アーチライズの変化と石橋アーチの挙動特性の検討

熊本大学工学部 学生員○楠 隆志 熊本大学大学院 学生員 工藤輝彦 熊本大学大学院 フェロー 山尾敏孝 ㈱尾上建設 尾上一哉

1. はじめに

重要な文化財として保護・管理がされている石橋ではあるが、アーチ石の抜け落ち、横ずれ、ひび割れなどの損傷 が存在しているのも事実である.これらの文化財などを守るため適切な補修・補強対策が求められているが、損傷した 石橋の健全性の評価方法も含めて妥当な判定基準がないのが現状である.既往の研究により、大きな自重を持つ石 橋という構造物は、自重によりアーチ石を締め固め、アーチ形状を安定させていることが分かっているが、スパンライズ の違いで石橋アーチの応力の分布がどのような挙動を示すのか明確ではなかった^{1),2)}.本研究では損傷した石橋の 力学的挙動の解明を目的として、石材の圧縮試験、スパンライズ比の異なる 0.2 と 0.5 の石橋模型を作製し集中載荷 試験を行った.また、並行して解析による実験値との比較検討を行った.

2. 石橋アーチ模型の集中載荷実験

石橋アーチ模型は、図1に示すようにスパンライズ比の異なる3列アーチ2橋である.形状寸法は、スパンライズ比 0.2の模型ではスパン610mm、ライズ122mm、橋幅270mm、スパンライズ比0.5の模型ではスパン590mm、ライ ズ295mm、橋幅270mmである.石材の物性値はヤング率3.14(N/mm²)、圧縮強度85.5(N/mm²)、ポアソン比 0.16を使用した²⁾.実験では、アーチ軸力を調べるため、両方の模型ともひずみの測定を図1に示すようにアーチクラ ウン部の3列、1/4径間部の片側3列、基部と接する石材の片側3列、計9部材の上下面軸方向に計18枚のひず みゲージを接着して行った.また、鉛直変位を測定するため、スパンライズ比0.5の模型では変位計を図18(a)に示す 位置4箇所に取り付けた.また、スパンライズ比0.5の模型では1/4径間部の膨らみを抑えるために1/4径間部周辺を 拘束したので、その箇所の鉛直変位と水平変位を追加して測定した.



図1 石アーチ模型と変位計,ひずみゲージの設置個所



(a) スパンライズ比 0.2 モデル



(b) スパンライズ比 0.5 モデル写真1 模型の実験状況

3. 数値解析の概要

解析には汎用非線形有限要素ソフトウエア MARC2005r3 を用いて,離散型有限要素法 を実施した.図2は、スパンライズ比0.2と0.5 の石アーチ模型を平面モデル化したものであ る.アーチ基部は動かないと仮定して固定し、 スパンライズ比0.5の模型では1/4径間部付近 に拘束板を取付けたため、その点を固定した.



4. 実験結果と考察

図3は実験から得られた上ひずみと下ひずみの平均値より算 出した10kN載荷時の軸応力図である.なお、プラスが引張力 である.スパンライズ比 0.2 と 0.5 の模型で差が見られた.アー チクラウン部とL/4 点部で生じる軸応力は似たような挙動を示す が、特に基部で差が見られた.スパンライズ比 0.5 の模型の 1/4 径間部を拘束したため、基部で生じる軸力が大きくなったと考え ることができる.また、模型が破壊に至る寸前まで荷重をかけた ところ、スパンライズ比 0.2 の模型では 27.4kN、スパンライズ比 0.2 の模型では 26.5kN の耐力が得られた.一部破壊した石材 はアーチクラウン部と 1/4 径間部付近が特に多く、スパンライズ 比 0.2 の模型では、石材の最大圧縮強度以上の軸力が作用し た箇所はなかったが、スパンライズ比 0.5 の模型の基部では最 大圧縮強度近くに達した.

図 4 はそれぞれの模型での荷重一変位曲線を比較して示したものである.変位計の番号は図1に対応している.図からスパンライズ比0.5の方が初期の段階からより大きく変位していることがわかる.0.2模型の片側の1/4径間部(変位形1)では,変位計のデータが取れなかったため除外して考えた.

図5は10kNを載荷した場合における変位分布を解析結果と 実験結果を比較したものである.変位分布図からは、スパンライ ズ比の違いがあっても、アーチクラウン部での鉛直方向にたわ み、逆に1/4径間部付近で浮き上がりが生じていることがわかる. スパンライズ比0.2の模型では解析と実験の結果で得られた変 位はほぼ等しいといえるが、スパンライズ比0.5の模型では大き な差が出た.解析の結果では、1/4径間部周辺の変位はほぼ生 じないという結果が出ているのに対して、実験の結果では1/4径





間部周辺で大きく下向きに変位している.これらは模型の製作誤差や荷重載荷点の偏りから生じたものと見られる. しかし,実際の石橋は等分布で荷重が作用しており集中荷重では実挙動を明確に再現できているとはいえないので, 等分布荷重載荷による実験が必要である.今後の課題として,地震時の挙動も含めて更に実験的,解析的な検討を 行っていく必要があると思われる.





参考文献

1)山本健次郎他:石橋模型を用いた損傷を有する…,土木学会第62回年次学術講演会,1-154,pp307-308(2008) 2)小石剛之:石造アーチ模型による損傷パターンを考慮した静的実験挙動,熊本大学卒業論文(2008)