

煉瓦造アーチ橋における最適アーチリング形状とリング厚に関する研究

九州大学 学生員 ○吉崎寛士 九州大学大学院 フェロー 彦坂 熙
九州大学大学院 正員 黄 玲

1. 目的

生活・産業廃棄物の処理、資源枯渇、炭酸ガス排出抑制等の様々な環境問題を日本は抱えているのが現状である。これらの問題が深刻化する前に、早急な取り組みが必要不可欠である。その取り組みのひとつとして下水汚泥や石炭灰の煉瓦化が行われている。質的・量的に利用価値の高いリサイクル煉瓦が建設用材と成り得るなら、循環型社会構築に貢献できる。そこで本研究では、経済的なリサイクル煉瓦造アーチ橋建設実現のため 2 次元有限要素法を用い、煉瓦造アーチ橋の最適なアーチリングの形状とリング厚を明らかにすることを目的としている。

2. 内容

2-1 アーチリングの形状別の比較

本研究ではアーチリングの圧力線と変位について解析を行うことによって、煉瓦造アーチ橋を設計する上で最適なアーチリングの形状についての検討を行った。解析は現存する湯野田橋(図-1)の形を基に半円、円弧、放物線、懸垂曲線の四通りのアーチリングを持つ煉瓦造アーチ橋をリングの厚さ 60cm、80cm、100cm の 3 通り仮定しそれぞれ 5 つの荷重条件(表-1)で行った。図-2 は等分布荷重をアーチ支間半分に載荷した状態であり、図-3 はこの条件下かつリング厚 80cm での解析結果である。



図-1 湯野田橋(佐賀県、国道 34 号線)

表-1 荷重条件($p_1=12\text{kN/m}^2$ $p_2=3.5\text{kN/m}^2$)

荷重条件(1)	死荷重のみ
荷重条件(2)	死荷重 + 等分布荷重 p_2 を全長載荷、等分布荷重 p_1 をアーチ支間中央部に載荷
荷重条件(3)	死荷重 + 等分布荷重 p_2 および p_1 をアーチ支間片側半分に載荷
荷重条件(4)	アーチ支間中央点に集中荷重を載荷
荷重条件(5)	アーチ支間 1/4 点に集中荷重を載荷

圧力線の偏心については荷重条件 1, 2, 3, 5 に対して円弧が一番安定となった。また荷重条件 4 の時は放物線が一番安定した。変位についてはリング厚 60cm、80cm の時懸垂曲線の最大変位が一番小さくリング厚 100cm の時放物線の最大変位が一番小さくなった。これらの結果に加えて実際に煉瓦造アーチ橋を設計する側の経済性、利便性等を考慮に加えると円弧がアーチリングの形状として最適であるという結果を得た。よってアーチリングの形状が円弧のものについてリング厚の解析を行った。

2-2 最適リング厚の解析

2-2-1 複合体としての取り扱い

煉瓦造アーチ橋は煉瓦だけで造ることは出来ず、目地材が

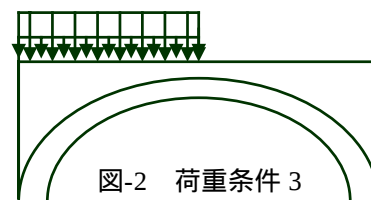


図-2 荷重条件 3

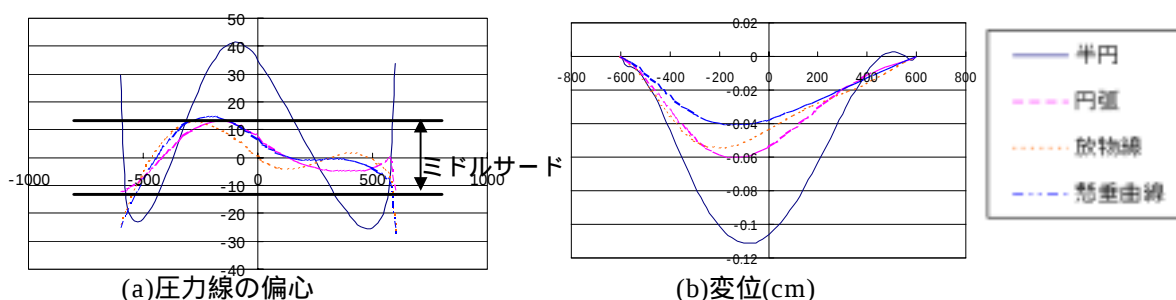


図-3 アーチリングの圧力線の偏心および変位

必要である。そのため材料定数には煉瓦と目地材を接合した影響が表れ、不確定となる。本解析で用いた圧縮強度、弾性係数は既往の実験から得られた右記の経験式(式-1,2)¹⁾を参考にしたものである。

2-2-2 実験との比較

そこでリサイクル煉瓦を用いた供試体の吉原による実験²⁾と本解析との比較を通して経験式の有効性の確認を行った。供試体には煉瓦と石膏で作られたスパン 1588mm, ライズ 213mm, リング厚 100mm のリングを用いた。実験はアーチ頂点での 1 点载荷、3 等分点付近の対象位置での 2 点载荷で行われた。供試体の 2 次元メッシュを図-4 に示す。供試体には平面要素を用いた。材料定数は圧縮強度 18.3N/mm²、弾性係数 9.05kN/mm²、ポアソン比 0.18 で解析した。解析値は実験値と比較して小さい値が得られた。破壊の状況について、実験では実験体は一気に破壊した。解析では同一荷重ステップ内で塑性ヒンジが四点以上発生して破壊した。

2-2-3 リング厚の解析

上記の結果をふまえ、スパンは一定でアーチリングの形状を円弧、スパン/ライズ比を 2, 3, 3.8, 4, 4.8, 5, 6, 7, 8 の 9 通り、煉瓦の圧縮強度 147.1N/mm²、目地材の圧縮強度 9.8N/mm² で解析を行った。解析には表-2 で示す 5 通りの荷重条件を設計荷重として用いた。性能判定基準を表-3 のように設定し、それぞれの基準を満足する最小のリング厚の分布を図-5 に示す。経済的に設計する点を考慮し安全であると判断されたリング厚の中でもっとも薄いものの分布を示した。

条件 3 の時解析に用いた全てのスパン/ライズ比においてリング厚 40cm が最適であると分かった。条件 3 の分布のみではスパン/ライズ比とリング厚の関係について際立った特徴を得ることは出来なかったが、条件 1, 2 と合わせた判断すると、本解析におけるスパンではスパン/ライズ比 4~5 の間でより安全に設計できることが分かった。

3. 結論

アーチリングの形状別解析では、煉瓦造アーチ橋を設計する上で最適なアーチリングの形状は円弧である

という結論が得られた。最適リング厚の解析ではそれぞれの性能判定基準を満足する最適なリング厚の分布は図-5 である。今後はスパン長を変えることでの煉瓦造アーチ橋のスパン/ライズ比とリング厚の関係をさらに明らかにする必要がある。

参考文献

- (1) Commission of the European Communities : EUROCODE No.6 , Common unified rules for masonry structures. Draft report EUR 9888 EN, (1988)
- (2) 吉原 進 : リサイクル煉瓦によるアーチ橋建設の可能性, 土木学会平成 15 年度全国大会(2003)

・ 圧縮強度

$$f_{ck} = 0.6(f_{cb})^{0.65}(f_{cm})^{0.25} \quad (\text{式}-1)$$

f_{cb} : 煉瓦単体の圧縮強度

f_{cm} : 目地材の圧縮強度

・ 弾性係数

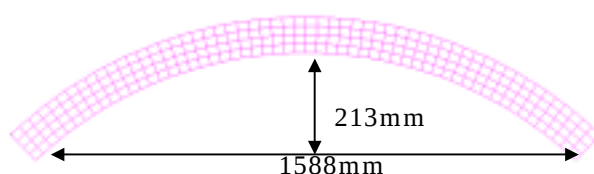
$$E_m = 526 f_{cm} - 568 (N/mm^2) \quad (\text{式}-2)$$

E_m : 複合体の弾性係数

f_{cm} : 複合体の圧縮強度

表-2 最大荷重

	実験値(kN)	解析値(kN)
1点载荷	65	58.5
2点载荷	201	170



(節点数 285 要素数 224)

図-4 供試体の解析モデル

表-3 性能判定基準

条件1	設計荷重の5倍でひび割れが発生しない
条件2	設計荷重の2.5倍でひび割れが発生しない
条件3	設計荷重の2.5倍で破壊しない

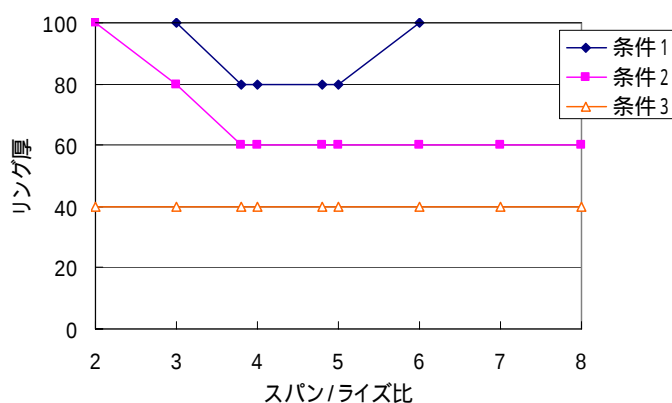


図-5 最適リング厚の分布