

せん断崩壊するはり部材が鋼門形ラーメン柱基部の軸力変動に及ぼす影響

和歌山工業高等専門学校	学生会員	○上野山 拓也
神戸市立工業高等専門学校	学生会員	辻上 和輝
和歌山工業高等専門学校	正 会 員	山田 宰
神戸市立工業高等専門学校	正 会 員	酒造 敏廣

1. まえがき

変断面構造の鋼製ラーメン橋脚は、地震時にはり中間部のせん断座屈を引き起こす可能性がある。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と柱基部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、はり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、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変動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、水平外力 H を受けて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鋼一層門形ラーメンを研究対象とする。Sec.1 ～ Sec.6 の 6 断面からなる変断面構造としている。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 : 柱基部とはり中間部が塑性変形する場合
- ・ Case 2 : 柱基部と隅角部近傍の柱断面が塑性化する場合.

数値解析では、ラーメンの右側柱頭部に単調増加の水平変位 δ (水平荷重 H) を漸増させて、弾塑性有限変位解析を行った。

3. 解析結果の比較と考察

門形ラーメンの弾塑性有限変位解析の結果を図-2～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, 3)

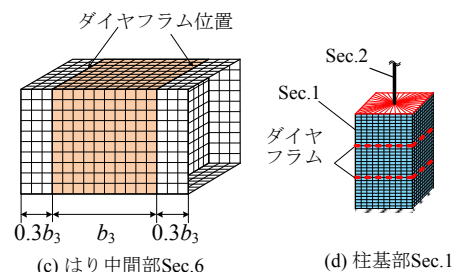
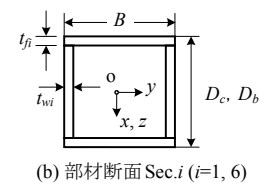
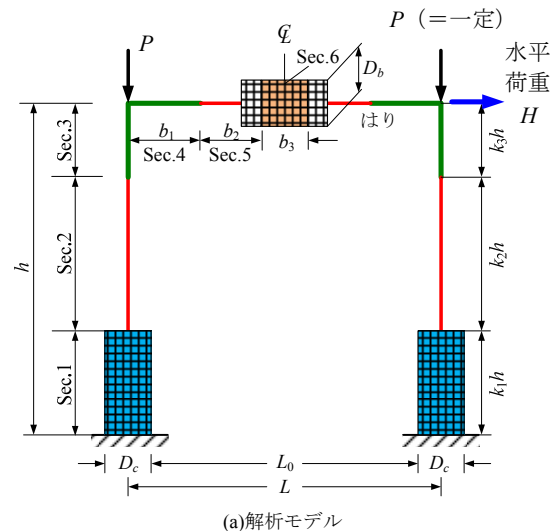


図-1 解析モデルと解析手法の概略

表-1 解析モデルの寸法諸元

項目	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 (N/mm ²)
Sec.1	1.00	0.94	30.0	30.0	235
Sec.2	1.00	0.96	20.0	20.0	弾性
Sec.3	1.00	0.88	60.0	60.0	弾性(Case1) 235(Case2)
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	9.00(Case1) 20.0(Case2)	235(Case1) 弾性(Case2)

注) ヤング係数 $E=2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, 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 $P=1.84\text{MN}$, 塑性崩壊荷重 $H_{p1}=4.43\text{MN}$ (Case 1), $H_{p2}=5.73\text{MN}$ (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

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

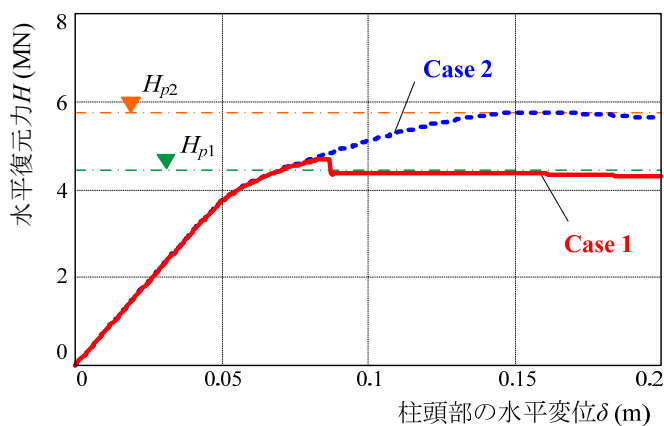


図-2 水平復元力-水平変位関係

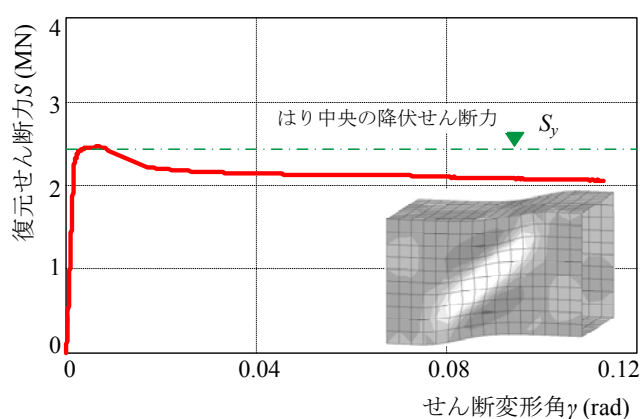


図-3 はり腹板の復元せん断力-せん断変形角関係

これらの図から、はり中間部が塑性せん断変形する Case 1 では、はり腹板にせん断座屈が生じた影響により、水平復元力が対応する塑性崩壊荷重 H_{p1} のレベルに漸近していることがわかる。一方、Case 2 では、復元力が H_{p2} に達した後、復元力の低下が現れている。これは、柱基部に局部座屈が発生したことによるものと考えられる。

(2) 右側柱基部の軸力と軸ひずみの変動 (図-4 参照)

この図からわかるように、Case 1 では、はり中間部がせん断崩壊したことによって、柱基部に作用する軸力 N の上昇が頭打ちになっている。軸ひずみ ε もそれに対応している。これらの結果は、はり中央がせん断崩壊しない Case 2 とかなり相違している。

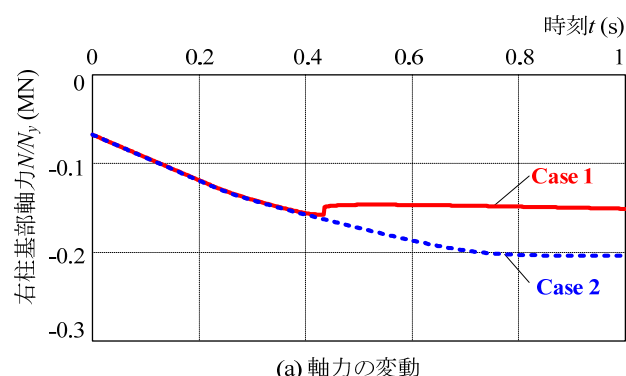
(3) 柱基部 Sec.1 上端の曲げモーメント-回転角関係 (図-5 参照)

両ケースともに、柱基部に局部座屈が発生したことにより、曲げモーメントが最大値に達した後の低下が見られる。とくに、Case 2 はその度合いが著しい。これは上記に示した軸力の影響であると言える。Case 1 では $\theta=0.01\text{rad}$ 付近で段差ができた形になっている。回転角の最大応答値についても Case 2 が Case 1 に比べて大きくなっており、柱基部がより大きく変形していることがわかる。

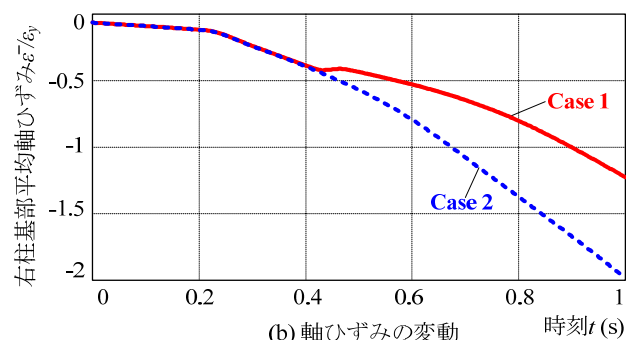
4. まとめ

本研究は、はり中間部がせん断崩壊するときの柱基部の軸力変動に着目して、一層門形ラーメンの弾塑性有限変位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あることを確かめた。

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。



(a) 軸力の変動



(b) 軸ひずみの変動

図-4 右側柱軸力と軸ひずみの時刻歴応答

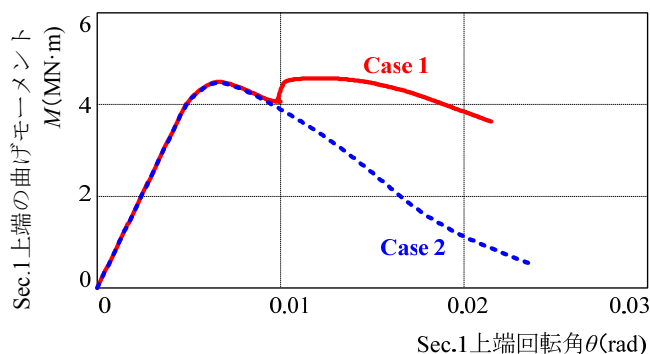


図-5 柱基部 Sec.1 上端の曲げモーメント-回転角関係