

実大5層RC造建物の静的加力実験による袖壁付き架構の耐震性能及び損傷評価に関する研究

Study on Evaluation of Seismic Performance and Damage for Full-scale 5 Storied R/C Frame Structure with Wing Wall by Static Loading Tests

性能制御システム学研究室
Structural Performance Control Lab.

門田 太陽人
Tabito Kadota

1. はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震時における鉄筋コンクリート（以下、RC）造建物は、架構の倒壊に対する耐震安全性は十分であったにもかかわらず、非構造壁が著しく損傷し地震後の継続使用が困難となった事例が報告されている。国土交通省国土技術政策総合研究所は総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」において、袖壁を活用した災害拠点建築物の地震後継続使用性を確保するための構造方法の提案を目指している。この活動の一環として、実大5層RC造建物の静的載荷実験が実施され、東北大学前田研究室は（独）建築研究所との共同研究として重点研究課題「庁舎・避難施設等の地震後の継続使用性確保に資する耐震性能評価手法の構築」に参画した。本論では、事前解析によって予測した架構の荷重変形関係や部材の損傷量を上記実験の結果と比較して、解析モデルや手法の妥当性を検討し、課題点を抽出する。

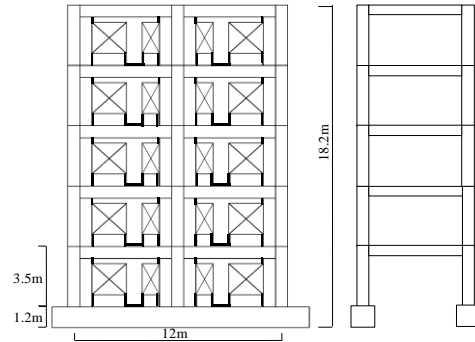


図1 試験体架構概要図

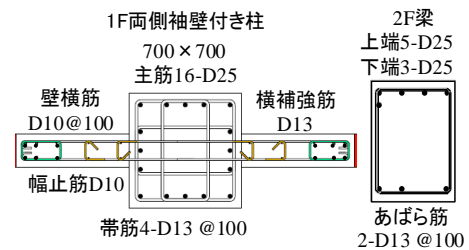


図2 代表部材の断面形状

2. 実験概要

2.1 試験体概要および加力方法

試験体の架構概要図を図1に、代表部材断面・配筋を図2に示す。試験体は、桁行方向の柱に袖壁、梁に垂れ壁、腰壁、方立壁を有する実大5層RC造骨組架構である。この架構は、従来の非構造部材の袖壁としてではなく、袖壁を柱と一体として強度・剛性を発揮する構造部材として設計した新しい架構である。図3に袖壁付き柱の配筋図を示す。袖壁は端部での集中破壊を軽減するために壁厚を200mm、端部縦筋に太径のD16を配し、横補強筋D13により拘束されている。腰壁、垂れ壁、方立壁はスリットにより構造部材から切り離されている。加力方法は、最上層及び4層に取り付けられたアクチュエータにより水平方向の正負交番静的繰返し載荷を行い、地震力（逆三角形）分布と同じ層せん断力・転倒モーメントを生じさせるような外力比率(1:2)を与えた。

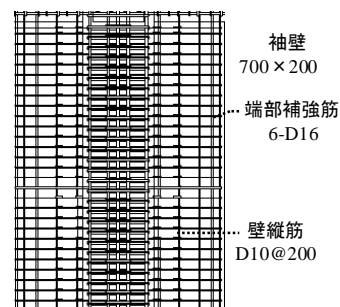


図3 袖壁付き柱配筋図

2.2 実験結果

実験から得られた荷重-変形関係を図4に示す。 $\pm 1/200\text{rad}$ で3,4階の梁主筋が降伏し、 $\pm 1/100\text{rad}$ で全層の梁及び1階柱脚部の鉄筋が降伏し、梁降伏先行型全体崩壊形の挙動を示した。 $+1/67\text{rad}$ で方立壁の水平変位が設計時に想定した構造スリット幅を上回り腰壁に接触したことで、架構の耐力上昇が見られた。その後 $+1/50\text{rad}$ で最大耐力に達した。全サイクル終了後、1階の全ての袖壁が圧壊し、特に中柱の両袖壁は損傷が著しく鉄筋の露出が観察されたが、構造部材である柱の大き

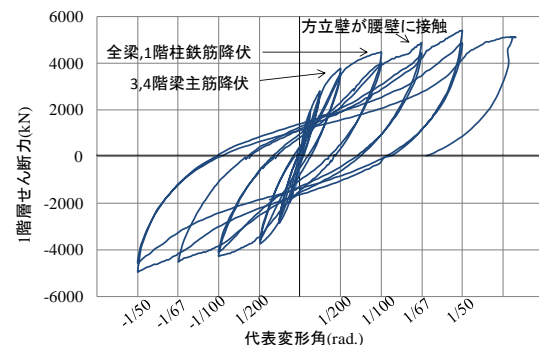


図4 荷重-変形関



写真1 袖壁付き柱の損傷 写真2 梁の損傷

な損傷や袖壁と柱が分離するような破壊は見られなかった(写真1)。また、梁の損傷は垂れ壁および腰壁のスリット位置に集中し(写真2)、袖壁が柱と一体になっていたことで梁危険断面位置が袖壁縁に移ったためと考えられる。

3. 解析モデルおよび手法の概要

3.1 袖壁付き架構の静的荷重増分解析

試験体一構面の骨組モデルに対して外力分布を A_i 分布とした静的荷重増分解析を行った。各部材の復元力特性はひび割れ強度、降伏強度を折点としたトリリニア型とし、袖壁付き柱の各強度算定に当たり、現行設計規準¹⁾を参考にした。梁剛域は柱の中心軸から袖壁縁までとした。

3.2 袖壁付き部材の損傷量評価

五十嵐・青木らによる部材の損傷量評価モデル²⁾を1階北側の片袖壁付き柱に適用し、精度を検証した。損傷量評価式(1)及び損傷量評価モデルを図5に示す。詳細は文献²⁾を参照されたい。

$$\max W_{f,unload} = \frac{\sum W_{f,unload}}{n_f} = \frac{(D-x_n)R_{f,unload}}{n_f} \quad (1)$$

$\max W_{f,unload}$: 最大残留ひび割れ幅

$\sum W_{f,unload}$: 除荷時合計ひび割れ幅

$n_f = 2$: 合計ひび割れ幅と最大ひび割れ幅の比率

x_n : 中立軸位置, $R_{f,unload}$: 除荷時部材回転角

4. 解析および実験結果の比較

解析結果と実験結果の比較とし、図6に荷重-変形関係(実験値は図4における正載荷の包絡線)を示す。代表変形角 1/400rad までは解析値の剛性がわずかに下回っているものの実験値とよく一致しているが、1/200rad から実験値が解析値を上回り、変形量にしたがいその差も大きくなった。

図7に1階片袖壁付き柱の最大残留ひび割れ幅の推移の比較を示す。最大残留ひび割れ幅は部材が降伏したのち、残留部材回転角と共に増加する。実験結果では1/100rad から、解析結果では1/200rad から増加している。また、実験値は1/67rad から 1/50rad にかけてあまり増加していない。これは袖壁端部の圧壊により損傷が集中したことで最大残留ひび割れ幅が大きく増加しなかったことが考えられる。

5. 解析モデルの妥当性と課題点の抽出

5.1 袖壁付き架構の静的増分解析

実験値が解析値を上回った原因として、袖壁付き柱の復元力特性において袖壁による耐力寄与を過小に評価している可能性があること、梁曲げ耐力にスラブ協力幅を考慮していないこと、並びに、鉄筋の降伏強度に規格値を用いていることが挙げられる。また、実験結果では方立壁が腰壁に接触したことで耐力上昇が起きたためと考えられる。

5.2 袖壁付き部材の損傷量評価

柱降伏時変形角の解析値 ($R=1/200$) と実験値 (1/100) の差が影響し、ひび割れ幅が著しく拡大する代表変形角に差があるものの、降伏前までの値や降伏後の増加勾配は概ね実験値を捉えているといえる。しかし、圧壊後の最大残留ひび割れ幅の増加勾配の傾向は現評価モデルで示すことはできなかった。圧壊を考慮した n_f の評価が必要である。

6. まとめ

静的荷重増分解析による結果は架構耐力を過小評価する結果になり袖壁付き架構の挙動を明らかにすることができなかった。5.1節で挙げた問題点について今後改善・検討していく予定である。袖壁付き柱の損傷量評価モデルの検討では、袖壁端部の圧壊といった損傷が集中する部材への適用には課題があり、修正が必要である。

[参考文献]

- 1) 鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説 2010, pp484-492
- 2) 青木貴ほか: RC 造建物の耐震修復性及び修復限界状態の評価を目的とした損傷量指標の提案と建物モデルの適用例, コンクリート工学年次論文集, vol13, pp. 913-918, 2011

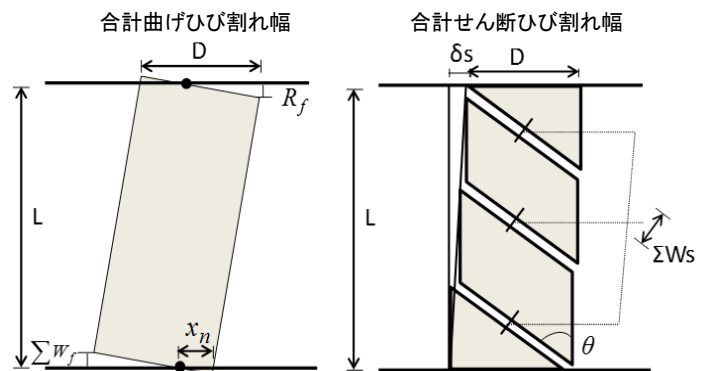


図5 合計ひび割れ幅評価モデルの概要

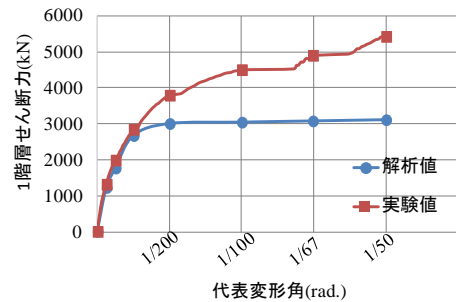


図6 荷重-変形関係の比較

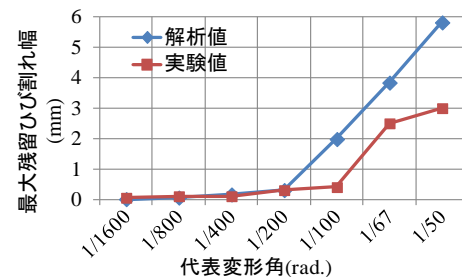


図7 最大残留ひび割れ幅の推移