

打球探査法による石材の健全性評価

鹿島建設(株) 正会員 ○白鷺 卓 飛田南斗 藤崎勝利 藤田浩行
東武鉄道(株) 佐藤晃一 須永友輔 下野大樹

1. はじめに

駅舎プラットホーム基礎に使用されている大谷石ブロックには、経年劣化（風化等）により断面欠損や強度低下を生じている場合があり、補修もしくは更新工事に際し、大谷石ブロックの健全性評価が求められた。そこで、場所を選ばず迅速かつ簡易に対象物の弾性係数を測定できる打球探査法を適用し、大谷石の健全性を評価する方法を考案した。

2. 打球探査法の概要

打球探査法（図-1）は、加速度計を接続した直径 50mm の金属球ハンマーで対象物を直角に打撃した時の加速度応答波形から接触時間 T と打撃速度 V_0 を求め、Hertz（ヘルツ）の理論式を利用して対象物の弾性係数を算出する非破壊検査手法である¹⁾。当手法は、打撃の強弱によらず信頼性の高い結果を得ることができる。また、これまでの実績の蓄積²⁾により、打球探査法で得られた弾性係数から一軸圧縮強さを推定することができるものである。



図-1 打球探査法実施状況

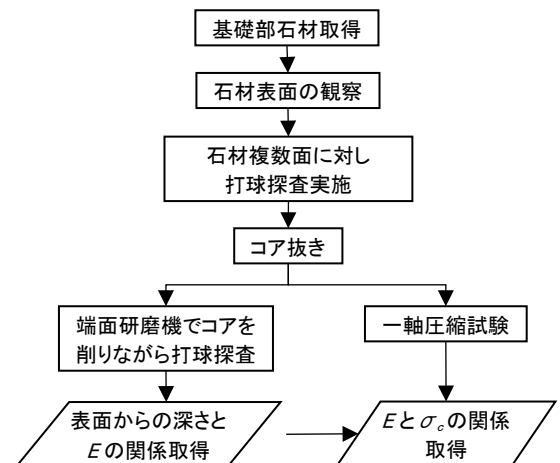


図-2 室内試験実施フロー

3. 大谷石の健全性評価のための室内試験

今回、打球探査法を利用した大谷石ブロックの健全性の評価に際して、図-2 に示すフローに従って駅舎プラットホームから取得した大谷石ブロック 3 体（一辺約 30cm）（図-3）を利用した室内試験を実施した。なお、当報告では一軸圧縮試験側のフローは省略する。



図-3 室内試験用試料
（上：採取前、下：採取後）

3.1 コア抜き箇所を選定

図-2 のフローにある石材表面の観察および打球探査の結果、下段にあった大谷石ブロック 3 の線路側正面において、GL より上部と下部（地中に埋まっていた部分）で風化の影響が著しく異なること、GL 以下の弾性係数が著しく低いことが分かった。地中に埋まっていた部分が強く風化の影響を受けたと推察される。一方、上中段にあった大谷石ブロック 1、2 にはそのような風化の違いは見られなかった。

そこで、ブロック 1、2 からはそれぞれ 1 本（コア 1、コア 2）、ブロック 3 では上部と下部からそれぞれ 1 本（コア 3 上部、コア 3 下部）のコアを取得した。コア抜き方向は、ブロックの線路側正面から風化が進行すると考え、線路側正面から奥行き方向に水平とした。

3.2 コアへの打球探査方法と結果

まず、コアの線路側正面を打球探査し、その後、その面をコア端面研磨機にて研磨、研磨面を再び打球探査するという作業を繰り返し行った（図

キーワード 打球探査法, 大谷石, 石材, 経年劣化, 風化, 評価

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

一4)。研磨は深度 100mm まで行い、それぞれの面で 7 回計測し、最大値と最小値を除いた 5 データの平均値を代表値とした。

その結果を図-5 に示す。どのコアも表面から遠ざかるほど弾性係数が増加する傾向が得られた。これらは打球面の観察による風化の傾向と一致しており、打球探査により風化の程度を定量的に評価できることが分かった。また、表面で最も風化の影響が大きかったコア 3 下部でも、弾性係数が一定となる 30mm 程度以深では健全な面が現れることが確認できる。

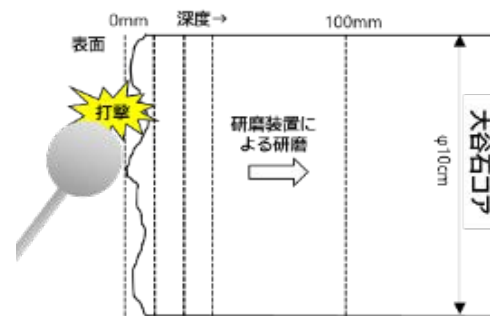


図-4 コア打球探査概要図

3.3 打球探査結果に基づくブロック深部弾性係数の推定方法

30mm 以深の弾性係数の平均を各コアの未風化値とし、深度によって健全度がどのように変化するか検討を行った。図-6、7 に示す通り、コア 1 およびコア 2 では健全度の傾向が一致し、コア 3 では上部と下部で健全度の傾向が一致している。深度 30mm 未満の風化を受けた領域を線形回帰し、深度 30mm 以上の健全度を“1”として正規化すると、コア 1 およびコア 2 では健全度を決定係数 $r^2=0.896$ で推定できる関数(図-6)、コア 3 では $r^2=0.960$ で推定できる関数が設定できた(図-7)。すなわち、大谷石ブロック表面を打球探査した際に得られた弾性係数を E_s とすると、ブロック内部の未風化部の弾性係数 E_0 は以下の式で推定できる。

上段・中段に位置する大谷石ブロック： $E_0 = E_s / 0.6508$

下段に位置する大谷石ブロック： $E_0 = E_s / 0.1288$

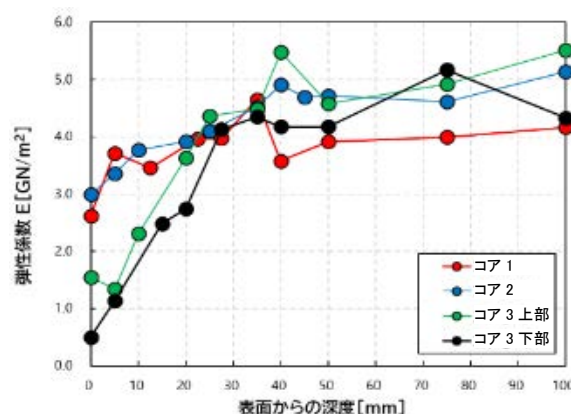


図-5 コア打球探査結果

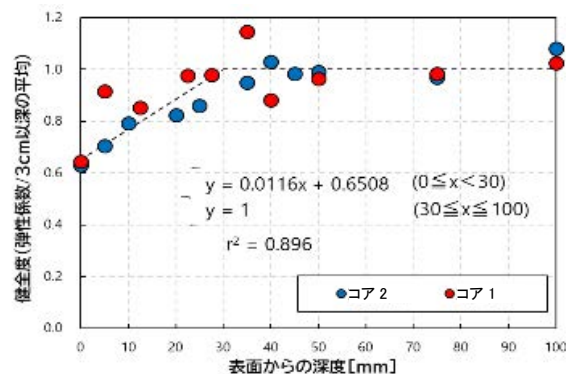


図-6 コア 1、コア 2 の深度に対する健全度

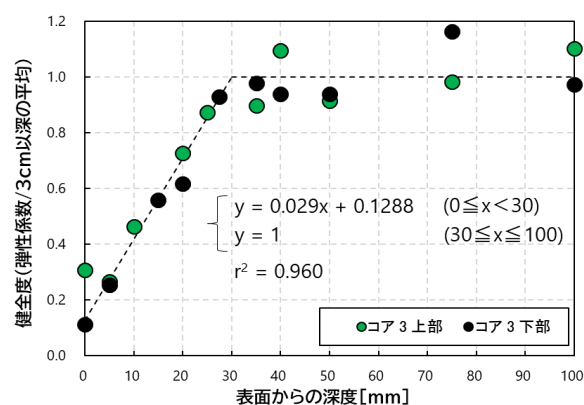


図-7 コア 3 の深度に対する健全度

4. おわりに

今回考案した方法により、上中段よりも下段のブロックのほうが風化の影響を強く受け、表層がより劣化していること、風化の影響を受ける深度はどのブロックも 30mm 程度であることが分かった。また、得られた結果を線形回帰することで、未風化部の弾性係数を推定できた。

なお、今回の大谷石ブロックは当該駅に設置されてから少なくとも 30 年が経過していることから、ここでの風化速度は 10mm/10 年程度と考えられる。糟谷³⁾によれば、風雨に曝露された大谷凝灰岩の表層崩落深度は 30 年で 7mm 程度との知見が示されているが、今回の大谷石ブロックには顕著な剥落は確認されず、風化の影響は比較的少なかったと推察される。

参考文献

- 1) 北本ら：ヘルツ理論を基礎とした地盤や岩質材料の迅速な物性評価手法，地盤工学会誌，Vol.63，No.4，pp.14-17，2015.
- 2) 白鷺ら：打球探査法による岩の変形特性評価と岩級および原石品質の判定への適用，ダム工学，Vol.25，No.2，pp.79-88，2015.
- 3) 糟谷：石材建造物を対象とした岩石の風化実態調査とその考察，応用地質，Vol.20，No.2，pp.1-11，1979.