

スリップ型復元力特性を有する1質点系モデルにモデル化した鋼構造住宅の地震応答解析

正会員 ○澤田 憲司*1

同 永野 康行*2 伊藤 綾那*3 中安 誠明*4 清水 信孝*4

鋼構造	復元力特性	応答履歴ループ
耐震要素	質点系モデル	地震応答解析

1. はじめに

我が国日本では近年地震が多く起こっており、その中で地震が発生しても崩壊などせず私たちが安全に生活できる住宅が求められている。その中で鉄鋼系住宅のエネルギー吸収部材を設置した耐力壁の適用が盛んであり、スリップ型と比較してエネルギー吸収性能に優れたバイリニア型の復元力特性を有するデバイスの開発が検討されている^{[1]~[5]}。また、スリップ型とバイリニア型を組み合わせた復元力特性が及ぼす影響について木造軸工法や鋼構造建築物の事務所ビルを対象とした検討例^{[6][7]}があるものの鋼構造物の住宅を対象とした検討は少ない。本研究の目的は、鋼構造住宅の2階建て、屋根裏3階建てと3階建ての3種類を対象としてバイリニア型とスリップ型を組み合わせた復元力特性モデル^[8]を用いて地震応答解析を実施し、地震応答に与える影響を検討することである。

2. シミュレーションモデル・解析

モデル作成および解析にはユニオンシステム社のDynamicPRO Ver.7.14を用いた。建物モデルには1質点系モデルを使用し、基礎は固定とした。

鋼構造建築物の復元力特性モデルとしてバイリニア型とスリップ型を組み合わせた復元力特性モデルを使用する。そして、それぞれの履歴挙動及びその中間の履歴挙動がどのような特性を持つのかをシミュレーションによって評価する^[5]。この評価を行うにあたって、2つの復元力特性モデルの比率は先行研究^[5]と同様とした。その比率を表1に示す。

表1 バイリニア型とスリップ型の比率^[5]

model	1	2	3	4	5
バイリニア(%)	100	75	50	25	0
スリップ(%)	0	25	50	75	100

本研究ではスリップ型復元力特性の比率の違いによる最大層間変位について比較を行うため、降伏点を一定として解析を行った。この1質点系モデルに設定した2階建て住宅パラメータを表2に示す。重量は先行研究^[7]を参考に値を決定した。対象建築物の階高を表2に示す。1階分の高さは多くのハウスメーカーが平均的に採用していることより2.4mとした。1質点系モデルにしているので通常高さの半分としている。屋根裏部屋の天井高は建築基準法より屋根裏部屋の高さを1.4mとした。次に、各modelのパラメータ設定について、model 1及びmodel 5

については完全バイリニア型、完全スリップ型の復元力特性モデルと設定した^[5]。model 2~4についても先行研究^[5]と同様で図1のように1つの質点にバネ要素を追加しモデル作成を行った要素1を標準型の履歴タイプ、要素2をスリップ型の履歴タイプで作成した。塑性タイプはどちらもバイリニアとした。要素1, 2の折れ点荷重の和が初期剛性に対して1cm動く際の荷重となるよう、表1の通り組み合わせそれぞれの折れ点荷重の値を入力した。(以下、要素2の折れ点荷重を各初期剛性の値で割り、100倍したものをスリップ率と定義) model 2における2階建て住宅に対してバネ要素パラメータ入力例を表3に示す。

表2 1質点系モデルの重量パラメータ^[7]

重量[kN]	2階	屋根裏3階	3階
軽量	197.4	197.4	246.8
重量	246.8	246.8	296.1

表3 1質点系モデルパラメータ^[7]

	2階	屋根裏3階	3階
初期剛性 [kN/cm]	54.90	37.46	46.97
折れ点荷重 [kN]	54.90	37.46	46.97
階高[cm]	240	310	360

表4 剛性低下率と減衰定数

剛性低下率	0.01
減衰定数	0.02

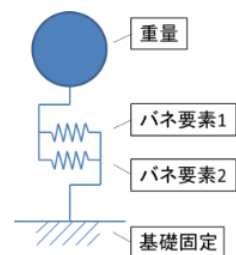
図1 1質点系モデル図^[5]

表5 2階建てのバネ要素パラメータ入力例(model 2)

バネ要素	履歴タイプ	塑性タイプ	折れ点荷重
1	標準型	バイリニア	41.17(kN)
2	スリップ型	バイリニア	13.73(kN)
折れ点荷重合計			54.90(kN)

入力地震波にはEL Centro 1940 NSを使用した。この地震波の最大加速度は341.7[cm/s²]、最大速度は33.4[cm/s]で、継続時間は53.76秒、データ数は2688である^[5]。

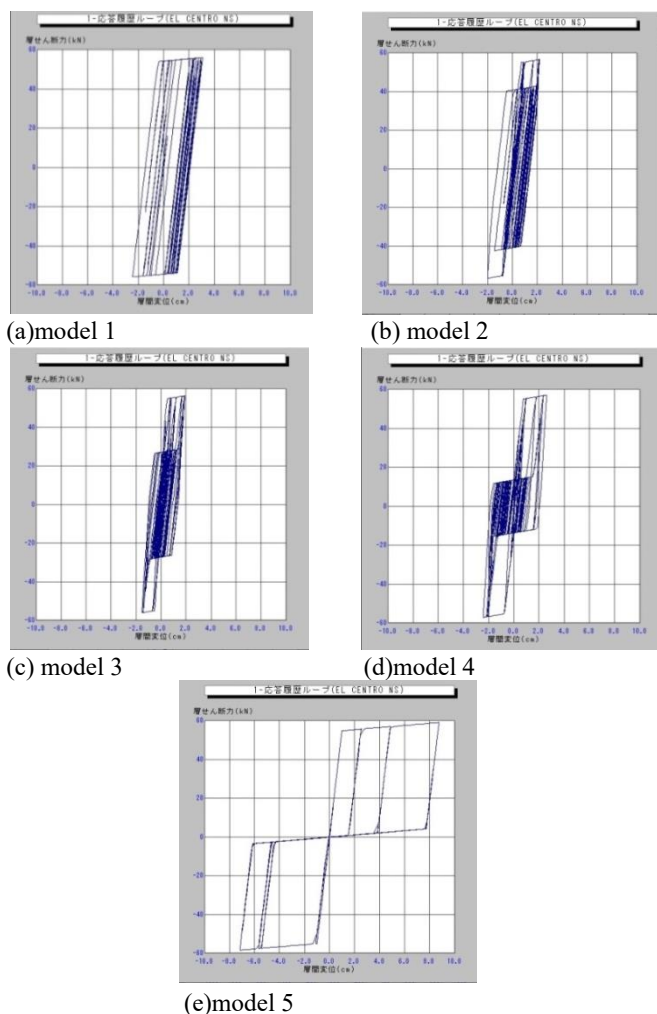


図2 時刻歴履歴応答結果例(2階軽量)

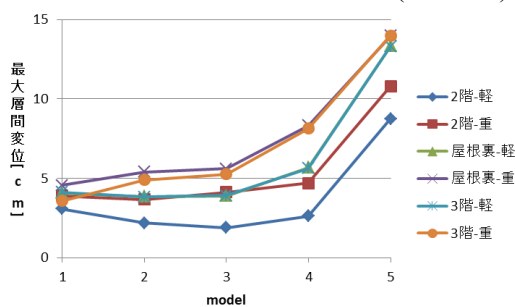


図3 スリップ率と最大層間変位の関係

3. 解析結果

時刻歴応答解析の結果例として2階建ての軽量に対する、model 1~5における応答履歴ループのグラフを図2の(a)~(e)に示す。また、その他建築物の時刻歴地震応答解析の結果をまとめたものを図3に示す。2階軽量においてmodel 1に対してmodel 2~4の最大層間変位が2~3割程度小さくなった。また、屋根裏3階と3階建ての軽量において、model 1に対してmodel 2の最大層間変位が1割程度抑えられる結果となった。2階重量においてはmodel 1

に対してmodel 2は1割程度抑えられているがmodel 3以降は増加する結果となった。屋根裏3階、3階建ての重量においては、model 1に対してmodel 2以降増大する結果となった。

4. おわりに

本論では鋼構造住宅の2階建て、屋根裏3階建てと3階建ての軽量、重量の計6種類の1質点系モデルに対してバイリニア：スリップの重みづけを行った復元力特性モデルを5パターンで時刻歴地震応答解析を行った。結果、スリップ率が増加すると最大層間変位も大きくなる傾向が見られた。しかし、軽量の建築物の際スリップ率が25%程度であれば、階数関係なく減少する結果となった。

謝辞

本研究のモデル作成及び解析にはユニオンシステム社の解析ソフト DynamicPRO Ver.7.14 を使用した。ここに記し謝意を示す。

参考文献

- [1]村上天靖、三宅辰哉、花井勉、小山高夫：鉄鋼系軸組構造用耐震要素の開発（その2：耐震要素単体内せん断実験）、日本建築学会大会学術講演会梗概集（東海）、pp.1361-1362、1994.09
- [2]西村健、上林正、前田珠希：軽量鉄骨造住宅の耐震性能に関する研究 その1 鋼製デバイスの開発、日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）、pp.1151-1152、2014.09
- [3]伊藤綾那、佐藤圭一、清水信孝、河合良道、田中剛：U型デバイスの力学性状と耐震壁への適用に関する実験研究—その1. デバイス要素のせん断試験—、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）、pp.765-766、2018.9
- [4]佐藤圭一、伊藤綾那、清水信孝、河合良道、田中剛：U型デバイスの力学性状と耐震壁への適用に関する実験研究—その2. 耐力壁のせん断試験—、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）、pp.767-768、2018.9
- [5]細江英侍、永野康行、清水信孝、伊藤彩那：スリップ型復元力特性を有する1質点系モデルにおける地震応答の比較、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）、pp.329-330、2020.9
- [6]梶川久光、岡田由佳、野口弘行：スリップ型復元力特性を有する1質点系弾塑性構造における地震最大応答予測に関する研究、日本建築学会構造系論文集 第76巻 第660号、pp.353-362、2011.2
- [7]柳井裕俊、青木博文、池田勝利：鉄鋼軽工業化住宅における等価線形化法の検証(その1:試設計による構造特性の推定)、日本建築学会大会学術講演梗概集（東北）、pp.921-922、2002.8

*1 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究所 博士前期課程院生

*2 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 教授・博士(工学)

*3 日本製鉄 鋼構造研究部 修士(工学)

*4 日本製鉄 鋼構造研究部 博士(工学)

*1 Graduate Student, Grad., Sim. Studies, University of Hyogo

*2 Prof., Grad. Sch. Info. Sci., University of Hyogo, Dr. Eng.

*3 Steel Structures Research Lab., Nippon Steel Corporation, M. Eng.

*4 Steel Structures Research Lab., Nippon Steel Corporation, Dr. Eng.