

レンガアーチ橋の材料特性を考慮した数値モデル化に関する一検討

立命館大学 学生会員 ○岸 祐介
立命館大学 正会員 野阪 克義
立命館大学 正会員 伊津野和行

1. はじめに

組積構造物の解析に関して、目地の強度が期待できないアドベ構造では個別要素法や不連続変形法が用いられることが多い。一方、目地にモルタルを用いたレンガ構造は有限要素法を用いることが可能である。有限要素法は小変形領域での解析において、応力の出力や変形の把握など、安定して精度の良い結果が期待できる。

本研究では、目地にモルタルを用いたレンガ構造を連続体として扱い、有限要素法を用いた荷重増分解析に関して、降伏の考慮による基礎的な検討を行った。

2. 解析概要

解析には、汎用有限要素解析ソフト Marc を用いた。解析は二次元問題を扱うため図 1 に示すような、単径間の平面アーチ橋モデルとした。解析モデルに関して、レンガと目地のそれぞれを要素分割したモデル (Arch-A, 要素数 15693) と、解析ソフトの自動メッシュ分割機能を用いたモデル (Arch-B, 要素数 8356) を作成した。Arch-A のようなレンガと目地で要素分割をするモデルの作成は非常に手間のかかるため、橋梁のような長大構造物をモデル化するには現実的では無い。そこで簡易なモデルでも構造物の挙動および破壊が検討可能であるかを確認するため、Arch-B モデルを用意した。両モデルの材料特性として、降伏を考慮した場合と考慮していない場合に関する検討を行った。但し、Arch-A は目地部でのみ降伏を考慮し、Arch-B ではすべての要素で降伏を考慮することとした。Arch-A, Arch-B に用いた材料特性を表 1 に示す。表 1 の値はレンガと目地で構成された圧縮試験体から得られた弾性係数を Arch-B, その結果からレンガと目地の弾性係数を算定したものを Arch-A の値としている。また、弾性係数は圧縮と引張で異なることがあるため、今回は引張の弾性係数を圧縮の 4 分の 1 の値とした。降伏強度は引張で 1.1MPa, 圧縮で 9.0MPa とした。境界条件としては、

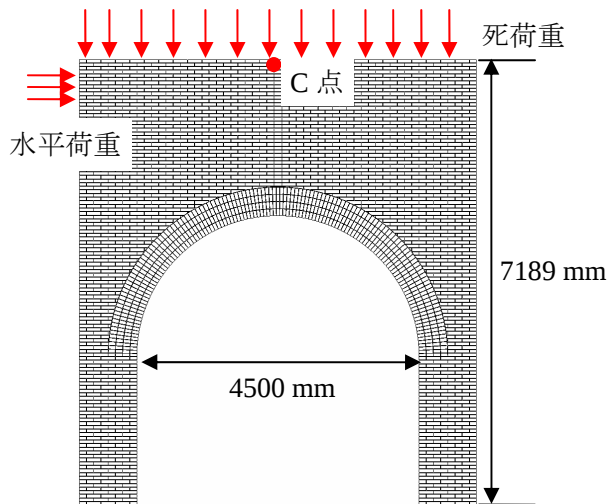


図 1 解析モデル

表 1 アーチ橋の弾性係数

	レンガ		目地	
	引張	圧縮	引張	圧縮
Arch-A	2000	8000	1714	6856
Arch-B	2060	8241	2060	8241

(MPa)

表 2 単位体積重量

レンガ	18.0
目地	21.0
自動メッシュモデル (均質)	18.5

(kN/m³)

橋脚底部の並進 3 方向を固定した。また表 2 に示す単位体積重量の値を用いて死荷重を考慮し、アーチ橋上部に橋軸方向の水平荷重を作用させた。表 2 の自動メッシュモデルの値はレンガと目地で構成されたアーチ橋の重量から、対象を均質の材料で構成した場合の単位体積重量を算定した数値である。水平荷重の値はアーチ部分で降伏が生じ、その降伏の進行が明確に確認できることを目安に、80kN まで載荷とした。

3. 解析結果

図 2 はアーチ橋上部における荷重－変位曲線である。まず降伏を考慮していない場合の Arch-A と Arch-B の荷重－変位の履歴を比較すると、最終変位量が Arch-A

キーワード 組積構造, アーチ橋, 有限要素法, 静的解析

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学理工学部 TEL. 077-561-3770

で 9.3mm, Arch-B で 8.8mm となり, 勾配に少し差が現れているものの 80kN まで作用させた段階では, アーチ全体として生じる変位量に 5.4%程度の差しか現れていないことが確認できる. この結果より, 今回使用した自動メッシュ分割モデルは降伏を考慮しない静的解析において, レンガ・目地で要素を分割したモデルと同程度の解析結果を得られることが確認できた.

次に Arch-A において降伏を考慮した場合と考慮していない場合の結果を比較すると, 80kN 載荷時の変位量は降伏を考慮した場合 9.7mm となり, 降伏しない場合より 4.3%程度しか変位量が増加しないことが確認できる. 一方, Arch-B において降伏を考慮した場合の結果を見ると, 80kN 載荷時の変位量は 65.3mm となり, 降伏を考慮していない場合と比べて考慮した場合の影響が明確に現れた. Arch-A で目地のみで降伏を考慮した場合と, Arch-B で全体の降伏を考慮した場合で変位量に差が生じるのは, Arch-A ではアーチ全体に占める降伏する要素の割合が小さいためである.

図 3 はアーチ内側において降伏が開始した時点と 80kN 作用時の, Arch-A, Arch-B における降伏した要素の分布を表している. Arch-A でアーチ内側の降伏が確認できたのは水平荷重が 50.7kN に達した時点だった. 一方, Arch-B では 48kN が作用した時点で降伏し始めており, 5.3%程小さい水平荷重で降伏が開始している. 降伏が開始する位置は両モデルでほぼ同じ箇所であり, 降伏が開始する荷重の差も小さいことから, 今回のアーチ橋のモデルに関しては Arch-B モデルでも降伏開始を判断することが可能であると考えられる.

しかしながら, 80kN 作用時の分布は両モデルで大きく異なっているため, Arch-B モデルでは塑性化の進行を把握することはできない. この場合, 最低限危険な箇所(塑性化が進行する場所)は Arch-A のようにレンガと目地に合わせた要素の分割が必要だと考えられる.

4. まとめ

- 1) 弾性解析では, レンガ・目地をモデル化した場合と解析ソフトの自動メッシュ分割機能を用いた場合を比較すると, 80kN まで水平載荷を行っても, アーチ上部で生じる変位量には 5.4%程の差しか生じない.
- 2) アーチ橋モデルの目地のみで降伏を考慮した場合, 考慮していない場合と比較しても 0.3mm 程の変位量の増加に留まるが, アーチ橋モデル全体で降伏を

考慮した場合, 50kN 以上の荷重を載荷すると降伏の影響が明確に現れる.

- 3) アーチ部での崩壊が開始する箇所を自動メッシュ分割のモデルで把握することは可能だが, 塑性化の進行を把握するにはレンガと目地を正確にモデル化する必要がある.

謝辞

本研究は文部科学省グローバル COE プログラム「歴史都市を守る『文化遺産防災学』推進拠点」(立命館大学)の一環として実施されたことを付記する.

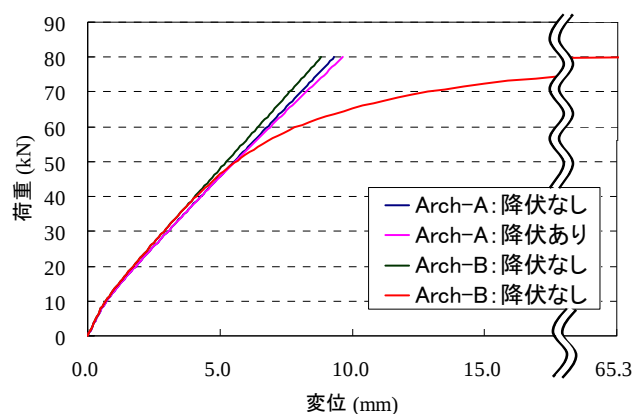


図 2 荷重－変位曲線

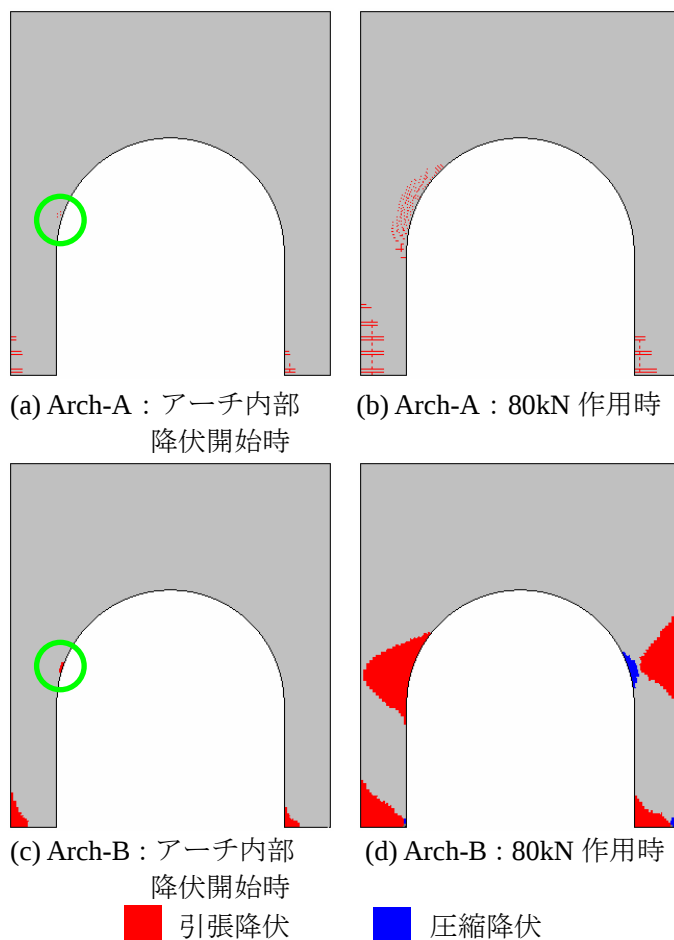


図 3 降伏した要素の分布