

耐震補強要素が偏心配置された鉄筋コンクリート造骨組のねじれ応答性状

(その2 耐力偏心率の最大回転角への影響)

剛性偏心率、耐力偏心率、ねじれ応答、振動台実験

正会員 上田 芳郎^{*1)} 正会員 日野 泰道^{*3)}
 準会員 山内 成人^{*2)} 同 楠 浩一^{*4)}
 同 中埜 良昭^{*5)}

1.はじめに

本報では(その1)の静的載荷実験の結果を反映し、耐力偏心率が建物のねじれ応答にどのような影響を与えるのか、重心位置における最大回転角の大きさに着目して行った解析の結果について述べる。

また、本研究は振動台実験を行う事を前提としているので、本解析では、振動台の性能及び試験体の縮尺に合わせ修正を加えた地震波を用いて振動台実験の加振波として最も適切な地震波の選定を試みる。

2.解析手法

2.1 ねじれ振動の運動方程式

ねじれ振動の運動方程式は、剛床仮定を用いて建物を1質点3自由度系に置換すると、重心位置の力の釣り合いと重心周りのモーメントの釣り合いから(1)式~(3)式のように表される¹⁾。尚、簡単のために減衰力による項は無視した。

$$m(\ddot{x} + \ddot{x}_0) + \sum_i k_x (x + l_y \cdot \mathbf{q}) = 0 \quad \dots (1)$$

$$m(\ddot{y} + \ddot{y}_0) + \sum_i k_y (y + l_x \cdot \mathbf{q}) = 0 \quad \dots (2)$$

$$I\ddot{\mathbf{q}} + \sum_i k_x (x + l_y \cdot \mathbf{q})_i l_y - \sum_i k_y (y - l_x \cdot \mathbf{q})_i l_x = 0 \quad \dots (3)$$

ここで、

m : 建物重量

I : 回転慣性質量

$l_{x,i} l_{y,i}$: 重心位置から各構面までの距離

2.2 解析モデルの概要

解析モデルを図1に示す。本解析は(その1)で実施した静的載荷実験の結果に基づき、図1(a)~(c)に示す1層1×1スパン、スパン長400mmの試験体を以下に述べる方法によりモデル化を行った。地震動の入力はX方向のみの1方向入力とした。柱部材及び補強部材は図1に示すように別々にモデル化し、それら弾塑性バネを並列に結合させた。試験体における柱部材の直交方向の強度は加振方向に対し1.54倍としているので直交方向は弾性挙動を仮定し、各構面に弾性バネを配した。また、加振方向の剛性低下に伴う直交方向の剛性低下は無視した。

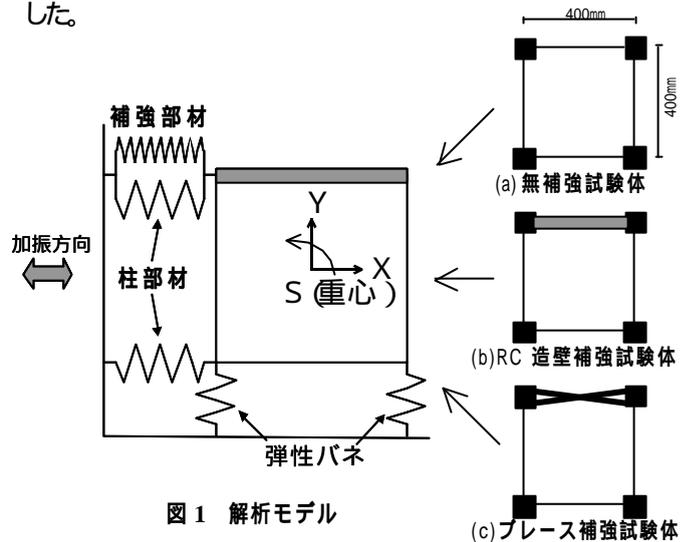


図1 解析モデル

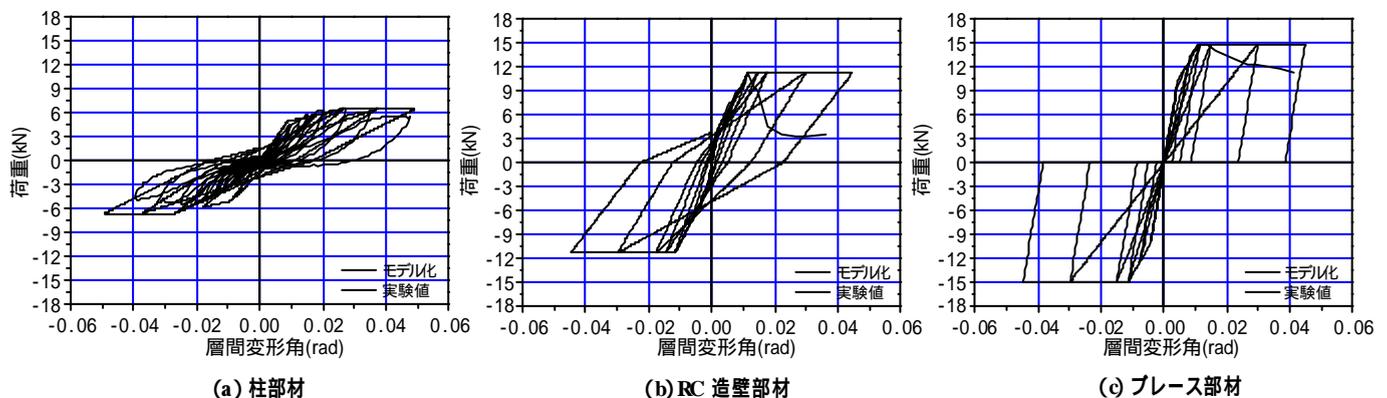


図2 試験体の復元力特性のモデル化

Torsional Response of Seismically Retrofitted R/C Structures

Part 2. Maximum Rotational Angle due to Eccentricity

Yoshiro UEDA, Naruhito YAMAUCHI, Yasumichi HINO, Koichi KUSUNOKI, Yoshiaki NAKANO

2.3 試験体の復元力特性のモデル化

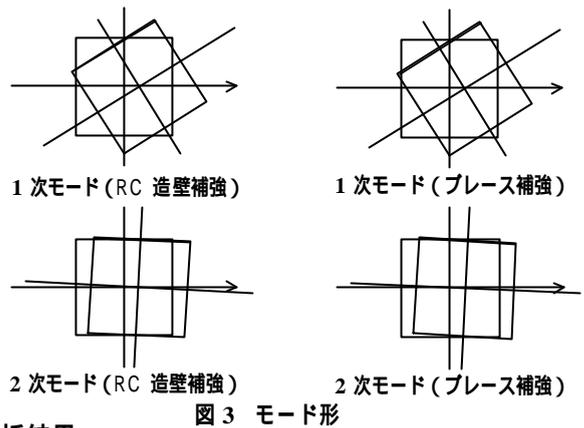
図2に試験体各構面の復元力特性のモデル化を示す。静的載荷実験の結果に基づき、柱及び壁部材の履歴を武田モデル²⁾、ブレース部材はパイリニアスリップモデルを修正したものにそれぞれ置換した。振動台実験の実験パラメータは偏心率であるので、初期剛性及び降伏耐力は静的載荷実験の結果と一致させ、特に骨格曲線に着目しモデル化を行った。図2に示すRC造壁及びブレース部材の復元力に関しては、各補強フレームの復元力の実験値から柱部材の復元力を差し引いて算出した。降伏耐力以降の復元力特性に関しては、RC造壁部材でせん断破壊を起こしており、急激な耐力低下が回転角に影響を及ぼすものと考えられるが、負剛性時における減衰定数の設定等について、別途、検討する必要があるため、今回は特に降伏耐力付近までの挙動に着目し、各部材の降伏耐力以降の復元力特性は降伏耐力を維持し続けるものとしてモデル化を行った。

2.4 入力地震波

入力地震波には、八戸EW波、神戸NS波、El Centro NS波の3波を使用した。地震波は、振動台実験の加振波とするので周波数成分0.1Hz以下及び30Hz以上をカットし振動台で制御可能な地震波へ変換を行った。また、相似則の検討により、実地震動を再現するためには試験体の縮尺率(1/10)に対して、地震波の時間軸を圧縮する必要がある。さらに、長期軸力が目標の1/2しか確保できなかった事から、地震波の時間軸を $1/\sqrt{20}$ に圧縮した。解析の際には、最大加速度を重力加速度Gに対して0.1G~1.0Gまで段階的に変化させ入力を行った。

2.5 モード形

図3にRC造壁補強試験体及びブレース補強試験体のモード形を示す。どちらも1次で回転振動、2次で並進振動がそれぞれ卓越するモードとなった。



3.解析結果

図4に地震波の入力震度と重心位置における最大回転角の関係を示す。X軸の入力震度はベースシア係数 C_B で除して基準化を行った。尚、ここで示すベースシア係数は各試験体において、補強及び無補強両構面の耐力を各々算出し、構面の耐力の単純和を試験体重量で除したものとした。八戸EW波及び神戸NS波では0.5Gで、El Centro NS波では0.6Gでそれぞれ壁部材が降伏した。いずれの地震波においても初期段階では耐力偏心率の大小による違いはほとんど見られないが、降伏耐力付近では耐力偏心率の大きいブレース補強試験体の回転角がRC造壁補強試験体を上回る。その傾向はEl Centro NS波において顕著である。

4.まとめ

(その1)の静的載荷実験の結果をもとに試験体をモデル化し、弾塑性応答解析を行った。その結果、以下の知見を得た。補強構面の降伏耐力付近で耐力偏心率の大きいブレース補強試験体の回転角がRC造壁補強試験体を上回る。振動台実験に使用する加振波は今回検討した3波のうちではEl Centro NS波が適切である。

参考文献 1)最新耐震構造解析、柴田明徳 2)Reinforced Concrete Response to Simulated Earthquakes, T.Takeda, Journal of ASCE, pp2557-2573, Dec.1970

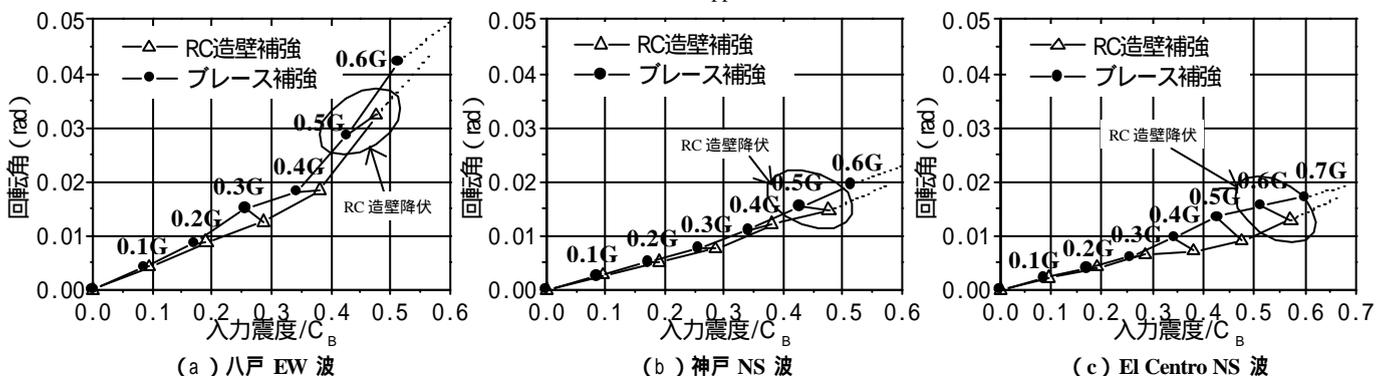


図4 入力震度/ C_B に対する最大回転角

1)東京大学大学院生 Graduate Student ;Univ. of Tokyo
2)東京大学生産技術研究所 文部技術官 Technical Associate ;Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo
3)独立行政法人 産業安全研究所 研究員・工修 Research Engineer ;National Institute of Industrial Safety, Independent Administrative Institution, Ms.Eng.
4)独立行政法人 建築研究所 研究員・工博 Research Engineer ;Building Research Institute, Independent Administrative Institution, Dr. Eng.
5)東京大学生産技術研究所 助教授・工博 Associate Professor ;Institute of Industrial Science, Univ. of Tokyo, Dr. Eng.