

逆L形八角形鋼製橋脚の強度と変形性能に関する研究

○ 愛知工業大学 学生員 鈴木 真一
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

都市高速など市街地における高架橋は、立地的な条件から様々な構造形態の橋脚が使用されている。なかでも逆L形鋼製橋脚のような上部工重量が偏心载荷される橋脚はT形鋼製橋脚に比べ、地震後の残留変位が張出し方向に大きく生じることが予想される¹⁾。本研究では、鉛直荷重が偏心して作用した八角形鋼製橋脚について等荷重繰返し载荷実験及び、汎用構造解析プログラム DIANA による弾塑性有限変位解析を行い、強度と変形性能について検証する。

2. 実験計画

実験供試体は材質 SS400 で、コーナー部に半径 $R=100\text{mm}$ で曲げ加工を施した補剛材を有する板厚 $t=6\text{mm}$ の正八角形補剛断面である。供試体概念図を Fig.1, 供試体寸法および各パラメータを Table.1 に示す。実験は本研究で定義する偏心パラメータ $e/r=0.0, 1.0$ (e : 鉛直荷重荷点から橋脚中心までの偏心量, r : 橋脚断面の断面二次半径) を対象とし各 1 体, 計 2 体行う。

3. 実験方法

実験で用いる降伏変位 δ_y は、供試体の座屈が予想される圧縮側基部（下部から 250mm ）のひずみゲージ 5 枚を等間隔に張付け、その平均値が引張試験で得られる降伏ひずみ ϵ_y に達したときの水平変位と定義する。またこのときの水平荷重を降伏荷重 H_y とする。

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、 2000kN アクチュエータ 2 基を鉛直方向に取付け载荷した。また、水平荷重は 4000kN アクチュエータ 1 基を用いて载荷した。

载荷方法は従来の等変位繰返し载荷法とは異なり、等荷重繰返し载荷法とする。これは、逆L形鋼製橋脚は上部工重量が橋脚の中心軸に対して偏心しているため、鉛直荷重载荷時に付加的なモーメントが生じる。このため張出し側の耐力と、その逆側の耐力に差が生じる（以後、張出し側を(+), その逆側を(-)とする）。この状態で地震時に正負ほぼ同量の繰返し水平力が橋脚頂部に作用すると、従来、偏心のない橋脚で行われていたように、橋脚が(+方向)に生じた変位と同量だけ(-方向)に戻されるということは逆L形鋼製橋脚では考えにくい。したがって、本実験では(+方向)に作用した荷重を(-方向)でも同量の荷重を作用させることがより実際の地震時の挙動に近い方法と考え、等荷重繰返し载荷法を採用する²⁾。

4. 解析方法

解析対象は実験を行った供試体を想定してモデル化を行った。解析モデルを Fig.2 に示す。解析モデルにおいては対称性を考慮して全体モデルの $1/2$ とし、橋脚部に 8 節点シェル要素を用いた。解析に使用したソフトは汎用構造解析プログラム DIANA である。局部座屈が発生すると予想される柱基部付近で分割を細かくした。

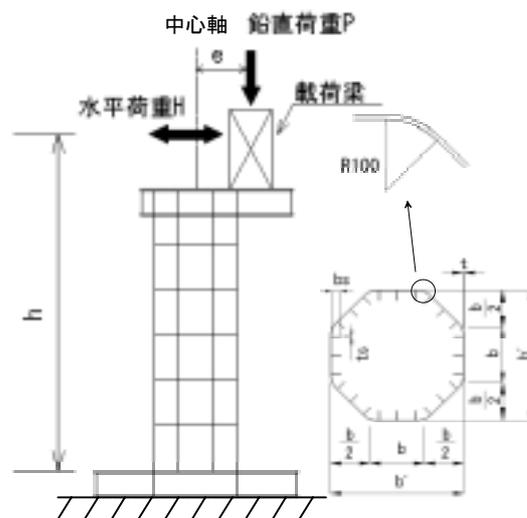


Fig. 1 供試体概念図

Table. 1 供試体寸法及び各パラメータ

全幅	b' (mm)	900
補剛板幅	b (mm)	373
補剛板板厚	t (mm)	6.00
補剛材幅	bs (mm)	65.0
補剛材板厚	ts (mm)	6.00
供試体高さ	h (mm)	3700
断面二次半径	r (mm)	317
細長比パラメータ	λ	0.296
幅厚比パラメータ	R_R	0.326
補剛材細長比パラメータ	λ_s	0.292
γ/γ^*		1.595
ヤング率	E (GPa)	212
ポアソン比	ν	0.295
降伏応力	σ_y (MPa)	342
降伏ひずみ	ϵ_y (μ)	1600
$R_R = \frac{b}{t} \sqrt{\frac{12(1-\nu^2)}{4n^2\pi^2} \frac{\sigma_y}{E}}$ $\lambda = \frac{2h}{r} \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$		

Key words : 偏心, 逆L形, 八角形断面, 等荷重繰返し载荷

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

構成則は、ひずみ硬化係数 0.01 のバイリニア型の単軸弾塑性挙動を仮定し、また多軸応力下の弾塑性挙動は、Von Mises の降伏条件式および移動硬化則を用いた。

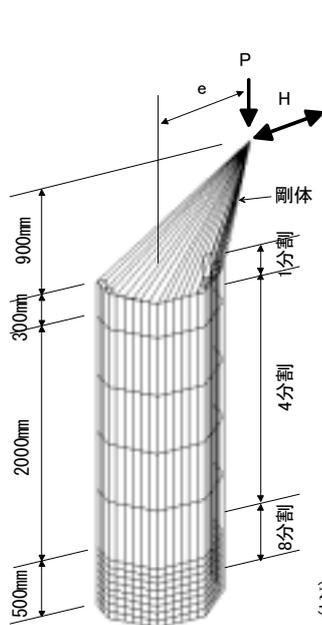


Fig. 2 解析モデル

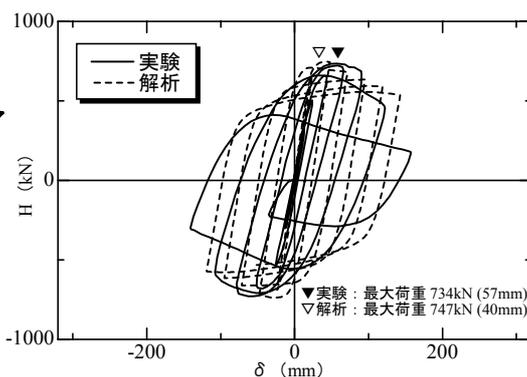


Fig. 3 $e/r=0$ 履歴曲線

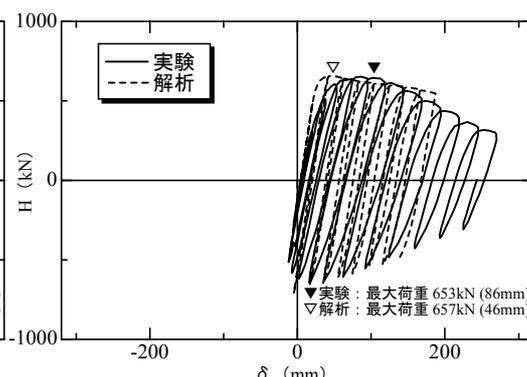


Fig. 4 $e/r=1.0$ 履歴曲線

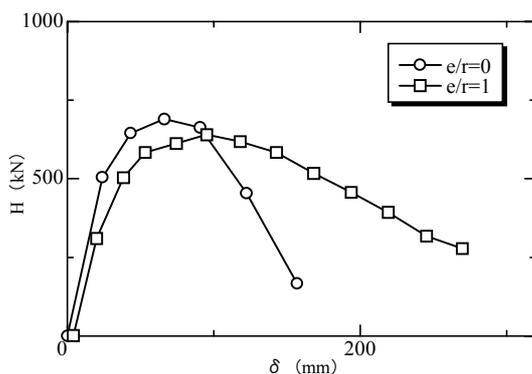


Fig. 5 包絡線

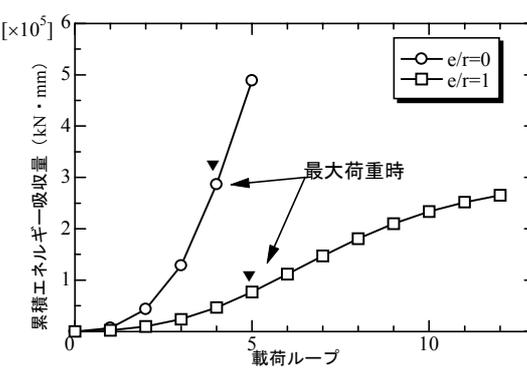


Fig. 6 累積エネルギー吸収量

5. 実験結果及び解析結果

$e/r=0$, $e/r=1.0$ の水平荷重-水平変位履歴曲線をそれぞれ Fig.3, Fig.4 に示す. $e/r=1.0$ の履歴挙動は、(+) 方向で生じた変位が(-) 方向では戻りきらない結果となった. したがって、逆 L 形鋼製橋脚は T 形鋼製橋脚に比べ残留変位が生じやすく、震災時の機能保持の観点から、新たに残留変位に関する評価式を構築する必要がある. 解析結果においては、最大荷重はほぼ実験値を表現しているが、最大荷重時の変位及び、それ以降の挙動を表現しきれていない.

Fig.5 に実験結果である $e/r=0$ と $e/r=1.0$ における水平荷重-水平変位の包絡線を示す. $e/r=1.0$ は $e/r=0$ に比べ最大荷重が 10% ほど低下した. また最大荷重以降の挙動において、 $e/r=0$ は急な耐力低下がみられたのに対し、 $e/r=1.0$ は耐力低下が緩やかである. この理由として、Fig.6 に示す累積エネルギー吸収量より考えることができる. 最大荷重に到達するサイクルまでの累積エネルギー吸収量は $e/r=0$ に比べ $e/r=1.0$ は 1/4 の吸収量しかない. これは偏心モーメントにより、(+) 方向で生じた変位まで(-) 方向の変位が戻りきらないため、断面全体で効率良くエネルギー吸収をしていないためと考えられる. この結果(-) 方向での損傷がなく耐力低下が緩やかであると考えられる. 吸収エネルギーは応答変位を小さくする効果があるので、逆 L 形鋼製橋脚は予想以上に大きな応答が生じる恐れがあることに注意が必要である.

6. まとめ

本研究では、鉛直荷重が偏心して作用した八角形鋼製橋脚 $e/r=0$ と $e/r=1.0$ に対して、等荷重繰返し载荷実験と FEM 解析を行った. その結果、逆 L 形鋼製橋脚は T 形鋼製橋脚に比べ残留変位が生じやすく、エネルギー吸収量が期待できないことから、耐震安全性については十分注意が必要であることが確認された. 今後、解析の精度を上げ、逆 L 形八角形鋼製橋脚の強度と変形性能に及ぼす影響を明らかにすることが課題である.

『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/ I-48, pp. 197-206, 1999. 7
- 2) 成瀬孝之, 青木徹彦, 鈴木森晶: 逆 L 形鋼管橋脚の繰返し载荷実験, 第 4 回地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集, pp. 245-250, 2000. 12