

津波荷重を想定した面外加力を受ける RC 造壁部材の耐震性能評価に関する研究 その2 実験結果

RC 壁
損傷

面外載荷
津波荷重

面内載荷

正会員○高橋 典之*1
同 崔 琥*2
同 宇野 瑞穂*2

同 川口 楓汰*1
同 大石 健介*2

1. はじめに

本報その2では、前報で説明した実験について、実験結果を述べる。

2. 面内載荷実験の結果

(1) WIO 試験体

面内方向載荷試験におけるWIO試験体の破壊性状は、+1/800 rad.の1サイクル目で壁面下部に最大で幅0.10 mm程度のせん断ひび割れが発生し、同サイクル中に側柱下部に曲げひび割れが発生した。その後、1/200rad.載荷時に降伏し、-1/200 rad.で負側最大耐力の-175 kN、+1/100 rad.で正側最大耐力176 kNに達した。部材角が増大するにつれ、壁面にはせん断ひび割れ、側柱には曲げひび割れが発生・進展した。最後に安全限界を想定して1/75 rad.の載荷サイクルまで載荷したが、最大耐力の80%耐力を上回っていた。なお、1/75 rad.載荷後の最大残留ひび割れ幅は壁左下部において2.4 mmに達していた。1/75 rad.載荷後の最終破壊状況について写真-1に示す。

(2) WOI 試験体

面内方向載荷試験におけるWOI試験体の破壊性状は、+1/800 rad.の1サイクル目で壁面左下部に幅0.10 mm程度のせん断ひび割れが発生し、同サイクルで側柱下部に曲げひび割れが発生した。その後、1/200rad.載荷時に降伏し、-1/200 rad.で負側最大耐力の-170 kN、+1/100 rad.で正側最大耐力179 kNに達した。部材角の増大につれ、壁面にはせん断ひび割れ、側柱には曲げひび割れが新たに発生・進展したが、先に面外損傷を経験しているWOI試験体では、ひび割れが面外載荷時に発生した降伏線上の既発ひび割れ側に集中する傾向にあった。最後に1/33 rad.まで載荷すると、壁の反対側が見える大きな剥落が生じた。1/33 rad.載荷後の最終破壊状況を写真-2に示す。

(3) 両試験体の比較

両試験体の面内載荷における荷重-変形関係を図-1に示す。最大耐力は両試験体に大きな差は見られなかったが、最大耐力後の載荷サイクルに着目すると、WIO試験体よりもWOI試験体で耐力低下が大きい。すなわち、面内載荷前に経験した面外載荷による損傷の影響は、最大耐力発現後に(靱性能低下として)

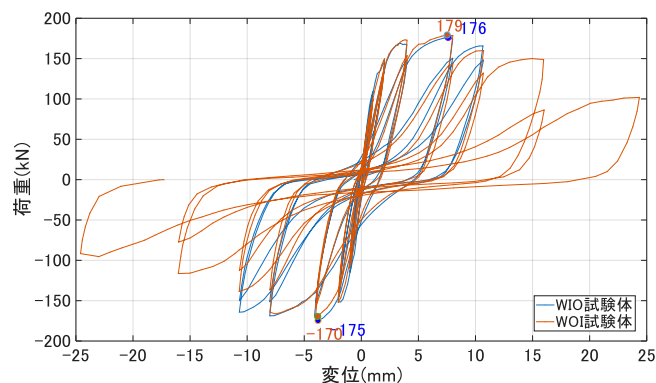


図-1 面内載荷時の荷重-変形関係

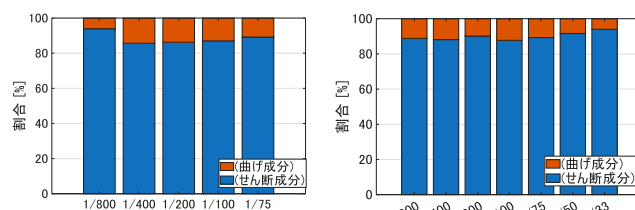


図-2 WIO試験体変形成分 図-3 WOI試験体変形成分
現れていた。

左右の柱側に設置した変位計から、壁全体の変形成分を分離した結果を、WIO試験体については図-2に、WOI試験体については図-3に示す。なお、図-2および図-3は各加力サイクル正負ピーク時での変形成分比の平均を示している。両試験体ともせん断変形成分が9割程、曲げ変形成分が1割程であったが、WIO試験体の方が曲げ変形成分比がやや高く、WOI試験体の方がせん断変形成分比がやや高い傾向にあった。これは、面外載荷による降伏線上の既発ひび割れに沿って変形しやすい(面内載荷時のひび割れが降伏線上の既発ひび割れ側集中しやすい)WOI試験体がせん断ずれを生じやすい(せん断剛性の低い)状態にあったためと考えられる。

3. 面外載荷実験の結果

面外載荷実験結果を取りまとめるにあたり、壁圧力は面圧の局所的なばらつきを避けるため設置した小型圧力計の平均をとり、面外方向変位は壁中央に貼り付けたモーションキャプチ

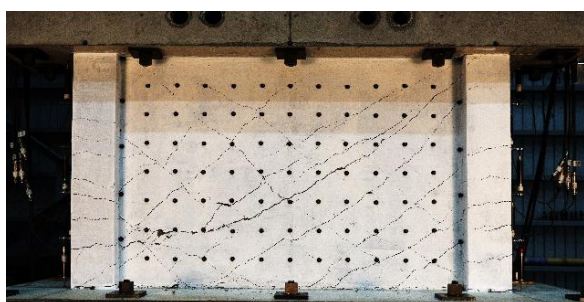


写真-1 WIO試験体 (1/75rad.載荷終了時)

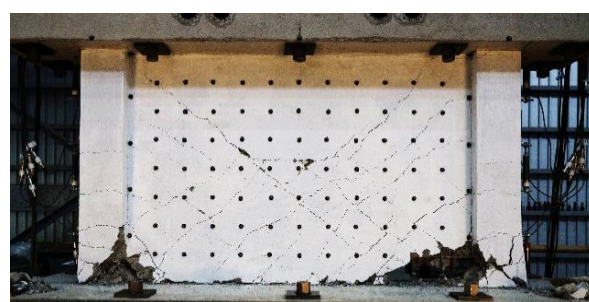


写真-2 WOI試験体 (1/33rad.載荷終了時)

マーカーの壁面外方向変位から測定した。面外方向の壁平均圧力と試験体壁部中央の面外変位関係を図-4, 5に示す。

(1) WIO 試験体

面外方向載荷時の最大耐力（圧力）は218.4 kPaであった。面外載荷時の壁筋のひずみ状況を図-6に示す。WIO試験体では、面外載荷時に局所的に圧力計容量を上回る面圧が作用する可能性があったため、面外部材角で1/75rad.相当まで載荷後（図-4(a)）、一度面圧を下げて圧力計を大容量のものに変更したのち、あらためて面外方向に押切り載荷を実施した（図-4(b)）。なお図-4(b)では面外変形が15mmを超えたあたりから圧力が減少しているように見えるが、これは圧力計測パッドがこれ以上の変形に追従しきれず圧力計設置位置で壁と密着できなくなったためと考えられる。また図-6(a)では、面内載荷時に壁左下の縦筋に貼り付けたひずみゲージが剥がれたため当該箇所のひずみは面外載荷開始時にすでに欠測データとなっているが、それ以外のひずみゲージは面外載荷開始段階で低ひずみを示していた。その後、面外押切り載荷時には壁左側縦筋上部、壁左側横筋、壁中央の縦筋および横筋で、鉄筋の降伏が計測された（図-6(b)）。

面外方向載荷時の最終破壊状況（解放面のひび割れ状況）を写真-3に示す。面内損傷を経験しているWIO試験体は、降伏線上の特に壁中央部の水平方向にひび割れが進展せず、面内載荷時に生じた既発ひび割れ（主に壁対角線上にあるひび割れ）

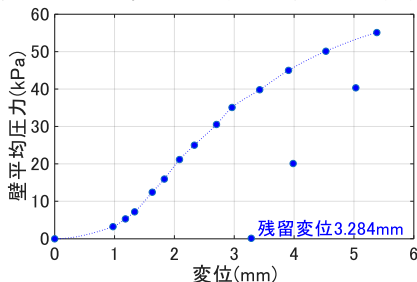


図-4(a) WIO試験体面外荷重-変形関係 (面外部材角1/75rad.相当まで)

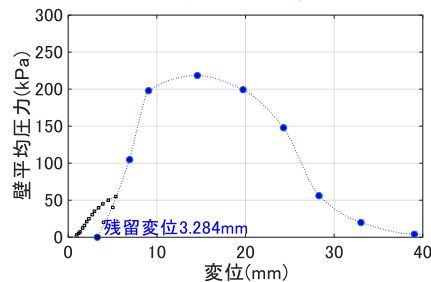


図-4(b) WIO試験体面外荷重-変形関係 (押切)

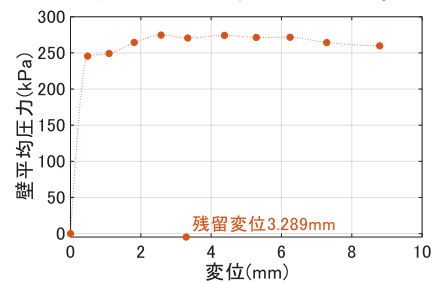
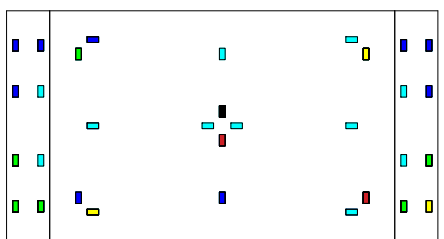
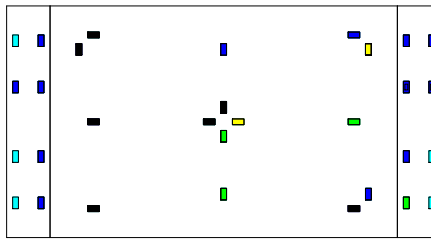
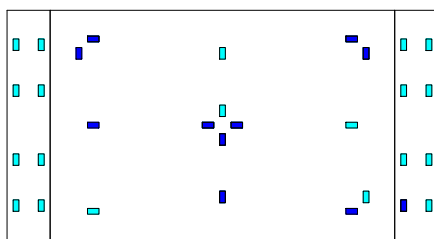


図-5 WOI試験体面外荷重-変形関係 (壁中央縦筋降伏まで)



■ ~100μ ■ ~500μ ■ ~1000μ ■ ~1500μ ■ ~2000μ ■ 2000μ~

図-6(a) WIO試験体面外載荷鉄筋ひずみ (面外部材角1/75rad.相当時)

図-6(b) WIO試験体面外載荷鉄筋ひずみ (押切)

図-7 WOI試験体面外載荷鉄筋ひずみ (壁中央縦筋降伏時)

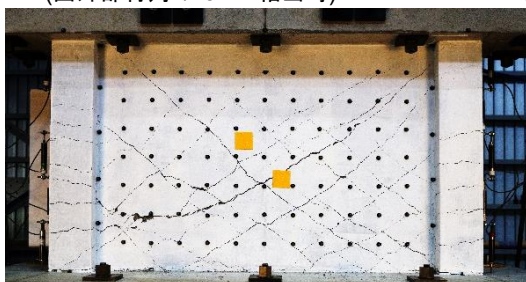


写真-3 WIO試験体面外載荷後



写真-4 WOI試験体面外載荷後

に沿ったひび割れが開いた。

(2) WOI 試験体

面外方向載荷時の最大耐力（圧力）は274.6 kPaであった。面外載荷時の壁筋のひずみ状況を図-7に示す。WOI試験体では、壁筋降伏が発生した段階で面外載荷を終了したが（この後に面内載荷を実施するため）、図-7に示すように壁筋降伏は壁中央の縦筋から生じた。

WOI試験体の最終破壊状況（壁中央縦筋降伏時の破壊状況）を写真-4に示す。写真-4から、WOI試験体では面外載荷によって降伏線上にひび割れが進展したことが見て取れる。なお、面外載荷終了後の除荷時において、最大0.2mmの残留ひび割れ幅が観測された。

(3) 両試験体の比較

面内損傷が事前に付与されたWIO試験体は、面外方向の最大耐力がWOI試験体と比べて2割ほど低下した。また、面内損傷により面外剛性は大きく低下した（4辺固定を仮定した降伏線耐力38.5kPa時の剛性で1/50ほどにまで低下した）。

5. まとめ

本報その2では、実験結果を示した。面外方向の損傷は、面内方向最大耐力にほぼ影響しないが、靱性能を低下させる可能性がある。面内方向の損傷は、面外方向最大耐力（圧力）を2割ほど低下させ、面外方向の剛性を著しく低下させる。今後は、面外損傷レベルと残存耐震性能関係について分析を進める。

*1 東北大学大学院
*2 静岡理工科大学

Tohoku University
Shizuoka Institute of Science and Technology