

1. まえがき

本文は、3.7、図-1. a に示すような固定鋼アーチの面内崩壊に至るまでの挙動を数値シミュレーションにより検討し、その耐荷力特性を明らかにし、次に、その結果を基にして、ある簡便な式で面内極限強度と実用的に評価する方法を提示するものである。極限強度解析では、断面内及び部材軸方向の塑性域の拡がり、溶接による残留応力度、垂反転による除荷、等の材料非線形性及び有限変形による幾何学的非線形挙動が考慮されている¹⁾。これらの非線形挙動は、接線剛性法を組み込んだ荷重増分法と修正 Newton-Raphson 法と併用した有限要素法を用いて数値解析がなされている^{1), 2)}。パラメトリックな解析検討は、実橋の構造諸元等を考慮して、下記の範囲で行った。

$$\lambda = 100 \sim 300 ; h/L = 0.1 \sim 0.3$$

$$\sigma_y = 240 \sim 480 \text{ N/mm}^2 ; r = 0.5 \sim 0.99 ;$$

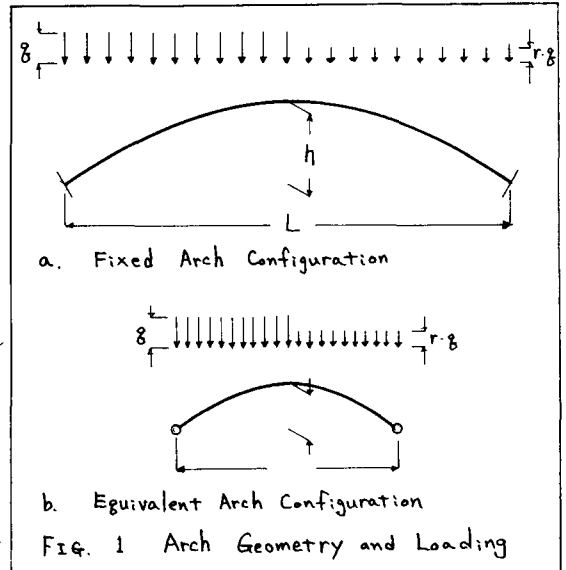
ここに、 λ = アーチ軸線長で定義した細長比、 h/L = ライズースパン比、 σ_y = 降伏応力度、 r = 鉛直荷重の非対称性強度を表す係数、である。

2. 極限強度特性

これら2に行、固定鋼アーチの極限強度に関する検討の結果、得られた主たる特性は、i) 固定鋼アーチの極限強度に影響を及ぼす主たる構造諸元パラメーターは、細長比、降伏応力度、ライズースパン比、及び荷重の非対称性強度であること、ii) 非対称荷重形状の方が、対称荷重形状より低い極限強度を与えること、iii) 終局的には曲げ変形が卓越して崩壊に至ること、iv) 崩壊に至る過程で起拱部に垂反転による除荷域が発生するが、本除荷現象が極限強度に及ぼす影響は顕著ではないこと、v) 上記範囲内での固定鋼アーチは、塑性ヒンジ形成以前に崩壊に至ること、vi) 支承端部における角変形拘束は、崩壊に至るまで持続されること、等である。

3. 極限強度実用評価

固定アーチの極限強度と実用的に評価しようとする時、この強度特性をある簡便な補正を行、2ヒンジアーチのそれに組み込むことが出来れば強度設計上極めて便利なものとなる。ここでは、このような観点から、固定アーチの極限強度実用評価を試みるものである。固定鋼アーチの極限強度に関する基本的な特性 i), ii), iii), v) は2ヒンジアーチのそれと^{1), 2)}と同様である。又、iv) は固定アーチ特有の性状で興味深い現象にはあるが、極限強度問題に限るとすれば、2ヒンジアーチとの差異として注目する必要があるものと思われる。以上より、固定アーチの極限強度は、定性的には2ヒンジアーチのそれとほぼ同様な傾向を示していると言えよう。結局、両者の差異として考慮すべき事項はvi)であり、これが両者の定量的な差異を与えている。即ち、古典的な分岐座屈の場合と同様に、端部における角変形の拘束が2ヒンジアーチより高い極限強度を与え主要



図であると言える。従って、拘束が強度に及ぼす影響として最も基本的かつ簡便な概念である等価座屈長を用いた等価アーチの概念を導入して、2ヒンジアーチの極限強度をとりわけを行った。図-2は古典的な分岐座屈解析により固定アーチの等価座屈長を評価する補正係数 $\sqrt{B}$ を算定した結果は、図解分析により導出した実用算定式を示したものである。

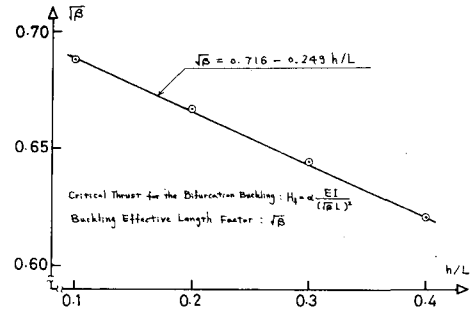
$$\sqrt{B} = 0.716 - 0.249 h/L \quad \dots \dots \dots (1)$$


FIG. 2 $\sqrt{B} - h/L$ Relationship

以後、本算定式を用いて補正係数 $\sqrt{B}$ を評価することとする。図-3, 4は細長比 λ とアーチリブの各節点に同じ大きさの集中荷重を載荷した時、軸力のみに起拱部に降伏が生じた場合の一次解析算定荷重強度 $\delta_p^{(1)}$ と無次元化した極限荷重強度 δ_{max} との相関関係を示している。図中の実線は2ヒンジアーチの極限荷重強度を表わしている。●, ○, ⊗印は、対象固定アーチの極限強度と、それと同じ鋼材、断面、ライズ・スパン比、荷重形状を有し、 $\sqrt{B}L$ なる径間長を有する2ヒンジアーチ（以後、等価アーチと呼称）が有する場合の結果を表わしている。等価アーチ細長比 $\lambda_{eq,f}$ は

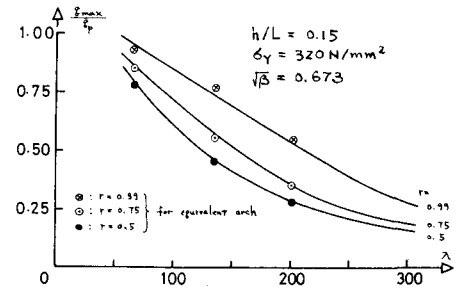


FIG. 3 $\delta_{max}/\delta_p - \lambda$ Relationship

$$\lambda_{eq,f} = \sqrt{B} L / r_x \quad \dots \dots \dots (2)$$

で表わされる。ここに L/r_x は対象固定アーチの細長比である。これらの検討結果より、補正係数を用いた等価アーチの概念は、実用上許容し得る精度で固定鋼アーチの極限荷重強度を評価出来る。図-5は、極限荷重を受けける2ヒンジアーチに対して一次解析により算定したアーチリブ1/4点での軸力 N_{max}^{1st} と曲げモーメント M_{max}^{1st} の相関曲線で極限強度を表わしたものの一部である。図中の●, ⊗印は、等価アーチの概念を用いて評価した場合の結果も示している。これより行、た検討結果より、上述した相関曲線で極限強度を評価する場合も、ここで提案した等価アーチの概念は、実用的観点からして有効であると思われる。

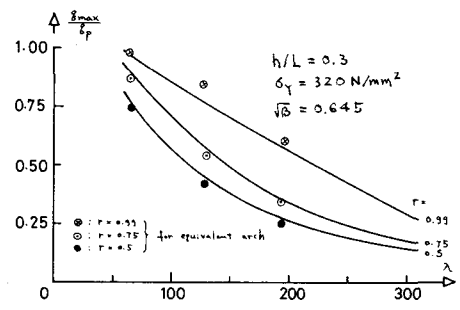


FIG. 4 $\delta_{max}/\delta_p - \lambda$ Relationship

4. あとがき

ここでは等断面の場合についての検討を行ったので、今後は、固定アーチによく用いられる変断面に対する適切な評価方法も検討する必要がある。

《参考文献》

- 1) Kuranishi, S. and Yabuki, T., "Some Numerical Estimation of the Ultimate In-Plane Strength of Two-Hinged Steel Arches," Proc. of JSCE, No. 287.
- 2) Kuranishi, S. and Yabuki, T., "Ultimate Strength Design Criteria for Two-Hinged Steel Arch Structures," Proc. of JSCE (submitted).

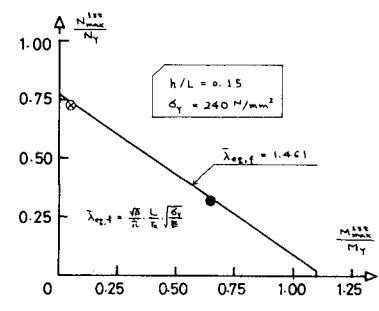


FIG. 5 $N_{max}^{1st}/N_Y - M_{max}^{1st}/M_Y$ Relationship