

鹿島建設(株) 正 員 〇品川 敬
東北大学工学部 正 員 倉西 茂

1 まえがき

一般に、実用的な構造諸元を有する鋼アーチ橋は、弾性不安定に至る前に、変形及び塑性化とその影響により非弾性不安定のもとに崩壊に至るものと考えられる。近年このような考え方を反映して、変形及び塑性化の影響を考慮した鋼アーチ橋の終局強度に関する研究が数多くなされている。しかしながら、それらの研究例の多くはアーチスパン方向に等しい断面を有するアーチ橋に関するものである。実用的にはアーチ橋は、アーチスパン方向にわたって断面寸法を変化させるのが合理的であり、現実にもそのようなタイプ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2ヒンジアーチについて、その断面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

アーチの構造解析は、骨組構造部材をいくつかの要素に分割して、有限要素法を用いて行なっており、有限変形と塑性域の広がり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、逐分的に線形化して解析している。この線形化によって生ずる不釣合は、残差不平衡力を逐次載荷することによって修正を行なっている。

3 解析モデルー変断面2ヒンジアーチ

解析に用いたモデルは図-1に示すような2ヒンジ放物線アーチである。アーチのライズ・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。解析に際しては、アーチをスパン方向に16等分しており、荷重は図に示すように荷重係数Sに応じた集中荷重を、支点を除く全節点に載荷している。なお、載荷状態としては、非対称載荷の他に対称載荷について解析を行なった。アーチリブは箱形断面であり、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 (σ_y :降伏応力)とした。またヤング率は 2.1×10^6 kg/cm²とし、降伏応力は3200 kg/cm²に固定した。

変断面アーチの形状は、図-2のように両支点からスパンの1/4点付近を基準断面とし、ほかのクラウン部及び両支点付近の断面を2段階にわたって減少させたモデルを採用した。これらのモデル形状は、等断面アーチの終局強度及び終局状態における応力状態を検討し、軸力に比べて曲げモーメントが卓越しているような状態を考慮して決定したものであり、更に、変断面アーチとした場合に、断面変化点が応力上弱点とならないように、試行錯誤を繰り返した上で採用したものである。なお、断面減少の方法は、実用的な見地から、フランジ厚のみを減少させるという方法をとった。

以上のようなアーチに対し、細長比(λ)及び荷重係数(S)

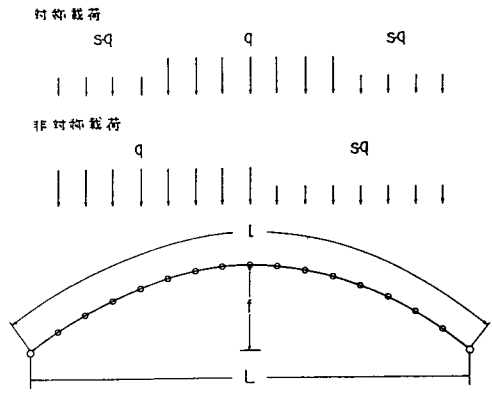
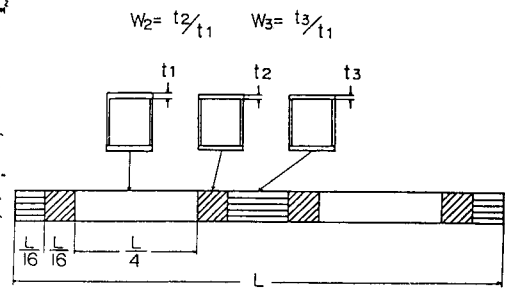


図-1 解析モデル



モデル	W2	W3
B	0.8	0.8
C	0.8	0.6
D	0.8	0.4

図-2 変断面アーチモデル

をそれぞれ次のように変化させて、各ケースについて解析を行なった。

- ・細長比 (λ) 100, 200, 300
- ・荷重係数 (S) 0.50, 0.75, 0.99 (非対称載荷)
 0.50, 0.75 (対称載荷)

4 解析結果及び考察

これまで述べた変断面アーチについて、断面減少による終局強度の変化の様子を表わしたのが図-3及び図-4である。図-3は細長比が100、図-4は細長比が300と比較的スレンダーなアーチの場合のものである。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 P_u で終局強度を無次元化したものである。細長比が100の場合、非対称荷重係数 $S=0.99$ と等分布に近い載荷状態の時及び、対称載荷状態の時、断面減少が終局強度の低下に及ぼす影響は大きく、モデルBで7~8%、モデルDでは20%前後の強度減少がある。これに対し、 $S=0.75$ の時は、モデルDでも5%程度、 $S=0.50$ の場合は1%以下と断面減少はその終局強度にほとんど影響を及ぼしていない。

これに対し、細長比が300の場合を見ると、細長比が100の場合と比較して断面減少による強度低下の割合は全般にかなり小さくなっている。つまり、本解析で用いた変断面アーチモデルに関しては、断面減少が終局強度の低下に及ぼす影響は、等分布に近いあるいは対称な載荷状態にあり、かつ細長比が小さい、軸力が卓越する場合に最も大きく載荷状態が非対称性を増し、あるいは細長比が大きくなり、曲げモーメントが卓越するにつれて、その影響は小さくなっている。

また、ここで、一般に鋼アーチ橋における実用的な荷重係数の範囲である $S=0.50$ 、及び0.75の場合、断面減少の影響により、非対称載荷状態の時の終局強度を、他の載荷状態における終局強度が下回ることはないという結果は注目すべきことである。

また、本研究では、断面減少を表わすパラメーターについても検討を行なったので、その結果についても付記しておく。断面減少の方法として、フランジ厚のみを変化させたもの (α タイプ)、フランジ、ウェブそれぞれの幅、高さ、厚さを同率に減少させたもの (β タイプ) の2つのタイプに対し、断面積、断面2次モーメント、核半径、断面2次半径のそれぞれについて検討を行なった。その結果、図-5に示されるように、断面2次モーメントをパラメーターとした場合に、 α 、 β 両タイプにおいて非常に良い一致を示した。核半径、断面2次半径については、 α 、 β 両タイプの値の間にはかなり差があり、また断面積については、図-5に示されるように、かなり近い値とはなっているが、やはり、断面2次モーメントを断面減少を表わす統一約なパラメーターとするのが適当であると思われる。

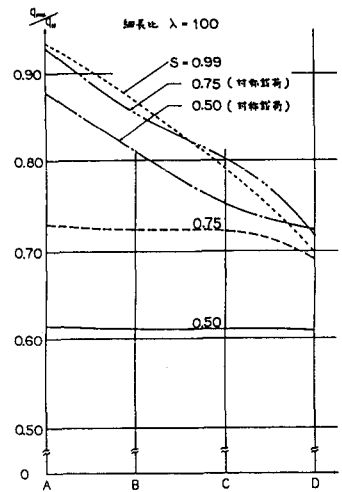


図-3 終局強度特性 ($\lambda=100$)

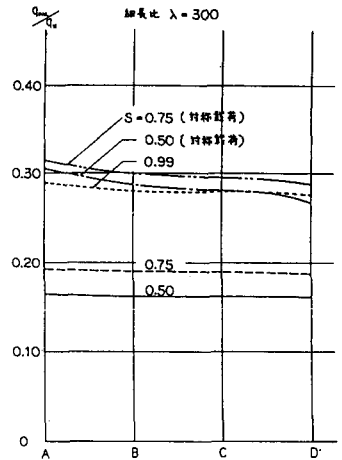


図-4 終局強度特性 ($\lambda=300$)

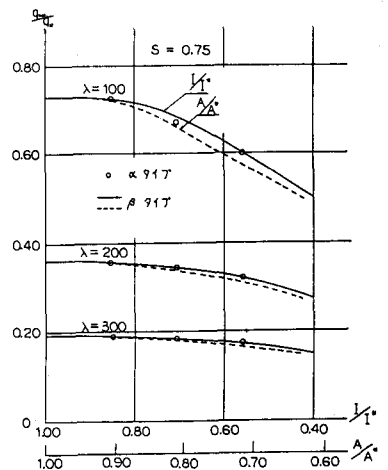


図-5