

イースター島モアイ石像の保存科学的研究

1 はじめに

イースター島には千体を越えるモアイがあるといわれているが、その多くは風化・劣化が進行しており、その保存対策が急務となっている。昨年度はユネスコ信託基金によって、モアイ石像の強化処置と撥水処置が実施され、トンガリキのモアイ石像15体についての修復が完了した。なお、奈良文化財研究所では当修復事業全般にわたってチリ国立保存修復センターと共同調査を実施してきている。

今年度はトンガリキのモアイ石像の劣化状態と劣化要因を検討するためのデータを種々の方法により収集し、保存科学的な検討をおこなった。

2 調査方法

石材の表面状態を把握するため、実体顕微鏡等を用いた目視観察を実施し、併せて顕微鏡撮影をおこなった。また、劣化の大きな要因となる石材の乾湿状態の日変化を調べるため、赤外線吸光度計による吸光度測定、赤外線熱画像法による石材表面温度測定、およびデータロガーによる外気の温湿度測定を経時的におこなった。一方、肉眼では把握しきれない表層から内部の状態を調べるた

め、一部のモアイ石像に対して、打音試験法による周波数特性の解析および衝撃弾性波伝播速度の測定をおこない、目視等の結果と併せて劣化の状態を推定する試みをおこなった。

また、強度試験については、軟岩ペネトロメーターによる貫入試験を実施し、保存修復処置における強度的な効果について調べた。

3 結果と考察

石材について モアイは、玄武岩質溶岩で造られたものと、火山礫凝灰岩で造られたものがある。今回調査したトンガリキのモアイは後者に属する岩石で、数mmから数10cm大におよぶ玄武岩質溶岩の角礫などを多量に含む凝灰角礫岩もしくは火山角礫岩に分類される。吸水性・透水性が高く、見掛けの密度 $1.6\text{Mg}/\text{m}^3$ 、最大含水比26%前後を示す。雨水等の影響により、長期間にわたって基質の火山ガラスが溶解し、石像表面に非晶質のケイ酸化合物を析出して硬い殻を形成するといわれている。この硬い殻と本体部分では、強度の不均衡が著しく、かつ、スコールなどによる過剰な水分は、表層付近で起こる乾湿風化や水分膨潤による物理的な劣化を引き起こしていると推定できる。

外気の温湿度と赤外線吸光度の日変化 今回調査したトンガリキのモアイ石像は背面を東(海側)に、正面を西(ラノラク山側)に向けている。1日を通して、日照を遮る



図35 アフトンガリキのモアイ石像



図36 測定風景(赤外線吸光度)

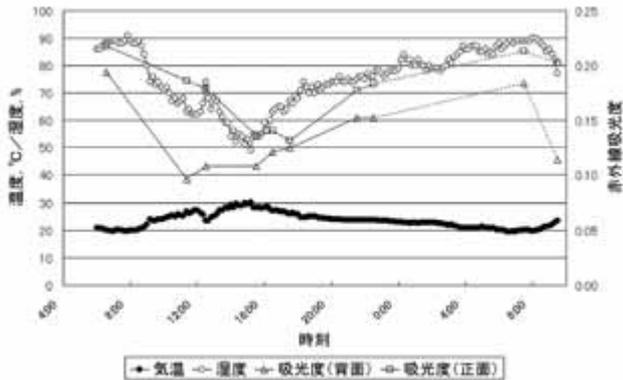


図37 外気温湿度と石像の赤外線吸光度の日変化

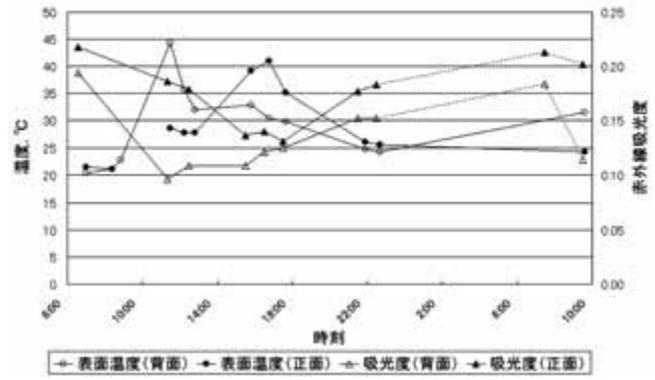


図38 石像表面における温度と赤外線吸光度の日変化

ものはない。

図37は外気の温湿度の日変化と石像の赤外線吸光度の日変化を示したものである。外気の湿度変化は、相対湿度でほぼ50%から90%と変化が大きい。外気の湿度が最も高くなる夜間に、赤外線吸光度の値が高くなっており、石像に水分が吸収されるのが明らかである。

図38は赤外線熱画像から読み取ったモアイ石像の背面と正面それぞれの所定の1点の表面温度と吸光度の経時変化である。背面および正面ともに日の出前に表面温度は最も低く、吸光度は最も高くなっている。日の出とともに背面の表面温度の急激な上昇と吸光度の低下が認められ、午後からは正面に直射が当たり、午前中における背面と同様なことが起こり、直射による凝灰岩自身の乾湿の変化が大きいことが明らかになった。

針貫入勾配の測定結果 2004年3月に処理前に実施した針貫入試験結果と処理後1年経過した2005年3月の試験結果の一例を図39に示す。図のpoint01は正面中央で、point05は背面中央を示し、それぞれはモアイを上から見た測定位置を示す。含浸強化処置前と後では処置の効果が明確に示されているが、なかには表面状態により含浸が十分でなかったものもある。平城宮跡の建築部材

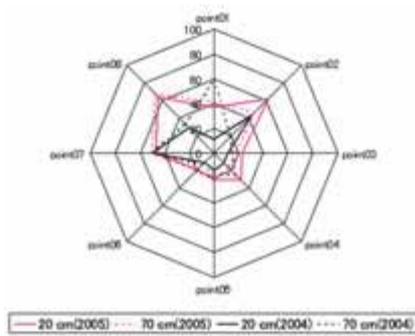


図39 モアイ石像の針貫入勾配

や古墳の石棺材などに用いられたドンズルポー累層産の凝灰角礫岩では、針貫入勾配は10 - 15N/mm前後 (41 - 60 kgf/cm²) とモアイの凝灰岩の弱い部分とよく似た値を示している。

打音測定による非破壊検査 モアイ像近くにマイクロフォンを設置し、ハンマー打撃により発生する応答音データから健全部と剥離等の劣化部を識別する試みをインパルスレスポンス方式により実施した。その結果、a) 健全な部分 (高周波数域(6 kHz付近)の存在)、b) 表面が粉状化した部分 (幅広い低周波数域の存在)、c) 剥離して浮きを有する部分 (特定の周波数域(2.5 kHz付近)の持続)を検出することができた (図40)。

4 まとめ

今回、モアイ石像の水分状態を追跡することで、石像表面における水の動きを明らかにできたことは、劣化の要因を考える上で重要な知見を得られたものと考えられる。また、打音試験という簡易な方法により欠陥部分を検出できたことは、今後フィールドワークにおいて有用な情報を提示することが期待できる。

(高妻洋成・脇谷草一郎・肥塚隆保)

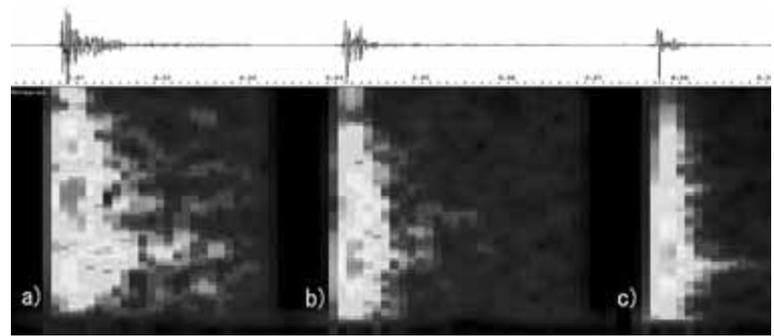


図40 打音試験によるa) 健全部、b) 脆弱部とc) 剥離部の検出