

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9 パンチングシアー耐力の検討 —

正会員
同
同

○ 山口 卓巳^{*1}
島崎 和司^{*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

1. はじめに

CFT 柱-フラットプレート架構は、長期及び短期荷重時に対してパンチング破壊を起こさないことが重要であり、曲げ降伏に先行してパンチング破壊を生じないようにする必要がある^{1), 2)}。前報^{3), 4)}では様々なパラメータで押し抜き加力実験を行い、図1に示す本接合ディテールでは脆性的な破壊、または急激な耐力低下は引き起こさない事を示した。本報その9では、前報の結果と、本報の実験結果をもとにせん断抵抗機構モデル検討する。また既往の設計式の適応性についても評価する。

2. 実験概要

図2に示すように実験はプロトタイプ建物の CFT-フラットプレート接合部を取り出した要素試験体とした。試験体縮尺は 1/3 とし、 M/Qd は 1.3 とした。総試験体数は 46 体で表 1 にせん断型試験体のパラメータを示す。パラメータは接合プレートの形状と有無、スタッド、スラブ補強筋、ダイアフラムの厚さ、CFT 柱と RC 柱の違いとした。スラブの配筋、加力方法(図3)、計測項目は前報⁴⁾と同じとした。表2に使用材料の機械的性質を示す。

3. 実験結果及び考察

図4に代表的な試験体の荷重-変位関係を示す。鉛直変位測定位置は図2中の◆印である。RC 柱を有した Ps27 試験体では、最大耐力到達後に急激な耐力低下を示した。本接合ディテールを有した試験体では若干の耐力低下は示したが、脆性的で急激な耐力低下は示さなかった。

図5にスタッドの歪度分布を示す。歪計測位置は図2中に示す。どの試験体においても、柱面から 45 度方向の②位置でのスタッドの歪が比較的に高い値を示した。

写1に本接合ディテール試験体のスラブ上面と接合部内部のひび割れ状況を示す。初期ひび割れは、埋込み H 型鋼の上部に曲げひび割れが入り、その後は荷重の増加に伴い柱部を中心とした放射状のひび割れと、柱面と平行なひび割れが入った。切断面のひび割れ状況は、それぞれの箇所、せん断ひび割れの角度に違いはみられるが、顕著に現れている。

図6に Ps22 試験体の最大耐力到達前での接合プレートの最大、最小主応力度とその角度の分布を示す。主応力度は、接合プレート中央に貼付した 3 軸ゲージの x, y, z 方向の歪から最大、最小主歪とその角度を算定し、材料

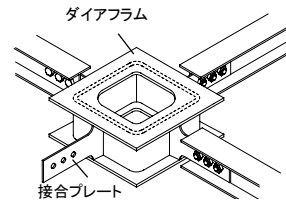


図1 本接合ディテール

表1 CFT-FP 接合部試験体パラメータの一部

実施年度	試験体	ダイアフラム t(mm)	接合プレート h×b(mm)	スタッド D(mm)	スラブ補強筋
2005	Ps22	6.0	51×4.5	D6(全面)	USD785
	Ps23	6.0	51×4.5	-	USD785
	Ps24	6.0	-	-	USD785
	Ps26	6.0	10×4.5	D6(全面)	USD785
	Ps27	6.0	51×4.5	D6(全面)	USD785
2006	Ps28	6.0	51×4.5	D6(45°)	USD785
	Ps29	6.0	51×4.5	D6(45°)	USD785
	Ps30	6.0	10×4.5	D6(全面)	USD785
	Ps31	6.0	10×4.5	-	USD785
	Ps32	2.8	51×4.5	D6(全面)	USD785
	Ps33	12.0	51×4.5	D6(全面)	USD785

表2 使用材料の機械的性質

試験体名	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)
Ps22~27	Fc36	52.3	2.59	2.80 × 10 ⁴
Ps28~33	Fc36	38.6	3.52	2.81 × 10 ⁴
Ps22~27	D6	SD295	425	606
	U7.1	USD785	812	968
	stud φ6	SR295	554	754
	PL-4	SPHC270	251	357
	slab D6	SD295	385	552
Ps28~33	U7.1	USD785	782	949
	stud D6	SR295	363	505
	PL-4	SS400	251	357
	PL-32	SS400	331	418
	PL-6.0	SS400	283	430
	PL-12.0	SS400	315	432

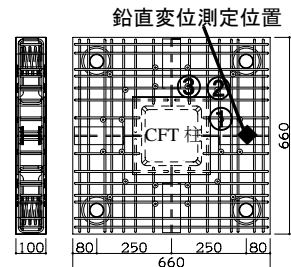


図2 試験体概要と計測位置

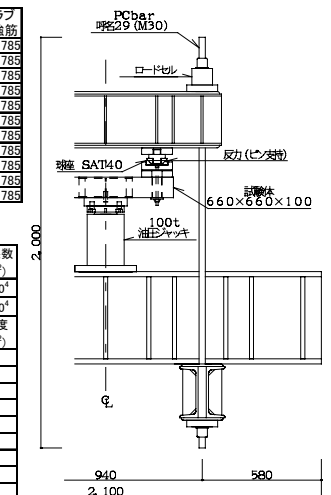


図3 加力方法

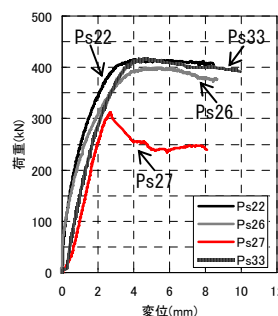


図4 荷重-変位関係

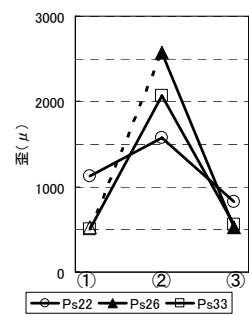
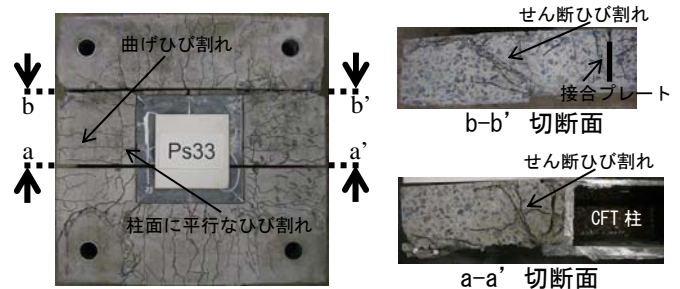


図5 スタッド歪度分布



写1 ひび割れ状況

試験結果をもとに最大、最小主応力度を求めた。最大主応力度までの角度は約 20 度であり、接合プレートは、ある角度を保持しながら最大耐力時までせん断抵抗するといえる。

4. せん断抵抗機構モデル

本接合ディテールのせん断抵抗機構モデルは、図 7 a) に示すように、スラブ荷重が直接 CFT に伝達される柱面から 45 度方向領域 (図 7 b)) と、いったん H 型鋼に伝達されてから間接的に伝達される柱面領域 (図 7 c)) とに大別し、さらに、それらの各領域内でもせん断抵抗部材がある領域とない領域とで細別した。各領域においてスラブ補強筋 (T_s) や接合プレート (T_{PL}) が水平方向引張部材、コンクリートが圧縮ストラット (C_c) の役割を果たすことでアーチ機構を形成し、その領域に鉛直方向引張部材であるスタッド筋 (ST)、コンクリートストラットの反力となる H 型鋼や接合プレート (pLT) が存在する場合はトラス機構を形成すると仮定した。この時、図 7 c) に示すように、スラブ筋が U 字定着でコンクリートストラット内に定着されている場合には、スラブ筋を水平引張部材として算入した。このモデルを用いて、各試験体のスラブ補強筋や接合プレートの最大耐力時に計測した歪と材料試験結果により水平方向引張部材の耐力を算定し、鉛直耐力を推定した。算定結果と実験値の関係を図 8 に示す。右軸で示す実験値/算定値は、1 程度の値を示していることから、このモデルにより本接合部鉛直耐力算定することが可能と言える。

5. 既往の設計式による耐力の評価

CFT-フラットプレート接合部において、4 章で示したせん断抵抗機構モデルによる算定手法では煩雑となるため RC 規準¹⁾と ACI 規準²⁾の設計式を参考にして組み立てた設計用せん断耐力算定式を以下に示す。

$$V_0 = V_s + V_c + V_{pl} \quad \text{----- (1)}$$

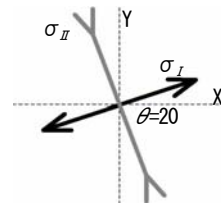
V_0 : 許容せん断耐力 V_s : 接合プレート許容せん断耐力
 V_c : スタッド許容せん断耐力 V_{pl} : コンクリート許容せん断耐力

以上の設計式 V_0 とせん断抵抗機構モデルにより算定した V_t の実験値/計算値についての関係を図 9 に示す。このとき、設計式 V_0 の算定値は耐荷機構モデルによる算定手法と同様に、各領域に分割して算定した。耐荷機構モデルは比較的精度良く算定することができ、既往の設計式においては安全側に評価をすることができる。

6. おわりに

本研究は、CFT 柱-フラットプレート接合部のパンチング破壊に対するせん断抵抗機構モデルを提案し、鉛直耐力算定式の評価を行ったものである。得られた知見を以下に示す。

1. 接合プレート、スタッドはせん断耐力に寄与し、スタッドはトラス機構としての鉛直方向引張材としての役割



σ_I : 最大主応力度 (N/mm²)
 σ_{II} : 最小主応力度 (N/mm²)
 θ : x 軸からの角度
 矢印方向
 外向き: 引張り、
 内向き: 圧縮
 100N/mm²

図 6 接合プレート最大、最小主応力度とその角度分布

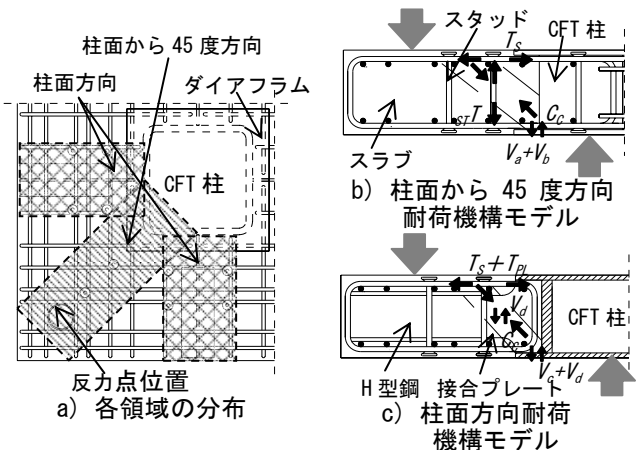


図 7 接合部周辺耐荷機構

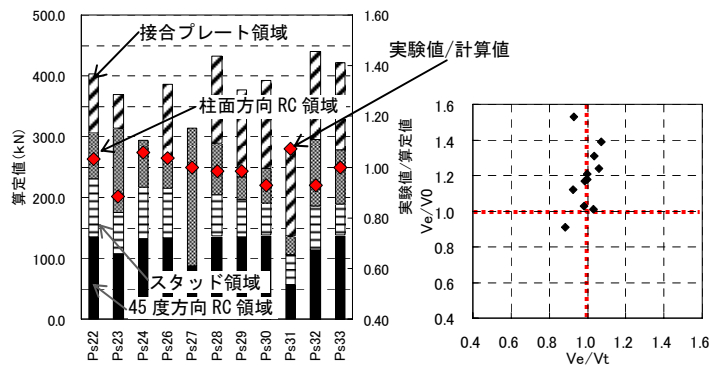


図 8 耐荷機構モデルによる算定値と実験値/算定値

図 9 V_0/V_t と V_e/V_0 の関係

を果たす。

2. せん断抵抗機構モデルは、接合部周辺を各領域に分割し、せん断力に抵抗する鉛直部材がある領域はトラス機構、無い領域はアーチ機構を形成すると考えることで比較的的良好に算定できる。また、提案した設計式においても安全側に評価できる。

謝辞

本研究は科学研究費補助金 (基盤研究(c)2) により行いました。実験の計画、実施では2005・2006年度神奈川大学建築学科卒業生、機械工学科技術職員各位にご協力を頂きました。この場を借りて関係者各位に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 鉄筋コンクリート構造設計規準、同解説 ―許容応力度設計法―、日本建築学会、1999年10月
- 2) ACI-ASCE Committee 421: Shear Reinforcement for Slabs, ACI 421.1R-99
- 3) 佐藤ほか、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、AIJ大会、2004年
- 4) 山口ほか、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4,7、AIJ大会、2005年、2006年

*1 安藤建設 (株) (当時神奈川大学大学院生)
 *2 神奈川大学 工学部 建築学科 教授 博士 (工学)
 *3 神奈川大学 工学部 建築学科 主任技術員

Ando Corp.
 Professor, Kanagawa University, Dr. Eng.
 Chief Technician, Kanagawa University