

枠柱せん断補強筋量が耐震壁の曲げ変形性能に及ぼす影響に関する実験的研究 (その 1 : 実験概要及び結果)

耐震壁 耐震性能 拘束筋
枠柱 曲げ変形

正会員 ○坂下雅信* 同 河野 進*
同 阪本康平*

1. はじめに

日本建築学会の 1999 年版「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」^[1](以後、RC 規準)では、「付帯ラーメンの断面は、軸方向力および曲げモーメントに対して十分安全であるように算定する。」として、付帯ラーメンの断面形状に関する推奨条件が示されていた。2010 年版 RC 規準では、柱断面の規定が緩和され、壁端部の柱型拘束域が軸力負担・壁板拘束などの役割を果たせば枠柱を設ける必要はなくなった。

そこで、耐震壁の枠柱の有無、また枠柱のせん断補強筋量が連層耐震壁の曲げ変形性能に与える影響を把握することを目的とし、縮尺 40% の RC 造連層耐震壁モデル試験体 4 体を用いて静的正負交番繰返載荷実験を行った。本稿ではそれら 4 体の内、枠柱を持つ耐震壁 2 体について述べる。

2. 実験概要

2.1. 試験体概要

試験体は中低層 RC 造建物の低層部 3 層を想定した耐震壁 (試験体名 BC40, BC80) 2 体である。図-1 に、両試験体概要を示す。また、表-1、表-2 に使用材料の力学特性を、表-3 に試験体の実験変数を、表-4 に試験体の共通項目を示す。断面は枠柱が 250mm 角、壁板が幅 1250mm、壁厚 80mm である。実験変数は枠柱に対する拘束筋量であり、BC40 には 40mm ピッチでフープ筋 (外寸法 222mm×222mm) と図-1 のように幅止め筋を配し、BC80 には 80mm ピッチでフープ筋のみを配筋した。試験体は曲げ降伏後に曲げ圧壊が生じるように設計しており、せん断余裕度は両試験体共に約 1.5 とした。

表-1 コンクリートの力学特性

圧縮強度(MPa)	ヤング係数(GPa)	引張強度(MPa)
59.5	30.9	5.10

表-2 鉄筋の力学特性

鉄筋	ヤング係数(GPa)	降伏強度(MPa)	引張強度(MPa)
D6	189	387	496
D10	194	377	533
D25	196	379	559

表-3 試験体実験変数

試験体	柱のせん断補強筋	
	配筋	補強筋比(%)
BC40	3-D6(SD295A)@40	0.95
BC80	2-D6(SD295A)@80	0.32

表-4 試験体共通項目

部材	部材性状	
枠柱	断面	250x250mm
	主筋	8-D10(SD295A) (0.91%)
壁板	壁厚	80mm
	縦筋・横筋	D6(SD295A)@100 千鳥 (0.4%)
載荷梁	主筋(上下共通)	2-D25(SD345) (0.63%)
	せん断補強筋	4-D10(SD295A)@100 (0.36%)
基礎梁	主筋(上下共通)	6-D25(SD345) (0.95%)
	せん断補強筋	4-D10(SD295A)@100 (0.71%)

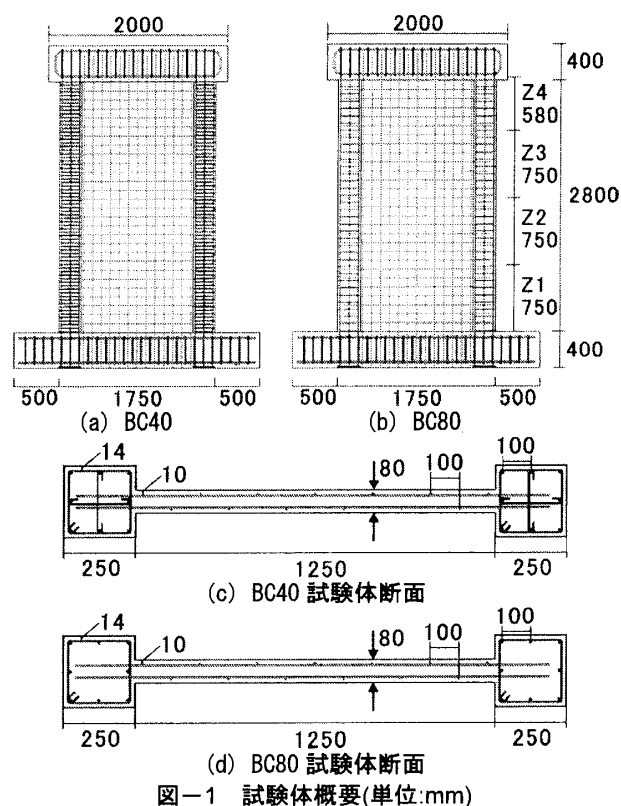


図-1 試験体概要(単位:mm)

2.2. 載荷概要

載荷装置を図-2 に示す。加力方向は東が正方向、西が負方向である。水平力は 2000kN の油圧ジャッキ 2 本、軸力は 1000kN ジャッキ 2 本により与えた。載荷は反曲点である載荷梁中心 (試験体脚部から 3000mm の高さ) における水平変位を同高さで除した変形角 (これ以降 R と称す) により制御した。水平力は正負交番静的漸増載荷、軸力は枠柱に対して軸力比が 0.2 となる 1500kN を一定軸力として作用させた。

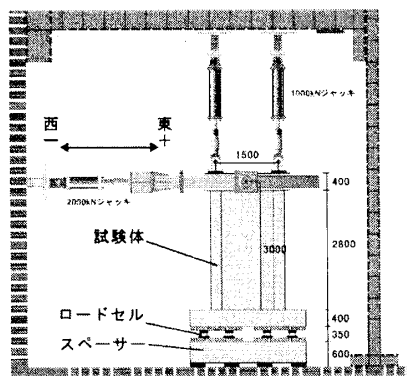


図-2 載荷装置 (単位: mm)

3. 実験結果

3.1. 損傷状況

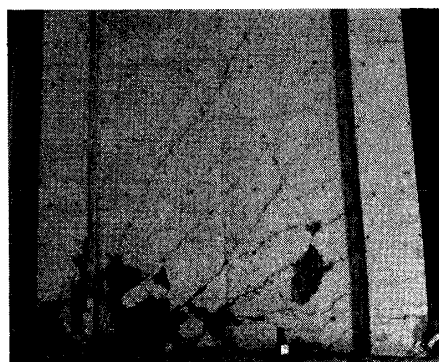
表-5 に各試験体の損傷の進展状況を示す。

曲げひび割れは、BC40 では $R=0.05\%$ サイクルで、BC80 では $R=0.10\%$ サイクルで発生した。BC40 で早期にひび割れが発生した原因は、BC80 に比べ、枠柱の拘束筋量が多く、コンクリート断面の欠損が大きくなったことが考えられる。曲げひび割れが発生した後、両試験体共に壁板全体を横切るような大きなせん断ひび割れが $R=0.25\%$ において生じた。以後のサイクルではひび割れが増加、進展していき、圧縮側枠柱に縦方向の圧縮ひび割れが、 $R=1.00\%$ サイクルにおいて、両試験体に発生した。ひび割れの分布に試験体による違いは、脚部より高さ 500mm 以上の領域では見受けられなかった。

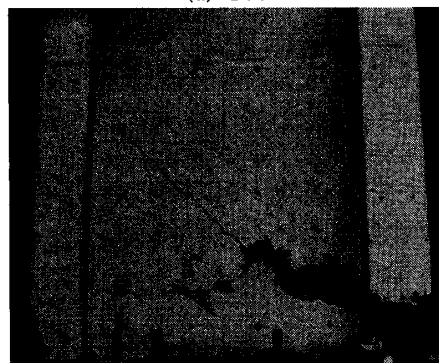
壁板の圧縮側脚部においてカバーコンクリートが剥離した後、壁縦筋の座屈が、BC40 では $R=1.5\%$ で、BC80 では $R=1.0\%$ で見受けられた。枠柱脚部では、カバーコンクリートの剥離後、主筋の座屈が、BC40 では $R=4.0\%$ で、BC80 では $R=1.5\%$ で見受けられた。鉄筋の座屈は柱主筋、壁縦筋共に BC80 の方が早期に発生しており、BC40 の枠柱の軸力保持能力が BC80 に比べて高かったことが原因として考えられる。

載荷終了後の両試験体の状況を写真-1 に示す。写真は試験体南方向から撮影した。最終的に、BC40 は $R=4.00\%$ サイクル途中の $R=2.75\%$ で枠柱及び壁板が脚部にて圧壊し、破壊に至った。経験した最大の変形角は $R=4.0\%$ であ

った。BC80 も $R=4.0\%$ サイクル途中の $R=+1.5\%$ において BC40 同様、試験体脚部の圧壊により破壊に至ったが、経験した最大の変形角は $R=2.0\%$ であった。この時 BC40 では、急激な水平力の低下が生じた $R=2.75\%$ において枠柱は損傷しながらも軸力保持能力を有しており、せん断補強筋の拘束効果が十分に発揮されていたと考えられる。一方 BC80 では、急激な水平力の低下が $R=1.5\%$ と BC40 に比べ早期に生じた上、それに伴って軸力も保持できなくなったことから、BC80 のせん断補強筋量では枠柱の圧壊を抑制するほどの拘束効果が得られなかったと言える。



(a) BC40



(b) BC80

写真-1 載荷終了後の損傷状況

なお、参考文献はその 2 に併せて示す。

表-5 損傷の進展状況

サイクル	BC40	BC80
0.05%	枠柱引張縁に曲げひび割れ	
0.10%	壁板にせん断ひび割れ	枠柱引張縁に曲げひび割れ
0.25%	壁板全体を横切るせん断ひび割れ	壁板全体を横切るせん断ひび割れ
1.0%	枠柱脚部に縦方向の圧縮ひび割れ 枠柱脚部でカバーの剥離	枠柱脚部に縦方向の圧縮ひび割れ 壁縦筋の露出及び座屈を確認
1.5%	壁縦筋の露出及び座屈を確認	圧縮縁の柱主筋が座屈
2.0%	圧縮側柱脚のカバーが剥離	圧縮縁の柱主筋が上部でも座屈 枠柱・壁板が圧壊、水平力が大きく低下
4.0%	圧縮縁の柱主筋が座屈 枠柱・壁板が圧壊、水平力が大きく低下	

*京都大学大学院工学研究科

*Dept. of Architecture. & Architectural. Eng., Kyoto Univ.