

1) - 3 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【安全・安心】

Study on Lateral Load Resisting Mechanism of Reinforced Concrete Shear-dominant Walls Subjected to Bi-directional Loading

(研究開発期間 平成 26~28 年度)

構造研究グループ
Dept. of Structural Engineering

坂下 雅信
SAKASHITA Masanobu

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.

【研究開発の目的及び経過】

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^{1)~3)}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。

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⁴⁾。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。

【研究開発の内容】

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 FINAL⁵⁾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。

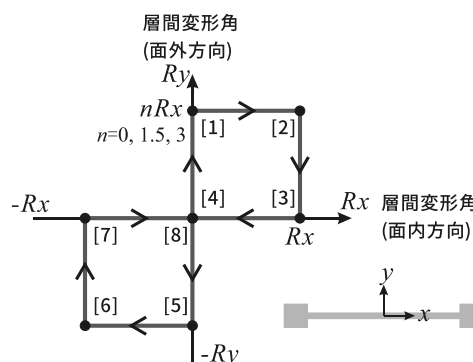


図 1 載荷経路

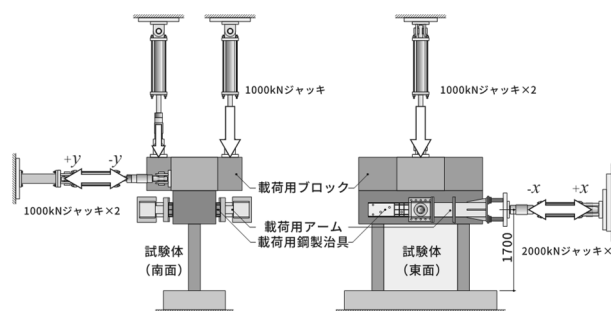


図 2 載荷装置（単位:mm）

【研究開発の結果】

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 ($Q_{max}=1014kN$) では WB00 ($Q_{max}=1088kN$) の 0.92 倍、WB30 ($Q_{max}=910kN$) 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} (=737kN) を上回る最大耐力を發揮しており、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できる手法の開発を今後も進めていく必要がある。今回の実験結果を受け、本研究では、面内、面外の各方向の最大耐力の相関関係から、水平二方向載荷時の最大耐力を簡易的に推定する手法の提案を行っている。

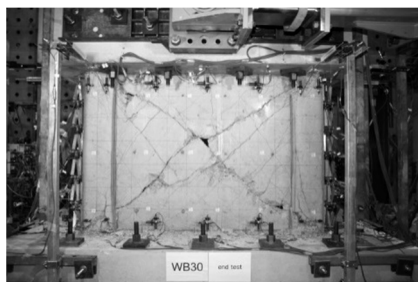


写真 1 WB30 試験体の載荷終了時の状況

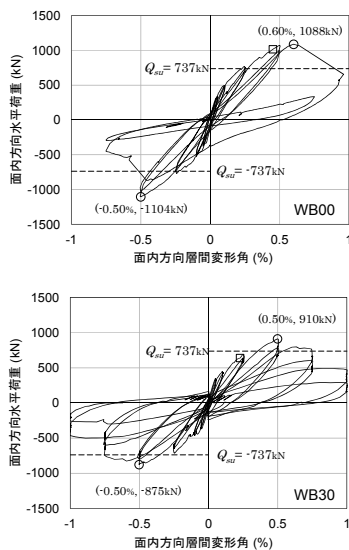


図 3 面内方向の水平荷重－層間変形角関係

3次元有限要素解析(図4)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5)。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。今後は、

構築したモデルを活用して、水平二方向載荷時の応力伝達経路を明らかにすることで、面外方向の変形が及ぼす影響をより論理的に解明する予定である。

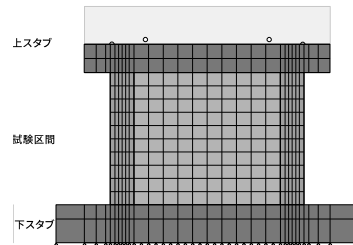


図 4 3次元有限要素解析モデル

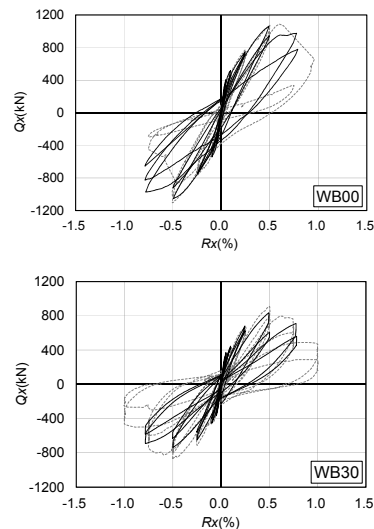


図 5 面内方向の水平荷重－層間変形角関係
(実験：点線、解析：曲線)

【参考文献】

- 1) 井上貴之他：斜め方向の水平力を受ける鉄筋コンクリート造立体耐震壁のせん断強度 その1～2、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造IV、pp.433-436、1999.9
- 2) 溝口光男他：二方向水平力を受ける鉄筋コンクリートL型断面耐震壁の弾塑性性状に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文報告集 第450号、pp.71-80、1993.8
- 3) 宮川義範：水平二方向の変形を受ける鉄筋コンクリート壁体のマクロモデルに関する検討、電力中央研究所報告、2006.6
- 4) 井戸裕勇樹他：鉄筋コンクリート造せん断壁の水平二方向載荷実験 その1～2、日本建築学会大会学術講演梗概集 構造IV、pp.153-156、2016.8
- 5) 伊藤忠テクノソリューションズ(株)：FINAL/V11