

# 출토 목관재의 보존을 위한 강화처리제 연구

김수철 | 신성필\*

국립중앙박물관 보존과학팀

\*국립공주박물관 보존과학실

## Experimental Study for Consolidating Materials of the Excavated Wooden Coffin

Kim Soo-chul | Shin Seong-phil\*

Conservation Science Team, National Museum of Korea, Seoul 140-026. Korea

\*Conservation Science Laboratory, Gongju National Museum, Gongju 314-020. Korea

Corresponding Author : oldforest@museum.go.kr

**초록** 무령왕릉 목관재의 보존 처리를 위하여 목관재의 물리적 특성과 유사한 시편을 제작하여 Dammar, Paraloid B72, H.P.C 처리제의 침투에 따른 시편의 중량변화와 수축률, 색변화, 침투확산 특성 등을 관찰하였다. 그 결과 수축변형을 방지하고 유물 원래의 색을 살리면서 재질을 강화시키는 처리제로 Dammar 2%(in xylene)가 가장 우수한 것으로 나타났다. 따라서 건조 열화 된 목관재의 강화처리제로 Dammar이 적합한 것으로 확인되었다.

중심어 : 출토 건조 목재 강화, Dammar, Paraloid B72, H.P.C, 중량변화, 수축률, 색변화, 침투확산

**ABSTRACT** For the conservation of wooden coffin from King Muryeong's Tomb we examined weight change, shrinkage rate, color changes, and permeation expansion according to the permeation pretreatment chemicals by producing experimental samples with similar physical properties. The result shows Dammar 2% (in xylene) as the most excellent treatment for protecting deformation by contraction and strengthening materials which are also maintaining its original colors of wood. Therefore, we could get strengthening conservation treatments of dried wooden coffin materials by using Dammar.

*Key word* : weight change rate, shrinkage rate, color changes, Dammar, strengthening conservation treatments

### 1. 서론

무령왕릉 목관재는 1971년 무령왕릉의 수많은 유물과 함께 출토되었으나 발굴 당시의 무더운 기후 조건 및 상황적 어려움으로 인해 사진 촬영 및 실측 후 우선적으로

증류수에 침적되었다. 발굴 당시에도 관재는 옷칠 면이 박리되어 있었으며 박리된 표면의 목질부는 가로, 세로의 미세한 균열이 다수 발생된 상태였다. 응급처리로서 P.V.Ac 용액(P.V.Ac. 100의 toluene 용액)으로 보존처리 하였으며, 박리된 옷칠 표면에는 resin 용액을 도

포하여 부분적으로 보강, 강화하거나 Carbowax-4000과 같은 수용성 수지를 이용하여 내부유화조직을 강화하였다. 이렇게 처리된 목관재에 관한 재질 특성 조사가 시행되었으며 수중 분석<sup>2,3</sup> 및 연륜연대 측정 결과 관재는 우리나라의 자생 수종이 아닌 금송을 가공하여 제작된 것으로 확인되었다.<sup>4</sup> 그러나 목관 전체가 이와 같은 방법으로 보존 처리가 된 것이 아니라 일부분만이 처리가 행해졌으며 자연 건조 상태로 보관된 나머지 목관재는 현재 목재와 칠이 더욱 취약하여 보관뿐만 아니라 관의 복원 및 관재 자체 연구 조사에 어려움이 있다.

현재 열화 된 건조목재의 강화처리제로는 일반적으로 Paraloid B72와 같은 아크릴계 수지와 비가역성의 poly-isocyanate(PSNY-6)계의 수지 등이 적용<sup>5</sup>되고 있으며 다양한 방법들이 유물의 상태 및 여건에 따라 선택적으로 사용되고 있다.<sup>6,7</sup> 그러나 출토 건조 목재 강화 처리에 관한 연구는 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 무령왕릉 목관재의 보존처리를 시행하기에 앞서 열화가 심한 목재의 재질을 강화시키기 위해 사용되고 있는 목재 처리제<sup>8,9</sup>를 이용하여 목관재와 물리적 특성인 최대함수율이 유사한 목재시편을 대상으로 약제 침투에 따른 중량의 변화와 수축률, 색상의 변화, 침투 확산에 따른 형태관찰 등을 통하여 열화 된 건조목재의 수축 변형을 방지하고 유물 원래의 색을 살리면서 재질을 강화시키는 처리제를 선택하여 무령왕릉 목관재 및 유사한 재질의 특성을 갖는 건조목재의 강화처리제로 적용하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 재료

본 실험에 사용된 시편은 목관재의 물리적 특성인 최대함수율 346 %와 유사한 열화상태의 수침 고목재로서 광주 신창동에서 출토된 최대함수율(maximum moisture content) 410 %의 참나무(*Quercus* spp.)를 이용하였다. 시편은 길이 80 mm의 목재를 연륜 방향으로 15 mm 간격으로 절단 한 후 진공 동결 건조하여 건조상태로 만든 후 15 mm×15 mm×15 mm크기가 되도록 각각 절단하여 27개의 시편을 제작하였다. 시편 모양의 양호한 정도에 따라 A, B, C 세 등급으로 분류하고 각 처리제를 적용, 3반복을 원칙으로 하였다.

강화처리제로는 Dammar, Paraloid B72(Mw: 105,000), Hydroxypropyl Cellulose(Mw: 370,000)를 사용하였다.

### 2.2 방법

#### 2.2.1. 강화처리

Dammar 1% (in xylene), Dammar 2% (in xylene), Paraloid B72 1% (in acetone), Hydroxypropyl Cellulose 0.5% (in ethanol), Hydroxypropyl Cellulose 1% (in ethanol)의 처리용액을 각각 중량비(wt/wt)로 만들어 실험방법을 Table 1과

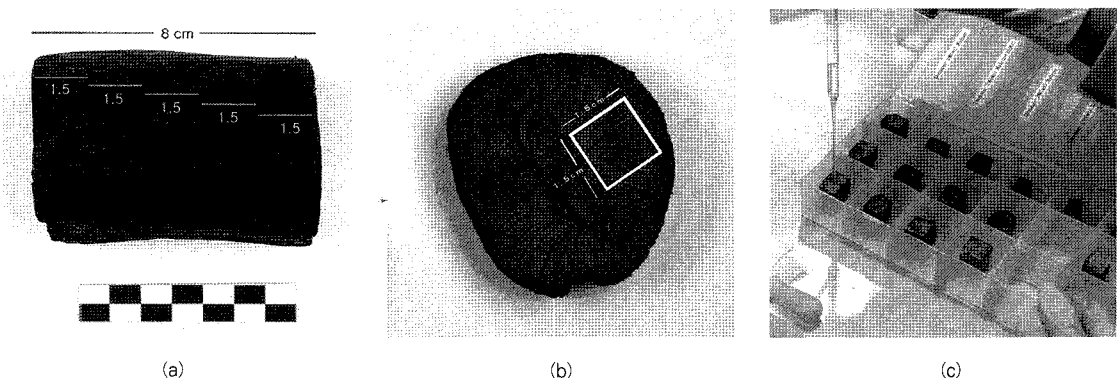


Figure 1. a) Sample of Waterlogged wood. b) Freeze dried samples. c) Samples in the treatments.

Table 1. Treatment methods of this study

Treatment Solutions	Numbers of Samplss
Dammar 1% (in xylene)	3
Dammar 2% (in xylene)	3
Paraloid B72 1% (in acetone)	3
H.P.C 0.5% (in ethanol)	3
H.P.C 1% (in ethanol)	3
Dammar 1% (in xylene) + H.P.C 0.5% (in ethanol)	3
Dammar 2% (in xylene) + H.P.C 0.5% (in ethanol)	3
Paraloid B72 1% (in acetone) + H.P.C 0.5% (in ethanol)	3
Untreatment	3
Total	27

같이하여 실험하였다. 이 때, 목관이 방사 방향으로 절단된 정목판을 가공하여 제작된 것이므로,<sup>10</sup> 실험 시 처리제도 실험시험편의 방사단면에 침투시켰다. 첫 단계에서 처리제를 시험편의 방사단면에 한 방울씩 30초 간격으로 5방울 떨어뜨렸다. 그리고 이것을 1회로 하여 90분 간격으로 하루에 6회 실시하였으며 6회에 한 번씩 중량변화를 측정하였다. 전체 7일간 실시하여 각 처리제를 시험편에 총 200방울 씩 침투시킨 후 색변화와 수축률을 측정하였다. 첫 단계 실험을 마친 시험편 중 Dammar 1%, Dammar 2%, Paraloid B72 1%를 침투시킨 시험편에서 각각 3개씩의 시험편을 선택하여 H.P.C 0.5%을 100회 침투시키고 색 변화와 수축률, 중량변화율 등을 측정하였다.

### 2.2.2 중량변화

처리제의 침투, 확산 정도를 측정하기 위하여 모든 시험편의 처리 전 중량을 측정하여 6회(1 day) 간격으로 처리제를 떨어뜨린 전과 후의 실험 편의 중량변화를 0.001g 단위까지 전자저울(METTER TOLEDO PR503)로 측정하여 중량변화율(weight change rate)을 계산하였다.

$$\text{중량변화율}(\%) = \frac{W_a - W_b}{W_b} \times 100$$

여기에서,  $W_a$ : 처리제 침투 후 시험편 중량(g)  
 $W_b$ : 처리제 침투 전 시험편의 중량(g)

### 2.2.3 수축률

처리제에 의한 시험편의 수축률을 비교하기 위하여

처리 전 처리제를 침투시킬 시험편의 방사단면에 X표시(홈집)를 한 다음 길이를 정밀 측정기(Lintab)로 측정하여 처리 전과 처리 후의 수축률(shrinkage rate)을 다음 식을 이용하여 구하였다.<sup>11</sup>

$$\text{수축률}(\%) = \frac{L_b - L_a}{L_b} \times 100$$

여기에서,  $L_b$ : 실험 전 길이(mm)  
 $L_a$ : 실험 후 길이(mm)

### 2.2.4 색상 변화

약제 침투에 따른 목재의 색변화 정도를 관찰하기 위해 색도계(MINOLTA Reader CR-100)를 이용하여 명도( $L^*$ ), 적색도( $a^*$ ), 황색도( $b^*$ )의 변화를 측정하였고 오차를 최소화하기 위하여 각 시험편 당 두 지점을 정하여 처리방법에 따라 6개의 색차 값을 산출하여 평균값을 구하였다. 색상의 변화는 국제 조명 위원회(CIE, Commission International del Eclairage)에서 정한  $L^*a^*b^*$  표색계에 의한 색차 값으로 KS A 0067의 규정에 따라 산출 하였다.<sup>12</sup>

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

여기에서,  $\Delta E^*_{ab}$ :  $L^*a^*b^*$  표색계에 의한 색차

### 2.2.5 표면관찰

처리제의 종류에 따른 처리 후의 시험편 표면의 형태 변화를 관찰하기 위하여 처리 전·후의 목재 표면을 실체 현미경(Leica MZ75)으로 촬영하였다.

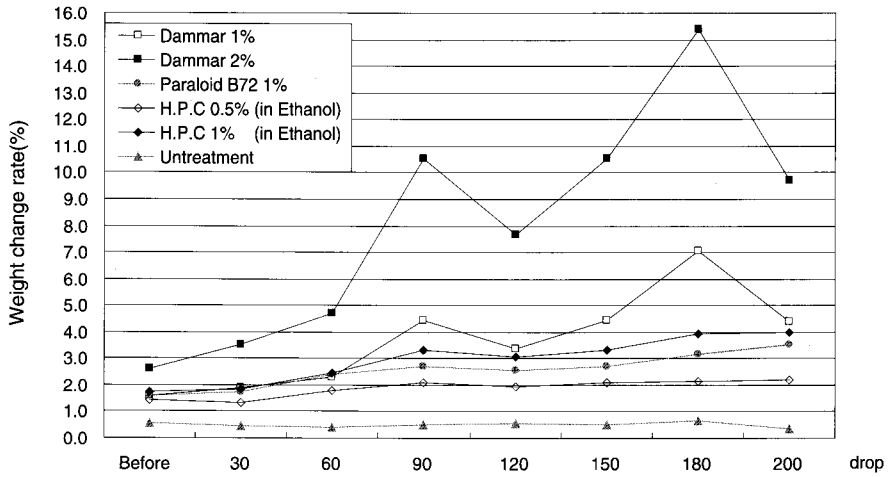


Figure 2. Weight change rate for each treatment method.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 중량변화

시험편의 중량이 증가한다는 것은 약제가 목재 내부로 침투하여 잔존하고 있다는 것을 의미한다. 실험 결과 약제 침투 횟수에 따른 중량증가는 Dammar 2% > Dammar 1% > Hydroxypropyl Cellulose 1% > Paraloid B72 1% > Hydroxypropyl Cellulose 0.5%

순으로 Dammar를 처리제로 사용한 시험편의 중량 증가율이 다른 처리제의 시험편에 비해 큰 것을 볼 수 있다 (Figure 2). 결과에서 H.P.C를 90회 침투시킨 시험편의 중량 증가율이 감소하는 것은 시험편 표면에 H.P.C막이 형성되면서 처리제의 침투가 어려워졌기 때문인 것으로 보인다. 그래프 상에서 중량 증가율이 확연하게 감소하는 부분은 Dammar를 사용한 처리제가 완전 경화하기까지 충분한 시간이 필요하다는 것을 보여준다. Dammar 1%, Dammar 2%, Paraloid B72 1%로 첫

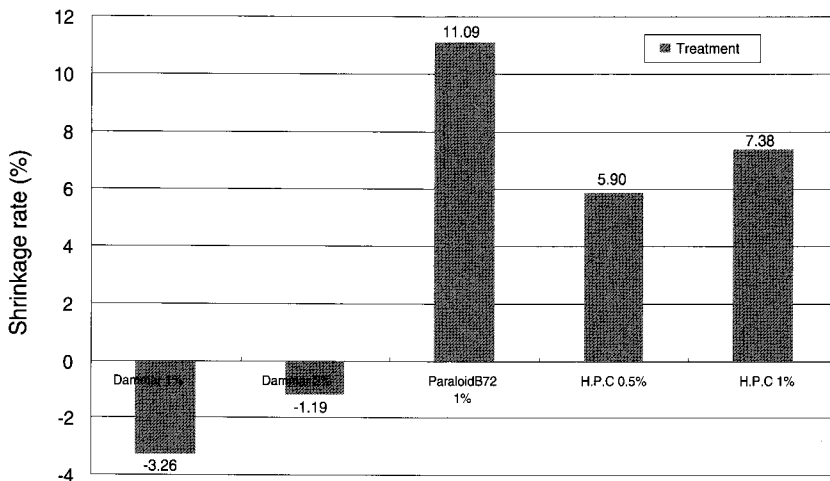


Figure 3. Shrinkage rate for each treatment method.

Table 2. Color change for each treatment methods

Sample		Before treatment			After treatment			Before treatment -After treatment			Color Value	Mean
		L*	a*	b*	L*	a*	b*	$\Delta L^*$	$\Delta a^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*ab$	$\Delta E^*ab$
Dammar 1%	A	60.47	3.34	13.06	54.09	4.30	14.00	6.38	-0.96	-0.94	6.520	6.896
		60.28	3.38	12.96	54.16	4.26	14.06	6.12	-0.88	-1.10	6.280	
	B	60.72	3.75	12.88	53.12	5.08	14.81	7.60	-1.33	-1.93	7.953	
		59.40	3.58	12.96	52.91	5.05	14.82	6.49	-1.47	-1.86	6.909	
	C	57.20	5.20	15.22	50.86	6.38	16.63	6.34	-1.18	-1.41	6.601	
		57.54	4.85	14.82	50.84	6.36	16.67	6.70	-1.51	-1.85	7.113	
Dammar 1% + H.P.C 0.5%	A	55.98	4.99	14.45	46.07	6.54	15.45	9.91	-1.55	-1.00	10.080	9.137
		55.37	4.87	14.08	45.96	6.52	15.30	9.41	-1.65	-1.22	9.631	
	B	51.65	3.47	12.51	42.10	4.50	12.57	9.55	-1.03	-0.06	9.606	
		50.80	3.30	12.25	41.82	4.37	12.51	8.98	-1.07	-0.26	9.047	
	C	58.73	4.95	15.39	51.06	6.41	17.03	7.67	-1.46	-1.64	7.978	
		59.29	4.99	15.39	51.09	6.39	17.05	8.20	-1.40	-1.66	8.483	
Dammar 2%	A	55.85	3.61	12.60	47.85	4.79	13.32	8.00	-1.18	-0.72	8.119	9.656
		56.30	3.58	12.89	47.72	4.80	13.42	8.58	-1.22	-0.53	8.682	
	B	60.85	3.92	13.29	51.32	5.44	15.23	9.53	-1.52	-1.94	9.844	
		60.88	3.86	13.24	50.72	5.47	15.09	10.16	-1.61	-1.85	10.452	
	C	54.48	4.04	12.90	44.08	5.21	13.55	10.40	-1.17	-0.65	10.486	
		54.42	4.07	12.93	44.14	5.15	13.54	10.28	-1.08	-0.61	10.355	
Dammar 2% + H.P.C 0.5%	A	61.16	3.73	13.61	45.92	5.00	12.46	15.24	-1.27	1.15	15.336	13.250
		61.08	3.71	13.54	46.05	5.05	12.55	15.03	-1.34	0.99	15.122	
	B	45.54	6.44	16.05	37.79	6.23	12.20	7.75	0.21	3.85	8.656	
		46.79	6.16	15.78	37.84	6.32	12.16	8.95	-0.16	3.62	9.656	
	C	55.06	4.55	13.71	39.74	5.69	12.62	15.32	-1.14	1.09	15.401	
		55.04	4.59	13.93	39.81	5.70	12.60	15.23	-1.11	1.33	15.328	
ParaloidB72 1%	A	57.81	3.93	13.87	36.05	5.41	11.06	21.76	-1.48	2.81	21.991	21.762
		58.21	3.82	13.86	36.98	5.81	11.81	21.23	-1.99	2.05	21.421	
	B	57.21	4.55	14.30	37.90	6.52	12.40	19.31	-1.97	1.90	19.503	
		57.92	4.79	14.83	37.84	6.54	12.41	20.08	-1.75	2.42	20.301	
	C	53.17	5.37	16.70	29.12	6.24	10.97	24.05	-0.87	5.73	24.738	
		51.48	5.29	16.53	29.52	6.37	11.22	21.96	-1.08	5.31	22.619	
ParaloidB72 1% + H.P.C 0.5%	A	58.29	3.95	13.50	30.43	5.68	9.50	27.86	-1.73	4.00	28.199	25.127
		58.10	3.92	13.46	31.09	5.51	9.86	27.01	-1.59	3.60	27.295	
	B	58.09	3.78	13.98	31.57	5.80	10.82	26.52	-2.02	3.16	26.784	
		57.15	3.83	14.04	31.68	5.74	10.92	25.47	-1.91	3.12	25.731	
	C	50.68	5.23	14.32	29.86	5.97	9.24	20.82	-0.74	5.08	21.444	
		51.16	5.28	14.53	30.44	6.08	9.61	20.72	-0.80	4.92	21.311	
H.P.C 1%	A	61.27	3.73	12.73	39.76	6.04	10.89	21.51	-2.31	1.84	21.712	20.831
		61.29	3.72	12.70	39.74	5.90	10.82	21.55	-2.18	1.88	21.741	
	B	58.06	4.27	13.24	37.91	6.66	11.49	20.15	-2.39	1.75	20.367	
		57.78	4.35	13.31	37.78	6.70	11.43	20.00	-2.35	1.88	20.225	
	C	59.24	3.82	14.24	39.62	5.40	10.67	19.62	-1.58	3.57	20.005	
		59.41	3.88	14.35	38.86	5.63	10.76	20.55	-1.75	3.59	20.934	
H.P.C 0.5%	A	60.12	3.51	11.90	37.50	5.78	10.68	22.62	-2.27	1.22	22.766	22.372
		59.61	3.39	11.93	37.24	5.57	10.47	22.37	-2.18	1.46	22.523	
	B	54.76	4.59	14.24	30.43	6.15	10.46	24.33	-1.56	3.78	24.671	
		55.43	4.51	14.26	30.40	6.10	10.42	25.03	-1.59	3.84	25.373	
	C	58.65	4.20	14.73	39.35	6.23	13.02	19.30	-2.03	1.71	19.482	
		58.61	4.29	15.02	39.40	6.33	13.06	19.21	-2.04	1.96	19.417	

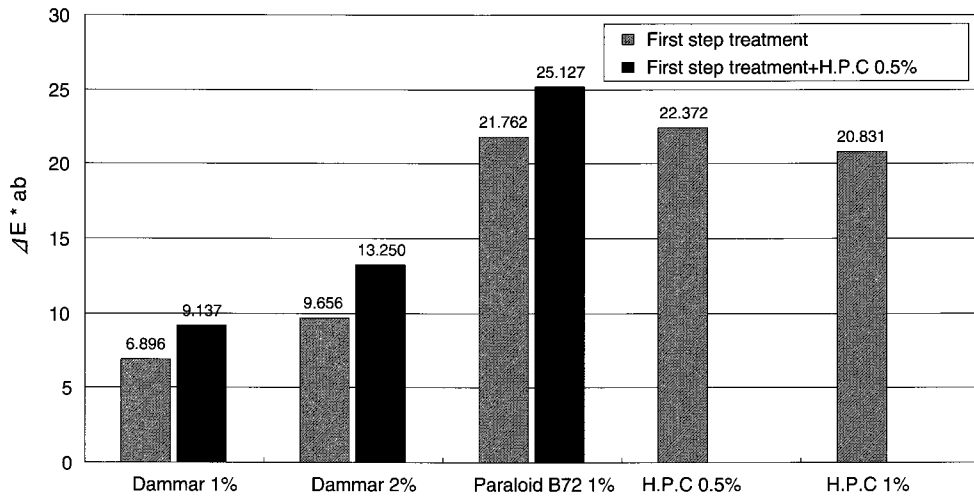


Figure 4. Color change for each treatment method.

단계 실험을 마친 시험편에서 각각 3개의 시험편을 선택하여 H.P.C 0.5%를 100회 침투시킨 후 시험편의 중량을 측정 한 결과 중량변화는 없었다.

### 3.2 수축률

방사방향의 수축률을 측정 한 결과 Dammar 1%와 2%는 팽윤하였으며 Paraloid B72는 실험 초기부터 육안으로 관찰 가능할 정도의 큰 색변화 뿐 아니라 수축으로 인해 표면이 함몰되거나 형태 변형이 크게 일어난 것을 볼 수 있다(Figure 3, 5). Hydroxypropyl Cellulose에서도 함몰과 수축이 일어났다.

### 3.3 색상 변화

약제 침투 실험을 마친 후의 모든 시험편에서 명도(L\*)와 황색도(b\*)는 감소한 반면, 적색도(a\*)는 증가하였다. 시험편에 큰 변화의 색차를 가져온 약제는 Paraloid B72 1% > Hydroxypropyl Cellulose 0.5% > Hydroxypropyl Cellulose 1% > Dammar 2% > Dammar 1% 순이며 1차 처리제만을 침투시킨 시험편보다 H.P.C 0.5%로 2차 처리를 한 시험편의 색차가 조금 더 큰 것을 볼 수 있다(Table 2, Figure 4). 큰 색차

값을 보인 Paraloid B72는 1회(30방울) 처리만으로도 육안식별이 가능할 정도의 뚜렷한 색변화를 보였으나 비교적 처리 전 후의 색차 값이 컸던 Hydroxypropyl Cellulose는 실험과정에서 처리제를 3회(90방울) 이상 침투시키면서부터 색 변화가 크게 나타나는 것을 관찰할 수 있었다. 이것은 처리제에 의해 형성된 H.P.C막에 의해 처리제의 침투가 어려워지면서 뚜렷해 진 것으로 보인다.

### 3.4 표면관찰

처리제에 따른 처리 전·후의 시험편의 표면을 관찰한 결과 시험편 표면의 형태 변화가 가장 적게 나타난 것은 Dammar이다. Paraloid B72는 수축으로 인해 표면이 함몰되거나 형태 변형이 크게 일어난 것을 볼 수 있으며 H.P.C는 0.5%에 비해서 1%에서 H.P.C 막이 형성된 것을 확인 할 수 있다. H.P.C에서도 약간의 함몰과 수축이 일어났으나 형태의 변형은 크지 않았다(Figure 5).

유물 내부에 침투하여 응고되는 강화제는 경계면의 응력을 줄이기 위해 가능한 한 균일하게 분산되어야 한다<sup>6)</sup>. 본 연구의 색 변화, 중량 변화율, 수축률 및 표면 변화를 종합하여 비교한 결과 Dammar 2% (in xylene)

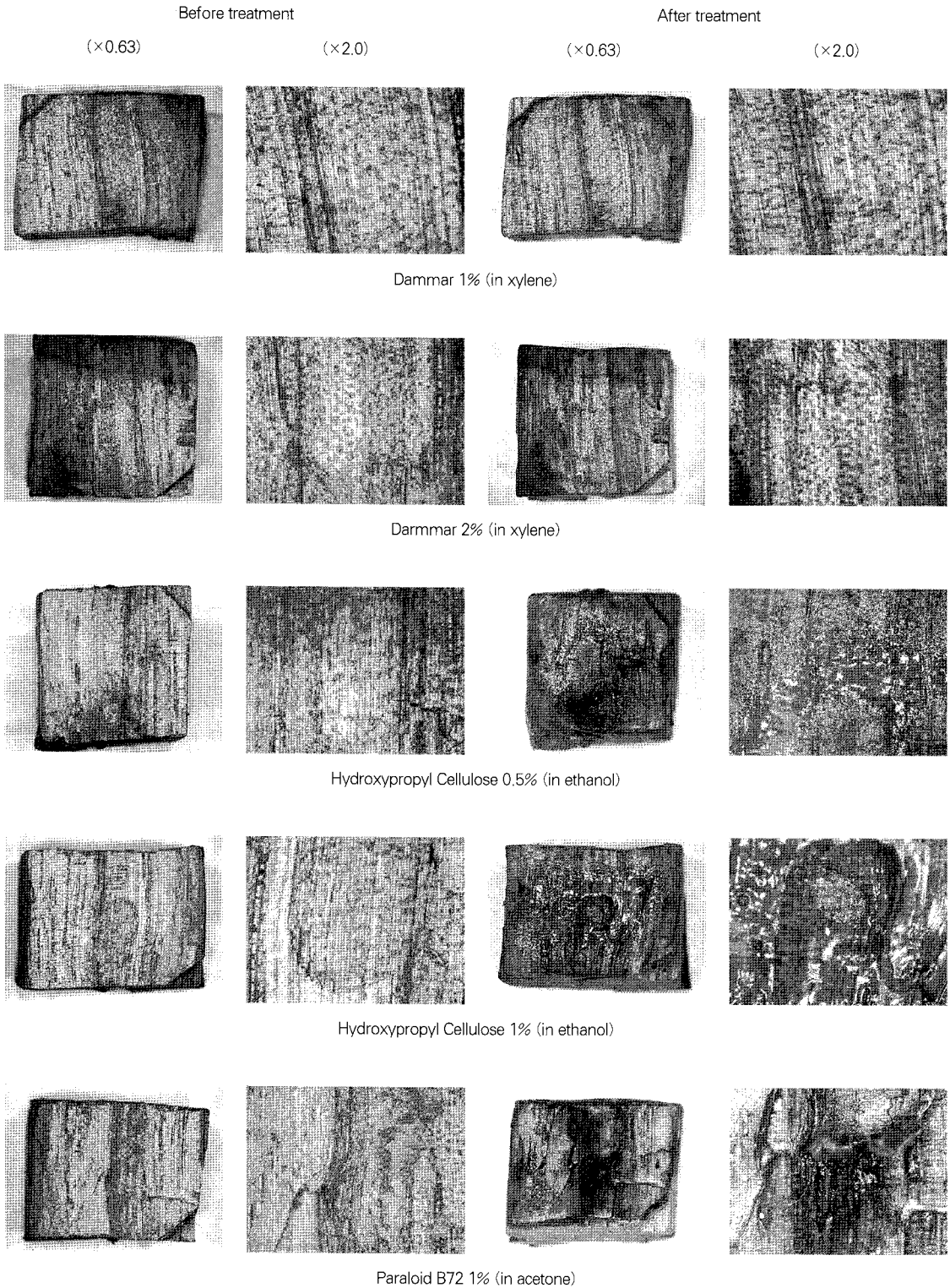


Figure 5. Surface changes for each treatment method.

처리가 유물 내부에 균일하게 침투하며 색변화를 최소화 하고 유물의 수축변형을 방지하므로 강화처리제로써 가장 우수한 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

목재 보존처리에서 만족할 만한 결과를 얻기 위해서는 처리제로 사용되는 용제와 용매의 종류, 처리농도 및 시간 등의 제반조건이 처리대상 목재의 재질 상태에 적합한 것이어야 한다. 따라서 목재의 수종적 특성과 조직의 분해 상태 등을 조사하고 처리 전 실험을 통하여 그 처리 방향을 찾는 것이 중요하다. 따라서 본 연구는 무령왕릉 목관재 보존처리를 위하여 목관재와 물리적 특성이 유사한 참나무 시험편을 대상으로 열화 된 건조 목재의 강화 처리제 실험을 실시하였다. 그 결과 Dammar수지가 목재내부에 침투하여 균일하게 분산되며 목재의 수축 변형을 일으키지 않고 색 변화 또한 적어 효과적임을 확인 할 수 있었다. 따라서 Dammar의 농도를 증가시키 가며 목재에 침투시키고 열화 된 목재표면은 Cellulose계 수지인 H.P.C로 코팅해 주는 강화 보존 처리 방법이 적합한 것으로 확인되었다.

다만 이 결과는 한정된 처리제에 대한 비교결과이므로 향후 안정성이 입증되는 다양한 처리제의 개발과 함께 열화 정도가 다른 건조목재를 대상으로 처리제에 따른 강화처리 효과에 관한 지속적인 연구가 요구된다.

#### 참고문헌

1. "무령왕릉 발굴 보고서", 문화재 관리국, p.98-112, (1974).
2. 백제 사마왕-무령왕릉 발굴, 그 후 30년의 발자취, 국립공주박물관, (2001).
3. 百濟武寧王陵, 忠清南道·公州大學校 百濟文化研究所(BCRC), p.336-340 (1991).
4. 박상진, 박원규, 강애경, "武寧王陵 棺材의 材質과 年輪構造解析에 관한 調査 研究", 百濟論叢, 제5집, p.99-132, 百濟文化開發研究院, 서울 (1996).
5. 西川杏太郎, 登石健三, 美術工藝品の保存と保管,

- p137-146, 일본 (1994).
6. 崔光南, 文化財의 科學的 保存, 제 4판, p.97, 대원사, 서울 (2006).
7. 사와다마사아키, 문화재보존과학개설, p.121-122, 서경문화사, 서울 (2000).
8. 이용희, "문화재 보존처리에서 수지재료의 적용", 보존과학기초연수교육, p.221-248, 국립문화재연구소 (2005).
9. Masaaki Sawada:"Zur Konservierung eines bemalten japanischen Lackgefäes", Arebeitsblätter", Heft 1, Gruppe 11, Lackarbeiten Seite 31, (1981).
10. 신성필, 김수철, 최기은, "무령왕릉 출토 목관재 실험 및 보존처리", 제24회 학술대회 발표 논문집, 한국문화재보존과학회 (2006).
11. 박상진, 이종윤, 조남석, 조병목, 목재과학 실험서, 광일문화사, 서울 (1993).
12. 한국표준협회, KS A 0063 (2001).