

軸力変動に着目したはり崩壊型門形ラーメンの地震応答解析

和歌山工業高等専門学校 学生会員 ○野田 拓史
 エムエスシーソフトウェア 正 会 員 上野山 拓也
 和歌山工業高等専門学校 正 会 員 山田 幸
 神戸市立工業高等専門学校 正 会 員 酒造 敏廣

1. まえがき

兵庫県南部地震で鋼製ラーメン橋脚は、その変断面構造に起因してはり中間部腹板にせん断座屈を伴った損傷を受けたものがあつた。筆者らは、実験・数値解析を行って^{1)~3)}、この損傷は、はり部材の抵抗せん断力の上昇を抑えて隅角部近傍の損傷を軽減すること^{1), 2)}、及び、はり中間部が先行崩壊するときは、その履歴エネルギー分担が大きくなることを明らかにした^{2), 3)}。

本研究は、汎用 FEM・MARC⁴⁾を用いて、地震時に門形ラーメンのはり中間部のせん断崩壊が柱部材に発生する軸力と柱基部の損傷に与える影響について考察するものである。

2. 鋼一層門形ラーメンの解析モデル

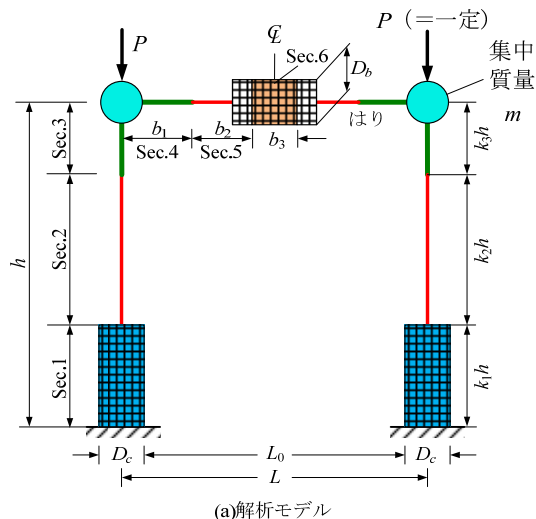
本研究では、図-1 に示すように、柱頭部に集中質量 m を持つ鋼一層門形ラーメンである。水平外力作用時に柱基部が局部座屈し、かつ、はり中間部腹板がせん断座屈変形する。また、柱頭部の集中質量作用位置に Sec.2 の降伏軸力の 0.1 倍の定鉛直荷重 P を作用させている。解析モデルは、Sec.1~Sec.6 の 6 断面からなる変断面構造である。寸法諸元を表-1 にまとめる。柱基部とはり中間部については、局部座屈を再現するために、4 節点の薄肉シェル要素でモデル化した。その他部材ははり要素でモデル化し、シェル要素の接合部分には平面保持を仮定した。はり中央のせん断変形区間を想定した Sec.6 の左右それぞれ $0.3b_3$ の区間は Sec.5 と同一断面を持つシェル要素でモデル化した。本文では、以下の 2 ケースを解析した (表-1 参照)。

- ・ Case 1 : Sec.6 腹板の幅厚比 $b/t=152$ ($t_w=6.57\text{mm}$)。
- ・ Case 2 : Sec.6 腹板の幅厚比 $b/t=48$ ($t_w=20.8\text{mm}$)。

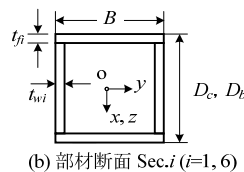
解析モデルの集中質量 m については、ラーメンの固有周期が 1s になるように設定している。また、入力地動加速度には、兵庫県南部地震における神戸海洋気象台観測波の NS 成分を 30 秒間入力している。

3. 解析結果の比較と考察

門形ラーメンの弾塑性地震応答解析の結果を図-2



(a) 解析モデル



(b) 部材断面 Sec.i (i=1, 6)

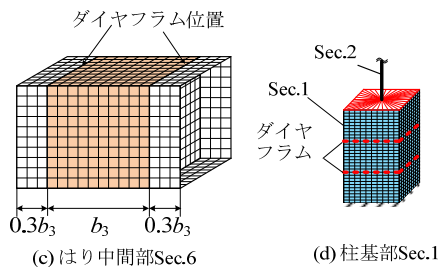


図-1 解析モデルと部材断面の概略

表-1 解析モデルの寸法諸元

項目 Sec.i	フランジ 幅 B_f (m)	腹板 高さ D_w (m)	フランジ 板厚 t_f (mm)	腹板 板厚 t_w (mm)	降伏点 σ_y (MPa)
Sec.1	1.00	0.94	30.0	30.0	235
Sec.2	1.00	0.96	20.0	20.0	235
Sec.3	1.00	0.88	60.0	60.0	弾性
Sec.4	1.00	0.88	60.0	60.0	弾性
Sec.5	1.00	0.96	20.0	20.0	弾性
Sec.6	1.00	0.96	20.0	6.57(Case1) 20.8(Case2)	235

注) ヤング係数 $E=2.0 \times 10^5 \text{N/mm}^2$, 降伏点 $\sigma_y=235\text{MPa}$, ポアソン比 $\nu=0.3$, 柱高さ $h=10\text{m}$, スパン $L=10\text{m}$, $k_1=0.3$, $k_2=0.5$, $k_3=0.2$, $b_1=1.0\text{m}$, $b_2=3.5\text{m}$, $b_3=1.0\text{m}$, 鉛直荷重 $P=1.84\text{MN}$, 質量 $m=9.60 \times 10^5 \text{kg}$ (Case 1), $9.71 \times 10^5 \text{kg}$ (Case 2)。

キーワード 鋼門形ラーメン, はりのせん断崩壊, 柱基部, 軸力, 地震応答

連絡先 〒644-0023 和歌山県御坊市名田町野島 77 TEL:0738-29-8456 FAX:0738-29-8469

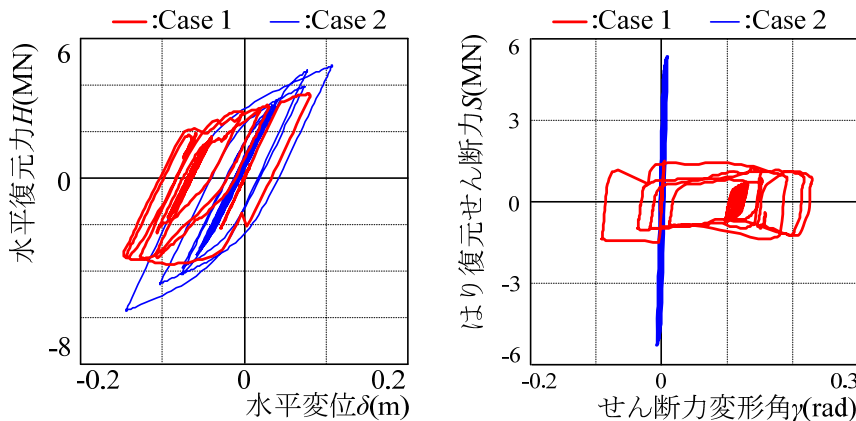


図-2 水平復元力-水平変位関係, はりの復元せん断力-せん断変形角関係

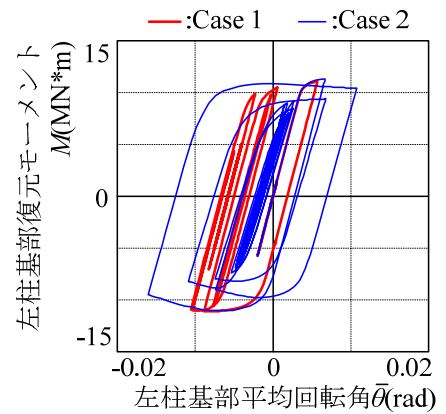


図-3 左柱基部の復元モーメント-平均回転角関係

～図-5にまとめる。

(1) 水平荷重-変位曲線とはり腹板のせん断力-せん断変形角曲線 (図-2)

これらの図から, はり中間部腹板の幅厚比が比較的大きな Case 1 では, はり腹板にせん断座屈が生じた影響により, Case 2 に比較して水平復元力の最大応答値が大きく低下していることがわかる。また, はり中間部については, Case 1 では復元せん断力の最大応答値は Case 2 の 30%程度である。その一方, せん断変形角は Case 2 に比べて相当大きくなっており, はり腹板が大きくせん断変形していることがわかる。

(2) 左側柱基部の復元モーメントと平均回転角関係 (図-3)

はり中間部腹板が小さなせん断変形域にとどまっている Case 2 では Case 1 に比較して, 地震動による载荷が繰り返されるにしたがい復元モーメントの低下が大きくなっている。

(3) 柱部材軸力と柱基部の平均軸ひずみの時刻歴応答 (図-4, 5)

Case 1 については, はり中間部が大きくせん断変形したことによって柱部材に発生する軸力 N の上昇が抑えられ, 全体を通して Case 2 が Case 1 に比べて大きな軸力を受けている。これに伴い, Case 1 の柱基部の平均軸ひずみは Case 2 のそれに比べて 10%程度に留まっている。したがって, はり中間部のせん断変形は柱基部の損傷を抑制する効果が非常に大きいと言える。

4. まとめ

本研究は, 柱基部の軸力変動に着目して, はり崩壊型一層門形ラーメンの弾塑性地震応答解析を行ったものである。はり中間部のせん断崩壊が柱部材に発生する軸力を抑えて, 柱基部の損傷を軽減する効果が大きいことを確かめた。

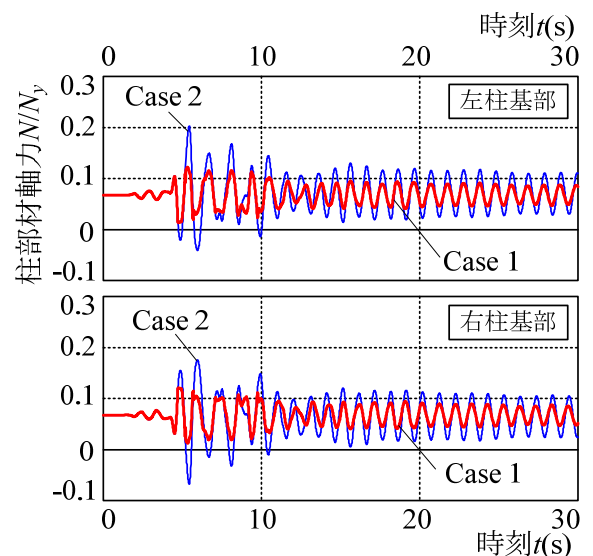


図-4 柱部材軸力の時刻歴応答

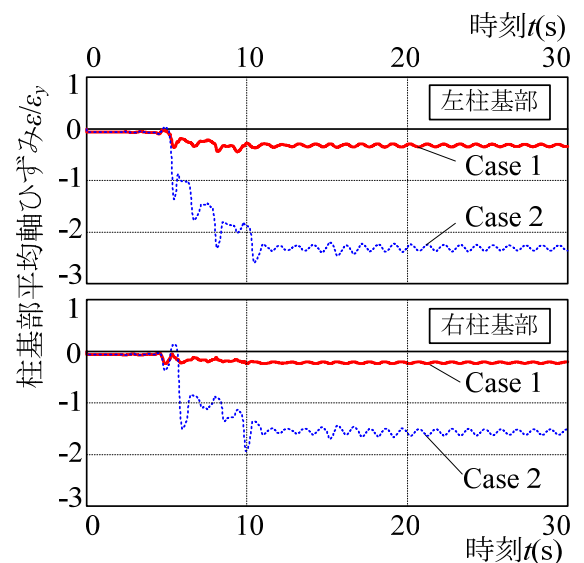


図-5 柱基部平均軸ひずみの時刻歴応答

参考文献 1) 酒造敏廣, 事口壽男, 長田好夫: 鋼変断面ラーメンの非弾性地震応答性状と崩壊モードに関する研究, 構造工学論文集, Vol.43A, 土木学会, pp.205~216, 1997年3月。2) 酒造敏廣, 山田 幸: せん断崩壊型はり部材を有する鋼2層門形ラーメンの非弾性地震応答解析, 構造工学論文集, Vol.45A, 土木学会, pp.227~234, 1999年3月。3) 山田 幸, 酒造 敏廣: はりがせん断崩壊する鋼一層門形ラーメンのオンライン実験法による地震応答解析, 土木学会論文集 A, Vol. 65, No. 2, pp.348~361, 2009年4月。4) MSC.Software: MSC MARC2003, 日本語オンラインマニュアル, 2003年。