

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 1 実験概要

RC 壁 耐震性能	面外変形 点群計測	津波荷重	正会員○川口 楓汰*1 同 崔 琥*2 同 宇野 瑞穂*2	同 高橋 典之*1 同 大石 健介*2
--------------	--------------	------	-------------------------------------	------------------------

1. はじめに

RC 造建物の津波被害の一例として RC 造壁の面外損傷が挙げられる。津波による RC 造壁の面外損傷は、地震を想定した 2 方向載荷で見られる面外載荷時の損傷とは異なり、面圧を受けるスラブの面外損傷に似た破壊形式を示す。面圧を受ける壁部材の面外損傷の有無が、壁面内方向の耐震性能に与える影響を把握することは、津波被災後の建物の残存耐震性能評価に重要な知見を与える。また、津波襲来前の地震により損傷した壁部材が、津波による面外荷重を受ける際に、地震損傷のない壁部材と比べて、面外破壊にどの程度抵抗できるのかを把握することも、耐津波性能を評価するうえで重要な知見を与える。

本研究では、RC 造壁が津波荷重を想定した面外荷重を受けて損傷したあとに面内載荷を受ける場合と、RC 造壁が面内載荷を受けて損傷したあとに津波荷重を想定した面外載荷を受ける場合について、それぞれ縮小モデルによる静的載荷実験を実施し、面外および面内方向の損傷の有無が RC 造壁の構造性能にどのような影響および差異をもたらすかを考察する。本報その 1 では、実験概要について述べる。

2. 試験体概要

面内載荷ののちに面外載荷を行う試験体を WIO 試験体、面外載荷ののちに面内載荷を行う試験体を WOI 試験体とした。試験体形状を図-1 に示す。試験体は実大サイズの 1/4 程度のスケールを想定したもので、壁高さ 800mm、壁厚 40mm、壁長さ 1200mm である。上下にスタブを有し、壁側面部は 150mm 角の側柱が設けられている。なお、津波による面外損傷が観察された過去の被害事例を踏まえ、側柱は壁面外方向への拘束部材（直交壁）のないものを想定している。

試験体配筋詳細を図-2 に示す。WIO、WOI 試験体ともに同寸法、同配筋で、壁は縦筋横筋とも D4@100 のシングル配筋、柱は主筋 8-D6、補強筋 D4@80 である。WIO、WOI 両試験体に用いた鉄筋の材料試験結果を表-1 に、コンクリートの材料試験結果を表-2 に示す。表-1、表-2 に示した結果は WIO 試験体載荷期間と WOI 試験体載荷期間のちょうど中日に実施した材料試験結果であり、このときのコンクリート養生期間は打設後 55 日目である。

3. 加力方法および加力計画

(1) 加力方法

まず、面外載荷の加力方法について説明する。実被害事例の分析を通した壁谷澤らの指摘⁹⁾に倣い、壁の内外に津波が回り込んだ状態で圧力差によって面外破壊したと想定し、等分布荷重を試験体壁面一方に作用させるものとする。具体的には、

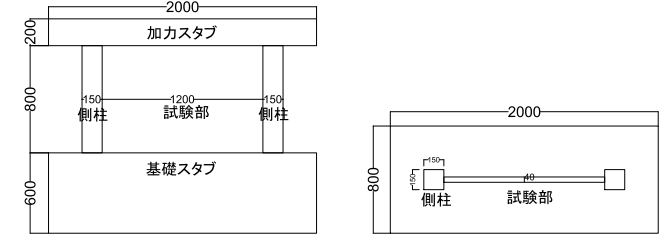


図-1 試験体形状

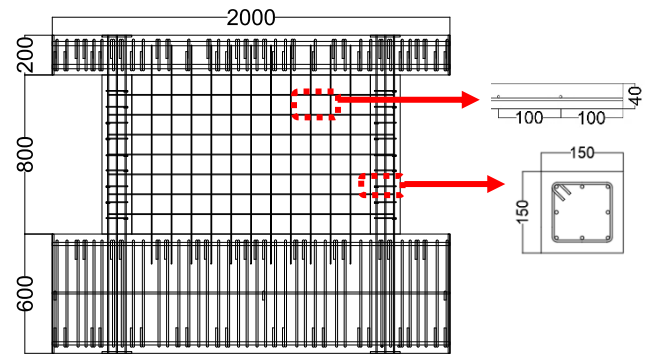


図-2 試験体配筋詳細

表-1 鉄筋材料特性

鉄筋種類	降伏点(N/mm ²)	降伏ひずみ(μ)	引張強度(N/mm ²)
D4	332	2040	514
D6	368	2045	516

表-2 コンクリート材料特性

	割裂強度(N/mm ²)	圧縮強度(N/mm ²)	ヤング係数(N/mm ²)
コンクリート	2.87	26.0	2.80×10 ⁴

ホルマトロ製エアジャッキを用いた面外載荷を実施した。エアジャッキは大きさ662×585mmの平板状で、空気無注入時は厚さ27mmである。同ジャッキ2枚を横に並列させて壁全面に押し当てた。なお図-3に示すように上下スタブ間にエアジャッキの反力を取るための鋼製治具が設置されており、鋼製治具に取り付けたPC鋼棒にテフロンシートを介してエアジャッキが吊るされるように設置した。エアジャッキと壁面および鋼製治具との隙間はスタイロフォーム（3種b）で埋めている。

次に、面内載荷の加力方法について図-4に示す。反力フレーム内に試験体を設置し500kNの油圧ジャッキで面内載荷した。なお上スタブにパンタグラフを設け軸力は作用させていない。

(2) 加力計画

面内載荷ののちに面外載荷を行うWIO試験体では、安全限界の目安として1/75rad.を最終目標に、面内方向に部材角 $R=\pm 1/800, 1/400, 1/200, 1/100, 1/75$ rad.まで各2回正負交番繰り返し載荷を行い、その後、面外載荷を押し切りまで実施した。一方、面外載荷ののちに面内載荷を行うWOI試験体では、壁面の降伏線

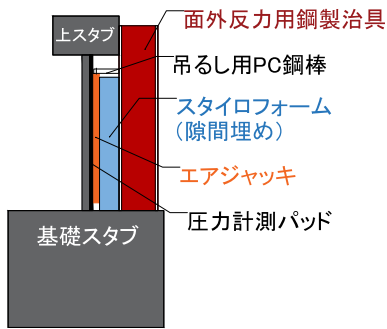


図-3 エアジャッキの設置方法

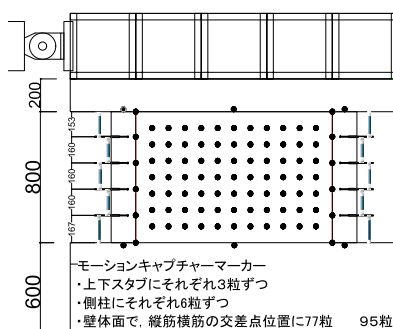


図-6 側柱変位計および反射マーカー位置

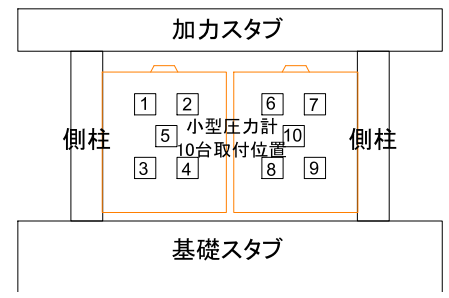


図-7 小型圧力計設置の様子

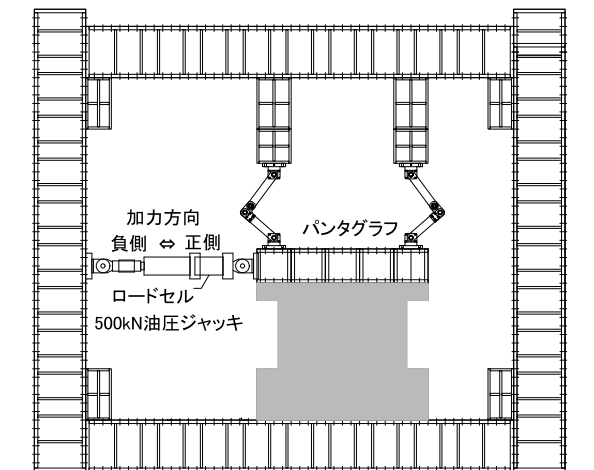


図-4 面内載荷実験全体図

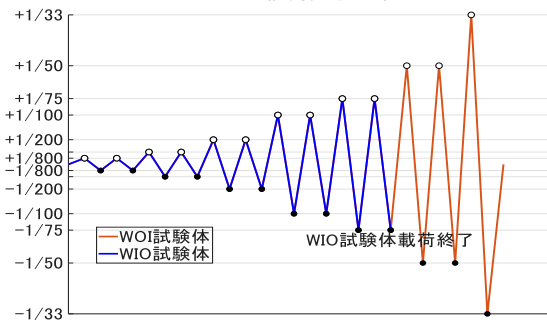


図-5 面内方向加力プロトコル

上にひび割れが生じ始め、壁筋に初めて降伏が見られる段階まで、一方向単調載荷の面外載荷を行う。その後、面内方向に、部材角 $R=\pm 1/800, 1/400, 1/200, 1/100, 1/75, 1/50$ rad.まで各2回正負交番繰返し載荷を行い、 $\pm 1/33$ rad.の正負交番載荷をとおして最大耐力の80%以下まで耐力低下する様子を計測した。面内方向の加力プロトコルを図-5に示す。

4. 計測計画

(1) 変位計測

面内載荷の変位計測では、上スタブにあてる変位計 (CDP-50) と下スタブにあてる変位計 (CDP-25) との相対変位から部材角を計測した。また、津波による面外破壊が生じやすい吹き抜け部分を想定していることから、壁の反曲点位置が高く曲げ壁のような挙動を示すことを想定し、側柱に壁の曲げ変形成分を計測するための曲率算定用変位計 (CDP-25) を5つずつ設置した。側柱変位計の設置位置を図-6に示す。あわせて、壁の面内変

形分布をモーションキャプチャにより点群計測した。

面外載荷の変位計測は、3台のカメラを用いたモーションキャプチャシステムにより、壁面に設置した光学式反射マーカー (95点) を追跡する3次元点群計測により実施した。マーカー設置位置を図-6に点群計測の様子を写真-1に示す。

(2) 荷重計測

面内載荷の荷重は、ジャッキに設置したロードセルにより計測した。

面外載荷の荷重 (圧力) は、小型圧力計 (PDB-2MPBおよびPDB-200KPB) 5台を取り付けた圧力計測パッドを二枚製作し、壁面にかかる面外力を測定した。小型圧力計の設置状況を図-7に、製作した圧力計測パッドの様子を写真-2に示す。

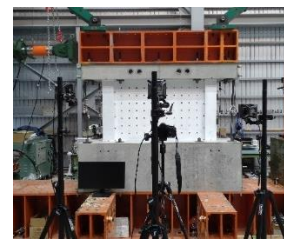


写真-1 点群計測の様子



写真-2 圧力計測パッド

(3) ひずみ計測

壁筋および柱主筋のひずみを図-8に示す位置に貼り付けたひずみゲージにより計測した。

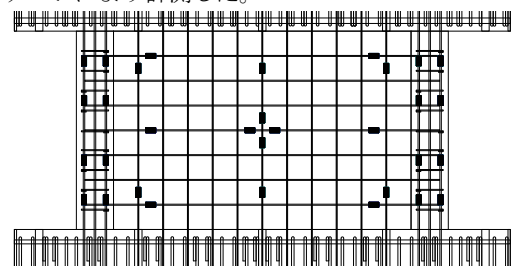


図-8 ひずみゲージ貼付位置

5. まとめ

RC造壁が津波荷重を想定した面外荷重を受けて損傷したあとに面内載荷を受ける場合と、RC造壁が面内載荷を受けて損傷したあとに津波荷重を想定した面外載荷を受ける場合を再現する縮小模型による静的載荷実験を計画した。次報その2で実験結果について報告する。

【参考文献】

- 1) 壁谷澤寿一, 福山洋, 奥田泰雄: 鉄筋コンクリート造外壁の面外破壊強度から推定される津波波力に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.36, No.2, pp.937-942, 2014

*1 東北大学大学院
*2 静岡理工科大学