

墓石調査に基づく風化岩石の強度評価

熊本工業大学 正会員 平田篤夫

熊本工業大学 正会員 上杉真平

熊本大学 正会員 吉永 徹

熊本大学 正会員 尾原祐三

1. はじめに

自然環境下にある岩盤は風雨、乾湿および寒暖の影響を受けて風化する事が知られている。そのため構造部材としての岩盤は風化によってその機能が徐々に低下していくことが容易に想像できる。しかし、100年内外の風化期間では、土壤に比べてより硬質である岩盤の強度低下は著しく小さいので、これまで風化による強度低下問題が工学的に取り上げられることは少なかった。一方で、トンネル、地下発電所などの岩盤構造物は建設後数十年を経た現在でも建設時の状態のままで大きな補修を受けることなく供用され続けていて、今後数十年、数百年にわたってその機能を保持していくことが期待されている。そのような要求下において、風化による岩盤の強度低下は今後の岩盤構造物の機能低下を左右する大きな要因になっていくことが予想されるので、風化による強度低下問題を基礎的に検討することは有意義であると考えられる。

2. 構造材料としての墓石

墓石は被葬者の逝去年月日が陰刻されている点で石材の加工時期が特定できる岩石構造物であると考えることができる。一般に被葬者が逝去してから数年後に墓石は設立されるため、原石から墓石に整形された時期をほぼ正確に特定することができる素材である。また、近年の墓石が外国産の石材により整形される傾向があるのに対して、石材の加工技術、運搬手段など効率的な墓石産業が確立されていなかった明治期以前においては墓石は墓地の近隣で採取および加工されて設置されていたものと考えられる。すなわち、墓石の産地は採取運搬が容易な近隣地域に限定されていた。さらに、加工の容易さから比較的に軟質な岩石が墓石材料として利用されていた。このことは、各地域に散在する墓地の墓石群はその地域の近隣に存在した原石採取地からのみ供給され、ある地域に限定すれば同一種類の岩石のみで墓石群が構成されていることを示唆している。

石材加工業を数代にわたって受け継いできた専門業者の言によると先代あるいは先々代の職人にさえ極く小規模の石材採取地から牛馬による運搬手段を用いて石材を採取していた記憶があり、その話を直接に聞いていたとのことである。そうであれば、墓石材料の採取加工に対する基本的な姿勢は庶民が墓石を使用し始める時期から明治期に至るまでほぼ一貫してそれほど変わることはなかったと考えられる。特に、はるか近代以前においては時代を遡るほど石材の採取地及び種類に対する選択の幅は小さかったと考えられる。

同一産地、同一種類、加工年代既知という墓石群が保有する特異な性格は、材料としての岩石が特定地域で長い年月にわたって移動しないことと相まって、岩盤の風化問題を研究する上で最適な対象であるといえる。一般墓地の墓碑年代観察によると被葬者に墓石を使用し始める時期は現在より数百年前であるので、高々、建設後数十年を経ているに過ぎない近年になって建設された岩盤構造物よりはるかに風化に関する情報を墓石は有していると考えることができる。

構造物としての墓石は数百年を経ても地下に被葬者がいる限り、現在もなお供用中であるため破壊的な方法で風化に関する調査を行うことはできないと言う特殊性がある。この場合、超音波伝播速度測定などの非破壊的な調査法を採用することが必要である。また、墓地という立地条件により、大がかりな測定設備を持ち込むことも容易ではない。当然のことながら、被葬者の子孫である墓石管理者の許可なく調査を行うことはできないし、被葬者の安寧を妨げると墓石管理者に判断されるような調査方法では調査の許可は得にくい。そのように考えると、墓石が保有する風化に関する情報を短時間で効率よく収集することが必要となる。

3. 墓石群の弾性波速度分布

熊本県には古代から連綿として家系が存続する阿蘇大宮司家がある。筆者らは当代で91代目に当たられる阿蘇家の了解を得て阿蘇家墓地内の墓石を調査した。聞き取り調査による古代からの採石場と目される墓石材料の産出地は阿蘇火山の活動で生成された溶結凝灰岩、黒雲母流紋岩、輝石安山岩などの噴出岩を産出している。また、阿蘇家墓地における墓石は主として輝石安山岩および溶結凝灰岩である。

まず最初の取り組みとして墓石内を非破壊的に透過する波動を用いて墓石内の風化情報を得ることを試みた。図1は火山碎屑岩および輝石安山岩からなる墓石の超音波速度(P波速度)と墓石に陰刻された年代から現在までの経過年との関係をプロットしたものである。製作年代が明らかな墓石及び灯籠のうち測定石材は65地点である。墓石および灯籠のうち最も古いものは大略350年を経過している。

輝石安山岩は墓石への整形年代が古くなるに従ってP波速度が低下しており、風化過程を受けて劣化していることがうかがえる。一方、溶結凝灰岩は阿蘇の火山活動による噴出物が急速に冷却固化したものであるためにガラス質を多く含み、かなり硬質である。そのため、溶結凝灰岩の平均的なP波速度は輝石安山岩に比べて若干高い値を示していて、P波速度では風化に伴う劣化を確認することはできない。

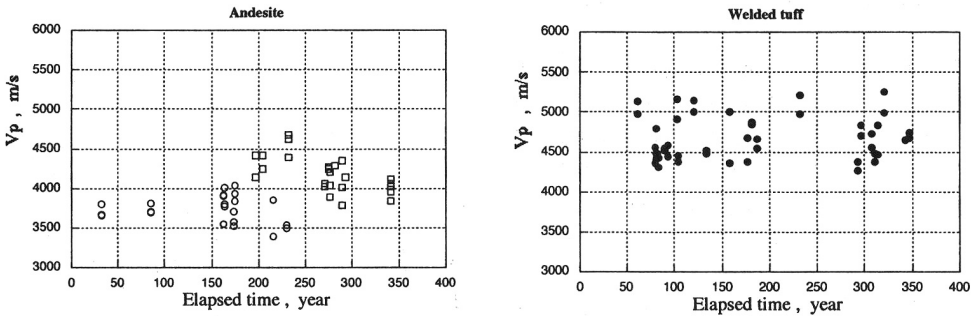


図1 墓石の経過年とP波速度の関係

4. X線CTと弾性波トモグラフィによる岩石内部観察

福岡県甘木地方の旧家から抜魂した墓石(宝暦6年、西暦1756年銘)を入手したので、産業用X線CTと弾性波トモグラフィにより内部観察を行った。当該試料は安山岩であり、平成9年から遡ると241年前の銘が陰刻されており、整形されてから240年程度は経過していると考えられる。

風化表面を2面残して残り2面を切断することにより1辺10cmの柱状供試体を作製した。これを横断方向にX線CTと弾性波トモグラフィにより観察すると図2および図3の結果が得られた。

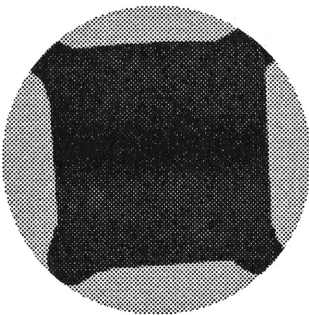


図2 X線CTによる墓石内部観察結果

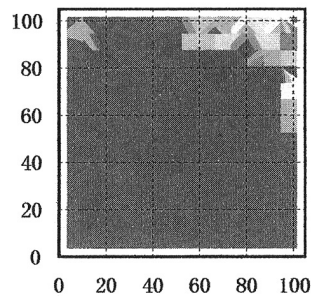


図3 弾性波トモグラフィによる墓石内部観察結果

5. おわりに

墓石が風化情報を豊富に蓄積した岩石試料であることに着目して、非破壊的な試験方法が岩石の風化による劣化情報をどの程度まで抽出できるか確認した。調査結果を十分に分析できたとは言えないが、岩石の風化過程を研究する端緒になるものと考えられる。

最後に、阿蘇大宮司家には学術調査の目的とはいえ神聖な墓域への立ち入りと墓石の調査を快く承諾いただきました。調査にご協力をいただいた関係者各位に深く感謝致します。