

コア壁を用いた超高層 RC 住宅の開発

その 1 コア壁の曲げせん断実験

正会員 松本 智夫*¹ 飯田 剛*²
同 根本 恒*¹ 同 島崎 和司*³

超高層 RC 立体耐震壁 曲げせん断実験
加力方向 耐力 破壊モード

1. はじめに

設計自由度の高い空間を実現させるため、建物の中央部に RC 造コの字型の立体耐震壁(コア壁)を有する超高層 RC 造集合住宅(その 4 参照)の開発および検証を行った。その 1 では、加力方向を変えた 3 体のコア壁試験体の曲げせん断加力実験の概要を報告する。その 2~その 4 では、実験結果を検討し、要素実験および試設計を行っている。

2. 試験体および使用材料

試験体は、図 1 に示すコア壁下部 3 層を取り出したコの字型 RC 造耐震壁で、スラブは付けていない。試験体 3 体の構造諸元は全て共通で、水平加力の方向が 0 度、90 度、45 度(試験体名: CW-0, CW-90, CW-45)を実験要因とした。

壁厚は $t_w=100\text{mm}$ で、壁横筋 2-D6@55(SD345)、壁縦筋 2-D10@50(USD685)を配したが、隅角部および端部は縦筋(主筋)を 4-D13(USD685)とし、各々約 $2t_w$ の部分については、溶接閉鎖型の帯筋 -D6@55 (USD685)による拘束領域とした。コンクリートは、粗骨材に 6 号採石(13mm 以下)を用い、設計基準強度 $F_c=60\text{N/mm}^2$ とした。表 1 に使用材料の力学特性を示す。

3. 加力および計測方法

図 2 に加力装置を示す。試験体は、下スタブを反力床に固定し、上スタブに取り付けた加力梁を介して水平力を作用させた。軸力と水平力の関係を図 3 に示す。試験体 CW-0 の圧縮軸力(正で表す)は $0.07F_c A_w(A_w$: 壁全断面積)で一定とし、CW-90 および CW-45 は $0 \sim 0.25F_c A_w$ まで変動させた。軸力と水平力は、いずれの場合も図心位置に作用させたため、試験体 CW-0, CW-45 では、水平力と直交方向の 2 台の拘束ジャッキによって面外のねじりを拘束した。

水平力の加力点高さは、壁脚部より 3000mm であるが、加力の制御は試験体 1 層分の階高に相当する壁脚部より 715mm の高さにおいて行った。この点の水平変位から求まる部材角(R)が、 $R(x/1000\text{rad})=\pm 1.25$ で 1 回、 $R = \pm 2.5, \pm 5, \pm 10, \pm 15, \pm 20$ で各 2 回の繰返し加力を行うことを原則とした。その他の計測項目は、各荷重、各部の変位および鉄筋の主要な個所のひずみ度である。

4. 実験結果の概要

実験結果の一覧を表 2 に示す。各試験体の水平力(P)と 1 層に相当する位置での部材角(R)との関係を図 4 に示す。

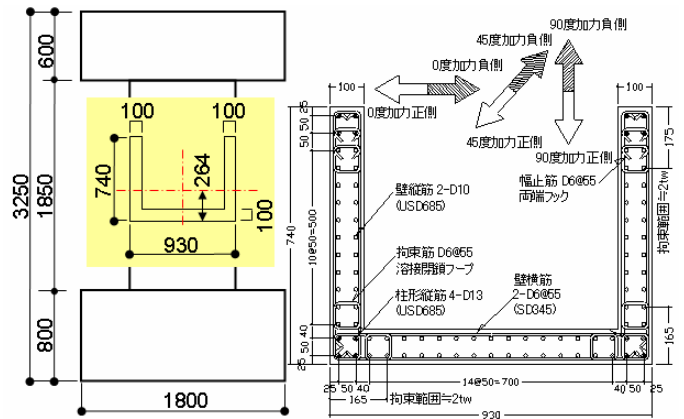


図 1 試験体の形状および配筋

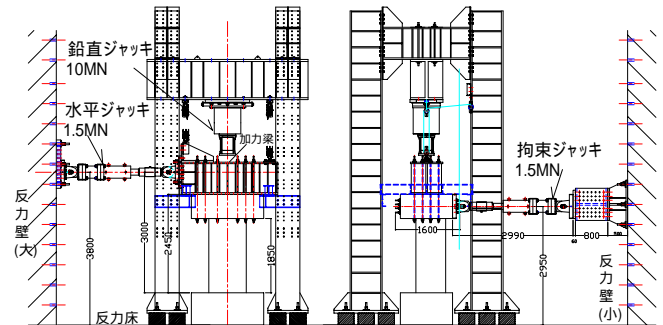


図 2 加力装置の概要

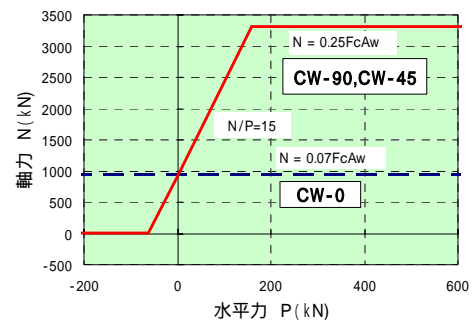


図 3 軸力と水平力の関係

表 1 使用材料の力学特性

コンクリート	試験区間			下スタブ	上スタブ
	圧縮強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (kN/mm^2)	割裂強度 (N/mm^2)	圧縮強度 (N/mm^2)	圧縮強度 (N/mm^2)
試験体名					
CW-0	64.1	35.3	3.77	73.6	66.2
CW-90	65.9	33.9	4.21	76.1	70.2
CW-45	66.1	34.7	4.13	81.0	71.0
鉄筋	呼び名	降伏強度 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	ヤング係数 (kN/mm^2)	伸び率 (%)
壁縦筋	D13	745	938	205	14
	D10	729	894	197	13
壁横筋 帯筋	D6	365	524	184	19
	D6	699	909	201	12

表 2 実験結果一覧

試験体名	加力方向	曲げひび割れ		せん断ひび割れ		圧壊開始時		主筋引張降伏時		主筋圧縮降伏時		最大荷重時		曲げ耐力 Qmu	せん断耐力 Qsu
		P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P*	R		
CW-0	+	137	0.2	398	2.5	593	5.0	702	6.5	843	9.8	856	10.2	902	740
	-	-75	-0.1	-310	-1.7	-609	-7.3	-662	-8.3	-	-	-753	-10.0		
CW-90	+	203	0.9	377	3.1	693	10.0	543	6.2	677	19.5	817	19.3	752	1140
	-	-58	-0.2	-	-	-401	-5.0	-540	-8.4	-398	-7.1	-610	-14.5		
CW-45	+	302	0.9	385	1.4	680	4.1	771	6.5	780	6.8	902	10.0	853	825
	-	-69	-0.2	-144	-0.8	-507	-7.3	-444	-6.0	-	-	-589	-10.0		

P(kN):水平荷重, R(1/1000rad):1層での部材角, Qmu(kN):断面曲げ解析値, Qsu(kN):NewRC式計算値, *最大荷重時のみP-効果を考慮した。

試験体 CW-0 は、 $R=+2.5/1000$ でせん断ひび割れが、また $+5/1000$ では隅角部のコンクリートの圧壊がそれぞれ観察された。隅角部の主筋は、 $+6.5/1000$ で引張降伏、 $+9.8/1000$ で圧縮降伏を生じた。正負加力時とも $10/1000$ で最大の水平力を示し、繰返し加力時には壁 B 面の非拘束域の部分でコンクリートが剥落し始めた。さらに、 $+10/1000$ を超えた後に、壁 B 面でせん断破壊が起こって水平力も低下したが、軸力は保持できていたため、 $+20/1000$ まで加力して終了とした。試験体 CW-0 は、曲げ降伏後のせん断破壊と判断される。

試験体 CW-90 は、負加力時 $R=-5/1000$ で壁 A, C 面の端部に圧壊の兆候がみられた。正加力時 $+10/1000$ では、壁 B 面の隅角部と中央部にもコンクリートの剥落が観察された。 $+20/1000$ で水平力は最大となったが、壁板の圧壊に伴う耐力の低下は、繰返し加力時においても認められなかった。この傾向は負加力時においても同様であった。その後の加力において、壁 B 面の脚部に縦筋の座屈を伴った激しい圧壊を生じたが、軸力は最終まで保持された。試験体 CW-90 は、曲げ圧縮破壊と判断される。

試験体 CW-45 は、 $R=+1.25 \sim 2.5/1000$ で壁 C 面に生じた曲げひび割れおよび曲げせん断ひび割れが、 $+5/1000$ で壁 B 面に伸展した。負加力時では、壁 A 面に水平方向のひび割れが、壁 B 面には斜め方向のひび割れがそれぞれ生じ、 $-2.5/1000$ では壁 C 面にまで達した。 $+4/1000$ で壁脚部隅角部に軽微な圧壊が起こった。正負加力時とも $10/1000$ で水平力は最大となったが、その後の加力で、壁 A, B 面の隅角部の拘束域をはさむように壁脚部の圧壊が進行して、縦筋も座屈し、水平力が急激に低下した。試験体 CW-45 も、曲げ圧縮破壊と判断される。

表 1 を用いた試験体の曲げおよびせん断耐力の計算値を表 2、図 4 に示す。曲げ耐力の計算値は(その 2)に示す断面曲げ解析によるものであり、せん断耐力のそれは New RC 式に基づくものである。45 度加力の試験体 CW-45 では、破壊モードから壁 B 面の面内せん断耐力の生じる方向と加力方向のなす角度を考慮した。各試験体の正加力時の最大水平力と比較すると、試験体 CW-0 および CW-90 では、破壊モードを考慮した耐力計算値に対して

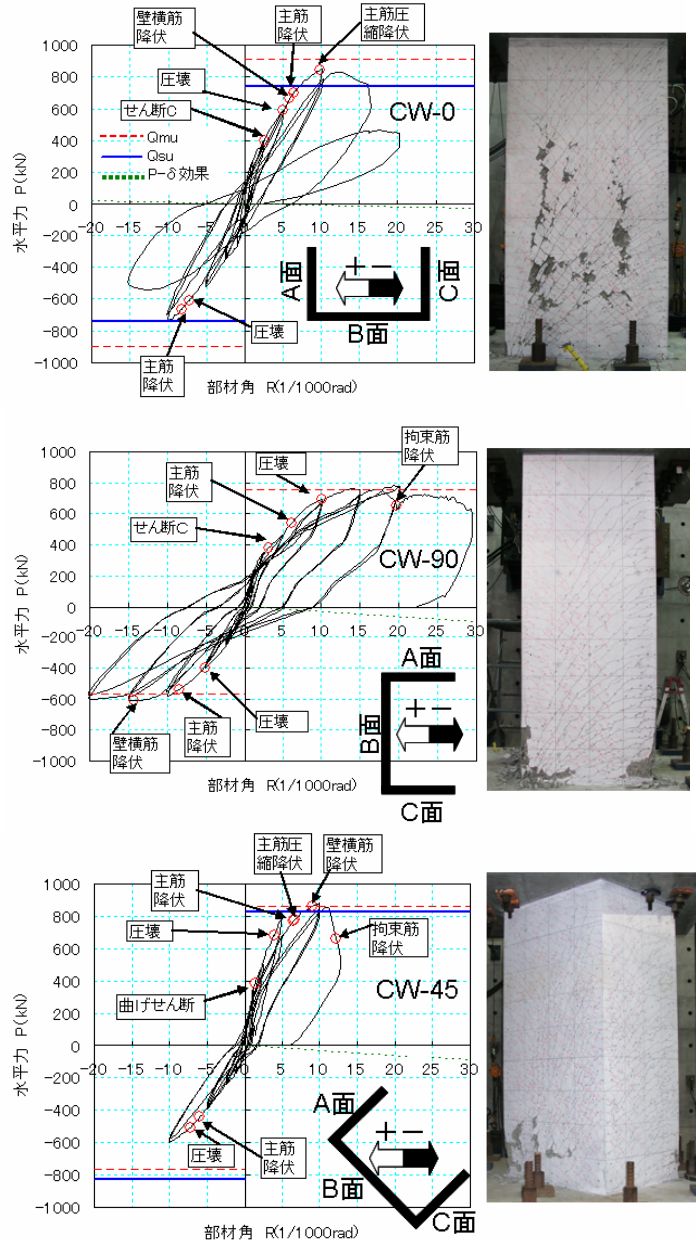


図 4 水平力 - 1層部材角関係と最終破壊状況
安全側の評価となるが、試験体 CW-45 については、せん断の破壊モードが複合された状態と考えられる。

5. まとめ

加力方向を変えた 3 体のコア壁の曲げせん断実験を行い、耐力および破壊モードの相違を明らかにした。

*1 安藤建設 技術研究所
*2 ハザマ 建築事業本部 設計・技術センター
*3 神奈川大学 工学部 建築学科 教授 博士(工学)

*1 ANDO Corporation Research Center
*2 Structural Design Division, HAZAMA Corporation
*3 Professor, Kanagawa University, Dr. Eng.