

東北大学工学部 学生員 ○品川 敬
東北大学工学部 正 員 倉西 茂

1 まえがき

アーチ橋は、一般に、実用的な構造諸元を有する場合、弾性不安定荷重に至る前に、変形及び塑性化とその拡がりの影響により崩壊するものと考えられる。このような考え方を反映して、近年、それらの影響を考慮した、アーチ橋の終局強度に関する研究例が数多く報告されている。しかしながら、それらの多くは、アーチスパン方向に等しい断面、一樣な材質を有するアーチに関するものである。実際のアーチ橋においては、断面力の状態や経済性から見て、アーチスパン方向にわたって、断面や鋼種を変化させるのが合理的であり、現実に、そのような形状のアーチ橋が一般的である。そこで本研究では、アーチスパン方向に断面が変化している変断面アーチ及び、鋼種の変化するハイブリッドアーチについて、その断面及び鋼種の変化が終局強度に及ぼす影響を検討し、その強度特性と実用評価について論ずるものである。

2 解析方法

構造解析は、有限要素法を用いて行ない、有限変形と塑性域の拡がりの影響を考慮することによって生ずる非線形性は、荷重増分法により区分的に線形化して解析を行なっている。この線形化によって生ずる不釣合いは、残差不平衡力を逐次載荷することによって修正している。

3 解析モデル

解析したアーチは、図-1に示すような2ヒンジ放射線アーチである。スパンは100m、ライズfは15mで、ライズスパン比は0.15と実橋における最も一般的な値を採用している。解析に際し、アーチをスパン方向に16等分しており、荷重は図-1のように両支点を除く全節点に、非対称荷重係数 α に応じた集中荷重 γ で載荷している。断面は箱形断面である。ヤング率Eは $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ とし、鋼材の降伏応力度 σ_y は、変断面アーチについては3200 kg/cm^2 に固定した。なお、残留応力は台形分布を仮定し、圧縮残留応力の大きさは0.4 σ_y とした。

以上のようなアーチに対し、細長比 λ が100、200、300の3種類、それぞれについて非対称荷重係数 α が0.50、0.75、0.99の計9ケースについて解析した。

4 解析結果及び考察

(1) 変断面アーチについて ——— スパン方向に一樣な、等しい断面を有するアーチに對して、その細長比と非対称荷重係数 α に応じた、終局強度と終局状態における断面力の特性について検討した結果、図-2のように、両支点から $L/4$ 点付近を基準断面とし、他のクラウン部及び両支点付近の断面を減少させたモデルについて検討する。断面減少の方法としては、実用的見地から、フランジ厚のみで減少させる方法を

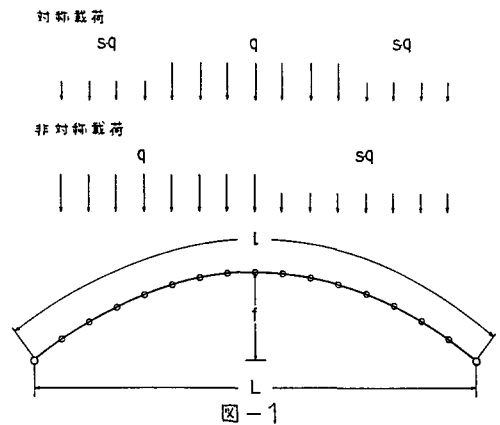
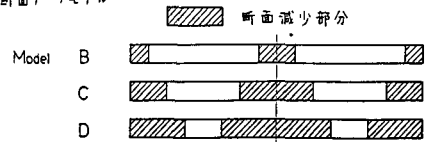
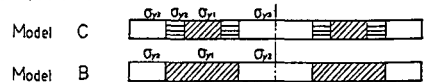


図-1

○変断面アーチモデル



○ハイブリッドアーチモデル



降伏応力度 (kg/cm^2)

Model	σ_{y1}	σ_{y2}	σ_{y3}
B	3200	2400	—
	4800	3200	—
C	4800	3200	2400

図-2

とった。図-2に示した断面変化点の異なつた3つのモデルについて断面減少部分の増加による終局強度の低下の様子について検討した結果、細長比、載荷状態が変化しても、全スパンの1/4にわたって断面を減少させたモデルBと、1/2にわたって減少させたモデルCとの間には、強度の低下率にあまり差が見られず、その差は最大で4%以下であった。従つて、本研究では、以下の断面方向の減少率の終局強度への影響を検討するにあつて、モデルCを採用した。

断面減少率 W による終局強度の変化の様子を、細長比が100, 300の場合について、それぞれ図-3, 4に示す。ここで W は、基準断面(L/4点付近)のフランジ厚に対する、減少させた断面のフランジ厚の比である。縦軸は、アーチの各節点に同じ大きさの集中荷重を載荷した時に、スプリングが軸力のみで降伏するような鉛直荷重強度 g_w により、終局強度を無次元化したものである。なお、ここでは、クラウン部付近が最も厳しい応力状態になると思われる付加載荷状態 $S=0.50$ の場合も検討している。これらの図より、本研究で用いた変断面アーチモデルに関しては、 $S=0.99$ と等分布に近い載荷状態、あるいは付加載荷状態にあり、かつ細長比が小さいほど、断面減少が終局強度の低下に及ぼす影響は大きく、載荷状態が非付加載性を増し、細長比が大きくなるにつれ、その影響が小さくなることがわかる。しかし、非付加載荷重係数が大きくなり、終局強度が大きく低下しても、他の載荷状態の時の終局強度を下回ることはない。

(2) ハイブリッドアーチについて — 本研究で解析したハイブリッドアーチのモデルを図-2に示す。モデルBは、L/4点付近を基準鋼種(降伏応力度 σ_y)とし、クラウン部及び支点付近の降伏応力度を1ランク小さくしたものであり、2段階にわたって降伏応力度を変化させたものがモデルCである。全スパンにわたって降伏応力度が σ_y であるような一様断面アーチをモデルAとし、それに付するハイブリッドアーチの終局強度の変化の様子を図-5に示してある。モデルBの場合、細長比が100の時、終局強度の低下率は15%前後であるが、細長比が200, 300の場合には、強度低下率は著しく小さくなり、5%未満である。これは、非付加載荷重係数が0.75の場合であるが、他の載荷状態の場合でも傾向は同様である。一方、モデルCにも同じような傾向が見られるが、細長比が200, 300の場合でも、モデルBと比較すると数%から20%近くも終局強度の減少が見られる。これは、モデルCの場合、降伏応力度の変化が2段階にわたり、図-2に示す σ_{y1} と σ_{y3} の差が大きく、その変化点が弱点になりやすいものと思われる。

