m)	$\sum M_A$ (kN·m)			cV _A (kN)	sV _A (kN)	$\sum V_A$ (kN)			
No.1試験体 (実強度)	耐力	6.2	30.0	39.7	48.1	109	41.0	339	342	680	80	365	1.00
	割合	5%	24%	32%	39%			50%	50%	100%			
No.2試験体 (実強度)	耐力	6.7	30.0	85.9	48.1	142	64.1	339	880	1219	77	365	0.90
	割合	4%	18%	50%	28%			28%	72%	100%			

sMf_A: 加力方向柱前面の接合プレート抵抗モーメント cMt_A: 柱側面のコンクリートねじり抵抗モーメント Qsl: スラブ幅全断面による許容せん断力
 cMs_A: 加力方向柱後面のコンクリート抵抗せん断力による抵抗モーメント Msl: スラブ幅断面(片スパン)の許容モーメント
 sMs_A: 接合プレート抵抗せん断力による抵抗モーメント cV_A, sV_A: コンクリート、接合プレートのせん断耐力 補足: 計算値は材料試験結果より計算した。

5. 実験結果

図 4 にひび割れ状況を示す。両試験体ともに 1/500~1/200 サイクルにかけて加力方向柱面付近でスラブ曲げひび割れが発生し、1/200 で柱を取り巻くような捻りひび割れが発生した。また、1/200 から 1/100 にかけて柱を中心に放射状のひび割れが発生した。1/100 以降はスラブ幅方向にねじりひび割れの数・長さ・幅が増加し、柱から離れた方向に放射状のひび割れの数・長さ・幅が増加した。スラブ曲げひび割れは、No.2 試験体では柱面近傍のみ、No.1 試験体では柱面近傍とスパン方向に一本発生した。写真 1 に No.1 試験体 1/20 時スラブ側面ひび割れ状況を示す。No.1、No.2 試験体ともに、埋設 H 鋼下フランジから斜めに大きなひび割れが発生した。

図 5 に水平力と水平変位の関係を示す。両試験体とも急激な耐力の低下は見られず、No.2 試験体が No.1 試験体よりも耐力が大きい事が確認できる。表 3 に試験体耐力の計算値と実験値を示す。図 5 中の最大耐力計算値は表 3 に示す加力方向柱前面の接合プレート抵抗モーメント、加力方向柱後面のコンクリート・接合プレート抵抗せん断力による抵抗モーメント、柱側面のコンクリートねじり抵抗モーメントの和から求めた。また、スラブ許容曲げモーメントは鉄筋の実降伏点強度を用いて試験体スラブ幅全断面について求めた。

図 6 にスラブ変形状態(スラブ幅中央)を示す。接合プレート位置で曲率が大きくなっている事が確認できる。

図 7 に水平加力方向接合プレートのせん断ひずみと柱水平変位の関係を示す。両試験体ともに接合プレートは降伏しているが、No.2 試験体では負変位時にせん断ひずみの増加が少ない。また、水平加力直角方向の接合プレートは弾性範囲内であった。

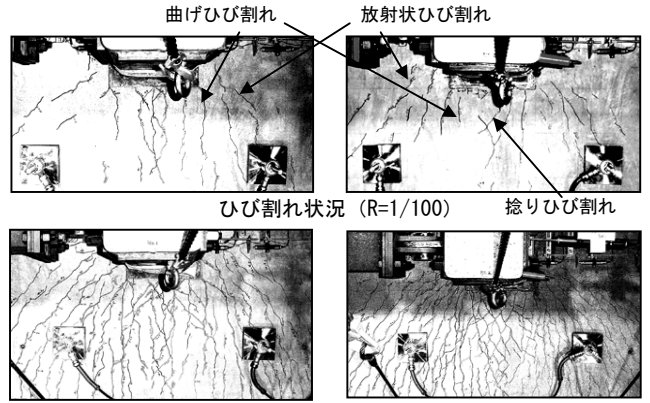
図 8 に捻りが作用する埋設 H 鋼の近傍に配置したせん断補強筋のひずみを示す。写真 1 のひび割れに対して、せん断補強筋が抵抗している事が確認できる。その他の補強筋はほぼ弾性範囲内であった。

図 9 にスラブ曲げ補強筋の歪分布を示す。No.1 試験体では 1/100 で柱に最も近い曲げ補強筋が降伏しているが、No.2 試験体では降伏してなく、耐力的にはスラブ許容耐力程度となっている。1/33 では両試験体ともにスラブ幅全断面で曲げ補強筋が降伏している事が確認できる。

6. まとめ

本実験において No.1、No.2 試験体ともにパンチングシア破壊による急激な耐力低下はみられなかった。

接合部近傍の変形状態、耐力評価に関する基礎的なデータが得られた。



ひび割れ状況 (R=1/20)

図 4 ひび割れ状況

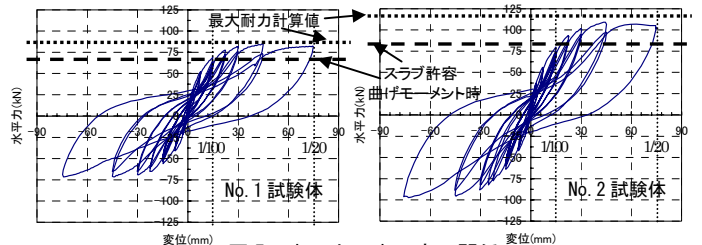


図 5 水平力-水平変形関係

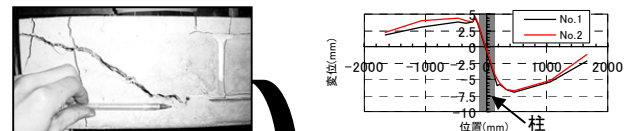


図 6 スラブ鉛直変位

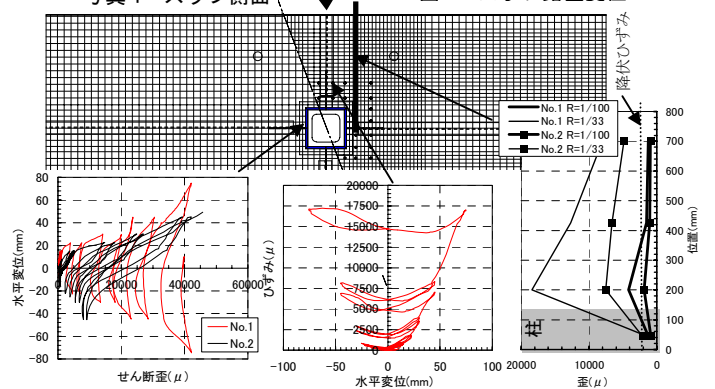


図 7 接合プレートせん断ひずみ

図 8 せん断補強筋ひずみ

図 9 スラブ曲げ補強筋ひずみ分布

【謝辞】

本研究の実施に当たり文部科学省学術フロンティア・横浜市産学共同研究総合プロジェクト「地震・台風災害の制御・低減に関する研究(TEDCOM)」の成果の一部を使用しました。また、本実験の実施にあたり 2002 年度神奈川大学卒業生各位にご協力いただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 1999 年
- 2) 河内武, 中澤春生他: 梁型配筋を施したフラットプレート構造架構の構造特性, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), 1997 年 9 月, C-2 分冊 p715~718

*1 神奈川大学大学院 工学研究科 建築学専攻 大学院生
 *2 神奈川大学 工学部 建築学科 主任技術員
 *3 神奈川大学 工学部 建築学科 助教授 博士(工学)

Graduate Student, Kanagawa University
 Chief Technician, Kanagawa University
 Associate Professor, Kanagawa University, Dr. Eng.