

1) - 2 地震時浮き上がり挙動を活用した空間可変性の高い 中層建築物の構造システムに関する研究【安全・安心】

Study on Structural System of Mid-rise Buildings with High Space Changeability Utilizing Rocking Behavior under Earthquake

(研究開発期間 平成 28~30 年度)

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

向井 智久
MUKAI Tomohisa

坂下 雅信
SAKASHITA Masanobu

毎田 悠承
MAIDA Yusuke

The objective of this research theme is to develop structural system of mid-rise buildings with utilizing rocking behavior under earthquake. The research focus on 1) Structural test data for rocking box RC wall specimen with/without hysteretic dampers, 2) Seismic evaluation method to predict rocking behavior using analytical models. Depending on the number of dampers installed at bottom of the box wall, seismic resistant mechanism is changed from rocking mechanism with energy dissipation by dampers to flexural wall mechanism. As a result of these investigations, maximum strength for both mechanism can be evaluated.

【研究開発の目的】

本研究課題では、新築建築物として浮き上がり挙動となる連層壁、空間可変性を高めるフラットビームを用いた新たな構造システムおよび極大地震に対して倒壊しないバックアップシステムを開発するものである。

【研究開発の内容】

主として実施した研究内容を以下に示す。

新築建築物を対象として、大地震における損傷低減に資する構造システムおよび空間可変性の高い構造システムの開発を目的として以下の研究課題を実施した。

1. 文献調査・実験計画策定

1) 大地震に対する損傷低減のための履歴減衰等を付与した浮き上がり構造システムと空間可変性の高い構造システムに関する事例の収集とそれらの技術的課題の抽出 (新たな構造システムの提案)

2) 構造実験計画の策定とその準備 (試験体製作・治具製作を含む)

2. 各要素技術に対する開発

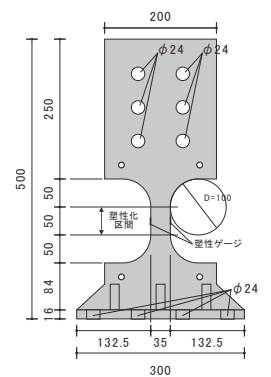
1) 連層壁の浮き上がり挙動による損傷低減技術と極大地震に対するバックアップシステム技術の構造性能評価)

2) 上記システムの解析モデルの開発

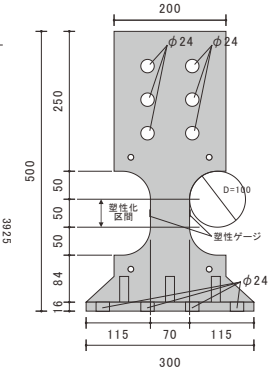
【研究開発の結果】

1. 試験体概要

図-1 (a) ~ (c) に RC 造連層耐力壁試験体の立面図を示す。試験体は、8 階建ての想定建物の平面中央に設けられた 8m×8m のロ形断面を持つ RC 造連層耐力壁を縮尺 20% に縮小したものである。実験試験体には 4 面ある壁板のうちの Y 構面の 2 面に縦長の開口が設けている。本試験体では、連層耐力壁の脚部の浮き



(a) ダンパーB



(b) ダンパーC

図-2 ダンパーの寸法 (単位: mm)

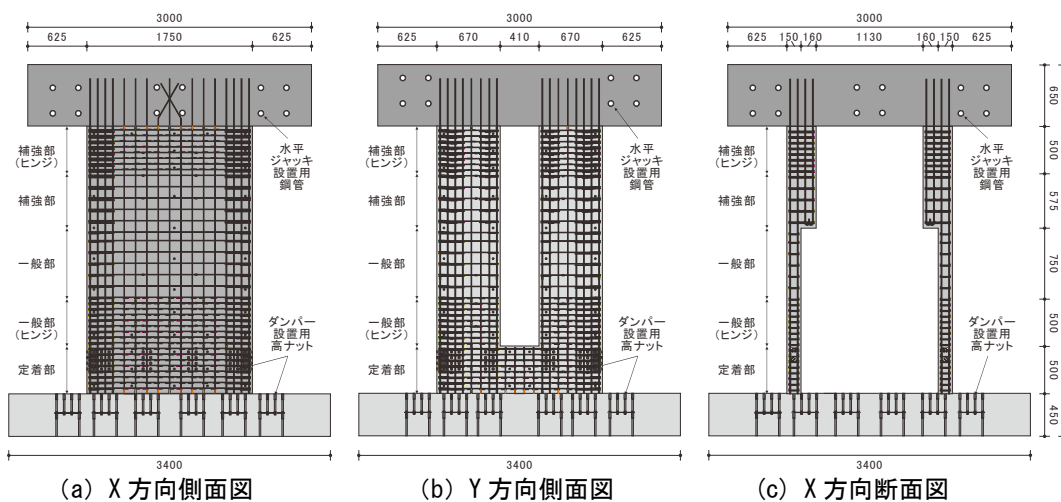


図-1 実験試験体の寸法 (単位: mm)

上がり許容するために、全ての軸方向鉄筋を下スタブの上端面よりも上側で直線定着している。

中・大地震時におけるダンパーの減衰効果の確認を目的とした実験（後述の実験Ⅱ'、Ⅲ）では、図-2(a)に示す鋼製ダンパーB（塑性区間の厚さ14mm）を浮き上がり面に設置する。各ダンパーは下スタブと試験体脚部の定着部に高力ボルト（M16, F10T）を用いて接続し、塑性化区間に浮き上がりによる変形を集中させる。ダンパーBでは、ボルト接合面での滑りを防止し、ダンパーの塑性化が早期に生じるように、固定用の高力ボルトに標準ボルト張力に対応するトルク（330Nm）を与えると共に、塑性区間の鋼材の材種を変更し（ダンパーA：SM490→ダンパーB：LYP225）、降伏耐力を小さく（ダンパーA：158kN→ダンパーB：107kN）、塑性区間の長さを短く（ダンパーA：100mm→ダンパーB：50mm）した。また、極大地震時に倒壊を防止するためのバックアップシステムの検証として、浮き上がりを拘束し、ダンパー取り付け位置の上側（下スタブ上端面から500mmの高さ）を危険断面とする曲げ降伏が生じた時の挙動を検証する実験（後述の実験Ⅳ）では、図-2(b)に示す鋼製ダンパーC（塑性区間の厚さ14mm）を浮き上がり面に設置した。ダンパーCには、ダンパーBと同じく、塑性区間の材種にLYP225を用いているが、浮き上がり挙動を抑制するためにダンパーの塑性区間の断面積の大きさを2倍としている。

2. 実験結果

図-3にX、Y方向のせん断力 Q -変形角 R 関係を示す。各図は一方向で荷重した実験Ⅱ'、実験Ⅲ、実験Ⅳの1~4、6~7（実験Ⅳは上記に加え9~10、12~13）サイクル、二方向で荷重した実験Ⅳ-5、8、11、14サイクルに分類している。

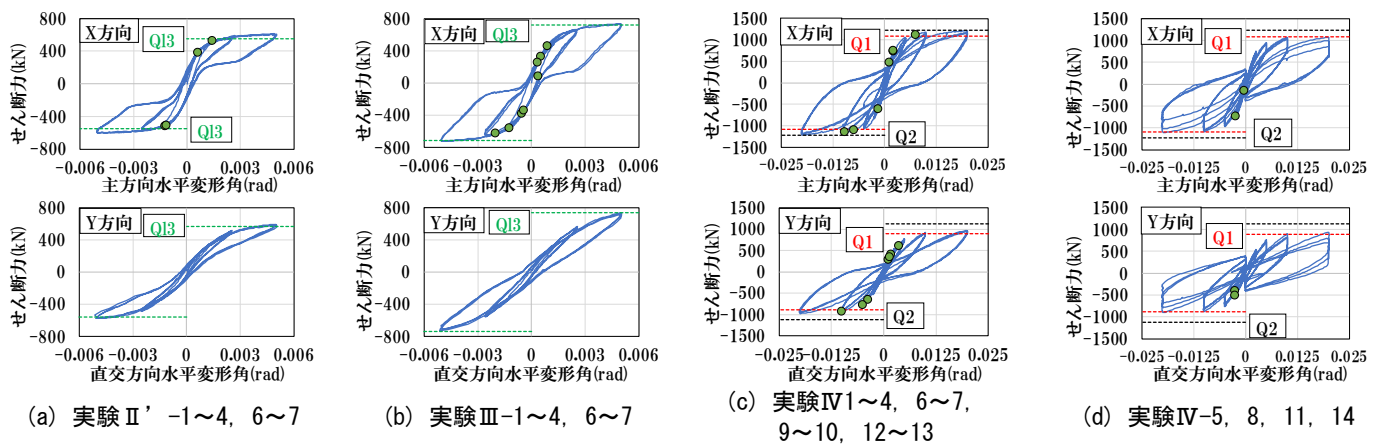


図-3 せん断力-変形角関係（●ダンパー降伏）

3. 耐力評価

浮き上がりを拘束した実験Ⅳでは、一般部ヒンジが曲げ終局モーメントに達する壁脚モーメント計算値 $M_{u下2}$ に比べ、式(1)のダンパーの引張力によるモーメント計算値 M_{uD} が大きいことから、実験においても一般部ヒンジの曲げ降伏が形成されたと考えられる。

$$M_{uD} = \sum T_{ydi} l_{di} + 0.5 N l_w \quad (1)$$

但し、 T_{ydi} ：引張側ダンパーの降伏耐力

図-3内にも算出耐力を示す。実験Ⅱ'、Ⅲに関しては、式(1)を加力高さ H で除した時のせん断力を算出した。実験ⅣのY方向荷重時は、一般部ヒンジで曲げ降伏すると想定し式(2)で算出を行った。式(3)、(4)中の M_u は左右の壁の補強部ヒンジ及び一般部ヒンジで算出した終局モーメントである。また、図-3中の Q_1 (下式(2)の $i=1$ とした場合)は式(5)の終局モーメントを算出する際の直交壁の有効長さを有効幅(=隣り合う耐力壁の内法長さの0.25倍)とし、 Q_2 は有効長さを全幅としている。実験ⅣのX方向荷重時には、終局モーメントを直交壁の有効長さを有効幅($i=1$)、全幅($i=2$)において算出し、式(6)を用いる。

図-3より、実験Ⅱ、Ⅲの Q_3 は実験値と概ね整合している。実験Ⅳの有効幅を考慮した Q_1 は図-3(c)のX方向の荷重変形角関係のみ実験値を過小評価しているが、その他は概ね実験値を捉えていることを確認した。

Y方向荷重時

$$Q_i = Q_{u左} + Q_{u右} \quad (2)$$

$$Q_{u左} = (M_{u上左} + M_{u下左})/H \quad (3)$$

$$Q_{u右} = (M_{u上右} + M_{u下右})/H \quad (4)$$

$$M_u = A_{sr} \sigma_{sr} d - A_{sc} \sigma_{sc} d_c - (\sigma_{av} b (\beta_1 x_n)^2) / 2 + N g \quad (5)$$

X方向荷重時

$$Q_i = M_{u下i} / H \quad (6)$$