

I-38

補剛桁を有する鋼固定アーチの終局強度特性

琉球大学工学部 正員 矢吹 哲哉

琉球大学工学部 正員 渡嘉敷直彦

琉球大学工学部 正員 有住 康則

1. まえがき：固定アーチ単体の終局強度については、これまでにその特性検討及び実用算定式提案等がなされ、設計上有用な資料が整えられつつあるが、しかし、補剛桁の影響をも考慮した固定アーチ橋の終局強度については未だ十分に検討されておらず、強度設計への有益な提言がなされるまでには至っていない現状にある。そこで本研究では、終局強度に関するパラメトリック数値解析を行い、補剛桁の影響を考慮した上路式固定アーチの基本的な面内終局強度性状を検討した。そして特に、端パネル間部材座屈と構造系全体崩壊との相関関係を明確にし、その連成強度評価の提言を行った。

2. 数値モデル化：本研究では、図-1に示すような放物線形状軸線を有する固定アーチに、上路式補剛桁がポストを介してピン連結されているアーチ橋構造を対象とした。補剛桁は、ローラー支承上に乗、更にクラウン部でアーチリブに剛結されている。アーチリブは箱形断面を、又、補剛桁はI形断面を有しており、それぞれ図-1に示すようなモデル化された残留応力が考慮されている。荷重は、上路式アーチ橋の細部構造を考慮して、ポスト上に図-1に示すような集中荷重 q を左側半分へ、 rq を右側半分に載荷した。これまでの上路式補剛アーチ橋架設実績及び予備解析の結果等を踏まえて、パネル数は10パネルを基準のものとしてモデル化し、その他の構造諸元は下記の範囲で変化させてパラメトリック解析を行った； $R/L = 0.1 - 0.3$ ； $\lambda_T = 100 - 300$ ； $I_d/I_a = 0.1 - 10$ ； $r = 0 - 0.99$ ； $E/F_Y = 457 - 875$ 。ここで、 R 、 L =ライズ及びスパン長； λ_T =構造系全体としての細長比= $L_s/\sqrt{(I_a+I_d)/A_a}$ ； I_a 、 I_d =アーチリブ及び補剛桁の断面二次モーメント； A_a =アーチリブ断面積； $E=2.1 \times 10^6$ kg/cm²； F_Y =降伏点応力度。

3. 終局強度特性：図-2に、終局状態に至るまでの荷重-変形関係の代表的例を示す。ここに、荷重 q は、軸力のみによってアーチリブのスプリング部が全断面降伏する荷重 q_p で無次元化されている。図中には比較のため幾何学的非線形のみを考慮した弾性有限変形解析法による弾性不安定解析結果も示されている。一般的傾向として、荷重の非対称が顕著になる程、終局時変形は大きくなること解る。図-3、4には、終局状態に至るまでのアーチリブ増分変形モードが示されている。図-3に示した非対称荷重の例($r=0.5$)の場合には、初期荷重状態から終局荷重状態に至るまで一貫して曲げ変形が卓越する増分変形モードを示している。他方、図-4に示した準満載荷重($r=0.99$)の場合、低い荷重レベルでは軸圧縮変形が卓越する増分変形モードを示すが、終局状態直前で、曲げ変形モードが卓越し、崩壊に至る所謂非弾性座屈挙動を呈している。終局状態でのアーチリブ曲げモーメント図を示したのが図-5である。同図より、上路式補剛アーチ橋のアーチリブは、パネル間で梁-柱的挙動を示すことが解る。この傾向は、特に軸圧縮力が卓越する荷重状態の時顕著となる。終局強度に関するパラメトリック解析結果を、2ヒンジの場合と比較して検討した結果、上路式補剛固定ア

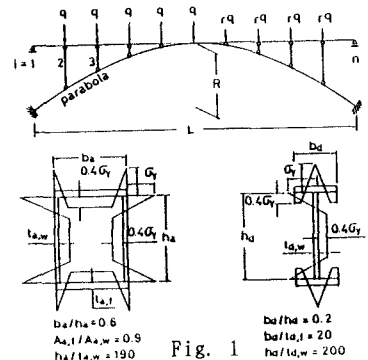


Fig. 1

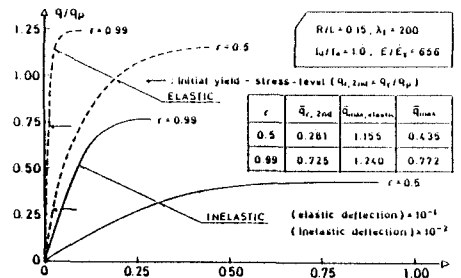


Fig. 2 Vertical Deflection at the Quarter Pt. / Arch Span

一チの終局強度は、定性的には2ヒンジにした場合とほぼ同様で、定量的には平均して約34%程度2ヒンジのものより強度の増加が期待出来ることが解った。

4. 連成強度評価：アーチリブに卓越した軸圧縮力が作用する場合、パネル間の細長比が大きくなると前述した梁-柱挙動がパネル間で部材座屈を引き起こすことが考えられる。

図-6は、端パネル間でこうした部材座屈が生じた例を示している。 　　こうした場合、終局強度は端パネル間部材座屈と構造系全体崩壊との連成強度として評価する必要がある。 　　一般に、このような連成強度を簡便に評価しようとする場合、次式に示す強度低減の方策を提案することが出来る。

$$q_{\max, \text{interact}} = (\sigma_{\text{cug, local}} / \sigma_{\text{cug, overall}}) q_{\max, \text{overall}}$$

ここに、 $q_{\max, \text{interact}}$ =連成を考慮するアーチ橋の面内終局強度； $\sigma_{\text{cug, local}}$ =連成を考慮するアーチ橋の端パネル間梁-柱モデル座屈強度を、柱強度公式 σ_{cug} で評価した値；

$\sigma_{\text{cug, overall}}$ =構造系全体崩壊に至るまで、端パネル間部材座屈が生じない場合の端パネル間梁-柱モデル部材座屈強度を、柱強度公式 σ_{cug} で評価した値； $q_{\max, \text{overall}}$ =構造系全体崩壊に至るまで、端パネル間部材座屈が生じない場合の面内終局強度。

ただし、 $q_{\max, \text{interact}}$ を与えるアーチ橋と $q_{\max, \text{overall}}$ を与えるものの構造諸元は、パネル数（即ち、端パネル間梁-柱モデル部材細長比）を除いて、他は全て同じである。 　　本研究では、柱強度公式 σ_{cug} として土木学会鋼構造設計指針規定のものを採用した。 　　ただし、端パネル間梁-柱モデルの支承条件を考慮して、等価座屈長係数0.9を用いた。 　　本連成強度照査式の精度を検討した結果の代表的な例を示したのが図-7である。 　　ここで、 $q_{\max, \text{overall}}$ を与えるアーチ橋構造として、10パネルのものを採用した。 　　本研究での検討結果より、本提案式は連成強度を実用上十分な精度で評価し得ると云えよう。

5. まとめ：本研究で、上路式補剛桁を有する固定鋼アーチ橋の基本的な面内終局強度特性が明かになった。 　　又、端パネル間のアーチリブで生ずる梁-柱部材としての座屈がアーチ橋の全体強度に及ぼす影響が検討され、端パネル間部材座屈と構造系全体崩壊との連成強度実用評価法の提案が行われた。 　　今後、これらの解析結果を基にして、合理的な上路式固定アーチ橋の終局強度設計法の提案を行う必要があろう。

参考文献：Yabuki, Lu and Kuranishi: Ultimate Strength Design Aid for Fixed-End Steel Arches under Vertical Loads, Proc. of JSCE, Vol.14, No.1, 1987.

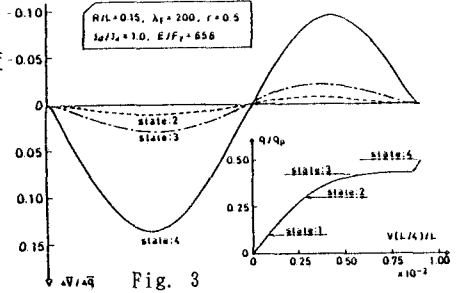


Fig. 3

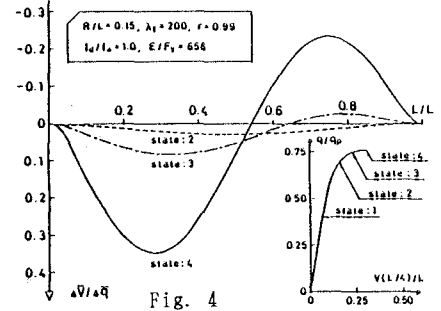


Fig. 4

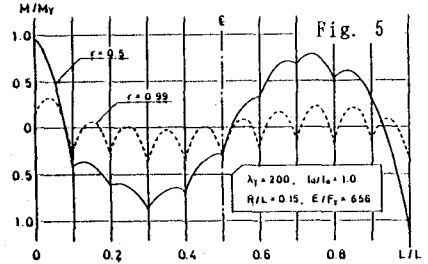


Fig. 5

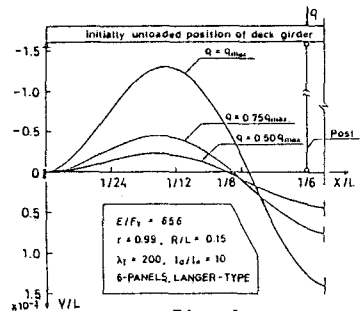


Fig. 6

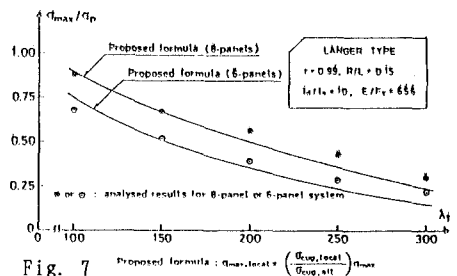


Fig. 7