

I - 289

FEM解析による石積みアーチ橋の安全性評価

ショーボンド建設(株) 正員○松原茂男 正員 岳尾弘洋
 川田テクノシステム(株) 西村寧人 正員 西土隆幸
 東海大学 正員 島崎洋治

1. まえがき

多くの石積みアーチ橋は、今も日本各地に現存し供用されている。しかしながら、それらのアーチ橋は、現行の道示¹⁾では取り扱われておらず、道示に基づいた安全性を評価することは困難な作業といえる。そこで本文では、アーチ橋の特性を考慮に入れたFEM解析による安全性評価を試みた。

2. 対象橋梁

対象とした橋梁は、昭和20年に架設された 橋長46.00m 橋幅 3.85m 溶結凝灰岩使用の3連アーチ橋である。その一般図を図-1 に示す。

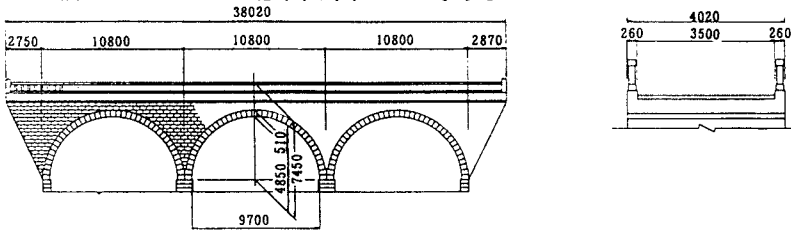


図-1 照査橋一般図

3. 解析概要

本解析では、各々のアーチリブの変形が他のアーチリブに与える影響が小さいとして、図-1の中央部分のアーチのみを対象とした。本橋では、アーチリブ上の石積み部分はアーチリブとは異なり、表面のみが石積みで、その中は砂利が敷き詰めてある。そのため、解析上のモデル化としてはアーチリブのみを考慮し、その上の部分は剛性を持たず、自重のみ存在すると考え、その自重をアーチリブに載荷させた。また、アーチリブの石と石の間の目地部は、引張り力には抵抗しないと仮定した。

道示によれば、本橋の形状では、アーチリブの軸線移動の影響を考慮する必要があることから、まず、最初にアーチリブを棒モデルに置き換え、微小変位解析(弾性解析)と有限変位解析を行ない、その軸線移動の影響を確認した。その結果、両者の差異はほとんどなく、微小変位解析を用いればよいことが確認できた。

FEM解析に使用した要素は、平面ひずみ要素で、図-2にその解析モデルを示す。荷重ケースは、道示に従い死荷重時、活荷重時(全載、半載)、および地震時の4つを考慮した。地震時荷重に関しては、自重による水平力と、アーチリブのみをモデル化しているためにアーチリブ上部の水平力により生ずる偏心曲げモーメントとをアーチリブに与えた。水平震度は0.11とした。

今回FEM解析は、弾性解析と材料の非線形性を考慮した解析の2種類を行なった。材料の非線形性というのは、石積みアーチに引張り応力が発生した場合、目地材は効かないという仮定を考慮するためのものである。実際には、弾性解析の結果より、引張り応力状態となる節点を切り離し解析を行なった。

4. 解析結果と考察

(1) 引張り応力範囲の比較

図-3は、死荷重時のアーチリブの軸応力を示し

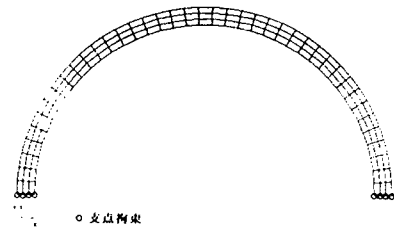


図-2 解析モデル図

たコンタ図である。この図より、死荷重時の引張り応力範囲は、特にアーチクラウン部と支点部に見られる。また、活荷重時に関しても死荷重時と同様の傾向が見られた。図-4 は、地震時のアーチリブの軸応力を示したコンタ図で、死荷重時、活荷重時とは引張り応力範囲が全く異なり、その範囲はアーチリブ全体に及んでいる。

（2）作用応力の比較

死荷重時は、図-3 より最大圧縮応力値はアーチ支点部で 18.0kgf/cm^2 最大引張り応力値は、アーチクラウン部で 4.0kgf/cm^2 という結果が得られた。活荷重時は、死荷重時に対して圧縮応力で約2割、引張り応力は約6割大きな値となった。地震時は、最大圧縮応力値は支点部で 9.7kgf/cm^2 最大引張り応力値は支点部で 9.7kgf/cm^2 という結果を得た。これらの作用応力が石の許容応力以下であれば安全といえる。しかし、前述のように、目地部は引張り力には抵抗しないという仮定から、材料の非線形性を考慮し、その結果に基づく応力照査が必要となる。

（3）材料の非線形性を考慮した解析結果

材料非線形性を考慮した解析を行なったところ、死荷重時、活荷重時に関しては、圧縮応力のみが作用する状態が得られた。活荷重時の最大圧縮応力値は、支点部で 24.8kgf/cm^2 となった。図-5は、活荷重時の解析結果である。一方、地震時に関しては引張り応力はなくなり、最大圧縮応力値は、支点部で 12.2kgf/cm^2 最大引張り応力値は支点部で 12.6kgf/cm^2 となった。

（4）安全性の評価

アーチリブに用いられている岩石は、火山活動に伴う火山碎屑物が堆積過程で碎屑物の持つ熱で溶融し凝結してできた溶結凝灰岩である。ユータキシチック構造と呼ばれる方向性を持った筋を有しているのが特徴である。溶結凝灰岩の物性についての資料は少ないが、石造アーチにおいての圧縮強度は $98.8\sim 106.4\text{kgf/cm}^2$ との報告²⁾ がなされている。この数値より、今回算出した圧縮応力度は許容できるものと判断する。

5. あとがき

本解析では、モデル化の際、かなり安全側の評価をしており、剛性評価や地震時荷重などは適切に表現できなかった項目である。今後、立体モデルによる精度の高い解析を行ない、本橋の安全性評価を実施したいと考えている。

1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説、平成6年 2月

2) 社団法人土木学会西部支部：土木学会西部支部研究発表会講演概要集 平成6年度
「石造アーチ橋に用いられる溶結凝灰岩の力学定数を求める実験」

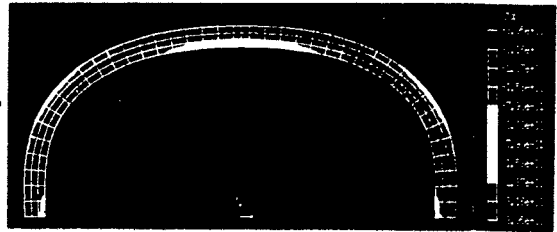


図-3 弾性解析死荷重時コンタ図

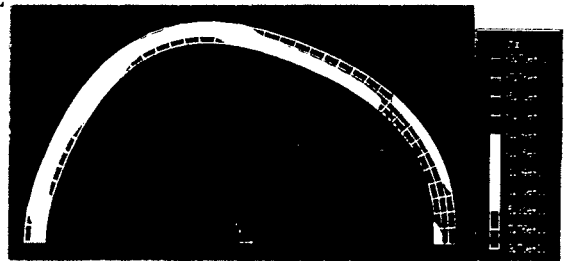


図-4 弾性解析地震時コンタ図

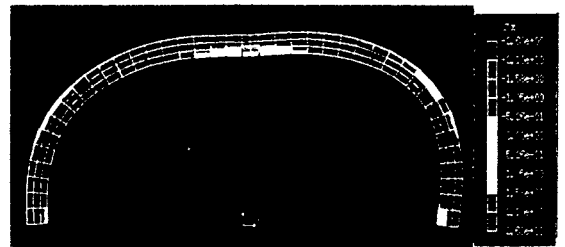


図-5 材料非線形性考慮活荷重時コンタ図