

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 3 復元力特性の検討 －

正会員
同
同
○佐藤 宏貴^{*1}
五十嵐 泉^{*2}
島崎 和司^{*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

その3では、ねじり要素実験結果と部分架構・ねじり要素実験結果に基づいて行った復元力特性の考察について述べる。

2.1 ねじり要素実験計画 (Ts 実験計画)

ねじりが作用する柱側面の一部を想定した要素試験体について、ねじり加力実験を行った (図 1)。試験体スケールは想定構造システムの 1/2.24 とした。スラブ部分は柱幅の約 2.2 倍の寸法で、600×600×135 (mm) である。試験体パラメータはコンクリート強度・スタッドの有無、軸方向・曲げ方向鉄筋の有無、埋設 H 鋼の有無、初期ひび割れの有無、柱幅として、12 体を計画した。パラメータ一覧を表 1 に、使用材料特性を表 2 に示す。

加力は CFT 柱部分を固定し、柱から遠いスラブの端部にねじりモーメントを与えた。

2.2 ねじり要素実験結果 (Ts 実験結果)

図 2 に各試験体の最大耐力と繰り返し時の耐力、図 3 に弾性論、塑性論、斜め曲げ式¹⁾、コンクリート示方書式²⁾による有効幅－耐力関係の計算値を示す。全試験体で初期ひび割れは 7.2kN・m 前後となった。図 3 から、初期ひび割れ耐力は有効幅を柱幅 (270mm) とした塑性論式に近い値となり、弾性論式でもおおむね近い値となった。スラブ筋の効果による最大耐力は有効幅をスラブ全幅 (600mm) としてコンクリート示方書式で計算した値に近い。表 3 に剛性の実験結果と弾性論による計算値を示す。スラブ部の単位回転角剛性 (実験結果) は図 1 に示す区間 2 と 3 の平均値を取り、接合部単位回転角剛性は区間 1 の値を取った。計算値の初期剛性は柱幅をねじりの有効幅とし、ひび割れ後の剛性は計算値 1 では有効幅を柱幅、計算値 2 ではスラブ全幅として、Hsu による剛性低下式¹⁾を適用した。計算値 2 が実験結果と良く対応している。

3. 復元力特性の検討

部分架構実験結果と、ねじり要素実験結果から柱前後面、柱側面が繋がれている Fp.4、5 について、図 4(a), (b) に示す応力伝達モデルを構築し、復元力特性について解析的検討を行った。モデルは柱側面のスラブを危険断面幅 (Fp 実験結果) のねじりスラブに置換し、柱前後面

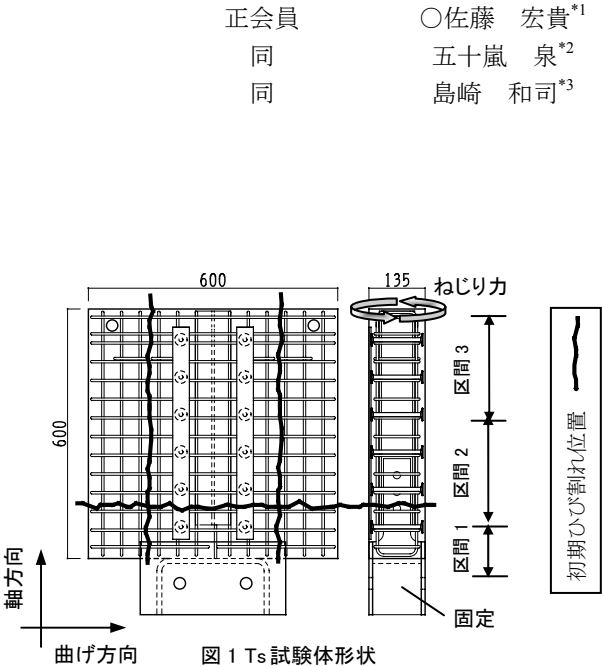


図 1 Ts 試験体形状

のスラブを柱幅の仮定、表 2 のパラメータ前後のスラブを

	コンクリート	スタッド	補強鉄筋		埋設H鋼	初期ひび	CFT幅(mm)
			軸方向	曲げ方向			
Ts.1	Fc24	—	—	—	—	—	270
Ts.2	Fc36	—	—	—	—	—	
Ts.3	Fc60	—	—	—	—	—	
Ts.4	Fc36	φ9@90	—	—	—	—	
Ts.5		—	D10@45	—	—	—	
Ts.6		—	—	—	85×85×6×6	—	
Ts.7		—	—	—	—	—	
Ts.8		—	—	—	—	—	
Ts.9		φ9@90	D10@45	D10@45	85×85×6×6	—	
Ts.10		—	—	—	—	軸方向	
Ts.11		—	—	—	—	曲げ方向	
Ts.12		—	—	接合部集中	—	—	150

表 2 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)
					鉄筋	鋼板		
ねじり (Ts)	Fc24	40.2	2.9	2.28×10 ⁴	D6	SD295	374	523
					φ9	SR295	467	808
	Fc35	47.1	3.8	2.26×10 ⁴	UD6	ウルボン785	952	1030
					PL-6	—	460	600
	Fc60	57.2	3.9	3.20×10 ⁴	PL-9	SS400	367	560
					PL-12	—	362	554

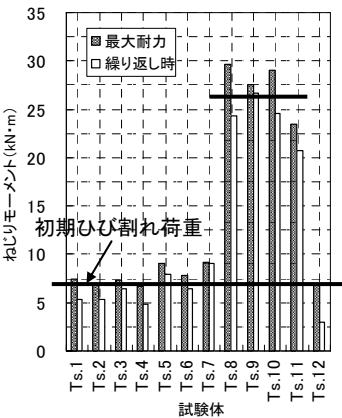


図 2 Ts 実験結果

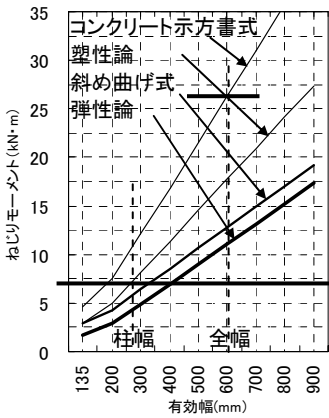


図 3 有効幅－耐力関係

単位幅（鉄筋間隔とした）の分割仮想梁に置換した。ねじりスラブは分割仮想梁のモーメントとせん断力によりねじり力に抵抗する。Fp.4 では柱前後面の仮想梁側面に作用するせん断力によりねじり力がスラブに作用し、Fp.5 では柱側面のせん断力によりスラブにねじり力が作用する。図 4(c)にフレームモデル化したイメージ図を示す。分割仮想梁、柱前後面の仮想梁の復元力はRC規準 8 条³⁾によりトリリニアモデル化し、ねじりスラブの復元力はTs実験結果に基づいてトリリニアモデル化した。解析は以下の条件式によった。

$$M_i = \theta_i \times K_m \quad \dots \dots \dots ①$$
$$T_i = T_{i-1} + M_i + \frac{M_i}{l} \times bt \quad \dots \dots ②$$
$$\Delta \theta_i = \frac{T_i}{K_t} \times dt \quad \dots \dots \dots ③$$
$$\theta_{i+1} = \theta_i + \Delta \theta_i \quad \dots \dots \dots ④$$

θ_i : 分割梁 i の回転角
 K_m : 分割梁の回転剛性
 M_i : 分割梁 i のモーメント
 T_i : ねじり分割区間 i のねじりモーメント
 l : 分割梁の反曲点位置までのスパン
 bt : 危険断面幅
 K_t : ねじり剛性
 dt : ねじり分割区間の長さ
 $\Delta \theta_i$: ねじり分割区間の増分回転角

解析のパラメータを表 4 に示す。パラメータはねじりの復元力特性で、剛性、初期ひび割れ荷重は弾性論式、剛性低下率は Hsu による式、最大耐力はコンクリート示方書式によった。Fp.3,4,5 とともに、ねじりの初期剛性は柱幅をねじりの有効幅とした。ひび割れ後のねじり剛性は Fp.4,5 では Fp 実験結果の危険断面幅をねじりの有効幅として計算した。Fp.3 のひび割れ後のねじり剛性は Fp.4,5 のねじり剛性の和とした。表 5、図 5 に示すように実験結果と解析結果はおおむね良い対応を示した。

4. まとめ

柱側面のねじりモーメントだけが作用する場合と、柱前後面のせん断力・モーメントが作用する場合のねじりの作用を適切に考慮して、ねじりの有効幅を設定する事で、比較的良い精度で復元力特性を推定できる。

表 3 実験結果と計算値(剛性)

	単位回転角剛性 [kN・m/(rad/m)]				
	スラブ部			接合部	
	初期 ($\times 10^3$)	剛性低下率 ひび割れ後	繰返し時	初期 ($\times 10^2$)	ひび割れ後 剛性低下率
Ts.1	2.72	-	-	3.18	-
Ts.2	2.30	-	-	3.11	-
Ts.3	2.67	-	-	2.95	-
Ts.4	2.17	-	-	2.93	-
Ts.5	2.78	-	-	5.93	-
Ts.6	2.15	-	-	3.17	-
Ts.7	2.52	-	-	3.83	-
Ts.8	2.37	0.11	0.05	3.55	0.65
Ts.9	1.32	0.19	0.14	2.78	0.78
Ts.10	1.92	0.14	0.07	2.48	0.72
Ts.11	2.19	0.12	0.11	2.96	0.71
Ts.12	3.57	-	-	1.13	-
計算値1	2.03	0.054	-	-	-
計算値2	2.03	0.134	-	-	-

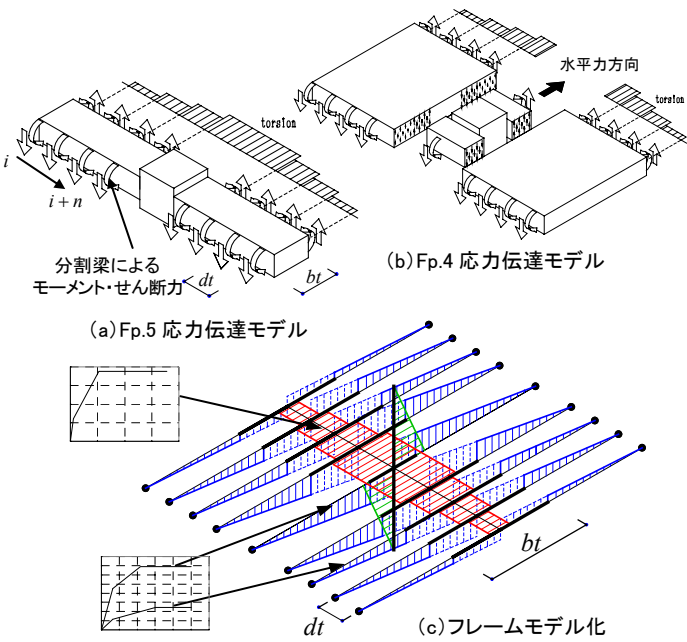


図 4 応力伝達モデル

表 5

実験値初期剛性
初期剛性 (kN/mm)
Fp.1 9.8
Fp.2 11.7
Fp.3 6.8
Fp.4 7.2
Fp.5 3.4

	初期有効幅	初期ねじり剛性 $\times 10^3$ [kN・m/(rad/m)]	ねじりひび割れ耐力 (kN・m)	ねじり耐力 (kN・m)	ひび割れ後剛性低下率
Fp.3 case5	270 mm	2.03	4.84	56.97	Fp.4+Fp.5相当 0.261
Fp.4 case5		2.03	4.84	32.67	Fp.4、Fp.5ねじりひび割れ後の剛性の和に相当
Fp.5 case1		2.03	4.84	11.34	有効幅700mm相当 0.161
Fp.5 case2		2.03	4.84	24.00	有効幅270mm相当 0.054
Fp.5 case3		2.03	4.84	24.00	有効幅500mm相当 0.054
Fp.5 case4	-	2.03	7.20	24.30	有効幅500mm相当 0.100
Fp.5 case5		2.30	7.20	24.30	実験結果相当 0.050
			実験結果	実験結果	実験結果

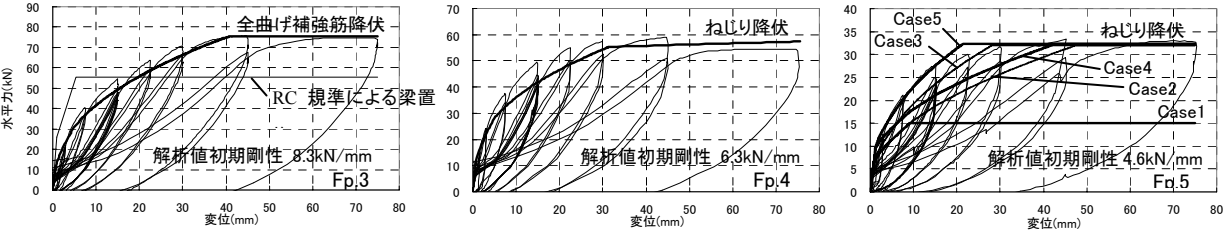


図 5 水平力ー変形関係の実験値と計算値の比較

【謝辞】本研究は独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究）により行った。また、文部科学省学術フロンティア・横浜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た。

ジャパンライフ株式会社・高周波熱錬株式会社には試験体製作にあたり材料をご提供いただき、実験の実施では 2002・2003 年度当研究室卒業生にご協力いただきました。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) 泉 満明著：ねじりを受けるコンクリート部材の設計法、技報堂、S47.9.10 第 1 版
- 2) 土木学会 コンクリート委員会：コンクリート標準示方書、土木学会出版委員会
- 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

*1 株式会社 ジャスト (元 神奈川大学大学院)
*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)

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