

단청처리재의 방부·방미·방의(흰개미)효력 평가¹
이명재^{*2}·이동흡^{*2}·손동원^{*2}

Evaluation of Fungicidal, Anti-sapstain
and Termiticidal Efficacy of Dan-Chung Treated Blocks

Myung-Jae Lee^{*2} · Dong-heub Lee^{*2} and Dong-won Son^{*2}

요약

본 연구는 현재 고궁이나 사찰 등지에서 사용되고 있는 단청안료의 방부·방미·방의 효력을 평가하기 위하여 실시하였다. 폴리졸과 젤라틴 두 종의 교착제와 석간주, 장단, 삼홍주, 석황, 백분, 군청, 하엽, 수흑, 뇌록, 금진주박 및 호분을 공시안료로 한 실험에서 각 안료의 방부·방미 효력은 교착제의 종류에 의해 효력의 차이가 크게 나타났다. 폴리졸을 교착제로 사용 시 삼홍주는 부후개떡버섯 및 구름버섯에 대한 방부효력치가 70이상으로 방부성능 기준에 가장 근접하였으며, 장단 처리재가 *P. funiculosum*, *T. viride*, *R. nigricans*에 대해, 군청 처리재가 *T. viride*에 대하여 우수한 방미효력을 나타냈으나 그 외 안료의 효력치는 떨어지는 것으로 나타났다. 흰개미 실험에 있어서도 교착제에 따른 차이는 있었으나 하엽 및 석황의 처리재가 방의효력이 우수한 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study was carried out to evaluate the fungicidal, anti-sapstain and termiticidal efficacy of commercial Dan-Chung which are currently being used for painting to decorate and to provide durability with structures of temples. Two binders (Polysol and Gelatine), and eleven pigments (Iron Oxide Red, Lead Red, Toluidine Red, Chrome Yellow, Titanium Dioxide, Ultramarine Blue, Chrome Oxide Green, Permanent Black, Cyanine Green and Ho-bun(Chalk)) were applied for the evaluation. The fungicidal and anti-sapstain activity of each pigment were depended on the types of binders. When the Polysol was used as a binder, the fungicidal efficacy of Toluidine Red treated specimen was close to the standard value (above 80) with grater than 70 against to two wood decay fungi (*T. palustris* and *T. versicolor*). The anti-sapstain efficacy of Lead Red treated specimens was excellent against to three sapstain fungi (*P. funiculosum*, *T. viride* and *R. nigricans*), and that of

Ultramarine Blue treated specimens was also excellent to *T. viride*. The other pigments had little efficacy to these micro-organisms. Although there were some different trends of the effectiveness depending on the types of binders, the anti-termite effectiveness of Chrome Oxide Green and Chrome Yellow was outstanding to termite tests.

Keywords: fungicidal efficacy, anti-sapstain efficacy, termiticidal efficacy, Dan-Chung, pigment binder.

※ Dan-Chung paint: Exterior painting with various colors and designs

서론

단청은 목재 면에 황색·적색·녹색·청색 및 백색과 흑색 기타 여러 색을 써서 문양을 도채하는 것이다. 이러한 단청은 고건축물의 권위와 기념물의 성격을 나타내기 위해 사용하기도 하였으나, 목재면의 결함을 은폐하면서 미화하고, 목재면의 부후, 손상 등을 방지하기 위한 보호제의 목적으로도 사용되었다. 단청재료의 기재(基材)는 색상에 따라 다르지만 본래에는 천연물에서 추출하여 사용한 것이 대부분이었다. 그러나 오늘날은 안료로 대신하며, 일부 색상은 일본, 독일 등에서 수입하여 사용하고 있다. 또한 단청도채하기 전 목재 면에 도료의 전색제(展色劑)가 지나치게 흡수 되는 것을 방지하고 도료의 접착이 잘 되도록 아교풀을 도포하였으나 근래에는 합성수지를 교착제로 사용한다. 이러한 과거와 오늘의 단청 도채방법 및 재료에 있어서의 차이는 신구 건물간의 내구성능에도 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다. 그러나 현재 단청 소재 자체의 경과 총해에 대한 연구는 거의 이루어지고 있지 않고 안료의 효력에 대한 연구

역시 미비한 실정이다. 따라서 본 연구자들은 실험실에서 실제로 사찰 등에서 현재 사용하고 있는 여러 단청안료들을 단청재료 판매상에서 구입하고, 현재 단청도채의 방법으로 시편에 처리하여 그 防蝕·防黴效力을 평가하였다. 아울러 최근 조사에서 목조 사찰문화재가 단청 채도채임에도 불구하고 흰개미의 피해가 발견되고 있어서 흰개미에 대한 防蟻效力도 평가하였다.

재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 공시안료

공시안료는 시중의 단청재료 판매상에서 구입하였으며 석간주(Iron Oxide Red), 장단(Lead Red), 삼홍주(Toluidine Red), 석황(Chrome Yellow G350), 백분(Titanium Dioxide R-902), 군청(Ultramarine Blue), 하엽(Chrome Oxide Green), 수흑(Permanent Black P.R Colanyi), 너룩(Cyanine Green F9500), 금진주박(Gold Pearl), 호분(Chalk)을 사용하였다. 실험에 사용된 안료의 주요성분은 Table 1과 같다(김, 1999. 조, 2000).

Table 1. Details of the pigments used

Commercial Name	Original Name	Classification	Major Component or Chemical Formula	C.I.No.	Note
Suk gan ju	Iron Oxide Red	Mineral Pigment	Fe ₂ O ₃	77491	
Jang dan	Lead Red	"	Pb ₃ O ₄	77578	
Sam hong ju	Toluidine Red	Organic Pigment	C ₆ H ₄ (CH ₃)NH ₂	12120	
Suk hoang	Chrome Yellow G350	Mineral Pigment	PbCrO ₄	77600	
Baek bun	Titanium Dioxide R-902	"	TiO ₂	77891	
Gun chung	Ultramarine Blue	"	3NaAl · SiO ₄ · Na ₂ S ₂ or 2(Na ₂ O · Al ₂ O ₃ · 2SiO ₃)Na ₂ · S ₂	77007	
Ha yup	Chrome Oxide Green	"	Cr ₂ O ₃	77288	
Su heuk	Permanent Black P.R.Colonyl	Organic Pigment	-	-	Chinese ink
Noi lok	Cyanine Green	Organic Pigment	Phthalo Cyanine Green	74260	
Pae bun	Ho bun	Mineral Pigment	CaCO ₃		

※ C.I.No.: Color Index Number

2.1.2. 공시 교착제

교착제로는 포리졸(대영화학)과 젤라틴(삼미산업)을 사용하였다.

2.1.3. 공시목재

건전한 소나무(*Pinus densiflora*)변재로서 방부효력시험 시편은 5mm×20mm×40mm (T×R×L), 방미효력시험 시편은 20mm×3mm×50mm, 방의효력시험 시편은 10mm×10mm×10mm로 각각 제작하였다.

2.1.4. 공시균주 및 공시충

본 시험에 사용된 공시균주는 임업연구원 목재보존연구실의 보존균주를 사용하였다. 방부효력시험에는 *Tyromyces palustris* (FRI 21055), *Trametes versicolor* (FRI 20256)를 사용하였으며, 방미효력시험에는 *Aspergillus niger* (FRI 20131), *Penicillium funiculosum* (FRI 20745), *Rhizopus nigricans* (FRI 20952), *Aureobasidium pullulans* (FRI 20142), *Tricoderma viride* (FRI 21052)를 사용하였다. 방의효력시험에 사용된 흰개미는 *Reticulitermes speratus*를 공시충으로 하였다.

2.2. 방부효력 시험

단청안료의 방부효력은 처리시험체와 무처리 시험체에 대해 내후조작을 한 후 항균조작을 하고, 처리시험체의 평균 중량감소율을 구하였다. 교착제 및 각각의 염료를 처리시험체는 20일간 풍건시킨 후 내후조작을 하였으며, 내후조작이 끝난 후 항균조작에 들어갔다. 내후조작은 용탈과 휘산조작을 4회 반복한 것으로 하였으며, 용탈조작은 동일처리를 한 것을 모아서 서로 붙지 않도록 하고, 25±3℃의 물에 4시간 침지하여 마그네틱스텔라로 교반하면서 용탈하였다. 휘산조작은 용탈조작을 마친 시험체를 가볍게 물을 던 후, 곧바로 온도 40±2℃의 순환식 건조기중에 20시간 방치하여 휘산하였다. 실험 결과는 9반복의 평균결과로 나타냈으며, 결과의 표시는 다음의 식에 의해 나타내었다.

$$F = \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100$$

F: 방부효력치(Fungicidal efficacy(%))

S0: 무처리재의 평균중량감소율

S1: 처리재의 평균중량감소율

2.3. 방미효력 시험

방미효력시험에 사용된 배양 살레는 직경 90mm, 높이 15mm의 것으로 하였으며, 살레에 가압평균한 2%한천액을 부어 고화시켰다. 시험체의 설치는 동일처리한 시험체 3개를 면이 위로 가게 설치하였다. 균접종은 살레에 있는 시험체 3매의 표면에 단일 포자 현탁액 2ml로 골고루 뿌렸다. 이후 온도 26±2℃, 관개습도 70~80%에서 4주간 배양 후 균에 의한 피해정도를 0~3의 4단계로 구별하여 평가하였다. 실험결과는 9반복의 평균으로 나타냈으며, 결과의 표시는 다음의 식에 의해 나타내었다.

$$A = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100$$

A: 방미효력치(Anti-sapstain efficacy(%))

W0: 무처리재의 평균 피해치

W1: 처리재의 평균 피해치

2.4. 방의효력 시험

방의효력에 사용된 사육용기는 직경 8cm, 길이 6cm의 아크릴 원통의 바닥을 두께 약 5mm의 치과용 석고로 막은 것을 사용하였다, 사육용기는 약 2cm두께의 습윤 탈지면을 깔고 용기내 수분증발을 막기 위하여 뚜껑이 있는 상자 속에 두었다. 용기의 중앙에는 공시편을 두고 건전한 일개미 150두와 병정개미 15두를 투입하고, 용기를 온도 28±2℃의 어두운 곳에 정치하여 사육하였다. 사육 7일이 경과할 때마다 흰개미를 사육용기에서 모두 꺼내어 사충수를 측정하였다. 실험결과는 5반복의 평균 사충율로 나타내었다.

결과 및 고찰

3.1 방부효력

교착제는 현장에서는 경험에 따라 젤라틴과 포리졸을 안료별로 구분하여 사용하거나 혹은 혼합하여 사용한다. 또한 안료의 농도나 교착제의 농도는 경험적으로 적정 색상이 나올 수 있도록 정해지기 때문에 본 실험에서는 50%의 농도의 교착제와 10%의 농도의 안료로 처리하여 그 결과를 비교하였다(Fig.1~2). 포리졸을 교착제로 사용하였을 때 갈색부후균(*T. palustris*)인 부후개떡버섯에 대해서는 장단, 균청, 금박, 삼홍주, 석황, 패분이 방부효력 80이상으로 우수하였으며, 특히 삼홍주는 방부효력이 90으로 제일 우수하였다. 백색부후균인 구름버섯(*T. versicolor*)에 대한 방부효력에서는 삼홍주가 60으로 공시안료 중 가장 높은 효력치를 나타내었다. 공시안료 중 갈색부후균과 백색부후균 모두에 대해 가장 높은 저항성을 나타낸 삼홍주의 주성분은 toluidine으로 착색력·내광성·내산성·내알카리성·내열성 및 내공해성이 우수한 안료로 알려져 있으나 균에 대한 저항성 여부는 알려지지 않았다.

젤라틴을 교착제로 사용하였을 때는 균청이 부후개떡버섯에 대하여 유일하게 80 이상의 방부효력치를 나타냈으나, 구름버섯에 대한 방부효력치는 떨어지는 것으로 나타났다.

목재방부제의 성분 및 인체 유해한 중금속으로 알려진 Cr과 Pb을 포함하는 장단, 석황, 하엽 처리재는 균종에 따라 높은 효력치를 나타내기도 했으나, 두 부후균에 대한 저항성을 동시에 가지지는 않

왔다. 특히 주로 기둥이나 처마의 가칠에 가장 많이 사용되는 안료가 석간주 및 뇌록이므로 이들 재료가 실제적인 방부효력을 발현하는 것은 문화재의 보존차원에서 매우 중요한 일이다. 건축물에서 기둥부재 또는 처마부위는 항상 수분과 일차적으로 접촉이 가능한 부위이므로 부후균의 발생이 비교적 쉬운 부위이다. 대부분의 경우 이들 부재에 있어서 단청의 가칠상태에서 실제 사용되어지고 있기 때문에 더욱이 방부효력을 겸비한 안료가 되면 건축물의 유지관리에 보다 효과적일 수도 있을 것으로 사료된다. 그러나 본 결과에서는 두 처리재의 부후균에 대한 방부성능은 기준에 미달되는 것으로 나타났다.

전반적으로 포리졸을 교착제로 한 안료도포처리재가 젤라틴을 교착제로 한 안료도포처리재에 비하여 방부효력이 높은 경향을 나타내었다.

3.2. 방미효력

고건축물에 있어서 목재의 변색균과 표면오염균의 발생은 건축물의 표면 또는 본래 단청의 색상을 상실하게하기 때문에

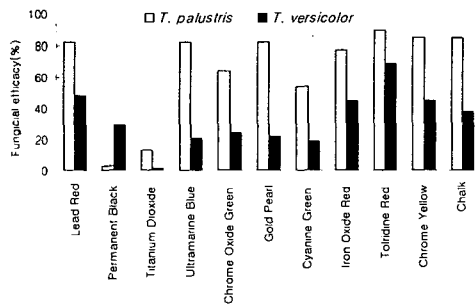


Fig. 1. Fungicidal efficacy of pigments when polysol was used as a binder.

건축물 자체의 미적 가치를 떨어뜨리는 요인이 되며, 부후균의 침투에 전구적인 역할을 한다. 이들의 발생은 목재의 함수율과 밀접한 관계에 있기 때문에 일반적으로 축조되어진 건축물에서는 그 발생을 찾기 어려우나, 축조하기 전 치목단계에서 그 피해가 크며, 또 기존 건축물에서도 누수 또는 흡습이 있는 곳에 주로 발생되어진다. 단청의 안료에 따른 3종의 변색균 및 2종의 표면오염균의 방미효력을 Fig. 3-6에 나타내었다. 방부효력에서와 마찬가지로 방미효력에서도 교착제에 따른 각 안료의 효력에는 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 젤라틴에 비해 포리졸 자체가 일부 변색균 및 표면오염균에 대해 안정적이었으며, 전반적으로 포리졸을 교착제로 사용한 처리구의 효력이 높은 것으로 나타났다. 포리졸을 교착제로 사용한 장단 처리재는 *P. funiculosum*, *T. viride*, *R. nigricans*에 대해 우수한 방미효력을 나타냈지만 *A. pullulans* 및 *A. niger*에는 상대적으로 낮은 효력치를 나타냈으며, 균청

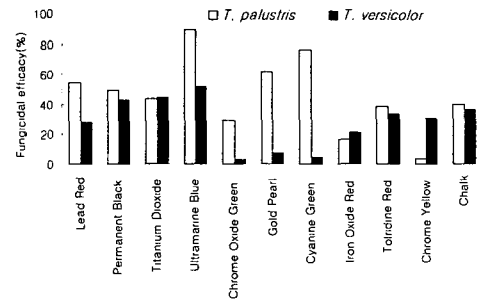


Fig. 2. Fungicidal efficacy of pigments when gelatin was used as a binder.

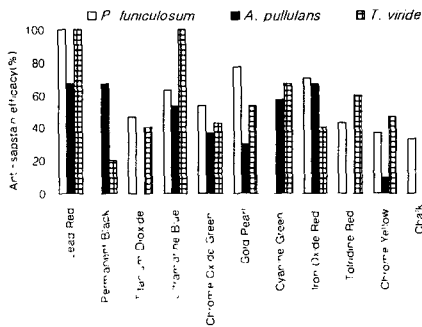


Fig. 3. Anti-sapstain efficacy of pigments when polysol was used as a binder.

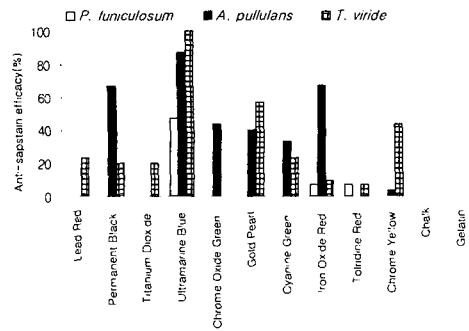


Fig. 4. Anti-sapstain efficacy of pigments when gelatin was used as a binder.

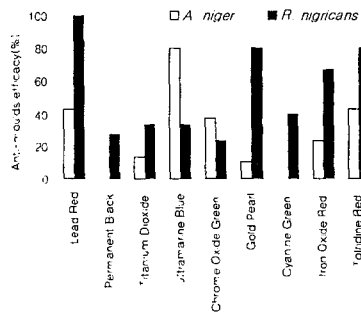


Fig. 5. Anti-moulds efficacy of pigments when polysol was used as a binder.

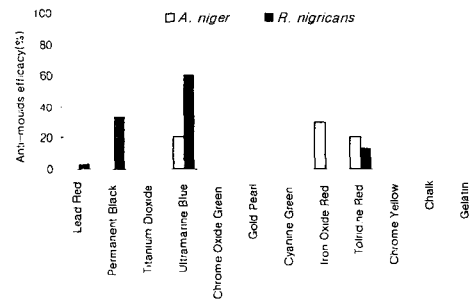


Fig. 6. Anti-moulds efficacy of pigments when gelatin was used as a binder.

역시 *T. viride*에 대한 효력치만 높았을 뿐 전반적인 변색균 및 표면오염균에 대한 효력은 떨어지는 것으로 나타났다(Fig.3, Fig5). 젤라틴을 교착제로 사용한 균청 처리재 역시 *T. viride*에 대한 효력치만 높은 것으로 나타났다(Fig.4, Fig.6).

3.3. 방의효력

흰개미 *R. speratus*에 대한 실내 방의효력의 결과를 Fig.7-8에 나타내었다. 포리졸 및 젤라틴 자체로서는 무처리재 보다 높

은 흰개미 생존율을 나타내는 등, 흰개미에 대한 저항성을 가지지 못하였다. 그러나 포리졸을 교착제로 하여 하엽을 처리한 목재와 젤라틴을 교착제로 한 석황 처리재는 흰개미에 대하여 방의효력이 높게 나타났으며, 사충율도 100%에 달하는 것도 있었다. 두 안료의 공통된 주성분은 Cr을 기재로 한 것이다. 크롬은 생물체에 대하여 만성독성을 일으키며 직접적으로 흰개미의 살의에는 관여하지 않은 것으로 알려져 있다. 또 목재에서는 다른 금속성

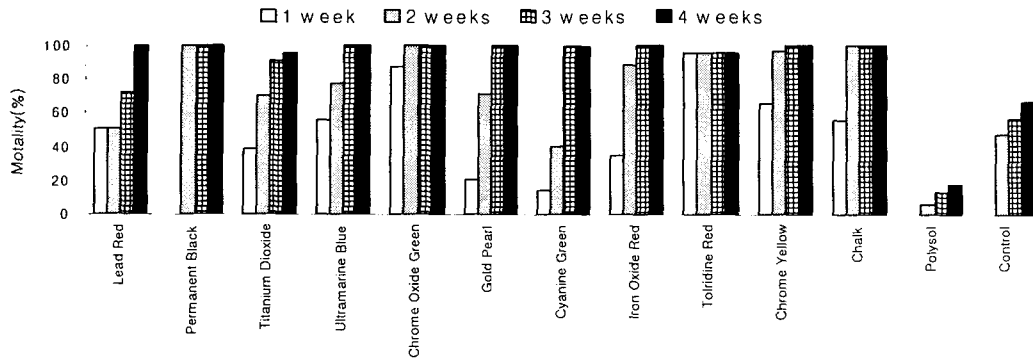


Fig. 7. Termiticidal efficacy of pigments when polysol was used as a binder.

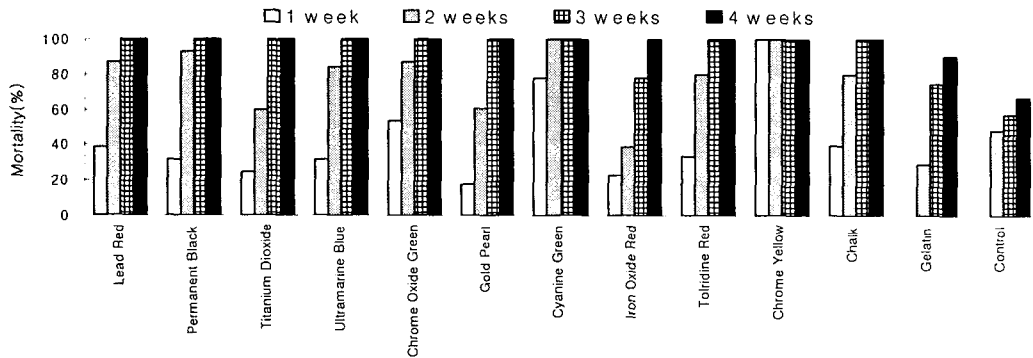


Fig. 8. Termiticidal efficacy of pigments when gelatin was used as a binder.

분과 착체를 형성하며, 물에 잘 녹지 않는 성분으로 화학반응을 일으키는데 관여하

는 것으로 알려져 있다. 여기에서 교착제에 따라 다소 방의효력에 차이를 보이는 이유도 타금속류와 형성하는 착염의 정도에 따른 영향이 관여하였을 것으로 사료되나, 살의성을 나타내는 직접적인 원인은 아니기 때문에 그 결과에 대해 추후 검토의 여지가 흥미롭다. 또한 4주 경과 후 대부분의 안료처리재에서의 흰개미 사충

율은 100으로 나타났으나 백분과 삼홍주는 방의효력이 크게 떨어졌으며 하엽 및 석황을 제외한 대부분의 안료는 폭로 초기의 방의효력이 떨어지는 것으로 나타났다. 전술과 같이 기둥부재의 가칠에 사용되는 석간주의 처리재 역시 흰개미에 대한 저항성이 초기에는 많이 떨어지는 것으로 나타났다. 이러한 결과들은 단청처리재가 흰개미에 대한 피해를 줄일 수는 있다 하더라도 근본적인 예비책이 될 수 없음을 나타낸다.

결 론

실제 전통목조건축물 사용하는 단청 채도와는 차이가 있으나 국내에서 유통되는 단청 안료 각각에 대한 방부·방미 및 흰개미에 대한 방의효력을 검증하였다. 그러나 전반적으로 이들의 방부·방미·방의효력에 대한 결과가 성능기준에 미달되는 등 내구력 유지에 필요한 충분조건을 갖추지 못한 것으로 판단되었다. 현재와 같이 전통 목조건축물에서 별다른 내구성향상의 수단을 동원하지 않고 오직 단청에만 의존하여 생물열화를 방지하는 데는 무리가 있는 것으로 사료된다.

목조건축물에 사용되는 단청 안료는 천연물을 사용하였던 과거와는 달리 화학조성 안료를 사용하기 때문에 사용용도에 따라 내구성을 요구하는 단청 안료에는 항균력을 지닌 물질을 첨가하여 사용할 수도 있으며, 또 흰개미나 다른 목재해충에 대비한 살충제도 단청 안료에 가미하는 것도 충분히 가능할 것으로 사료된다. 더욱이 교착제의 종류에 따라 방부·방미·방의효력에 차이가 있었기 때문에 고도의 내구성을 갖는 교착제의 사용도 가능할 것으로 판단된다. 지금까지 단청용도로 사용되는 교착제는 별도로 구분하여 사용하지는 않았지만, 직접 목재와 접촉이 있기 때문에 교착제에 살균 또는 살충제를 포함한 단청 전용 교착제를 제제하여 사용하는 것도 바람직하다고 생각된다.

목재의 내구성유지를 위해서는 가압방

부처리재를 사용하여야 함이 바람직하나, 전통 목조건축분야에서는 가압방부처리재는 단청 색상의 변화 때문에 사용이 불가능하다고 믿고 있다. 그러나 방부처리 후 유색을 띠는 목재방부제 CuAz, ACQ, CCA를 가압방부처리하고 단청색상의 변화를 측정한 결과(김과 광, 2002), 단청색상의 변화를 육안으로 구별할 수 없음을 발표한 바 있다. 이러한 결과는 전통 목조건축물에서 외부 열화요인에 쉽게 노출이 되는 부재를 가압방부처리재로 대체하고 그 위에 단청처리를 함으로 보다 내구력을 높일 수 있음을 나타낸다. 이제는 전통 목조건축분야에서도 기존방법을 고수해야 한다는 일념에서 탈피하여 우리의 전통 목조건축물을 보다 영구히 보존할 수 있는 새로운 방법의 도입이 필요한 시점이라 사료된다.

참고 문헌

1. 김사덕, 김순관, 홍정기, 강대일, 이명희. 양록단청 대체안료 개발 연구. 1999. 보존과학연구 20집.
2. 김영숙, 광민주. 2002. 방부제 처리가 단청색상에 미치는 영향. 2002 추계학술 발표논문집. 한국목재공학회. PP.242-245
3. 조남철, 홍종욱, 문환석, 황진주. 봉정사 극락전 벽화 안료의 재질 분석 연구. 2000. 보존과학연구 21집.