

文化財の保存を目的とした煉瓦の樹脂処理効果に関する研究

朽津 信明・早川 典子

1. はじめに

近年、近代の文化遺産の保存修復が注目されつつある¹⁾が、その中でも、我が国における特徴的な近代の文化遺産として、煉瓦造建造物の保存の必要性が訴えられている²⁾。煉瓦造建造物は、我が国では主に明治から大正にかけてのごく限られた時期に集中して築かれた、近代を象徴する建物であるが³⁾、現存する煉瓦造建造物は、大半は築造後100年以上が経過し、最近では劣化が目立つものが少なくない²⁾。煉瓦造建造物の保存については、言うまでもなくそれが豊富に存在するヨーロッパにおいては、数々の事例が報告されている⁴⁾が、通常は構造体としての建物の保存対策として考えられる場合が多く、一般に煉瓦そのもの自体は保存対象ではなく構造物における交換可能な部品の一つであり、いわば消耗品と捉えられることが多い。従って、煉瓦自体の保存に関してはあまり注意が払われてきていない。しかし、日本においては上記のように煉瓦が構造的に使用された時代が極めて短く、使用された煉瓦自体が歴史的意義を持つようになっているため、材料としての煉瓦の保存という視点も必要不可欠な問題となっている⁵⁾。そこで本研究では、文化財としての煉瓦造建造物の保存を目的としながら、その材料としての煉瓦の保存に関して、煉瓦を合成樹脂で処理することの有効性について評価を試みる。

2. 煉瓦保存の問題点

日本における煉瓦造建造物の保存については、東京国立文化財研究所⁶⁾などの研究がある。それによれば、上述のように構造体としての煉瓦造建造物の保存という視点から離れ、それを材料としての煉瓦の劣化という問題に限定すれば、その劣化要因としては塩類風化が極めて重要な問題として取り上げられる⁶⁾。塩類風化とは、塩類の析出に伴って物質が物理的に破壊される現象であり、煉瓦ばかりでなく石造文化財全般において観察され⁷⁾、これは材料内における水の挙動に密接に関係した問題であることが指摘されている⁸⁾。

材料としての煉瓦の保存処理としては、合成樹脂による処理が一般的だが、煉瓦と言うことに限定せず、石材全般の合成樹脂処理と言う観点で考えれば、これまでも少なからず試みられており、樹脂処理に伴う材質変化に関する研究も行われてきている⁹⁾。しかしながらこれまでの研究では、石材の強度を上げるために合成樹脂を用い、その結果として得られる強度変化に関する物性評価が中心であり、水に対する特性の変化については、それ程記載されてこなかった。むしろ、煉瓦の保存を考える場合にも、煉瓦自体を強化し、風化に耐え得る強度のものに改善していくことが必要な場合もあろうが、上述のように塩類風化という問題に関して言えば、煉瓦内での水の挙動を制御する対策が重要となるであろうと考えられる。

そこで本研究では、文化財の水分特性をコントロールするために用いられる合成樹脂を煉瓦に施工して、その後起こる水分特性の変化を記載するとともに、それを実際に塩類風化が問題となっている煉瓦造建造物において用いることにより有効性を確認し、煉瓦の塩類風化を軽減する適切な方法を考察することへの寄与を試みる。

3. 室内試験

文化財材料の水分特性をコントロールする目的でこれまでに行われている合成樹脂処理としては、大きく分けて、①撥水性樹脂を用いることによって、そもそも材料に水が進入することを妨げる試み¹⁰⁾と、②親水性樹脂を用いることによって、材料内の水分変化を少なく留める試み¹¹⁾との二種類が知られている。以下では、それぞれの代表的な樹脂処理を煉瓦に施した場合に、水分に関係した各種の基本的な物性がどのように変化するのかを記載する。

3-1 樹脂処理に伴う水分特性の変化

3-1-1 試料

樹脂処理に伴う水分特性の変化は、実際に文化財建造物に用いられていた煉瓦試料を用いて行った。試料は、東京砲兵工廠銃砲製造所建造物¹²⁾で用いられていた「上敷免製」の刻印の入った赤煉瓦一点である。東京都北区教育委員会から提供されたこの試料は、解体されて現・陸上自衛隊十条駐屯地敷地内に放置されていた煉瓦片であり、その原位置は特定できないが、刻印から、日本煉瓦製造株式会社で、明治20(1887)年～大正14(1925)年の間に作られた煉瓦であることがわかる。これは近代建築としての煉瓦造建造物の保存を考える際には適切な試料と考え、今回の試験に供した。得られた一片の煉瓦から、直径4.99cmで高さが煉瓦の厚さ方向(約5cm)になるような円筒形のコアを、コアドリルによって、なるべくお互いに類似した物性を持つような箇所から3個くり抜き、それを供試体とした。

3-1-2 処理内容

処理に用いた樹脂のうち、撥水性樹脂としては、トリメチルエトキシシランオリゴマーであるコルコート(株)のSS-101¹⁰⁾を用い、トルエンを溶媒として樹脂分の濃度が6分の1になるように含浸用の溶液を作成した(試料1)。親水性樹脂としては、ポリシロキサンオリゴマーである(株)C&P研究所のER-002¹¹⁾が代表的であるが、これは施工後も固化することがなく、液体状態で材料内に残存する特性を持つため、透水試験などには不向きであると判断し、この試験においては、類似した親水性を示しながら固化する特性を持つ、同社のビフォロン¹³⁾を用いた。ただし、ER-002の性質となるべく近づけるため、主剤/架橋剤の比率を通常の1/1ではなく2/1にし、これを酢酸エチルを溶媒として樹脂分濃度6分の1になるように含浸用の溶液を作成した(試料2)。なお、くり抜いたままで樹脂処理を行わなかった煉瓦試料を、試料3とした。

具体的な処理は、まず供試体を110℃で一晩以上十分に乾燥させた後、準備した上記のそれぞれの液体内に完全に浸してしばらく放置した。そして常圧で気泡が観察されなくなった段階

表1 各供試体の基本的物性と飽和透水係数

	1(撥水処理)	2(親水処理)	3(無処理)
直径 (cm)	4.99	4.99	4.99
試料高 (cm)	4.73	4.77	4.95
体積 (cm ³)	92.50	93.28	96.80
樹脂含浸量(g)	4.30	4.11	0
処理後乾燥質量(g)	153.00	157.92	161.66
かさ密度(g/cm ³)	1.654	1.693	1.670
湿潤質量(g)	179.43	184.26	190.32
間隙率 (%)	28.58	28.23	29.61
飽和透水係数(cm/S)	4.78E-05	6.07E-06	6.06E-05

で試料を取り出して表面の過剰な液体を拭き取った後、ボールミル上で回転させながら24時間以上放置して溶媒を均質に乾燥させた。さらに下記試験に供する前には、試料を真空デシケータ内で減圧し、減圧前後に質量が変わらないことによって溶剤が完全に蒸発

していることを確認した。なお、処理後にも、いずれの試料でも供試体に肉眼レベルでの変形や、膨張収縮などは一切観察されず、表面にも膜状の物質は全く形成されていなかった。処理後の質量増は、いずれの処理でも4g程度観察されたが、間隙率やかさ密度で見る限り、未処理のものとそれ程大きな違いは見られなかった(表1)。

3-1-3 透水試験

(社)地盤工学会¹⁰⁾に基づいて、定水位法で各試料において飽和透水係数を測定した。飽和透水係数とは、水の通りやすさを示す指標であり、大きな値を示すものほど水を通しやすいことを示す。試験は全く同様のやり方で5回繰り返して、値に大きな変化がないことを確認してその平均値を採用した。結果を表1に示す。試料3(未処理)では 10^{-5} のオーダーであり、試料1(撥水性樹脂処理)でもオーダー的には変わらなかったが、試料2(親水性樹脂処理)では 10^{-6} のオーダーの値が得られ、明確にこれよりも低い値を示した。

3-1-4 水分特性試験

(社)地盤工学会¹⁰⁾に基づいて、加圧板法により各試料においてpF-体積含水率曲線を作成した。これは、水の保持しやすさ、そして放ちやすさを示すグラフに相当する。結果を図1に示し、また、それぞれの実験において、それぞれの圧力条件にしたときの平衡状態に至るまでの所用時間を表2に示す。

まず、pF-体積含水率曲線で見ると、試料2は試料3の形と大差ない曲線が得られたが、試料1については減圧過程において上記の二つとは全く形が異なり、減圧しても水を殆ど吸収しなかった。一方、それぞれの平衡状態に到達するまでの所要時間で比較すると、試料2においては、加圧過程(pF=2.78付近)で所要時間が極端に長くなり、それ以上の加圧状態にした場合には平衡状態を確認することが困難であった。(このため、この試料だけはpF=2.78から減圧過程に入ることにした。)

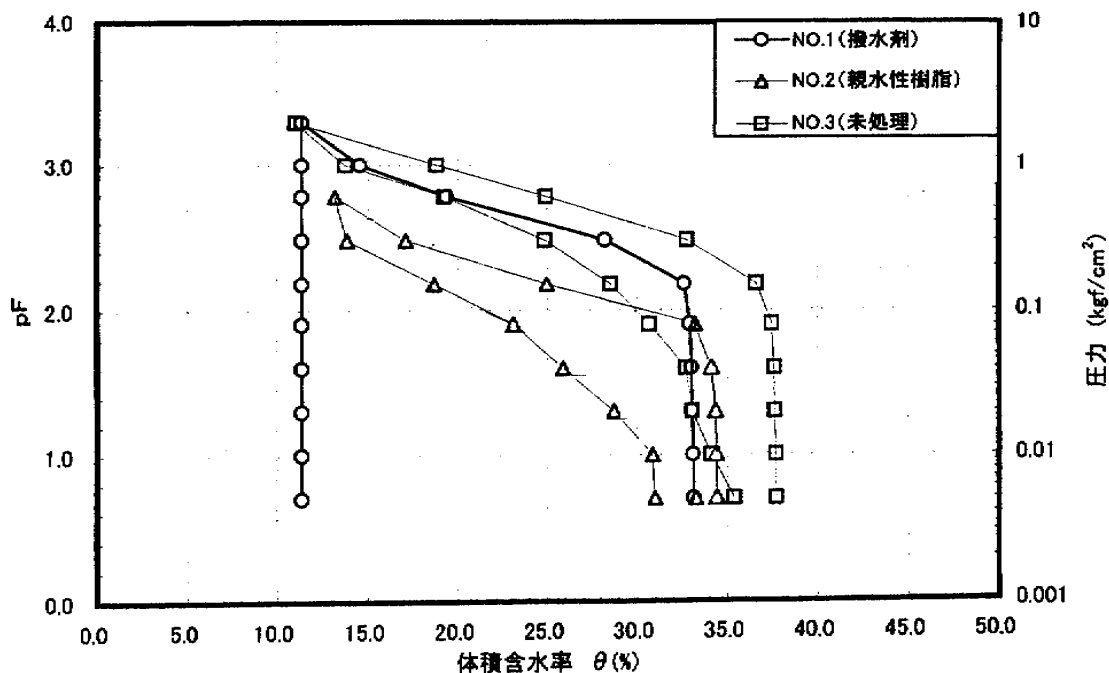


図1 各試料のpF-体積含水率曲線

表2 各圧力条件での平衡状態に達するまでの所要時間

項目	NO.1(撥水剤)		NO.2(親水性樹脂)		NO.3(未処理)	
	含水比 ω (%)	時間 min	含水比 ω (%)	時間 min	含水比 ω (%)	時間 min
0.70	19.7	16	20.2	32	22.7	28
1.00	19.7	100	20.2	19	22.7	16
1.30	19.6	80	20.1	15	22.7	16
1.60	19.6	45	20.0	32	22.7	4
1.90	19.6	70	19.5	150	22.6	15
2.18	19.4	120	14.7	420	22.1	55
2.48	16.8	950	10.0	350	19.8	170
2.78	11.5	500	7.7	2200	15.0	88
3.00	8.7	1000	-	-	11.3	120
3.30	6.8	850	-	-	6.7	380
3.00	6.8	8571	-	-	8.3	360
2.78	6.8	1418	-	-	11.6	400
2.48	6.8	1549	8.1	480	15.0	350
2.18	6.8	9961	11.0	720	17.2	280
1.90	6.8	5776	13.6	700	18.5	900
1.60	6.8	20160	15.2	3000	19.7	900
1.30	6.8	20160	16.9	15000	20.0	330
1.00	6.8	10080	18.1	13000	20.6	580
0.70	6.8	10080	18.2	6300	21.3	2100

3-2 樹脂処理に伴う接触角の変化

3-2-1 方法

接触角は、固体に水滴を滴下したときの盛り上がりの角度に相当し、固体の濡れやすさを表す数値であり大きい値を示すものほど濡れにくいことを示す。測定に際しては、煉瓦試料では空隙の存在によって接触角のバラツキが大きいため、今回は純粋に樹脂自身の性質を把握する意味において通常のガラス基板をコントロールとし、それを撥水性樹脂、そして親水性樹脂でそれぞれ処理したものをを用いた。

撥水性樹脂としては、上記水分試験でも用いたSS-101と、近年文化財への使用が検討されているシランモノマーである信越シリコンのシンエツバイオウォーターガードM[®]の2種類を用いた。これらでは、重合に時間を要するため、ガラス基板に対して樹脂を直接滴下してそのまま一晩静置することにより定着させ、測定に用いた。

親水性樹脂としては、文化財保存には通常最もよく用いられるER-002[®]を用いた。こちらは滴下しただけでは乾燥が十分ではないため、スピンコート法（高速で回転させることにより定着させる方法）によりガラス基板に定着させ、一晩静置後に測定を行った。

測定は、これらの試料にミリポア水を滴下し、その接触角を測定することで行った。それぞれの試料について左右3回ずつ測定し、その平均により結果を求めた。

3-2-2 結果

結果は、表3に示す。撥水性樹脂ではコントロールに比べて値が増加、親水性樹脂では値が極端に減少する傾向が見られた。特に、シンエツバイオウォーターガードMでは、90を超える

表3 各試料の接触角

試料	接触角 (θ°)	$\cos \theta$
ガラス基板	79.9	0.175
SS-101	88.8	0.0209
シンエツバイオウォーターガードM	93.8	0.0663
ER-002	29.3	0.871

高い値を示した。

4. 試験片を用いた現地試験

樹脂処理を施した煉瓦試料が、実際の文化財においてどのような挙動を示すかを明らかにする目的で、試験片を用いた現地試験を行った。

4-1 方法

試験を行ったのは、栃木県野木町にある重要文化財・旧下野煉化製造会社煉瓦窯である。この建物は、明治23(1890)年に建てられた煉瓦製造用のホフマン式輪窯であり、建物自身が焼成煉瓦でできている(図2)。建物自身についてはKumakura¹⁶⁾によって報告されており、その劣化状況については川野邊・朽津¹⁷⁾によって報告されているが、同建物における煉瓦は著しい塩類風化を示しており、保存の必要性が訴えられている。川野邊・朽津¹⁷⁾によれば、この建物における煉瓦の劣化状況は、建物の中における部位ごとに異なっており、それぞれのおかれている環境によって塩類風化の起こり方が異なるという。具体的には、析出する塩類の種類が一階の窯部分(以下、一階とする)と二階の燃料投下スペース(以下二階とする)とでは異なり、さらには一階においては北側と南側とでも異なる。また、その析出塩の違いによって劣化状況も異なり、一階北、南、そして二階の順に保存状態が悪くなる。

以上を踏まえて本研究では、実際の建物の煉瓦壁において塩類風化を軽減することを目的と

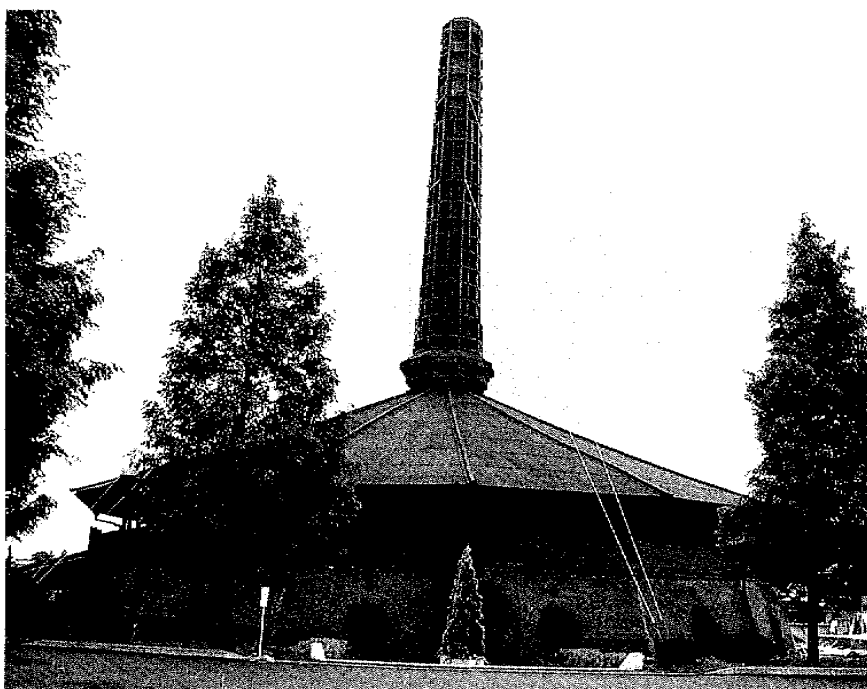


図2 重要文化財・旧下野煉化製造会社煉瓦窯

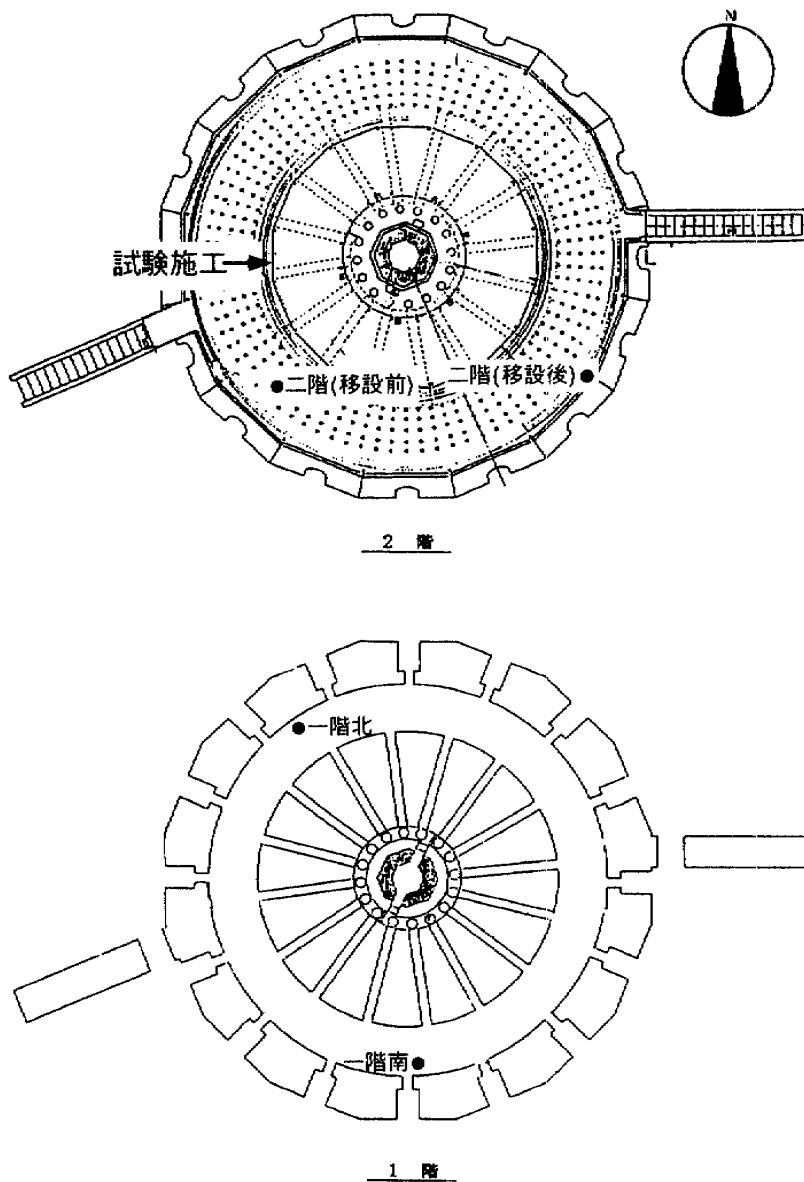


図3 煉瓦窯の平面図と試験片設置地点 (Kumakura¹⁹⁾に加筆)

(図3)に直接設置された。なお、二階に関しては、損傷した雨樋から与えられる直接的な水の供給が、建物の劣化に影響している可能性が考えられたため、2000年5月10日からは、この水が供給されると推定される箇所(図3)に移設して観察した。

4-2 結果

4-2-1 一階北側

全試験片で、コントロール部には塩類の析出が観察されたが、設置後しばらくの間はいずれの試料でも樹脂処理した部分には塩類は認められなかった。しかし、設置7ヶ月後の2000年1月の時点では、撥水性樹脂であるSS-101とシンエツバイオウォーターガードMで処理した試料では、処理した側の表面がコントロール部よりも劣化し、手で払うと崩落する状態となっていた(図4)。これに対しER-002で処理した試料では、処理した部分は堅牢だが、コントロール部は表面が劣化し、手で払うと崩落する状態であった。これらの傾向は、2000年10月の時点まで観察された。

しながら、まずは窯内に残されている建物に使用されなかった煉瓦片を用いて、それを樹脂処理してから建物の各部位に設置して、その後の経過を観察した。それぞれの煉瓦は、建物自体に用いられているものとはほぼ同様の性質を持つと判断され、また試験開始の段階では、建物の煉瓦壁と類似した水分条件にあったと推定される。試験片としてはなるべく性質が類似して見える、塩類の析出が観察されない煉瓦を用い、一個の煉瓦の片側半分の全面に樹脂を刷毛で塗布し、残りの片側半分をコントロール部分として残した。用いた樹脂は、接触角の測定に用いたのと同様に、撥水性樹脂としてSS-101とシンエツバイオウォーターガードMの二種類、そして親水性樹脂としてはER-002である。樹脂が塗布された試験片は、1999年6月3日に、一階北、南、そして二階の各床面

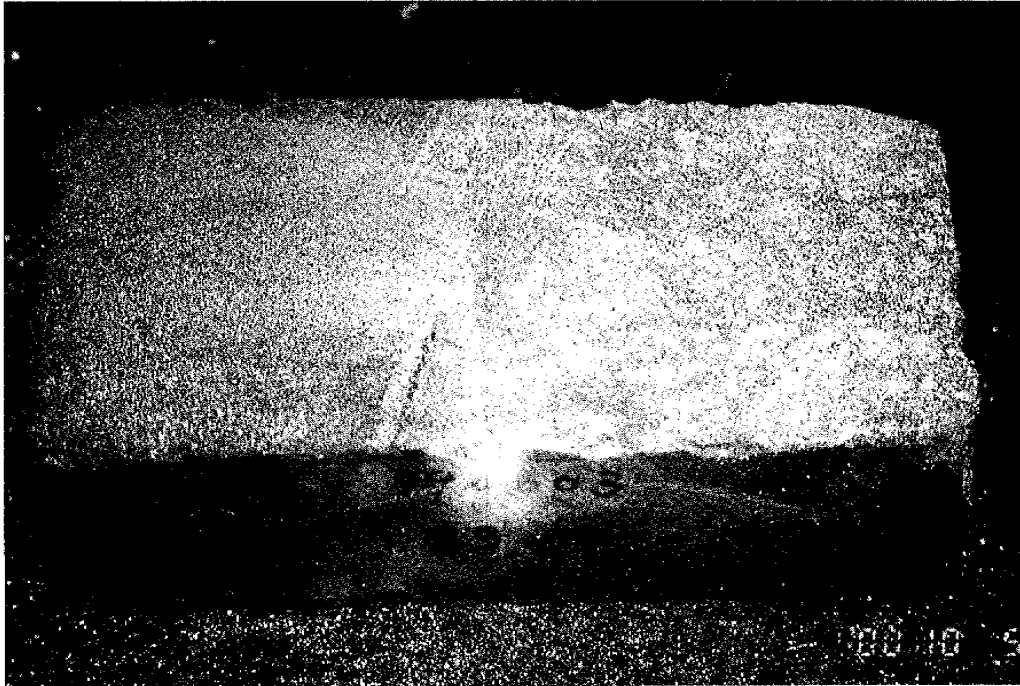


図4 試験終了時（2000年10月）の撥水性樹脂で処理した試験片（一階北）コントロール部（写真左）に比べて処理部（右）の方で塩類が目立つ。

4-2-2 一階南側

全試験片で、コントロール部は煉瓦表面が劣化崩落する一方で、樹脂処理を行った部分については、表面は堅牢であった。しかし、撥水性樹脂2種で処理した試料に関しては、処理をした部分には壁面等から落下してきた塩や煉瓦崩落物などがコントロール部より多く吸着されていた。こうした傾向はER-002で処理した試料では観察されなかった。この現象は試験開始後2ヶ月の段階で既に観察され、2000年10月の時点まで観察された。

4-2-3 二階

移設以前の2000年5月までは、どの樹脂に関してもコントロール部、樹脂処理部にいずれも大きな違いは見られなかった。移設以降では、2ヶ月後の2000年7月に、撥水性樹脂であるSS-101とシンエツバイオウォーターガードMで処理した試料では、コントロール部には塩類の析出が観察されたにもかかわらず樹脂処理部分には見られず、この傾向は2000年10月の時点まで観察された。ER-002で処理した試料では、2000年7月には塩類の析出はどこにも見られなかったが、10月の時点では、コントロール部の小口端にわずかに塩類の析出が見られた。しかし、樹脂処理部には塩類の析出は見られなかった。

5. 煉瓦壁における試験施工

実際の煉瓦造文化財に対する樹脂処理の有効性を検討する目的で、著しい塩類風化が観察される煉瓦壁に樹脂を試験施行し、その後の経過を観察した。

5-1 施工方法

今回の施工箇所は、川野邊・朽津¹⁷⁾によって建物の中でも最も顕著に塩類風化が観察されることが記載されている、二階の西側内壁面である（図5）。二階内壁面では、塩類風化によっ

て壁面31cmの幅あたり、年間200gを超える崩落物が観察されており、適切な処理が求められている。文化財自身に対する直接的な施工実験は言わば人体実験に相当し、慎重の上にも慎重が期される必要があるが、今回の当該箇所については、何も対処がされない限りは上述の通り著しい速度で崩落が進行すると予想されたことから、状況を少しでも改善する目的で試験施行を行った。施工樹脂の選定に当たっては、上記の試験片を用いた試験の経過から、撥水性樹脂2種では、場合によってはコントロール部分よりもかえって劣化を促進する恐れもあると懸念されたことから今回の試験からは除外した。これに対してER-002では、試験経過から少なくとも処理による弊害は起きないと判断し、煉瓦壁における試験に用いることとした。



図5 試験施工前の二階西側内壁面（1999年9月）

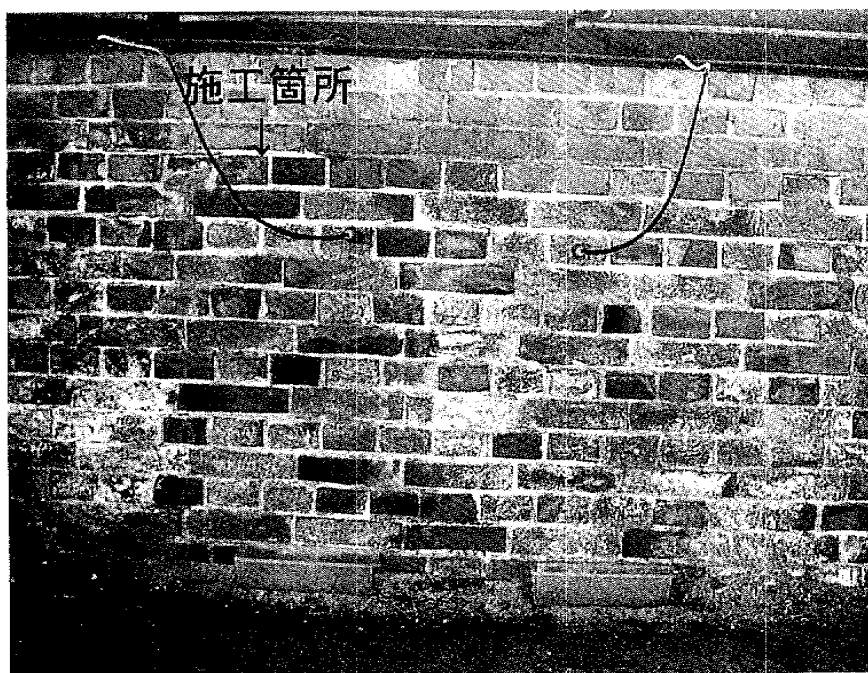


図6 施工後9ヶ月（2000年5月）の時点の二階西側内壁面
施工側において塩類の析出が少なく、煉瓦の傷みも少ない。

施工は、1999年9月30日および1999年10月7日の2回行った。対象とした二階西側内壁面では、壁面全体が著しく劣化しながらも、場所によって若干劣化状況の違いが見られたため、より劣化が激しく観察された箇所（幅約1m）を施工箇所とし、そうでない部分をコントロールとした。樹脂は、刷毛で上記幅の煉瓦壁を上から下まで全面に2回に渡って塗布した。施工部、コントロール部それぞれの前面の床には、Kuchitsu¹⁸⁾で壁面崩落量の計測に用いられたのと同様の容器を設置し、それぞれの壁面崩落量を定期的に測定した。

5-2 結果

施工後しばらくの間は、施工部とコントロール部の状況に顕著な違いは見出されなかったが、9ヶ月が経過した2000年5月には、コントロール部では表面に著しく塩類が析出して煉瓦が劣化したのに対して、施工部ではこれより塩類の析出が少なく、また表面もそれ程傷んでは観察されなかった(図6)。また、壁面崩落量の変動を図7に示す。コントロール部では、Kuchitsu¹⁸⁾の示すのと同様に、5～6月頃に極端な崩落が観察されたが、施工部ではこの時期の崩落量が五分の一以下になっており、また年間崩落量としても、コントロール部ではKuchitsu¹⁸⁾の示す二階内側壁の値に近い222gだったのに対して、施工部では54gであった。

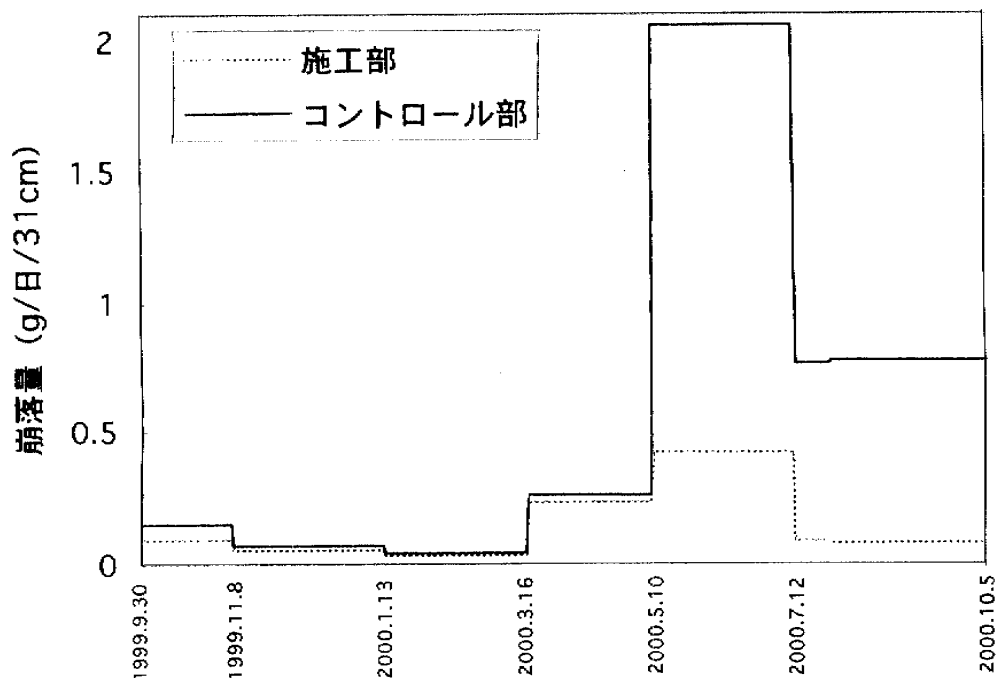


図7 施工の有無による壁面崩落量変化の比較
明らかに、施工部において壁面崩落量が少ない傾向にある。

6. 考 察

6-1 樹脂処理に伴う物性変化

樹脂処理に伴う基本的な物性変化としては、まず親水性樹脂処理に伴って、煉瓦試料における飽和透水係数の低下が顕著であった。これは、ほぼ同量の樹脂含浸が行われている撥水性樹脂処理に伴っては、その低下の程度が僅かであることから、単に樹脂処理によって煉瓦内の間隙が埋められたことだけでは説明不能であり、樹脂の性質に起因する物性変化であると考えられる。今回用いた樹脂とは異なるものの、例えば砂漠などで水分保持の目的で用いられる合成樹脂を土壌に施した場合にも、土壌内での水の移動が制限されることが知られており¹⁹⁾、いず

れのケースでも、親水基の存在が水の移動に対して抵抗のように作用している可能性が考えられる。これを、水分特性曲線で見ると、親水性樹脂処理後も曲線の形に顕著な変化は見られなかったが、その平衡状態に至るまでに極端に長く時間を要したことから、やはり何らかの形で試料内の水分条件が変化しにくい性質が与えられていることを意味すると考えられる。また、厳密にはこれと異なるものの、同じく親水性樹脂であるER-002処理に伴って観察された極端な接触角の低下も、試料に水と馴染みやすい性質が与えられたことを意味すると考えられる。

これに対して撥水性樹脂処理では、飽和透水係数はあまり変化していないように見られるが、水分特性曲線の減圧過程において殆ど水の吸収が見られないことから、煉瓦試料に対して明確に撥水効果が与えられていることが確認された。この傾向は、処理に伴って接触角が増大していることから確認された。特に接触角から判断すると、シンエツバイオウォーターガードMでは、SS-101よりもさらに撥水効果が与えられていると考えられる。

6-2 煉瓦保存における樹脂処理の効果

今回試験片による現地試験を行った樹脂のうち、撥水性樹脂で、一階北側においてむしろ塩類風化を促進するような結果が得られたのは、従来からの指摘⁹⁾通り試料内部からの水の移動により、撥水層部分での塩類析出が促進された結果であると考えられる。また、一階南側において、表面に多くの物質を吸着させたことは、静電気力や表面張力の違いによると思われるが、これは直接的な煉瓦の劣化には繋がっていないものの、文化財の景観を考える上では慎重に考慮される必要があるだろう。これに対して、二階で明瞭に塩類の析出が制御されたことは、水が外部から直接かかるような箇所においては、室内試験においても確認された処理に伴う撥水効果が、塩類の析出防止に十分有効であることを示唆していると考えられる。

一方の親水性樹脂に関しては、逆に二階のように水が外部から供給される箇所においての効果はそれ程はっきりしないが、煉瓦壁への試験施工のように、内側からの水の移動が考えられる箇所においては、塩類風化の防止に一定の効果が確認された。これは、室内試験においても確認された水の移動を抑制する効果が、塩類析出防止に繋がっている可能性が考えられる。また、この場合のコントロール部での崩落量が、施工以前から計測されていた値とほぼ同程度だったことから、一部分への施工が、他の周辺部位に対して悪影響を与えることも観察されなかったことになる。

以上のように、樹脂処理と一口に言っても、それぞれのおかれている環境条件によって、同じ樹脂でも有効であったり逆効果であったりする場合があります。一概に特定の樹脂の有効性を議論することは危険であることが明らかにされた。従って実際の文化財への適用を考える際には、まずは当該箇所のおかれている環境、特に水分の供給環境をきちんと把握することが先決であろう。また、今回の試験施工が成功したように見える二階内壁面に関して、塩類風化をある程度までは軽減できているとは言え、決して風化を完全に止められたわけではない。この点において、樹脂処理はあくまでも本質的な問題解決とは言えず、実際の煉瓦建造物保存を考える際には、環境制御まで含めた総合的な対策の検討が、必要不可欠であることを最後に強調したい。

7. ま と め

- ①撥水性樹脂と親水性樹脂に関して室内試験を行い、それぞれ基本的な物性において撥水性、親水性が十分に与えられることが確認された。

- ②試験片を処理後に煉瓦造建造物内に設置する実験を行った結果、置かれた場所による効果の違いが観察され、撥水性樹脂では、水が外部から供給される場所では効果が得られたが、内部から移動する場所ではむしろ逆効果が見られた。親水性樹脂では、内部から水が移動する場所で特に効果が得られた。
- ③親水性樹脂を煉瓦壁に試験施工したところ、塩類風化がかなり軽減された。
- ④実際の文化財への適用は、環境条件を正確に把握した上で、また他の対策もあわせた総合的な保存対策の一環として行われるべきであろう。

謝辞

本研究における室内試験用の煉瓦試料は北区教育委員会からご提供いただき、また飽和透水係数と水分特性曲線の測定に際しては応用地質（株）にご協力いただいた。また、現地試験にあたっては、野木町教育委員会の内田栄氏、金原寛氏、東京国立文化財研究所の川野邊渉氏にご協力いただいた。試験用合成樹脂の選定においては、東京国立文化財研究所の青木繁夫氏、西浦忠輝氏にご助言をいただいた。以上を記して御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 東京国立文化財研究所 (1998) 未来につなぐ人類の技 産業遺産
- 2) 矢谷明也 (1998) 歴史的環境におけるれんが建造物の保存・保全に関する研究, 芝浦工業大学博士論文
- 3) 舞鶴市立赤れんが博物館 (1993) 赤れんが物語
- 4) 朽津信明 (1994) ブルージュ救世主大聖堂における煉瓦の劣化とその保存対策, 古文化財の科学, 39, 1-7
- 5) 東京国立文化財研究所 (1999) レンガ造文化財の保存修復, 平成10年度文化財保存修復研究協議会記録
- 6) 朽津信明 (1992) 博物館・明治村で観察された蒸発岩, 岩鉱, 87, 388-391
- 7) Goudie, A. and Viles, H. (1997) Salt Weathering Hazards, John Wiley & Sons Chichester, 241p
- 8) Kuchitsu, N., Ishizaki, T, Nishiura, T (1999) Salt weathering of a brick monuments in the Ayutthaya Site, Thailand., Engineering Geology, 55, 91-99
- 9) 西浦忠輝 (1999) 古建築の保存を目的とした石材強化保存用合成樹脂の物性評価, 科学研究費成果報告書, 東京国立文化財研究所
- 10) 西浦忠輝 (1985) 石の樹脂処理と塩類風化, 東京国立文化財研究所「石造文化財の保存と修復」, 59-71
- 11) 青木繁夫 (1996) 加曾利貝塚遺構の保存について, 貝塚博物館紀要, 23, 17-30
 なお、本稿で「親水性樹脂」と表記されている樹脂は、厳密には両親媒性樹脂と表現されるべきだが、本稿ではこれまでの慣例に従って、撥水性に対立する概念として「親水性」という用語を用いることで統一する。
- 12) 東京都北区教育委員会 (1996) 東京砲兵工廠銃包製造所建造物調査報告書
- 13) 関矢健男 (1996) 加曾利北貝塚貝層断面観覧施設の保存処理, 貝塚博物館紀要, 23, 14-16
- 14) (社) 地盤工学会 (1990) 土質試験の方法と解説
- 15) 早川典子・川野邊渉 (2001) 白杵磨崖仏における表面樹脂処理試験, 保存科学, 40, 69-74
- 16) Kumakura, K. (1995) Hoffman's ring kiln: Its Introduction and development In Japan., History of Industry and Technology In Japan, Marburger Japan-Reiche Vol.14/II, Marburg, 19-39
- 17) 川野邊渉・朽津信明 (1999) 煉瓦造建造物の劣化状況調査, 未来につなぐ人類の技 産業遺産, 54-57, 東京国立文化財研究所
- 18) Kuchitsu, N. (2000) Process of salt weathering observed at a brick building, Shimoren Kiln, Central Japan., Transactions, J. G. U., 21, 261-276
- 19) 田原聖隆・堀内都雄・上宮成之・小島紀徳・森忠保 (1994) 模擬土壌中における水分、塩分挙動に及ぼす保水添加物の影響, 沙漠研究, 4, 15-19

Effect of Treating Bricks with Resins for Conservation of Cultural Property

KUCHITSU Nobuaki and HAYAKAWA Noriko

Bricks, as composing materials of historic buildings in Japan, often suffer from salt weathering. The effect of treating bricks with resins in order to reduce salt weathering was evaluated. Laboratory experiments, such as measurement of contact angles and moisture characteristic curves, indicated that treating samples with hydrophobic resins really made the samples more hydrophobic than before. And hydraulic conductivity of a sample was observed to become lower after its being treated with a hydrophilic resin. Test samples treated with hydrophobic and hydrophilic amphiphilic resins were put in a historic brick building. At a place where rainwater is directly supplied on the samples, ones with hydrophobic resins showed good results. However, at other places, the surface condition of the samples with hydrophobic resins was generally worse than the control samples. On the contrary, samples with a hydrophilic resin showed good results especially at places without supply of rainwater. Experimental treatment of a brick wall with a hydrophilic resin clearly reduced crumbling of the bricks. Thus, environmental condition, especially condition of water supply, must be specified before applying resins on historic monuments, and treating cultural property with resins must be practiced only as a part of an overall measure together with improvement of the surrounding environment.