

損傷を受けた曲げ破壊先行型 RC 造耐震壁の構造性能低下に関する実験的研究

Experimental Study on Structural Performance of Damaged RC Wall with Flexural Failure Mode

性能制御システム学研究室 西田 智康

Structural Performance Control System Laboratory Tomoyasu NISHIDA

1 はじめに

建築防災協会の「被災度区分判定基準」¹⁾では、地震によって被災した建物の残存耐震性能について、部材の損傷状況を基に地震時に部材に生じた最大応答変形を想定して定量的に評価する方法が採用されている。しかし、壁部材については損傷と性能低下に関する実験データは少なく、耐震壁を主要耐震要素とした建物の評価方法の検討は十分でない可能性がある。そこで半沢らは 2016 年度に事前損傷を与えたせん断破壊先行型耐震壁 ($P=0.66\%$ 、以下 S シリーズ) の静的載荷実験を行い²⁾、損傷と各構造性能低下の関係を検討した。引き続き本研究では曲げ破壊先行型耐震壁について同様の実験や検討を行うことで損傷と性能低下の関係を明確にし、せん断破壊先行型耐震壁との違いを明らかにすることを目的とする。

2 既往研究を用いた損傷度判定

昨年度、S-06 シリーズに加え曲げ破壊先行型耐震壁 (以下、F シリーズ) のうち無損傷試験体 (F-06-D0) の静的加力実験も行った。図-1 に最終破壊状況、図-2 に損傷度分類の結果を示す。このように、被災度区分判定基準記載の損傷度分類の方法を基に無損傷試験体の実験結果を用いて各サイクルの損傷度を判定し、本研究の事前加力で与える最大変形の大きさを決定した (表-1)。

3 実験概要

図-3 に試験体の形状および配筋図を示す。本実験で検討対象とする試験体は S シリーズと同一諸元の試験体であるが、加力点高さの調節によりせん断スパン比を変更し、異なる破壊形式になるよう設計した。パラメータは事前加力で与える損傷度とし、損傷度 I から IV までの損傷を経験するような変形角を与える。事前加力終了後、小変形まで繰り返し載荷を行い、その後全試験体共通の本加力を実施する (図-4)。

4 実験結果及び考察

載荷実験の正加力時に 4 か所に設置した全体変形観測変位計によりねじれ変形が観測され、実験結果のばらつきが大きくなっている可能性が見られた。従って、後述する試験体 F-06-DI~IV の荷重-変形関係、剛性、及びエネルギー吸収能力の検討には負側サイクルの実験結果を用いることとした。

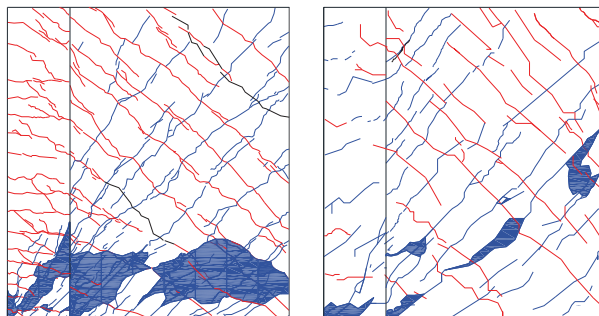


図-1 最終破壊状況 (左 : F-06-D0、右 : S-06-D0)

4.1 耐力及び変形性能

試験体 F-06-DI~IV の荷重-変形関係を図-5 に、S シリーズを含む全試験体の包絡線 (F シリーズは負側サイクルの包絡線) を図-6 に示す。すべての試験体において事前加力で経験した変形領域では層せん断力の低下が見られたが、事前加力の最大変形時には層せん断力が無損傷時と同程度まで回復した。一方 S シリーズでは損傷度 III 及び IV で 2 割程度低下しており、破壊形式による耐力低下への影響が確認された。

4.2 剛性

図-8 に剛性低下率 (各サイクルピーク時の等価剛性/初期剛性) の推移を示す。F-06-DI、IV は加力前に発生したひび割

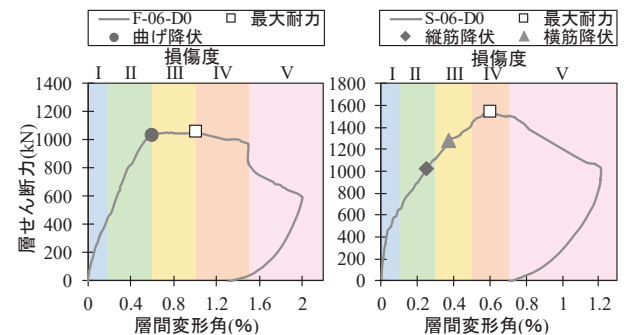


図-2 損傷度分類 (左 : F-06-D0、右 : S-06-D0)

表-1 事前加力で与える最大変形角

	損傷度 I	損傷度 II	損傷度 III	損傷度 IV
F-06 series	0.075%	0.4%	0.8%	1.2%
S-06 series	—	0.2%	0.4%	0.6%

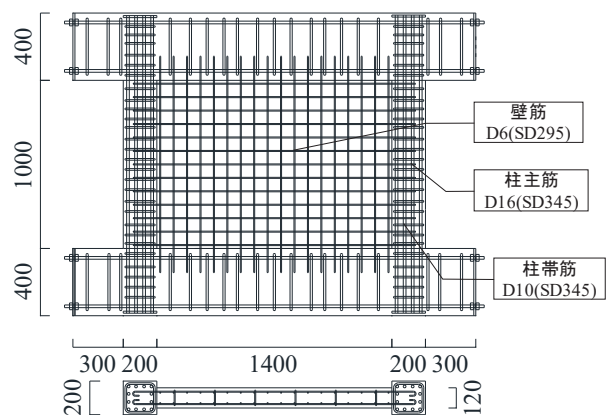


図-3 試験体形状及び配筋図 (mm)

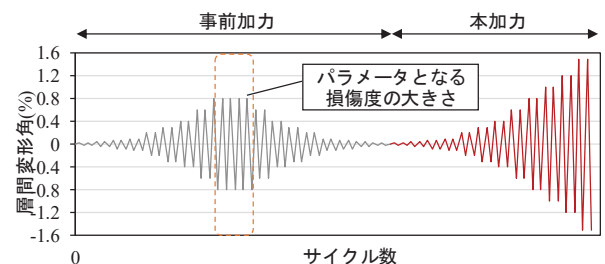


図-4 加力サイクル概念図

れにより初期剛性が低かったため、全体的に剛性低下が少なくなかった。両シリーズともに事前加力で経験した変形領域では剛性が低下しているが、損傷度 II を受けた試験体では小変形時の剛性低下は F シリーズの方が少なくなっている。一方、事前損傷で曲げ降伏を経験した損傷度 III 及び IV を受けた試験体では、S シリーズの方が小変形時の剛性低下は少なくなっており、曲げ破壊先行型耐震壁においては事前損傷時の曲げ降伏がその後の剛性低下に大きな影響を与えられられる。

4.3 エネルギー吸収能力

図-9 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。図-5 からわかるように事前に受けた損傷が大きいほど履歴ループは細くなり、エネルギー吸収能力が低下した。F シリーズの損傷度 IV を受けた試験体は経験した変形領域において S シリーズよりもエネルギー吸収能力は大幅に低くなった。

4.4 変形割合の検討

図-10 に全体変形における曲げ変形の割合の推移を示す。事前に損傷を受けると、経験した変形領域において曲げ変形割合は低下する。これは、事前損傷時に発生した曲げひび割れや

柱主筋の降伏などにより、壁脚部すべり変形が発生しやすくなったためだと考えられる。また経験変形領域においてすべり変形が発生するため、復元力特性がスリップ性状を示したと考えられる。

5 まとめ

本研究により、以下の知見を得た。

- 1) 事前に受けた損傷の大きさが最大耐力や終局変形能力の低下に及ぼす影響は殆どないが、事前に経験した変形領域では剛性が低下したため層せん断力が低下している。せん断壁では事前加力で経験した最大変形時においても 2 割程度の低下が見られるが、曲げ壁では無損傷試験体と同程度まで回復している。
- 2) 事前に受けた損傷が大きいほど、経験済みの変形領域においてエネルギー吸収能力が低下する。曲げ壁は損傷度 IV 程度を受けるとエネルギー吸収能力が大幅に低下する。
- 3) 事前に損傷を受けると経験変形領域において曲げ変形割合が低下する。これは事前損傷で発生した、曲げひび割れ等によりすべり変形が発生していることが考えられる。また、曲げ降伏が発生するとすべり変形量はより大きくなり、剛性低下やエネルギー吸収能力などの構造性能低下に大きく影響を及ぼしていると考えられる。

[参考文献]

- 1) 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 2015
- 2) 半沢守，細谷典弘，尾形芳博，前田匡樹：壁筋比が損傷を受けたせん断破壊先行型耐震壁の構造性能に及ぼす影響の検討，コンクリート工学年次論文集，vol.29，No.2，p.259-264，2017

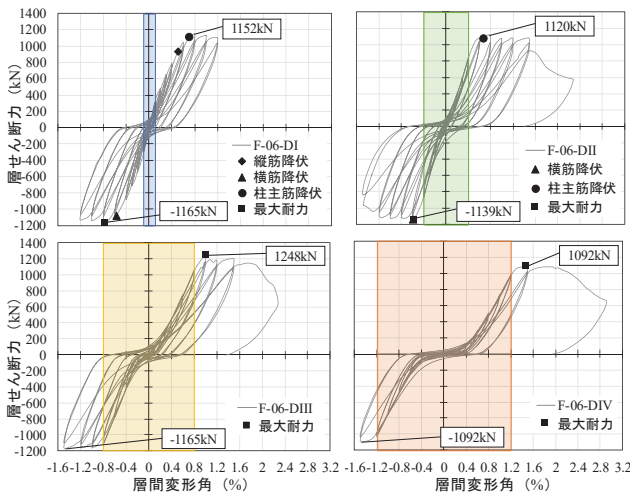


図-5 荷重-変形関係 (F-06-DI~IV)

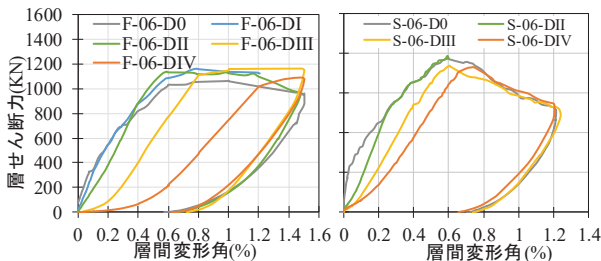


図-6 荷重-変形関係包絡線 (F シリーズは負側のみ)

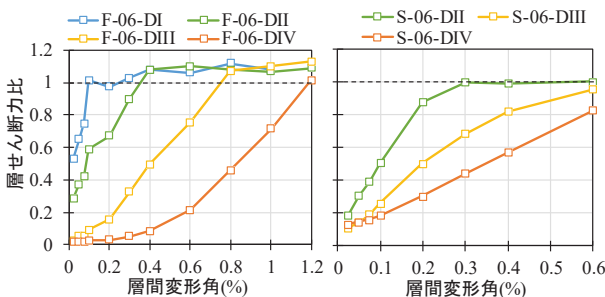


図-7 層せん断力比

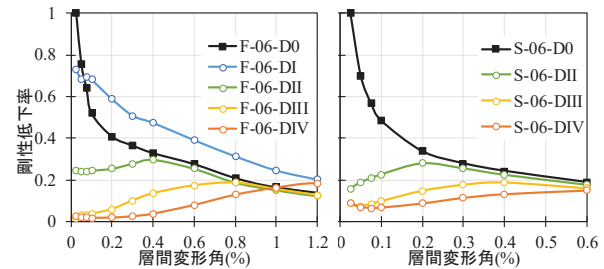


図-8 剛性低下率

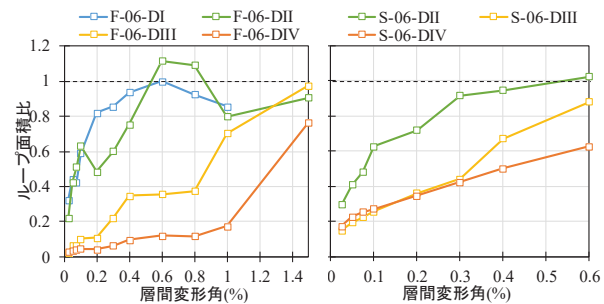


図-9 ループ面積比

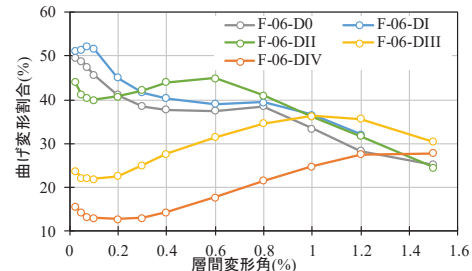


図-10 曲げ変形割合の推移