

I. まえがき

本研究は、変位法を用い 有限変形及び塑性域の拡がりを考慮した固定アーチの耐荷力解析を行ない 種々の計算例により、その特性を調べたものである。これらの非線型性は、荷重増分法を用いることにより線型化して計算を進め、そのために生ずる不つり合いは Newton-Raphson 法により修正している。

II 計算結果

計算で用いたアーチは、Fig.1に示したような ライズ・スパン比($=f/L$)が 0.15 の放物線アーチで、断面は、矩形及びボックス断面を考え、ボックス断面のものでは 溶接による残留応力を考慮している。Fig.1に示している 載荷状態パラメータ S 及び細長比($L/\sqrt{I/A}$)を、種々変化させ それらが耐荷力及び限界状態に至るまでの挙動に与える影響を示す。なお荷重強度は $q_n = 2A\sigma_y \sqrt{\frac{1}{16}(\frac{L}{f})^2 + 1}$ で無次元化している。

II-1 載荷状態の影響

Fig.2は、 $\lambda=150$ のアーチについて S を 0.0~0.99まで変化させた時の 最大荷重及び最大たわみ量を示したものである。最大荷重は $S=0.99$ に比べ、矩形断面及びボックス断面アーチともに $S=0.75$ で 25% $S=0.5$ で 40% $S=0.25$ で 45% $S=0.0$ で 50% 程度小さな値となっており、荷重の非対称性が大きくなるに従い耐荷力は低下することを示している。Fig.3は $\lambda=150$ のボックス断面アーチの限界状態における塑性域の拡がりを示したものである。載荷状態により、塑性域の拡がる部分は多少異なるが、両スプリングにおいて塑性化が最も進行していることが分る。また $S=0.99$ のような 等分布荷重に近いような載荷状態のもとでは、塑性域で徐荷の状態にある部分がかかり見うけられる。

II-2 細長比の影響

Fig.4は、細長比が耐荷力に与える影響を調べたものである。アーチがスレンダーになるに従い、耐荷力は低下している。特に $S=0.5$ の場合にその傾向が著しく $\lambda=75$ のものに対して、矩形断面及びボックス断面アーチともに $\lambda=100$ では 15% $\lambda=150$ では 40% $\lambda=200$ では 55% 程度低下している。このことは、荷重の非対称性が大きい場合、アーチがスレンダーになるに従って変形の影響が大きくなり、材料強度が十分に発揮されないうちに限界状態に達してしまうためと考えられる。また図では示さなかったが、 $S=0.99$ における $\lambda=200$ の矩形断面アーチでは、限界状態において左スプリング及びクラウン付近がわずかに塑性化してしているだけで、他の部分は弾性域にあり、その崩壊が、弾性座屈に近いものであることが分る。またスプリングにおける 曲げモーメント-軸力の関係を調べてみると $S=0.99$ において $\lambda=75, 100$ の矩形断面アーチでは、最大強度相関曲線に沿って曲げモーメントが著しく減少しながら限界状態に至っているのに対しボックス断面アーチでは、そのような傾向はなく、それぞれ断面の特徴をよく示している。

II-3 塑性域における徐荷の影響

II-1 でも少し触れたが $S=0.5$ のような場合、矩形断面アーチ

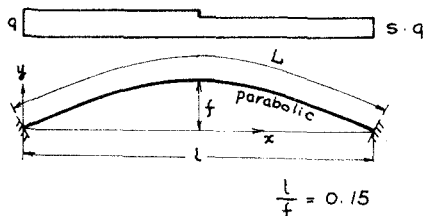


Fig. 1

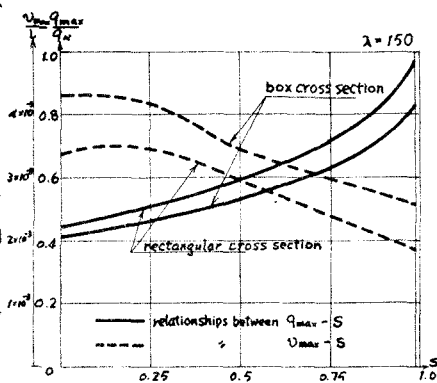


Fig. 2

では、限界状態に至るまで、ほとんど徐荷は起こらず、ボックス断面においても Fig. 3 に示すように徐荷のある部分は、わずかである。そして徐荷を考慮した場合としない場合とでも耐荷力は全く等しい。これに対し $S=0.99$ のような等分布荷重に近い載荷状態のもとでは、徐荷のある部分が相当あり、耐荷力もその影響により、ボックス断面アーチでは $\lambda=75 \sim 200$ のもので $-3 \sim +4\%$ 程度の差がある。

II-4 変断面固定アーチの耐荷力

Fig. 3 により固定アーチの場合、いかなる載荷状態のもとでもスプリング近傍の塑性化が最も進行していることが分かる。実際、固定アーチの設計を行なう場合、アーチ全長にわたって等断面とすることはまずなく、スプリング近傍の断面剛性を中央部分より大きくするのが普通である。Fig. 6 はスプリングの剛性を変化させることにより、どの程度耐荷力の増加が期待できるか、またスプリングの剛性をどの程度増せば有効かを調べたものである。C はスプリングの断面剛性の変化倍率であり、それぞれの変断面アーチでは、断面の急激な変化を避けるよう考慮している。Fig. 6 より、等断面アーチに比べ $C=2.0$ とした場合は 22% 、 $C=4.0$ では 28% 、 $C=8.0$ では 34% の耐荷力増加が期待できる。しかし $C=4.0$ 及び 8.0 の変断面アーチでは、断面の変化する部分の塑性化が、他よりも進行し、かえって、その部分が弱点となっている。従って $\lambda=150$ のボックス断面アーチでは $C=2.0$ とする場合が最も有効と考えられるが、限界状態における最大たわみ値も、等断面アーチより幾分大きめとなっている。

II 結論

1. 荷重の非対称性が大きくなるに従い、耐荷力は低下し、変形量は大きくなる。
2. 限界状態における塑性域の拡がりや、載荷状態により多少異なるが、両スプリングにおいて、塑性化が最も進行している。
3. 耐荷力は、アーチがスレンダーになるに従って低下する。特に、荷重の非対称性が大きい時、その傾向が大きい。
4. 等分布荷重に近い載荷状態のもとでは、徐荷を考慮した場合としない場合とでは、耐荷力は異なる。しかし、非対称性の大きい載荷状態の場合は、全く一致する。
5. スプリング近傍の断面剛性を適当に増やすことにより、有効に耐荷力を増加させることができる。

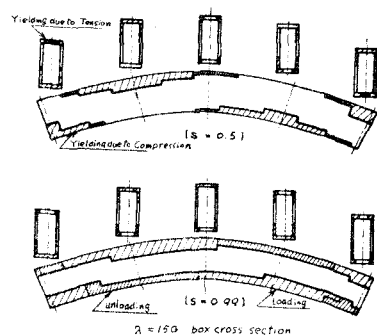


Fig. 3

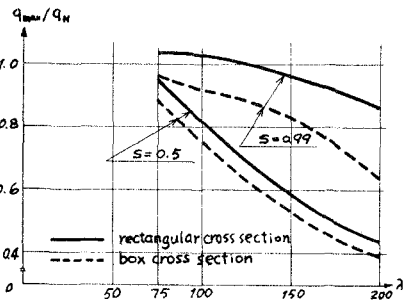


Fig. 4

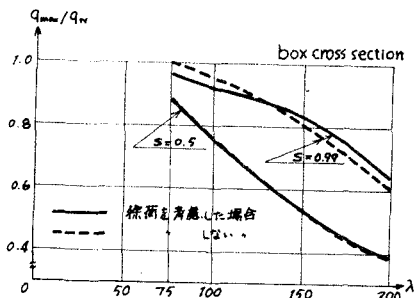


Fig. 5

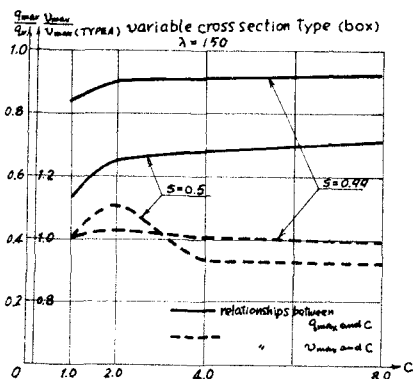


Fig. 6