

阿蘇溶結凝灰岩の材料特性と石アーチ模型解析

熊本大学大学院 学生員○古賀 圭一郎 (株)IHI 工藤 祐資
熊本大学大学院 フェロー 山尾 敏孝 (株)尾上建設 尾上 一哉 (株)アバンス 工藤 伸

1. はじめに

近年、石橋はアーチ部材の抜け落ち、ひび割れ、ずれ等の損傷有している。著者らはこれらの損傷を有する石橋の健全度評価と解析手法の開発を行ってきた¹⁾。本研究では石造アーチ橋の主たる材料である阿蘇溶結凝灰岩の材料試験を行ない、密度や堆積方向と圧縮強度の関係を調べ石材のデータを収集し材料特性を把握した。また阿蘇溶結凝灰岩を用いて製作した石造アーチ模型の载荷試験を実施し、解析結果との比較検討を行ない、解析手法の妥当性についても検討した。



図1 溶結凝灰岩の試験体

2. 阿蘇溶結凝灰岩の材料試験

実際の石橋に用いられている溶結凝灰岩を用いて、図1に示すような直径50mm、高さ100mmの円柱状の試験体を製作し、弾性波速度試験と圧縮試験を実施した。収集した岩石は熊本県内に存在する小筵橋、龍門橋、霊台橋、下鶴橋、落合橋、二股橋、聖橋、鴨籠橋で使用された8種類である。試験体製作の際には、岩石の堆積方向を考慮して堆積方向Vと水平方向Hの2方向の試験体を3本ずつ用意した。十分に乾燥させた後、弾性波速度試験によりP波とS波速度を計測した。圧縮試験体には、縦ひずみと横ひずみを計測するために、30mmひずみゲージを両側面に十字に接着している。圧縮試験は単調増加で破壊するまで载荷した。

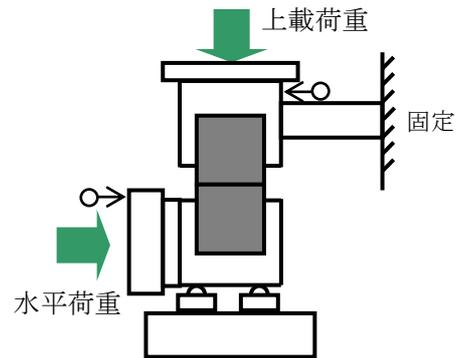


図2 石材間のせん断試験

石材同士のせん断特性を把握するために、図2のような装置により、すべりが発生するまでの水平変位を計測した。これをすべり発生変位 U_s と定義し、解析でのすべり現象を支配するパラメータとして導入した。更に、断寸法や上載荷重を変化させ、多種類の石材によるせん断試験を実施し、すべり発生変位の無次元化が可能か検討した。

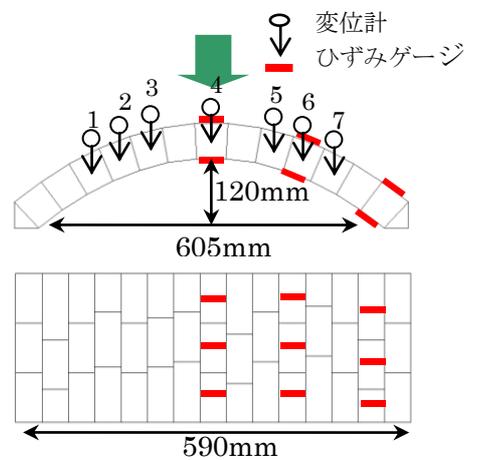


図3 スパンライズ比0.2 石アーチ模型と測定位置

3. 石アーチ模型の集中载荷試験と解析モデル

スパンとライズの比が異なる二つの石造アーチ模型を製作した。スパンライズ比が0.5の模型は、スパン590mm、ライズ293mmであり、スパンライズ比が0.2の模型は、スパン605mm、ライズ120mmの形状で、図3に示すような石材の組み方をした石造アーチである。実験では図3に示すような位置にひずみゲージを、基部、L/4、L/2点の部材両面に計18枚接着して測定を行った。鉛直変位はL/4、L/2、3L/4点側面に変位計を設置し、荷重はクラウン部に単調増加で载荷した。スパンライズ比0.5のアーチ模型は载荷による膨らみを押えるためにL/4点と3L/4点を拘束板で固定した。

図4は本研究で使用した解析モデルを示している。解析では汎用非線形有限要素ソフトウェアMARC²⁾を用いて離散型有限要素解析を実施した³⁾。個々の石材を橋軸方向と鉛直方向に4分割、橋軸直角方向には10mmずつ分割している。境界条件は基部を鉛直、水平方向共に固定し、剛板を挟んで1/2L径間部に1t载荷している。このモデルの材料特性は既往の試験で得られたもので、ヤング係数17140N/mm²、ポアソン比0.16、密度2.0g/cm³、 U_s 0.3、0.43mmを用いた³⁾。

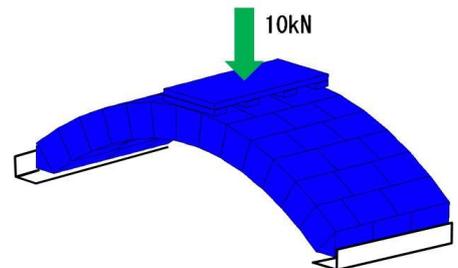


図4 スパンライズ比0.2の解析モデル

キーワード：圧縮試験，離散型有限要素解析，石材の材料特性，せん断試験，すべり発生変位
連絡先 〒860-8555 熊本市黒髪 2-3-1 熊本大学大学院自然科学研究科 Tel:096-342-3553 Fax:096-342-3507

4. 実験および解析結果と考察

石材圧縮試験の結果を図5に示す。一軸圧縮強度と乾燥密度にはある程度相関があることが分かる。阿蘇溶結凝灰岩、特に Aso-1 は礫を含んでいるため不均質な岩石であり、岩石の堆積方向によって圧縮強度には差が生ずると思われたが、今回の実験結果からは堆積方向による相違は見られず、変化するのはヤング係数であった。つまり石橋のアーチを組む際は通常、岩石は堆積方向と同じ向きに用いるが、この結果から強度的にはどちらを使用しても問題はなかった。また、圧縮強度と弾性波 V_p の関係を図6に示すが、図より相関関係が強いことが分かった。

図7はせん断試験において、8種類の石材ごとに発生する応力を1.67, 1.11, 1.56 N/mm^2 の3パターンに変化させて実施した結果を、せん断方向の石材長さで除して無次元化したものである。赤直線はさらにそれぞれのすべり発生変位を無次元化し、近似直線を挿入したものである。この直線から、すべりはすべり発生時のせん断応力に比例する傾向があることが判明した。しかし、せん断試験に用いた岩石の接触面は実際の石橋のものに比べると非常に滑らかなものであり、今後は実際の粗度でせん断特性を把握する必要があると思われる。

図8はスパンライズ比0.2の石アーチ模型の実験値と解析値の比較を鉛直変位と、実験で測定した応力で示した。図中の0.43mm, 0.3mmとは解析におけるすべり発生変位の設定値である。実験値と解析値がよく対応していることが分かる。軸応力分布については、それぞれの部材の上面と下面に分けて、基部, 3/4L 径間部, 1/2L 径間部でそれぞれ平均してグラフにまとめている。傾向としては再現できているが、1/2L 点の表面において解析値と実験値にかなりの差が生じたことがわかる。

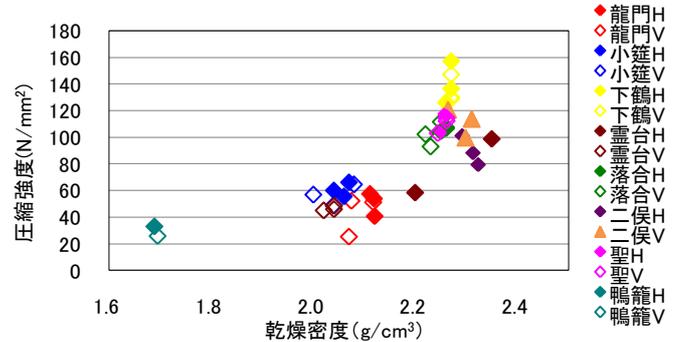


図5 一軸圧縮強度と乾燥密度の関係

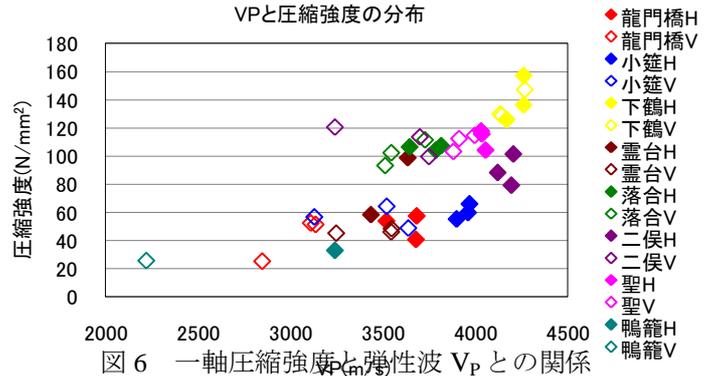


図6 一軸圧縮強度と弾性波 V_p との関係

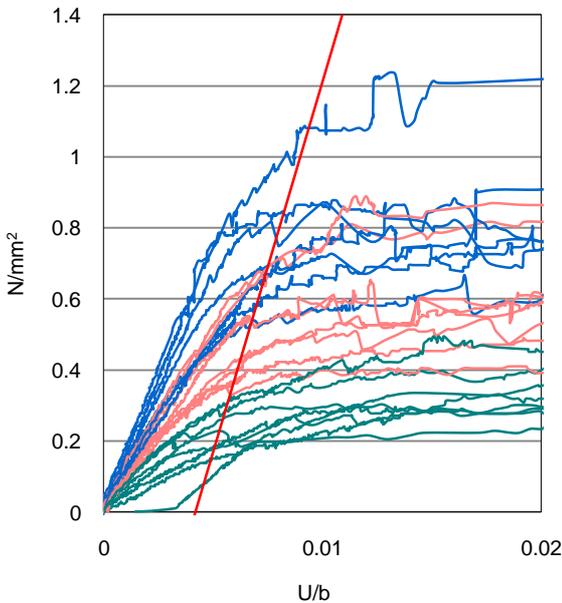


図7 すべり発生変位の無次元化

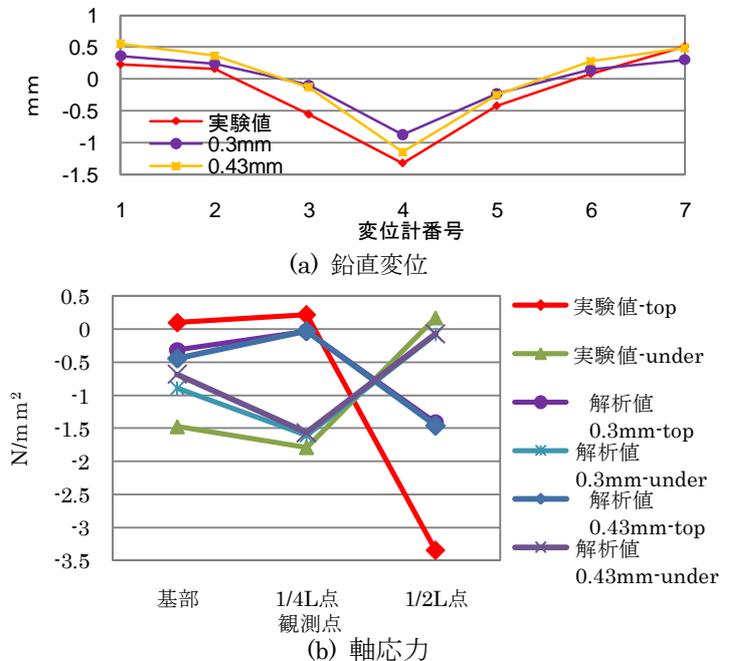


図8 1ton 载荷時の鉛直変位と軸応力

参考文献

- 1)山本健次郎: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(2007)
- 2)MARC K7:MARC Manual Volume A-F. (2003)
- 3)工藤輝彦:石橋の3次元静的・動的挙動...,平成20年度 熊本大学修士論文, 2009.3