

面外加力を受ける RC 造壁部材の耐震性能評価に関する研究

2215025 西脇 優太
指導教員 崔 琥

RC 造壁 面外耐震性能 面内耐震性能
津波荷重 モーションキャプチャー エアバック

1. 研究の背景および目的

2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震を経て、津波による損傷の判定と迅速な復旧が課題となった。2015 年版被災度区分判定基準¹⁾では津波被害に対する判定フローが示されたが、津波外力による損傷度判定は十分な資料がないことから定められていない現状がある。

本研究は、実験を通じて RC 造壁部材の面外損傷が構造物の耐震性能に与える影響について分析し、津波被害による損傷に基づく評価手法策定を目的とする。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

試験体の詳細を図 1 に示す。試験体は 1/4 スケールの RC 造耐震壁を有する RC 造架構 2 体とし、両試験体とも壁高さ 800mm、壁厚 40mm、壁長さ 1200mm の同配筋・同寸法とした。壁筋は縦横ともに SD295 の D4@100 のシングル配筋、柱主筋は SD295 の 8-D6、補強筋は SD295 の D4@80 とした。面内载荷の後に面外载荷を行う試験体を WIO 試験体とし、面外载荷の後に面内载荷を行う試験体を WOI 試験体とした。コンクリートおよび鉄筋の材料試験結果を表 1 および表 2 に示す。

2.2 载荷方法および载荷計画

面内载荷システムの立面図を図 2 に示す。同図の通り試験体を設置し、500kN の油圧ジャッキにより正負交番繰り返し载荷を行った。偏心载荷を防ぐためパンタグラフを用いた。次に面外载荷方法を図 3 に示す。面外損傷状況を再現する為、壁面全域を一様に等分布荷重が作用するようエアバックを用いて押切载荷を行った。

WIO 試験体では面内载荷を 1/800rad から安全限界の 1/75rad まで行った後、終局状態に至るまで面外载荷を行った。WOI 試験体では、壁筋が降伏するまで面外载荷を行い、最大耐力の 80%以下になるまで面内载荷を行った。

2.3 計測計画

変位計測およびひずみ計測位置を図 4 に示す。面内载荷時の部材角算定用変位計を上下スタブに、曲率算出用変位計を両柱に設置した。面内変形および面外载荷の変位計測にモーションキャプチャーを用いた。計測の様子を写真 1 に示す。3 台のカメラと光学式反射マーカを用いて三次元点群計測を行った。面外载荷の荷重計測には、写真 2 のような小型圧力計を 5 つ取り付け計測パットを 2 枚用

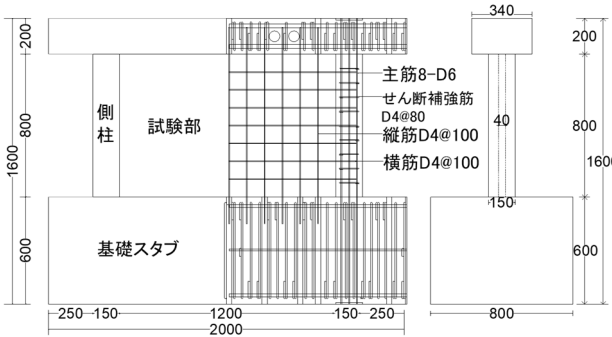


図 1 試験体形状と配筋詳細 (単位 : mm)

表 1 コンクリート試験結果

材料	圧縮強度	ヤング係数	割裂強度
コンクリート	26.0 N/mm ²	2.8×10^4 N/mm ²	2.87 N/mm ²

表 2 鉄筋試験結果

呼び名	降伏強度	ヤング係数	引張強度
D4	332 N/mm ²	1.71×10^5 N/mm ²	514 N/mm ²
D6	368 N/mm ²	1.93×10^5 N/mm ²	516 N/mm ²

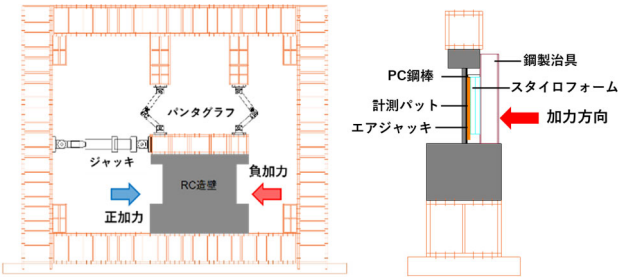


図 2 面内载荷方法 図 3 面外载荷方法

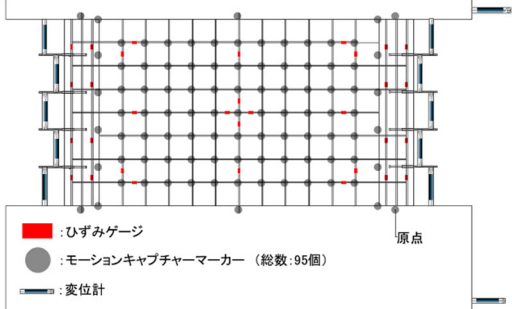


図 4 変位計測およびひずみ計測位置



写真 1 計測の様子

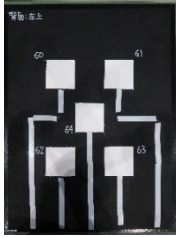


写真 2 圧力計測パット

いて行った。壁筋のひずみ計測は、面外損傷の集中が予想される降伏線上を跨ぐように縦筋横筋に取り付けた。

3. 実験結果

3.1 荷重変形関係

面内載荷時の荷重変形関係を図5に示す。WIO試験体では、+1/800rad時点で壁の縦筋が降伏し、柱下部と壁面に曲げひび割れが発生した。最大耐力は+1/100radで179.3kNであった。WOI試験体では、面外載荷時に発生したひび割れに沿って損傷が進行していた。最大耐力は、+1/100radで176.3kNを記録した。最大耐力経験前の挙動はおおむね一致しているが、-1/75radでWOI試験体の耐力低下が16%程度見られた。

面外載荷時の荷重変形関係を図6に示す。面外載荷におけるWIO試験体の最大耐力は、218.4kPaを記録した。最終的に、押切載荷時には、左側縦筋上部、左側横筋、壁中央の縦横筋で降伏が見られた。また、WOI試験体の最大耐力は、274.6kPaを記録した。その後、耐力が260kNで壁筋に降伏が見られた為、載荷を打ち切った。WOI試験体に比べ、WIO試験体は最大耐力が20%ほど低下した。

3.2 最終破壊状況

WIO試験体とWOI試験体の最終破壊状況を図7に示す。WIO試験体では面内載荷時に発生した対角線上ひび割れに沿って面外載荷のひび割れが進展した。WOI試験体では、面外載荷時降伏線に沿ったひび割れが発生し、面内載荷により壁下部に圧壊が集中した。最大ひび割れ幅は両試験体とも壁面左下部に2.4mm程度であった。

4. モーションキャプチャーを用いた損傷状況分析

面内および面外載荷における損傷状況分析を数値解析ソフトMatlabで算出した。図8にて面内載荷時の両試験体の最大主ひずみおよび最小主ひずみを示す。同図より、最大主ひずみは同程度であるが、最小主ひずみに関してはWOI試験体に圧縮ひずみが集中していることが分かる。次に面外載荷時の面外損傷分布を図9に示す。面外最大耐力時のWIO試験体の面外変形量は15.8mm、WOI試験体の面外変形量は3.42mmを記録した。WIO試験体は、同程度の圧力で変形が大きいことが分かる。

5. まとめ

安全限界程度の面内損傷後、津波に対する面外耐力は面外損傷を受けていない場合に比べ20%程度の耐力低下が見られた。また、降伏線上にひび割れが生じる面外損傷(損傷度III)を与えたRC造壁について、面外損傷のない壁と残存耐震性能にほぼ差はないが、最大耐力後の靱性能は低下することが分かった。これらの結果を踏まえ、現行の評価基準は安全側に評価されていると考えられる。

参考文献

- 1) 日本建築防災協会：2015年改訂版 再使用の可能性を判定し、復旧するための震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針、2016

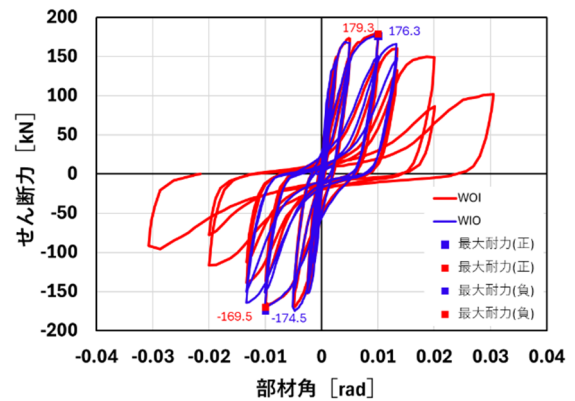


図5 面内載荷時荷重-変形関係

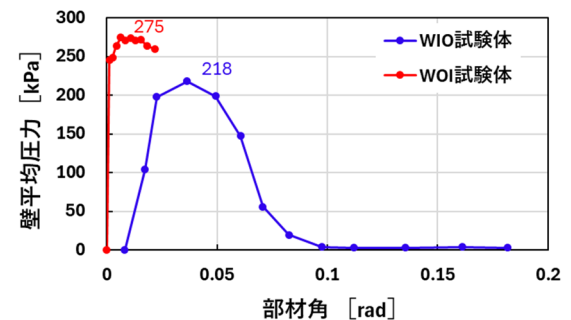


図6 面外載荷時荷重-変形関係

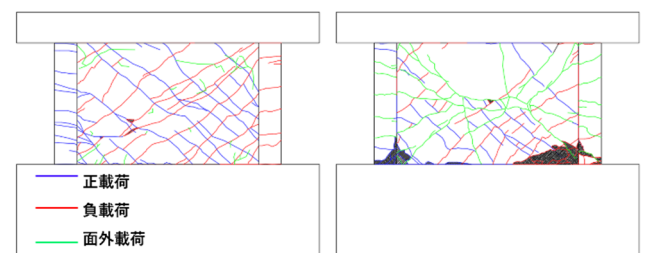


図7 最終破壊状況 (左: WIO、右: WOI)

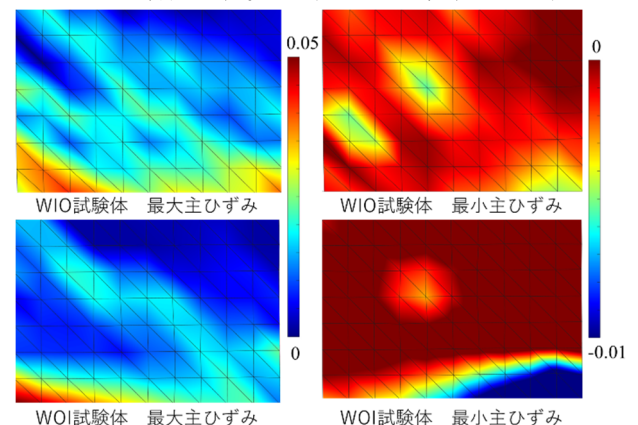


図8 面内ひずみ分布 (+1/75rad、単位: mm)

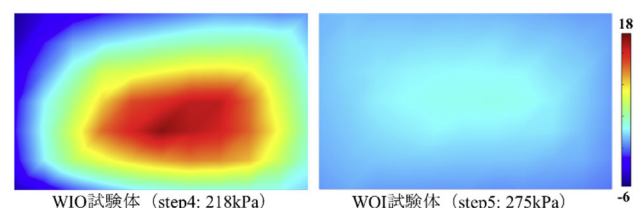


図9 面外損傷分布 (左/右: WIO/WOI、単位: mm)