

打撃周波数を指標とした石材の健全度評価方法の一提案

(株)間組 正会員○山本浩之 正会員 笠 博義
 関西大学 正会員 西形達明 正会員 西田一彦
 和田石材建設(株) 和田行雄

1. 概要

国内に多数存在する城郭石垣のような石積構造物の補修工事においては、解体後に石材を元の位置に戻すこととなるが、この際石材の劣化や割れなどを確認する健全性評価は、経験者による目視観察や打音調査を主体に実施されている場合がほとんどである。しかし、目視観察では不明確な全体的な風化の進展や潜在的な傷などについては、何らかの方法で定量評価することが今後重要となるものと考えられる。特に城郭石垣のような文化財の指定を受けている場合、石材の加工や補強が原則としてできないため、予め個々の石材の健全性を確認しておく必要がある。そこで、城郭石垣等文化財に使用されている石垣石材（蔵王安山岩、丹波安山岩、戸室安山岩）を対象として、コンクリート構造物の健全性診断に使用されている打撃周波数を指標とした非破壊試験装置による定量的健全度評価を行った。以下に結果を報告する。

2. 今回対象とする石材

今回の研究は、表-1 に示す城郭石垣等で使用されている石材（野面石 6 個、切込石 6 個、計 12 個）を対象に行った。具体的には、経験豊富な石材技術者および地質技術者により健全材および劣化材を選定し、打撃周波数を指標とした非破壊試験装置により計測を行い、その結果をまとめた。なお、目視観察により選出された健全材と劣化材に対しては、シュミット式ハンマー試験、超音波試験を実施し、表-2 に示すように健全材と劣化材には強度および超音波速度に差異があることを事前に確認している。

3. 打撃周波数を指標とした非破壊試験装置

今回使用した非破壊試験装置（(株)マルイ製 Hi-CONCON）は、写真-1 に示すようにポータブルな装置で、打診棒により測点を打撃し 10cm 程度離れた位置に当たった受信センサで、1 打撃で得られる 256 の周波数の各電圧を測定する。これらの結果より、電圧の中央値に相当する周波数をその測点の打撃周波数として数値が表示されるものである。



写真-1 測定状況

表-1 研究対象とした石材一覧表

対象とする石材			健全材 (個)	劣化材 (個)
岩種	加工状態	採取地		
安山岩	野面石	蔵王	3	---
		丹波	---	3
	切込石	戸室	3	3
合計			6	6

表-2 石材の物性値（健全材、劣化材）

石材	シュミット式ハンマー (換算一軸圧縮強度) (各面の平均値・MPa)		超音波速度 (各面の平均値・km/s)	
	健全材	劣化材	健全材	劣化材
野面石	181.1 ~199.0	80.2 ~107.8	3.1 ~2.3	1.1 ~2.3
切込石	69.9 ~123.2	28.1 ~54.5	2.5 ~3.2	2.2

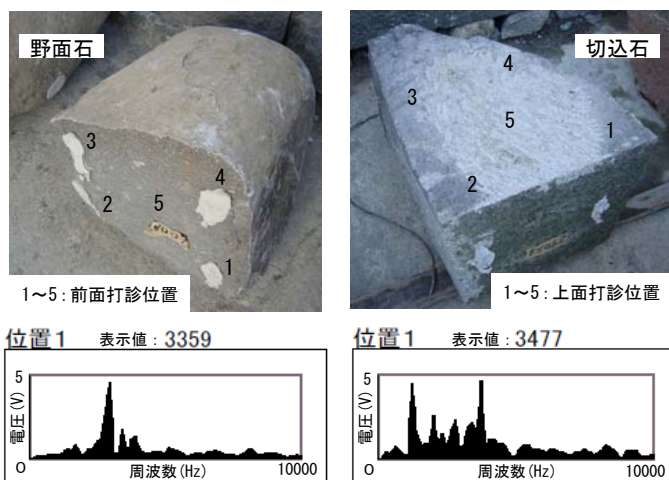


図-1 測定位置図および打撃周波数の測定結果例

キーワード：石材，打撃周波数，健全度調査，定量評価

連絡先：〒105-8479 東京都港区虎ノ門 2-2-5 TEL：03-3588-5770, FAX：03-3588-5755

今回の試験では、表-1 に示す各石材の上面および前面において、図-1 の位置(各面とも 5 箇所)において打診し、その平均値で評価した。

4. 測定結果

測定結果を図-2, 3 に示す。これらの図より野面石、切込石の健全材、劣化材とも、ばらつきがあるものの石材の「上面」の方が「前面」より全体的に高い数値を示し、さらに各面（上面・前面）ごとと比較すると、健全材の方が劣化材より概ね高い数値を示す。具体的には、上面と前面の平均値とを比較すると、上面の方が前面より 9~30%程度高い数値を示し、健全材と劣化材との関係については、野面石および切込石の上面で 14%程度、前面で 9~34%程度健全材の方が劣化材より高い数値を示す。

また、各面の測定位置による影響を把握するため、図-1 に示す各面の打診位置の端部 (1~4) の平均値と中央部 (5) との関係を整理した。図-4 に石材端部（平均値）と石材中央部との関係を示す。この図より、全体的に石材中央部の方が端部より高い数値を示す傾向が見られた。

5. 考察

測定結果より、岩石の加工状態（野面石、切込石）に関わらず、健全材の方が劣化材より高い数値を示す傾向が見られることから、打撃による周波数が石材健全度の定量的評価の一指標となる可能性があるものと考えられる。

ただし、この方法では測定値にばらつきが大きいことから、これ以外の非破壊検査（例えばシュミット式ハンマーや超音波探査など）を実施し、総合的に判定する必要があるものと考えられる。また、石材の上面の方が前面より高い数値を示すこと、石材中央部の方が端部より高い数値を示すことから、このような健全度調査を行う場合は、検査面および打診位置を統一する必要があるものと考えられる。

なお、石材の上面と前面で数値が異なる原因としては、石材の異方性による影響が考えられる。通常石材の切り出しでは、岩石の節理など割れ目の発達している方向を上面方向とし、卓越する割れ目に直交方向を前面とする傾向にあることから、打診による打撃周波数が伝わりにくい前面の方が、上面より低い数値を示した可能性がある。

6. まとめ

今回、城郭石垣のような文化財である石積構造物に使用されている石材の健全度調査として、打撃周波数を指標とした非破壊試験による定量評価を行った。その結果、ばらつきがあるものの石材の健全度調査試験の一手法として適用できる可能性があることが示された。また、他の非破壊試験と合わせて総合的に評価することにより、現場の石垣技術者による健全性評価における一資料となるものと考えられる。今後は、他の非破壊試験結果と合わせて、石材の定量評価方法について検討する予定である。

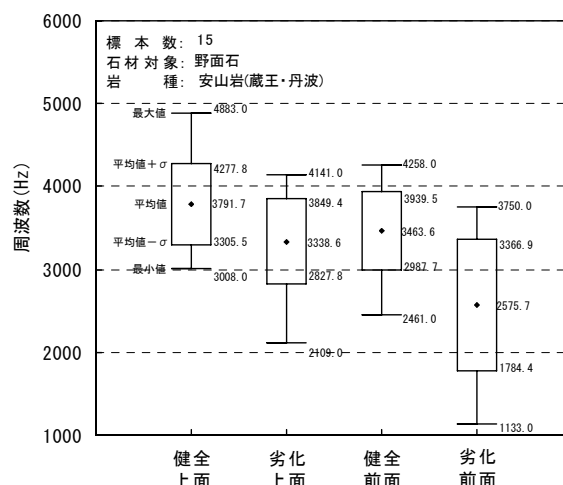


図-2 健全材と劣化材との関係（野面石）

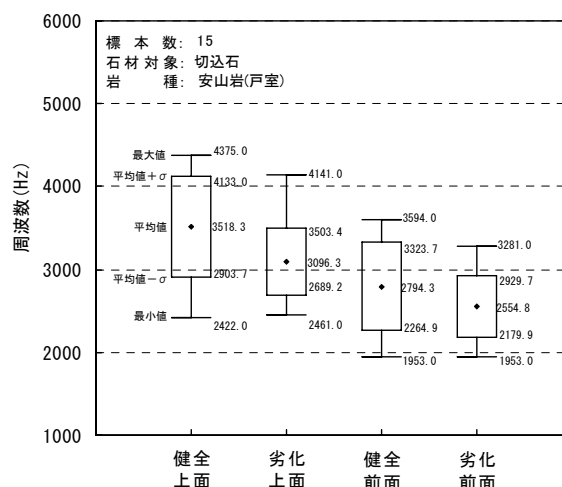


図-3 健全材と劣化材との関係（切込石）

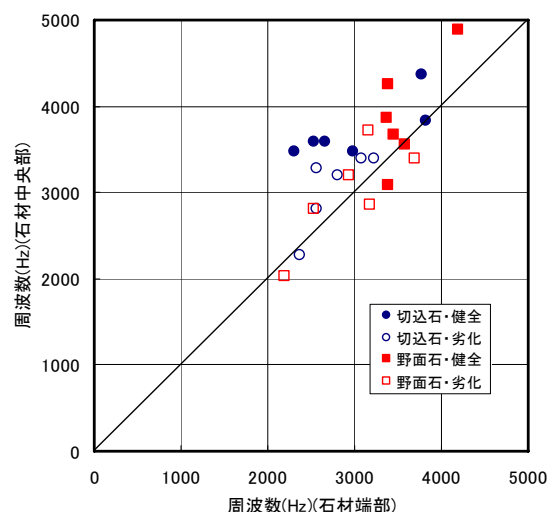


図-4 石材中央部と端部との比較