

## 교착제 종류에 따른 단청의 도막 성능\*1

한 규 성\*2† · 신 수 정\*2

### Effect of Vehicle Resin on Coating Performance of Dan-Chung\*1

Gyu-Seong Han\*2† · Soo-Jeong Shin\*2

#### 요 약

교착제의 종류가 단청의 도막성능에 미치는 효과를 구명하고자, 전통적으로 사용되어 온 녹말풀과 아교, 그리고 최근에 사용되기 시작한 수성아크릴수지 에멀전에 대하여 검토하였다. 촉진열화시험과 옥외폭로시험을 실시한 후 색상의 변화와 도막 박리 특성 및 도막부착력을 조사한 결과, 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용한 단청은 촉진열화시험과 옥외폭로시험에서도 전혀 도막박리가 발생하지 않았으며, 수성아크릴수지 에멀전이 매우 우수한 도막성능을 부여하는 것으로 밝혀졌다. 자외선에 의한 단청의 색상변화는 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용한 경우 가장 적었으며, 아교를 교착제로 사용한 경우 가장 컸다. 아교밀칠은 아교를 교착제로 사용할 경우에는 단청 도막의 부착력을 크게 향상시키지만, 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용할 경우에는 오히려 도막부착력을 저하시켰다.

#### ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the influence of the vehicle resin on the coating performance of Dan-Chung. The starch glue (F), fish glue (G), and aqueous acrylic resin emulsion (E) were used as vehicle resins. Panels coated with Dan-Chung were tested at accelerated weathering and outdoor conditions. Aqueous acrylic resin was proved as an excellent vehicle resin for Dan-Chung, because there was no flaking in Dan-Chung film after accelerated weathering and outdoor exposure. Discoloration of Dan-Chung using E was the smallest among the accel-

\*1 접수 2006년 12월 14일, 채택 2007년 01월 08일

이 논문은 2005년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\*2 충북대학교 산림과학부 School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

† 주저자(corresponding author) : 한규성(e-mail: wood@chungbuk.ac.kr)

eratedly weathered panels. Adhesive property of Dan-Chung film using G was remarkably improved by G-undercoating. On the contrary, G-undercoating lowered adhesive property of Dan-Chung film using E.

**Keywords:** coating performance, Dan-Chung, aqueous acrylic resin emulsion, flaking, adhesive property, discoloration, accelerated weathering, outdoor exposure

## 1. 서 론

단청은 목재를 비바람과 곤충 피해로부터 보호하는 칠공사의 하나로써, 황색·적색·녹색·청색 및 백색과 흑색, 기타 여러 색을 써서 문양이나 그림을 도채하여 목재를 보호·장식하는 목적으로 쓰이고 있다.

일반적으로 단청은 여러 가지 교착제에 안료를 섞어서 목재에 도채하는 것으로 알려져 있으며, 안료는 보호·미관을 부여하기 위하여 물체를 피복하는데 쓰이는 재료이고, 도채란 안료를 써서 피복하는 작업을 말한다.

안료는 미세한 입자로서 물 기타의 용제에 용해되지 않고, 넓게 도포하면 표면을 유폐함과 동시에 채색이 되는 것으로, 광물질인 무기안료와 동식물의 유기물을 발색성분으로 하는 유기안료로 나누어진다. 유기안료는 내광성이 적고 내열성도 덜 하지만 유기용제에는 가용성이나 착색력은 크고 선명도는 우수하지만 고가이다. 무기안료는 유기화합물보다 안정하며 색상의 선명도는 약한 편이나 피복력은 강대하며, 내광·내열성이 있고 각종 용제에는 용해되지 않지만 착색성은 떨어지는 편이다. 그런데 안료는 다른 결합력이 없이는 도막을 형성할 수 없다. 따라서, 안료를 결합시키기 위하여 교착제(또는 결합제)를 사용한다.

단청에 쓰이는 교착제로는, 재래방법에서는 주로 아교를 쓰고 녹말풀 등도 쓰였지만, 근래에는 인공합성수지 교착제가 쓰이고 있다(김 등, 1999; 김과 홍, 2000). 이 교착제는 무색투명하고 경화 후에는 습윤과 건조에 따른 박리, 균열·주름·변색·변질·색바래 등을 일으키지 않는 내후성이 있어야 한다.

이렇게 도채된 단청은 교착제가 목재에 잘 밀착되어 도막으로서의 제성능이 좋아야 하고, 장기간의 노출 후에도 초기성능과 비교하여 변화가 적어야 한다. 그러나 일반적으로 도막은 옥외에서 직사광·풍우·공해의 작용을 받을 때와 옥내에서 비교적 좋은 환경에 있을 때는 그 수명에 상당한 차이가 있다. 실내환경에서는 도막의 열화가 매우 미미하여 발생된 먼지·오염·손때 등은 간단히 처치할 수 있지만, 옥외에서는 도막열화가 매우 심각할 수 있으므로 내후·내구성이 요구된다. 그 열화현상으로는 도막요소분해·변퇴색·먼지부착·균발생·도막균열·도막박리 등이 있다.

단청과 관련해서는 문양 등에 대한 미술학적 연구(송, 1984; 권, 1992; 이, 2000)가 많이 이루어졌으나, 단청의 도막성능에 관한 연구는 아직까지 이루어지지 않고 있다.

따라서, 본 연구에서는 교착제의 종류에 따른 단청의 도막 성능을 환경(촉진열화·옥외폭로)을 달리하여 비교·평가해 보고자 하였다. 교착제로는 전통적인 방법에서 채용되고 있는 아교와 녹말풀, 그리고 최근 도채 현장에서 채용이 늘고 있는 합성수지인 아크릴수지 에멀전을 사용하였다. 도채 후 각 환경 하에서 도막의 박리와 변색 상태를 측정하여 도막 성능을 평가하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시판재

본 연구에서는 공시재료로 경북 봉화산에서 채취한 소나무(*Pinus densiflora*) 판목판을 사용하였고,

Table 1. Abbreviation index for experiment

Abbreviation	Definition
C	Clear wood surface
A	No undercoat
B	Undercoated with fish glue
E	Aqueous acrylic resin emulsion
G	Fish glue
F	Starch glue
M	Accelerated weathering
O	Outdoor exposure

목재 시편의 크기는 10 cm (T) × 1 cm (R) × 32 cm (L)로 하였다.

## 2.2. 교착제

1) 수성아크릴수지 에멀전 접착제: 대양화학 주식회사에서 생산되는 포리졸 506을 사용하였다. 포리졸 506은 수성페인트 제조 및 도료용 접착제로서, 불휘발분이 45%이며, 점도는 200 (cps/25°C) 이하이다.

2) 아교: 시중에서 판매되는 고품질의 아교를 구입하여 전통적인 방법에 따라 사용하였다.

3) 녹말풀: 시중에서 판매되는 밀가루로 쏜 풀을 사용하였다.

## 2.3. 안료와 호분

1) 안료: 균청색안료로는 코발트 블루를, 녹색안료로는 시아닌 그린을 사용하였다.

2) 호분: 주성분은 탄산석회이며 굴·조개껍질을 구워 분쇄한 것을 사용하였다.

## 2.4. 도채

무형문화재 기능보유자인 단청장 권현규님의 지도 하에 목재시편에 도채하였다. 목재시편에 교착제

와 안료를 섞어 바로 도채한 것과, 아교로 밀칠을 한 후 교착제와 안료를 섞어 도채한 것으로 구분하였다 (Table 1 참조).

## 2.5. 내후시험

1) 촉진열화시험: 촉진열화시험기(Q-panel Lab Products, QUV/SE)를 이용하여 KSM 5982 (도료의 촉진내후성 시험방법 - 형광UV 응축 방식)에 규정된 방법에 따라 자외선 노출과 응축 노출을 8시간 UV/60°C-4시간응축/40°C의 주기로 300시간 시험하였다. 340 nm에서 최대 자외선 조사량을 나타내는 UVA-340 형광램프를 사용하였으며, 자외선 조사량은 0.77 W/m<sup>2</sup>/nm로 설정하였다.

2) 옥외폭로시험: 도료의 옥외 폭로 내후성 시험방법(KSM 5000 시험방법 3241)에 따라 내후시험대를 충북대학교 구내 묘포장에 설치하여, 2002년 5월 28일부터 8월 13일까지 11주간 도채한 시험편을 옥외 폭로처리하였다. 내후시험대는 정남향으로 위도보다 5° 낮은 경사각으로 설치하였고, 시험편을 걸어놓는 뒤쪽으로는 물빠짐이 잘 되도록 하였다.

## 2.6. 도막성능 평가

1) 색상의 경시적 변화: 도채 시편의 L, a, b값을 분광측색기(Spectrophotometer, Minolta Co., Ltd., CM-200)를 이용하여 측정하였으며, 촉진열화시험편은 12시간 간격으로 측정하였고 옥외폭로시험편은 1일 간격으로 1주일동안 측정 후 1주일 간격으로 측정하였다.

2) 도막의 박리 평가: 도막에 나타나는 박리(flaking) 결함의 강도, 양 및 크기를 KSMISO 4628-5에 따라 6단계로 평가하였다(Table 2). 도막의 박리면적은 도채 후 촉진열화 및 옥외폭로시험한 시험편의 화상을 ImagePro (Ver. 2.0, Media Cybernetics, USA) 프로그램으로 분석하여 구하였다.

3) 도막부착력(테이프) 시험: 시험편의 표면에 2 mm 간격을 두어 수직으로 11개, 수평으로 11개의 선을 그어 칼로 홈집을 내어 100개의 격자를 만든

Table 2. Rating scheme for designating the quantity of flaking and the size of areas exposed by flaking

Rating	Flaked area (%)	Size of flaked area (largest dimension)
0	0	invisible under 10 magnification
1	0.1	up to 1 mm
2	0.3	up to 3 mm
3	1	up to 10 mm
4	3	up to 30 mm
5	15	larger than 30 mm

다. 격자 위에 3 M사의 투명 점착테이프를 손으로 눌러 붙인 후 강하게 떼어낸다. 이때 도막이 떨어져 나온 개수를 세어 박리율을 산정하고 이 박리율에 따라 표면의 도막부착력을 판정하는데, KSF 3111에 따라 Table 3과 같이 6단계로 판정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 도막 상태

Fig. 1은 촉진열화시험과 옥외폭로시험의 폭로 전

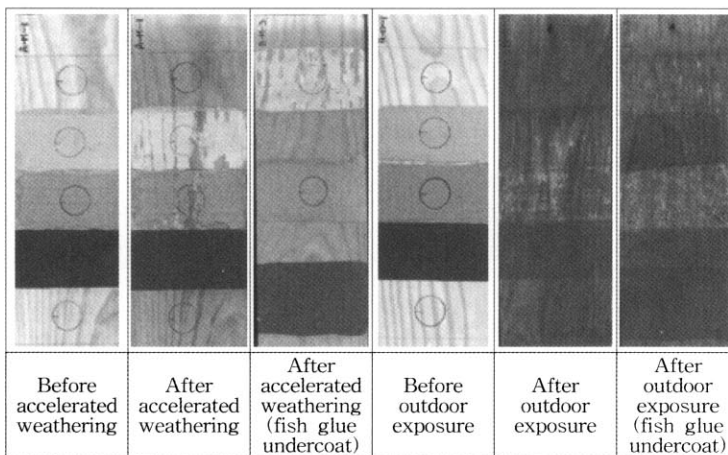


Fig. 1. Typical test panels coated with Dan-Chung. Starch glue (the above), fish glue (the middle), and aqueous acrylic resin emulsion (the below) were used as vehicle resins.

후의 도채 모습이다. 왼쪽 3매의 시험편은 촉진열화 시험한 것으로서, 그림에서 보는 바와 같이 녹말풀과 아교를 교착제로 사용한 경우에는 자외선과 응축 폭로에 의해 도막박리가 심하게 발생하였다. 그러나 같은 시간의 폭로에서도 수성아크릴수지 에멀전을 사용한 경우에는 전혀 변화가 없었다.

한편, 아교 밀칠을 시행하고 그 위에 아교를 교착제로 사용하여 단청을 도채한 경우 단청이 대부분 남아 있어, 아교 밀칠이 도막부착성 향상에 도움을 주고 있음을 알 수 있었다.

오른쪽 3매의 시험편에서는 옥외폭로시험 후에 시험편의 표면이 흑색의 곰팡이로 뒤덮였으며, 녹말풀과 아교를 교착제로 사용한 단청은 거의 대부분이 박리되었다. 옥외폭로시험에서도 아교 밀칠을 시행하고 그 위에 아교를 교착제로 사용하여 단청을 도채한 경우, 밀칠을 시행하지 않은 경우보다는 단청 도막이 다소 많이 남아있긴 했지만, 만족스러운 결과를 보이지 않았다. 그러나 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용한 경우 폭로 기간 동안 박리된 부분이 전혀 없었다. 비에 의한 습윤과 햇빛에 의한 건조가 반복되는 옥외폭로시험에서도 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용한 단청은 충분한 도막부착력을 발휘하고 있음을 알 수 있었다.

Table 3. Rating scheme for designating the adhesive property by tape method

Rating	Flaked appearance	Flaking ratio (%)
1	Soft edge of scar	0
2	Small flaking at the point of intersection	up to 5
3	Small flaking at the edge of scar and the point of intersection	5 to 15
4	Small flaking at the corner and the a part of the square	15 to 35
5	Large flaking at the corner and the whole part of the square	35 to 65
6	More than Rating 5	over 65

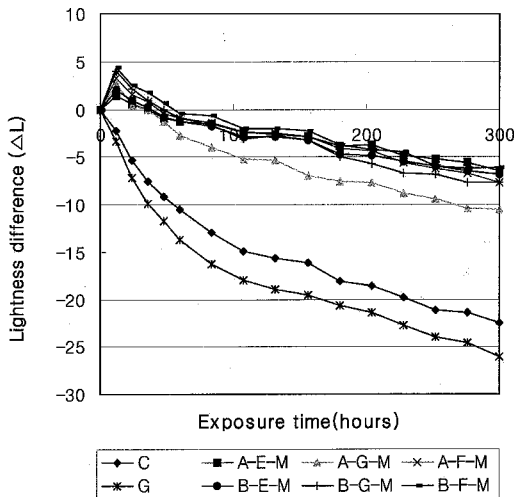


Fig. 2. Lightness differences of acceleratedly weathered panels.

한편, 동일하게 도채한 시험편을 실내환경에 노출시킨 결과, 현재 4년이 경과 하였지만 녹말풀을 사용한 시험편 일부를 제외하고는 도막박리 현상이 발생하지 않았다.

또한 단청 도막의 색상 변화에 대해서도 관찰하였다. 옥외폭로 시험편들은 장마철을 지나면서 급격하게 발생한 흑색곰팡이로 오염되어 색상변화를 제대로 추적할 수 없었기에 본 연구에서는 고찰하지 않았다. 촉진열화시간에 따른 시험편의 명도차(ΔL)와 색차(ΔE)의 변화를 Fig. 2와 Fig. 3에 각각 나타냈다.

무처리시험편(C)과 아교밀칠(G)만 시행한 시험

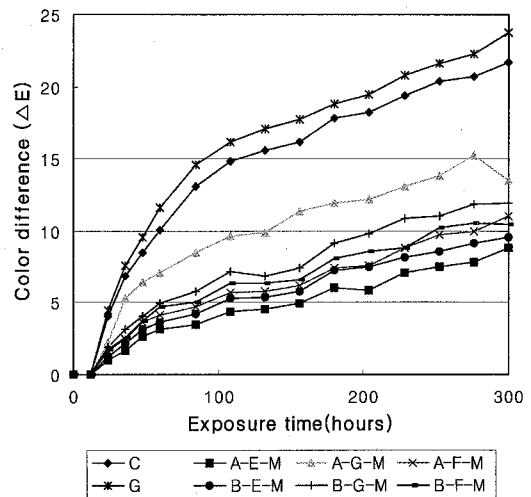


Fig. 3. Color differences of acceleratedly weathered panels.

편의 명도는 촉진열화시험 개시 후 100시간까지 급격하게 감소한 후, 이후 감소속도는 완만해졌으나 지속적으로 명도가 감소하여 300시간 후 -25 전후의 ΔL을 나타냈다. 반면에 단청을 도채한 시험편의 경우에는 노출 초기에 약간 명도가 증가하였으나, 시간이 경과함에 따라 완만하게 감소하는 경향을 나타내어 300시간 노출 후에 -7 전후의 ΔL을 나타냈다. 한편 300시간동안 촉진열화시험 후 단청도채 시험편의 a값은 +2 전후의 증가를 나타냈으며, b값은 거의 변화가 없었다.

상기와 같이 a와 b값의 변화가 매우 적은 상태에

Table 4. Flaking degree of tested panels

Treatment	Flaked area (%)	Rating		Treatment	Flaked area (%)	Rating	
		Quantity of flaking	Size of flaked areas			Quantity of flaking	Size of flaked areas
A-E-M	0	0	0	A-E-O	0	0	0
B-E-M	0	0	0	B-E-O	0	0	0
A-G-M	7	4	3	A-G-O	58	5	4
B-G-M	0	0	0	B-G-O	48	5	2
A-F-M	10	4	4	A-F-O	100	5	5
B-F-M	11	4	3	B-F-O	100	5	5

Table 5. Adhesive property of tested panels by tape method

Treatment	Flaking ratio (%)	Rating	Treatment	Flaking ratio (%)	Rating
A-E-M	0	1	A-E-O	0	1
B-E-M	0	1	B-E-O	22	4
A-G-M	20	4	A-G-O	-	-
B-G-M	0	1	B-G-O	-	-
A-F-M	17	4	A-F-O	-	-
B-F-M	11	3	B-F-O	-	-

서는, 단청도채 시험편의 촉진열화시험 후의 색상변화( $\Delta E$ )는 주로  $\Delta L$ 에 기인하게 되는데, Fig. 3에서와 같이  $\Delta L$ 의 경과곡선을 뒤집어 놓은 것과 같은 경향을 나타냈다. 즉, 촉진열화시험 개시 후 100시간까지는 비교적 변화속도가 크고, 이후 변화속도가 약간 줄어들은 채 지속적으로 증가하는 경향을 나타냈다. 300시간의 노출 후 10 전후의  $\Delta E$ 를 나타내는 바, 이는 비전문가도 알아볼 수 있는 현저한 변화라 할 수 있다. 교착제의 종류에 따른  $\Delta E$ 는 미세하긴 하지만 수성아크릴수지 에멀전을 가장 작았으며, 아교를 사용하는 경우가 가장 큰 값을 나타냈다. 이는 아교가 자외선에 의해 현저하게 색상변화를 일으키기 때문에 판단된다.

### 3.2. 도막 성능

Table 4는 내후성 시험 후에 박리된 도막의 면적 및 최대박리부의 크기로부터 판정된 도막 성능을 나

타낸다. 촉진열화시험에서 아교와 녹말풀을 교착제로 사용한 단청은 도막 박리 면적에서 4등급으로 매우 낮은 판정을 받았으며, 박리크기에 따른 등급에서도 3~4의 낮은 판정을 받았다. 그런데 아교밀칠을 한 후 아교를 교착제로 사용한 단청은 0등급으로서 아교밀칠이 도막박리를 현저하게 개선시킬 수 있음이 증명되었다. 반면 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용한 경우에는 도막박리가 전혀 발생하지 않아 최고등급인 0등급으로 판정되었으며, 이는 수성아크릴수지 에멀전을 사용함으로써 자외선에의 노출 및 결로를 유발하는 열화조건에서도 충분한 내구성을 가지는 도채가 가능하다는 것을 의미한다.

옥외폭로시험 한 단청도막에서는 아교와 녹말풀을 교착제로 사용한 경우 도막박리면적이 현저히 넓어 모두 최저등급인 5등급의 판정을 받았으며, 박리크기에 있어서도 4~5 등급으로 아주 낮은 등급을 받았다. 옥외폭로시험에서도 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용한 경우에는 도막박리가 전혀 발

생하지 않아 최고등급인 0등급으로 판정되었으며, 이는 수성아크릴수지 에멀전이 직접 비에 젖고 직사광선에 의해 건조가 이루어지는 등의 건조 조건이 되풀이되는 하절기 실외 조건에서도 충분한 도막 성능을 부여하는 교착제로 사용될 수 있음을 증명하는 것이다.

Table 5의 결과는 열화시험 후 남아있는 도막을 테이프 테스트로 측정된 것으로 강제로 떼어 도막 부착력을 평가한 것이다. 촉진열화시험 후에 아교나 녹말풀을 사용한 단청 도막은 칼자국이 난 모서리나 사각형의 부분으로부터 작은 조각이 떨어져 나옴으로써 4등급으로 낮게 판정되었다. 그러나 아교를 교착제로 사용하는 단청 도막의 경우 아교밀칠을 시행하면 도막부착력이 현저히 증가되어 1등급의 최고 등급으로 판정되었다. 수성아크릴수지 에멀전을 사용한 단청 도막은 아교밀칠을 한 것과 하지 않은 것 모두 1등급의 우수한 도막부착력을 나타냈다.

한편, 옥외폭로시험 후에는 아교나 녹말풀을 사용한 단청은 도막이 남아있지 않아 측정이 불가능하였다. 수성아크릴수지 에멀전을 사용한 단청 도막은 아교밀칠처리를 하지 않은 경우 1등급의 최고 등급을 받았으나, 아교밀칠 처리를 한 경우 4등급으로 오히려 등급이 낮아졌다. 이는 도막이 남아있긴 하지만 테이프 시험에 의해 도막이 박리될 정도로 도막부착력이 현저히 저하된 것을 의미하는 것으로서, 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용하는 단청 도막의 경우 아교밀칠이 도막부착력에 오히려 나쁜 영향을 미칠 수 있음을 보여주었다.

## 4. 결 론

소나무 판목판에 녹말풀, 아교 및 수성 아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용하여 단청을 도채한 후, 촉진열화시험과 옥외폭로시험을 실시하여 도막의 성능을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 자외선에 의한 단청의 색상변화는 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용한 경우 가장 적었으며, 아교를 교착제로 사용한 경우 가장 컸다.

2) 수성아크릴수지 에멀전은 단청 도막에 매우 우수한 도막부착력을 부여하여, 이를 사용한 단청은 촉진열화시험과 옥외폭로시험에서도 전혀 도막박리가 발생하지 않았다.

3) 아교밀칠은 아교를 교착제로 사용할 경우에는 단청 도막의 부착력을 크게 향상시키지만, 수성아크릴수지 에멀전을 교착제로 사용할 경우에는 오히려 도막부착력을 저하시켰다.

## 참 고 문 헌

1. 권윤숙, 1992. 우리나라 단청의 문양과 색채 연구. 홍익대학교 대학원 석사학위 논문.
2. 김사덕, 김순관, 홍정기, 강대일, 이명희, 1999. 양륙단청 대체안료 개발 연구. 보존과학연구 20:122-137.
3. 김순관, 홍정기, 2000. 목조문화재 보존 및 단청에 이용하는 들기름에 관한 연구. 보존과학연구 21:274-292.
4. 송연호, 1984. 우리나라 단청문양에 관한 연구. 청주대학교 석사학위 논문.
5. 이선주, 2000. 단청을 주제로 한 도자 조형 연구. 계명대학교 석사학위 논문.