

長大 RC アーチ橋の耐荷力解析

名古屋大学工学部 学生会員○谷口 勝彦
名古屋大学大学院 学生会員 姫野 正太郎
名古屋大学大学院 正会員 田邊 忠顕

1.はじめに

コンクリートアーチ橋は、その構造が本質的に優れていること、また独特の景観美を有するため、近年数多く採用されている。現在、我が国にはスパンが 200m を超えるコンクリートアーチ橋が建設中のものを含め 5 本存在し、今後はさらなる長大化が予測される。本研究では、長大化するコンクリートアーチ橋の構造上問題点がどこに存在するかを解析的に評価することを目的とし、現在建設されたアーチ橋の構造特性を考察する。

2.解析理論

従来、はり理論を用いた数値解析は、微小変形理論に基づき、せん断変形が無視されるのがほとんどであったが、本研究で解析対象とする長スパン構造では、材料的非線形性はもちろん、幾何学的非線形要因を慎重かつできるだけ正確に考慮する必要がある。そこで、せん断変形を考慮した 3 次元 12 自由度はり要素を図-1 に示すような座標系に置き、非線形有限変形理論に基づく解析手法を用いた¹⁾。

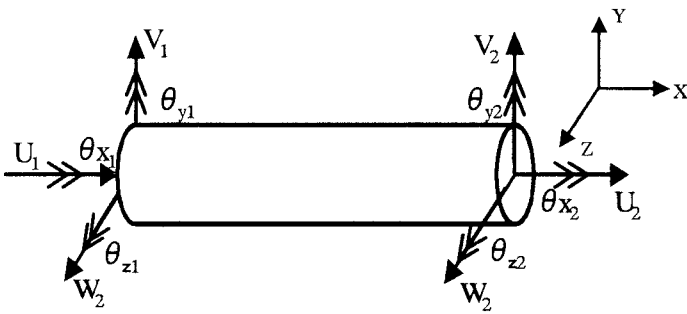


図-1 3次元12自由度はり要素

はり要素の仮想仕事方程式より、本解析で用いる剛性方程式は次式で与えられる。

$$([K]+[K_g])\{\Delta d\}=\{\Delta F\}+\{\Delta F_g\}$$

(1)

ここで、 $\{F_g\}$ は増分荷重を与える以前の状態における釣合方程式が完全に満たされないために生じる不平衡力である。また $[K]$ は構造物の微小変位の剛性マトリクス、 $[K_g]$ は幾何剛性マトリクスであり、 $([K]+[K_g])$ が接線剛性マトリクスである²⁾。

さらに本研究では、構造不安定問題を検討するために、固有値解析を行う。構造が不安定となる固有値が零の点は 2ヶ所存在する。1つは limit point と呼ばれる荷重増分が正から負になる点であり、最大荷重点がそれに相当する。もう一つは、bifurcation point (分岐点) と呼ばれる荷重ベクトルと固有ベクトルが直交する関係にある点であり、fundamental path (基本的な変形経路) と異なる bifurcation path (分岐経路) の発端となる点である。

3.解析概要

我が国におけるスパンが 200m を超える 5 本のコンクリートアーチ橋の諸元を表-1 に示す。

解析ではアーチリブのみの構造を考え、アーチリブの自重や柱、横桁、上路をアーチリブとの接点にかかる死荷重として考える。今回の解析ではアーチ

表-1 アーチ橋の諸元

No.	橋 名	構造形式	橋長 (m)	スパン (m)	スパン・ライズ比 L/f	完成年
1	富士川橋	複合・固定上路	381.0	265.0	6.5	施工中
2	高松大橋	固定上路	370.0	260.0	8.0	施工中
3	別府明礬橋	固定上路	411.0	235.0	6.6	1989
4	宇佐川橋	固定上路	332.5	204.0	6.9	1982
5	池田湖橋	5径間ハーフスパン	705.0	200.0		施工中

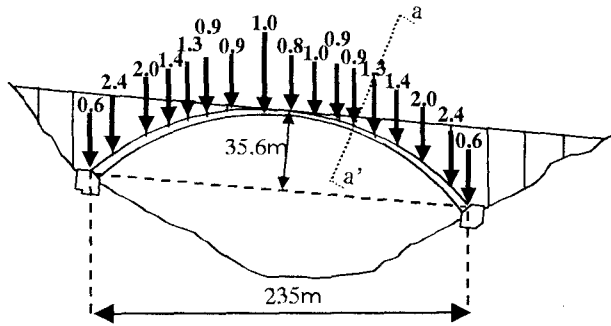


図-2 死荷重の割合

頂部を変位制御し、それ以外の節点には、それぞれ頂部の全死荷重に対する各節点の全死荷重の比と同じ割合で頂部と同様に荷重を徐々に与えることとした。つまり、変位制御と荷重制御を混合している。境界条件は両端固定とした。

4. 解析結果

一例として、別府明礬橋の解析結果を示す。図-2に、頂部死荷重を 1 とした時の各鉛直材節点における死荷重の割合を示す。また、図-3 に別府明礬橋のアーチリブの断面図を示す。

図-4 は、別府明礬橋においてアーチリブ頂部鉛直変位を変位制御し、鉛直荷重のみを載荷した時の頂部の荷重－変位関係を示したものである。荷重は、図-2 の頂部節点における値である。また、図-5 に自重載荷状態で自重の比率を保持しながら、頂部水平方向を変位制御することで得られた、頂部の荷重－変位曲線を示す。この場合にも水平荷重は図-2 に示す割合で作用させている。

図-4 より、鉛直荷重のみを載荷した場合には自重の 2.2 倍程度で最大耐荷力に達することが示された。

また、図-5 の結果より 0.61G まで水平耐荷力を持つことがわかり、1989 年当時の設計基準を満たしていることが示された。しかし、平成 8 年には耐震設計基準が改正となっており、その基準を満たしているかどうか検討が必要である。この問題点の他、固有値解析の結果も当日に発表する予定である。

5. まとめ

スパンが 200m を超えるアーチ橋として別府明礬橋の解析を行ったが、解析上の特異点, bifurcation point で起こりうる現象の推定などを通して、さらに設計上の問題点を検討していきたい。

参考文献

- 1) 姫野正太郎, 田邊忠顕: 長大スパンコンクリートアーチ橋の非線形動的解析, コンクリート工学年次論文報告集 Vo.21, No.3, 1999
- 2) 中村光: コンクリート構造のポストピーク挙動に関する解析的研究, 名古屋大学博士論文, 1992

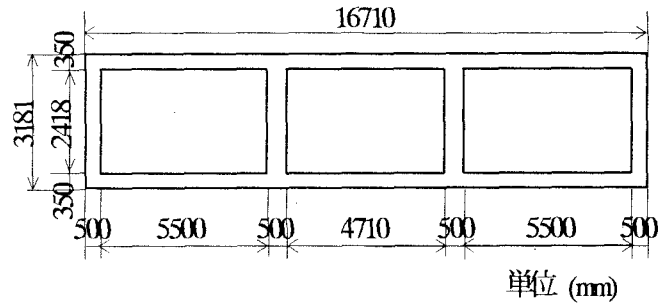


図-3 別府明礬橋 (a-a') アーチリブ断面

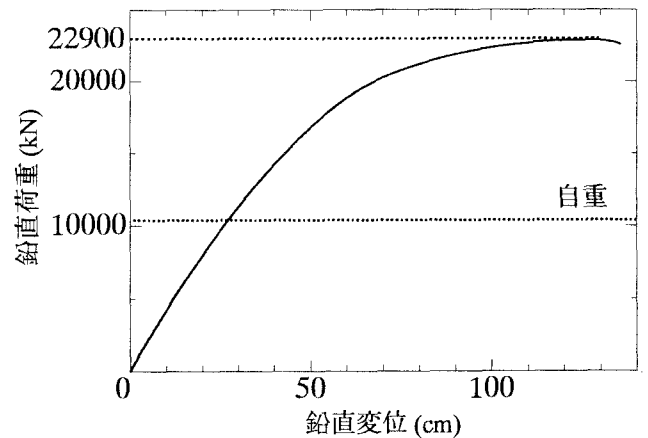


図-4 荷重－変位曲線（鉛直方向）

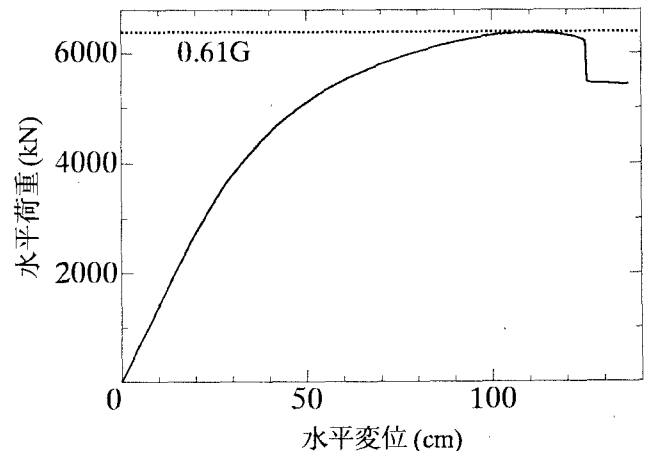


図-5 荷重－変位曲線（水平方向）