

# 봉정사 대웅전 후불벽체의 제작기법에 관한 연구

정혜영 | 한경순\*<sup>1</sup>

국립문화재연구소 보존과학연구실  
\*건국대학교 회화보존전공

## Study on the Making Wall Techniques behind the Buddha in Main Building of Bongjeonsa Temple

Hye-YoungJeong · Kyeong-Soon Han\*<sup>1</sup>

Conservation Science Division, National Research Institute of Cultural Heritage, Daejeon, 305-380, Korea

\*Department of Conservation of Paintings, Konkuk University, Seoul, 143-914, Korea

<sup>1</sup>Corresponding Author : conservation@kku.ac.kr

**초 록** 안동 봉정사 대웅전 후불벽체의 제작기법 특성을 규명하기 위하여 벽체의 구조 및 재료적 특성을 자연과학적 방법을 활용하여 조사·분석하였다. 연구결과, 벽체의 구조 및 재료학적 특성이 규명되었으며 제작기법이 거시적인 차원에서 확인되었다. 대상벽체는 목부재를 중심으로 대칭을 이루는 맞벽의 구조를 취하고 있으며 초벽, 중벽, 화벽으로 구성되는 일반적인 벽체의 구조적 경향을 따르고 있는 것으로 판단된다. 제작과정에 따라 형성된 각각의 층위는 재료 및 제작기법의 차이를 보이며, 대체적으로 상부 층위일수록 세립의 물질이 사용된 것으로 확인되었다. 벽체의 형성에 사용된 주재료들과 첨가물질의 배합은 벽체내구력 및 보존력 향상에 기여한 것으로 판단되며, 보존력의 원인이 되는 물질간의 상호작용과 제작자의 세부적인 기법적 효과로 견고한 벽체가 형성된 것으로 보인다.

**중심어** : 안동 봉정사, 후불벽체, 구조적 특성, 재료적 특성, 제작기법

**ABSTRACT** This research investigated and analyzed the structure and material feature of the wall behind the Buddha of main temple in An-dong Bongjeonsa through applying the natural scientific method, in order to closely examine its production technique. As a result of the research, the structural and material feature of the wall has been clarified and its production technique applied to the structure has been understood in a comprehensive sense. The target sample basically adopted the two-layer wall system, which showed a symmetric structure to the center made with the wooden material, and is estimated to follow the structural tendency of a general wall which is organized with the first layer, the midterm layer, and the painting wall layer. Each layer formed by the production procedure showed difference in the material and production method according to its characteristics and roles. And it was identified that, in general, the higher a layer lies, the finer grains it has. Combination of the main materials and the additives, used for the wall forming, was presumed to contribute to improving its durability and conservativeness. Also interaction between the materials generating the conservativeness and the producer's technical effect seemed to fortify solidity of the wall.

**Key Word** : An-dong Bongjeonsa, The wall behind the Buddha, Structural feature, Material feature, Production technique

## 1. 서론

불교 회화 양식으로 불단에 봉안된 불상 뒤에 그려진 후불벽화는 불상과 함께 예배의 대상이 되며, 전각의 성격을 대표하는 중요한 위치를 차지하고 있다.<sup>1</sup> 그 중 봉정사 대웅전 후불벽화는 현재로서 사찰에 봉안된 불화 중 전각의 성격과 도상명이 일치하는 가장 오래된 것으로 역사적·미술사적으로 뛰어난 가치를 지닌 문화재이다. 조선 초기에 제작된 이 벽화는 목부재의 부후와 이탈로 인한 구조적 문제로 심각하게 훼손되었지만<sup>2</sup> 벽체 자체는 상당한 견고함을 유지하고 있으며 보존력이 우수한 상태이다.

벽화의 제작기법에 대한 연구는 해당 벽화에 대한 올바른 보존을 위해서도 필요한 것이며, 봉정사 대웅전 후불벽화의 경우는 현존하는 가장 이른 시기의 토벽화이므로 제작기법의 사례를 연구한다는 것에 큰 의의를 둘 수 있다. 또한 기존의 연구가 인문학적인 관점에서 진행되어 온 점을 고려해 볼 때, 벽체의 특성을 자연과학적 조사와 분

석을 바탕으로 고찰하는 것도 아주 중요한 과제이다. 자연과학적 방법을 활용한 제작기법에 대한 기존의 연구는 현재까지 미비한 실정이며, 주로 적외선 촬영을 통한 조사나 안료분석에 관한 연구에 국한되어 왔다.<sup>3,4,5</sup> 이는 문화재의 특성상 분석 가능한 시료를 얻기 힘든 점이 반영된 결과로 볼 수 있으나 벽화는 무기 및 유기재료들이 복합적으로 혼합되어 형성되기 때문에 구조적, 재료적 특성이 벽체의 물성에 어떤 영향을 주는지에 대한 보다 체계적인 연구가 필요하다. 또한 기존 연구의 확실성을 검증하기 위해서도 자연과학적 방법을 통한 제작기법의 연구가 필요한 것으로 사료된다.

본 연구에서는 대상벽체를 통하여 벽체의 구조적 특성을 관찰하고 재료적 특성을 분석하여 구조 및 재료들 간의 상이점 및 상호연관성을 해석하는 방법으로 제작기법을 고찰하였다. 또한 이 연구를 바탕으로 토벽화 보존의 기초 자료를 마련하고 자연과학적 연구 방법론을 통하여 벽체를 연구하는 체계적인 과정을 정착시키는데 기여하고자 한다.

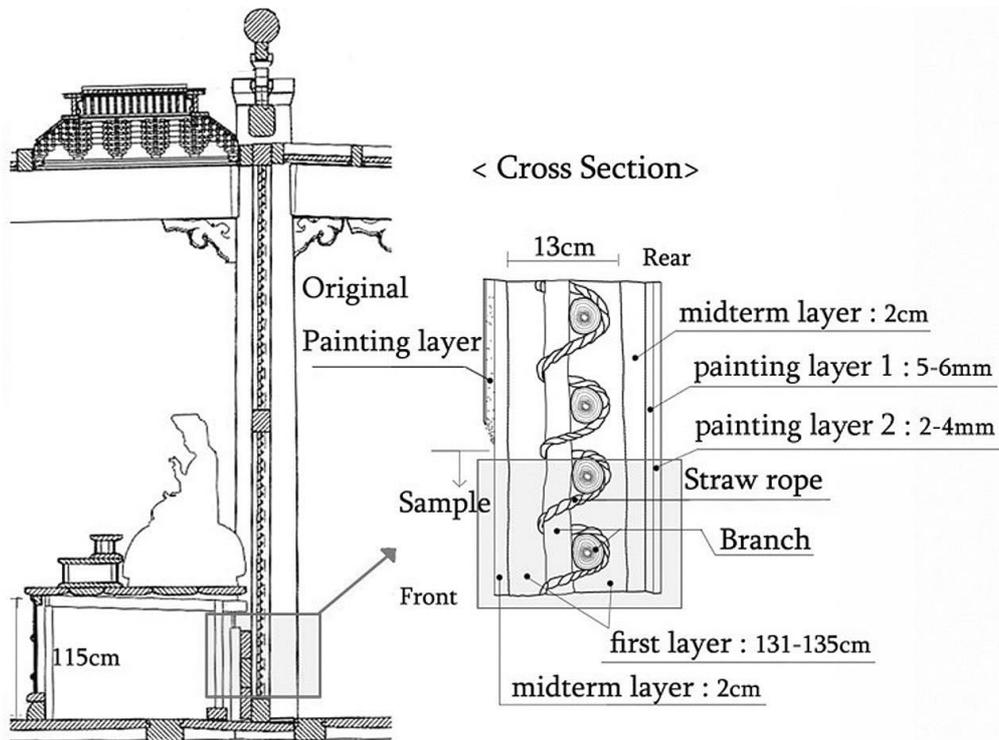


Figure 1. Location of the sample.

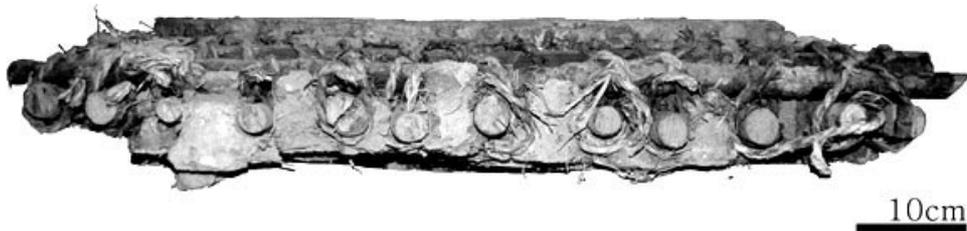


Figure 2. Cross section of the sample.

## 2. 시료 및 연구방법

### 2.1. 연구시료

이 연구의 대상이 된 시료는 안동 봉정사 대웅전 후불벽을 구성하고 있는 벽체의 일부분으로 후불벽 전면에 그려진 영산회상도(靈山會上圖)의 하단부분이다. 후불벽의 구조는 크게 세로부재인 고주와 가로부재인 인방(枋)사이에 벽체가 조성되어 있는 형태로서 천정에서 바닥까지 인방으로 구분하였을 때 상, 중, 하 3칸으로 나누어진다. 벽화는 상부 2칸에 그려져 있으며 하부 1칸에는 그림이 없이 불단이 자리 잡고 있다<sup>6)</sup>(Figure 1). 연구대상 시료가 위치했던 부분을 세부적으로 살펴보면 영산회상도의 도상이 족자형태의 테두리로 마무리된 불단의 상부부터 하인방에 이르는 부분까지에 해당된다. 이 부분은 불단에 가려져 있어 화벽이 조성 되어있지 않으나 벽체의 후면에는 상부 벽체와 같이 2층에 걸친 화벽이 조성되어 있으며 각각 황적색계통과 녹색계통의 안료층이 관찰된다.

이 시료를 연구 대상으로 선택할 수 있었던 것은 대웅전의 해체·보수 공사 시 후불벽화도 건물에서 분리되어 보존처리가 실시되었는데, 이 과정에서 대상 시료가 위치한 부분에 대한 파기가 결정되어 연구목적으로 활용할 수 있었다(Figure 2).

### 2.2. 연구방법

이 연구에서는 벽체 제작기법을 규명하기 위하여 벽체의 구조 및 구성물질들의 재료적 특성에 대한 조사 및 분

석을 수행하였다.

벽체의 구조적 특성연구를 위하여 거시적으로 층위별 두께 및 구조체의 배열에 따른 골격 형성방법을 관찰하였고, 미시적 관찰을 통하여 층위 특성 및 층간상태를 파악하였다.

벽체를 구성하고 있는 물질들의 재료적 특성을 연구하기 위하여 흙, 첨가물 및 안료에 대한 조사 및 분석을 실시하였다. 흙에 대한 광물학적 특성연구는 현미경관찰과 더불어 각 층위별 성분분석을 통하여 실시하였다. 또한 각 층위별 구성 광물질 및 미세조직에 대한 보다 정밀한 분석과 관찰을 위하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, JSM-5910LV, Jeol, Japan) 관찰을 실시하였고 더불어 전자현미경에 부착된 에너지분산형분광계(Energy Dispersive Spectrometer, Oxford 7324, Oxfrd Inc., England)를 통한 반정량 및 정성분석을 실시하였다. 현미경 관찰에서 식별이 불가능한 점토 광물이나 미립의 광물들에 대한 분석을 위하여 각 층위별 시료를 분말화하여 X-선 회절분석을 수행하였다. 분석기기(High Temperature X-ray Diffractometer)는 보조장치로 Position sensitive detector, Sol-X solid state detector가 장착된 모델 D8 Advance이고 X-선은  $CuK\alpha$ 에 조건은 40KV와 40mA로서 회절선은  $2\theta$ 를  $10\sim 90^\circ$   $0.02^\circ/sec$ 으로 회절시켜 분석하였다. 흙의 광물학적 특성과 더불어 물리적 특성에 대한 연구를 위하여 토양의 색상, 토성 및 공극률에 대한 조사와 분석을 실시하였다. 토양색은 토양색표집을 활용하여 색상을 대조하는 방식으로 각 층위별 토양색을 표시하였다. 층위별로 사용된 흙에 대한 입도분석을 위하여 2mm 이상의 입도에 대하여는

표준체를 이용한 분석을 수행하였고 2mm 이하의 입도에 대하여는 입도분석기(Laser Particle Size Analyzer, Mastersizer 2000, England)를 이용한 분석을 실시하였다. 각 층위별 공극률의 측정에는 주사전자현미경(SEM)의 이차전자상(SEI)을 이용하여 층위의 기질부를 중심으로 같은 배율(X35)로 촬영한 이미지를 활용하였다. 측정방법은 어둡게 나타난 공극부위를 다른 색으로 도시한 후 전체를 100으로 가정하여 격자를 짜서 분포도를 작성하고 공극이 차지하는 면적을 전체 면적으로 나누어 도출하는 방식으로 수행하였다. 벽체 첨가물에 대한 조사 및 분석은 벽체보강제, 섬유보강제 및 폴보강제에 대하여 실시하였고, 이에 대한 관찰은 육안조사 및 현미경적 관찰을 통하여 수행하였다. 섬유보강제로 사용된 섬유의 식별을 위하여 섬유장 및 섬유폭 측정(광학현미경, Morfi LABO)과 더불어 시약(C, Herzberg, Wilson's stain)을 통한 정색반응실험을 실시하였고 폴보강제의 사용유무를 판단하기 위하여 요오드-요오드화 칼륨용액(I2KI)을 사용한 정색반응 실험을 수행하였다. 또한 사용된 안료의 성분분석을 위하여 SEM-EDX(Energy Dispersive Spectrometer, Oxford 7324, Oxfrd Inc., England)를 이용하여 주성분 원소들의 성분과 함량을 반정량적으로 분석하였고 XRD분석을 같이 병행하였다. 사용된 기기는 PANalytical사 XPert PRO MPD이며 조건은 Cu target에 40KV, 30mA로서 회절선은 2θ를 5~70°까지 회절시켜 분석하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 구조적 특성

안동 봉정사 대웅전 후불벽체의 구조적 특징은 각 층위 간의 역할에 따른 차이가 명확하고 제작방법에 있어 초벽, 중벽, 화벽으로 구성되는 일반적인 벽체의 구조적 경향<sup>9,10)</sup>을 따르고 있다는 점이다. 또한 형성된 기질부는 오래된 흙 구조체임에도 우수한 내구력을 지니고 있으며 층간 마감상태도 매우 치밀하다. 다만 연구대상이 된 벽체시료는 전면에 화벽으로 예상되는 층이 형성되어 있지

않고 후면에 화벽을 포함한 층위구조가 2층위로 나타나는 점이 기본에서 벗어나는 형식을 보이고 있으나 이는 제작기법적 특징이 아니라 벽체의 하단부와 벽체의 배면에서 나타날 수 있는 특징으로 추정된다.

벽체의 거시적인 구조를 살펴보면 대상 벽체는 골조를 중심으로 전면에 2개의 층위가 형성되어 있고 후면에 4개의 층위가 형성되어 있다. 대상 벽체에 대하여 맞벽의 개념과 일반적인 벽체 층위에 대한 명칭을 도입하면 골조에서 가장 가까이에 형성된 층위는 벽체의 골격이 되는 초벽에 해당되고, 그 다음에 형성된 층위는 초벽을 보강하는 중벽에 해당되며, 안료층을 포함한 층위는 화벽에 해당되는 층위로 판단된다. 연구결과 또한 짝을 이루는 층위들이 유사한 성격을 보이며 층위적 특성 또한 구분된 개념에 부합되는 것으로 보아 봉정사 대웅전 후불벽체는 초벽, 중벽, 화벽 및 안료층의 차례로 벽면을 형성한 것으로 사료된다(Figure 3, Table 1).

본 벽체에서 골격부분을 형성하고 있는 목부재들을 살펴보면 가로부재로는 소중깃(가시새) 1개와 놀의 8개가 설치되어 있고 세로부재로는 설외 12개가 설치되어 있다. 각각의 세로부재와 가로부재는 지름 1cm 정도의 새기

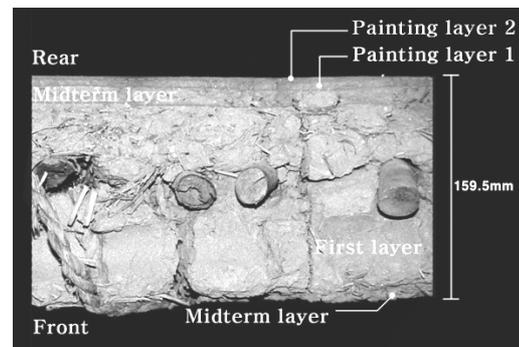


Figure 3. Layer names of the wall sample.

Table 1. Thickness of the wall in accordance with layer.

| Layer name           | Thickness       |
|----------------------|-----------------|
| totality             | 15.6cm ~ 16.5cm |
| first layer          | 13.3cm          |
| midterm layer(rear)  | 1.9cm           |
| midterm layer(front) | 1.0cm           |
| painting layer 1     | 0.5cm           |
| painting layer 2     | 0.3cm           |

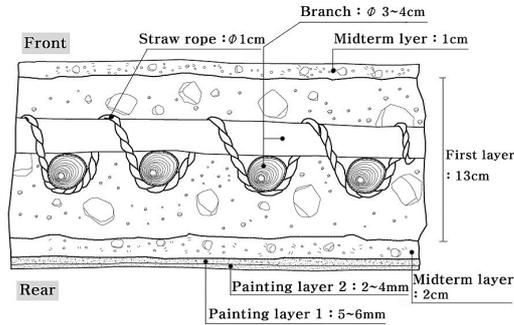


Figure 4. Cross section of the wall.

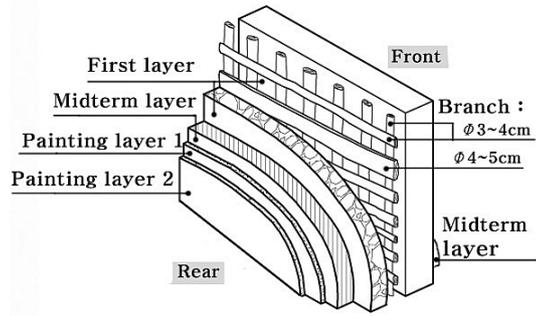


Figure 5. Structure of the wall.

줄로 묶어 고정되어 있으며 이들 목부재들은 단단한 나뭇가지로 구성되어 있다<sup>1)</sup>. 높이는 지름 약 3.4cm의 단단한 나뭇가지가 사용되었으며 설위는 지름 약 3.8cm 두께의 나뭇가지로 이들이 서로 교차되어 각각 5~6cm 간격으로 배치되어 있다. 각재로 사용된 소증깃은 너비 약 4~5cm로 가로부재 사이에 설치되어 있는 것으로 확인되었다.

벽체의 형성은 놀외와 설위를 엮어 만든 목재골격위에 차례로 흙을 발라 완성하였다. 첫 번째로 형성된 층은 초벽이며 벽체의 흙이 골조에 맞물린 모양을 볼 때 전면의 층을 먼저 제작한 후 후면에서 맞벽을 친 것으로 보인다. 이 층위는 흙과 자갈 및 짚 섬유, 나무 조각, 토기조각 등 벽체의 강도 및 내구성을 향상 시킬 수 있는 재료들을 혼합하여 약 13~14cm의 두께로 발라 거칠게 마무리 하였다.

두 번째로 형성된 층위는 중벽으로 초벽 위에 약 1~2cm의 두께로 각각 후면과 전면에 초벽을 보강하는 형태로 제작되어 있다. 이 층위는 초벽층에 사용된 재료 중 거친 재료들을 제거하고 장폭의 재료를 단폭의 재료로 가공하여 사용하였으며 매우 치밀하게 마감되어 있다.

세 번째로 형성된 층은 제 1화벽층에 해당되며 후면의 중벽층위에 약 5~6mm의 두께로 제작되어 있다. 층위제작에 사용된 모르타르에는 자갈 및 거친 섬유는 포함되어 있지 않고 고운흙과 모래 및 부드러운 섬유를 혼합하여 제작하였으며 층위의 표면에는 안료층이 형성되어 있다.

네 번째로 형성된 층위는 제 2화벽층에 해당되며 제 1화벽층 위에 약 3mm의 두께로 제작되어 있다. 이 층위에

도 안료층이 형성되어 있으며 사용된 모르타르에는 제 1화벽층과 마찬가지로 고운흙과 모래 및 부드러운 섬유가 혼합되어 있다. 이를 종합한 벽체의 골격구조 및 벽체구조를 표현한 모식도는 Figure 4, 5와 같다.

벽체 시료의 구조관찰을 통하여 구분된 5개의 층위에 대하여 각각의 층위별 형태 및 특성을 살펴본 결과, 유사 또는 상이한 특징을 지니는 층위들이 벽체를 구성하고 있음이 확인되었다. 유사한 특징의 층위들은 맞벽의 구조로 인해 형성된 것으로 보이며 상이한 특징을 보이는 층위들은 기능면에서 차이를 보이는 것으로 판단된다.

초벽의 가장 큰 특징은 매우 불량한 분급을 가지며 5cm 이상의 큰 물질들이 혼합되어 있는 점이다. 이 물질들은 기질부분인 흙의 축소를 완화하여 균열을 억제하고 물리적 성능을 향상시키는 것으로 추정된다. 또한 다른 층위와 큰 차이를 보이는 특징은 섬유보강제의 첨가 형식으로 초벽에는 짚 섬유를 길이 5cm 이상으로 잘라 벽체 구성물질들과 혼합하여 사용하였다. 이는 장섬유를 첨가하여 흙을 바를 때 재료에 끈기를 주어 처지거나 떨어짐을 방지하고 건조 시에도 벽체 구성 물질들 간의 결합력을 강화시켜 균열과 탈락을 방지하려는 목적으로 생각된다. 초벽 층위는 거친 재료들이 혼합되어 층위 중 가장 두꺼운 부분을 형성하고 있으며 마감층이 거칠게 제작되어 있다. 따라서 층위의 마감부분은 고품질이 되어 있지 않아 요철이 많이 발생되어 있으며 상부층과의 교점면도 매우 불규칙한 양상을 보인다.

초벽 다음에 제작된 층은 중벽으로 초벽과 유사한 특징

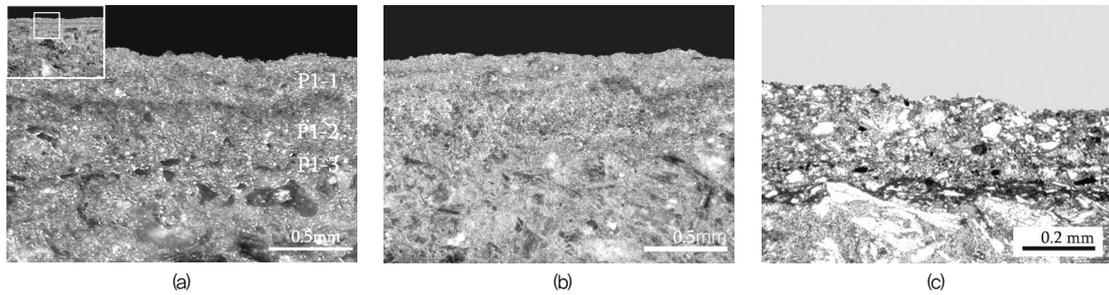


Figure 6. Results from optical and polarization microscope observation on the 2nd pigment layer (a) Red and two different layers' green pigment are observed (b) Areas where red pigment layer is not formed are observed in parts (c) Yellow, green, blue, white and red pigment layers are identified by observation through polarization microscope.

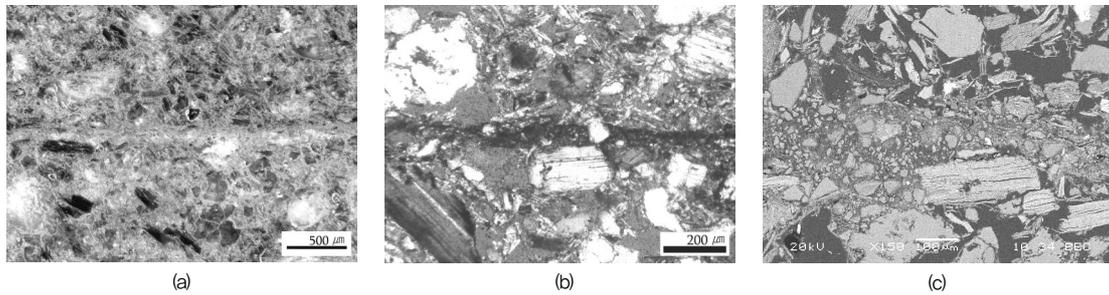


Figure 7. Results from observation on appearance condition and microstructure of the 1st pigment layer (a) Observation by optical microscope: orange pigment layer is formed between layers (b) Observation by polarization microscope: painting layer is composed of albite, quartz, and biotite with fine and anhedral crystal structure, and shows linear arrangement of mica with felsitic substrate (c) Observation by SEM: fine pigment grains form layers on the substrate.

을 보인다. 초벽보다는 정선된 층위이며, 초벽형성에 사용된 재료와의 유사성으로 층위적 구분이 확연히 드러나지 않지만 일부의 차이로 층위의 구분이 확인되며 힘을 가했을 때 층위의 분리가 가능하다. 초벽층에서 물리적 성능을 향상시키기 위해 첨가되었던 장폭의 물질들은 첨가되어 있지 않으며 5cm 이상의 길이로 첨가되었던 짙은 색 유도 2cm 이하의 길이로 첨가되어 있다. 이 층위에서 주목될 만한 특징은 고름질된 표면 마감층으로 매우 치밀하고 내구력 있게 제작되어 있다.

마지막으로 제작된 2층의 화벽은 벽체의 골격이 되는 초벽층이나 초벽층을 보강하는 중벽층과는 매우 상이한 특징을 보인다. 두 층위 모두 모래 이하의 입도를 가지며 부드러운 섬유 보강제가 사용되었다. 각각의 층위에는 황적색의 안료와 녹색계통의 안료가 단색으로 채색되어 있는데 제 1안료층은 화벽층과 밀착력 있게 형성되어 있는 반면 제 2안료층은 안료가 층위에 덮여 있는 듯한 형식으로 비교적 두꺼운 채색층을 형성하고 있다. 단, 제 2안료

층에는 3개의 안료층이 형성되어 있는데 가장 하부에 조성된 안료층은 제 1안료층과 유사한 느낌으로 밀착력 있게 채색되어 있어 층위의 바탕층일 가능성이 있는 것으로 추정된다(Figure 6, 7).

### 3.2. 재료적 특성

벽화의 제작에 사용되는 재료는 크게 유기물 및 무기물로 나눌 수 있으며 벽의 구조를 통하여 이를 구성하는 재료로 세분할 수 있다. 우선 벽의 중심이 되는 목부재를 벽의 골격 구조라 할 수 있으며 벽체 구조는 흙, 벽체보강제 물질 등으로 구성되어 있고 채색층 구조는 안료와 매제로 구성 되어 있다. 본 연구에서는 벽체의 재료적 특성을 연구하기 위하여 주 재료가 되는 흙 및 벽체의 제작에 혼합되는 첨가물질, 채색층을 이루는 안료의 성분을 분석한 결과를 각각 고찰해 보았다.

3.2.1. 흙

벽체의 제작에 사용된 흙은 층위별로 그 기능에 따라 다른 입도를 가지며 성분 분석 및 현미경 관찰결과 층위별 주요 구성광물의 종류는 큰 차이점이 없으나 그 비율에서 차이가 있음이 확인되었다. 벽체는 상부의 층위로 갈수록 세립의 입자로 형성되어 있으며 분급도 비교적 양호해 진다. 또한 벽체 조직도 치밀해 지고 벽체에 발생된 공극의 양상도 달라지는 것으로 관찰된다.

흙의 광물학적 특성을 밝히기 위하여 실시된 X-선 회절분석 결과 초벽에서는 석영(34.1%)과 미사장석(35.9%), 사장석(30.1%)이 검출되었고 중벽에서도 석영(30.6%)과 미사장석(30.3%), 사장석(39.1%)이 동일하게 검출되었다. 또한 하부에 형성된 화벽에서도 석영(29.3%)과 미사장석(28.8%), 사장석(41.9%)이 검출되

었다. 그러나 후면의 최상층에 마련된 화벽의 분석결과에서는 석영(26.1%)과 사장석(37.5%)은 공통적으로 검출되었지만 미사장석은 검출되지 않았고 흑운모(36.4%)가 높은 비율로 검출되었다. 이는 제 2화벽층이 다른 층위들과 비교했을 때 조성이 다른 흙을 사용했다는 가능성을 보여주는 결과로 해석될 수 있다(Table 2).

흙의 물리적 특성 조사 결과를 살펴보면 토양의 색상은 대체적으로 먼셀토양색표집의 Light Yellowish Brown의 색상에 해당되어 서로 유사함 보이나 최상층에 형성된 화벽층의 토양색상은 Olive Yellow로 다른 층위와 약간의 차이를 보인다. 기질부분의 공극률을 살펴보면 비교적 양호한 분급을 보이는 제 1화벽층의 공극률이 24.0%로 가장 높게 나타났고 분급이 가장 불량한 초벽이 공극률 12.3%로 낮은 공극률을 보였다. 이는 거대 공극을 제외

Table 2. Mineralogical characteristics of soil in accordance with layer.

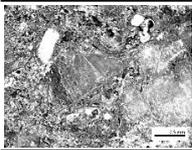
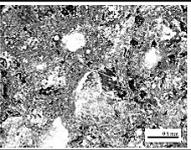
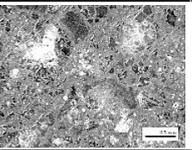
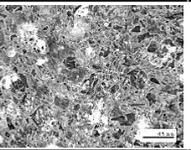
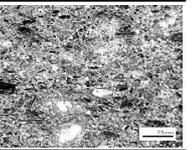
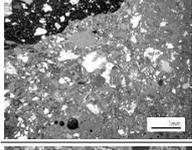
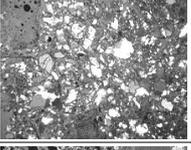
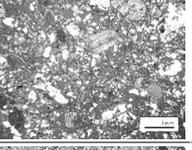
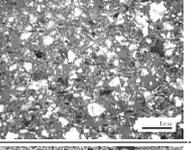
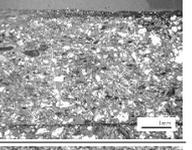
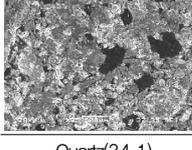
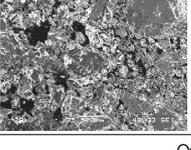
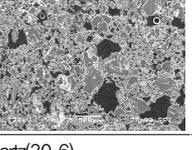
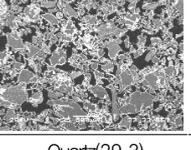
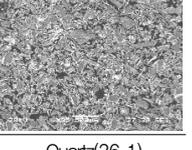
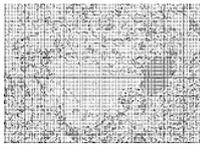
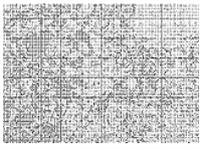
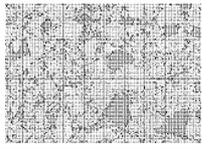
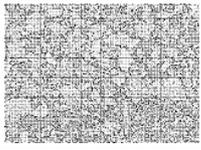
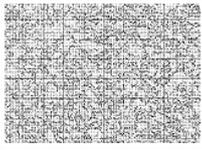
| Division                | First layer   | Midterm layer   |   | Painting layer   |   |
|-------------------------|---|---|---|--|---|
|                         |   | rear  | front   | first  | second  |
| stereoscopic microscope |  |  |  |  |  |
| polarization microscope |  |  |  |  |  |
| SEM                     |  |  |  |  |  |
| mineral (%)             | Quartz(34.1)<br>Microcline(35.9)<br>Albite(30.1)                                    | Quartz(30.6)<br>Microcline(30.3)<br>Albite(39.1)                                    | Quartz(29.3)<br>Microcline(28.8)<br>Albite(41.9)                                    | Quartz(26.1)<br>Albite(37.5)<br>Biotite(36.4)  |   |
| major elements          | Si, Al, O   | Si, Al, O   | Si, Al, O   | Si, Al, O  | Si, Al, O   |
| minor elements          | -   | K, Na, Ti   | Na, K, Ca   | K, Na, Ti  | Ca, K, Mg   |
| grain size              | Very coarse, coarse, medium, fine, very fine  | Very coarse, coarse, medium, fine, very fine  | Very coarse, coarse, medium, fine, very fine  | medium, fine   | medium, fine, very fine   |
| skewness                | -0.07   | -   | 0.08  | 0.02   | 0.07  |
| kurtosis                | 0.84  | -   | 0.98  | 0.84   | 0.73  |
| sorting( $\phi$ )       | 3.82<br>poorly sorted   | poorly sorted   | 2.69<br>poorly sorted   | 2.14<br>poorly sorted  | 2.32<br>poorly sorted   |
| porosity                | Large, irregular, giant porosity  | Large Irregular   | Large Irregular   | Small Relatively regular   | Small Regular   |

Table 3. Physical characteristics of soil in accordance with layer.

| layer        | First layer   | Midterm layer   |   | Painting layer   |   |
|--------------|---|---|---|--|---|
|              |   | rear  | front   | first  | second  |
| color        | Light Yellowish Brown   | Light Yellowish Brown   | Light Yellowish Brown   | Light Yellowish Brown  | Olive Yellow  |
| porosity (%) | 12.3  | 13.0  | 16.6  | 24.0   | 19.0  |
|              |  |  |  |  |  |

한 기질부는 분급이 불량한 초벽층이 가장 높은 치밀도를 보일 수 있다는 사실을 보여 주며 이는 초벽층에 점토의 함량이 높은 것도 영향을 주었을 것으로 보인다(Table 3).

입도분석결과(Table 4)를 토대로 토성표<sup>12)</sup>를 참고하여 각 층위별 토성(모래-미사-점토의 비율)을 알아보면 제 1화벽과 중벽은 사질양토(sandy loam)로 미사보다 모래의 비율이 높고 점토의 비율이 20% 이하인 조금 거친 토성을 나타낸다. 초벽은 양토(loam)로 모래와 미사의 비율이 비슷하며 점토의 비율이 10~30% 사이인 중간정도의 토성을 지닌다. 제 2화벽은 미사질 양토로 모래보다 미사의 비율이 높고 점토의 비율이 0~30% 사이로 중간정도의 토성을 지니지만 양토보다는 고운입도를 지닌다(Figure 8). 자갈을 포함한 상태의 토성을 살펴보면 초벽층위 시료는 모래와 점토의 비율이 비슷하고 자갈의 비율

이 20% 정도인 토성을 보이며, 중벽은 점토보다 모래의 비율이 높고 자갈의 비율이 10% 정도인 토성을 보인다. 화벽은 자갈을 포함하지 않고 제 1화벽의 시료는 모래의 비율이, 제 2화벽은 미사의 비율이 높은 토성을 보인다(Figure 8, 9).

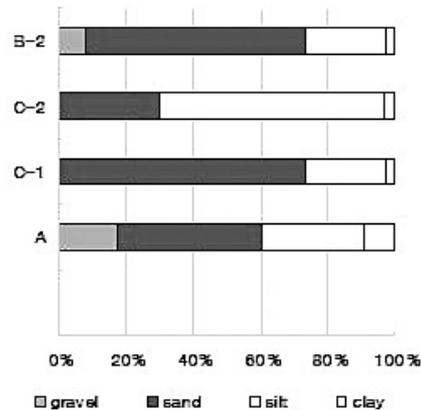
3.2.2. 첨가제

벽체를 구성하고 있는 물질 중 첨가제로 사용된 재료로는 크게 섬유 보강제와 풀 보강제가 있다. 이들은 벽체에 혼합되어 물리적 기능을 보완하는 것으로 더욱 내구력 있는 벽체를 형성하는데 기여하고 있다(Table 5).

섬유 보강제는 각 층위에 모두 포함되어 있으며 초벽과 중벽에는 짚섬유가 화벽층에는 정색반응결과, 제 1화벽층 닥섬유, 제 2화벽층에는 닥섬유와 면섬유가 혼합되어

Table 4. Result from sieve analysis.

| Division/(wt.%)       | gravel | sand  | silt  | clay |
|-----------------------|--------|-------|-------|------|
| First layer(A)        | 17.56  | 42.54 | 30.58 | 9.32 |
| Painting layer 1(C-1) | -      | 73.35 | 24.26 | 2.39 |
| Painting layer 2(C-2) | -      | 30.03 | 66.76 | 3.21 |
| Midterm layer(B-2)    | 7.89   | 64.22 | 23.79 | 2.39 |
| MAX                   | 0.00   | 30.03 | 23.79 | 2.39 |
| MIN                   | 17.56  | 73.35 | 66.76 | 9.23 |
| Average               | 8.78   | 51.69 | 45.27 | 5.81 |



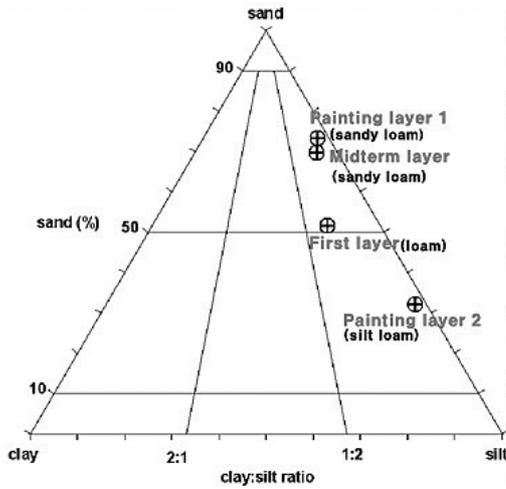


Figure 8. Silt-sand-mud.

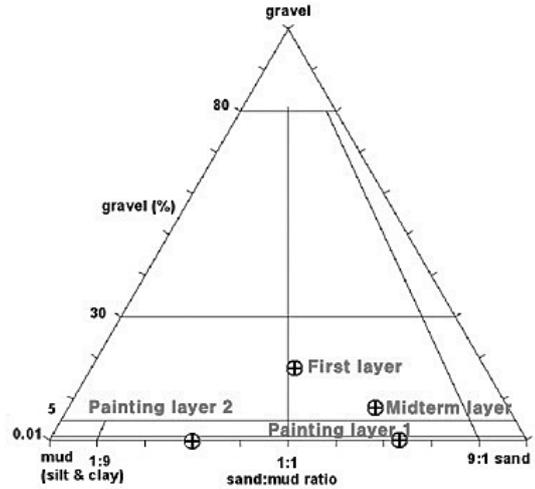


Figure 9. gravel-sand-mud.

첨가되어 있는 것으로 확인되었다(Table 6). 탁섬유는 섬유표면이 매끄럽고 섬유주위를 감싸는 투명막과 섬유 마디(cross-marking)가 존재하며 C-stain과 Wilson's에서 갈색으로 염색된다. 먼섬유는 꼬인 리본상으로 세포벽이 두껍고 내강은 세포벽 두께보다 넓으며 섬유의 한쪽 끝이 개열된(open end) 형태를 보인다. 먼섬유 또한 C-stain과 Wilson's에서 갈색으로 염색된다.

풀 보강제는 정색반응 실험을 통하여 첨가 유무를 판단한 결과, 중벽의 마감층과 제 1화벽의 조성에 탄수화물계의 접착제가 사용된 것으로 확인되었으며 특히 표면 마감부에 강하게 사용되었다(Figure 10). 이번 연구에서는 요오드 용액을 이용하여 전분을 포함한 접착성분을 검출해

내었지만 초벽이나 중벽도 상당한 내구력을 지니는 것으로 보아 다른 종류의 접착성분을 이용하였을 가능성도 배제 할 수는 없다.

### 3.2.3. 안료

본 벽체시료에 존재하는 안료층은 벽체 후면부에 제작되어 있다. 이 안료층은 2개의 층으로 제 1안료층(P1)과 제 2안료층(P2)으로 나뉘어 형성되어 있으며 제 1안료층에 형성되어 있는 안료층은 탄수화물계의 풀을 이용하여 마감 처리한 표면에 황적색의 안료를 사용하여 형성되어 있고 제 2안료층의 화벽에는 풀을 적용한 사실은 확인되지 않았지만 고르게 정선된 표면위에 채색되어 있다. 이

Table 5. Types of the additives in accordance with layer.

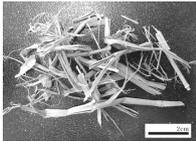
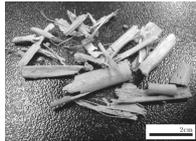
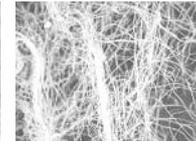
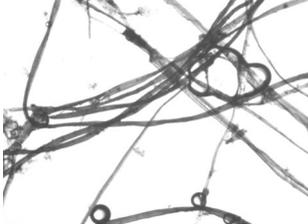
| Division  | First layer   | Midterm layer   |   | Painting layer   |   |
|-----------|---|---|---|--|---|
|           |   | rear  | front   | first  | second  |
|           | Straw fiber<br>above 5cm long   | Straw fiber<br>below 2cm long   | Straw fiber<br>below 2cm long   | Mulberry   | Mulberry, Cotton  |
| fiber     |  |  |  |  |  |
| adhesives | -   | Used for the finish layer   |   | Used throughout the whole layers   |   |

Table 6 Result from color reaction of fiber.

| Painting layer | Stain   |   |   |
|----------------|---|---|---|
|                | C   | Herzberg  | Wilson's  |
| first          | Reddish brown<br>  | Purple<br>  | Brown<br>  |
|                | Reddish brown<br> | Purple<br> | Brown<br> |

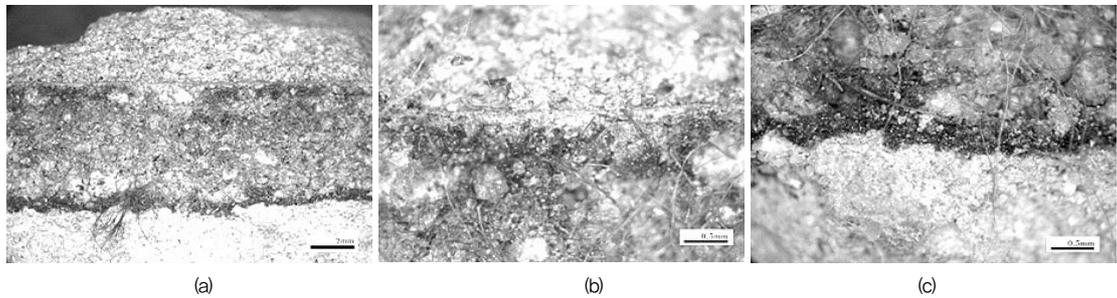


Figure 10. Color reaction with iodine-potassium iodide (a) Red and red-purple color reaction is identified in the 1st painting layers (b) Strong red-purple reaction is shown below the pigment layer in the 1st painting layers (c) Strong red-purple reaction is shown in the finishing of the midterm layer.

층위에서는 연녹색, 녹색, 적자색의 3개의 안료층이 형성되어 있다(Figure 11).

안료층위에 흙층을 다시 올리고 안료층을 다시 형성한 제작기법적 사례는 조선시대 사찰벽화에서 자주 발견되는 형태이며 육안관찰로도 최상층에 적용된 안료층은 현대안료를 사용하여 제작된 것으로 확인되어 이는 제작기법적 특징이 아닌 후대에 조성된 층으로 판단된다.

안료의 성분분석을 위하여 주사전자현미경의 EDX를 이용한 성분 분석결과 제 2안료층에서는 주성분 원소로 O, Si, Al, Fe, Ba, Ca, S 등의 원소가 검출되었다. 각 층위별 특성이 뚜렷하게 나타나지 않지만 특이한 점은 Ba와 S 성분의 검출로 안료층 전체에 걸쳐 분포하고 있으며 비슷한 위치에서 검출되는 것으로 보아 황산바륨을 안료로 사용하였을 것으로 추정된다. 제 1안료층에서는

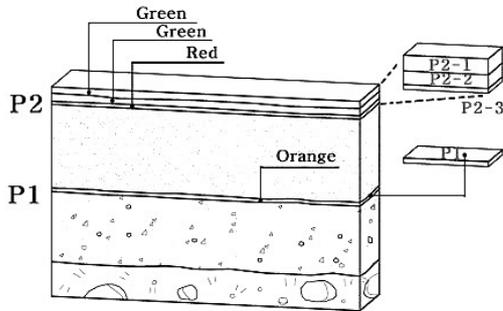


Figure 11. Structure and name of pigment layer.

주성분 원소로 Si, Al, O, Na, Mg, K, Ca, Fe 등이 검출되어 황토를 사용한 바탕층으로 추정되나 각 원소들이 미량으로 검출되어 XRD로 분석한 결과 Ultramarine Red 가 사용되었을 것으로 추정된다(Figure 12,13, Table 7,8).

#### 4. 결론

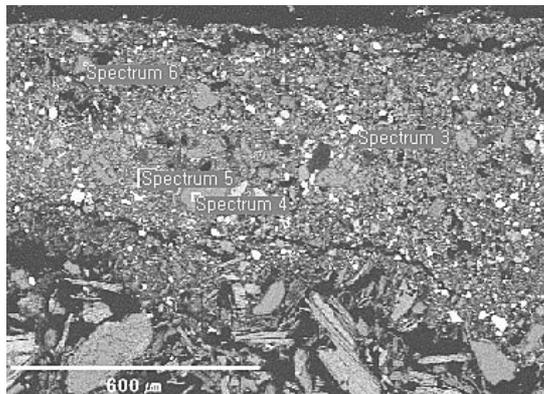
1. 벽체의 기초가 되는 골격은 외가지를 약 5cm의 간격으로 배치하여 십(十)자형으로 교차한 후 벗짚으로 제작된 새끼줄로 엮어 완성한다. 이때 외가지로 사용된 목부재는 곧고 단단한 나뭇가지를 사용하였다.

Table 7. Result from major elements analysis of pigments in the P1 layer.

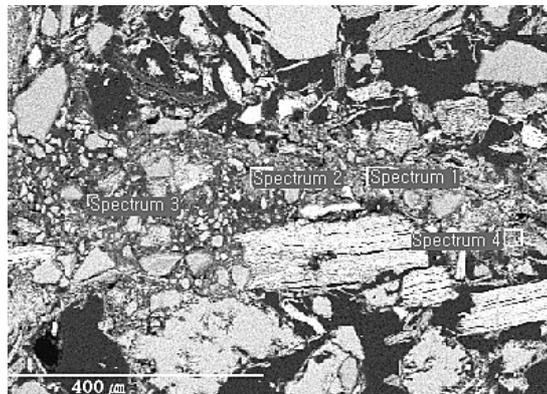
| Division | Si    | Al    | Ti   | Fe   | Ca   | Mg   | Na   | K    | S    | Cl   | Ba | P    | O     | Total  |
|----------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|------|-------|--------|
| S-1      | 15.31 | 7.35  | 0.13 | 2.65 | 3.28 | 0.70 | 0.34 | 1.59 | 0.24 | 0.19 | -  | 0.26 | 67.96 | 100.00 |
| S-2      | 19.69 | 12.65 | -    | 0.58 | 0.58 | 0.61 | -    | 4.10 | -    | -    | -  | -    | 61.79 | 100.00 |
| S-3      | 15.51 | 7.69  | 0.17 | 3.64 | 2.48 | 0.86 | -    | 2.00 | 0.24 | 0.46 | -  | 0.25 | 66.70 | 100.00 |
| S-4      | 14.72 | 7.92  | 0.12 | 2.78 | 1.96 | 0.63 | 0.35 | 1.55 | 0.15 | 0.12 | -  | 0.23 | 69.46 | 100.00 |

Table 8. Result from major elements analysis of pigments in the P2 layer.

| Division | Si    | Al   | Ti   | Fe   | Ca    | Mg    | Na   | K    | S     | Cl   | Ba    | Sr   | O     | Total  |
|----------|-------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|--------|
| S-3      | 0.39  | -    | -    | 0.35 | -     | -     | -    | -    | 16.34 | -    | 16.33 | 0.65 | 65.62 | 100.00 |
| S-4      | 32.16 | -    | -    | -    | -     | -     | -    | -    | -     | -    | -     | -    | 67.84 | 100.00 |
| S-5      | 19.07 | 7.40 | 0.42 | 2.53 | 1.46  | 1.46  | 1.46 | 0.53 | 1.15  | 0.21 | -     | -    | 64.32 | 100.00 |
| S-6      | -     | -    | -    | 0.27 | 11.90 | 12.33 | -    | -    | -     | -    | -     | -    | 75.50 | 100.00 |



(a) P2



(b) P1

Figure 12. Location of SEM-EDX analysis on pigment layer.

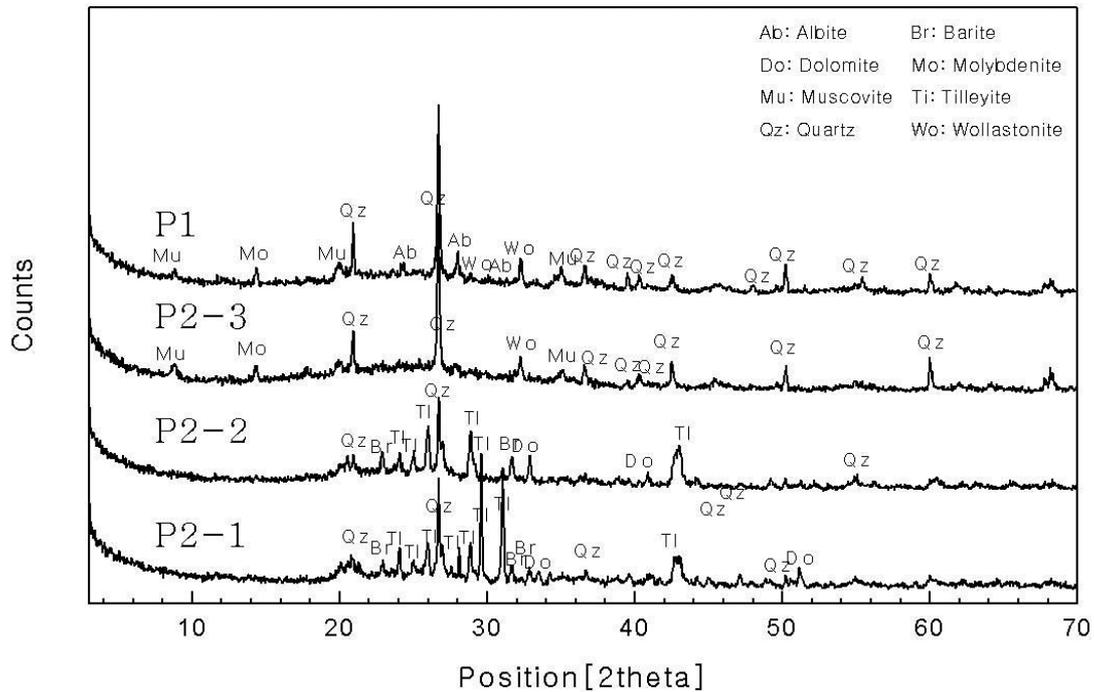


Figure 13. Result from major elements analysis of pigments in the P1, P2 layer.

2. 초벽은 첫 번째로 제작된 층위로, 자갈 약 18%, 모래 43%, 미사 30%, 점토 9%로 구성되어 있으며 주요 구성광물은 석영(34.1%)과 미사장석(35.9%), 사장석(30.1%)이 검출되었다. 나무 조각이나 토기조각 같이 거칠고 큰 재료 또한 혼합되어 있어 분급이 매우 불량하며 섬유 보강제로 5cm 이상의 짙 섬유가 포함되어 있다. 이 층위는 거친 재료들이 많이 포함되어 있으며 표면의 산출 상태가 매우 불균일하다.

3. 중벽은 초벽 위에 제작되는 층위로, 자갈 약 8%, 모래 64%, 미사 24%, 점토 2%로 구성되어 있으며 주요 구성광물은 석영(30.6%)과 미사장석(30.3%), 사장석(39.1%)이 검출되었다. 초벽보다는 정선된 재료를 사용한 특징을 보이며 섬유 보강제로는 초벽과 마찬가지로 짙 섬유가 사용되었지만 단쪽의 재료로 가공하여 약 2cm 이하의 길이로 포함되어 있다. 탄수화물계의 접착제를 사용하여 마감층을 형성한 점이 특징적이며, 이는 상부 층위와의 접착력 향상을 위한 처리로 판단된다.

4. 제 1화벽층은 모래가 73%, 미사 24%, 점토 2%로 구성되어 있고 주요 구성광물은 다른 층위와 마찬가지로

로 석영(29.3%)과 미사장석(28.8%), 사장석(41.9%)이 검출되었다. 주로 모래입자의 크기를 가지는 입도가 집중되어 있는 층위로 섬유보강제로 닥섬유가 사용되었으며 층위 전체적으로 풀 보강제가 사용되었다. 이는 주로 모래로 구성되어 있는 화벽층의 점력을 보완하기 위한 것으로 판단된다. 표면에는 황적색으로 보이는 안료층이 형성되어 있는데 이는 Ultramarine Red(19세기)로 후대 보수 시 칠해진 것으로 판단된다.

5. 제 2화벽층은 제 1화벽층 보다 세립의 입자로 구성되어 있으며 유색광물의 함량이 비교적 높은 층위적 특성을 보인다. 이 층위에는 모래가 30%, 미사 67%, 점토가 3% 포함되어 있어 주로 미사질의 입도를 가지는 층위로 판단되며 주요 광물에 석영(26.1%)과 사장석(37.5%)은 공통적으로 검출되었지만 초벽과 중벽 및 제 1화벽층에서 검출되었던 미사장석은 검출되지 않았고 흑운모(36.4%)가 높은 비율로 검출되어 다른 층위와 차이점을 보인다. 섬유 보강제로는 닥섬유와 면섬유를 혼합하여 사용하였으며 제 1화벽과는 달리 접착제를 사용하지 않았다.

6. 제 2화벽층에 제작된 안료층은 3개의 층위로 관찰되는데 가장 하부에 적자색의 안료층이 형성되어 있고 그 위로 녹색계통의 안료가 2층으로 형성되어 있다. 이들 안료에서는 황산바륨이 층위 전체적으로 검출되어 이를 기질안료로 사용하여 형성된 안료층임이 확인되었다. 이 안료층은 현미경 관찰결과 합성안료를 사용한 부분이 관찰되어 현대에 제작된 안료층일 것으로 추정된다.

7. 안동 봉정사 대웅전 후불벽체는 초벽, 중벽, 화벽으로 제작되는 일반적인 벽체의 구조적 경향을 따르고 있으며 여러 개의 층위 구조를 지니고 있으나 각각의 층위 성격이 명확하여 층위의 구분도 명확하다. 또한 벽체의 기질은 오래된 흙 구조체임에도 단단한 내구력을 지니고 있으며 층간 마감상태도 매우 치밀하다. 다만 연구대상이 된 벽체시료는 전면에 화벽으로 예상되는 층이 형성되어 있지 않고 후면에 화벽을 포함한 층위구조가 2층위로 나타나는 점이 기본에서 벗어나는 형식을 보이고 있으나 이는 제작 기법적 특징이 아니라 벽체의 하단부와 배면에서 나타날 수 있는 특징으로 추정된다. 벽체에 대한 관찰과 일부 파괴적인 방법을 활용한 분석 방법으로 벽체 구조 및 재료적 특성에 대하여 고찰해 보았으나 이들의 상관관계 또는 좀 더 세부적인 연구를 위해서는 심도 있는 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다. 또한 이러한 기초 자료들을 계속적으로 구축되어 활용할 수 있을 때에 벽체에 대한 보다 올바른 보존방법 또한 같이 설립될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

1. 문화재청, 성보문화재연구원, 한국의 사찰벽화, 천일문화사, 서울, p246-265, (2006).
2. 한경순, "안동 봉정사 대웅전 후불벽화의 구조적 특징

- 과 보존대책", 방법론의 설립 : 한국미술사의 과거 현재, 그리고 미래, LosAngeoes County Museum of Art(LACMA), 16~18, March, (2001).
3. 김사덕 외, "봉정사 극락전 벽화조사 I", 보존과학연구, 20, p176-207, (1999).
4. 문환석 외, "고대 벽화안료 재질분석 연구: 봉정사 대웅전 후불벽화 및 고아동 고분벽화를 중심으로", 문화재, 35, p160-184, (2002).
5. 정광용, "부석사 조사당 벽화조사에 따른 적외선 TV 카메라 이용", 보존과학연구, 7, (1986).
6. 조윤철, "朝鮮 初期 寺刹壁畫의 造成方法과 保存方案 考察 : 봉정사 대웅전 후불벽화와 무위사 극락전 후불벽화를 중심으로", 동국대학교문화예술대학원 석사학위논문, p26, (2002).
7. 문은정, "계룡산 철화분청사기의 고고과학적 분석과 재현실험 및 제작환경 해석", 공주대학교대학원 석사학위논문, p27-29, (2006).
8. 이상현, "고문헌 출전 한지의 원료 섬유 식별", 충북대학교대학원 석사학위논문, (2006).
9. 한경순, "한국 사찰벽화의 보존", 새천년 문화유적 국제포럼, (2000).
10. 백찬규, "朝鮮時代 寺刹壁畫와 그 保存에 관한 研究", 동국대학교대학원 석사학위논문, p56, (1990).
11. 정혜영, "봉정사 대웅전 후불벽체의 제작기법에 관한 연구", 건국대학교대학원 석사학위논문, p83-86, (2008).
12. 신영오 외, 土壤學, 집현사, 서울 p13-15, (1976).
13. P. Mora, L. Mora, P. Philippot, Conservation of wall paintings, Butterworths, London, (1984).