

## 逆 L 形正八角形断面鋼製橋脚の耐震性能実験

愛知工業大学 学生会員 ○谷口貴司  
 愛知工業大学 正会員 青木徹彦  
 愛知工業大学 正会員 鈴木森晶

### 1. はじめに

逆 L 形橋脚は立地条件から都市内ではよく見られる構造形式である。このような橋脚では上部構造の断面重心位置が橋脚の重心位置から偏心しているため、鉛直方向からの上部工重量  $P$  と偏心量  $e$  による付加モーメント  $M_0$  ( $= P \cdot e$ ) に加え、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<sup>1)2)</sup>となる。本研究では、逆 L 形正八角形断面橋脚の耐震性能を調べるために、偏心パラメータ  $e/r$  を変えた実験を行う。偏心量  $e=0$  ( $e$ : 上部工重量の偏心量,  $r$ : 断面 2 次半径) に加え、橋軸方向に偏心量を  $e=1r, 2r, 3r$  と変えた 3 体の供試体を用意し、橋軸方向水平力による繰り返し載荷実験を行う。

### 2. 実験計画および方法

本研究で使用した供試体は、8 面にそれぞれ 3 本の縦方向補剛材を持つ、正八角形補剛断面である。供試体概要を図 1 に、供試体諸元を表 1 に示す。地震力のような大きな力が橋軸方向に作用した場合、2 つの支承のうち、1 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 1 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。

実験載荷装置および供試体のセット状況を図 2 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、4400kN アクチュエータ 2 基を鉛直方向 (Z 方向) に取り付け載荷する。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水平荷重は 4400kN アクチュエータ 1 基を用いて載荷 (X 方向) する。また Y 方向に供試体が傾いた場合、鉛直アクチュエータおよび水平アクチュエータ (X 方向) による Y 方向の荷重成分が生じるので、これを補正するために Y 方向にも 1000kN アクチュエータを 1 基取り付け、分力を打ち消す。

### 3. 降伏水平変位 $\delta_y$ , 降伏水平荷重 $H_y$ の定義

供試体基部から 250mm の箇所に 3 軸ひずみゲージを貼り付け、式 (1), (2) を用いて主ひずみ  $\epsilon_p$ , 主応力  $\sigma_p$  を算出する。 $\sigma_p$  が材料の引張試験結果から得られた降伏応力  $\sigma_y$  に達した時の変位を降伏水平変位  $\delta_y$  とする。また、このときの水平荷重を降伏水平荷重  $H_y$  とする。

$$\epsilon_p = \frac{1}{2} \left[ \epsilon_1 + \epsilon_2 \pm \sqrt{2 \{ (\epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2 \}} \right] \quad (1)$$

$$\sigma_p = \frac{E}{2} \left[ \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{1 - \nu} \pm \frac{1}{1 + \nu} \sqrt{2 \{ (\epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + (\epsilon_2 - \epsilon_3)^2 \}} \right] \quad (2)$$

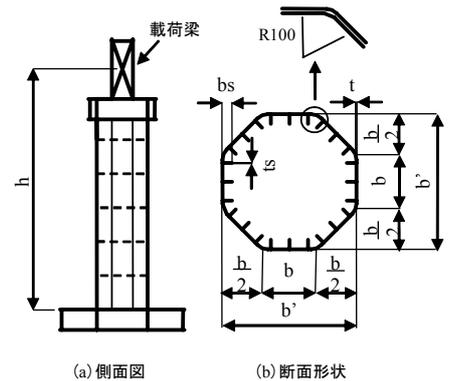


図 1 供試体概要図

表 1 供試体寸法および各パラメータ

供試体名	OCT-L-e0	OCT-L-e1	OCT-L-e2	OCT-L-e3	
鋼種	SS400				
全幅	b'(mm) 900				
フランジ幅	b (mm) 373				
フランジ板厚	t (mm) 6				
補剛材幅	bs (mm) 65				
補剛材板厚	ts (mm) 6				
試体有効高さ	h (mm) 3700				
断面 2 次半径	r (mm) 317				
補剛材剛比	$\gamma/\gamma^*$ 1.595				
補剛材幅厚比パラメータ	Rs 0.692				
フランジ幅厚比パラメータ	$\lambda s$ 0.326				
フランジ細長比パラメータ	$\lambda$ 0.296				
偏心パラメータ	e/r	0	1	2	3
軸力比	P/Py	0.17	0.13	0.11	0.09

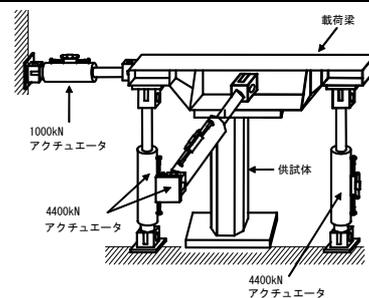


図 2 実験載荷装置概要図

表 2 実験結果

供試体名		OCT-L-e0	OCT-L-e1	OCT-L-e2	OCT-L-e3
降伏水平荷重	$H_y$ (kN)	372	367	377	373
降伏水平変位	$\delta_y$ (mm)	16.8	16.9	20.3	21.2
最大水平荷重	Hmax (kN)	731	694	628	613
最大水平荷重時の変位	$\delta_m$ (mm)	80.8	55.4	50.9	61.6

キーワード 鋼製橋脚, 偏心, 逆 L 形, 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

#### 4. 実験結果

本実験により得られた実験結果を表2に、水平荷重—水平変位履歴曲線を図3(a)～(d)に示す。同図では、水平荷重  $H$  および水平変位  $\delta$  をそれぞれ降伏水平荷重  $H_y$  および降伏水平変位  $\delta_y$  で無次元化した。OCT-L-e0( $e/r=0$ )は  $4\delta_y$  付近で、OCT-L-e1( $e/r=1$ )は  $-5\delta_y$  付近で、OCT-L-e2( $e/r=2$ )、OCT-L-e3( $e/r=3$ )は  $3\delta_y$  でそれぞれ最大水平荷重に達した。また、OCT-L-e0は  $-2\delta_y$  から、OCT-L-e1、OCT-L-e2、OCT-L-e3は  $3\delta_y$  から屈曲変形が生じ始めた。

包絡線を図4に示す。偏心のない OCT-L-e0 は最大荷重、変形能とも最も大きい。OCT-L-e1、OCT-L-e2、OCT-L-e3 は最大荷重に達してからの耐力は初め緩やかに低下した後、やや急な低下を示した。

構造物の変形性能を評価する指標の1つである塑性率を図5に示す。塑性率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 ( $\mu = \delta_{95}/\delta_y$ ) と定義した。塑性率は OCT-L-e0 を基準として、OCT-L-e1 では27%程度、OCT-L-e2、OCT-L-e3 では、56%程度低い値を示した。

最大水平荷重—偏心パラメータの関係を図6に示す。最大水平荷重は、 $e/r=0$  での値  $H_{y0}$  で無次元化している。偏心パラメータ  $e/r$  が大きくなると  $H_{max}/H_{y0}$  が直線的に低下する傾向があり、次の直線式(3)が得られた。

$$\frac{H_{max}}{H_{y0}} = -0.113 \frac{e}{r} + 1.96 \quad (3)$$

累積エネルギー吸収量を図7に示す。偏心のない OCT-L-e0 に比べ、偏心载荷の OCT-L-e1、OCT-L-e2、OCT-L-e3 は各サイクルごとにエネルギー吸収量は半減している。この原因として、偏心载荷されることによって偏心側の部材が早期に局部座屈を生じ、断面全体でエネルギーを効率良く吸収できないためと考えられる。

#### 5. まとめ

本研究では上部工重量が偏心载荷される正八角形断面鋼製橋脚の繰り返し载荷実験を行い、偏心量が強度と変形能におよぼす影響を明らかにした。偏心パラメータ  $e/r$  が大きくなるにつれ、最大水平荷重を求めた結果ほぼ直線的に低下した。また、偏心载荷の場合エネルギー吸収量は半減した。この原因として、ねじりと偏心モーメントによる影響が考えられる。逆L形鋼製橋脚の耐震性能を高めるためには、偏心側の断面の板厚を大きくするなど、偏心側の強度を高める必要がある。このような対処法は、今後の課題である。

#### 参考文献

- 1) 青木徹彦, 鈴木真一, 渡辺俊輔, 他: 面外繰り返し水平力を受ける逆L形鋼製箱型断面橋脚の強度と変形能に関する実験的研究, 土木学会論文集, No. 724/I-62, pp213-223, 2003. 1
- 2) 成瀬孝之, 青木徹彦, 鈴木森晶: 繰り返し等荷重を受ける逆L形鋼管橋脚の強度と変形能に関する研究, 構造工学論文集, Vol. 47A, pp. 45-55, 2001. 3.
- 3) 鈴木真一, 塚本芳正, 鈴木森晶, 青木徹彦: 逆L形八角形鋼製橋脚の繰り返し载荷実験及び弾塑性解析による研究, 第26回地震工学研究発表会要稿, 2001. 5.

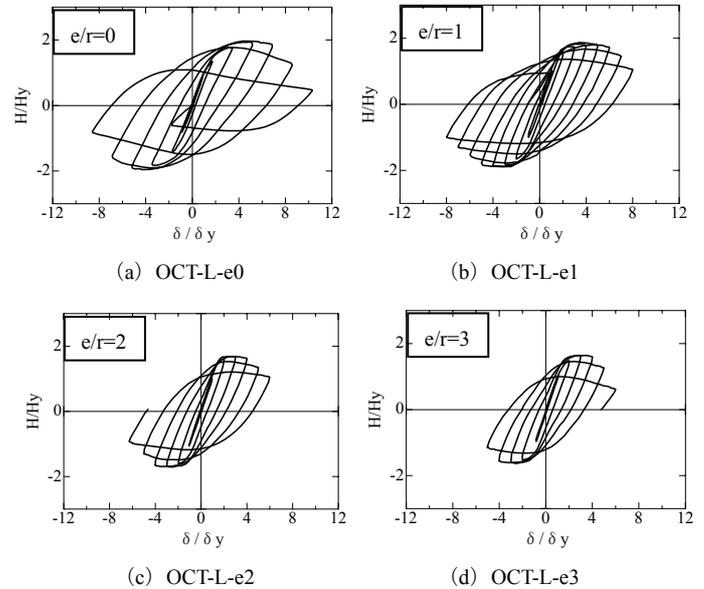


図3 水平荷重—水平変位履歴曲線

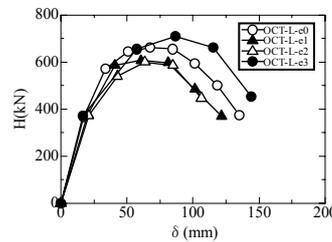


図4 包絡線

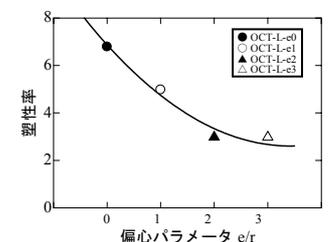


図5 塑性率

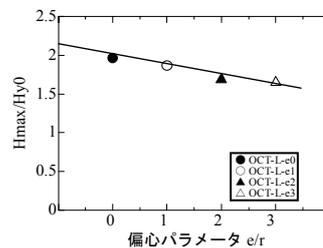


図6 最大荷重と偏心パラメータ

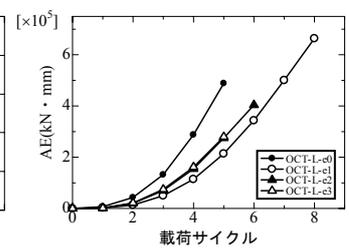


図7 累積エネルギー吸収量