

## 面外繰り返し水平力を受ける逆L形鋼製橋脚の強度と変形能に関する実験的研究

中央コンサルタンツ（株） 正会員 鈴木真一  
 ○ 愛知工業大学 学生員 加藤剛也  
 愛知工業大学 正会員 青木徹彦・鈴木森晶  
 三菱重工業（株） 正会員 渡辺俊輔  
 名古屋大学 正会員 宇佐美勉・葛漢彬

## 1. はじめに

上部構造の重心位置が橋脚の重心位置から偏心している逆L形鋼製橋脚が橋軸方向地震力を受ける場合、鉛直方向からの上部工重量  $P$  と偏心量  $e$  による面内付加モーメント  $M_0 (= P \cdot e)$  が生じるが、それに加えて水平力  $H$  と偏心量  $e$  による付加ねじりモーメント  $T (= H \cdot e)$  が生じ、部材に生じる応力は非常に複雑となる。本研究では、偏心量  $e$  を断面二次半径  $r$  で除した量  $e/r$  を偏心パラメータとして定義し、面外繰り返し水平力を受けた逆L形鋼製橋脚の水平繰り返し載荷実験を行う。実験では一点載荷および二点載荷の2種類の載荷方法で実験を行うことにより、偏心パラメータおよびねじりが橋脚の耐震性能に及ぼす影響を検証する。

## 2. 実験計画

実験供試体は4体で、材質は板厚  $t=12\text{mm}$  のSM490YAである。断面はフランジに2本、ウェブに3本の縦補剛材補剛された正方形箱型断面である。図-1に供試体概念図、図-2に断面図、表-1に供試体寸法および各パラメータを示す。

## 3. 実験方法

## (1) 1点載荷

地震力のような大きな力が橋脚に作用した場合、二つの支承のうち、一方が破断し、支承としての機能を果たさなくなる可能性が高い。そこで、支承が一つになった状態を仮定して、上部工重量が作用する位置に、地震時の慣性力を想定した繰り返し水平力を載荷する。

## (2) 2点載荷

2個の支承で橋脚と上部構造が連結されており、上部工は橋軸方向に平行移動すると想定しているために、橋脚にねじりが発生しないと仮定できる。それぞれの支承に地震時の慣性力を想定した繰り返し水平力を載荷する。なお、その際アクチュエータは等変位を保つものとする。

## 4. 実験載荷装置

実験載荷装置および供試体のセット状況を図-3および図-4に示す。上部工重量を想定した鉛直荷重は、供試体上部に載荷梁を設け、4000kNアクチュエータ2基を鉛直方向(Y方向)に取付け載荷する。アクチュエータの両端はピン構造になっているため、供試体の大変形にも対応できる。地震時の上部工重量の慣性力を想定した

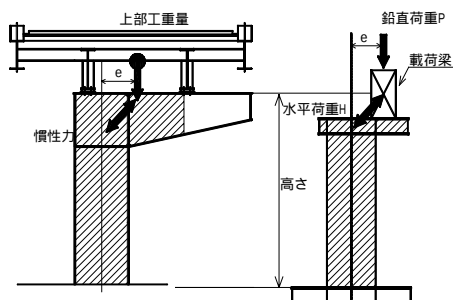


図-1 供試体概念図

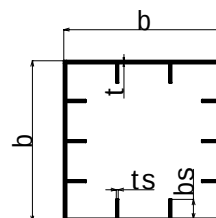


図-2 断面図

表-1 供試体寸法および各パラメータ

| 供試体名                    | SQ-ER0XS | SQ-ER2XS | SQ-ER3XS | SQ-ER2XD |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 補剛板幅 $b$ (mm)           | 750      |          |          |          |
| 補剛板板厚 $t$ (mm)          | 12       |          |          |          |
| 縦補剛材高 $bs$ (mm)         | 90       |          |          |          |
| 縦補剛材厚 $ts$ (mm)         | 9        |          |          |          |
| 供試体高さ $h$ (mm)          | 3700     |          |          |          |
| 断面二次半径 $r$ (mm)         | 290      |          |          |          |
| 細長比パラメータ $\lambda$      | 0.341    |          |          |          |
| 幅厚比パラメータ $R_n$          | 0.345    |          |          |          |
| 補剛材細長比パラメータ $\lambda_s$ | 0.244    |          |          |          |
| 偏心パラメータ $e/r$           | 0.0      | 2.0      | 3.0      | 2.0      |
| 軸力比 $P/Py$              | 0.21     | 0.13     | 0.11     | 0.13     |
| 降伏変位 $\delta y$         | 16.6     | 26.7     | 24.6     | 19.6     |
| 降伏荷重 $Hy$               | 556      | 578      | 552      | 627      |
| 載荷方法                    | 一点       |          |          | 二点       |

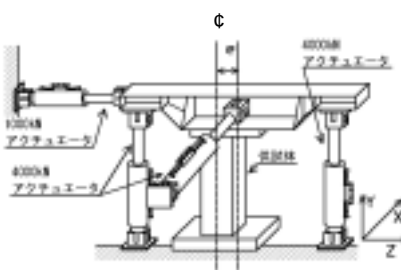


図-3 一点載荷図

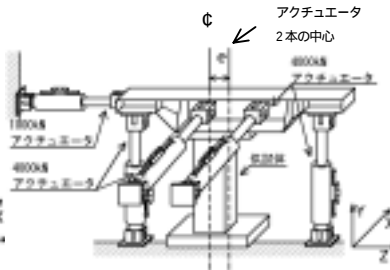


図-4 二点載荷図

Key words : 偏心, 逆L形, 面外繰り返し載荷, ねじり

連絡先 〒470-0392 愛知県豊田市八草町八千草 1247 TEL:0565-48-8121 Fax:0565-48-3749

水平荷重は4000kN アクチュエータ1基もしくは2基を用いて载荷(X方向)する。またZ方向に供試体が傾いた場合、鉛直アクチュエータ及び水平アクチュエータ(X方向)によるZ方向の荷重成分が生じるので、これを補正するためにZ方向にも1000kN アクチュエータを1基取付け、分力を打ち消す。

## 5. 実験結果

図-5に各実験供試体頂部の水平荷重 - 水平変位履歴曲線を示す。中心軸载荷に比べ、偏心载荷である3体の最大荷重は、10%ほどの低下があり、偏心量が大きくなるにつれ低下する傾向がある。また初期剛性については、SQ-ER0XSに比べSQ-ER2XDは同程度だったのに対し、SQ-ER2XSとSQ-ER3XSはそれぞれ23%、29%低下している。

図-6に包絡線を示す。中心軸载荷は $4\delta y$ で最大荷重を迎え、それ以降緩やかな耐力低下がみられたのに対し、偏心载荷である3体は、 $3\delta y$ で最大荷重を迎え、それ以降急激な耐力低下がみられた。したがって逆L形鋼製橋脚は、T形鋼製橋脚に比べ耐力力および変形性能が劣り、地震時の安全性が低いと考えられる。

塑性率と偏心パラメータの関係を図-7に示す。本研究では、最大水平荷重に達した後に水平荷重が最大荷重の95%まで低下したときの水平変位 $\delta_{95}$ を降伏水平変位 $\delta_y$ で除した値と定義した。この結果、中心軸载荷(SQ-ER0XS)は塑性率が5.0程度確保できているのに対し偏心载荷では塑性率3.2程度に低下している。 $e/r=2$ と $e/r=3$ がほぼ同程度の塑性率であるのに対し、ねじりモーメントの生じない二点载荷の塑性率は4.4と大きくなっている。これにより、偏心パラメータよりもねじりモーメントの影響が強いと思われる。

偏心载荷のSQ-ER2XSに対して、面外繰返し荷重が作用する方向に直交する方向の水平変位(面内水平変位)を図-8に示す。縦軸は载荷方向水平変位、横軸はそれと直交する方向の水平変位を示している。偏心载荷である3体とも同じような結果となったことから一例としてSQ-ER2XSを示している。これより、面内水平変位が偏心側(図-8の+の値)に偏って大きくなっていくことがわかる。この面内水平変位は、繰返しを受ける面外水平変位よりも非常に大きな量に進展していく。すなわち偏心しているために地震方向の変位より、それと直交方向の変位が増大するという予想外の変形性状を示した。よって、逆L形鋼製橋脚では、面外水平力を受けても、変形および残留変位は面内方向に生じやすいことが今回の実験で明らかとなった。

## 6. まとめ

本研究は都市内高速道路で多く用いられる逆L形鋼製橋脚の面外繰返し载荷実験を行い耐震性能を明らかにしたものである。その結果、逆L形鋼製橋脚は、T形鋼製橋脚に比べ耐力力および変形性能が劣り、地震時の安全性が低いと考えられる。また面外水平力を受けても、変形および残留変位は面内方向に生じやすいということが確認された。したがって安全な構造物の設計にはこの点に十分注意を払う必要がある。

### 『参考文献』

- 1) 宇佐美勉, 本間大介, 芳崎一也: 鉛直力が偏心して作用する鋼製橋脚のハイブリッド応答実験, 土木学会論文集, No.626/ -48, pp.197-206, 1999.7
- 2) 後藤芳顯, リ ショソン, 山口栄輝: 橋軸方向地震力を受ける逆L形鋼製橋脚の終局挙動と設計, 土木学会論文集, No.675/I-55, pp.313-330, 2001.4.

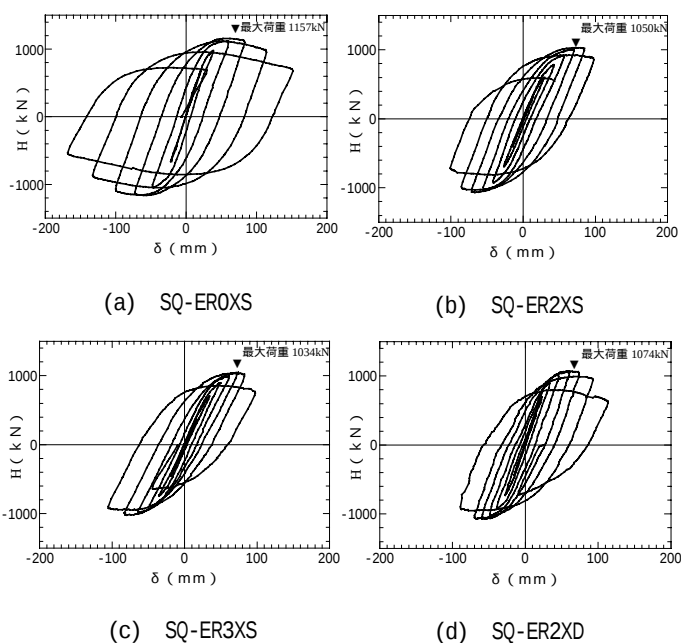


図-5 水平荷重 - 水平変位履歴曲線

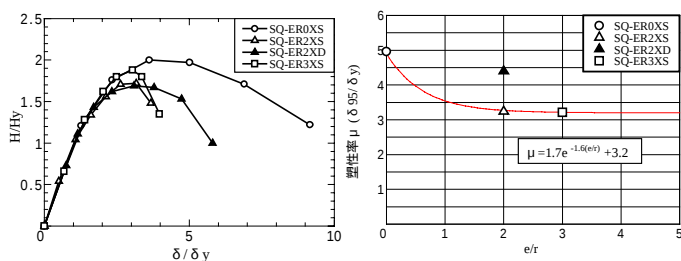


図-6 包絡曲線

図-7 塑性率 - 偏心パラメータの関係

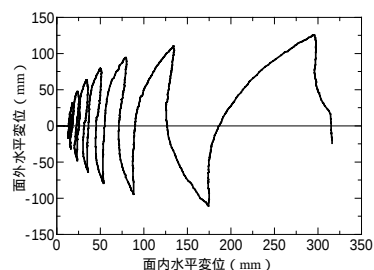


図-8 面内変形(SQ-ER2XS)