

## 弾塑性有限変位解析による軸力卓越部材の耐荷力および変形性能に関する一検討

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○今村 哲平 大阪大学大学院工学研究科 学生員 谷上 裕明  
 大阪大学大学院工学研究科 正会員 小野 潔 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀  
 大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 吉山 純平 大阪大学名誉教授 フェロー 西村 宣男

## 1. はじめに

地震力等が作用した際に曲げモーメントが卓越する鋼製橋脚のような鋼部材の耐震性能は、既往の研究<sup>1)</sup>により明らかにされてきているが、鋼トラス橋を構成する鋼部材である軸力卓越部材を対象とした研究は未だに少ない。特に軸力卓越部材の繰返し荷重を作用させた鋼部材を対象とした研究については、著者の知る限りではない。そこで、本稿では、軸力が卓越する鋼部材を対象として、繰返し載荷実験を行った。そして、その実験結果をもとに解析手法の妥当性の確認を行い、その妥当性を確認した解析手法を用いてパラメトリック解析を行った。それらの検討により得られた軸力卓越部材の耐荷力、変形性能について報告する。

## 2. 軸力卓越部材の繰返し載荷実験

実構造物に近いものとするために、鋼トラス橋の実績調査を参考にして、実験供試体の鋼種には SM490 を用い、幅厚比パラメータ  $R_R$  を 0.5 とし、細長比パラメータ  $\lambda$  を 0.7 とした。そして、実験載荷装置の高さの制約、断面形状は幅と高さの比が 1 : 0.9 となる長方形断面とすること、およびすみ肉溶接脚長によるフランジ突出長を考慮して、表-1 のように実験供試体の構造諸元を決定した。供試体の断面図、実験の実施状況をそれぞれ図-1、図-2 に示す。供試体の両端にピン冶具を介して偏心距離  $e$  を設けて軸方向力を載荷する。このとき、軸力による応力  $\sigma_N$  と偏心による曲げモーメントによる応力  $\sigma_M$  の比が 3 : 1 となるように偏心距離  $e$  を設定する。

## 3. 解析手法の妥当性の検証(実験の再現解析)

解析による検討では、実挙動を適切に再現できるかの確認をする必要がある<sup>2)</sup>。そこで、実験で計測した図-3、図-4 の初期不整を導入して解析を行い、2. で行った実験結果と比較を行うことで解析手法の妥当性を検証した。

再現解析には弾塑性有限変位解析ソフト CYNAS<sup>3), 4)</sup>を使用した。図-5 に実験結果と解析結果の軸力-軸方向変位関係( $N$ - $\delta_a$  関係)を比較したものを示す。なお、引張荷重作用時の変位を正、圧縮荷重作用時の変位を負とした。図-5 より、解析結果は実験結果を精度良く再現できていることが分かる。

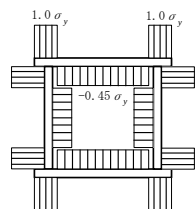


図-3 再現解析の  
残留応力分布

表-1 供試体の構造寸法等

|                                  |        |
|----------------------------------|--------|
| 細長比パラメータ $\lambda$               | 0.7    |
| 幅厚比パラメータ $R_R$                   | 0.5    |
| 板厚 $t$ (mm)                      | 3.2    |
| $b$ (mm)                         | 75.5   |
| $B$ (mm)                         | 90.7   |
| $D$ (mm)                         | 65.0   |
| $d$ (mm)                         | 68.2   |
| ピン中心間距離 $L$ (mm)                 | 1472   |
| 供試体長さ $l_{exp}$ (mm)             | 1144   |
| 断面積 $A$ (mm <sup>2</sup> )       | 996.5  |
| 断面二次モーメント $I$ (mm <sup>4</sup> ) | 822800 |
| 断面二次半径 $r$ (mm)                  | 28.7   |
| 断面係数 $W$ (mm <sup>3</sup> )      | 23034  |
| 偏心距離 $e$ (mm)                    | 7.7    |

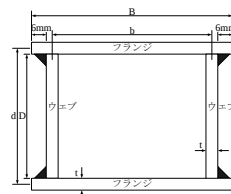
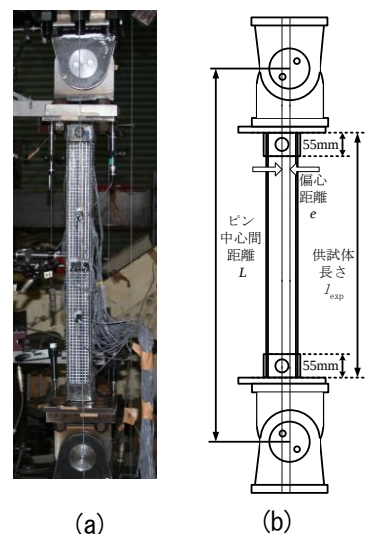


図-1 供試体の断面図



(a) (b)  
図-2 供試体の側面図

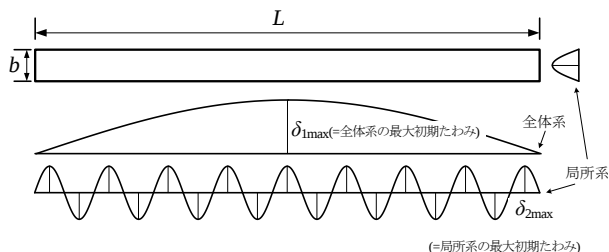


図-4 再現解析の初期たわみ

キーワード 軸力卓越部材, 耐震性能, 弾塑性有限変位解析

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL 06-6879-7598

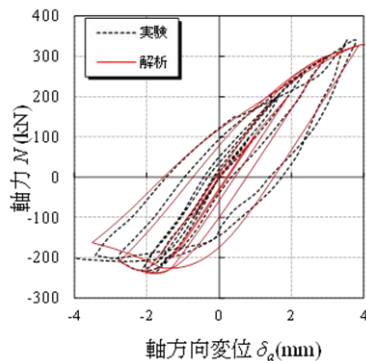


図-5 解析と実験結果の比較

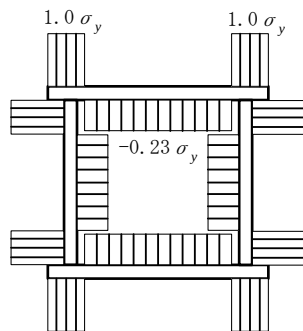
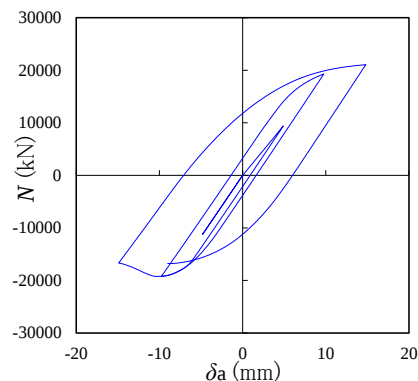
図-6 パラメトリック解析  
の残留応力分布

図-7 パラメトリック解析結果

#### 4. 軸力卓越部材の解析的検討

##### 4. 1. パラメトリック解析モデル

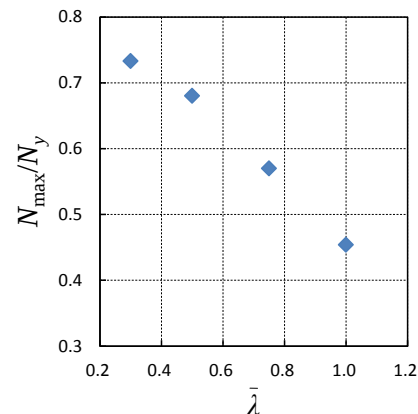
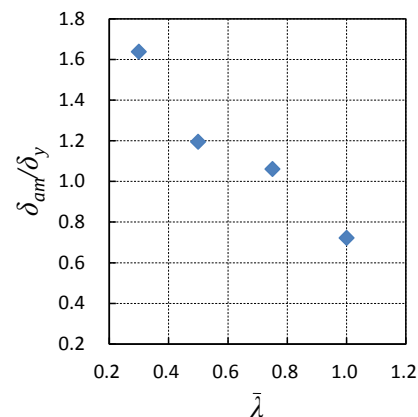
3. で妥当性を確認した解析手法を用い、パラメトリック解析を行った。解析モデルの鋼種は SM490 材とし、降伏応力度  $\sigma_y$  を 315MPa とした。解析には、細長比パラメータ  $\bar{\lambda}$  を構造パラメータとして変化させ、 $\bar{\lambda}=0.3, 0.5, 0.75, 1.0$  の 4 通りと変化させた 4 体の解析モデルを用いた。なお、幅厚比パラメータ  $R_R$  は 0.5、軸力比  $\sigma_N : \sigma_M$  は 3 : 1 に固定とした。解析モデルには道示 II<sup>5)</sup>で示される許容製作誤差の最大値の初期たわみ(図-4 において、 $\delta_{1\max}=L/1000$ ,  $\delta_{2\max}=b/150$  としたもの)と、図-6 で示す残留応力を導入した。繰返しの漸増量は ECCS<sup>6)</sup>の b 曲線から求められる鋼柱の耐荷力  $N_u$  を用いて、求められる軸方向変位  $\delta_u$  の半分の  $\delta_u/2$  を基準とし、圧縮側から  $-\delta_u/2 \Rightarrow +\delta_u/2 \Rightarrow -\delta_u \Rightarrow +\delta_u \Rightarrow -3\delta_u/2 \Rightarrow 3\delta_u/2, \dots$  と折り返した。

##### 4. 2. 解析結果

図-7 には、 $\bar{\lambda}$  が 0.5 の場合のパラメトリック解析結果を示す。なお、 $N$  は軸力、 $\delta_a$  は軸方向変位を表す。また、 $\bar{\lambda}$  と  $N_{\max}/N_y$ ,  $\delta_{am}/\delta_y$  (ただし、 $\delta_y=LN_y/AE$  ここに、 $E$ : 弾性係数)の関係を図-8, 図-9 に示す。ここで、 $\delta_{am}$  は  $N_{\max}$  時の軸方向変位である。図-8, 図-9 から、 $\bar{\lambda}$  の増加により、 $N_{\max}/N_y$ ,  $\delta_{am}/\delta_y$  が減少することが分かる。耐荷力  $N_{\max}/N_y$  に関しては、単調載荷の鋼柱の既往の研究と同様の傾向を示している。

#### 5. まとめ

本稿では、実験結果との比較により妥当性を検証した弾塑性有限変位解析により、細長比パラメータが軸力卓越部材の耐荷力、変形性能に与える影響について検討を行った。そして、解析結果より、 $\bar{\lambda}$  の増加に伴い、 $N_{\max}/N_y$ ,  $\delta_m/\delta_y$  が減少することを明らかにした。今後、軸力卓越部材の耐荷力および変形性能に関して詳細に検討していく予定である。

図-8  $\bar{\lambda}$  と  $N_{\max}/N_y$  の関係図-9  $\bar{\lambda}$  と  $\delta_{am}/\delta_y$  の関係

#### 参考文献

- 1) 建設省土木研究所, 首都高速道路公社, 阪神高速道路公社, 名古屋高速道路公社, 鋼材倶楽部, 日本橋梁建設協会: 道路橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書(総括編), 共同研究報告書第 219 号, 1999 年 3 月。
- 2) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 2002。
- 3) 西村宣男, 小野潔, 池内智行: 単調載荷曲線を基にした繰返し塑性履歴を受ける鋼材の構成則, 土木学会論文誌, No.513/I-31, pp.27-38, 1995。
- 4) 鈴木雄大, 小野潔, 池内智行, 岡田誠司, 西村宣男, 高橋実: 実用的な鋼材の構成式の開発, 第 6 回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演会論文集, pp.351-358, 2003 年。
- 5) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 2002。
- 6) EUROCODE3 : Common unified code of practice for steel structure, 1989。