

I-40

H形断面部材で構成される 複弦アーチの面外座屈強度実験

熊本大学 学生員 坂田 力 若築建設㈱ 正員 釘宮謙二
熊本大学 正 員 崎元達郎 熊本大学 宮崎靖男

1. まえがき： アーチ系橋梁では、横構・ストラット等の補剛材は風荷重や地震荷重及び主構軸力の2%の横力に対して、2次部材として設計されており、構造全体としての立体的効果ならびに補剛材の形式や剛度が開断面リブで構成されるアーチ構造の耐荷力に及ぼす影響は十分に明らかにされていない。本研究では、アーチリブ一本の面外細長比を一定にし、補剛形式、補剛域、載荷方法を変化させたときの開断面を有するアーチの面外座屈強度及び変形挙動特性等について調べるため、模型実験を行ったので以下にその結果を報告する。

2. 実験概要： 供試体は図-1に示すような二軸対称H形断面を有する複弦2ヒンジ放物線アーチ5体を製作した。横構としては、簡単のために板または角棒を用いることとし、その形式は（1）アーチのねじり変形を拘束するように横構を配置したP型（図2-a）、（2）アーチの面外曲げ変形を拘束するように横構を配置したL型（図2-b）、さらに（3）アーチの面外曲げ変形によるせん断変形を効果的に拘束するように横構を配置したX型（図2-c）の3タイプとした。なお、それぞれの横構断面寸法は、図3に示すとおりである。X型については補剛域 β （横構によって補剛されたアーチ部分の長さのアーチ全長に対する比）を0.75と0.50とした（図1）。ここで、アーチリブの細長比は全供試体とも一定とし、その断面寸法は図1に示すとおりである。実験に先立ち、耐荷力に影響を及ぼすアーチリブの面外初期たわみと溶接残留応力を測定した。その結果は、表1に示す通りである。荷重条件としては、等分布鉛直荷重満載状態を想定し、実験では、ハンガーにより8等分集中荷重として載荷した。なお、供試体X-4については、アーチの面外変位後も荷重が常に鉛直方向に作用する鉛直載荷（X-4-V）と、下路式アーチ橋を想定した傾斜（吊材）載荷（X-4-T）の2ケースを行った。

3. 実験結果および考察： 図4は各供試体の載荷荷重とアーチクラウンにおける面外変位の関係を示している。ここで、縦軸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2本の断面積）で無次元化した値をとり、横軸には面外変位をとった。まず、供試体L-7と

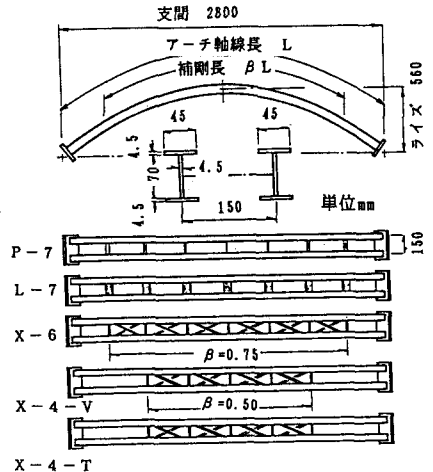


図1 供試体形状および断面寸法

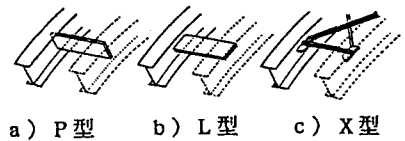


図2 補剛形式

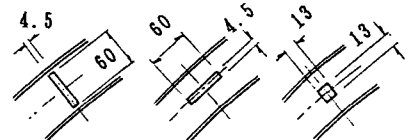


図3 横構断面寸法

表-1 供試体初期不整

供試体名	補剛形式	最大初期 たわみ (mm)	初期たわみ モード図	残留応力分布図
L-7		北 3.86		
		南 2.95		
P-7		北 2.62		
		南 2.73		
X-6		北 4.20		
		南 4.80		
X-4-V		北 4.04		
		南 5.32		
X-4-T		北 5.13		
		南 5.78		

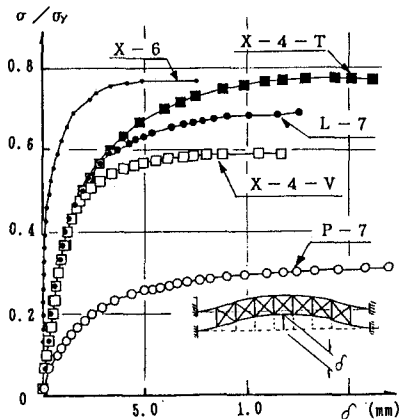


図4 荷重－面外たわみ曲線

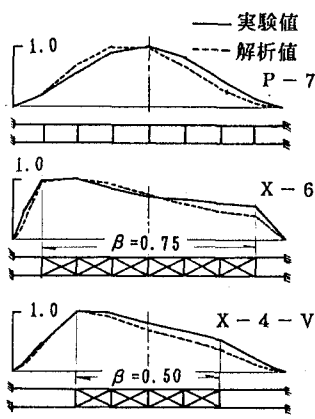


図5 面外変位モード図

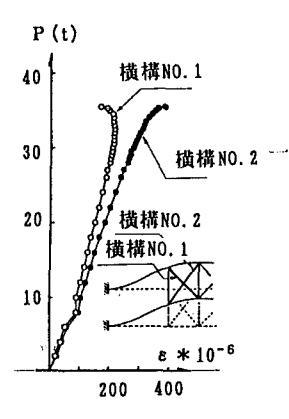


図6 荷重－横構軸ひずみ曲線

P-7の耐力の差は、単に横構部材の曲げ剛性の配置方向のみを変化させた結果生じたものである。このことより、面外曲げ変形を拘束するL型の補剛形式の方が、ねじり変形を拘束するP型よりアーチの面外座屈強度を増加させることがわかる。次に、供試体X-6 ($\beta=0.75$)とX-4-V ($\beta=0.50$) の耐力力の差は、アーチの補剛域のみを変化させた結果生じたものである。ここで、図5に示す終局時の面外変位モード図より、P-7のようにアーチ全長にわたり様な面外曲げ剛性を有する場合は、単弦アーチと同様の面外変位モードを示すのに対して、X-6とX-4-Aの場合は面外変位はアーチ脚部、すなわち横構部材の配置されていない無補剛域に集中していることがわかる。このことより、X-6とX-4-Aの両者の座屈強度の差は、この無補剛域の面外細長比の差から生じていることがわかる。次に、供試体X-4-VとX-4-Tの差は、荷重方向の違いによって生じており、面外変位の増加に伴い、その変位を引き戻す効果を有する傾斜(吊材)载荷のX-4-Tの方が、鉛直载荷のX-4-Vより、面外変位も小さく、強度も大きいことがわかる。図6は、供試体X-4-Vの端部横構部材に生じる軸歪と荷重との関係を示したものである。これによれば、载荷当初より荷重と横構圧縮軸力の関係は線形的に挙動し、面外変位が増大し始める30t ($\sigma/\sigma_y=0.50$) 付近から、横構部材NO. 1の圧縮歪の増加率は減少し始め、横構部材NO. 2では増加し始めている。これは、図6の挿入図に示されるようなアーチ面外へのせん断変形により、横構NO. 1では圧縮歪が減少し、NO. 2では増加したと思われる。このことより、横構の設計においては風荷重、地震荷重のような横力とともに、アーチ面内に作用する荷重によって横構部材に生じる軸力をも考慮して行う必要がある。図7はX型実験供試体3体についてその終局強度を、既に提案している閉断面アーチの面外座屈強度算定式と比較したものである。その結果、開断面アーチの終局強度をも、よい精度で評価できるものと思われる。表-2は、これら実験モデルに対して、有限変位弾塑性解析を行った結果を実験結果と比較したものである。P-7、X-6については、解析結果の耐力力と比較的よく一致しているが、L-7については、実験結果の方が解析結果より12%程度低く、X-6については、実験結果が17%程度高くなっている。また、解析による面外変位モードについては、図-4の点線で示されるように比較的よく一致している。

<参考文献>

- 1) (社) 日本道路協会「道路橋示方書・同解説」昭和55年2月
2) 崎元達郎、下路式及び中路式アーチ橋の弾塑性面外座屈強度、構造工学論文集、1988.3
3) 崎元達郎、薄肉開断面部材の非線形解析、構造工学論文集、1986.3

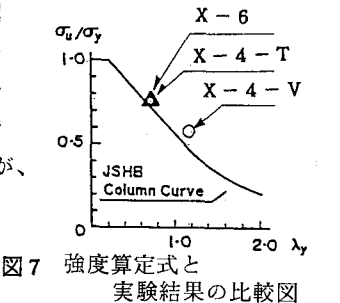


図7 強度算定式と実験結果の比較図

表-2 実験結果および解析結果

供試体名	最大荷重P ₀	σ_u/σ_y		
		実験結果	解析結果	解析/実験
L-7	41.63	0.695	0.777	1.12
P-7	19.28	0.318	0.326	1.03
X-6	47.13	0.773	0.749	0.97
X-4-V	25.98	0.598	0.494	0.83
X-4-T	46.93	0.782		