

# はり部材を対象にしたアンカー棒を用いた補修・補強方法の検討

熊本大学大学院 学生会員○金子 和明・林野 将大  
熊本大学大学院 フェロー会員 山尾 敏孝 (株)葵文化 荒木 祐一郎

## 1. はじめに

100年以上経過したアーチ橋や桁橋などの石橋が、現在でも歩道橋や車道橋として利用されている。このような石橋には石材の割れや抜け落ち、はらみなどの損傷が発生しており、今後の保存・活用の観点からも補修または補強が必要とされている。しかしながら、石橋に関する補修・補強の実施事例は少ないのが現状である<sup>1)</sup>。本研究では、写真1に示すような石材のはり部材が割れた場合の補修・補強方法として、従来から使用されているアンカー棒を適用することを実験的に試みる。実験では、砂岩の正方形断面部材のほりを用いて、まず3点あるいは4点集中荷重の曲げ試験を行って破壊した後、アンカー棒を用いて補修・補強を実施、再度同じ曲げ試験を行い、アンカー棒の取り付け位置を変化させて、曲げ強度や変形挙動について調べた。また、アンカー棒の引抜き試験も別途実施している。



写真1 曲げによる石材の割れ



写真2 アンカー棒引き抜き試験

## 2. 試験概要

実験では、写真2に示すアンカー棒の引抜き試験と石材の曲げ試験を以下のように実施した。

1)アンカー棒の引抜き試験： アンカー棒として直径10mm( $\phi 10$ )のステンレス鋼を使用した。写真2に示すように、3個の石材にアンカー棒を埋め込み、エポキシ樹脂を充填して固定した後、万能試験機で引き抜いた。試験体の石材断面の寸法は200mm×200mmとした。

2)石材の曲げ試験： 石材の曲げ試験の試験用の供試体は砂岩を用い、150mm×150mm×1000mmの正方形断面部材で、支間長は900mmである。まず健全な石材のほりを用い、図1に示すように3点集中荷重と4点集中荷重試験により荷重し、曲げ強度や変形挙動を把握した。次に2つに割った石材のほりにアンカー棒を入れてエポキシ樹脂で補修・補強した後同様な試験を実施した。アンカー棒の埋め込む位置は、図2のように石材の断面中央に埋め込んだ場合と偏心させた2種類とした。なお、偏心に用いた試験体は、断面中央にアンカー棒が埋め込んだ石材の1辺を40mm切断して、図-2(b)のように偏心を与えた。アンカー棒を埋め込む穴の径は16mmとした。図2のように3点荷重では石材中央に、割れた石材にアンカー棒を入れ、エポキシ樹脂で充填し固着した(写真3)。なお、アンカー棒は、ひずみゲージを棒の上下縁に添付し、アンカー棒に作用するひずみを計測した。

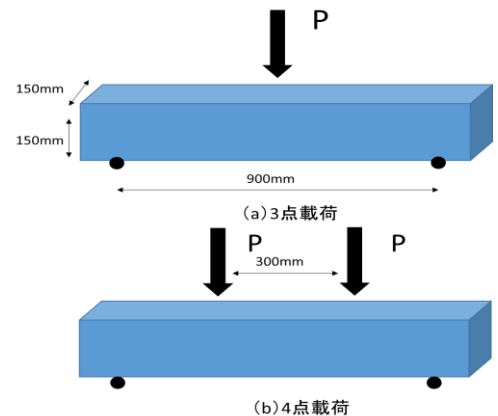


図1 石材のほりの曲げ荷重試験

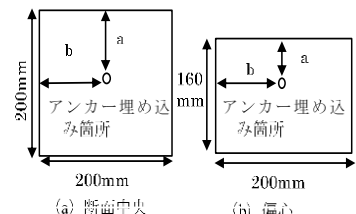


図2 アンカー棒埋め込み位置



写真3 破断面と補修後の供試体

表1 曲げ試験用アンカー棒の引張試験結果

試験体	最大荷重(kN)	引張応力度(N/mm <sup>2</sup> )
1	61.15	778.4
2	61.05	777.1
3	60.65	772.0

### 3. 試験結果及び考察

表1には曲げ試験で用いたステンレスアンカー棒3本の引張試験の結果を示した。また、写真4は、曲げ試験供試体の補修前の破壊後の様子と補強後の曲げ試験の様子を示した。3点載荷と4点載荷の最大曲げ荷重を比較すると、3点曲げの結果が小さくなった。



(a) 補修前の破断状況 (b) 補修前の破断状況 (c) 補修後の破断状況  
(3点載荷) (4点載荷) (3点載荷)

写真4 曲げ試験後の様子

図3は、石材の曲げ試験の補修前後の最大強度の比較結果を、図4では、アンカー棒に貼付したひずみゲージの分布について、3点載荷の場合と4点載荷の場合とで比較して示した。実験では補修・補強という観点から荷重載荷で折れた石材をアンカー棒で補修し、補修により最大強度の維持または強度上昇を目的としたが、実験結果はいずれも補修前の最大荷重が大きくなるという結果になった。アンカー棒を中央に配置する場合は、あまり補修の期待はできないと予想していたが、結果は補修前の5~6割程度であった。中立軸にアンカー棒を埋め込んだ場合はアンカー棒に貼ったひずみゲージはほとんど値を示していなかったことから確認できた。ひずみゲージに値により

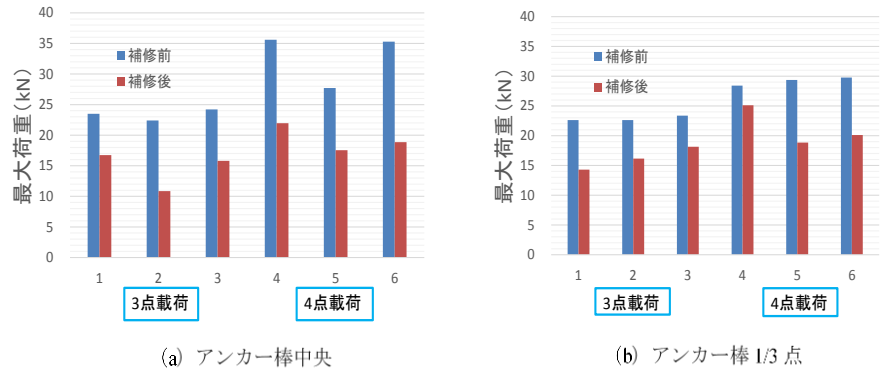


図3 補修前後の石材はりの最大強度の比較

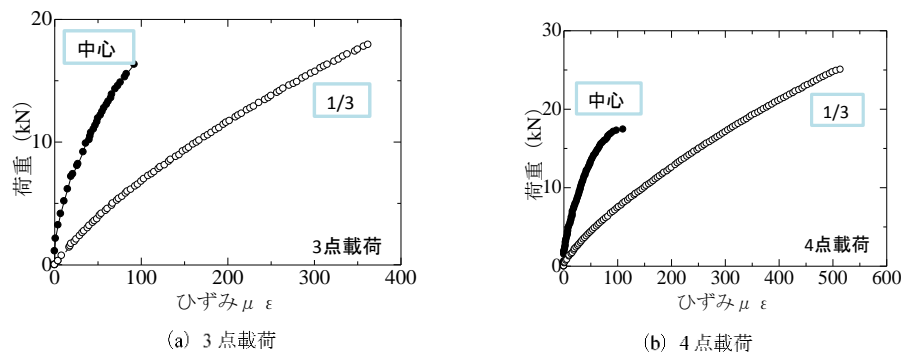


図4 アンカー棒の軸力-ひずみ関係

アンカー棒が強度という面で抵抗していないということである。このことからアンカー棒を中心に埋め込んだ場合で得られた強度は、折れた石材を繋ぐ際に用いられたエポキシ樹脂の接着の強さがこの時の最大荷重になっていると思われる。一方、アンカー棒を1/3点に配置すると7~8割程度まで高めることができたが、これでもまだ不十分な結果である。これは、アンカー棒を埋め込んだ位置が大きく関係していると考えら、図4に示すように下面から1/3点に埋め込んだアンカー棒に貼ったひずみゲージの値が大きく生じていることからわかる。この時のアンカー棒は強度という面に関して少しだけ寄与していたことになる。しかし、アンカー棒の引張強度と比較するとまだアンカー棒には余力が十分あることから、アンカー棒の補修位置について検討する必要がある、下面から1/3点よりもさらに下側にアンカー棒を埋め込む必要があると思われる。今回の石材はりの曲げ試験では、最大強度に関して期待している結果は得られなかった。石材にもコンクリートのようなかぶりの指標があればより効果の高い補強ができると考えられる。また、アンカー棒は強度だけでなく、石材が割れても崩壊するまでの時間を作ることができる。今後、アンカー棒を用いた最適な補修・補強方法に関する検討が必要であることが判明した。

#### 参考文献

- 1) 山尾敏孝, 藤田千尋, 荒木祐一郎, 中村秀樹, 藤本正, 高橋竜太郎, : 石橋の輪石や壁石の補修・補強に用いるアンカー材の効果について, 土木学会西部支部研究発表会講演概要集(CD-ROM), VI-008, pp.853-854, 2012.3
- 2) 山尾敏孝: 通潤橋の石材の圧縮試験と現地での振動調査等の実施に関する中間報告書, 熊本大学大学院自然科学研究科, 2014, 3月