

事例報告：臼杵磨崖仏における表面樹脂処理試験

早川典子・川野邊 渉

1. 目 的

大分県臼杵市の臼杵磨崖仏では昭和55年から平成5年にわたり、大がかりな修理事業が行われ、あらたな覆い屋の設置、磨崖仏の補修、表面樹脂処理等が行われた。この際の樹脂処理は、表面の撥水処理や強化処理の目的であり、それ以降にも例年メンテナンスのために同様の処理が行われてきている。しかし、施工箇所の一部で樹脂の存在が一因と思われる劣化が見られている上、従来の樹脂処理効果に対する検討もなされて来なかったこともあり、今後樹脂処理を行う場合に、施工時期や施工箇所に適った樹脂を選択するために樹脂処理試験を行った。検討項目は、樹脂の種類、施工時期、施工箇所の3点であり、屋外石造文化財樹脂処理の一試験例としてここに報告する。

2. 試 験 方 法

2-1 従来の施工方法

従来行われているメンテナンスは撥水処理を主な目的とし、以下のようになされている。

使用樹脂 SS101 (表1.参照)

また、修理事業の際にはワッカーOH100 (表1.参照) による強化処理も行われた

施行時期 7～8月であることが多い

施工方法 表面噴霧および塗布

2-2 本研究における試験方法

従来のメンテナンスにおいては、効果の発現の不十分さや、樹脂の浸透性の低さによる表面での樹脂の結晶化などが観察されて問題となっている。その要因として、施工する際の温湿度、検討の十分でないままの樹脂選択、また施工箇所の違いが処理効果に与える異なる影響などが考えられる。そのため、以下のような試験方法を設定し、上記の項目について検討することとした。

使用樹脂 表1.にある9種類

施行場所 古園、ホキ2群

岩質は未凝結凝灰岩であり、古園は東向きの龕、ホキ2群は南向きの龕である

施工箇所、施工方法、施工日時、施工の際の温湿度を表2.に示す

表1 本研究にて使用した樹脂の種類

樹脂名	製造会社	主成分
ハイドロシランH	菱洋株式会社	ケイ酸アルカリ化合物、オルガノシラン、触媒、水
ハイドロシランM	菱洋株式会社	ケイ酸アルカリ化合物、オルガノシラン、水
シンエツバイオウオーターガードM	信越シリコーン	シランモノマー (IPA溶媒)
プラトン	株式会社ミヤキ	シリコーン、ソルベント
トライム	株式会社ミヤキ	シリコーン混合物、石油エーテル、トルエン、ソルベント
ワッカー-OM50	株式会社アクト	テトラエトキシシラン (モノマー、他にも有機物)
ワッカー-OH100	株式会社アクト	テトラエトキシシラン (オリゴマー、他にも有機物)
ビフォーマー (ER-002)	株式会社 S&T研究所	ポリシロキサンの側鎖にPEG
エンピロシール	Master Bulkers Technologies	
SS101	コルコート株式会社	トリメチルエトキシシラン、トルエン、メタノール溶媒

表2 樹脂施工状況

施工箇所		施工方法	施工日時	施工温湿度
古園	A.大日如来より北側の仏像腰下の擬岩垂直面	擬岩1枚につき一種類の樹脂を塗布	99/12/8	6.62℃ RH72.5%
	B.大日如来より北側擬岩台座水平面	擬岩1枚につき一種類の樹脂を塗布	99/12/8	6.62℃ RH72.5%
	C.龕北側の壁面 屋根の下 垂直面	一定面積ずつ塗り分け (図6参照)	99/7/1	22.07℃ RH82.1%
			99/12/8	6.62℃ RH72.5%
	D.龕北側の壁面 雨水を浴びる部分	一定面積ずつ塗り分け (図6参照)	99/7/1	22.07℃ RH82.1%
		99/12/8	6.62℃ RH72.5%	
ホキ2群	E.龕西側の壁面	一定面積ずつ塗り分け (図6参照)	99/7/1 99/12/8	23.63℃ RH76.6% 5.81℃ RH77.1%
	F.龕西側の石塀	石2枚につき一種類の樹脂を塗布	99/7/1	23.63℃ RH76.6%
	G.作成した石のサンプルを龕内に設置	窟崖仏近くから採取した石材を高さ1cmの5cm角に切り、デシケーターにて吸引乾燥した後、各樹脂を含浸。	99/7/1 (設置日時)	23.63℃ RH76.6% (設置日時)

3. 結果および考察

3-1 樹脂の相違に関する考察

3-1-1 施工後の状態

質感には各樹脂による違いが相当に生じている。特に施工箇所A, Bでは、ワッカー-OM50や、SS101は施工後何ヵ月経っても、濡れ色が引けない。(図1、2) 全体的に状態の良い施工箇所EにおいてもSS101は濡れ色が感じられる。これは、これらの樹脂のこの岩体への浸透性の低さによるものであろう。また、ビフォーマーは12月施工の場合は地色となじんで自然な仕上がり

であるが、7月施工の場合は表面で白結晶化、ワッカーOH100も7月施工の場合は濡れ色のままで、この時期に施工した場合は概して樹脂の浸透性は低いと思われる。また、シンエツバイオウォーターガードMは、総じてある程度良好な浸透具合を示している。

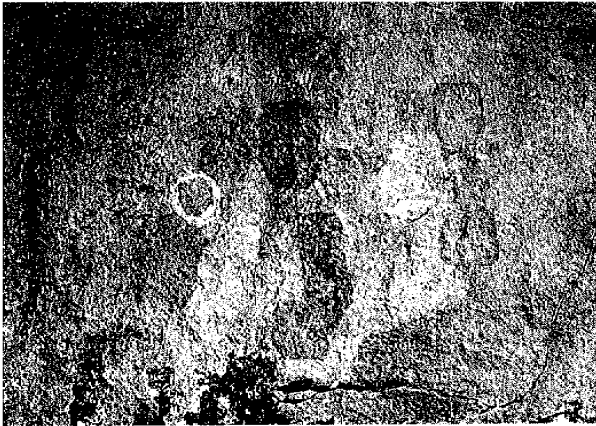


図1 施工箇所C (00.5.17撮影)
右ブロック 99.7.1.施工 左ブロック 99.12.8.
施工

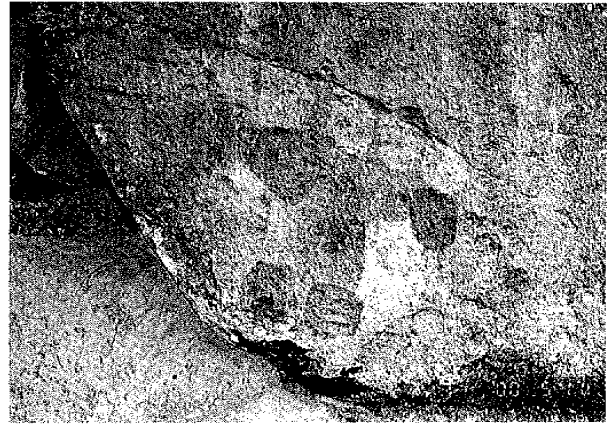


図2 施工箇所D (00.5.17撮影)
右ブロック 99.7.1.施工 右ブロック 99.12.8.
施工

3-1-2 耐生物性

ワッカーの2種は岩体強化剤であるので、ここでは考察から除外する。

全体的に、シンエツバイオウォーターガードM、プラトンおよびビフォーマーが良好な結果のように見られる。(施工箇所A,B,Fなど) (図1、2)

水平面においては施工箇所Bに見られるようにビフォーマーが著しく良好であるが、シンエツバイオウォーターガードMやプラトンでは、垂直面、水平面ともにほどほどの結果を得られている。SS101やエンピロシールはあまり樹脂処理の効果は感じられなかった。

3-1-3 塩類風化

今回の試験では、樹脂塗布が原因とされる塩類析出は観察されていないが、施工箇所が本来塩類の析出しやすい場所ではなかったこともその大きな要因であると考えられる。従って、今後は塩類風化の観察される箇所での試験も必要であると思われる。

3-2 施工時期の相違に関する考察

温度が低く絶対湿度の低い時期と、温度が高く絶対湿度の高い時期との施工結果の相違について、7月での施工と12月での施工を比較することで考察する。この2つの時期に同じ方法で施工したのは施工箇所C~Eである(図3~5)。全体的に、12月に施工した場合の方が、浸透性がよいように観察される。特にビフォーマーは、12月の施工では表面上の変化はほとんど見られないが、7月施工では表面で白く結晶化している。また、3-1-1で指摘したワッカーOMとSS101の浸透性の低さは、7月にさらに著しい。12月施工では濡れ色を示すのみにとどまるが、7月施工ではその上に光沢を持つほど浸透性の低さが顕著である。以上より、今回試験した樹脂を施工する際には、総じて湿度の低い状態が好ましいと考えられる。

3-3 垂直面施工と水平面施工の比較

同質の岩体に樹脂処理した場合に、水平面と垂直面との状況の違いを施工箇所A, B (図1、2)で考察する。全体的にどの樹脂も、水平面の方が仕上がりの質感も耐生物性も優れている



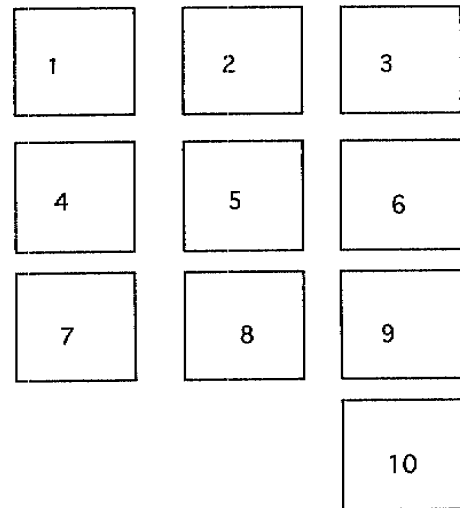
図3 ビフォーマーを塗布した部分だけ白く、緑色生物が観察されない。(施工箇所B)



図4 施工箇所E (00.5.17撮影)
右ブロック 99.7.1.施工 左ブロック 99.12.8.施工



図5 右のブロックがビフォーマー
(左はワッカーOH100)



1. ハイドロシランH
2. ハイドロシランM
3. シンエツバイオウォーターガードM
4. プラトン
5. トライム
6. ワッカーOM
7. ワッカーOH
8. ビフォーマー (ER-002)
9. エンピロシール
10. SS101

図6 施工箇所C、D、Eの樹脂塗り分け

ように観察される。3-1-2で述べた3種の耐生物性の高い樹脂についても同様の傾向が見られ、特にビフォーマーについては、垂直面では枯れた苔類が黄色化しているが、水平面では白灰色となって石材と同色になっている。これは、樹脂の効果が著しいために苔類が短時間で枯死したためだろうと思われる。プラトンでも同様の傾向が見られるが、水平面における効果はビフォーマーの方が顕著である。しかし、シンエツバイオウォーターガードMは、水平面と垂直面での状態の違いはほとんど見られず、苔類はどちらでも黄色化した状態で枯れている。以上より、樹脂処理をする場合に、その効果の大きさは施工面が水平か垂直かにも影響を受ける可能性が否定できない。

3-4 雨水の影響

施工箇所C、D (図4、5) は、同じ古園において同様の岩体に同様の処理を施しているが、Cのほうが状態が良いように観察される。両者の違いとしては、Cは雨水がかからない場所であり、Dは雨水がかかる場所にあることが考えられる。これは、あまり大きな違いではないの

で、今回の結果のみにて断定はできないが、樹脂施工の際には、雨水の影響も考慮に入れる必要はあろう。また、施工箇所Eの7月施工と施工箇所Fは少量の降雨中に行われたが、どちらも、期待された効果はあまり得られていない。わずかにFにおけるバイオウォーターガードMとビフォーマーが良い状態であると言えるが、実際の施工においては施工中に水のかかるような状態は避けるべきと思われる。

4. ま と め

大分県臼杵市の臼杵磨崖仏において樹脂施工のための試験を行った。表面の撥水や強化を目的とするため、撥水性樹脂8種に、親水基を保有する樹脂1種を加えて9種の樹脂を用いた。その結果、以下の傾向が確認された。樹脂の種類によって岩体への浸透性が大きく異なり、その結果得られる効果も異なった。特にこのサイトにおいて、シンエツバイオウォーターガードMは、今回の検討項目に照合して総じて良好、あるいは悪影響がないように見られた。しかし、SS101やワッカー2種などは期待した効果がほとんど観察されず、同じ撥水剤と言えども、効果の発現具合は異なることが明らかとなった。さらに、施工時期によっても、得られる効果は大きく異なり、特に今回使用した樹脂に関しては全体的に低湿度期のほうが良好な結果が得られている。さらに、雨水のかかるところへの施工はあまり効果が期待できない傾向も見られた。また、水平面と垂直面の比較では、水平面の方が良好な結果が得られた。

以上により、屋外石造文化財に樹脂処理する際には、必ず事前の試験施工の必要があり、その際には樹脂の種類のみならず施工時期や場所に関しても細かな検討を要すると考えられる。

The Study to Control Water Contents by Various Silicone Derivatives Usuki-magaibutsu

HAYAKAWA Noriko and KAWANOBE Wataru

A few silicone derivatives such as SS101 have been applied to consolidate and/or provide water repellence to masonry objects displayed outside. These days, many kinds of compounds have been synthesized for various purposes in many fields. The effects of nine compounds containing siloxane structure to control water conditions in stone was studied. The result at the present shows that the season and the type of compounds to apply make a big difference in controlling water condition in stone.