

壁石を含む石橋模型による壁石効果に関する検討

熊本大学工学部 学生会員○林野 将大, 金子 和明

熊本大学大学院 フェロー会員 山尾 敏孝, 学生会員 小倉 孟

1. はじめに

著者らは、健全あるいは損傷の有無にかかわらず石橋の健全度評価をするため、石橋のアーチ輪石のみに着目しての模型により静的・動的载荷実験を実施してきた¹⁾。更に、モデルや接触モデルを用いた解析手法の開発を行い、模型実験や実石橋の車両载荷実験等の比較を通して手法の妥当性や有効性の検討を行ってきた²⁾³⁾。九州に数多くある石橋を適切に健全度評価し、維持管理して残していくためには、解析手法の確立が急務であり、そのためには未だ未解明な点の多い壁石について解明することが必要である。本研究では、石橋の壁石の働きに着目し、従来のアーチ輪石模型に円形断面の壁石と内部に砂を充填した模型による载荷実験を行い壁石の挙動の把握を試みた。

2. 模型実験の概要

実験に使用した石橋模型は、既往の実験で使用したアーチ輪石模型²⁾で、支間長 900mm、幅員 270mm、スパンライズ比 0.20 ものを使用し、写真 4 に示すように壁石と内部に砂を詰め、写真 1 に示す形状の壁石を用いた。実際の石橋では四角形状であるが、模型の製作性を考慮して代用した。なお、壁石を装着した場合の模型上部の橋長は 1040mm である。本研究では、壁石の効果や挙動を調べるため、まず、アーチ輪石模型のみに鉛直集中荷重をアーチクラウン部へ载荷し、その後壁石を装着した模型に鉛直集中荷重及び 4 等分集中荷重を作用させた。挙動測定には、アーチ輪石の鉛直変位や壁石の面外変位を変位計により測定し、さらに主要なアーチ輪石及び壁石の位置でひずみゲージを貼りつけた (図 1, 写真 2 参照)。変位計の設置位置は図 1(a)に示すようにアーチ輪石の 7 箇所とした。ひずみゲージはアーチ輪石に 9 箇所 (計 18 枚) (図 1(b)), アーチ輪石の L/4 点上の壁石に 8 箇所 (写真 2), アーチクラウン部に 1 箇所 (計 17 枚) 貼付し、鉛直方向と水平方向のひずみを測定した。

実験方法は、1)アーチ模型の集中载荷 (写真 3) : アーチクラウン部に载荷板を置き、その上にロードセルを置いてジャッキにより集中荷重作用。2) 壁石を含む石橋模型の集中载荷と分布载荷 : アーチ輪石の上に壁石を置き、内部に砂を充填した模型の路面に床版を置き、アーチクラウン部に集中荷重を载荷した場合と载荷治具により 4 等分点に集中荷重を载荷した場合 (写真 4) の 2 ケースについて実施した。作用荷重はいずれもロードセルを置いて測定した。写真 3-4 に変位計を取り付け、壁石にはひずみゲージを取り付けて測定している様子を示した。

3. 実験結果および考察

今回の試験で得られた 3 つの試験の最大荷重は、アーチ輪石のみ模型のアーチクラウン部の集中载荷試験では、300kg 程度で崩壊してしまった。しかし、壁石を付けた石橋模型実験では、集中荷

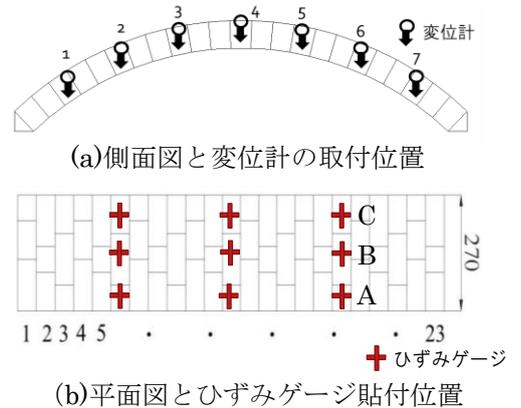


図 1 アーチ輪石模型の形状と測定



写真 1 壁石の形状



写真 2 壁石のひずみゲージ貼付位置



写真 3 アーチ輪石のみの模型へ集中荷重载荷実験の様子



写真 4 壁石を有する模型へ 4 等分点荷重载荷実験の様子

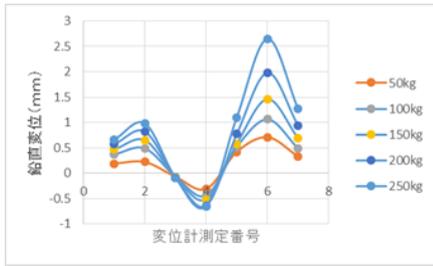


図2 アーチ輪石のみ（集中荷重）

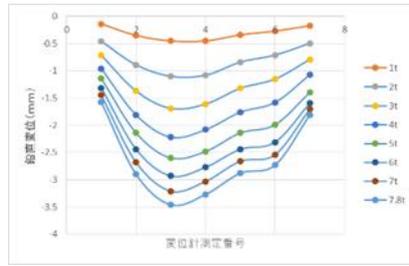


図3 壁石を含む模型（集中荷重）

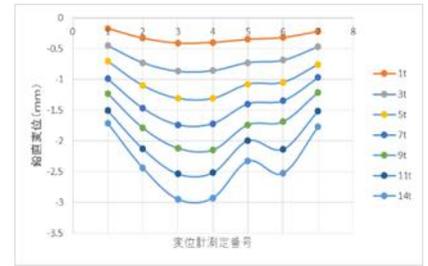


図4 壁石を含む模型（分布荷重）

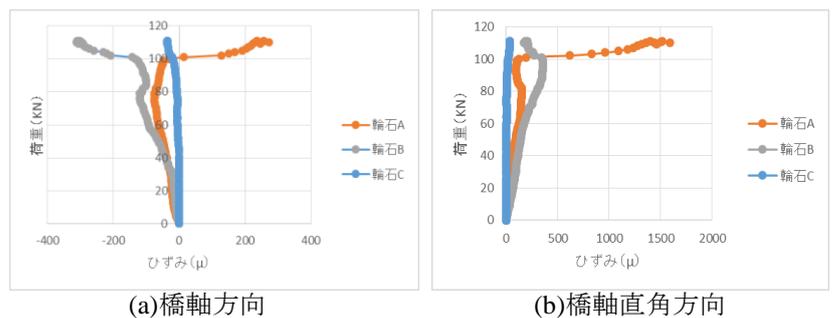
重の場合 7.8t, 4等分点集中荷重の場合では 14t でも崩壊することはなかった。なお、アーチクラウン部に集中荷重載荷させた壁石を有する場合の最大荷重が小さかったのは、L/4 点付近のアーチ輪石に割れが生じたためであり、これは石材の圧縮方向と堆積方向が一致してなかったことで生じたと考えられる。模型の用の壁石があり内部が壽点されていることによりアーチ効果により圧縮力に強い石材が十分な力を発揮したと考えられ壁石の働きが確認された。

図2～図4は、アーチ輪石の鉛直方向の変位挙動を示した荷重—鉛直変位曲線である。アーチ輪石のみの載荷試験では、右側の方が左側よりも大きく変位を示した。これはアーチ輪石の組み方や接触にも依存するもので、この模型は右側が荷重の影響を受けやすい作りになっていた可能性がある。また、荷重を作用させる際、ロードセルの固定が十分できてなく、偏心載荷の可能性も考えられる。壁石を有する石橋模型の載荷実験では、L/4 点、3L/4 点の浮き上がりを抑えられていることを確認できた。集中荷重載荷及び4等分点集中荷重載荷ともに同じような変位挙動の様子が見られた。荷重が大きくなるとアーチ輪石に割れや壁石の割れも見られた。

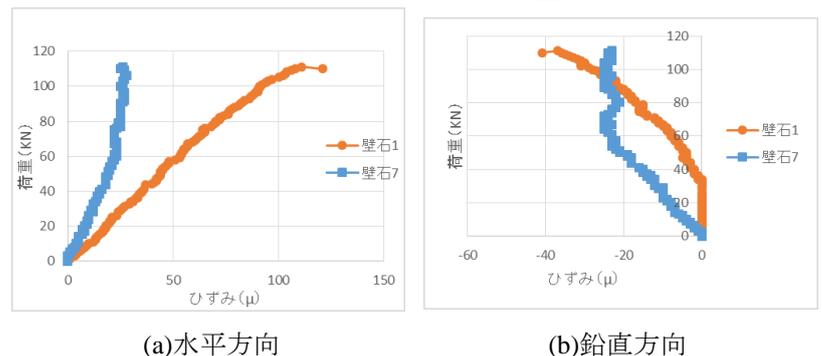
図5と図6は、4等分点集中荷重を 11ton まで作用させた時荷重—ひずみ関係を示した。図5は、図1(b)に示す L/4 点の A～C のアーチ輪石における橋軸方向と橋軸直角方向のひずみ変化である。図からわかるように、中央部アーチ輪石の橋軸方向の圧縮ひずみが大きく、その最大値も 120 μ だったが、橋軸直角方向には引張ひずみが倍の 300 μ 程度発生していることがわかった。文献1)で用いた同じ輪石で、静弾性係数 11500 N/mm²、最大圧縮荷重時の圧縮ひずみは 4000 μ ほどで、引張ひずみは 1/30 程度と考えると、輪石が割れる可能性を示している。本模型では圧縮ひずみから考えるとさらに大きな荷重に耐えることも可能かと思われるが、輪石の引張割れが発生するようになると思われる。また、11ton 前でアーチ輪石の割れが影響したのか軸ひずみに大きな変化が生じていることがわかる。図6は、写真2の壁石①と⑦の水平方向と鉛直方向のひずみ変化を示した。壁石①と⑦の壁石は写真2を見てわかるように、壁石①は橋面に近く載荷面に近く、載荷用の治具と壁石が直接接触し、かつ、下側の壁石ときちんと接触していたため大きくなったと考えられる。一方、壁石⑦は他の7つの壁石に囲まれている状態にあり、ひずみがほとんど生じていなかった。今後、ひずみゲージを添付した他の壁石のひずみ変化を詳細に検討し、応力状況を把握する必要がある。ここには示していないが、最初は伸びていたが荷重が大きくなると次第に縮んでいく変形など種々の変形状況が見られた。これは壁石が周囲の石、治具や輪石などから様々な力が加えられているからだと考えられる。すべての壁石1つ1つの変形を把握するのは難しいが、今回は L/4 点上の変形の様子を知ることができ、壁石を付けた場合では耐荷力が大幅に上がっており、壁石の効果を確認することができた。

参考文献：

- 1) 藤田千尋, 他 3 名：石アーチ模型による静的挙動・・・, 構造工学論文集, Vol.59A, pp.20-36, 2013.3
- 2) 小倉孟, 他 2 名：石アーチ模型の・・・, 第 68 回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM), I-327, pp.653-654, 2013.9
- 3) 宝江沙央里, 他 5 名：朝地橋の車両載荷試験・・・, 土木学会西部支部研究発表概要集(CD-ROM), I-6, pp.11-12, 2014.3



(a)橋軸方向 (b)橋軸直角方向
図5 L/4 点のアーチ輪石の荷重—ひずみ曲線



(a)水平方向 (b)鉛直方向
図6 壁石①と⑦の荷重—ひずみ曲線