B-10

損傷を受けた壁筋比の異なる RC 造耐震壁の残存耐震性能に関する研究

A Study on Residual Seismic Performance of Damaged RC Shear Walls with Different Reinforcement Ratio

○山崎未紘[1]，　長沼一洋[2]，　田嶋和樹[2]
*Mihiro Yamazaki[1], Kazuhiro Naganuma[2], Kazuki Tajima[2]

Abstract: Earthquake resistant walls with relatively low reinforcement ratio are analyzed using finite element method. From the analysis results, it is found that the previous damage classes III and IV reduced the maximum strength by about 90%. Within the range of experienced deformation in the previous loading, the stiffness and the energy dissipation are significantly reduced.

１．はじめに

筆者らはこれまで事前損傷が耐震壁の構造性能に与える影響を明らかにする目的で，事前損傷の有無及び大きさをパラメータとした耐震壁の静的漸増載荷実験(以下 S-13 シリーズ)に対し解析を行ってきた[1]．本研究では，その継続実験として行われた壁筋比の小さい耐震壁の静的漸増載荷実験(以下 S-06 シリーズ)を対象に有限要素法(FEM)による非線形解析を行う．

２．解析対象実験

解析は半沢らの実験[2]を対象として行う．試験体は Fig.1 に示す S-13 シリーズの半分の壁筋比 Ps=0.66%を有する耐震壁である．2 本の鉛直ジャッキにより試験体の壁と柱の全断面に対して 0.5N/mm^2 の一定軸力を加え，試験体の反曲点高さが壁高さの中央に来るように設置された左右 2 本の水平ジャッキを用いて正負交番繰り返し静的漸増載荷が行われた．本研究では無損傷の試験体 1 体(S-06-D0)及び現行基準[3]における損傷度II～IVとなるように事前加力を与えた 3 体(S-06-DII～IV)の試験体を解析対象とした．事前加力時に与える変形量は無損傷試験体の解析結果から各損傷度に対応する変形角を決定しており，解析では荷重制御とした．

各材料詳細を次に示す．コンクリートの圧縮強度は平均 32.6N/mm^2，弾性係数は平均 3.03×10^4 N/mm^2 である．また，鉄筋の降伏強度は壁筋，柱主筋，帯筋それぞれ 388N/mm^2，363N/mm^2，397N/mm^2，弾性係数はそれぞれ 1.76×10^5 N/mm^2，1.66×10^5 N/mm^2，1.89×10^5 N/mm^2 である．

３．解析モデル

解析は平面応力解析とした．Fig.2 に解析モデルを示す．実験と同様に反曲点高さが壁高さの中央に来るように，上部の加力用鉄骨から壁高さ中央まで 2 本の線材要素を斜めに配置し，その交点に水平載荷を行うこととした．コンクリート，加力用鉄骨は四辺形要素，柱の主筋は線材要素を用い，コンクリートと鉄筋間の付着すべりを接合要素で表現した．その他の鉄筋は分散鉄筋とした．材料構成則は文献[1]と同様とした．

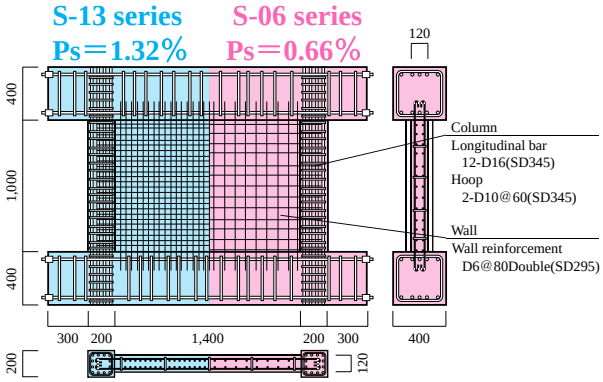

Fig.1 Details of specimens[2]

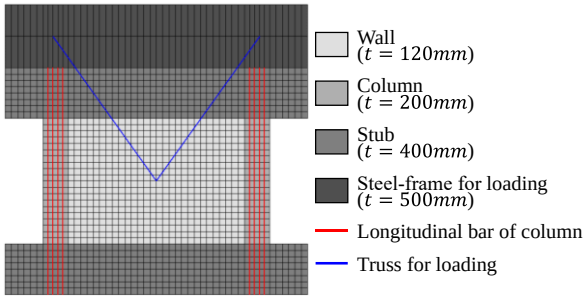

Fig.2 Finite element idealization

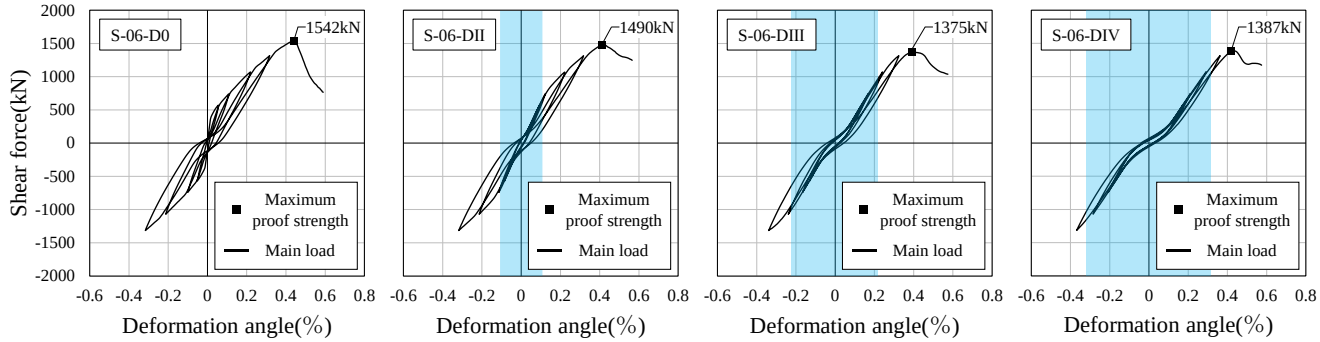

Fig.3 Shear force - deformation angle relationships

１：日大理工・院(前)・建築　２：日大理工・教員・建築

４．解析結果

各試験体の荷重－変形関係を Fig.3 に，S-13 シリーズと S-06 シリーズの荷重－変形関係の比較を Fig.4 に示す．網掛け部分は事前加力で経験した変形領域である．S-13 シリーズは事前損傷の大きさが最大耐力及び変形性能に与える影響は見られなかったが，S-06 シリーズは損傷度III，IVの大変形を経験していると，無損傷時と比較して最大耐力が約 9 割に低下した．また，S-13 シリーズと比較して S-06 シリーズの方が全体的に最大耐力が低下している．これは壁筋比が小さくなったことで壁筋 1 本の負担水平力が大きくなり，壁筋の降伏が早い段階で起きたことが要因として考えられる．また，S-06-DIII・IVはスリップ型の復元力特性を示しており，大変形を経験するとエネルギー吸収能力が低下することが分かる．

各試験体の最大耐力時のひび割れ図を Fig.5 に示す．無損傷試験体ではひび割れは壁隅から発生し，やがて壁全体に生じていった．層間変形角 0.2%付近で壁縦筋が降伏，0.3%付近で壁横筋が降伏し，0.44%で最大耐力を迎えた．この破壊傾向は有損傷試験体においても同様であった．どの試験体も 45 度方向にひび割れが走っており，せん断破壊型の傾向が伺える．事前損傷の増大に伴い，圧縮軟化要素が増えている．

各損傷度における剛性低下率の推移を Fig.6 に示す．剛性低下率は，事前加力を含めた正載荷時最初期履歴ループから最小二乗法により求めた初期剛性に対する，本加力時各サイクルの正載荷，負載荷時のピーク点同士を結んで求めた等価剛性の比で求めた．無損傷試験体と比較して，損傷度Ⅲ・Ⅳの大変形を経験すると剛性は約 3～4 割まで低下することが分かる．終局変形時においては事前損傷の有無に関わらず剛性低下率は同程度である．なお，壁筋比の異なる S-13 シリーズと S-06 シリーズの比較では，剛性低下率の推移に大きな違いは見られなかった．

各損傷度における等価粘性減衰定数の推移を Fig.7 に示す．事前に経験した変形領域では減衰性能は低下するが，未経験の領域に達すると無損傷試験体と同程度まで回復することが分かる．また，損傷度の増加に伴い減衰性能は低下している．剛性低下率の結果も含め，地震により経験した変形領域では剛性，減衰性能が低下することにより，再度同程度の外力を受けた場合に構造物の応答が大きくなる可能性があると考えられる．なお，壁筋比の異なる S-13 シリーズと S-06 シリーズの比較では，等価粘性減衰定数の推移に大きな違いは見られなかった．

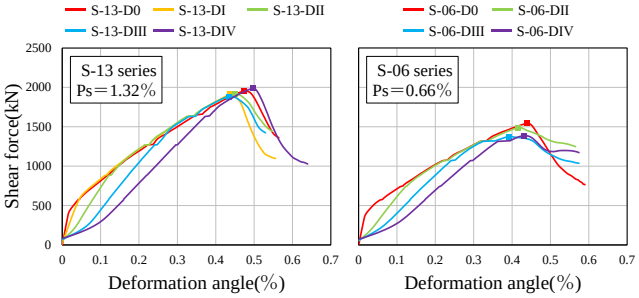

Fig.4 Comparison of envelope curves

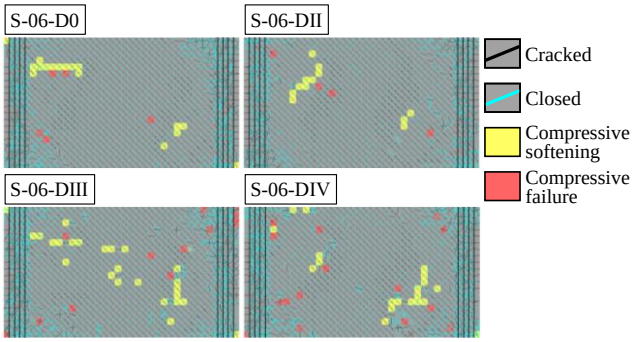

Fig.5 Damages at maximum load

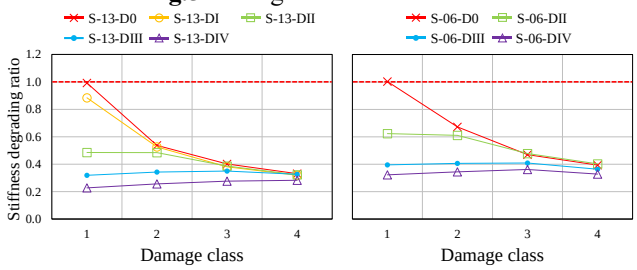

Fig.6 Stiffness degrading ratio

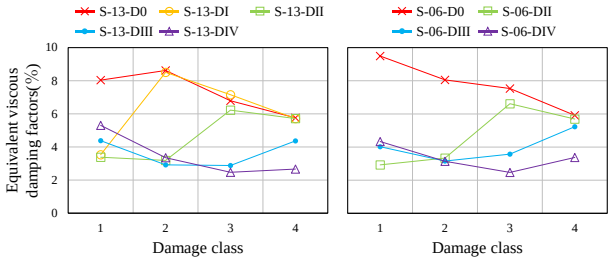

Fig.7 Equivalent viscous damping factors

５．まとめ

壁筋比の小さい耐震壁について，事前損傷の有無及び大きさをパラメータとした静的漸増載荷実験を対象に FEM 解析を行った．その結果，事前損傷が最大耐力及び変形性能，剛性低下率，減衰性能といった各種構造性能に与える影響が分かった．

参考文献

[1] 山崎未紘，他：RC 耐震壁の事前損傷の大きさが耐震性能に与える影響に関する解析的研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.167-168，2021.9

[2] 半沢守，他：損傷を受けた RC 造耐震壁の損傷量評価及び残存耐震志納評価に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.39，No.2，pp.313-318，2017

[3] 日本建築防災協会：震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針，2016