

瓦の保存・修復に関する研究〔Ⅱ〕

重文・定光寺観音堂の古瓦の保存・修復処置

西 浦 忠 輝

1. 緒 言

古建築の保存において、古瓦（特に当初瓦）を、新瓦と取替えることなしにできる限り残すべきであることは言うまでもないが、そのためには、劣化した古瓦を強化再生して、再使用に耐えるだけの物性を付与することが必要である。そのための方法として、メチルトリエトキシシラン（Methyl Tri-ethoxy Silane）の有機溶剤溶液*の含浸処置が非常に効果的であることが基礎研究の結果明らかになった¹⁾。そこで、この度、文化庁建造物課及び（財）文化財建造物保存技術協会の協力により、本方法を初めて、実際の文化財建造物である重文・定光寺観音堂で、一部実験的に応用した。又、その際、軒丸瓦（巴瓦）の欠損部の合成樹脂による修復処置も併せて行った。以下、本稿では、定光寺観音堂における古瓦の保存、修復処置について報告する。

2. 定光寺観音堂

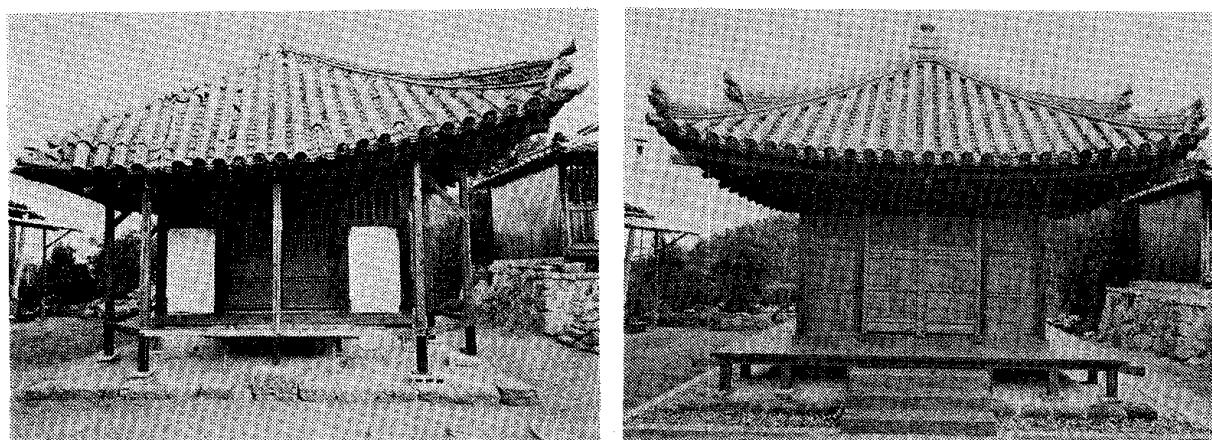
所 在 地：愛媛県越智郡弓削町土生241

構造形式：桁行三間、梁行二間、一重宝形造、本瓦葺

指 定：重要文化財（昭和52年6月27日）

指定説明（抜萃）：

定光寺は、瀬戸内海の弓削島にある臨済宗寺院で、東福寺七世無為昭元（応長元年<1311>没）の開設と伝えている。観音堂の創立については明らかでないが、現在の堂は室町時代末期の手法を示している。この堂は小規模で簡素なものであるが、組物の形成など類例の少い手法を用いている。細部の手法には古式なところもある。主要部は当初材の



Before Restoration

After Restoration

図-1 定光寺観音堂
Fig. 1 Joko-temple Kannon-dō

* 商品名 SS-101, 触媒C [日本コルコート㈱]
以下、本稿では《SS》と略称する¹⁾

保存が良く、特に軒廻りに一式古材が残されているのは貴重である。瓦もほとんどが古い。

今回の修理工事：

昭和54年9月～55年11月、全面解体修理²⁾。図一1に本修理工事前後の写真を示す。

3. 瓦の保存、修復処置

本観音堂の瓦はそのほとんどが当初のものと思われ、又、品質的に優れているため保存状態も良好であった。そこで、屋根の葺替えにおいてはできるだけ当初瓦を再使用する方向で検討され、その結果、平瓦については全体の47% (809/1,728)、丸瓦は36% (176/484)、丸軒瓦(巴瓦)の場合は54% (58/108) が再使用可能と判断され使われることになった²⁾。この内の平瓦の一部について、今回、実験的にSS含浸強化処置を試みた。今回はあくまでも全面実施への予備段階としての実験的応用なので、安全を考え、処置する瓦は、そのままでも十分再使用に耐えると判断されたものとした訳で、量も再使用平瓦の約3割(256枚)とした。又、丸軒瓦(巴瓦)について、巴飾部の欠損部を補填し成形する修復処置をやはり実験的に行った。

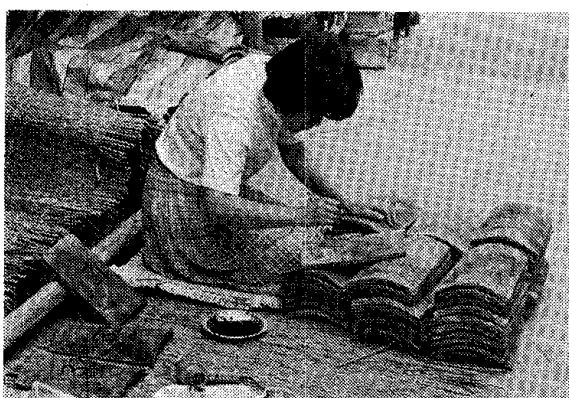
3-1 平瓦の含浸強化処置

3-1-1 含浸処置

昭和55年6月25～26日の二日間、定光寺観音堂修理工事現場でSS含浸処置を行った。まず、概に屋根から降ろされ、覆屋の下で雨に当らぬように、又、直に地面に触れぬようにして、できるだけ乾燥した条件で保存しておいた古瓦に1～300迄墨で番号をつけた(図一2)。次に、図一3に示すように、内規70×40×23cmの合板製の槽内にポリエチレンシートを敷き、そこへ処置すべき平瓦を30枚並べて入れた。その上からSS(触媒2.5%添加)を注入し、ふたをしてそのまま2時間放置した。2時間後取出し、図一4に示す様に雨の当らない場所で風乾した。その際、30枚中の2枚については、浸漬前と浸漬直後の重量を測定し含浸量を求めた。1回に30枚ずつ10回、計300枚処置したが、この内各回2枚ずつ合計20枚の含浸量のわかつている分については、東京国立文化財研究所に送って試験に供し、残りの280枚中の256枚が実際に再使用された。

3-1-2 含浸処置瓦の物性試験

SS含浸処置瓦は、現地で約3週間風乾の後当研究所へ送られて来たが、乾燥固化を完全にするため60°Cの乾燥器中で48時間乾燥した後含浸率を測定した。その結果を表一1に示す。



図一2 SS含浸処置する平瓦へのナンバーリング

Fig. 2 Numbering to the old plain roof-tiles to be impregnated with SS-101.



図一3 合板製の含浸槽へ処置する瓦を並べて入れる

Fig. 3 Putting the old plain roof-tiles in the tank into which SS-101 is to be poured.

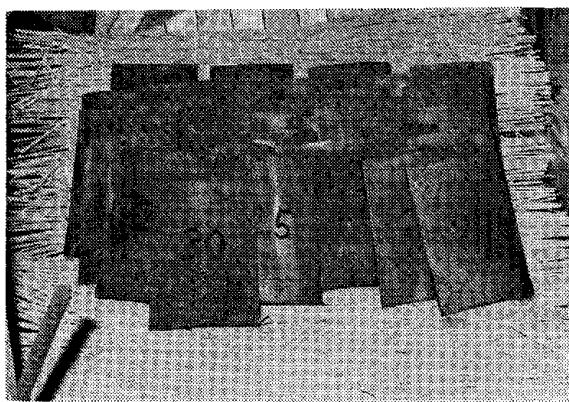


図-4 SS 含浸処置後の風乾

Fig. 4 Drying the old roof tiles in air just after being impregnated with SS-101.

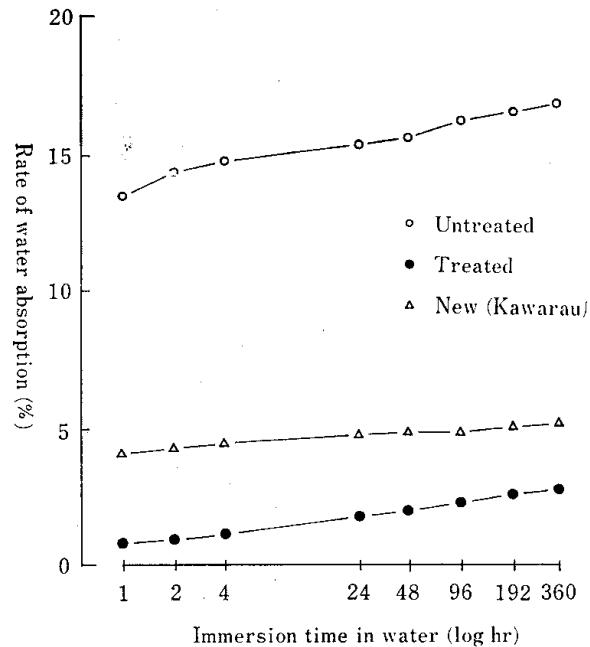


図-5 SS 含浸処置平瓦の吸水率

Fig. 5 Rate of water absorption in the roof tile of *Joko-temple Kannondo* consolidated by impregnation with SS-101.

表-1 SS 含浸処置された平瓦の含浸量

Table. 1 Content of SS-101 as solution and as gel in the old roof tiles of *Joko-temple Kannondo* treated by impregnation with SS

Number	Weight before treatment	Weight just after treatment (Content of solution)	Weight after dry (Content of gel)
1	1,680 g	1,810 g (7.8%)	1,712 g (1.9%)
2	1,357	1,570 (15.7)	1,428 (5.2)
31	1,550	1,755 (13.2)	1,612 (4.0)
32	1,455	1,605 (10.3)	1,496 (2.8)
61	1,595	1,755 (10.0)	1,653 (3.6)
62	1,360	1,515 (11.4)	1,410 (3.7)
91	1,485	1,670 (12.5)	1,535 (3.4)
92	1,550	1,820 (17.4)	1,658 (7.0)
121	1,660	1,900 (14.5)	1,730 (4.2)
123	1,640	1,855 (13.1)	— (—)
151	1,380	1,550 (12.3)	1,446 (4.7)
152	1,420	1,585 (11.6)	1,480 (4.2)
181	1,590	1,830 (15.1)	1,670 (5.0)
182	1,810	2,070 (14.4)	1,893 (4.6)
211	1,755	1,980 (12.8)	1,817 (3.5)
212	1,610	1,840 (14.3)	1,677 (4.2)
242	1,685	1,895 (12.5)	1,745 (3.6)
244	1,420	1,600 (12.3)	1,475 (3.9)
261	1,250	1,415 (13.2)	1,314 (5.1)
262	1,790	1,960 (9.5)	1,844 (3.0)

これらの瓦については、全て吸水率を測定した。その結果を図-5に示す。尚、図-5における無処置瓦の値は、処置瓦の処置前の吸水率ではなく別の無処置瓦を同条件で測定した値である。図-6には、処置瓦のSSの含浸率（含脂率）と防水性（水中浸漬24時間後の吸水率）との関係を示したが、今回の処置ではほとんど飽和（溶液として）に近い量を含浸させたので、この範囲内ではこの二つの間に有意な関係は認められない。吸水率を終えた処理瓦20枚は次のように供試あるいは保存した。

A. 屋外曝露

No.1, 31, 61, 91, 121, 151, 181, 211, 242, 271については、東京国立文化財研究所屋上の曝露台にて現在屋外曝露中である。この際、比較対照のために無処置定光寺古瓦及び新瓦（瓦宇工業所製）を各5枚ずつ同時に曝露中である。これらは、一定期間毎に吸水率測定及び必要に応じて他の物性試験を行い、今後長期に渡ってその耐候性に関するデータを蓄積する予定である。

B. 凍結融解試験

No.2, 32, 62, 92, 152に無処置瓦と新瓦を各々3枚ずつ加えて凍結融解試験器にて+30°C → -30°C 繰り返し処理を行い、SS含浸強化処置瓦の優秀性が確認された。本試験の処理条件及び実際の試験結果は、前報¹⁾ (p. 58~59, 61~62) と全く同じである。

C. 実験室内保存

No.123, 182, 212, 244, 272については、実験室内的条件の良い所に保存した。これらは、屋外曝露したものと対比させるためと、将来もし何等かの試験が必要になった際に使うために残しておくものである。

3-2 丸軒瓦（巴瓦）の修復処置

3-2-1 予備実験

欠損部充填成形用人工擬瓦の加工作業性及び耐久性を調べるために次の実験を行った。

表-2に示す9種の配合のペーストをつくり、古瓦（姫路城）を約10×10cmに割りその断面に各種ペーストを盛り付けて常温にて硬化させ、これらを試験片とした（図-7）、これらをノミ、カッター、ヤスリ等で成形加工して、加工作業性を調べた後、人工的劣化促進処理を施しそれらの耐久性を調べた。劣化促進処理方法は図-8に示す通りである。本処理によりガラスマイクロバールーンを大量に含むエポキシエマルション(f)の場合に白化現象とクラックの発生が見られたが、その他は概して非常に良い耐久性を示し、特に擬瓦と基瓦との接着は全て極めて良好であった。一方、成形加工作業性の面からはc, d, eに問題があった。又、色調の点ではa, b, gが良好であった。尚、屋外曝露を現在続行中であるが、8ヶ月を経過した今迄の所全く変化は見られない。

以上の結果を踏まえて、実際の定光寺観音堂の軒丸瓦（巴瓦）の修復用人工擬瓦ペーストとして、次の二通りの配合を用いることとした。

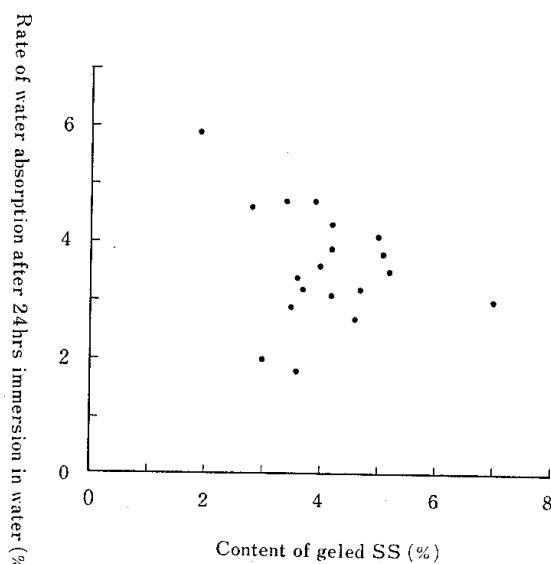


図-6 SS含浸処理平瓦のSS含浸率と吸水率との関係

Fig. 6 Relationship between resin content and rate of water absorption in the consolidated old rooftile of Joko-temple Kannondo.

表-2 擬瓦用ペーストの配合
Table. 2 Combination of paste for artificial rooftile

	E.R	E.E	C	SS	P.R	G.M.B	P.C.B
a	100				20	44	A proper dose for colouring
b	100				20	32	"
c	100				80	24	"
d			100		100		"
e			100		60		"
f		100			25	42.5	"
g		100			80	20	"
h				100	100	50	"
i	100			100	66	85	"

E.R : Epoxy resin (Araldite AW 106, T 384/H-1)

E.E : Epoxy emulsion (Epomate P-118 R, P-118 H)

C : Normal portland cement

SS : Silane (SS-101)

P.R : Powder of old rooftiles (*Himeji-castle*) through 0.25 mm mesh

G.M.B : Glass micro balloon

P.C.B : Pine carbon black



図-7 擬瓦用テストピース

Fig. 7 Test pieces of the artificial rooftile.

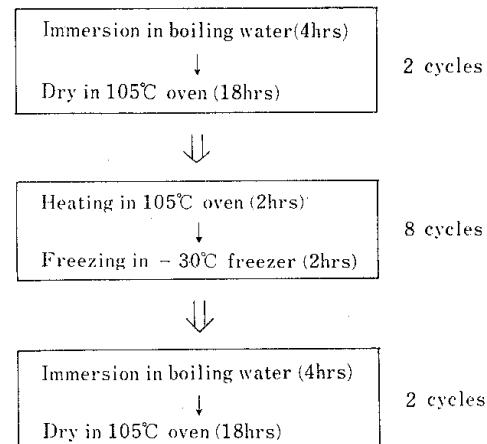


図-8 擬瓦に対する劣化促進処理

Fig. 8 Artificially accelerated deteriorating treatment to the test pieces of the artificial rooftile.

<A> エポキシ樹脂100部, 瓦粉30部, ガラスママイクロバルーン40部, 松煙適量

 エポキシエマルション100部, 瓦粉100部, ガラスママイクロバルーン8部, 松煙適量

この二種を比較すると, 耐久性, 色調では<A>の方が優れているが, 充填盛付け作業性及び硬化後の成形加工性においてはの方が優れている。従って, 実際の修理におけるこの二種の使い分けとして, 比較的単純な欠損部の充填には<A>を, 復雑な飾部の成形にはを用いることとした。

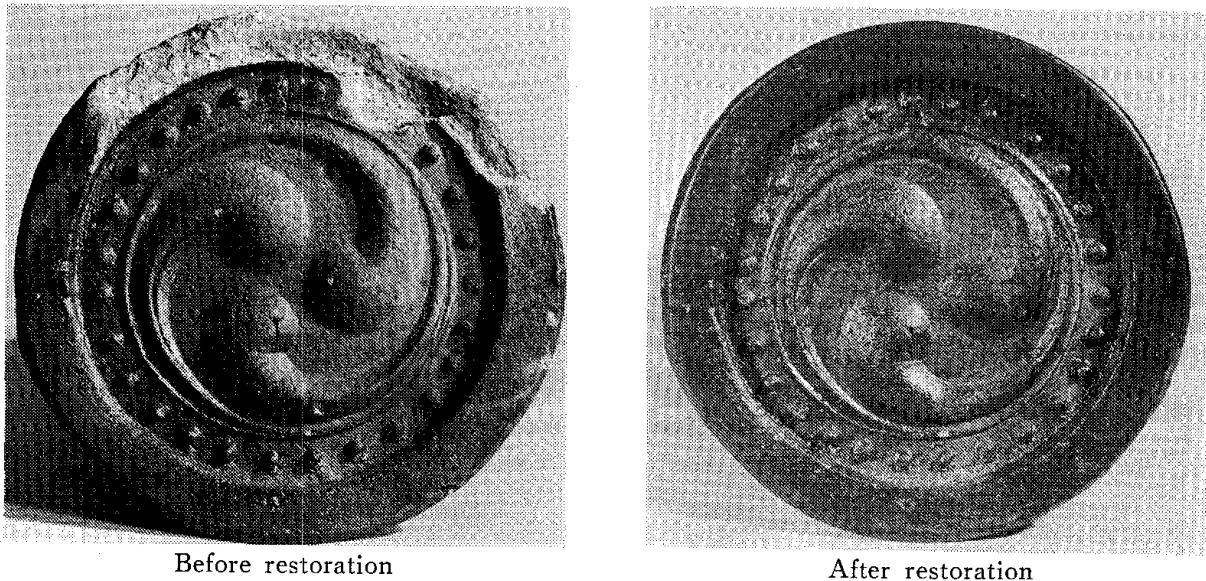
3-2-2 修復処置

定光寺観音堂の軒丸瓦(巴瓦)8個について, 東京国立文化財研究所実験室において修復処置を行ったが, その手順は次に示す通りである。

- 1) 飾面を中心全体にSS(解媒4%)を塗付(4~5回刷毛塗)後2週間以上風乾。

- 2) 破損面に打継用プライマーとしてエポキシエマルションを薄く塗付し擬瓦ペーストを盛付けた。この場合、破損状況に応じて3-3-1で述べた様に配合<A>とを使い分けた。個々の瓦の色調の違いについては松煙の量で調整した。
- 3) 擬瓦ペースト充填後18~24時間風乾し、未だ完全には硬化し切っていない状態の時にナイフ、カッター、ノミ、彫刻刀で成形加工した。
- 4) 成形完了後60°Cの乾燥器中にて24時間以上加熱し、十分硬化させてからサンドペーパーにて仕上加工した。
- 5) SS(触媒2%)中に5分間程浸漬して瓦自体を再強化すると共に、擬瓦中の空隙にSSを含浸させた。この段階で色調が瓦に近い黒色を呈する。
- 6) 十分乾燥させてから、細密サンドペーパーにて表面仕上げをした後、墨汁にて全体に軽く色合せをした。
- 7) 乾燥後、表面にSS(触媒4%)を刷毛塗りし十分に乾燥させた。

図一9に修復処置前後の状態を示す。



図一9 修復前後の軒丸瓦(巴瓦)

Fig. 9 Restoration of decorative eave rooftile of Joko-temple Kannondo

4. 処置瓦の再使用葺き

3-1-1により含浸処置された平瓦、及び、3-2-1により修復処置された軒丸瓦(巴瓦)は、昭和55年7月定光寺観音堂屋根瓦葺き(図一10)の際再使用された。図一11に処理瓦の配置図を示す。含浸処置平瓦については、東西南北各面の中央に2列ずつ配置し、修復軒丸瓦については、東西南北各面に二個ずつ配置した。軒丸瓦は地上から容易に観察できる高さにあり、今後、定期的に経時変化を観察し続ける予定である。

5. 考 察

古建築の屋根瓦の葺き替えの際、再使用する古瓦に撥水剤を塗付して防水性を付与せんとする試みは、幾例か行われたことがある。しかしながら、瓦の曝される厳しい条件を考えると、撥水剤の単なる塗付による防水効果が長く持続するとは考えられず、最低限半年に1回毎に塗付を繰り返すのでもなければ効果は期待できないと言わざるを得ない。従って、防水処置とし



図-10 定光寺観音堂の屋根瓦葺き工事

Fig. 10 Resetting of the rooftiles on the roof of *Joko-temple Kannondo*.

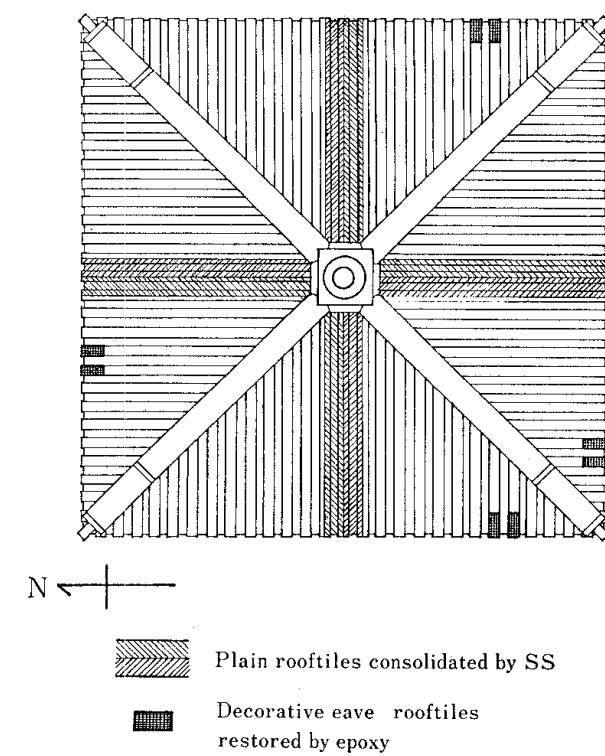


図-11 保存、修復処置瓦の配置図

Fig. 11 Positions of the treated rooftiles on the roof of *Joko-temple Kannondo*.

では、浸透性に優れた薬剤中に一定時間以上浸漬して完全に含浸させ、瓦の内部空隙表面を撥水性にしなければならない¹⁾。しかし、浸透性に優れ内部空隙にまで良く浸透する撥水剤でも、その薬剤自体の耐候性が優れていなければ防水効果の持続性が期待できないのは当然で、この点で、シリコーン系の樹脂は他の樹脂、例えばアクリル系のものより優れている。定光寺観音堂で用いたSSは、中でも劣化した石の強化用樹脂として非常に優れており³⁾、その撥水性付与効果も抜群である^{1),3)}。因みに、図-12にSSと非常に浸透性の良いタイプのアクリル系撥水剤（商品名ケミストップ CM-R<三井石油化学工業>）を古瓦片に浸漬含浸処理した場合の処理瓦の吸水率を示した。図-12から明らかな様に、SSが非常に優れていること、又、少くとも古瓦に対する処置に関する限り、アクリル系の撥水剤では防水効果は余り期待できないことがわかる。

古瓦の再生方法として再焼成が試みられたことがあるが、現在迄の所成功していない。その主な理由は再焼成の段階で瓦の収縮が起こるためである。その他にもいくつかの問題

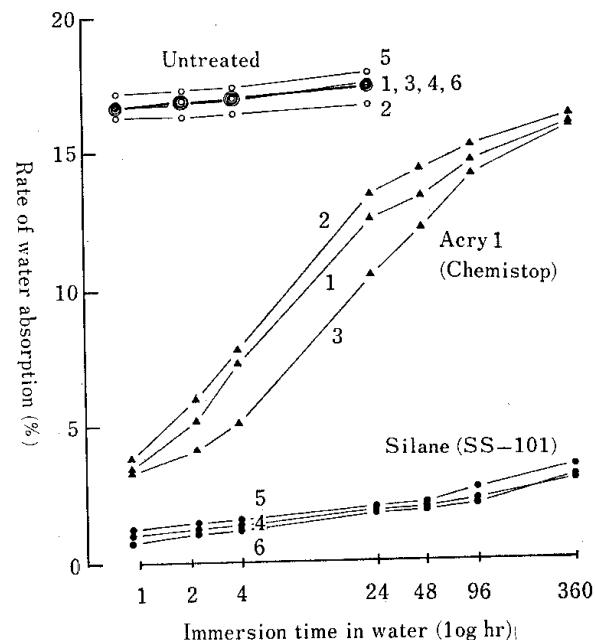


図-12 シラン含浸処置後及びアクリル系撥水剤含浸処置後の古瓦の吸水率

Fig. 12 Rate of water absorption in the deteriorated old rooftiles treated by silane and by acrylic repellent in comparison with untreated ones.

点があるようだが、この方法は今後尚検討の余地はあろう。

鬼瓦、軒瓦等の装飾瓦の修復処置は従来からある程度行われて来ているが、今回の定光寺観音堂の軒丸瓦（巴瓦）の修復処置においては、現状考えられる最高の材料及び方法によって処置し、その耐久性、すなわち、その経時変化について継続的に観察する事を目的とした。

6. 結 言

再使用を目的とした古瓦の強化処置に関する基礎研究の成果を、愛媛県、重文・定光寺観音堂修理工事に一部初めて応用した。当初瓦（室町時代前期）の再使用に当って、その一部300枚を現場で処理し、そのうちの256枚を実際に屋根に葺いた。又、軒丸瓦（巴瓦）の修復処置を東京国立文化財研究所で行い、8個を実際に葺いた。

今回の定光寺観音堂の古瓦の保存・修復処置は、実験的施工ではあるが、実際の文化財古建築に対して初めて正式に行われたものであり、その意味で極めて意義のあるものと言えよう。

7. 謝 辞

本研究を進めるに当り、終止御指導を賜った東京国立文化財研究所、伊藤延男所長、同、樋口清治室長、及び、実際の処置を進めるに当たり全面的な御協力を頂いた(財)文化財建造物保存技術協会、高品正行技師の各氏に対し、深く感謝致します。

尚、本研究の一部は文部省科学研究費補助金にて行った。記して深謝致します。

文 献

- 1) 西浦忠輝「瓦の保存・修復に関する研究（I）再使用を目的とした古瓦の強化処置」保存科学第20号、57～66（1981）
- 2) (財)文化財建造物保存技術協会「重要文化財定光寺観音堂修理工事報告書」（1981予定）
- 3) 西浦忠輝「石造文化財の修復処置に関する研究（I）樹脂処理石材の耐久性」保存科学第16号、17～29（1979）

Study on the Conservation of Rooftiles [II]
Practical Study on Consolidation and Restoration of the Old
Rooftiles of a Historic Building

Tadateru NISHIURA

The author's previous experimental study* proved that old rooftiles are very well consolidated and consequently preserved by impregnation with a Methyl Tri-ethoxy Silane solution (SS-101).

This technique was practically applied for the first time to the actual historic building, *Joko-temple Kannondo*. On this occasion, the restoration of the partially broken decorative eave rooftiles (*Tomoe Gawara*) were also carried out using specially prepared epoxy putties to replace losses in the original tiles.

The outline of these treatments are as follows;

(1) Consolidation of the old plain rooftiles :

The air-dried old rooftiles were immersed in SS-101 for two hours and then dried in air for three weeks. 280 old rooftiles were treated, and 254 of them were reused, representing about 15% (254 out of 1728 tiles) of all plain rooftiles. The other 26 treated rooftiles were tested at the Tokyo National Research Institute of Cultural Properties.

(2) Restoration of the partially broken decorative eave rooftiles :

For the preliminary test, some kinds of artificial rooftiles were examined as to workability, appearance and durability.

The following two combinations were considered most suitable :

A) Epoxy resin	100 parts	B) Epoxy resin emulsion	100 parts
Powder of rooftile	30 parts	Powder of rooftile	100 parts
Glass micro balloon	40 parts	Glass micro balloon	8 parts
Pine carbon black (a proper dose)		Pine carbon black (a proper dose)	

Using A for filling up the simple missing parts and B for shaping the decorative losses, eight decorative eave rooftiles were restored in the laboratory of the Tokyo Notional Research Institute of Cultural Properties, and were then reset on their original positions.

* Study on the Conservation of Rooftiles (I) Experimental Study on the Consolidation of Old Rooftiles for Reuse.