

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9 曲げ破壊先行型の耐震壁についての静的載荷実験結果

正会員 ○西田 智康<sup>1\*</sup> 同 半沢 守<sup>1\*</sup> 同 前田 匡樹<sup>2\*</sup> 同 晉 沂雄<sup>3\*</sup>  
同 尾形 芳博<sup>4\*</sup> 同 田所 麻衣<sup>5\*</sup> 同 相澤 直之<sup>5\*</sup>

耐震壁 曲げ破壊 損傷度  
残存耐震性能 損傷量評価 ひび割れ幅

1. はじめに

前報のその8では曲げ破壊先行型 RC 造耐震壁の静的載荷実験の概要について述べた。本報では、無損傷試験体の実験結果から各層間変形角に対する損傷度を判定し、事前損傷を与えた試験体の実験結果から、損傷の有無とその大きさが曲げ壁の構造性能に与える影響について比較・検討する。また、2017年度(以下、F-06 シリーズ)と2016年度(以下、S-06 シリーズ)の実験結果を比較することで、破壊形式によって事前損傷が構造性能に与える影響がどのように異なるのかを検討する。

2. 実験結果

2.1 無損傷試験体の実験結果と損傷度の判定

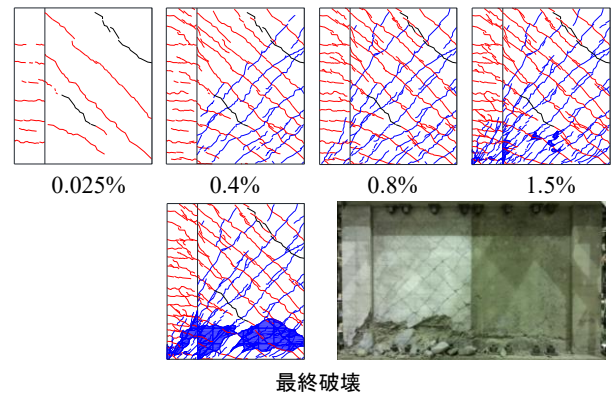
図-1 に無損傷試験体のひび割れ図を、図-2 に荷重-変形関係および損傷度の判定結果を示す。本研究では、被災度区分判定基準<sup>4)</sup>をもとに、無損傷試験体の荷重-変形関係、剛性低下、鉄筋の降伏などの実験データを詳細に分析し、各変形時の損傷度を判定した。損傷度 I はひび割れが発生し剛性が急激に低下する 0.2%までとし、損傷度 II は曲げ降伏が発生する手前の 0.2%~0.6%、損傷度 III は曲げ降伏が発生し、塑性化が進行する 0.6%~1.0%、損傷度 IV は徐々に耐力が低下していき終局変形に至るまでの 1.0%~1.5%、損傷度 V をそれ以降とした。この結果から、試験体 F-06-DI~IV の事前加力で与える最大層間変形角の大きさをそれぞれ決定し加力を行った。

2.2 有損傷試験体の実験結果

図-3 に有損傷試験体の荷重-変形関係を、図-4 に荷重-変形関係の包絡線を示す。なお、F-06 シリーズは正加力(水平ジャッキを押し方向)時にねじれ変形が確認され、最大耐力及び終局変形性能にややばらつきが見られた。よって包絡線及びこれ以降の考察には負側サイクルの結果を用いる。

2.3 事前損傷が層せん断力に与える影響

図-5 に層せん断力比の推移を示す。層せん断力比は有損傷試験体の層せん断力を無損傷試験体の層せん断力で除した値である。両シリーズとも事前加力で経験した変形領域では層せん断力が低下していることがわかる。事前加力で経験した最大変形角時においては、S-06 シリーズでは、層せん断力が2割程度低下しているが、F-06 シリーズでは無損傷試験体と同程度まで回復している。一方、



最終破壊  
図-1 ひび割れ図

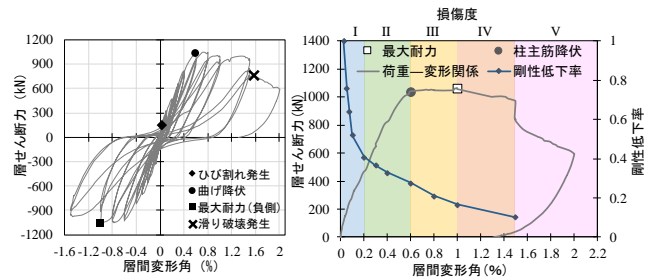


図-2 損傷度判定

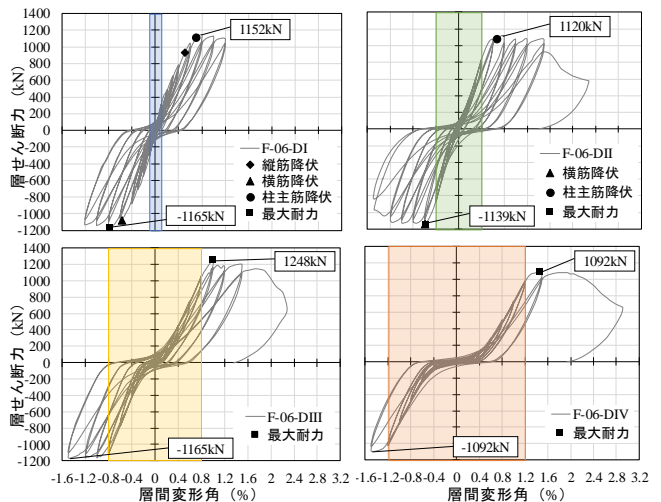


図-3 荷重-変形関係

小変形時における層せん断力比を見ると、曲げ降伏を経験した損傷度 III 以上の試験体については、S-06 シリーズよりも F-06 シリーズの方が小さくなっていることがわかり、曲げ壁の方が経験変形領域においてよりスリップ性状を示す傾向が見られた。

2.4 事前損傷がエネルギー吸収能力に与える影響

図-6 に示す、無損傷試験体と有損傷試験体の1サイクルの履歴ループ面積比を用いてエネルギー吸収能力の検討を行う。両シリーズとも未経験変形領域においてもエネルギー吸収能力に2割から4割程度の低下が見られた。一方、経験変形領域でのエネルギー吸収能力の低下度合いはF-06シリーズの方が大きく、F-06-DIII及びF-06-DIVでは、小変形時にはスリップ性状のためエネルギー吸収能力は非常に小さい値となった。

2.5 事前損傷が壁板の応力状態に与える影響

図-7に両シリーズにおける層間変形角0.6%時の壁縦筋の歪分布を示す。歪ゲージは、図-7に示すように壁板北面の中心から東側に向かって240mm間隔、西側に向かって160mm間隔で貼り付けている。なお、S-06シリーズ及びF-06-D0は西側半分の歪ゲージは取り付けていない。壁板の応力状態の検討にあたっては、壁縦筋の歪ゲージのデータを用いた。グラフの赤線は材料試験によって得られた壁筋の引張降伏歪の値である。これを見ると、S-06シリーズではすべての試験体で圧縮ストラット部分と考えられる壁隅から45°方向の歪が大きくなっている。F-06シリーズでは、事前加力で曲げ降伏を経験していないF-06-DI及びF-06-DIIは引張側となる壁板西側の歪が大きく圧縮側となる東側の歪は小さくなっているが、曲げ降伏を経験しているF-06-DIII及びF-06-DIVでは壁板全体の歪が大きく、鉄筋降伏による鉛直方向の残留歪によりコンクリートの拘束が低下し壁板にすべり変形を引き起こしたと考えられる。

3. まとめ

損傷を与えた曲げ壁の静的載荷実験から、以下の知見が得られた。

- 1) 曲げ壁では損傷の大小が耐力低下に及ぼす影響は殆ど見られないが、せん断壁では2割程度耐力が低下した。
- 2) 事前に経験した損傷の大きさに応じてエネルギー吸収能力は低下し、曲げ壁では小変形時のエネルギー吸収能力がせん断壁と比較して大きく低下する。
- 3) 曲げ壁の壁板の応力状態は、曲げ降伏以前は鉛直方向

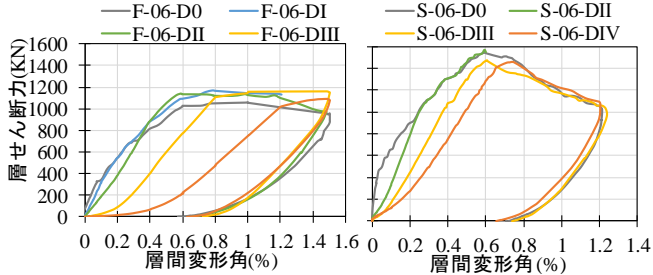


図-4 荷重-変形関係包絡線

引張側と圧縮側の領域が明確に現れるが、曲げ降伏を経験すると壁板全体に残留歪が見られ、すべり変形を生じていると考えられる。

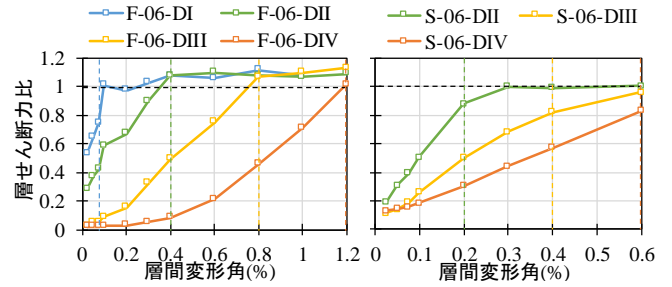


図-5 層せん断力比

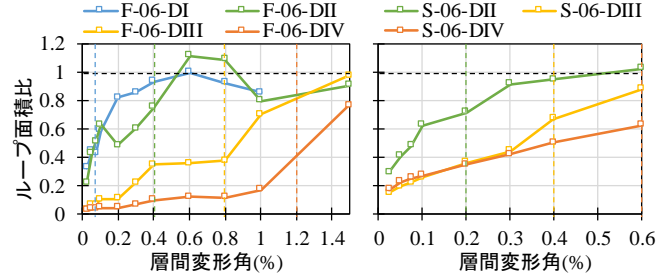


図-6 ループ面積比の推移

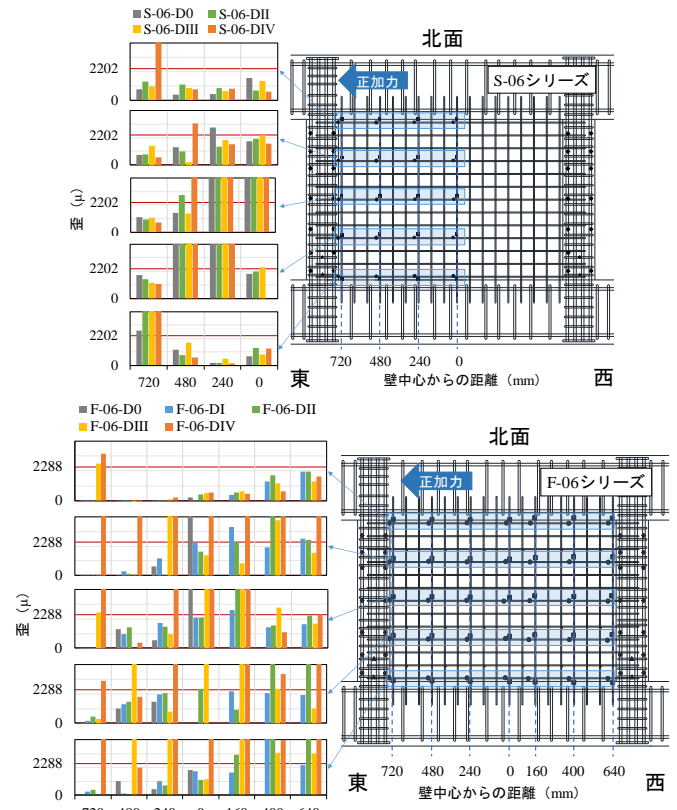


図-7 壁板の応力状態 (上:S-06, 下:F-06 シリーズ)

\*1 東北大学大学院工学研究科 博士前期課程  
 \*2 東北大学大学院工学研究科 教授・博士 (工学)  
 \*3 明治大学理工学部建築学科 専任講師・博士 (工学)  
 \*4 東北電力 (株)・博士 (工学)  
 \*5 東北電力 (株)

\*1 Graduate Student, Graduate School of Eng., Tohoku University  
 \*2 Professor, Graduate School of Eng., Tohoku University, Dr. Eng.  
 \*3 Assistant Professor, Department of Architecture, Meiji University, Dr. Eng.  
 \*4 Tohoku Electric Power Co., Inc, Dr. Eng.  
 \*5 Tohoku Electric Power Co., Inc.