

高松塚古墳石材に関する検討について

国立文化財機構古墳壁画PT修復班（石材担当）

○石室石材を安定した状態で維持するための環境制御方法に関する検討

高松塚古墳壁画を構成する漆喰や石材のように内部に多数の空隙を有する材料は、周辺の温度・湿度の変化に応じて材料内部の水分量も変化する。この際、これらの材料内部では体積膨張、あるいは収縮を引き起こすような力が発生し、この力が材料の強度を上回ると破壊に至ってしまう。そこで高松塚古墳壁画を安定に保管できる温度、湿度環境を検討するため、下記の項目について調査を進めている。

- ・ 石材及び漆喰の平衡含水率
（ある相対湿度のもとで平衡状態となった際の体積含水率）
- ・ 様々な相対湿度のもとでの材料引張強度
- ・ 水分量変化に伴って漆喰、石材に生じるひずみ

本報告では、二上山産出凝灰角礫岩の平衡含水率について、前回検討会以降に放湿過程では 85%RH、53%RH、33%RH、吸湿過程では 33%RH、75%RH、97%RH に調整した試料の結果が得られたので図1に示す。

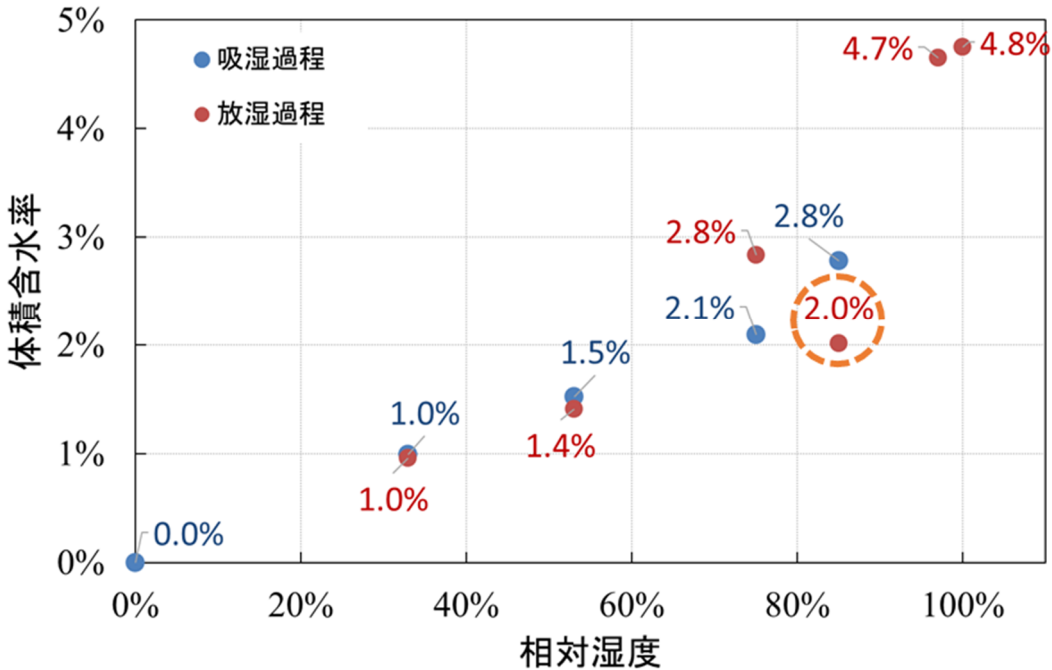


図1 二上山産出凝灰角礫岩の平衡含水率

なお、放湿過程における 85%RH 調整試料(破線囲み箇所)の平衡含水率については、他試料と大きく異なる結果を示したことから、今後再測定の予定である。

また、漆喰試料については、現在 33%RH、53%RH、75%RH、85%RH、93%RH、100RH における平衡重量の測定を行っている。測定終了後、三次元計測より試料体積を算出し、各平衡状態での体積含水率を確認する予定である。

○石室石材の輸送方法に関する検討

高松塚古墳壁画および石材の新施設への移動を想定し、仮設修理施設内で手動リフターを用いた石材輸送の負荷について動的評価を行った。

石材の輸送方法および経路は下記の通りである。

石材フレームに手動リフターを挿入してジャッキアップする

修理施設内を前進移動、修理作業室と前室間の段差をリフター前輪が通過
同段差をリフター後輪が通過

後進移動し、同段差をリフター後輪が通過

同段差をリフター前輪が通過

再度手動リフターで石材を降下させる

この間において下記の項目について測定を実施した。

- ・フレームに発生する加速度（水平方向、鉛直方向）(図 2)
- ・フレームと石材の相対変位量（水平方向、鉛直方向）(図 3)
- ・フレームのひずみ量（水平方向のみ）(図 4)

測定対象は質量が大きい天井石 1、天井石 2 および北壁石（玄武）と、質量が比較的小さい東壁石 1（男子群像）、東壁石 2（青龍） および東壁石 3（女子群像）とした。各石材の質量を表 1 に示す。なお、石材フレームの質量は石材によって異なるが約 260 [kg] 超と想定され、今回測定を実施した石材に対しては、いずれも石材側面および底面で支持している。計測に用いた加速度センサーは KYOWA 社製、小型低容量加速度センサー AS-2GB（定格容量：±2G、非直線性：±1%RO 以内、ヒステリシス：±1%RO 以内）、変位計は同社製の変位センサー DTH-A-20（精度 ±0.02mm）である。石材輸送時の測定状況を図 5 に示す。

上記 6 石に対する計測結果のうち、石材質量が最も小さい東壁石 2（青龍）と最も大きい天井石 2 における測定結果を図 6 から図 11 に示す。なお、加速度と変位計測においては鉛直方向では下向きを（+）に、水平方向では進行方

表 1 石材質量

石材	天井石 2	天井石 1	北壁石 玄武	東壁石 1 男子群像	東壁石 3 女子群像	東壁石 2 青龍
質量 [kg]	1530	1400	1215	825	685	655

向左向きを(+)とした。またひずみ量は引っ張り(伸び)が(+)、圧縮(縮み)が(-)である。図中の から の記号は前ページの同記号で記したタイミングに対応する。

測定結果は下記のとおり。

- ・段差通過時に発生する加速度は水平方向で最大約 $1 \text{ [m/sec}^2\text{]}$ (約 0.1 [G])、鉛直方向で最大約 $2 \text{ [m/sec}^2\text{]}$ (約 0.2 [G]) で、質量の大きな石材でやや大きな値が記録された。
- ・フレームに対する石材の相対変位量は東壁石 1 (男子群像)、北壁石 (玄武) および天井石 2 でやや大きく、水平方向、鉛直方向いずれも振動発生時に約 0.3 [mm] の変位が記録された。一方、その他の石では約 0.05 [mm] から 0.08 [mm] の範囲に収まった。
- ・フレームに生じるひずみ量は東壁石 2 (青龍) と北壁石 (玄武) のものでやや大きく約 $1500 \text{ [}\mu\text{m/m]}$ を示したが、その他の石材のフレームでは約 $100 \sim 600 \text{ [}\mu\text{m/m]}$ 程度の値に収まった。

測定結果の絶対値の評価は今後慎重に検討を進めるが、少なくともこれらの負荷の範囲にて将来石材を輸送することを目標として検討を進めてゆく。

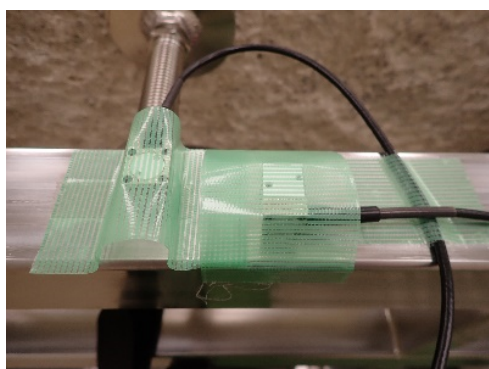


図2 加速度センサー(進行方向左右方向と鉛直方向)



図3 変位計(石材水平方向の変位、石材側面に設置)



図4 ひずみゲージ

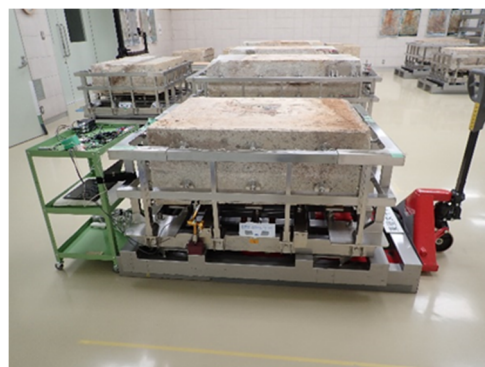


図5 石材輸送時の計測風景

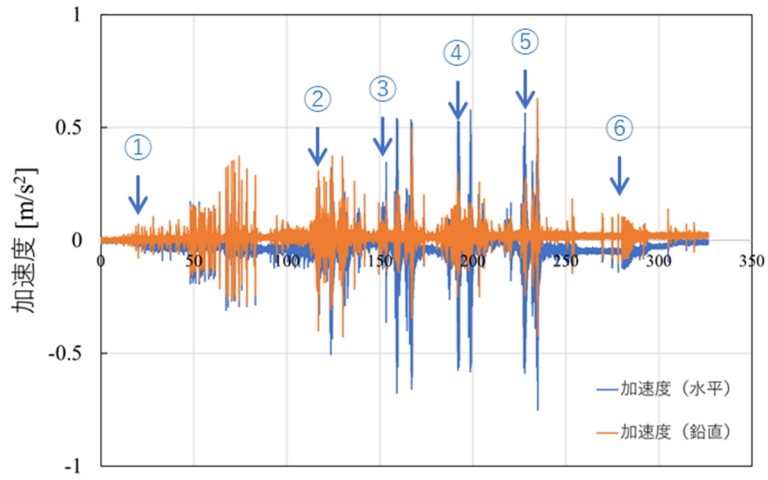


図6 東壁石2（青龍） 加速度（青：水平方向、橙：鉛直方向）

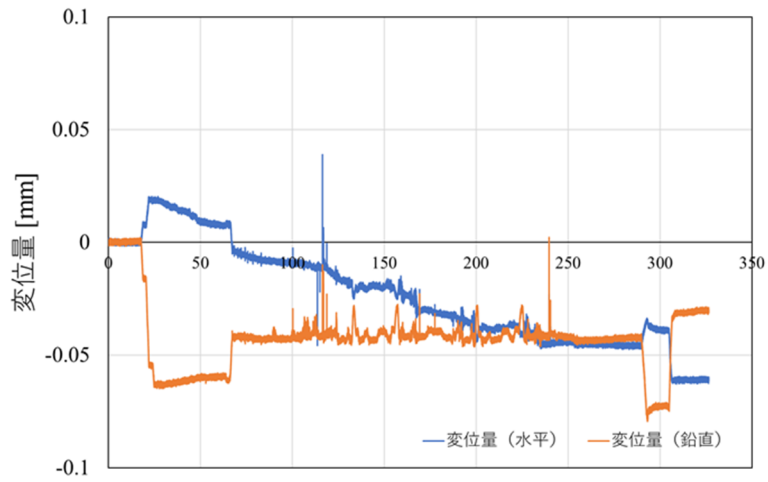


図7 東壁石2（青龍） 変位置量（青：水平方向、橙：鉛直方向）

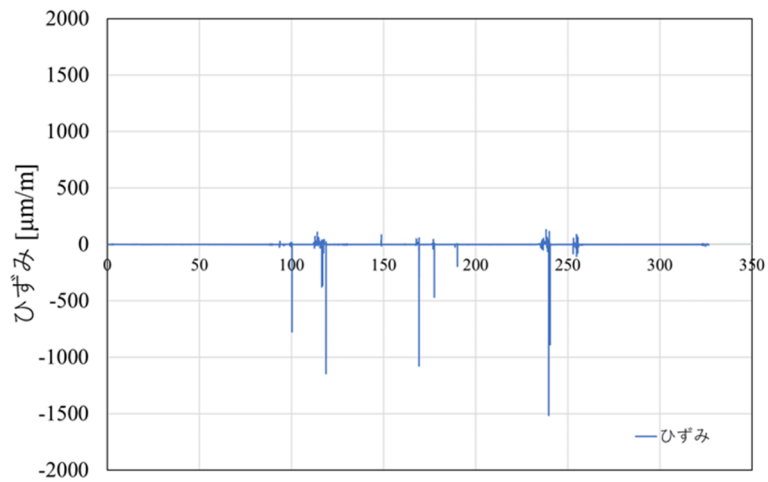


図8 東壁石2（青龍） フレームひずみ

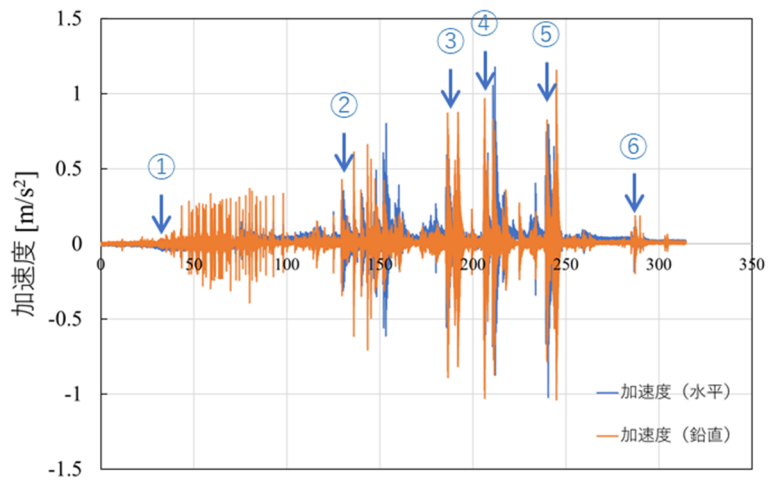


図9 天井石2 加速度（青：水平方向、橙：鉛直方向）

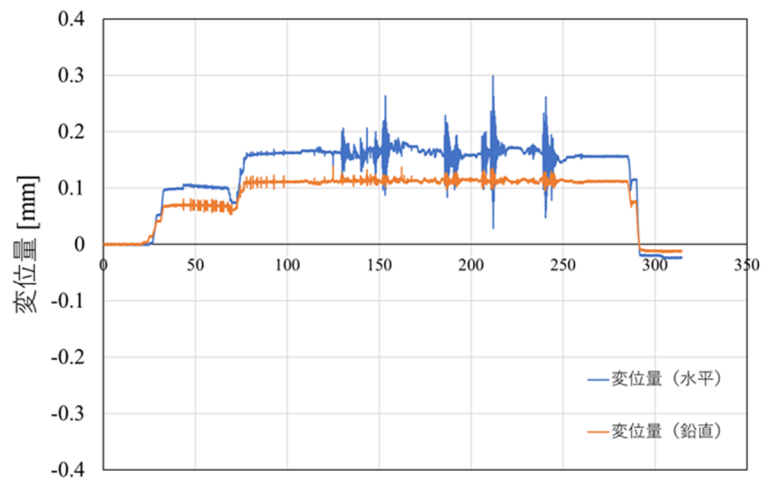


図10 天井石2 変位置（青：水平方向、橙：鉛直方向）

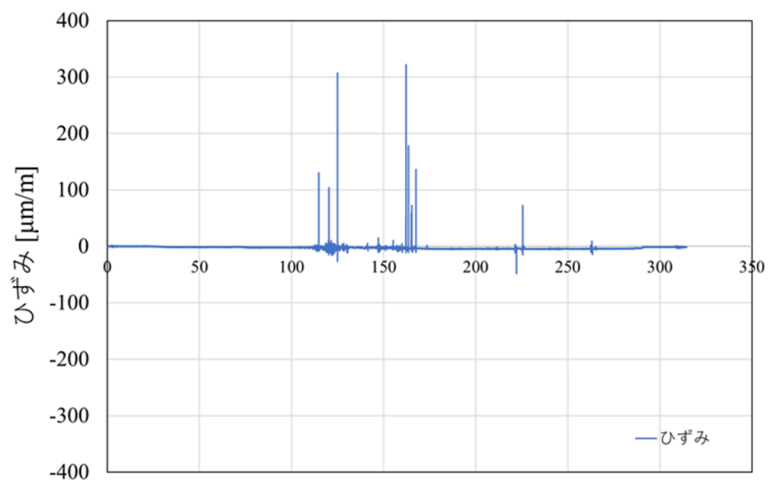


図11 天井石2 フレームひずみ

