

## 합판의 포름알데히드방산량 측정방법\*1

이상민\*2† · 박종영\*2 · 강은창\*3 · 김수원\*3 · 한승택\*3

## Measuring Method of Formaldehyde Emission for Plywood\*1

Sang-Min Lee\*2† · Jong-Young Park\*2 · Eun-Chang Kang\*3 · Su-Woun Kim\*3 ·  
Seung-Tak Han\*3

### 요 약

합판의 경우에는 제조 시 접착제가 각 단판의 전체 면에 도포되는 것이 아니라 접착 면에만 도포되므로 접착층을 따라서 접착제가 분포하게 된다. 따라서 섬유판이나 파티클보드의 경우와는 달리 전체 표면을 통하여 포름알데히드가 방산되지 않고 접착층을 따라서 방산된다고 판단되어진다. 따라서 기존의 KS M 1998-4 : 2005 방법으로 포름알데히드방산량을 측정하는 방법이 적절하지 않을 수도 있다고 판단되었다. 이에 본 연구에서는 동일한 조건에서 제조한 합판을 4가지 측정 조건에 따라 포름알데히드방산량을 측정하여 이들의 상관관계를 검토하였다. 기존의 전체 표면적을 기준으로 측정하는 방법(KS F 3101-2006)과 일정한 수의 시험편을 이용하는 방법(KS F 3101-1998), 측면 면적만을 이용하는 방법, 그리고 접착층만을 이용하는 방법으로 포름알데히드방산량을 측정하였다. 그 결과 전체 표면적 기준과 시험편의 개수 기준, 측면 면적 기준으로 시험한 방법은 반복실험 결과 재현성과 경향성이 없었으나, 접착층만을 고려하여 시험편의 개수를 정하여 측정한 경우에는 재현성과 경향성을 보였다.

### ABSTRACT

Unlike other composites boards such as fiberboard and particleboard, plywood is manufactured with sheets of veneers. When the plywood manufactured, the adhesive is spreaded through gluelines on each surface of veneers. For that reason, formaldehyde emission of plywood can be considered as different way. Therefore, this research was conducted to understand the formaldehyde emission pattern of plywood. To measure formaldehyde emission, four different specimen preparing methods were used. The test specimen taken by a total surface area, a given

\* 1 접수 2007년 9월 13일, 채택 2009년 12월 7일

\* 2 국립산림과학원 녹색자원이용부 환경소재공학과. Division of Wood Processing, Department of Forest Resources Utilization, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

\* 3 선강산업주식회사 연구개발팀. R & D team, Sunchang Corporation, Incheon 400-201, Korea

† 주저자(corresponding author) : 이상민(e-mail: sml5@forest.go.kr)

number and a total side area showed inconsistent results. On the other hand, the result of formaldehyde emission showed consistency when considered only the length of adhesive layers.

**Keywords:** composites, gluelines, veneers, plywoods, formaldehyde emission

## 1. 서 론

현재 건축내장재의 포름알데히드방산량은 KS M 1998-1에 의해  $20 \pm 0.2^\circ\text{C}$ 의 온도에서 데시케이터 내에 일정 용량의 증류수를 넣고 규정된 표면적이 되도록 시험편을 설치하고, 24시간 후 증류수에 흡수된 포름알데히드 농도로부터 구한다. 기존의 포름알데히드 방산량 측정방법에 사용되는 시험편은  $150 \pm 1$  mm의 길이와  $50 \pm 1$  mm의 폭으로 재단된 10개의 시험편을 사용하여 측정(KS F 3101 (1998))하였으나 2006년 개정된 시험편의 개수는 갑을판 면적과 측면 면적의 총합계면적이  $1,800 \text{ cm}^2$  (KS F 3101 (2006))이 되도록 개수를 결정한다. 이같은 개정사항은 갑을판 면적과 측면의 면적을 합한 전체 면적을 고려할 때, 개정 전과 개정 후의 각 면의 면적 구성비율은 동일하나 합판의 두께에 따라서 시험편의 개수는 상이하다.

이 측정방법은 ISO 12460-4 (2008. Wood-based panels-Determination of formaldehyde release-Part 4: Desiccator method)와 JIS A 1460 (2001. Building boards Determination of formaldehyde emission-Desiccator method)와 매우 유사하고 측정방법이 간단하여 쉽게 사용할 수 있지만 목질보드류의 특성을 고려하지 않고 합판, 섬유판, 파티클보드에 대해 동일한 규정을 적용함으로써 오류가 발생할 수도 있다.

합판은 섬유판이나 파티클보드의 포름알데히드 방산 경로와는 다르다. 즉, 섬유판이나 파티클보드의 경우에는 보드 제조 시 도포되는 접착제가 목섬유나 파티클의 전면에 도포되기 때문에 시험편 전체의 면적에 대한 포름알데히드의 방산량을 측정하고 규정된  $1,800 \text{ cm}^2$ 에 대해 보정을 해주어 포름알데히드방산량을 측정하므로 목질보드류에 대해서는 유효하게 이용되어질 수 있다. 그러나 합판의 경우에는 합판의 제조 시 접착제가 각 단판의 전체 면에 도포되는 것이 아니라 단판과 단판사이의 접착층에만 도포되어 합판으로 구성되므로 포름

알데히드는 접착층을 따라서 방산된다고 생각된다. 따라서 섬유판이나 파티클보드의 경우와는 달리 전체 면적을 통하여 포름알데히드가 방산되지 않을 수 있으므로 면적에 의한 보정으로 포름알데히드방산량 측정은 합당하지 않다고 판단된다(Figs. 1~2). 이와 관련하여 목질보드류의 측면에서 발생하는 포름알데히드 방산의 효과를 고려한 측정방법이 ASTM (2000)에 명시되어 있고, 측면을 밀폐시켰을 때 목질보드류의 두께나 구조에 따른 포름알데히드방산 특성을 연구한 결과가 보고되기도 하였다(박 등, 2004; 김 등, 2006). 그러나 합판의 표면적과 매수에 따른 포름알데히드방산 특성에 관한 연구결과는 보고되어 있지 않다.

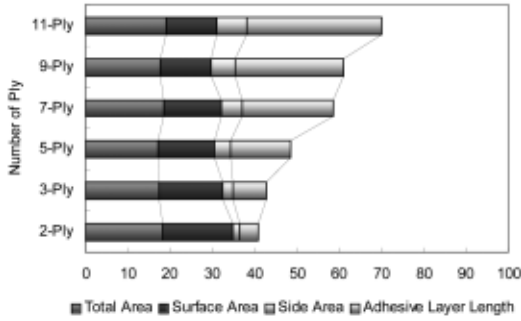
따라서 본 연구에서는 1종의 수지를 이용하여 각 단판의 적층 매수에 따라 동일한 조건에서 제조한 합판을 이용하여 4가지 측정 조건으로 포름알데히드방산량을 측정하고자 하였다. 그 방법으로, 현재 개정된 KS인 표면적( $1,800 \text{ cm}^2$ ) 기준, 개정 전 KS인 시험편 개수(10개) 기준, 접착층이 노출되어 있는 점을 고려한 시험편의 측면 총면적 기준, 그리고 단판간 접착층을 고려한 시험편의 접착층 총길이 기준으로 각각 측정하여 이들의 상관관계를 검토한 후, 합판의 포름알데히드방산량 측정에 적용할 수 있는 신뢰성 있는 방법을 찾고 합판의 포름알데히드방산량을 측정하는 새로운 기준을 정하는데 있어서 기초자료를 제시하고자 수행하였다.

## 2. 재료 및 방법

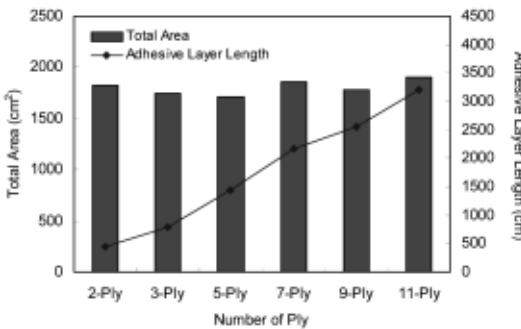
### 2.1. 공시재료

합판 제조용 단판은 국내 합판제조회사에서 분양받은 뉴질랜드산 침엽수재 뉴송(Radiata Pine, *Pinus radiata* D. Don, 기건비중 0.48) 단판을 사용하였다. 단판의 두께는 표리판과 심판 모두 2 mm를 사용하였다. 단판의 함수율은 단판 내 수분으로 인하여 합판의

### 합판의 포름알데히드방산량 측정방법



(a) Relative areas and adhesive layer length measured by 1800 cm<sup>2</sup> of samples



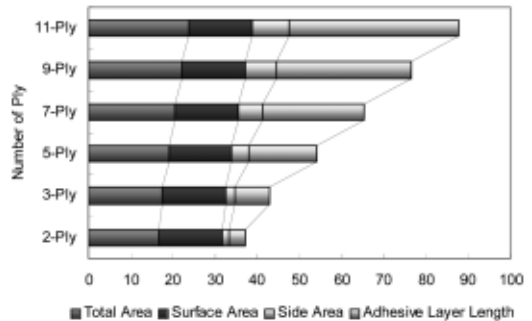
(b) Total area and adhesive layer length dependent on 1800 cm<sup>2</sup> of samples

Fig. 1. Real area and adhesive layer length measured by 1,800 cm<sup>2</sup> of samples.

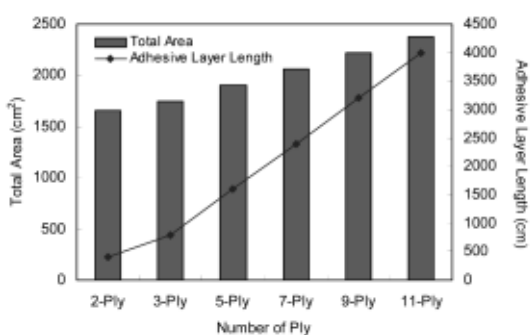
포름알데히드 방산이 변이를 가질 수 있으므로 이를 최소화시키기 위하여 1% 이하로 건조시켜 사용하였다. 단판은 합판 제조시험에 용이하도록 350 mm × 350 mm 으로 재단하였다. 접착제는 합판 생산공장에서 사용하고 있는 요소수지를 사용하였다. 요소수지의 물비는 1.71이었으며 고형분은 47.7%, pH는 8.95 (20.3°C), 점도는 114.75 mPa · s (22.9°C, Brookfield, DVII + Viscometer, spindle #2, 60 rpm), 유리포름알데히드는 1.04%였다.

## 2.2. 합판제조

합판제조는 단판에 첨가제가 혼합된 요소수지 접착제(요소수지 : 중량제(소맥분) : 경화제(20% NH<sub>4</sub>Cl) = 150 : 30 : 22)를 단판에 편면기준 180 g/m<sup>2</sup> 도포하



(a) Relative areas and length measured by 10 pieces of samples



(b) Total area and adhesive layer length dependent on 10 pieces of samples

Fig. 2. Real area and adhesive layer length measured by 10 pieces of samples.

였다. 접착제가 도포된 각 단판을 표리판, 병판, 중판으로 구성하고 각각 2-ply, 3-ply, 5-ply, 7-ply, 9-ply, 11-ply로 적층하여 냉압을 실시하였다. 냉압은 목표압력 10 kgf/cm<sup>2</sup>, 시간 20분간 처리하였다. 냉압 후 각매수로 적층된 단판을 온도 130°C, 목표압력 10 kgf/cm<sup>2</sup>, 열압시간 40 sec/mm로 각각 열압하였다.

## 2.3. 포름알데히드방산량 측정

각 ply별로 제조된 합판 중 3-ply, 5-ply, 7-ply를 대상으로 KS F 3101 : 2006의 포름알데히드방산량 측정방법 기준에 따라 150 mm × 50 mm의 크기로 재단하였다. 그리고 표면적(1,800 cm<sup>2</sup>) 기준, 시험편 개수(10개) 기준, 시험편의 측면 총면적 기준, 시험편의 접착층 총길이 기준에 따라 각각 시험편을 준비하였다. 각

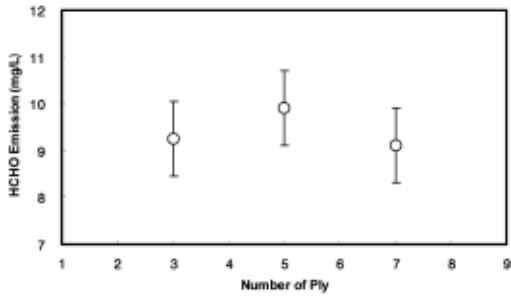


Fig. 3. Formaldehyde emission amount measured by 1,800 cm<sup>2</sup> of total surface area.

각 준비된 시험편은 항온실(20°C, RH 65%)에서 7일간 보관한 후, 포름알데히드방산량을 측정하여 각각의 시험 결과를 비교하였다.

포름알데히드방산량 측정은 KS M 1998-4 : 2005 건축 내장재의 포름알데히드 방산량 측정-제4부: 데시케이터법에 준하여 실시하였다. 제조된 각 합판의 면적과 각각의 매수를 기준으로 준비된 시험편을 11 l 용량의 데시케이터 내부에 300 ml의 증류수가 담긴 유리포집그릇의 상부에 설치한 후 항온실(20°C, RH 65%)에서 24시간 보관하였다. 합판으로부터 방산된 포름알데히드 가스를 흡수한 증류수 25 ml를 취하여 아세트알데하이드-2,4-디니트로페놀법으로 발색하여 UV visible 분광광도계(Optizen 2120UV)를 이용하여 412 nm에서의 흡광도를 측정하여 각 시험편의 농도를 구하여 비교하였다.

### 3. 결과 및 고찰

개정된 합판의 포름알데히드방산량 시험조건에 따라 150 mm × 50 mm 합판 시험편의 각 시험편의 감을판 면적과 측면 면적의 총합이 1,800 cm<sup>2</sup>이 되도록 개수를 결정하여 측정할 경우, Fig. 1(a)와 (b)에 나타낸 바와 같이 총 면적은 시험편의 개수에 상관없이 거의 유사하고, 개수가 증가함에 따라 감을판 면적은 감소하고, 측면 면적과 접착층 길이는 증가하는 것을 알 수 있다. 따라서 총 면적을 기준으로 합판의 개수를 결정하여 포름알데히드방산량을 측정하면 단판의 적층 매수에 상관없이 포름알데히드방산량이 유사한 결과를 보

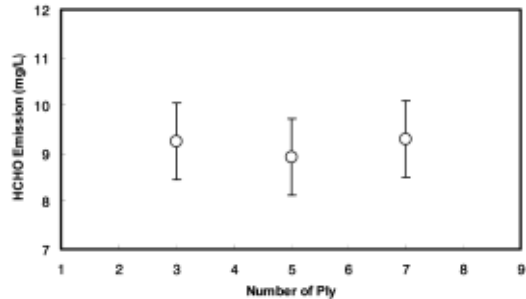


Fig. 4. Formaldehyde emission amount measured by 10 pieces of samples.

이거나 단판의 매수에 의한 경향성이 나타나야 한다. 하지만 동일한 조건에서 제조한 합판을 동일한 면적의 시험편으로 제작하여 포름알데히드방산량을 측정하였을 때, 측정 반복횟수와 합판의 매수에 따른 재현성이 없이 각 측정마다 서로 다른 방산량을 나타내었다 (Fig. 3).

시험편의 개수를 10개를 기준으로 포름알데히드방산량을 측정할 경우, Fig. 2(a)와 (b)에 나타낸 바와 같이 시험편의 총면적, 시험편의 측면 총면적, 그리고 시험편의 접착층 총길이는 단판의 매수에 비례하여 증가하고, 감을판 면적은 단판 적층 매수에 상관없이 일정함을 알 수 있다. 따라서 시험편의 개수를 10개 기준으로 하여 포름알데히드방산량을 측정하면 포름알데히드방산량이 일정하게 증가하는 경향을 보여야 함을 예측할 수 있다. 하지만 개정 전 시험방법을 적용하여 각 실험당 시험편의 개수를 10개로 고정하여 측정한 포름알데히드방산량 역시 증가하는 경향을 보이거나 측정 반복횟수에 따른 재현성이 없었다(Fig. 4).

이는 개정 전과 후의 규정을 볼 때, 전체적으로 감을판 면적과 측면 면적, 즉 총면적 비율이 유사하기는 하나 1,800 cm<sup>2</sup>일 때의 시험편 개수와 단판의 적층 매수와 상관없이 동일하게 10개의 시험편을 사용했을 때는 접착층의 총길이가 상이함을 알 수 있고(Figs. 1~2), 그에 의한 영향으로 각기 다른 방산 경향을 보인 것이라 판단된다.

또 시험편의 측면 총면적만을 고려하여 포름알데히드방산량을 측정하였을 때에는 앞의 두 가지 방법으로 측정하였을 때보다 더 낮은 방산량을 나타내었고, 전

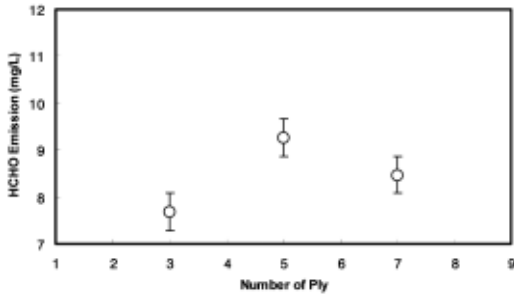


Fig. 5. Formaldehyde emission amount measured by total side area of samples.

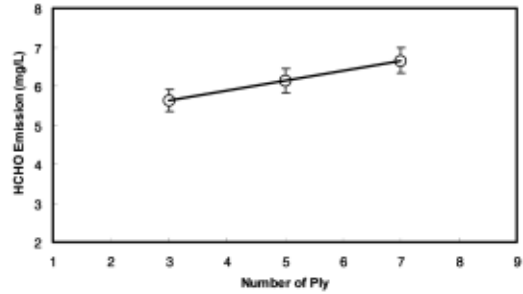


Fig. 6. Formaldehyde emission amount measured by the length of adhesive layers.

술한 경우와 마찬가지로 포름알데히드방산량이 경향성을 가지거나 재현성을 나타내지는 않았다(Fig. 5).

반면, Fig. 6에 나타난 바와 같이 시험편의 접착층의 총길이만을 고려하여 시험편의 개수를 정하여 포름알데히드방산량을 측정할 경우에는 단판의 적층 매수에 비례하여 포름알데히드방산량이 증가하였고 매 실험마다 재현성을 가진다는 것을 알 수 있었다. 이는 단판의 적층 매수가 정해진 접착층의 총길이에 의해서 결정되기 때문에, 동일한 접착제를 사용하여 제조한 합판의 경우에는 접착층의 총길이가 동일하다면 단판의 적층 매수에 상관없이 동일한 방산량을 나타내든지 단판의 매수에 따라 비례하는 포름알데히드 방산 경향을 보이는 것으로 판단된다.

따라서 합판의 포름알데히드방산량 측정을 위해서는 접착층의 총길이를 기준으로 시험편 개수를 결정하는 것이 더 효과적이라고 판단되며, 단판 적층 매수가 증가함에 따라 그에 대한 보정치를 구하는 것도 용이할 것이라 생각된다. 그리고 이에 대한 구체적인 시험방법에 관한 연구가 더 필요할 것이라 사료된다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 동일한 수지를 이용하여 단판의 적층 매수에 따라 동일한 제조조건에서 제조된 각 합판을 4 가지 측정 조건에 따라 포름알데히드방산량을 측정하여 이들의 상관관계를 검토하였다. 현재 개정된 KS 기준 방법인 전체 표면적(1,800 cm<sup>2</sup>)을 기준으로 측정하는 방법, 개정 전 KS 기준 방법이었던 일정한 개수(10 개)를 이용하는 방법, 그리고 시험편의 측면 총면적만

을 이용하는 방법에 따라 각각의 시험편을 준비하여 포름알데히드방산량을 측정할 결과, 반복실험에 대한 재현성 없이 매 실험마다 상이한 결과를 나타내었다. 그러나 수지가 도포되어 있는 접착층을 고려하여 접착층의 총길이를 기준으로 시험편 개수를 정하여 포름알데히드방산량을 측정하였을 경우에는 재현성과 경향성을 가진다는 것을 알 수 있었다.

이와 같은 결과는 합판의 포름알데히드 방산의 주원인이 접착제이므로 포름알데히드방산량 측정방법에 있어 현재 KS M 1998-4 : 2005에 따라 전체 면적을 기준으로 측정하는 방법은 적합하지 않은 것으로 판단된다. 따라서 합판 포름알데히드방산량 측정 방법은 접착층을 고려하여야 하고, 그에 따라 시험편 개수를 선정하여야 하며 단판 적층 매수에 따른 보정치를 산정하여 적용하는 것이 가장 적합할 것으로 생각된다.

본 연구의 결과는 기존의 포름알데히드방산량 측정 방법을 보완하고 KS 개정시 참고자료로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 한국산업규격. 1998. 보통합판 KS F 3101.
2. 한국산업규격. 2006. 보통합판 KS F 3101.
3. 한국산업규격. 2005. 건축내장재의 포름알데히드 및 휘발성 유기화합물 방산량 측정. KS M 1998-1.
4. 국제표준규격. 2008. Wood-based panels-Determination of formaldehyde release-Part 4: Desiccator method. ISO 12460-4.
5. 일본산업규격. 2001. Building boards Determination of formaldehyde emission-Desiccator method.

- JIS A 1460.
6. ASTM. 2000. Standard test method for determining formaldehyde levels from wood products using a desiccator.
  7. Kim, S., J.-A. Kim, H.-J. Kim, H. H. Lee, and D.-W. Yoon. 2006. The effects of edge sealing treatment applied to wood-based composites on formaldehyde emission by desiccator test method. *Polymer Testing*. 25: 904~911.
  8. Park, B.-D., E.-C. Kang, and J.-Y. Park. 2004. Formaldehyde emissions of wood panel products with different surface finishing materials. *KFRI. J. For. Sci.* 67: 112~116.