

B-1

FEM 解析による RC 耐震壁の残存耐震性能の評価

Evaluation of Residual Seismic Performance of RC Shear Walls Using Finite Element Analyses

○山崎未紘<sup>1</sup>, 長沼一洋<sup>2</sup>, 田嶋和樹<sup>2</sup>

\*Mihiro Yamazaki<sup>1</sup>, Kazuhiro Naganuma<sup>2</sup>, Kazuki Tajima<sup>2</sup>

Abstract: Finite element analyses were performed to investigate the effects of loading conditions on the residual seismic performance of reinforced concrete shear walls. From the analysis results, it was found that there is a possibility to evaluate the degree of the wall strength deterioration based on an increasing rate of the amount of wall area.

1. はじめに

筆者らはこれまで事前損傷が RC 耐震壁の残存耐震性能に及ぼす影響について考察してきた<sup>1)</sup>。本研究では載荷履歴を変化させた RC 耐震壁の非線形有限要素解析を実施し、壁の面積変化と耐力低下の関係について考察した。

2. 解析対象と解析方法

既往の RC 耐震壁の実験を解析対象とした。田所ら<sup>2),3)</sup>の実験よりせん断スパン比が異なる S-06-D0, F-06-D0, 阪本ら<sup>4)</sup>の実験より帯筋比が異なる BC40, BC80, 計4体の試験体を選定した。Table 1 に試験体諸元, Fig. 1 に各試験体形状と要素分割図を示す。解析は平面応力状態を仮定した。モデル化方法は文献<sup>1)</sup>を参照されたい。加力条件は単調載荷及び Table 2 に示す4種の異なる載荷履歴の繰返し載荷とした。繰返し載荷の後にはそれぞれ破壊まで押切とした。Di(c)と Di(s)はそれぞれコンクリートと鋼材の既往研究による損傷指標である<sup>5)</sup>。

3. 解析結果

Fig.2 に単調載荷の最大荷重時ひび割れ図(変形倍率5倍)を示す。解析の破壊モードは実験と同様, S-06-D0 はせん断型, それ以外の試験体は曲げ型であった。

Fig.3 に荷重-変形関係を示す。図内には正側1サイクル目ピーク荷重に対する各サイクルピーク荷重の低下率を示している。左図は載荷方法の違いによる解析結果の比較である。全試験体, 押切載荷時の荷重は, 正負交番載荷では1サイクル目ピーク荷重に対して約2~3.5割低下するが, 一方向繰返し載荷では約1割の低下に留まっている。また, 右図は最大経験変形角の違いによる解析結果の比較である。鉄筋降伏, コンクリート圧壊と, 損傷の進行によってピーク荷重の低下率は大きくなる。1サイクル目でコンクリートの圧壊を経験しているケース2では, 押切載荷時に他加力条件と同等の耐力まで復活しなかった。試験体間の比較では, 曲げ破壊型の F-06-D0 は曲げひび割れによる柱主筋・壁縦筋のひずみが進行したため, せん断破壊型の S-06-D0 と

Table 1 Outline of Specimens

Specimens name	S-07	F-07	BC40	BC80
Shear span ratio	0.29	0.58	2.00	
Axial stress (N/mm <sup>2</sup> )	0.50		6.67	
Concrete compressive strength (N/mm <sup>2</sup> )	32.1		59.5	
Yield strength of wall reinforcement (N/mm <sup>2</sup> )	388(D6)		387(D6)	
Yield strength of column main bar (N/mm <sup>2</sup> )	363(D16)		377(D10)	
Yield strength of hoop (N/mm <sup>2</sup> )	397(D10)		387(D6)	

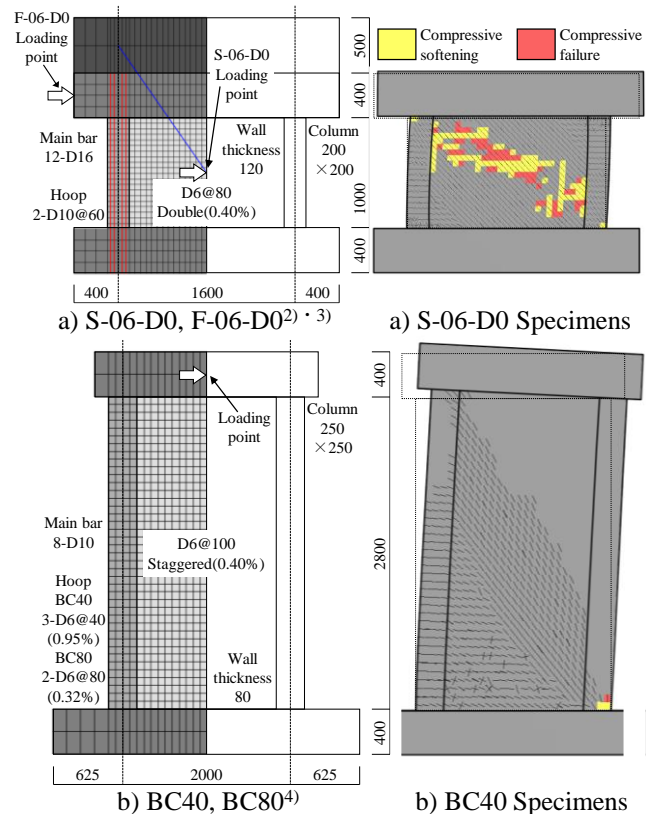


Fig.1 Details of specimens and finite element idealization

Fig.2 Crack pattern at maximum load

Table 2 Loading conditions

Case 1	Deformation angle Di(c)=1.0 × 3 times. Cyclic loading in one direction is used.
Case 2	Deformation angle Di(c)=1.0 × 3 times.
Case 3	Deformation angle just before Di(s) starts to rise × 3 times.
Case 4	Deformation angle Di(s)=0.01 × 3 times.

比較してピーク荷重の低下率が大きく, スリップ型の復元力特性となった。また, BC40 に対して帯筋比が小さい BC80 は壁板周囲のフレームによる拘束力が小さいため, ピーク荷重の低下率が大きかった。

1 : 日大理工・院(前)・建築 2 : 日大理工・教員・建築

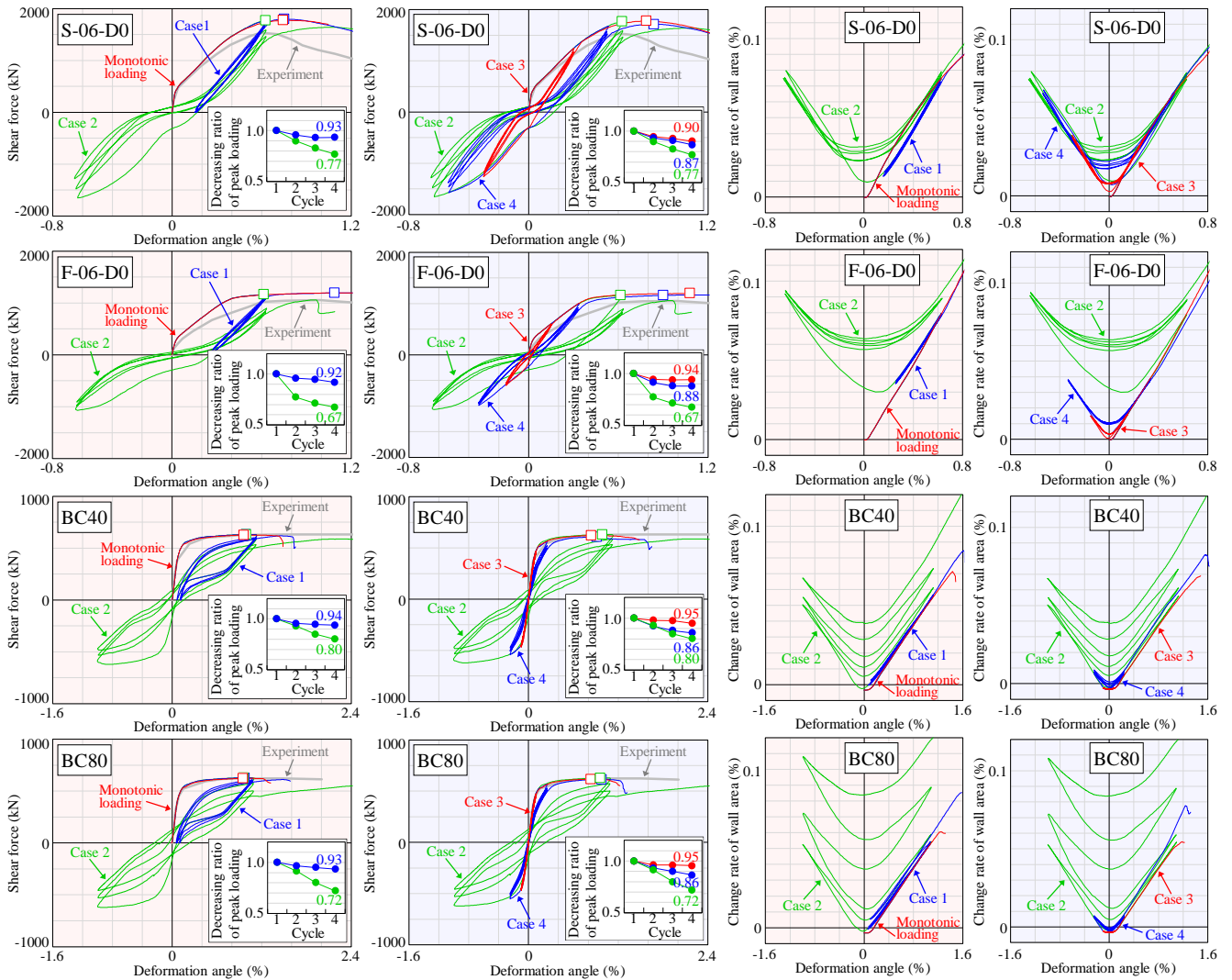


Fig.3 Shear force - deformation angle relationships

Fig.4 Change rate of wall area - deformation angle relationships

以上より、正負交番载荷によるひび割れ面のずれや鉄筋の降伏によるひび割れ幅の開きが耐力低下に影響を及ぼしていると推察される。このことから、解析による壁の面積の変化量から耐力低下を評価できないかと考えた。面積変化率は、各要素の垂直ひずみより面積変化量を求め、それを全要素で合計したものをモデルの面積で除すことで基準化した。Fig.4 に面積変化率と変形の関係を示す。左図より、逆方向载荷由来のひび割れ面のずれが生じるか否かで、面積変化率の増加傾向に違いが生じている。除荷時の面積変化率について、一方向繰返し载荷では各サイクルでの増加はほとんど確認できないのに対し、正負交番载荷ではサイクルごとに増加している。また右図より、損傷の進行に伴い各サイクルでの面積変化率は増加している。特にコンクリート圧壊後の交番载荷では、除荷時の面積変化率がサイクルごとに増加する。試験体間の比較では、1サイクル目でコンクリートの圧壊を経験しているケース2では、曲げ破壊型のF-06-D0の方がせん断破壊型のS-06-D0よりも除荷時の面積変化率が多い。3サイクル終了時点での面積変化率はS-06-D0に対しF-06-D0は約2倍である。また、BC40に対

して帯筋比が小さいBC80は壁板周囲のフレームによる拘束力が小さく、サイクルごとに面積変化率はより大きく増加している。3サイクル終了時点での面積変化率はBC40に対しBC80は約2倍である。以上より、壁の面積の変化率に基づいて耐力低下の度合いを評価できる可能性がある。

#### 4. まとめ

载荷履歴を変化させたRC耐震壁のFEM解析結果より、ひび割れ面のずれやひび割れ幅の開きが耐力低下に及ぼす影響が大きく、壁の面積の変化率から耐力低下の度合いを評価できる可能性があることが分かった。

#### 参考文献

- 1) 山崎末紘ほか：コンクリートの損傷指標によるRC造耐震壁の残存耐震性能評価, AIJ大会, 構造IV, 2022.9
- 2) 田所麻衣ほか：地震により損傷を受けた鉄筋コンクリート造耐震壁の残存耐震性能に関する研究 その4~7, AIJ大会, 構造IV, 2017.8
- 3) 田所麻衣ほか：地震により損傷を受けた鉄筋コンクリート造耐震壁の残存耐震性能に関する研究 その8~10, AIJ大会, 構造IV, 2018.9
- 4) 阪本康平ほか：柱枠と端部拘束筋量が耐震壁の曲げ終局変形性能に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.2, 2012
- 5) 赤井冬来ほか：塑性ひずみエネルギーに基づくコンクリート構造物の損傷指標, AIJ構造系論文集, Vol.82, No.742, 2017.12