

論文 開口上下壁板にスリットを設けたRC耐震壁の弾塑性性状に関する研究

姜 優子^{*1}・小野 正行^{*2}・江崎 文也^{*3}

要旨：開口上下部壁板に2種類のスリットを設けた耐震壁と無開口耐震壁の試験体により一定載荷速度0.01cm/secでの1変位振幅1サイクルの正負交番漸増繰り返し水平力載荷実験を行った。実験結果によれば、スリットを設けた有開口耐震壁の最大強度は無開口耐震壁よりも20%～25%の強度低下を起こし、スリットが壁芯より芯ずれした場合は壁芯に設けた場合よりも若干小さいことがわかった。また、破壊モードは無開口耐震壁と同じ曲げ破壊モードであり、無開口耐震壁よりも若干小さい変形性能を有していることがわかった。

キーワード：有開口耐震壁、スリット、破壊モード、強度、変形性能

1. 序

有開口耐震壁に関しては、多くの実験的および解析的研究が蓄積されている。筆者らの既往の実験結果によれば、比較的小さな開口を有する耐震壁の強度が壁板のスリップ破壊で決まる場合急激な強度低下を起こし、脆性的な破壊性状を示すことがある^{1)～3)}。

せん断破壊する無開口震壁に比較的小さな開口を設けた場合とその開口上下部にスリットを設けた既往の実験結果²⁾によれば、せん断破壊を起こすが開口のみの場合よりも若干韌性の改善が認められた。

従って、本研究は、曲げ破壊する無開口震壁に比較的小さな開口を有する開口上下部に2種類のスリットを設けた耐震壁と無開口耐震壁の

試験体により一定載荷速度下で1変位振幅1サイクルの正負交番漸増繰り返し水平力の載荷実験を行い、その変形性能や強度について比較検討を行ったものである。

2. 実験計画

2.1 試験体の形状・寸法・配筋

試験体の形状・寸法および配筋を、表-1および図-1に示す。試験体名には、FWt-ξ-C-Aの記号を付けている。F:付帯ラーメン、W:壁板、t:壁厚、ξ:開口周比($\sqrt{h_0 l_0 / h_1}$)、C:中央開口、A:スリット形状・位置および配筋の有無(S:部分スリット、C:スリットを壁芯に設置、E:スリットを壁芯から偏心して設置

表-1 試験体の形状・寸法・配筋

試験体	柱断面 b*D (cm*cm)	柱 主筋	帯筋 径-間隔 Pw (mm) (%)	壁厚 t (cm)	壁筋 径-間隔 Ps (mm) (%)	開口寸法 h0*l0 (cm*cm)
FW5-0.00						-
FW5-0.30-C-SCB	20*20	4-D13	D6-@40 0.8	5.0	D6-@100 0.64	27×27
FW5-0.30-C-SE0						

* 1 近畿大学 産業技術研究科造形学専攻 院生（正会員）

* 2 近畿大学教授 九州工学部建築学科（正会員）

* 3 九州共立大学教授 工学部建築学科 工博（正会員）

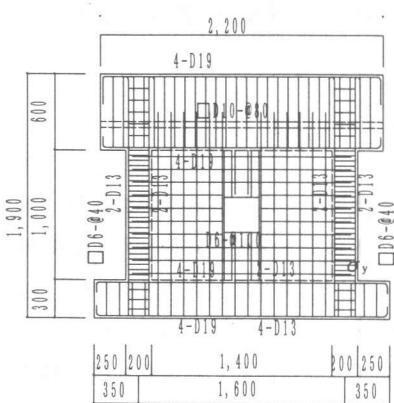


図-1 試験体形状・寸法・配筋および部分スリットの形状・寸法

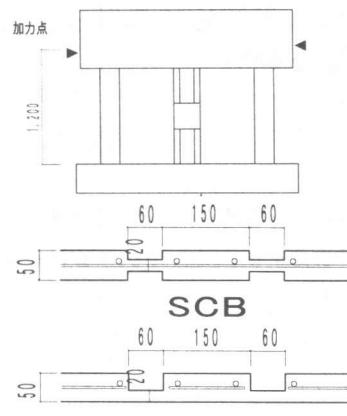


表-2 使用材料の機械的性質

(1) コンクリート

試験体	σ_B	σ_t
FW5-0.00		
FW5-0.30-C-SCB	32.3	1.98
FW5-0.30-C-SEO		

σ_B : シリンダー圧縮強度 (MPa)
 σ_t : 引張強度 (割裂強度) (MPa)

(2) 鉄筋

種別	σ_y	ε_y	σ_t
D6	406.5	0.206	545.8
D13	350.0	0.202	514.0

σ_y : 降伏強度 (MPa) σ_t : 引張強度 (MPa)
 ε_y : 降伏ひずみ (%)

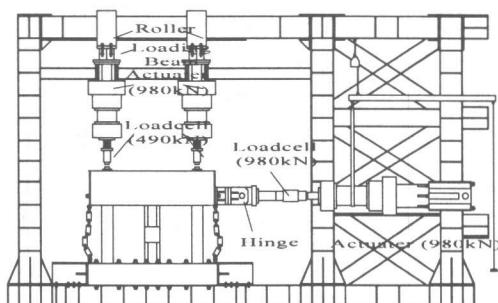


図-2 載荷装置

, B: スリット部に配筋有り, 0: スリット部に配筋無し) を表している。図-1 に部分スリット形状・寸法を示す。

試験体のコンクリート打設は、縦打ちであり、使用材料の機械的性質を表-2 に示す。

2.2 載荷方法および載荷プログラム

載荷装置を図-2 に、載荷プログラムを図-

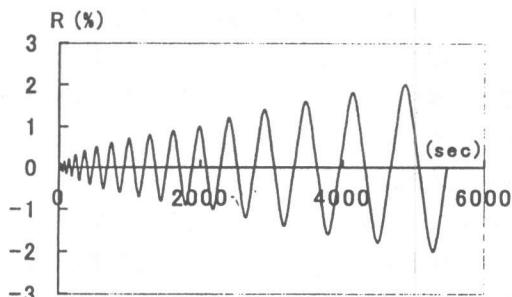


図-3 載荷プログラム

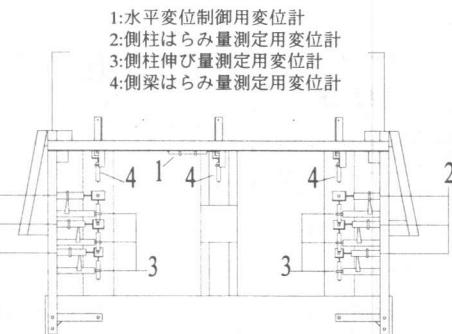


図-4 变位測定装置

3に示す。載荷にはコンピュータ制御によるアクチュエータ3台を用いた。試験体への正負漸増繰り返し水平力の載荷は、試験体の両側柱にそれぞれ196kNの鉛直荷重を載荷した後、基礎ばかり上端より120cm(加力点高さ)の位置の剛な上部ばかりに埋め込まれたパイプに通したPC鋼棒を介して行った。

水平力の繰り返し載荷を行っている間中、絶えず両側柱部に載荷した196kNの鉛直荷重が保持されるように制御した。水平力の載荷方法は通常の静的載荷実験とは異なり、一定載荷速度の下での連続的な変位制御で、同一変位振幅で1サイクルの正負交番繰り返し載荷とした。

水平力の載荷速度は0.01cm/secであり、図-3に示すような載荷プログラムに従って水平力を載荷した。図-3中の縦軸は、層間変形角R($R = \delta / h$, δ : 上部はり中央での水平変位 h : 基礎上端より上部はり下端までの高さ ($h = 100\text{cm}$))を示す。また、横軸は、制御する層間変形角Rの時刻歴(sec)を示している。

2.3 測定装置および測定方法

載荷した水平力は、アクチュエータ先端に取り付けたロードセルにて測定した。図-4に示すように、試験体の曲げ変形や付帯ラーメンの変形を求めるために試験体の基礎ばかりに固定し

た変位測定用フレームに取り付けた高感度変位計により試験体各部の水平変位や鉛直変位を測定した。側柱脚部位置での柱主筋にひずみゲージを貼付し、それらのひずみを測定した。

水平荷重、水平変位や鉛直変位および柱主筋のひずみ測定値は動ひずみ測定器に0.1secのサンプリング間隔で取り込んだ。

ひび割れの記録は目視と写真撮影によった。

3. 実験結果およびその検討

3.1 ひび割れ性状および破壊状況

本実験の実験終了時のひび割れと破壊状況を図-5a), 5b) に示す。

FW5-0.30-C-SCB試験体は、2サイクル目のR=0.1%に向かう途中で壁板に斜めひび割れが認められた。その後、変形の増大とともに、壁板の斜めひび割れの柱頭部への伸展、柱の水平ひび割れの発生および壁板のひび割れが数を増し、壁板のスリップ破壊と上部部分スリット部の圧縮破壊によりR=0.7%付近で最大強度に達した。

最大強度以降は、壁板と柱頭部の斜めひび割れの拡大、壁板のスリップ破壊、柱頭柱脚部の圧縮破壊および上下の部分スリット部の破壊がます々顕著になった。

FW5-0.30-C-SE0試験体は、2サイクル目のR

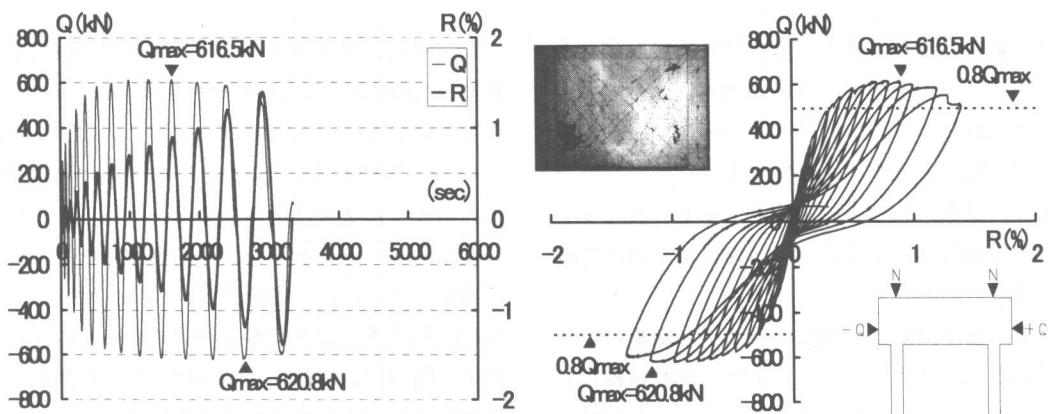
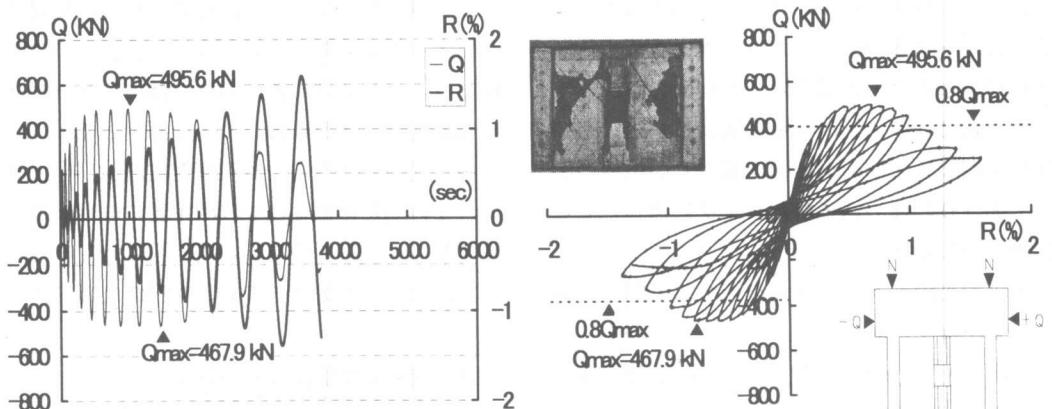
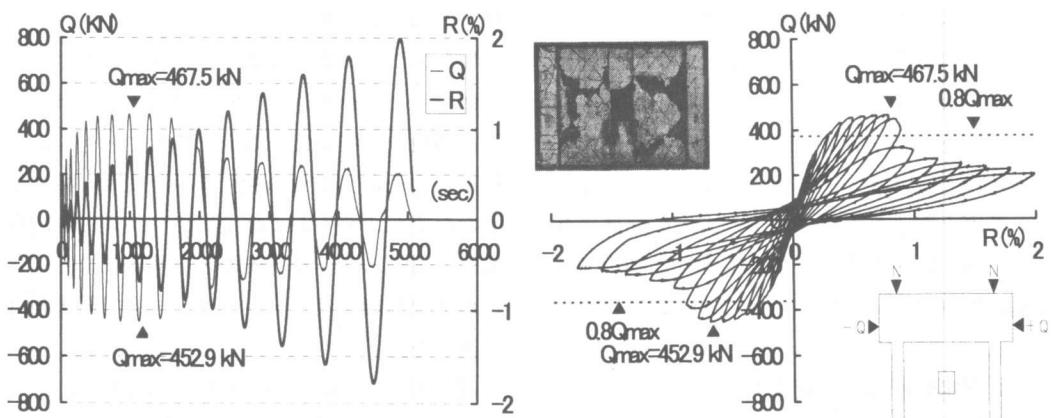


図-5a) 水平荷重(Q)-一層間変形角(R)の履歴曲線、QとRの時刻歴
および実験終了時のひび割れと破壊状況



FW5-0.30-C-SCB



FW5-0.30-C-SE0

図-5 b) 水平荷重 (Q) - 層間変形角 (R) の履歴曲線, Q と R の時刻歴
および実験終了時のひび割れと破壊状況

= 0.1% に向かう途中で壁板に斜めひび割れが認められた。その後、変形の増大にともない、壁板の斜めひび割れの柱頭部への伸展、柱の水平ひび割れの発生および壁板のひび割れが数を増し、壁板のスリップ破壊と上部部分スリット部の圧縮破壊により $R = 0.7\%$ 付近で最大強度に達した。

最大強度以降は、壁板と柱頭部の斜めひび割れの拡大、壁板のスリップ破壊、柱頭柱脚部の圧縮破壊および上下の部分スリット部の破壊がます々顕著になった。

3.2 履歴曲線と強度

図-5に、水平荷重 (Q) と層間変形角 (R) の履歴曲線、Q と R の時刻歴を示す。図-6に、3 試験体の Q と R の包絡線を示す。

FW5-0.30-C-SCB 試験体は、0.4%付近から0.9%付近まで最大強度近傍の荷重を保持し、それ以降は急激な強度低下を示す履歴曲線である。

FW5-0.394-C-SE0 試験体は、0.4%付近から0.8%付近まで最大強度近傍の荷重を保持し、それ以降はFW5-0.30-C-SCB試験体よりも急激な強度低下を示す履歴曲線である。破壊モードは2体の試験体ともFW5-0.00試験体と同じ曲げ破壊モードと考えられる。FW5-0.30-C-SCBとFW5-0.394-C-SE0試験体の最大強度は、無開口耐震

壁の最大強度と比較して約20%～25%小さくなり、FW5-0.30-C-SCBより FW5-0.30-C-SE0 試験体の強度の方が若干小さくなつた。

3.3 等価粘性減衰定数 (h_{eq})

各サイクルにおける等価粘性減衰定数 h_{eq} と層間変形角 R の関係を図-7に示す。

無開口耐震壁の h_{eq} は $R = 0.3\%$ で急激に大きくなっているが、これは壁板等のひび割れが増加したためと考えられる。スリットを有する試験体については、スリットが壁芯より芯ずれした場合の方が $R = 0.8\%$ まではその値が小さい。これはスリット部の鉄筋の有無とスリット位置の相違と考えられる。

3.4 側柱脚部の柱主筋のひずみ (ε)

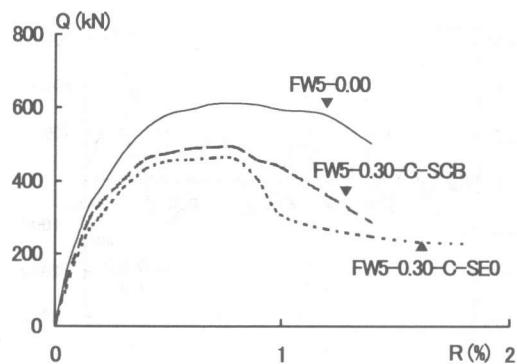


図-6 各試験体の包絡線

3.5 側柱脚部の柱主筋のひずみ (ε)

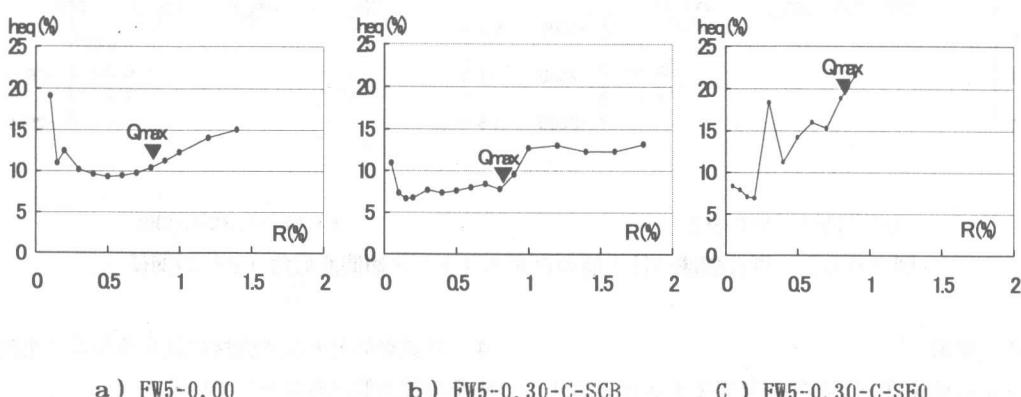


図-7 各試験体の等価粘性減衰定数 (h_{eq}) と層間変形角 (R) の関係

各試験体の側柱脚部の柱主筋のひずみを図-8 a), 8 b) に示す。

図-8 a), 8 b) の縦軸は層間変形角 R と鉄筋のひずみ ε を示す。また、横軸は制御する層間変形角 R の時刻歴 (sec) を示している。

無開口耐震壁およびスリットを有する2体の耐震壁の柱脚部の柱主筋のひずみは最大強度に達する以前に降伏をしている。

全試験体の柱主筋が降伏をする層間変形角 R は、0.4%～0.5%程度である。

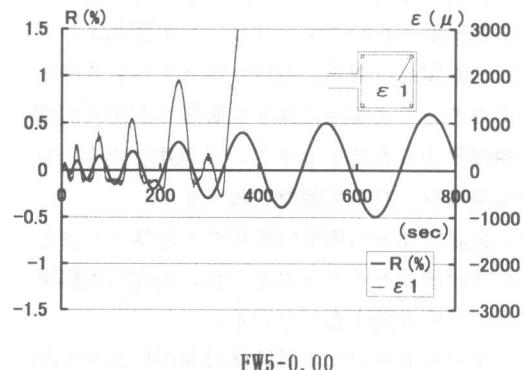
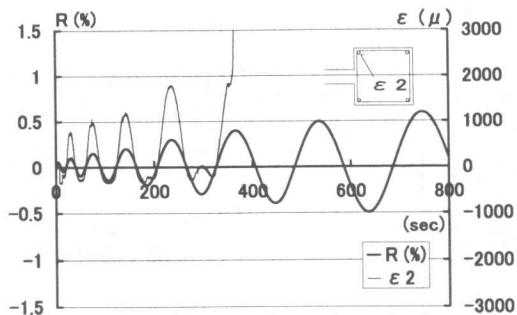
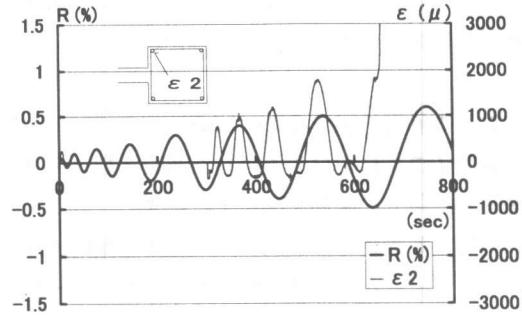


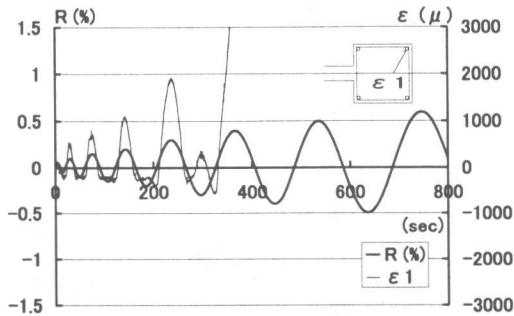
図-8 a) 側柱脚部の柱主筋のひずみ (ε) と層間変形角 (R) の関係



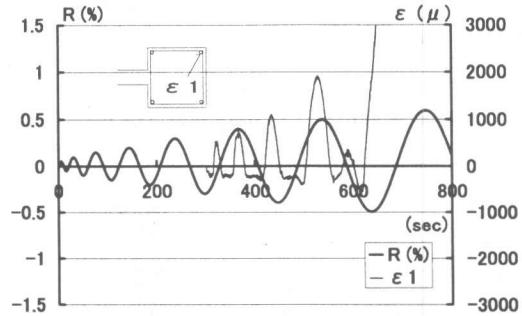
a) FW5-0.30-C-SCB



b) FW5-0.30-C-SE0



c) FW5-0.30-C-SCB



d) FW5-0.30-C-SE0

図-8 b) 側柱脚部の柱主筋のひずみ (ε) と層間変形角 (R) の関係

4. 結論

一定載荷速度下での実験結果であるが、以下の知見が得られた。

- 1) 最大強度は、無開口耐震壁よりも約20~25%の強度低下を起こす。スリットが壁芯より芯ずれした場合は壁芯に設けた場合よりも若干小さくなる。最大強度に達する層間変形角は無開口耐震壁よりも若干小さく、最大強度以降は急激な強度低下を示す履歴曲線である。
- 2) 両試験体とも無開口耐震壁の破壊モードと同じ曲げ破壊モードと考えられ、無開口耐震壁に近い変形性能を有している。
- 3) スリットを有する試験体は R が0.2%~0.8%付近までは7%~10%の値となり、0.8%以上になるとその値が大きくなる傾向を示した。

4) 3試験体とも最大強度に達する以前に側柱脚部の柱主筋は降伏をしている。

今回実験を行っていないが比較的小さな開口のみを有する場合の変形性能は、スリットを有する場合よりも若干小さいと推測される。

今後実験を行い検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1) 小野正行・徳広育夫：鉄筋コンクリート造耐震壁の開口の影響による耐力低減率の提案、日本建築学会構造系論文報告集、第435, pp. 119~129, 1992.5.
- 2) 古賀俊誠・松岡良智・小野正行：「RC有開口耐震壁の弾塑性性状に関する実験的研究(開口部にスリットを有する場合)」、大会号, pp. 381~382. 1999.9.