

## I-100

## H型断面鋼アーチ部材の弾塑性面外座屈強度実験

熊本大学 学生員 坂田 力  
熊本大学 正 員 崎元 達郎

大分県 上村義一郎  
熊本大学 学生員 小堀 俊之

## 1 まえがき

開断面鋼アーチ部材は、建築骨組やアーチ系橋梁に比較的多く用いられているにもかかわらず、その終局強度は弾塑性ねじりを含む解析の困難さもあって、十分に明らかにされていない。本研究では、H型断面を有する単材鋼アーチ部材の模型実験を行い、アーチがその面内に荷重を受け、弾塑性域において面外方向に曲げとねじりを連成して崩壊する場合の耐荷力および変形挙動を調べ、開断面鋼アーチ部材の面外座屈挙動特性を明らかにすることを目的とする。

2 実験概要<sup>1)</sup>

供試体は、二軸対称H型断面を有する2ヒンジ放物線アーチ5体と円弧アーチ1体の計6体を製作した。

表-1 および図-1 の断面寸法等の決定にあたっては、アーチが局部座屈を生じることなく、弾塑性域において面外に全体座屈を生じするような細長比を考慮し決定した。鋼材はSS41相当を使用した。

本実験に先だち、耐荷力に影響を及ぼす溶接残留応力を機械切断による応力解放法で測定し、また面外初期たわみをアーチリブ15断面において測定した。その結果を図-2、図-3および表-2に示す。

載荷条件としては等分布鉛直荷重満載を想定し、供試体の8等分点に取り付けたハンガーを介して、油圧ジャッキにより載荷を行った（写真-1）。なお、載荷時のハンガーへの荷重分布状況は、各ハンガーのひずみを測定することにより確認した。また、載荷方法としては面外変形後も鉛直方向に荷重が作用する鉛直載荷と、下路式アーチ橋を想定した傾斜載荷の2ケース（図-5）について実験を行った。

## 3 実験結果と考察

まず、載荷方法の違いによる耐荷力の影響を調べるため、細長比が198および156の供試体それぞれについて、鉛直載荷および傾斜載荷を行った結果を図-4に示す。図-4は、各供試体のアーチクラウン部における荷重-面外変位曲線を示しており、縦軸には載荷荷重に対し線形理論で計算される支点軸力 $N$ を降伏軸力 $A\sigma_y$ （ $A$ ：アーチリブ断面積）で無次元化した値をとり、横軸には面外変位を取った。その結果、い

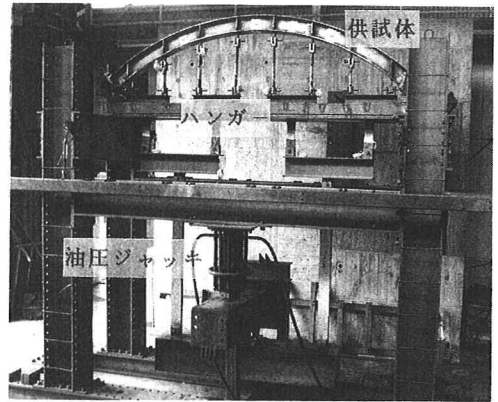


写真-1 載荷装置

表-1 供試体の断面諸量

| 供試体名     | b(mm) | h(mm) | t(mm) | A(cm <sup>2</sup> ) | L(mm) | r(mm) | L/r |
|----------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-----|
| HP-198-V | 70    | 130   | 6     | 15.84               | 2925  | 14.76 | 198 |
| HP-198-T | 70    | 130   | 6     | 15.84               | 2925  | 14.76 | 198 |
| HP-156-V | 85    | 130   | 6     | 17.64               | 2925  | 18.69 | 156 |
| HP-156-T | 85    | 130   | 6     | 17.64               | 2925  | 18.69 | 156 |
| HP-115-V | 110   | 130   | 6     | 20.64               | 2925  | 25.42 | 115 |
| HC-115-V | 110   | 130   | 6     | 20.64               | 2940  | 25.42 | 115 |

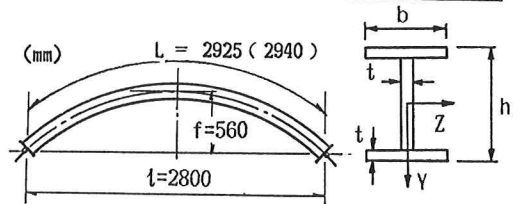


図-1 アーチ形状および断面寸法

表-2 初期不整

| 供試体名     | 最大初期<br>たわみ(mm) | 最大初期ね<br>じり角(rad)      |
|----------|-----------------|------------------------|
| HP-198-V | -3.757          | $-1.30 \times 10^{-2}$ |
| HP-198-T | 2.715           | $-0.63 \times 10^{-2}$ |
| HP-156-V | 2.633           | $1.44 \times 10^{-2}$  |
| HP-156-T | -1.875          | $-1.04 \times 10^{-2}$ |
| HP-115-V | 1.149           | $-1.24 \times 10^{-2}$ |
| HC-115-V | 2.567           | $-2.23 \times 10^{-2}$ |

道路橋示方書基準値  
( $L/1000$ ): 2.92(mm)

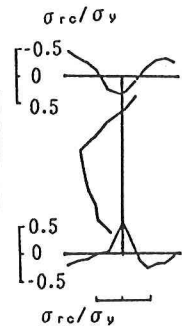


図-2

溶接残留応力分布

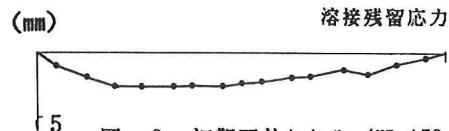


図-3 初期面外たわみ (HP-156-V)

れの細長比の場合も、耐力力は傾斜載荷の方が鉛直載荷のそれを2.5%上回った。傾斜載荷の場合は、面外変位を引き戻す効果が生じるため、面外変位がある程度生じても鉛直載荷の場合とは異なり、面外変位は急増せず耐力力が上昇している。次に、細長比の違いによる耐力力への影響を調べるためにアーチを、アーチリブ長(L)を有する両端固定の柱と考え、実験結果(表-3)を直柱の基準強度曲線と比較してプロットした(図-6)。ここで、強度の指標としては、実験によって得られた終局時の分布荷重に対して、線形理論で計算される支点軸力  $N_u$  をアーチの降伏軸力で無次元化した応力を用い、細長比パラメータは  $\lambda = (0.5L/\pi r_y) \cdot \sqrt{\sigma_y/E}$  を用いた。なお、傾斜載荷の場合の  $\lambda$  については、荷重方向に関する有効長さ係数  $K_1 = 0.65$  により  $\lambda$  軸を0.65倍した。その結果、図-6に示されるように実験結果は、直柱の基準強度曲線に比較的良好一致することがわかった。このことより、鉛直等分布荷重を満載する単一アーチについてはアーチを展開して得られる部材長(L)を有する両端固定の直柱に置換することで、その面外座屈強度をある程度推定できると思われる。

塑性域の発達状況は、図-8(a)に示されるようにまず溶接残留圧縮応力の大きいウェブ中央およびフランジ端部から塑性化し始め、図-8(b)に示されるようにウェブ中央を貫通し、さらに各断面の上フランジ端部が塑性化する。このフランジ端部の塑性化によりアーチの面外曲げ剛性が低下し、面外変位が急増する。この面外曲げと軸力の影響により崩壊直前の塑性域の分布状況は、図-8(c)のようになる。次に、解析結果との比較として、供試体 HP-156-V について簡単に述べる。耐力力については、図-4で示されるように比較的良好一致している。崩壊直前の面外変位モードについては、図-7に示されるように良好一致しているが、面内変位は実験結果の方が解析結果に比べて大きな値を示し、そのモードも多少異なっている。その原因のひとつとしては、載荷に伴って生じる微小な支点の開きがあげられる。

塑性域の発達状況は、図-8(a)に示されるようにまず溶接残留圧縮応力の大きいウェブ中央およびフランジ端部から塑性化し始め、図-8(b)に示されるようにウェブ中央を貫通し、さらに各断面の上フランジ端部が塑性化する。このフランジ端部の塑性化によりアーチの面外曲げ剛性が低下し、面外変位が急増する。この面外曲げと軸力の影響により崩壊直前の塑性域の分布状況は、図-8(c)のようになる。次に、解析結果との比較として、供試体 HP-156-V について簡単に述べる。耐力力については、図-4で示されるように比較的良好一致している。崩壊直前の面外変位モードについては、図-7に示されるように良好一致しているが、面内変位は実験結果の方が解析結果に比べて大きな値を示し、そのモードも多少異なっている。その原因のひとつとしては、載荷に伴って生じる微小な支点の開きがあげられる。

#### 参考文献

- 1) 崎元他 開断面鋼アーチ部材の面外座屈強度実験(mm)  
土木学会第41回年報概要集 1987.9
- 2) 崎元他 下路式および中路式アーチ橋の弾塑性面外座屈強度 土木学会構造工学論文集 1988.3

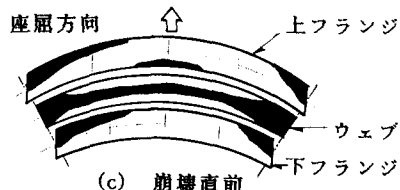
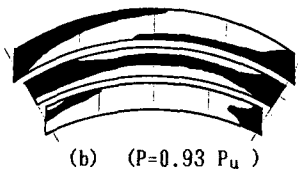
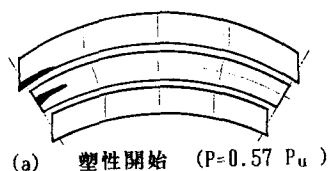


図-8 塑性図 (HP-156-T)

