

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

正会員 ○細江 英侍*1
同 永野 康行*2
同 清水 信孝*3
同 伊藤 綾那*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

地震という自然災害に対して、高い耐震性能を保有し長期のスパンにおいて人々の暮らしを支えるための住宅が求められている。鉄鋼系住宅においても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る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]-[4]}。また、スリップ型とバイリニア型の復元力特性が鋼構造物の地震応答に与える影響については明らかであるが、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は木造軸組工法を対象とした検討例^[5]があるものの、鋼構造物を対象とした検討は少ない。そこで本研究では、低層の鋼構造建築物を対象としてバイリニア型とスリップ型に重みづけを行い、それらを組み合わせた復元力特性モデル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。

2. シミュレーションモデル・解析

モデル作成及び解析にはユニオンシステム社のDynamicPRO Ver.7.14を用いた。まず始めに単純なモデルで解析を行うため、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の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かをシミュレーションによって評価する。この評価を行うにあたって、2つの復元力特性モデルに重みづけを行い、model 1~5を作成した。各modelにおけるバイリニア：スリップの比率を表1に示す。

表1 バイリニア：スリップの比率

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、降伏荷重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パラメータを表2に示す。階高、重量は3階建て鋼構造建築物の設計事例^[6]を参考に値を決定した。

次に、各modelのパラメータ設定について述べる。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をそれぞれ指定し上記のパラメータを与えた。model 2~4については図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で作成し、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1000kNとなるよう、表1の通り重みづけを行い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1000kNで割り、100倍したものをスリップ率と定義する) model 2におけるバネ要素パラメータ入力例を表3に示す。

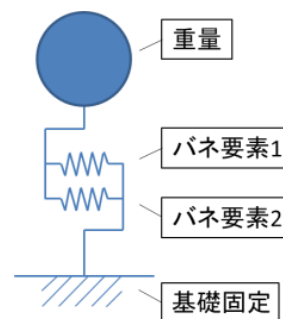


図1 1質点系モデル図

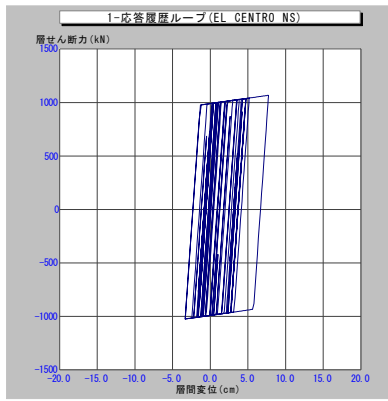
表2 1質点系モデルパラメータ

階高	1075cm
重量	8150kN
折れ点荷重	1000kN
初期剛性	1000kN/cm
剛性低下率	0.01
減衰定数	0.02

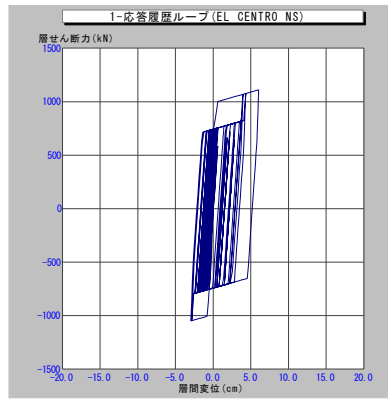
表3 バネ要素パラメータ入力例(model 2)

要素	履歴タイプ	塑性タイプ	折れ点荷重 (kN)	剛性低下率
1	標準型	バイリニア	750	0.01
2	スリップ型	バイリニア	250	0.01

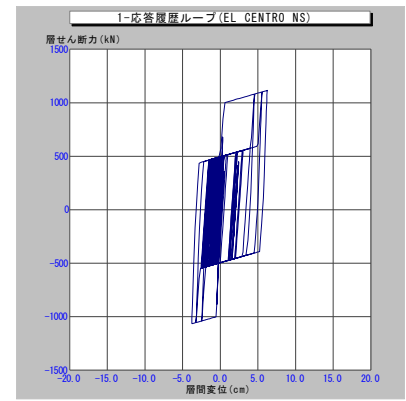
入力地震波にはEL Centro 1940 NSを使用した。この地震波の最大加速度は341.7[cm/s²]、最大速度は33.4[cm/s]であり、継続時間は53.76秒、データ数は2688である。



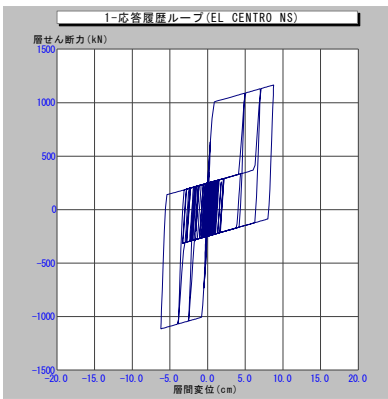
(a) model 1



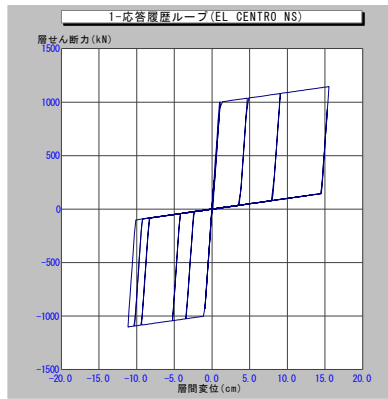
(b) model 2



(c) model 3



(d) model 4



(e) model 5

図2 model 1~5における時刻歴地震応答解析結果

3. 解析結果

最大速度 33.4[cm/s]の入力地震波に対する、model 1~5における応答履歴ループのグラフを図2(a)~(e)に示す。

また、各 model と最大層間変位の関係について、入力地震波の最大速度を 10, 25, 50, 75, 100[cm/s]に振幅調整した場合と比較したものを図3に示す。元の地震波である最大速度 33.4[cm/s]の場合、model 1に対して model 2, 3の最大層間変位が 2 割程度小さくなった。建築基準法で大地震程度と定められている最大速度 50[cm/s]に振幅調整した場合、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。極大地震とされる最大速度 75[cm/s]以上においてはスリップ率の増加により最大層間変位は増大する一方となった。

4. おわりに

本論では 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 パターン作成し、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、スリップ率が 25%程度であれば、大地震程度までの地震波に対して最大層間変位に大きな差を生まない結果が得られた。

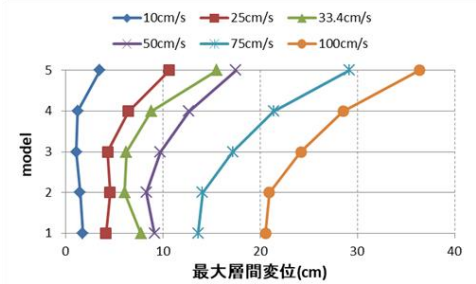


図3 スリップ率と最大層間変位の関係

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]村上幸靖、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]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
- [6]財団法人 日本建築防災協会、構造設計・部材断面事例集、pp.618-623、2007.6

*1 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 博士前期課程

*2 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科 教授・博士(工学)

*3 日本製鉄 鋼構造研究部 博士(工学)

*4 日本製鉄 鋼構造研究部 修士(工学)

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

*2 Prof.,Grad .Sch.Sim .Studies ,University of Hyogo, Dr.Eng

*3 Steel Structures Research Lab., Nippon Steel Corporaation, Dr.Eng

*4 Steel Structures Research Lab., Nippon Steel Corporaation, M.Eng