

## はりがせん断崩壊する鋼二層門形ラーメンの弾塑性解析

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<sup>1)~3)</sup>、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<sup>1),2)</sup>、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<sup>2),3)</sup>。

本研究は、汎用 FEM・MARC<sup>4)</sup>を用いて、二層門形ラーメンに単調増加の強制変位を与え、はり中間部のせん断崩壊が柱部材に発生する付加軸力に与える影響について考察するものである。

### 2. 鋼二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、高さ 25m、スパン 15m の鋼二層門形ラーメンである。強制変位は右側柱頭部に 0.8m の水平変位を作用させた。強制変位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、柱頭部に Sec.1 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。

### 3. 解析結果の比較と考察

二層門形ラーメンの有限変位解析の結果を**図-2**~**図-5**にまとめる。**図-2**中の復元せん断力とせん断変形角については、それぞれ降伏せん断力と降伏せん断変形角で無次元化している。

(1) 水平荷重-変位曲線、はり腹板の復元せん断力-せん断変形角曲線 (**図-2**)

まず、水平復元力と水平変位の関係とはり中間部の

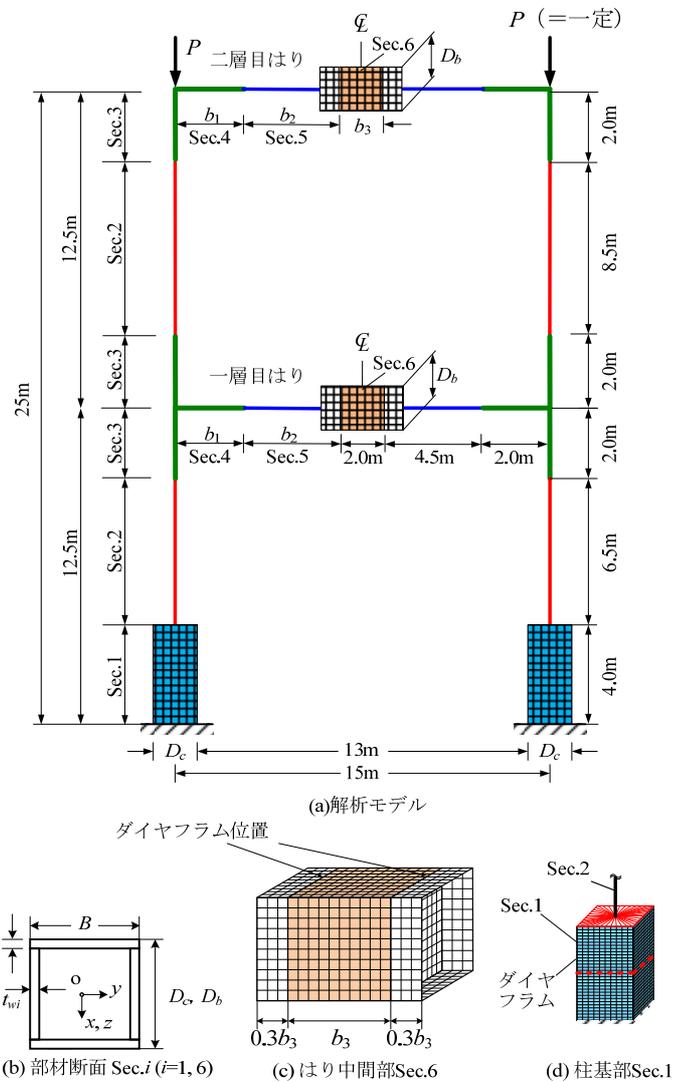


図-1 解析モデルと部材断面の概略

表-1 解析モデルの寸法諸元

項目	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 $\sigma_y$ (MPa)
Sec.1	2.00	1.94	30.0	30.0	235
Sec.2	2.00	1.96	20.0	20.0	弾性
Sec.3	2.00	1.88	60.0	60.0	弾性
Sec.4	2.00	1.88	60.0	60.0	弾性
Sec.5	2.00	1.96	20.0	20.0	弾性
Sec.6	2.00	1.96	20.0	12.9	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  $\nu=0.3$ 、 $b_1=2.0 \text{ m}$ 、 $b_2=4.5 \text{ m}$ 、 $b_3=2.0 \text{ m}$ 、鉛直荷重  $P=5.56 \text{ MN}$

キーワード 鋼二層門形ラーメン、はりのせん断崩壊、柱部材軸力

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

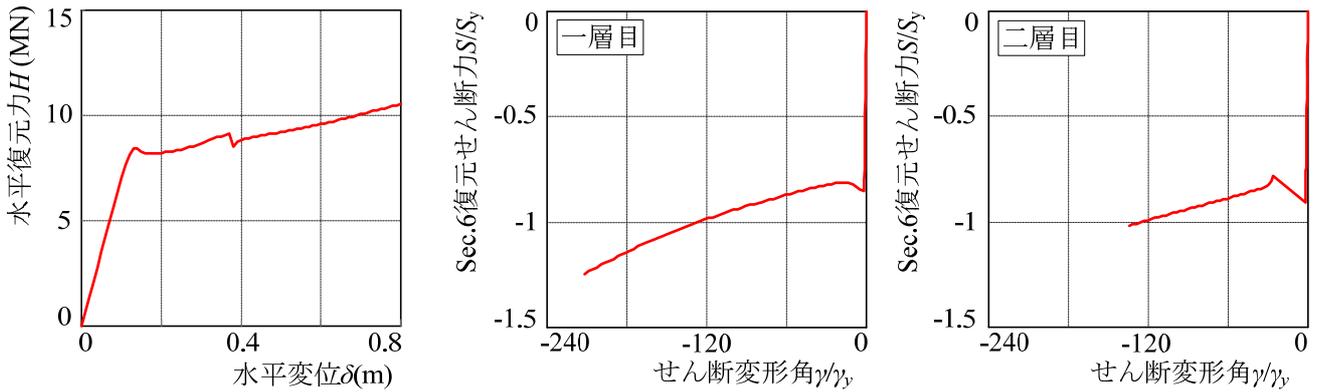


図-2 水平復元力-水平変位関係, はりの復元せん断力-せん断変形角関係 (中:一層目, 右:二層目)

復元せん断力とせん断変形角の関係から, 一, 二層目は腹板のせん断座屈によって水平復元力に影響を与え,  $H-\delta$  関係に変曲点や復元力の低下が現れている。

つぎに, はり中間部の復元せん断力は, せん断座屈による低下や斜め張力場の発生による緩やかな上昇がみられる。また, 一層目が二層目に比較して大きく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

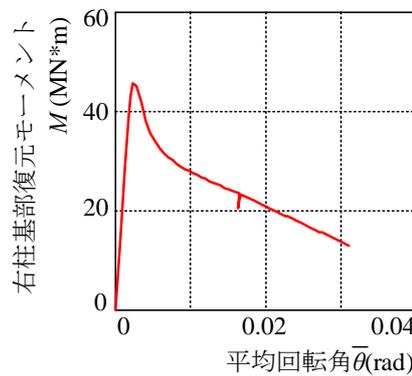


図-3 右柱基部の復元モーメント-平均回転角関係

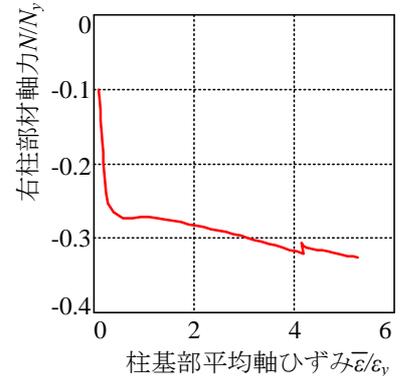


図-4 右柱基部軸力-平均軸ひずみ関係

回転角関係, および, 柱部材軸力-平均軸ひずみ関係 (図-3, 4)

これらの図から, 圧縮側の柱部材 (=右側) は, 水平変位の増大に伴って降伏軸力の 0.3 倍程度の付加軸力を受けていることがわかる。それに伴い, 柱基部の復元モーメントにはピークが現れ, その後は付加軸力の増加と柱基部の局部座屈の発生に伴って平均回転角の増加にしたがい急減している。なお, はり中間部のせん断座屈により柱基部が一時的に除荷状態になっている。

(3)解析終了時の一層目はり中間部と右柱基部の変形状況 (図-5)

解析終了時の変形状況から, 一層目はり中間部はその腹板に大きなせん断座屈を伴って大きくせん断変形していることがわかる。また, 右柱基部については, 水平外力による曲げモーメントと付加軸力の影響を受けて柱底部とダイヤフラム間のフランジと腹板に大きな局部座屈が現れている。

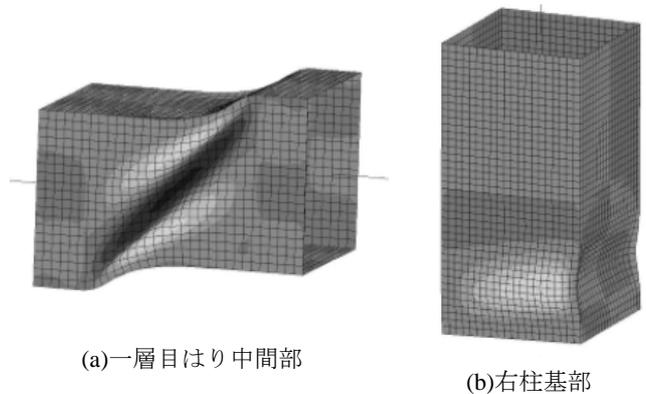


図-5 解析終了時の変形状況

4.まとめ

本研究は, はりがせん断崩壊する鋼二層門形ラーメンの弾塑性解析を行ったものである。柱部材の付加軸力と曲げモーメントの影響により柱基部に大きな局部座屈が発生することがわかった。

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。