

第 I 部門

補剛箱形はり部材がせん断崩壊する鋼一層門形ラーメンの地震応答解析

和歌山工業高等専門学校 正会員 ○山田 幸
 大同大学大学院 学生会員 戸田 智規
 大同大学工学部 正会員 酒造 敏廣

1. まえがき

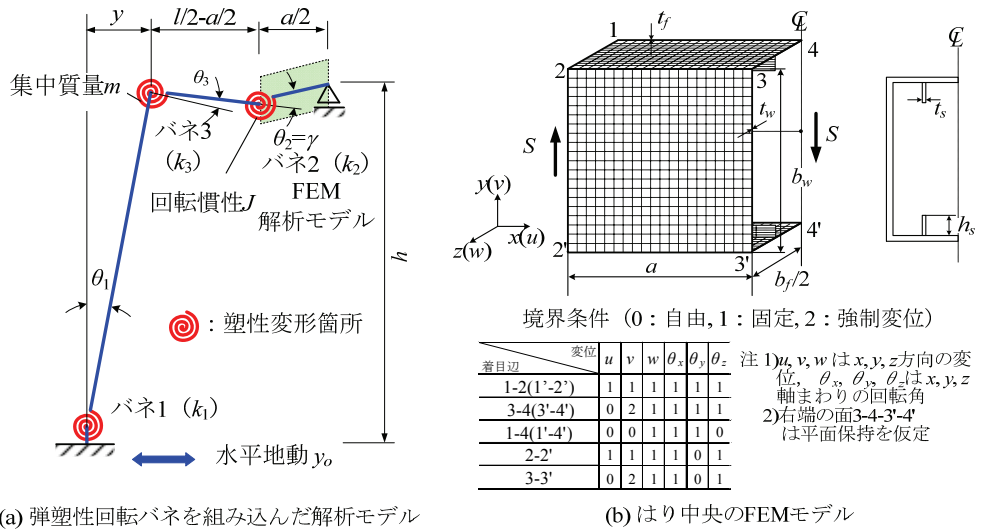
筆者らは、はり中間部腹板がせん断崩壊する鋼門形ラーメンを対象として、オンライン実験の手法を応用して、汎用 FEM ソフトを用いた地震応答解析を行ってきた^{1), 2)}。その中で、腹板のせん断座屈時の斜め張力場発生によりフランジ・プレートが腹板内側に引き込まれ、せん断耐力が変動することを述べた。

本研究は、箱形ばりのせん断座屈崩壊を考慮した地震応答解析を行うものである。フランジ縦補剛材の有無がラーメンの地震応答性状に及ぼす影響を調べる。

2. 汎用 FEM コード MARC を用いた鋼一層門形ラーメンの地震応答解析法

図-1(a)に示すように、はり部材中間部がせん断座屈する一層門形ラーメンを逆 L 型ラーメンにモデル化した。柱頭部には水平並進運動に対応する集中質量 m 、および、はり中間部には回転慣性 J を仮定した。有限変位解析する部分構造のはり中間部は、同図(b)に示すように補剛された箱形断面とし、4 節点のシェル要素でモデル化した。

運動方程式の数値積分法には、 α -OS 法を用いた³⁾。応答解析は、MARC のユーザーサブルーチンの中で進める。解析の流れを図-2 に示す。まず、予測子変位を計算する。つぎに、柱基部、隅角部については、モーメント M -回転角 θ 関係をバイリニアモデルで仮定して弾塑性判定を行う。はり中間部については、



(a) 弾塑性回転バネを組み込んだ解析モデル (b) はり中央の FEM モデル

図-1 鋼一層門形ラーメンの解析モデル

表-1 一層ラーメンの解析諸元

バネ i	弾性係数 k_i (kN・m)	塑性モーメント M_{pi} (kN・m)
1	2.13×10^7	9.45×10^4
2	1.86×10^6	(MARC で解析)
3	1.57×10^7	7.09×10^4

注) $m=8.72 \times 10^6$ kg, $J=56$ N・m・s²,
 $h=10$ m, $l=10$ m, $a=1.5$ m, 固有周期 $T_1=1$ s,
 $T_2=0.001$ s, 減衰係数 5%.

表-2 箱形はり中央断面の寸法緒元

部材	幅・高さ b (mm)	板厚 t (mm)	無次元幅厚比 R
腹板	1500	11.5	1.35
フランジ	1500	15	0.7
縦補剛材	169	25	0.348

主) ヤング係数 $E=2.0 \times 10^5$ MPa, 降伏点 $\sigma_y=315$ MPa,
 ポアソン比 $\nu=0.3$, せん断降伏点 $\tau_y=182$ MPa.

運動方程式の数値積分法には、 α -OS 法を用いた³⁾。応答解析は、MARC のユーザーサブルーチンの中で進める。解析の流れを図-2 に示す。まず、予測子変位を計算する。つぎに、柱基部、隅角部については、モーメント M -回転角 θ 関係をバイリニアモデルで仮定して弾塑性判定を行う。はり中間部については、

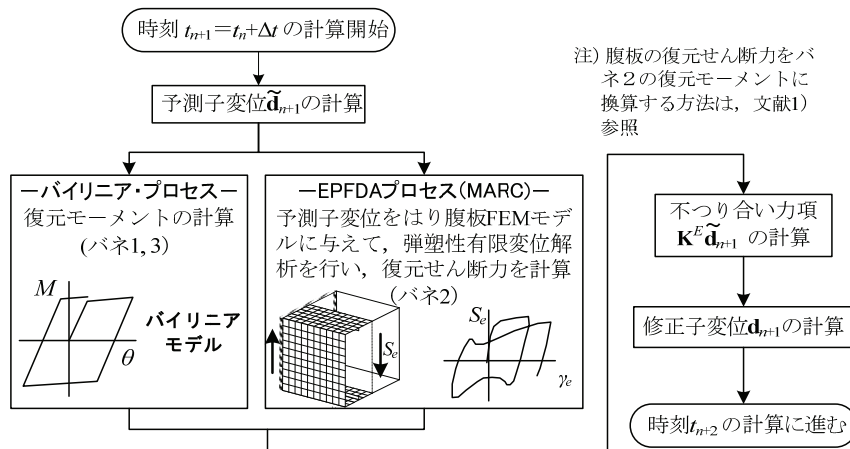
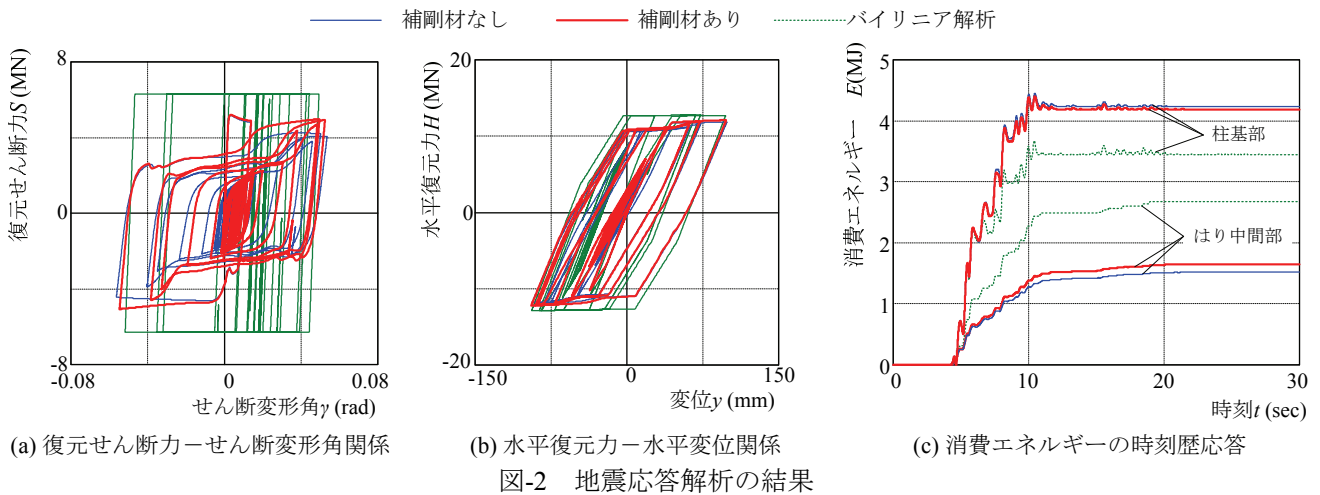


図-2 MARC を用いた地震応答解析の流れ



陽的に算出される回転角 θ_2 を FEM モデルに与え、弾塑性有限変位解析を行う。その後、復元せん断力 S を計測し、つり合い力項、修正子変位を計算する。

今回の解析では、入力地震加速度として兵庫県南部地震の神戸海洋気象台の観測波の NS 成分を用いた。ラーメンの弾性最大変位応答が柱基部の降伏変位の 5 倍になるように加速度を増幅している。

3. 地震応答解析結果の比較と考察

表-1, 2 に示す条件で地震応答解析を行い、はり中央の復元せん断力 - せん断変形角関係とラーメン全体の水平復元力 - 水平変位関係、および、柱基部・はり中央の消費エネルギーの時刻歴応答を図-2 に示す。図中には、はり部材に座屈を考慮しないバイリニア解析²⁾の結果も合わせて示している。また、腹板のせん断座屈が最も顕著なときのはり部材の変形状況を図-3 に示す。

これらの図から、フランジ・プレートが無補剛のときは、斜め張力場の発生により、フランジ全体が腹板内側に引き込まれ、抵抗せん断力の増加が小さいことがわかる。一方、フランジ・プレートを補剛した場合、フランジの変形は小さく、抵抗せん断耐力の増加が大きい。後者は前者に比べて、はり中間部の消費エネルギーが若干増加している。

つぎに、フランジ・プレートの軸方向変位、および、腹板の凹み量の時刻歴応答を図-4 に示す。この図から、フランジ・プレート補剛材の有無による腹板の凹みには、違いが少ないことがわかる。一方、補剛材なしの場合、補剛ありの場合に比べて、最大で約 10 倍の軸方向変位が発生している。

4. まとめ

汎用 FEM 解析ソフト MARC を用いて、補剛箱形はり部材を持つ門形ラーメンの地震応答解析を行った。フランジ・プレートを補剛することにより、はり中央のせん断耐力の低下が抑えられることを確かめた。

参考文献 1) 山田, 酒造: 土木学会論文集 A, Vol65, No2, pp348~361, 2009 年 4 月. 2) 戸田, 篠瀬, 山田, 酒造: 平成 21 年度・土木学会・第 64 回年次学術講演会概要集, pp1~2, 2009 年 9 月. 3) 中島, 赤澤, 阪口: 日本建築学会構造系論文集, 第 454 号, pp61~71, 1993 年 12 月.

