

P28. 砂岩製文化財の表面風化形態について

On the surface form of weathered cultural properties made of sandstone..

○朽津信明・森井順之・（東京文化財研究所）・西山賢一（徳島大学）

Nobuaki Kuchitsu, Masayuki Morii, and Ken'ichi Nishiyama

1. はじめに

昨年度の本学会において、長崎市の出島で砂岩石材が厚さ数 mm 程度の板状に剥離する風化現象を記載した¹⁾が、一方で一昨年の本学会で報告したように、石材によっては表面に小穴が密集して形成されるハニカム状の風化が起きる場合もある²⁾。文化財石材の表面風化は、その文化財の価値の本質的損失に繋がる場合があり、石材の表面風化形態は、文化財保存の観点からも重要な研究課題となる。本研究では、天草市の重要文化財・祇園橋において、同一の文化財を構成する同一の砂岩でありながら、部位によって風化の形態が異なる状況を記載し、そのような違いが形成されるに至った原因について考察を試みる。

2. 重要文化財・祇園橋における砂岩の風化状況



図－1 祇園橋外観

祇園橋は、熊本県天草市に位置する重要文化財で、1832年に架けられた桁橋構造の石橋である³⁾（図－1）。石材は、下浦石と呼ばれる、天草に産する古第三紀の微細粒砂岩（砥



図－2 祇園橋橋桁における砂岩の板状剥離

石層の一部）で、長崎市出島で幕末～明治期に使用された石材と共通する¹⁾。

祇園橋における砂岩石材には風化が目立ち、特に橋桁に用いられている石材は築造当初の部材から既に一部取り換えられている。当初部材の上面では板状の剥離が見られ、厚さ数 mm 程度のほぼ一定の厚さで侵蝕が観察される（図－



図－3 祇園橋橋脚石材におけるハニカム

2)。板状剥離は、橋脚下部で河川水がかかる部分でも同様に見られる。これは、旧出島神学校の床面において昨年度記載した砂岩の風化状況¹⁾とよく類似している。一方橋脚上部では、橋桁近くの陰になる部分で表面に直径数 mm 程度の小穴が密集して形成されており、これは鳥取県指定文化財・赤碕塔で観察される²⁾のとよく類似した、ハニカム状の風化を示している（図－3）。小穴の一部内部には、白色析出物が見られる場合もある。

3. 下浦石石切場における砂岩の風化状況

祇園橋や昨年度報告した¹⁾長崎市出島で幕末から明治頃に用いられた石材は、いずれも下浦石と報告されている。下浦石は現在でも採石が行われており、実際に 2014 年に行われた祇園橋橋桁の修復においても、新たに採石された下浦石が用いられた。そうした現代の下浦石の石切場の中で、1940



図－4 下浦石石切場で見られる板状剥離

年代ごろに露出された後にその場所が放棄された石切場において、その後の風化状況を観察した。

発破をかけた際に初めて表面に曝された石材の表面では、現在も脆弱化はあまり観察されず、ところどころで厚さ数 mm 程度の板状の剥離が認められる（図－4）。剥離後の部分の表面でも脆弱化は認められない。ただし、地形的にオーバーハングが形成されている箇所では、その直下の石材表面で脆弱化が認められ、その部分に緩やかにタフォニ状の窪地形（周辺より 10 mm 程度凹んでいる）が形成されている。またその部分の表面には白色析出物が認められる（図－5）。



図－5 石切場における塩類風化

4. 調査方法と結果

4.1. 方法

祇園橋において、修復時に取り換えられた新材、橋桁上面の当初部材で板状剥離後の石材表面、橋脚でハニカム状風化を示す部分でのハニカム内部壁、さらに石切場において、板状剥離後の石材表面、そして、白色の析出物がありタフォニ状に劣化した石材表面において、それぞれモース硬度計とエコーチップ硬度計で硬度を計測した。また、祇園橋のハニカム内部及び石切場のタフォニで認められた白色析出物を採取し、X線粉末回折法により鉱物同定を試みた。

	対象箇所	モース硬度	L_{max} 値
祇園橋	橋桁剥離部	4.5	641
	橋脚ハニカム	2.5	584
	新材	4.5	787
石切場	健全部	4.5	786
	板状剥離部	4.5	717
	タフォニ内	2.5	588

表 1. モース硬度及びエコーチップ硬度測定結果一覧

4.2. 結果

結果を表 1 に示す。板状剥離後の表面では、新材表面に近

いモース硬度やエコーチップ硬度 (L_{max} 値) が得られたが、ハニカムやタフォニの内部では、それに比べて低い値が得られた。鉱物分析の結果、白色析出物は石膏と同定された。

5. 考察

ハニカムやタフォニの形成には、石膏の析出による塩類風化が密接に関係したと判断される²⁾が、上を笠などで覆われ、雨水が直接表面に供給されにくい条件で蒸発が盛んになることで、今回観察を行った祇園橋橋脚や石切場のオーバーハング箇所でもこうした現象が起きたと考えられる。ハニカムの形成までは至らなくとも、塩類風化が起きれば表面脆弱化が起きやすくなり、各硬度値の低下が促されるのだろう。一方で、同一の石材で構成されていても、笠などがなく定常的に雨水などの供給があれば石膏は溶解しやすくなるため析出しにくくなり、より溶解しにくい方解石が石材表面に徐々に濃集することになるのではないかと考えられる。こうした方解石の濃集は蒸発面に平行に生じると考えられ、やがて石材整形面に平行に物性の不連続面が生じやすくなり、結果的に板状剥離が促されるのだろう¹⁾。この場合には、方解石の濃集により表面脆弱化も起きにくいと考えられる。祇園橋や石切場でも、こうした板状剥離が観察されるのは、雨水の供給が直接想定されやすい箇所か、あるいは河川水の定常的な供給が想定される箇所に限定されている。つまり、整形されて利用された状態の下浦石石材の風化パターンを想定すると、陰になっていて水の直接的供給が想定されにくい場所では表面脆弱化が起きやすく窪地形が形成されやすく、雨水などによる水の定常的な供給が想定されやすい箇所では板状剥離が起きやすくなることが指摘され、後者の場合には表面脆弱化は起こりにくいと考えられる。

このことは、板状剥離を避けるために、他の働きかけを伴わずに単に雨水の供給を軽減するだけでは、かえって塩類風化を助長しやすい可能性があることを意味している。水の供給を完全に止めることができるならばそれは有効な保存対策となる可能性もあるが、通常の屋外環境では完全な水の遮断は容易に実現できるとは思われず、その場合には風化を完全に防止することは非常に難しいだろう。重要文化財としての祇園橋の保存を考える場合には、むしろそのことを前提として理解した上で、橋を今後どのような存在として扱っていくのかという、人文的観点を含めた考え方が要求されることになる。つまり、風化を止めるというよりは、風化とどう付き合っていくかという議論もなされる必要があろう。

文献

- 1) 朽津信明・森井順之・佐藤円香・西山賢一（2014）長崎市出島で見られる砂岩石材の風化現象について，日本応用地質学会平成 26 年度研究発表会講演論文集，239-240.
- 2) 朽津信明・森井順之・佐藤円香・西山賢一（2013）鳥取県指定文化財・赤崎塔に見られるハニカム状風化，日本応用地質学会平成 25 年度研究発表会講演論文集，225-226.