

防衛大学校 正会員 森 雅美 防衛大学校 フェロー 石川信隆
 武蔵工業大学 学生会員 鈴木一孝 武蔵工業大学 フェロー 増田陳紀

1. はじめに

兵庫県南部地震により鋼製円筒橋脚の変断面部直上に提灯座屈と呼ばれる損傷が見られた(写真-1)。この構造物の損傷の原因として、水平繰返し荷重によって発生した可能性があるとの見解¹⁾と衝撃的上下動によって発生した可能性があるとの考え²⁾と見解が2つに分かれており、それぞれの立場から研究が進められている。しかし、下方向から衝撃的に突き上げて局部座屈を発生させた実験例は未だ見当たらない。そこで、本研究は変断面鋼管の静的局部座屈解析³⁾を事前に行い、その結果を参考に、衝撃的突き上げ载荷実験による変断面鋼管の局部座屈現象の発生を実験的に検討したものである。

2. 実験の概要

2-1 実験装置⁴⁾

図-1に示す衝撃突き上げ装置を用いて、高速変形負荷装置による上から下への入力ピストン速度 v_1 を「てこの原理」を利用して下から上への出力ピストン速度 v_2 へ変換し、突き上げ板に設置してある供試体の下から衝撃的に突き上げる。供試体上部には軸力比が $P/P_y=0.13$ となるよう、24.7kNの上部工を模擬した重錘を設置している。なお、重錘と供試体との間はボルトを通すのみで事実上切断した。

2-2 実験に用いる供試体

図-2に実験に用いる供試体の寸法を示す。供試体の鋼管部には、降伏応力 $\sigma_y=270\text{MPa}$ のSTPG370を用い、機械加工を行うことで外径 $D=138.4\text{mm}$ 、鋼管全長 $l=126\text{mm}$ ($l/D=0.91$)、上部肉厚 $t_1=1.6\text{mm}$ ($D/t_1=86.5$)、下部肉厚 $t_2=2.1\text{mm}$ ($t_2/t_1=1.31$)とした変断面鋼管である。なお、変断面部は鋼管の中央部に有している。鋼管上下部に取り付けている板は、突き上げ板および重錘を設置する時に使用する板であり、鋼管と板とはエポキシ系の樹脂で固着させている。

2-3 計測項目

計測項目は、突き上げ板(u_l)と重錘(u_w)の変位および下部(a_l)、上部(a_u)のベースプレートと重錘(a_w)の加速度を計測した。また、模型上部、変断面部直上および下部の軸ひずみを計測した。

2-4 実験ケース

実験は、突き上げ速度 v ($=v_2$)と突き上げ変位量 u をパラメータとし、入力速度を4種類(中速 80kine, 中低速 100kine, 中高速 120kine, 高速 140kine)、突き上げ変位量を4種類($u=2.5, 5.0, 10.0, 20.0\text{mm}$)とした。ただし、kine=cm/sec.

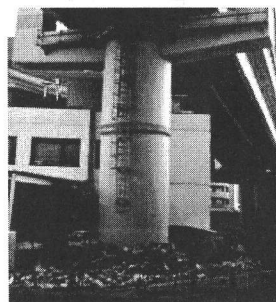


写真-1 兵庫県南部地震による
提灯座屈の損傷例

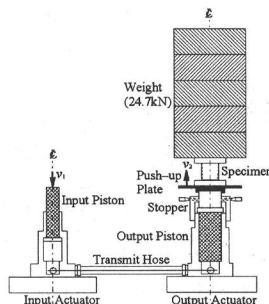


図-1 衝撃突き上げ装置

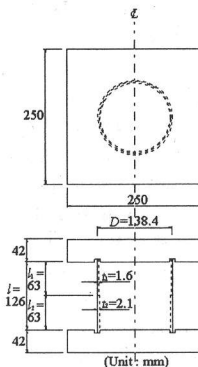


図-2 供試体の概要

Key Words : 衝撃的上下動, 鋼製円筒橋脚, 局部座屈, 突き上げ実験

連絡先 : 〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20 TEL : 0468-41-3810 FAX : 0468-44-5913

3. 実験結果

写真-2 は突き上げ速度 $v=140\text{kine}$ 、突き上げ変位量 $u=10.0\text{mm}$ 、写真-3 は突き上げ速度 $v=140\text{kine}$ 、突き上げ変位量 $u=5.0\text{mm}$ の時の座屈波形である。これより、衝撃的突き上げのみによって変断面部にきれいな局部座屈が発生していることがわかる。特に、写真-3 は写真-1 と同様な提灯座屈が発生している。また、突き上げ変位量が大きくなると局部座屈の損傷は大きくなることが認められる。一方、写真-4 は突き上げ速度 $v=80\text{kine}$ 、突き上げ変位量 $u=10.0\text{mm}$ 時の写真であるが、このケースでは局部座屈が発生していないことがわかる。つまり、局部座屈発生には突き上げ速度に依存し、突き上げ速度がある一定の速度以上に達しない限り、局部座屈は発生しないことがわかる。なお、局部座屈は衝撃的突き上げ時に発生しており、このことは毎秒 4,500 コマで撮影した高速ビデオの結果から明らかとなっている。なお、重錘は飛び上がり後落下するが、落下時に局部座屈が大きく進展することが高速ビデオから認められた。

4. 変断面部で局部座屈する外力条件の範囲

今回設定した外力条件において、変断面部で局部座屈した範囲を図-3 に示す。●印は明瞭な軸対称座屈波形が見られ、印の大きさが大きいほど、大きな変形を示したことを表している。×印は座屈波形が生じなかったことを表している。なお、▲の条件で非対称座屈波形が生じた。図-3 より今回の実験の範囲内において変断面部で局部座屈するために必要な外力条件は、突き上げ速度 $v \geq 100\text{kine}$ 、突き上げ変位量 $u \geq 5.0\text{mm}$ であることがわかった。

5. おわりに

今回の実験結果を要約すると以下ようになる。

1. 衝撃的突き上げ载荷実験により、ある一定の入力速度 (100kine 以上) と変位量 (5mm 以上) になると変断面部直上に環状軸対称の局部座屈の発生がきれいに見られた。
2. 突き上げ速度および突き上げ変位量が大きくなると、局部座屈の損傷度は大となる。今回用いた供試体では、図-3 に示すような外力条件の範囲で局部座屈が発生することがわかった。

[参考文献]

- 1)三木ら：断面変化部を有する円形断面鋼製橋脚の耐震性能の検討
：土木学会論文集, No.605/I-45, pp.117-127, 1998.10.
- 2)大野ら：衝撃的地震動により鋼製橋脚に生じた局部座屈の発生メカニズムに関する研究－鋼管柱試験体に対する軸方向衝撃载荷実験による検討－
：日本建築学会構造系論文集, 第 500 号, pp.113-121, 1997.10.
- 3)鈴木, 増田, 森, 石川：静的軸圧縮力を受ける変断面鋼管の局部座屈モードに関する検討：土木学会第 28 回関東支部技術研究発表会, 2001.3.
- 4)別府ら：衝撃的突き上げ装置による RC 橋脚模型の輪切り状ひび割れに関する実験的研究:土木学会論文集, No.577/I41, pp.165-180, 1997.10.

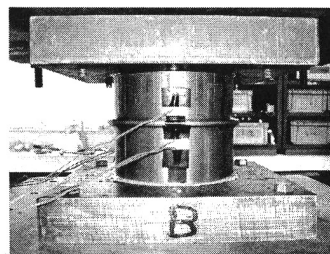


写真-2 座屈波形
($v=140\text{kine}$, $u=10.0\text{mm}$)

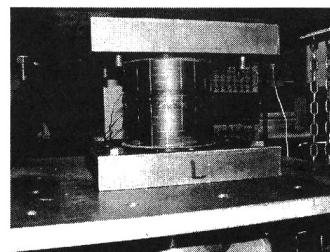


写真-3 座屈波形
($v=140\text{kine}$, $u=5.0\text{mm}$)

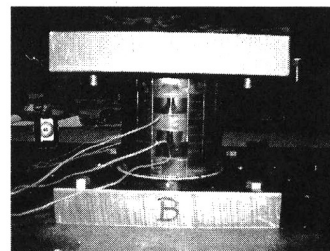


写真-4 座屈波形
($v=80\text{kine}$, $u=10.0\text{mm}$)

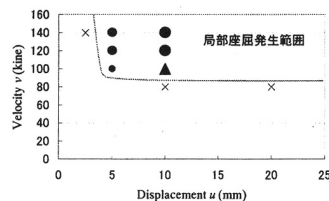


図-3 変断面部で局部座屈する
外力条件の範囲