

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

- その2 パンチングシアー耐力の検討 -

正会員
同
同

島崎 和司*¹
佐藤 宏貴*²
五十嵐 泉*³

接合部 CFT 柱 フラットプレート
押し抜き耐力 復元力特性 ねじり

1. はじめに

合理的な構造形式の1つとして、コア壁を有する CFT 柱 - フラットプレート構造に着目し、その重要な構成要素である柱 - スラブ接合部について、部分架構実験を行い、その破壊性状と挙動の基礎的なデータを、前報¹⁾では報告した。

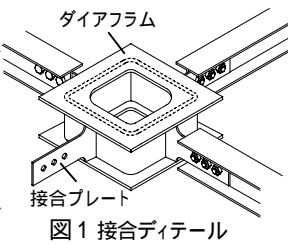


図1 接合ディテール

本報では、引き続き行った部分架構実験 (Fp 実験)、押し抜き実験 (Ps 実験)、ねじり要素実験 (Ts 実験) の計3シリーズの実験結果と実験結果から行ったパンチングシアー耐力および応力伝達モデルに基づく復元力特性の考察について報告する。その2では部分架構、押し抜き実験結果とパンチングシアー耐力の考察について述べる。

2. 接合ディテール

図1に全実験で共通となる接合ディテールを示す。スラブとCFT柱は、鋼管とダイアフラムに溶接された結合プレートと、フラットプレート内に埋め込まれる埋設H鋼のウェブを高力ボルトで接合する。結合プレートはパンチングシアー耐力への寄与も期待する。スラブ筋は柱を貫通させずに柱面で180°フックにし、柱周辺のスラブにはスタッド²⁾によるせん断補強を施す。

3.1 部分架構実験計画 (Fp 実験計画)

試験体は柱 - フラットプレート架構の中間層、中柱位置の一部を想定した (図2)。試験体の柱端は層の中央、スラブ端はスパン中央にあたる。スケールは約1/2.24とした。

パラメータは接合部の接続の有無として、3体計画した (Fp3~4)。Fp3は接合面全面、Fp4は加力方向柱前後のみ、Fp5は柱側面のみをスラブと繋ぎ、他の面はスチレンボードを入れて完全に接続を切った。

試験体の柱下端はピン支持、スラブ端部はピンローラー支持とし、柱頂部にアクチュエータで水平力を静的に与えた。加力サイクルは層間変形角 $R=1/1000$ 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。使用した材料の特性を表1に示す。

3.2 部分架構実験結果 (Fp 実験結果)

図3に前報 Fp.1, 2 試験体および本報 Fp.3~4 試験体の水平力 - 変形関係を示す。Fp.1, 2, 3 ではスラブ筋がスラブ幅全断面で降伏し、スラブの曲げ耐力で最大耐力が決まり、

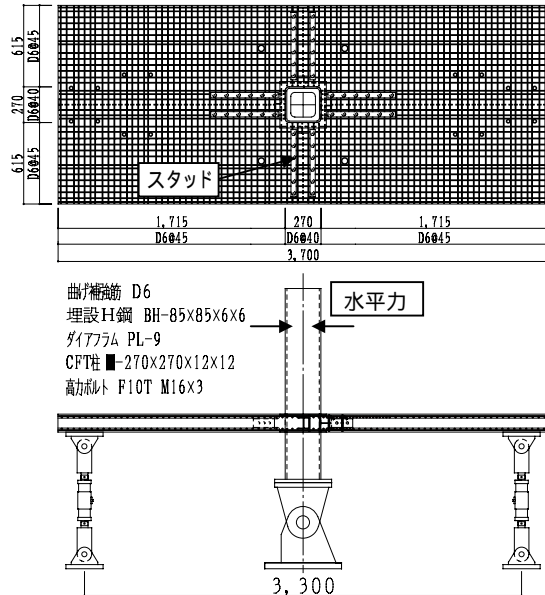


図2 部分架構試験体形状寸法

表1 Fp 試験体使用材料特性

部分架構 (Fp)	コンクリート		圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	鋼材		降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
	Fp.1,2	Fc35				D6	SD295		
Fp.1,2	Fc35	69.1	-	3.24×10^4	D6	SD295	385	559	
					PL-6	SS400	432	582	
					PL-9		357	548	
					stud 9		467	808	
Fp.3,4	Fc35	44.0	3.4	3.22×10^4	D6	SD295	380	521	
					PL-6	SS400	460	600	
					PL-9		367	560	
					PL-12		362	554	

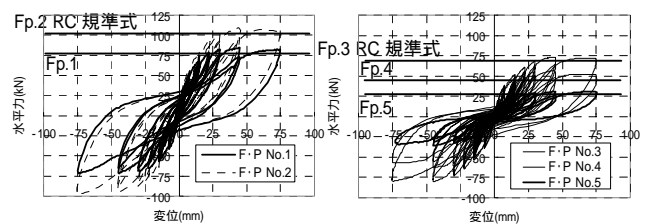
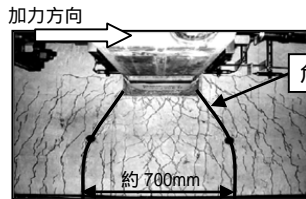


図3 水平力-変形関係

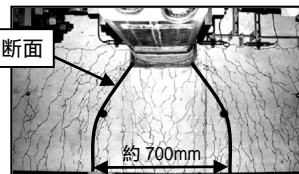
パンチングシアー破壊には至らなかった。Fp.4では柱前後面から放射状に斜め45度の圧壊に伴うせん断ひび割れが発生した (写真1)。Fp.5では柱側面スラブのねじり降伏により最大耐力を示した。図中にはRC標準11条³⁾による、パンチングシアー耐力 (実強度) の計算式から逆算した水平耐力も示した。計算値は、接合部に作用する鉛直荷重 (Fp.1,2のみ) を作用せん断力とし、コンクリート断面と結合プレートによる耐力を考慮した。耐力の計算値と実験値を比較すると鉛直荷重と水平力が同時に作用する Fp.1,2 では約1.11倍の安全率となり、Fp.4,5についても



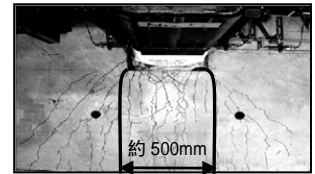
写真1 Fp.4 柱前後面近傍ひび割れ状況



Fp.3 試験体



Fp.4 試験体



Fp.5 試験体

写真2 ひび割れ状況 (R=20)

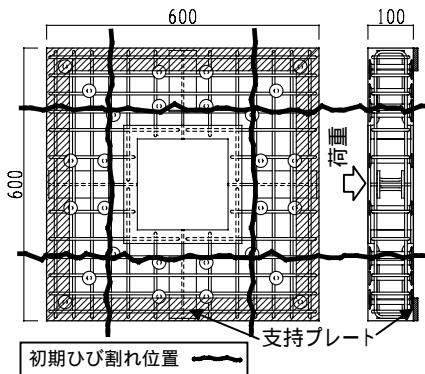
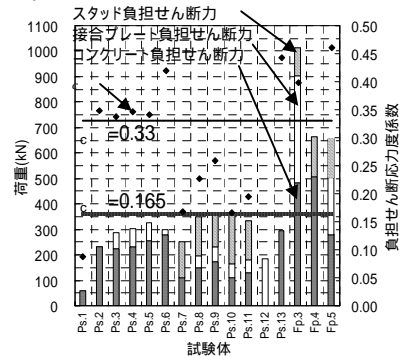


図4 Ps 試験体形状

表2 Ps 実験パラメータ

	埋設H鋼	スタッド	初期ひび(層間変形)	鉄筋
Ps.1	Fc36	-	-	-
Ps.2	Fc24	-	-	-
Ps.3	Fc36	60×60×4×4	-	-
Ps.4	Fc36	60×60×4×4	-	-
Ps.5	Fc60	60×60×4×4	-	-
Ps.6	-	90×60×4×4	-	-
Ps.7	-	-	-	-
Ps.8	-	9@75	1/200	D6@40
Ps.9	-	-	1/100	-
Ps.10	Fc36	60×60×4×4	1/100	-
Ps.11	Fc36	60×60×4×4	1/20	-
Ps.12	60×60×4×4 (接合はH鋼 ウェブのみ)	-	-	-
Ps.13	-	-	-	UD6@40



Fp.4の接合プレートのひずみは計測できなかった

図5 押し抜き実験加力結果

表3 使用材料特性

	コンクリート	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (N/mm ²)	鋼材		降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
					D6	SD295		
押し抜き (Ps)	Fc24	21.4	2.6	2.56 × 10 ⁴	D6	SD295	463	567
					9	SR295	467	808
	Fc35	45.1	3.5	2.70 × 10 ⁴	UD6	ウルボン785	952	1030
					PL-4	-	374	436
					PL-6	-	460	600
					PL-12	-	362	554
Fc60	57.2	3.9	3.20 × 10 ⁴	-	-	-	-	
				-	-	-	-	

安全側の評価になっている。Fp.5 ではねじりの耐力を良い精度で推定している。

写真2に R=1/20 時のひび割れ状況を示す。写真中にはひずみ分布とひび割れ幅から推定した曲げモーメントが最大となる危険断面位置も示した。Fp.3, 4 では危険断面は柱前後面から45°方向に伸びた後、スラブ幅方向に平行になっており、柱から遠くなるほどスラブリの曲げが支配的になっていると考えられる。Fp.5 では、ほぼ柱幅に平行になった。

4.1 押し抜き実験計画 (Ps 実験計画)

図4に押し抜き試験体形状を示す。試験体はパンチングシアア破壊が想定される接合部柱面より柱幅分のスラブ部分を取り出した。試験体パラメータを表2に示す。

加力は支持プレート上にスラブリを載せた状態で、油圧ジャッキにより柱位置に押し抜き力を静的に加えた。支持条件はスラブリ端部の回転は拘束しない状態で、せん断スパン比は約1.3である。加力は最大耐力を示すまでとした。また、水平加力後のFp.3~5についても、同条件で押し抜き加力を行った。使用した材料の特性を表3に示す。

4.2 押し抜き実験結果 (Ps 実験結果)

図5に実験結果最大耐力を示す。最大耐力は接合プレート、スタッドおよびコンクリートの負担せん断力の和として示される。スタッド、接合プレートの負担せん断力は、それぞれのひずみ履歴から推定した⁴⁾。同図中には、パンチングシアア算定断面でのコンクリートの負担せん断応力度をコンクリート強度の平方根で割った負担せん断応力度係数。も合わせて示した。また、ACI 421.1R-99⁵⁾に示されるコンクリート断面だけを有効とした場合 ($\alpha = 0.33$) と、せん断補強も有効とした場合 ($\alpha = 0.165$) の α も記した。

Ps 試験体では鉄筋の曲げ降伏により最大耐力が決まったために、最大耐力にはパラメータの違いによる大きな差は見られない。Fp 試験体ではスタッドが降伏しているが、Ps 試験体ではスタッドは降伏していない。Ps 試験体の接合プレート負担せん断力は終局時には主応力度がほぼ接合プレート鉛直断面に近くなっているために小さい値となっており、実降伏強度の $1/\sqrt{3}$ に対して50%程度が平均せん断応力度として作用した結果になった。この傾向はFp 試験体の水平加力、押し抜き加力時にもみられた。

Fp.4,5 では、接合面から45度線と支持プレート位置が危険断面となり、せん断破壊に至った。Fp.3は油圧ジャッキの許容を超えた為に加力を途中で終了した。

5. まとめ

本接合ディテールにおいて、パンチングシアア耐力は、RC断面、接合プレートの耐力を考慮して、安全側に評価できる。押し抜きせん断力に対して、スタッドは抵抗し、スタッドを考慮した場合の終局時コンクリート負担せん断力はACI規準で安全側に評価できる。

【参考文献】

- 1) 佐藤 他：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、日本建築学会学術講演梗概集 C-1、p1197-1198、2003.07.30
- 2) 両角、横谷他：スタッドレール補強筋を用いたフラットプレート構造のせん断補強効果に関する実験的研究、日本建築学会大会学術講演梗概集C-2、P85、2002.7
- 3) 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
- 4) 佐藤 他：低降伏点鋼を用いた境界梁ダンパーの研究、構造工学論文集 Vol.49.B、2003.3
- 5) ACI-ASCE Committee 421：Shear Reinforcement for Slabs、ACI 421.1R-99

*1 神奈川大学 工学部 建築学科 助教授 博士 (工学)

*2 株式会社 ジャスト (元 神奈川大学大学院)

*3 神奈川大学 工学部 建築学科 主任技術員

Associate Professor, Kanagawa University, Dr. Eng.
Just Corporation
Chief Technician, Kanagawa University