

平成 29 年 5 月 11 日現在

機関番号：82113

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420550

研究課題名(和文)二方向水平せん断力による面外方向の変形を受ける耐震壁の地震時抵抗機構の解明

研究課題名(英文) Study on Lateral Load Resisting Mechanism of Reinforced Concrete Shear-dominant Walls Subjected to Bi-directional Loading

研究代表者

坂下 雅信 (Sakashita, Masanobu)

国立研究開発法人建築研究所・構造研究グループ・主任研究員

研究者番号：50456802

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：高い剛性と強度を有する鉄筋コンクリート造耐震壁は、耐震要素として広く利用されているが、斜め方向の水平地震力が作用した時のせん断挙動については、既往の研究も少なく、不明な点も多い。本研究では、面外方向の変形量が耐震壁の面内方向のせん断強度に及ぼす影響を定量的に把握することを目的とし、実大30%スケール相当の縮小試験体3体の静的載荷実験を実施し、実験結果を基に、面外方向の変形の影響を考慮した面内方向のせん断強度の推定方法を提案した。また、実験試験体を対象とした3次元非線形有限要素解析を実施し、実験で観測された挙動を解析的に再現できるかどうか検証した。

研究成果の概要(英文)：Shear walls deform not only in in-plane direction but also in out-of-plane direction by earthquake ground motions. Little experimental data of structural wall failing in shear are available on the influence of out-of-plane deformation on in-plane seismic resistance. The objective of this study is to investigate the influence of out-of-plane deformation on in-plane shear resistance of wall failing in shear. From experimental study on three 1/3-scale reinforced concrete shear wall specimens, it is clarified that the maximum lateral loads of the specimens subjected to bi-directional loading were approximately 8-18% less than that of the specimen subjected to uni-directional loading. Based on the experimental results, an estimation method for shear capacity of shear walls under bi-directional loading was proposed. In addition, three-dimensional finite element model was constructed for simulating experimental behavior of the shear wall specimens.

研究分野：耐震設計

キーワード：耐震壁 RC造 水平二方向載荷 せん断破壊 面外方向載荷

1. 研究開始当初の背景

高い剛性と強度を有する鉄筋コンクリート造耐震壁は、耐震要素として広く利用されているが、斜め方向（二方向）の水平地震力が作用した時のせん断挙動については、既往の研究も少なく、不明な点も多い。特に桁行方向を純ラーメン、梁間方向を連層耐震壁とした板状の集合住宅などでは、耐震壁が面外方向に大きな変形を強いられた状態で、面内方向のせん断力に抵抗しなければならなくなる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、面外方向の変形量が耐震壁の面内方向のせん断強度に及ぼす影響を定量的に把握することを目的とし、実大 30%スケール相当の縮小試験体 3 体の静的載荷実験を実施した。また、実験試験体を対象とした 3次元非線形有限要素解析を実施し、実験で観測された挙動を解析的に再現できるかどうか検証した。

3. 研究の方法

静的載荷実験では、耐震壁に強制する面外方向の変形量を実験変数とした。試験体は WB00、WB15、WB30 の 3 体とし、それぞれ面外方向の水平変位を同一サイクルで与える面内方向の水平変位の 0 倍（面内方向のみの一方方向加力）1.5 倍、3 倍とした。図 1 に載荷経路を、図 2 に載荷装置を示す。また、3次元有限要素解析では、コンクリート構造物非線形 FEM 解析プログラム FINAL を用いて、壁板を積層シェル要素、柱やスタブは六面体要素としてモデル化を行った。

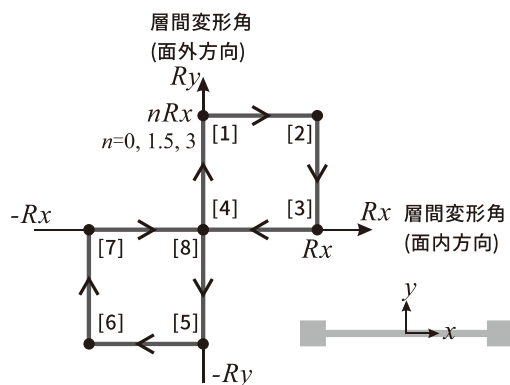


図 1 載荷経路

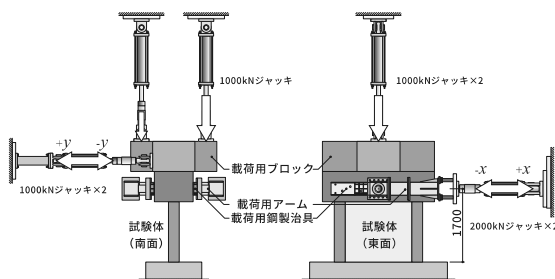


図 2 載荷装置 (単位:mm)

4. 研究成果

静的載荷実験では、いずれの試験体も面内方向でせん断破壊した(写真1)。各試験体の最大耐力を比較すると、WB15 ($Q_{max}=1014\text{kN}$) では WB00 ($Q_{max}=1088\text{kN}$) の 0.92 倍、WB30 ($Q_{max}=910\text{kN}$) では WB00 の 0.82 倍となり、面外方向の水平変位の大きさに応じて、面内方向のせん断強度が低下する傾向が見られた(図3)。今回の実験では、面内方向の 3 倍の水平変位を面外方向に与えた WB30 でも、耐震壁のせん断強度の算定に一般的に用いられる広沢平均式によるせん断強度の計算値 Q_{su} ($=737\text{kN}$) を上回る最大耐力を発揮しており、面外方向の変形による影響が、強度式の持つ余裕度の範囲内に留まっていたため、直ちに危険側となることはなかった。しかしながら、面内方向の変形に対して、面外方向の変形が大きい場合には、構造性能に及ぼす影響は無視できないため、その影響を定量的に評価する必要がある。

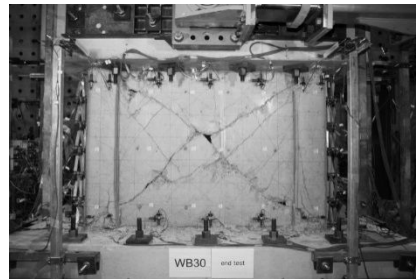


写真 1 WB30 試験体の載荷終了時の状況

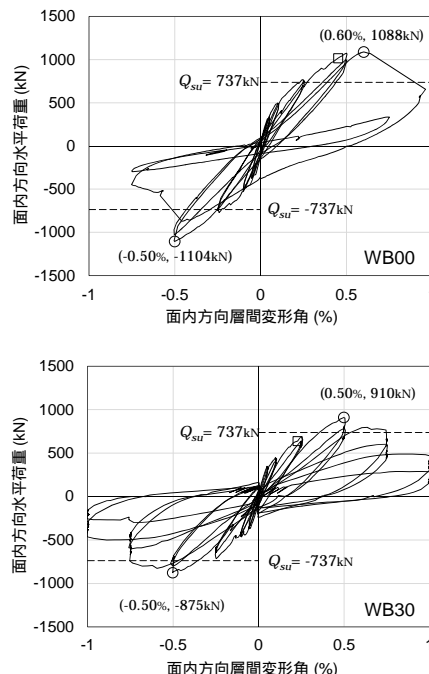
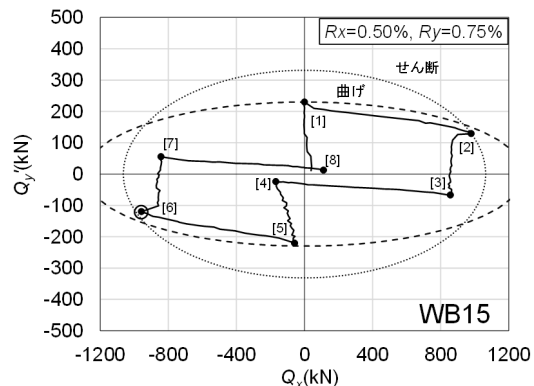


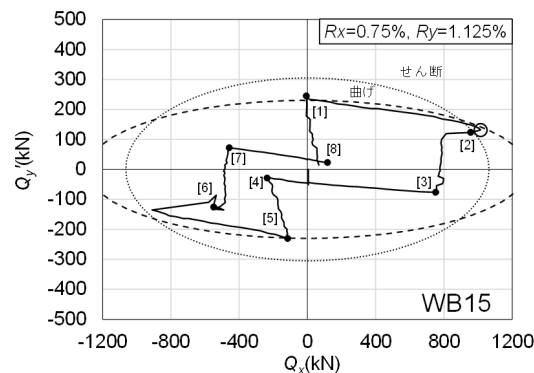
図 3 面内方向の水平荷重 - 層間変形角関係

本研究では、図 4 に示すように、実験で得られた面内方向と面外方向の水平荷重の関係(図中の実線)から、面内方向と面外方向の曲げ降伏強度とせん断終局強度の関係を

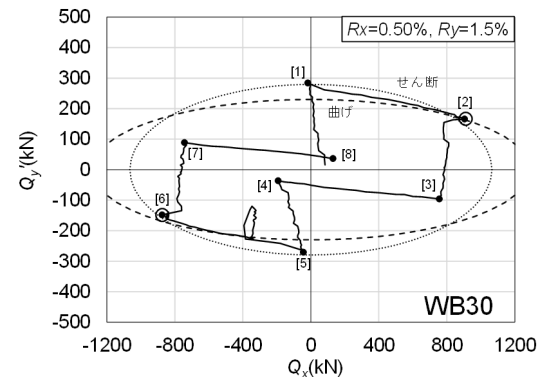
楕円に置き変えた、曲げ降伏曲線とせん断破壊曲線（図中の点線）を用いて、面内方向のせん断終局強度を推定する評価法を提案している。



(a) WB15, $R_x = 0.50\%$ のサイクルー回目



(b) WB15, $R_x = 0.75\%$ のサイクルー回目



(c) WB30, $R_x = 0.50\%$ のサイクルー回目

図4 面内方向で最大耐力を計測したサイクルにおける面内方向、面外方向の水平荷重と計算強度の関係

3次元有限要素解析（図5）では、面外方向載荷時の最大耐力をやや過大に評価する傾向があったものの、面内方向に関しては、実験試験体の最大耐力を10%以内の精度で予測しており、面外方向の変形が面内方向のせん断強度に及ぼす影響を定量的に評価することができた（図6）。また、ひび割れ発生後の剛性低下や、最大耐力後の同一サイクルにおける繰り返し載荷によって、水平荷重が低下する挙動も再現することができた。

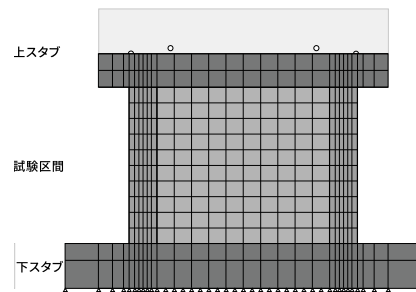


図5 3次元有限要素解析モデル

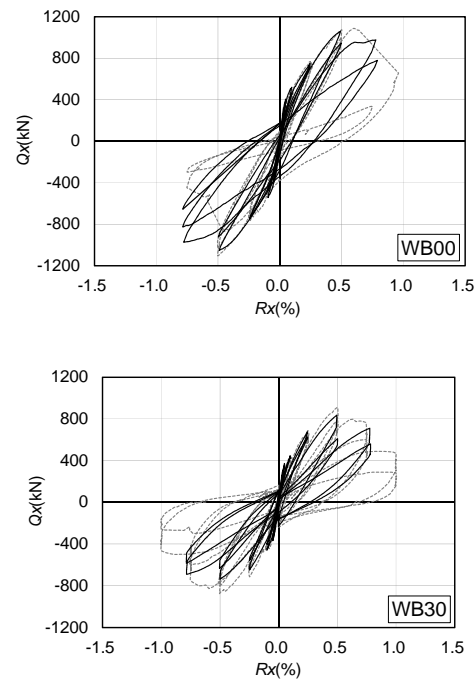


図6 面内方向の水平荷重 - 層間変形角関係（実験：点線、解析：曲線）

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計3件）

井戸裕勇樹、渡辺瞭、坂下雅信、谷昌典、
西山峰広：鉄筋コンクリート造せん断壁の水平2方向載荷実験 その1：実験概要、日本建築学会大会学術講演梗概集 構造、pp.153-154、2016.8

渡辺瞭、井戸裕勇樹、坂下雅信、谷昌典、
西山峰広：鉄筋コンクリート造せん断壁の水平2方向載荷実験 その2：実験結果、日本建築学会大会学術講演梗概集 構造、pp.155-156、2016.8

井戸裕勇樹、坂下雅信、谷昌典、西山峰広：せん断挙動が支配的な鉄筋コンクリート造耐震壁の水平二方向加力実験、日本建築学会構造系論文集 第82巻 第735号、pp.683-692、2017.5

6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂下 雅信 (SAKASHITA Masanobu)

国立研究開発法人建築研究所・構造研究グ

ループ・主任研究員
研究者番号：50456802

(2)研究分担者

西山 峰広 (NISHIYAMA Minehiro)
京都大学・工学研究科・教授
研究者番号：50183900

(4)研究協力者

谷 昌典 (TANI Masanori)
井戸 裕 勇樹 (IDOSAKO Yuki)