

I-73

開断面鋼アーチ部材の面外座屈強度実験

熊本大学 正員 崎元 達郎
 熊本大学 学生員 坂田 力
 熊本大学 学生員 ロー コ チュン
 熊本大学 学生員 古賀 一臣

1. まえがき

開断面鋼アーチ部材は、中小支間のアーチ系橋梁あるいは建築骨組等に、比較的多く用いられているにもかかわらず、その終局状態については、弾塑性ねじりを含む解析の困難さもあって、まだ十分に明らかにされていない。その耐荷力は、一般に弾塑性域における面外座屈強度に支配されると思われる。本研究では、H型断面鋼アーチ部材の模型実験を行い、その弾塑性域における変形特性および強度特性を調べる。また、有限変位弾塑性理論に基く、本実験の解析結果との比較も併せて行い、開断面アーチ部材の面外座屈挙動の一端を明らかにしようとするものである。

2. 実験概要

供試体 既往の研究により、開断面アーチの面外座屈は、細長比(L/r)、ライズ支間比(f/l)のほかに、表-1に示されるパラメータ m 、 n に支配されることがわかっている。実験供試体は、二軸対称H型断面を有する2ヒンジ円弧アーチとし、SS41相当の二種類(A,B)の鋼材を使用し、それぞれに対してパラメータ $m(=GI_x/EI_y)$ および細長比(L/r)を変化させた4体を製作した。

初期不整 面外初期たわみについては、アーチリブの15断面で測定した。また、断面内の溶接残留応力は機械切断による応力解放法で測定した。その結果を、それぞれ表-2および図-2に示す。

荷重方法 荷重条件は等分布鉛直荷重満載を想定し、図-3に示すようなトーナメント形式のハンガーを利用して、油圧ジャッキにより8等分荷重として荷重を行った。その際、荷重分布状況を確認するため、各ハンガーのひずみを測定した。荷重は図-4に示すようにアーチ面外変形後も荷重方向が鉛直方向を保つ鉛直荷重(供試体H-10-1-A以外の3体)と下路橋の補剛桁に見たてた最上段の荷重桁の面外変位を拘束する傾斜荷重の2ケースについて実験を行った。

表-1 供試体の断面諸量

供試体	b (mm)	h (mm)	t (mm)	A (cm^2)	m	n	L/r
H-5-1-A,B	128	130	6	22.80	0.005	0.001	101.8
H-10-1-A,B	96	130	6	18.96	0.010	0.001	42.9

$m = GI_x / EI_y$, $n = EC_w / R^2 EI_y$
 GI_x : St.Venantのねじり剛性
 EC_w : 曲げねじり剛性 , r : 断面の回転半径
 L/r : アーチリブ細長比 , L : アーチリブ長
 EI_y : 弱軸まわりの曲げ剛性 R : アーチ半径

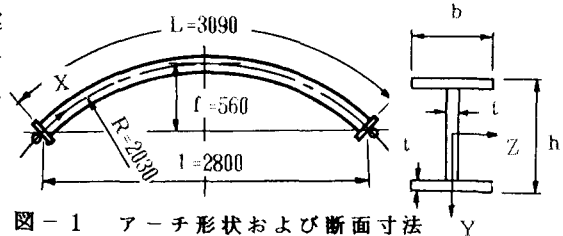


図-1 アーチ形状および断面寸法

表-2 初期不整

供試体	最大初期 期たわみ	最大初期ねじ り角(rad)
H-10-1-A	3.065	2.98×10^{-2}
H-10-1-B	1.360	2.48×10^{-2}
H-5-1-A	3.645	2.72×10^{-2}
H-5-1-B	1.450	2.90×10^{-2}

道路橋示方書基準値
 $(L/1000) : 3.09(\text{mm})$

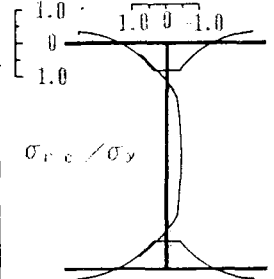


図-2 残留応力分布図

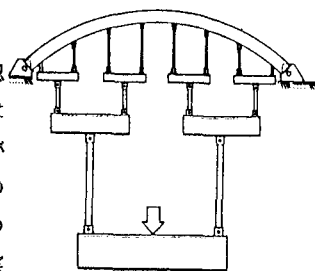


図-3 荷重装置図

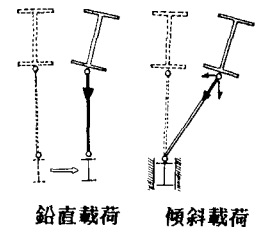


図-4 荷重方法

3. 実験結果および考察

図-5 は、アーチ各供試体のスパン中央での荷重-変形曲線を示している。縦軸は、載荷荷重に対して線形理論で計算される支点軸力 N を降伏軸力 $A\sigma_y$ で無次元化した応力を、横軸には面外変位、ねじり角をそれぞれ取った。図中の 供試体 H-10-1-A と H-10-1-B における耐荷力の差は載荷方法の違い、すなわち傾斜載荷と鉛直載荷の違いによるものである。この結果より、載荷方向の違いは耐荷力にかなり影響するといえる。供試体 H-5-1-A, B については、両供試体とも両支付近のフランジにおいて局部座屈を伴った面外座屈を生じた。そのため、供試体 H-5-1 と H-10-1-B の耐荷力の差は、パラメータ m および細長比の違いと共に、局部座屈の影響が含まれている。また、荷重-変形関係より開断面アーチ部材の変形挙動は、面外曲げ変形とねじれ変形とが連成した座屈を生じていることがわかる。

変形特性としては、図-6 の変形モード図より、面外変位は両端固定の柱の座屈モードに類似し、ねじり角については、スパン中央とスパン1/8点では面外変位の変曲点付近を境に、ねじり角が逆に生じている。この現象は、文献 2) の弾性座屈の実験および解析において示されているように、ねじり剛性の小さい開断面アーチ特有のものである。

図-7 は、荷重の増分に伴って変化するアーチ断面内のひずみ分布を示したものである。この図より、中央断面では当初、面内曲げと軸力を受けていたものが、最大荷重に近づくに従って面外曲げが急増する様子がわかる。また、L/4 断面では中央断面ほど面内曲げが作用していないことがわかる。面内曲げの影響は、アーチ形状が円弧であるため多少大きく現われている。塑性域の発達状況は図-8(a) に示されるように、溶接残留圧縮ひずみの大きなウェブ中央およびフランジ端部から発生しはじめ、崩壊直前には軸力と面外曲げの影響を受けて、図-8(b) のような塑性域を呈し崩壊に至った。

なお、解析結果との比較は、発表当日に報告します。

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) 深沢泰晴 「軸圧縮力を受ける円弧アーチの曲げねじり座屈」 土木学会論文集 第96号 1963, 8
- 3) 崎元他 「開断面鋼アーチ部材の面外座屈耐荷力」 土木学会第41回年次講演概要集 1986, 11

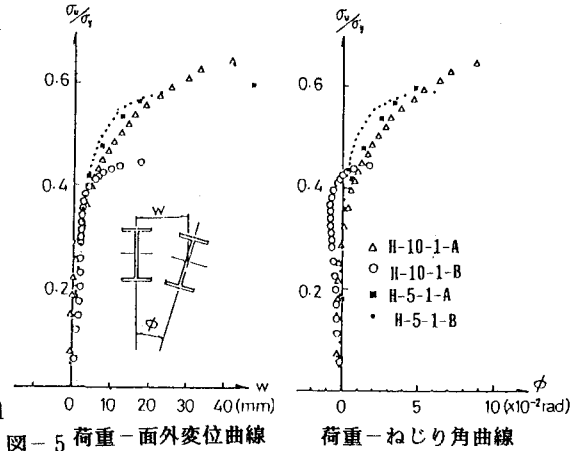


図-5 荷重-面外変位曲線

荷重-ねじり角曲線

表-3 実験結果

供試体	P_u (t)	σ_u (kg/cm ²)	σ_u / σ_y	L/r	備考
H-10-1-A	36.6	1480	0.64	143	傾斜載荷
H-10-1-B	32.1	1298	0.44	143	鉛直載荷
H-5-1-A	40.6	1365	0.59	102	〃 (局部座屈)
H-5-1-B	50.6	1701	0.58	102	〃 (局部座屈)



図-6 a 面外変位モード図 H-5-1-B

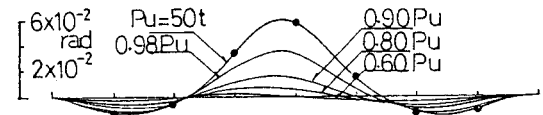


図-6 b ねじり角モード図 H-5-1-B

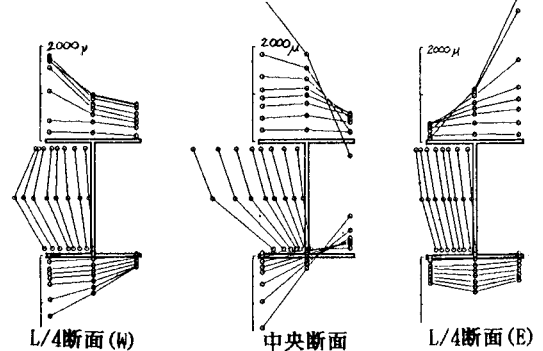


図-7 ひずみ分布図 H-5-1-B

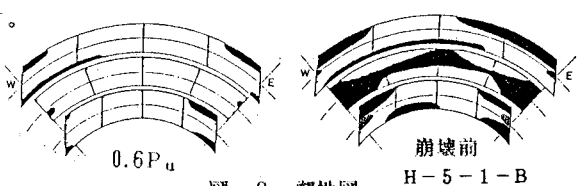


図-8 塑性図

H-5-1-B