

水平 2 方向荷重を受ける鋼製橋脚の強度と変形能に関する実験的研究

愛知工業大学 学生員 ○大西哲広 K.A.S.Susantha 富士エンジニアリング(株) 正会員 水野豪  
名古屋大学 学生員 岡崎靖一郎 日本鉄道建設公団 正会員 高原英彰  
愛知工業大学 正会員 青木徹彦 名古屋大学 フェロー 宇佐美勉

1. 序論

橋脚に実地震動が作用する場合の強度・変形性能を正しく把握するためには、2 方向入力を想定した状態の実験が必要になる。しかし、2 方向入力に関する研究は建築構造物では以前から行われているものの、土木構造物を対象とした研究<sup>1)</sup>はほとんどなされておらず、現時点では実験データが十分蓄積されていない、また明確な耐震性能の評価基準が定義されていないのが現状である。本研究では、はじめの段階として実地震動波形を単純なパターンにモデル化し、地震時の慣性力に相当する水平荷重を受ける正方形断面を有する鋼製橋脚の 2 方向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、フランジおよびウェブにそれぞれ 2 本の縦方向補剛材を持つ正方形補剛箱型断面である。供試体諸元を表 1 に示す。載荷装置立体図を図 1 に示す。鉛直荷重を載荷するために 1000kN アクチュエータを 1 基、地震時の 2 方向からの慣性力を想定した水平荷重を載荷するために 2000kN アクチュエータ 2 基を取り付ける。供試体の 3 次元の動きにアクチュエータを追従させるために新たな治具を作製した。鉛直荷重は、上部構造重量を想定し供試体の全断面降伏軸力  $P_y$  の 20%である 864kN を載荷し、また水平 2 方向は変位制御により繰り返し載荷を行った。実地震動波形をモデル化した単純な載荷変位履歴として、本研究では図 2 に示す 7 通りを考える。

これらの載荷変位履歴は、断面主軸に対して角度を持つ直線的な履歴(直線載荷 図 2(a))と 2 方向からの変位履歴が円弧状に変化する履歴(曲線載荷 図 2(b), (c), (d))とに分けることができる。図(e)の方形パターンは、一方向の変位を最大に保ったまま他方向の変位を増減させる地震応答として最も極端な載荷パターンである。実験は今回直線載荷についてのみ行い、主軸方向繰り返し(UNI)および UNI から 27 度傾けた(BI-L27)、45 度傾けた(BI-L45)の 3 通りを行う。

3. 実験結果

本研究では、直線載荷の実験により得られた X,Y 方向別の水平荷重、水平変位を載荷方向の合成値として水平荷重  $H$ 、水平変位  $\delta$  を定義した。図 3(a)～(c)に実験により得られた  $H-\delta$  曲線を示す。図 3 では、 $H$  および  $\delta$  をそれぞれ UNI の降伏水平荷重  $H_y$  および降伏水平変位  $\delta_y$  で無次元化して示す。

表 1 供試体諸元

|                    |                   |       |
|--------------------|-------------------|-------|
| 鋼種                 |                   | SM490 |
| 板幅                 | (mm)              | 450   |
| 板厚                 | (mm)              | 6     |
| 縦補剛材板幅             | (mm)              | 55    |
| 縦補剛材板厚             | (mm)              | 6     |
| 供試体高さ              | (mm)              | 2420  |
| 幅厚比パラメータ $R_R$     |                   | 0.522 |
| 細長比パラメータ $\lambda$ |                   | 0.350 |
| 補剛材剛比              | $\gamma/\gamma^*$ | 2.50  |

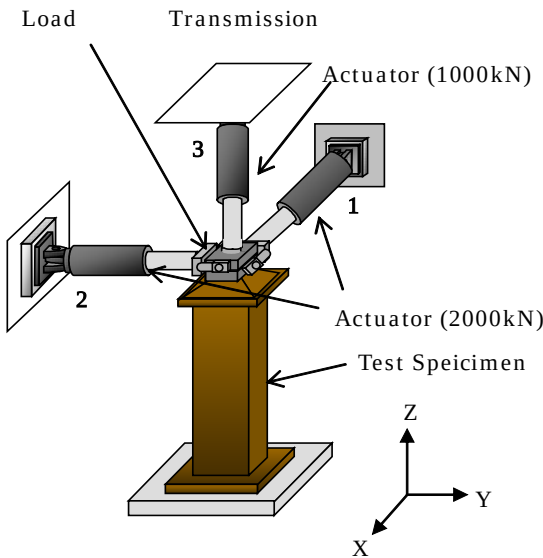


図 1 載荷装置立体図

キーワード 鋼製橋脚, 2 方向荷重入力, 変形能

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

また、主軸方向の値で無次元化した最大耐荷力  $H_{\max}/(H_{\max})_{\text{UNI}}$  および塑性率  $\mu_{95}/(\mu_{95})_{\text{UNI}}$  を载荷角度ごとに図4に示す。同図から载荷角度が45度方向に近づくにしたがって最大荷重は4%程度低下するが、塑性率  $\mu_{95}$  は約15%大きくなっていることが分かる。これは、45度になるにつれて同じ変位を与えた場合でも最外縁応力が大きくなり、早期に塑性化がはじまって最大強度が低下するが、一方で0°方向载荷では断面全体が座屈し、座屈後の耐力が急速に低下するのに対し、45°方向载荷では、断面内に発生する応力分布が長方形分布から三角形分布となり局部座屈発生領域が狭くなるため、最大荷重後の強度低下が緩やかとなるものと思われる。また45°载荷では繰り返し载荷後に早期に基部コーナーにクラックが生じた。これら荷重、変形の挙動から判断して、断面の主軸に対して斜め方向直線的地震入力に対しては、従来の設計基準がそのまま利用できると思われる。

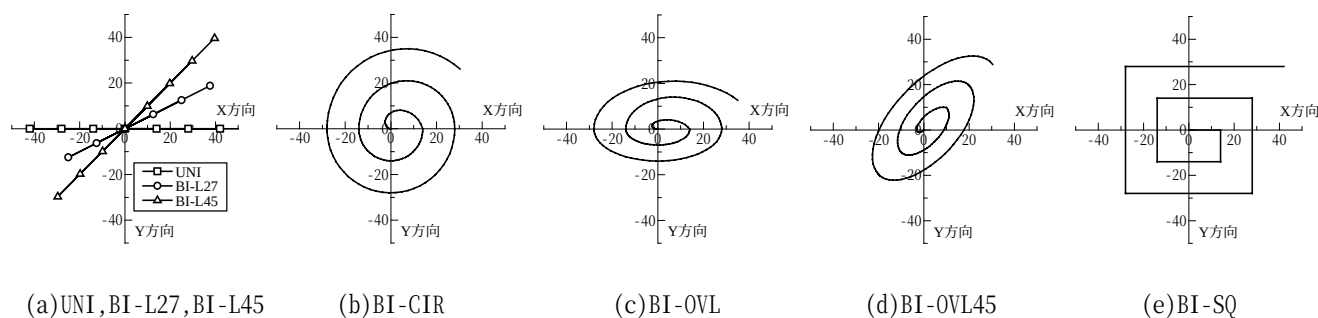


図2 モデル化した载荷変位履歴(unit:mm)

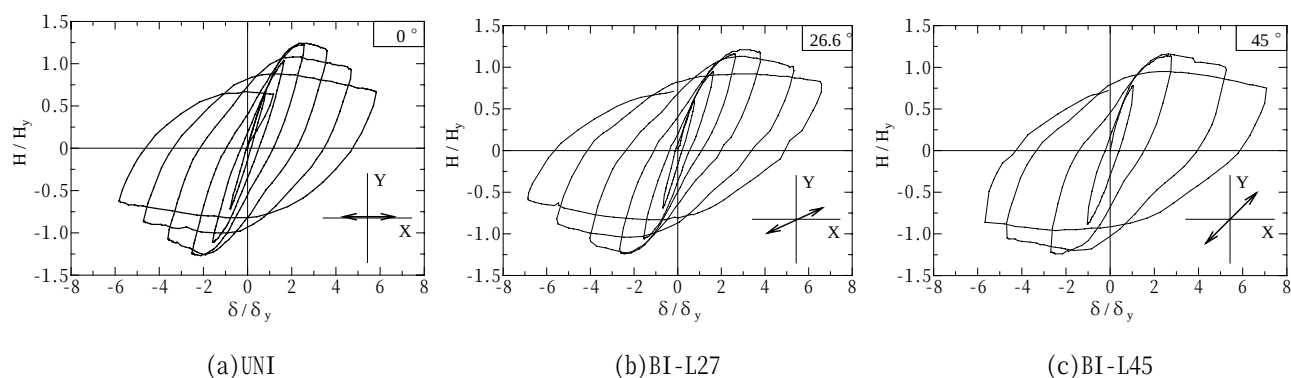


図3 水平荷重－水平変位履歴曲線(実験結果)

## 5. 結論

本研究では水平荷重の2方向入力に対する鋼製橋脚の強度と変形能を調べるため、斜め直線入力の実験を行った。実験の結果、直線载荷実験では45度方向入力になるにつれて最大荷重はやや低下するが変形能は若干大きくなった。このことより直線入力地震波に対しては従来の主軸方向に対しての設計法をそのまま用いることが出来るといえる。なお実験は愛知工業大学耐震実験センターで実施した。

## 参考文献

- 1) 杉浦耕征, ウォルター・オヤワ, 渡邊英一: 繰り返し水平2方向力を受ける角形鋼管柱の弾塑性挙動, 第3回鋼構造物の非線形数値解析と耐震設計への応用に関する論文集, pp.97-103, 1999.11
- 2) Chi SHEN, Eiji MIZUNO, Tsutomu USAMI: A Generalized Two-Surface Model for Structural Steel under Cyclic Loading, Structural Eng./Earthquake Eng., Proc. of JSCE, Vol.10, No.2, 23(59s)-33(69s), July, 1993

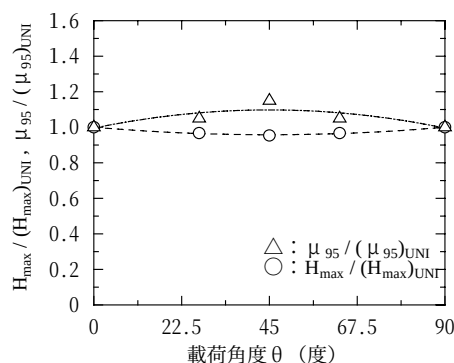


図4 最大耐荷力と塑性率