

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 上村義一郎
 熊本大学 正 員 崎元 達郎
 熊本大学 学生員 小堀 俊之
 熊本大学 学生員 坂田 力

1 まえがき

構造物の終局強度を基準にして設計することが世界的趨勢であるが、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型断面の単材鋼アーチの模型実験を行い、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

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 の断面寸法等については、弾塑性域において面外に全体座屈を生じるように細長比を変化させ決定した。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 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-3)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-変形曲線を示しており、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

表-1 供試体の断面諸量

供試体	b(mm)	h(mm)	t(mm)	A(cm ²)	L(mm)	r(mm)	L/r
HP-198-V	70	130	6	15.84	2923	14.76	198
HP-198-T	70	130	6	15.84	2923	14.76	198
HP-156-V	85	130	6	17.64	2923	18.69	156
HP-156-T	85	130	6	17.64	2923	18.69	156
HP-115-V	110	130	6	20.64	2923	25.42	115
HC-115-V	110	130	6	20.64	2927	25.42	115

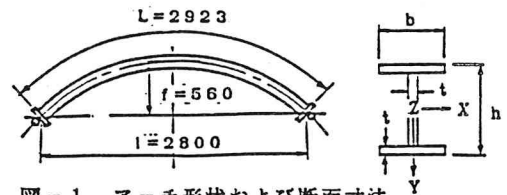


図-1 アーチ形状および断面寸法

表-2 初期不整

供試体	最大初期たわみ(mm)	最大初期ねじり角(rad)
HP-198-V	-3.757	-1.30×10^{-2}
HP-198-T	2.715	-0.63×10^{-2}
HP-156-V	2.633	1.44×10^{-2}
HP-156-T	-1.875	-1.04×10^{-2}
HP-115-V	1.149	-1.24×10^{-2}
HC-115-V	2.567	-2.23×10^{-2}
道路橋示方書基準値 (L/1000) : 2.92(mm)		

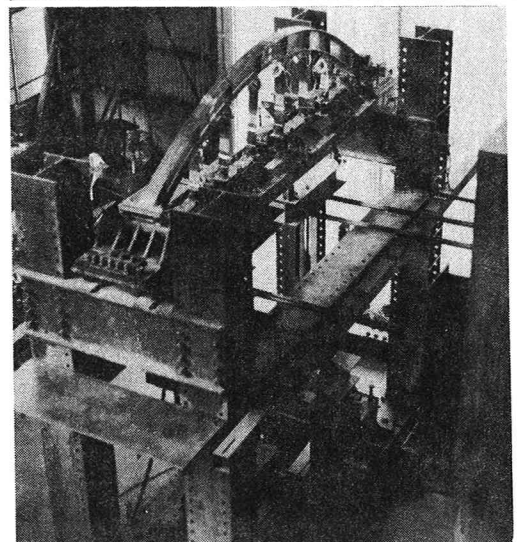


写真-1 載荷装置

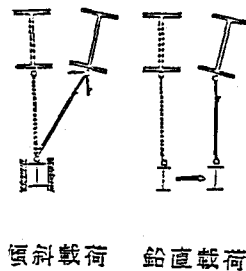
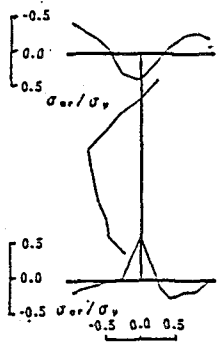


図-2 残留応力分布図 図-3 載荷方法

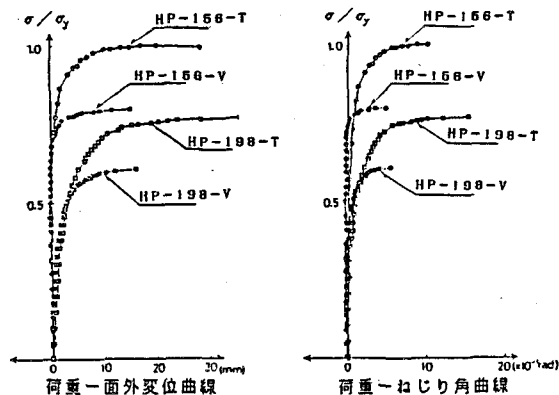


図-4 荷重-変形曲線図

A σ_y (A:アーチリブ断面積) で無次元化した値をとり、横軸には面外変位およびねじり角をそれぞれ取った。その結果、いずれの細長比の場合も、耐荷力は傾斜載荷の方が鉛直載荷のそれを2.5%上回った。また、荷重増加に対する面外変位とねじり角の関係より、その両者が互いに連成した変形挙動を示していることがわかる。

塑性域の発達状況は図-5に示されるように、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、崩壊直前には面外曲げの影響により支点付近の断面では上下フランジの座屈方向側のフランジ端部で、アーチクラウン付近では座屈方向と反対側のフランジ端部で塑性域が広がり崩壊に至っている。

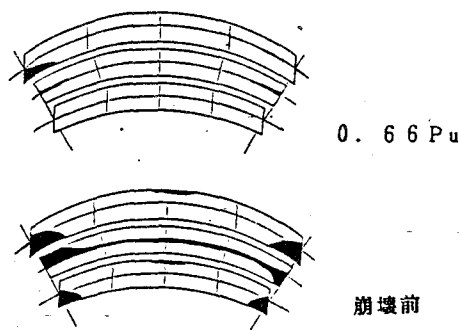


図-5 塑性図 HP-156-V

表-3 実験結果

供試体名	P ₀ (t)	σ _y (kg/cm ²)	σ _u /σ _y	λ _y
HP-198-V	24.0	1323	0.62	0.952
HP-198-T	30.1	1673	0.78	0.952
HP-156-V	35.1	1736	0.81	0.755
HP-156-T	44.0	2178	1.02	0.755
HP-115-V	43.1	1821	0.86	0.554
HC-115-V	49.2	2082	0.98	0.558

次に、表-3に示す実験結果を直柱の基準耐荷力曲線にプロットしたものを図-6に示す。ここで、λ_yはアーチリブ長 L を有する両端固定の柱としたときの無次元細長比 (λ_y = $\frac{L}{\pi} \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}} \cdot \frac{0.51}{r}$) とした。実験結果はいずれも、基準耐荷力曲線を上回った。図より、細長比が小さくなるに従って鉛直載荷による耐荷力が、直柱の基準耐荷力曲線から多少離れてくるようであるが、それが今回の実験装置上の原因によるものであるか、あるいは開断面アーチの耐荷力性状に関係するものであるかは現時点では不明である。今後、数値解析等を行い明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 崎元他「開断面鋼アーチ部材の面外座屈実験」土木学会西部支部講演概要集 1987.3
- 2) 崎元他「開断面鋼アーチ部材の面外座屈強度実験」土木学会第41回年講概要集 1987.9

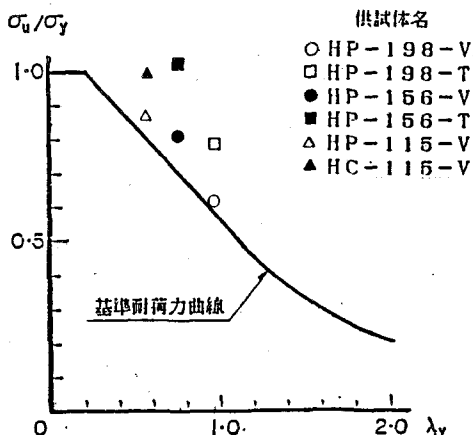


図-6 直柱の基準耐荷力曲線との比較図