

목재 판상류 변형에 관한 연구*1

김수원 · 강호양*2

A Study on Warping of Panel Products*1

Su-Won Kim · Ho-Yang Kang*2

목 차

- | | |
|------------|-------------------|
| 1. 서론 | 3. 결과 및 고찰 |
| | 3-1 조습처리 전 틀어짐 조사 |
| 2. 재료 및 방법 | 3-2 조습처리 후 틀어짐 조사 |
| 2-1 공시재료 | 4. 결 론 |
| 2-2 실험방법 | 5. 참고문헌 |

ABSTRACT

Modern furniture is mostly made of panel products such as a glue-up panel, a particle board and a medium density fiberboard(MDF). Warping is a major defect of these panel products resulting in degrading final products. In this study the factors related to the warping of a glue-up panel and MDF were investigated by comparing the physical properties of warped specimens with those of the unwarped. The differences between the moisture contents measured on the both surfaces of specimens were found to mainly influence the warping of glue-up panel specimens whether conditioned or not. The average oven-dry density of warped glue-up panel specimens was definitely higher than that of the unwarped at 1% significance level. For MDF the influencing factor on warping has not been revealed yet, however it was found that the conditioning reduced the number of warped specimens.

*1 이 논문은 농림부 농림기술개발사업의 연구개발 결과임

*2 충남대학교 농과대학 College of Agriculture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

1. 서 론

원목에서 얻을 수 있는 판재의 폭은 한정되어 있기 때문에 넓은 폭을 얻기 위해 합판, 파아티클보오드(PB), 중밀도섬유판(MDF) 등의 목질판이나 작은 목재소재를 폭과 길이로 이어 붙인 집성판이 개발되어 사용되고 있다.

최근 원목의 수급불균형, 가격상승, 품질저하 등의 이유로 인해 가구의 원재료로 점차 원목보다 목질판과 집성판이 더 많이 사용되고 있다. 이들을 이용한 가구제작공정은 단순하기 때문에 규격화·자동화가 가능하여 인력과 비용을 절감할 수 있다.

그러나 단판을 직교시켜 이방성을 최소화시킨 합판을 제외한 거의 모든 목재판상류는 원목과 마찬가지로 이방성과 습윤성을 가지고 있어 함수율에 따라 변형이 나타난다. 수축이방성에 의해 나타나는 변형을 틀어짐이라고 하는데 MDF와 집성판을 절단하거나 가공할 때 잘 나타난다. 특히 MDF는 압착조건 중에 발생한 내부응력이 중요한 틀어짐 원인이 된다. 틀어짐에는 측면굽음(crooking), 비틀림(twisting) 등 여러 가지 변형이 속하는데(정, 1999) 산업 현장에서는 MDF의 측면굽음을 '바나나현상'이라 하여 꼭 해결해야 할 문제점으로 간주하고 있다.

MDF의 틀어짐을 예측하기 위해서는 먼저 잔류응력을 측정하여야 한다. van Houts 등은 dissectioning 과 hole drilling 법으로 MDF의 잔류응력을 측정하는 방법을 개발하였으며(2000), 이 방법을 이용하여 잔류응력과 두께 팽윤율이 매우 밀접한 상관관계임을 밝혔다(2001). 즉 MDF의 내부응력을 완전히 제거하고 24시간 물에 함침했을 때 제거 전에 비해 두께 팽윤율이 20%감소하였다고 보고하였다.

이러한 목재판상류의 틀어짐은 적층하거나 프리쉬패널을 만들었을 때 더욱 심하게 나타나므로 이에 대한 연구가 여러 사람에게 의해 수행되어 왔다. Suchland(1986)는 목질

적층패널에서 양면을 대칭되게 사용하더라도 목질재료의 자연변이로 인한 틀어짐이 발생하고, 각 영향 인자에 따른 틀어짐의 정도를 연구한 바 있으며, 국내에서는 강 등(1999, 2000)이 프리쉬 문의 함수율 변동에 따른 틀어짐과 좌굴을 예측할 수 있는 방법을 제시하기도 하였다.

Kohta 등(1997)은 각종 목질판상류(합판, MDF, HB, PB, OSB 등)의 흡습과 탈습에 따른 길이변화가 거의 선형 관계에 있음에 착안하여 함수율 변화율 1%당 선팽창계수를 측정하여 보고하였고, Szalai(1981)는 가구용 적층패널에 있어서 수분변화에 따른 틀어짐 현상을 재료역학의 Composite Beam에 대한 이론으로 잘 정리한 바 있다.

본 연구는 가구용 집성판과 MDF를 절단한 직후에 나타나는 틀어짐의 원인을 찾아내 이를 줄이기 위한 방법을 찾고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

2-1 공시재료

시험에 사용한 집성판과 MDF는 일반적인 환경조건을 적용시키기 위해, 누구나 주위에서 손쉽게 구할 수 있는 목재상에 적재되어있는 것을 구입하여 사용하였다. 집성판은 브라질산으로, 사용된 수종은 밝혀지지 않았으나 라디에타파인을 포함한 2-3가지 침엽수재가 섞인 것으로 생각되었다. 집성판과 MDF 모두 본 연구기관에 들어온지 3개월 이상 되는 것으로 가구회사에서 일반적으로 보관하는 것처럼 실내에 적층·보관되어 있었다. 사용된 집성판의 규격은 두께 18mm, 폭 950mm, 길이 2300mm였으며, MDF는 국내산으로 규격은 두께 18mm, 가로 1200mm, 세로 2400mm의 것을 사용하였다.

2-2 실험방법

집성판과 MDF 전판을 폭 100mm, 길이

Table 1. Physical properties of the warped and unwarped specimens of the glue-up panel used in this study

Panel products	Properties	Unwarped		Warped	
		Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
Composite board	Initial MC	10.1	0.6	10.2	1.6
	MC difference before sorption**	1.2	0.7	3.0	1.0
	Shrinkage*	0.6	0.3	0.4	0.1
	Oven-dry density	0.43	0.10	0.42	0.08
MDF	Initial MC	8.8	0.1	8.8	0.3
	MC difference after sorption	2.2	0.1	2.2	0.4
	Shrinkage	4.2	0.5	4.3	0.5
	Oven-dry density	0.54	0.02	0.54	0.01

* Statistically significant at 5% level

** Statistically significant at 1% level

475mm 크기의 시편으로 절단하였다. 집성판 전판의 폭을 9개로 절단한 후 길이를 5개로 잘라 모두 45개 시편을 만들었다. MDF 전판은 먼저 폭만 100mm로 절단한 후 다시 맞추어 측면굽음을 조사한 다음 길이 2400mm를 횡방향으로 475mm 씩 잘라 모두 60개 시편을 만들었다.

제작된 100×475mm² 시편의 함수율은 평면 탐촉자를 가진 고주파식수분계 (KETT HM520)로 양면의 각각 3지점에서 측정하여 평균치를 구하였다. 시편치수는 버니어 캘리퍼스로, 무게는 정도 0.1g의 디지털저울로 측정하였다. 이러한 측정이 끝난 시편은 원상태로 다시 조합하여 각 시편의 휨과 틀어짐을 관찰하였다. 발생한 틀어짐의 대부분은 비틀림이었다. 시편을 반듯한 평면 위에 놓고 한 모서리를 눌러 다른 모서리들이 평면과 밀착하는가를 보고 비틀림 유무를 판정하였다.

조습처리가 틀어짐에 어떠한 영향을 미치는가를 알기 위해 틀어짐 판정이 끝난 시편들을 건구온도 40℃, 습구온도 26℃ (평형함수율 6%) 건조기에서 3일간 조습처리 하였다. 시편들의 물성에 영향을 주지 않도록 너무 높지 않은 온도에서 시편을 현재 평형함수율보다 약간 낮은 함수율 상태로 만들기 위해 이 조건을 선택했다. 이후 다시 각 시편

들의 폭, 두께, 길이와 무게를 측정하고, 원상태로 다시 조합하여 휨과 틀어짐을 전과 같은 방법으로 관찰하였다. 그리고 마지막으로 모든 시편을 103±2℃ 오븐에서 건조하여 전건무게를 계산하였다.

여러 가지 물리적 인자 중 목재판상류 틀어짐에 가장 관련이 있을 것으로 예상되는 초기함수율, 양면 함수율차, 조습에 의한 폭수축율, 전건밀도를 선정하여 틀어진 시편과 틀어지지 않은 시편들의 평균값을 비교하였다

3. 결과 및 고찰

3-1 조습처리 전 틀어짐 조사

목재판상류별 초기함수율, 양면 함수율차, 조습에 의한 폭수축율, 전건밀도를 Table 1에 나타내었다. 이들 평균값은 ‘등분산가정 t-검정’으로 유의성을 비교하였다. 집성판은 총45개 시편 중 38%인 17개에서, MDF는 총 60개 시편 중 40%인 24개에서 틀어짐이 나타났다.

t-검정 결과, 집성목의 틀어진 시편과 틀어지지 않은 시편은 조습에 의한 폭수축율은 5%유의수준, 조습 전 양면 함수율차는 1%유의수준에서 차이를 나타냈다. 한편 MDF는

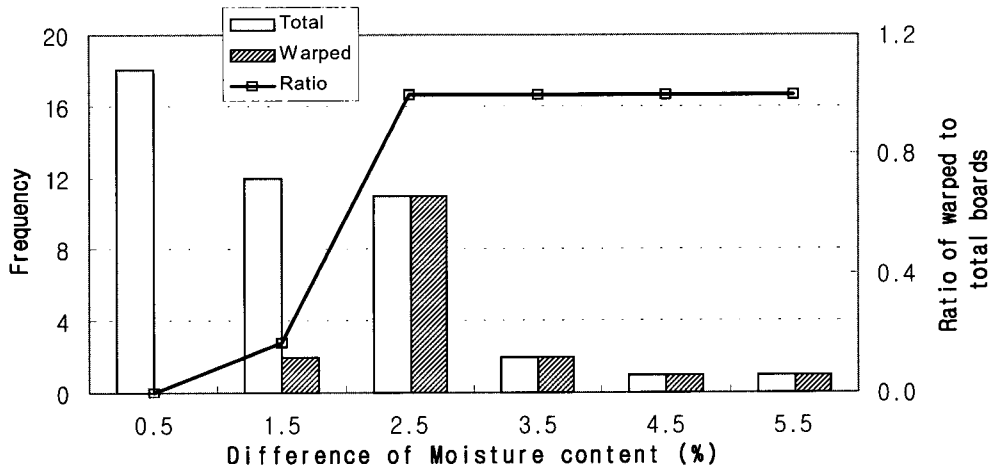


Fig. 1. Frequency distribution of total and warped glue-up panel specimens classified by the differences of the moisture contents measured on their both faces.

초기함수율, 조습 후 양면 함수율차, 조습에 의한 폭수축율, 전건밀도 중 어느 것에서도 차이를 나타내지 않았다. 위 요인 이외에 MDF는 잔류응력이 틀어짐의 원인이 될 수 있으나(van Houts et al., 2000, 2001) 이에 대한 것은 본 연구의 범위를 벗어나기 때문에 여기서 언급하지 않았다.

집성판의 경우 조습에 의한 폭수축율은 틀어진 시편이 틀어지지 않은 시편보다 낮은 값을 나타냈는데 이는 실험오류에 기인한 것으로 판명되었다. 틀어진 시편은 절단하자마자 틀어짐이 일어났기 때문에 켈리퍼스로 측정할 초기 폭은 실제보다 적었으며 그에 따라 수축율도 적게 계산되었다. 따라서 폭수축율의 통계유의성은 신뢰도가 매우 낮다.

집성판의 틀어짐에 대한 조습 전 양면 함수율차는 분명한 영향인자임이 통계적으로 증명되었다. 표1에 의하면 틀어진 시편들의 양면 함수율차는 평균 3.0%로 틀어지지 않은 시편의 1.2%보다 확실히 컸다. 조습 전 양면 함수율차의 분포(그림 1)를 보면 1.0%이하인 시편은 모두 18개인데 틀어진 시편이 하나도 없었으며, 함수율차가 1.0~2.0%인 시편은 12개 중 17%인 2개에서만 틀어짐이 발생하였다. 그러나 함수율차가 2.0~3.0%인 시편은

11개 모두가 틀어졌다. 더 나가 함수율차가 3.0%이상인 시편은 비록 4개뿐이지만 역시 모두 틀어졌다. 이러한 결과로 볼 때 집성판 내 함수율 불균일이 틀어짐의 중요한 원인이라고 볼 수 있다.

집성판 내 함수율이 불균일한 것은 목재 자체의 성질보다는 적재의 잘못으로 통풍이 잘되지 않았거나, 일교차에 의해 집성판 표면에 응축된 수분에 의해 함수율 차이가 발생한 때문으로 볼 수 있다. 그러므로 이러한 함수율 불균일을 없애려면 집성판 사이에 통풍이 잘되도록 잔적하여야 할 것으로 생각된다.

3-2 조습처리 후 틀어짐 조사

건구온도 40℃ 습구온도 26℃에서 조습처리된 시편들의 틀어짐을 조사하여 조습처리 전과 마찬가지로 가장 관련이 있을 것으로 예상되는 초기함수율, 양면 함수율차, 조습에 의한 폭수축율, 전건밀도를 선정하여 틀어진 시편과 틀어지지 않은 시편들의 평균값을 비교하였다 (Table 2). 이들 평균값은 '등분산 가정 t-검정'으로 유의성을 비교하였다.

집성판은 총45개 시편 중 47%인 21개에서, MDF는 총60개 시편 중 13%인 8개에서 틀어짐이 나타났다. 집성판은 조습처리에 의

Table 2. Physical properties of the warped and unwarped specimens of the glue-up panel used in this study, conditioned at 40°C dry-bulb and 26°C wet-bulb temperatures for 3 days

Panel products	Properties	Unwarped		Warped	
		Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
Composite board	Initial MC	10.0	0.7	10.4	1.4
	MC difference after sorption**	1.7	1.0	1.6	1.5
	Shrinkage	0.4	0.3	0.5	0.2
	Oven-dry density**	0.40	0.09	0.46	0.08
MDF	Initial MC*	8.8	0.1	8.9	0.5
	MC difference after sorption*	2.1	0.2	2.3	0.5
	Shrinkage	4.2	0.5	4.1	0.5
	Oven-dry density	0.54	0.01	0.54	0.01

* Statistically significant at 5% level
 ** Statistically significant at 1% level

해 틀어진 시편 수가 증가하였으며 조습처리 전과 후에 틀어진 시편이 달랐다. 일부시편은 조습처리에 의해 틀어짐이 없어졌으나 또 다른 시편들은 없었던 틀어짐이 발생하였다. 그러나 MDF는 틀어진 시편 수가 현저히 감소하였으며 또 틀어진 시편도 조습 전에 틀어졌던 것이었다. 따라서 조습처리가 MDF의 틀어짐을 감소시키는데 크게 기여함이 밝혀졌다.

t-검정 결과, 집성목의 틀어진 시편과 틀어지지 않은 시편은 조습 후 양면 함수율차와 전건밀도가 1%유의수준에서 차이를 나타냈다. 조습 후에도 역시 함수율이 불균일하면

틀어진다는 것을 알 수 있다. 전건밀도가 높은 것이 더 많이 틀어졌는데, 전건밀도 0.2-0.3와 0.3-0.4에서 각각 38과 20%가 틀어진 반면, 밀도가 증가할수록 증가하여 전건밀도 0.4-0.5와 0.5-0.6은 각각 46과 83%로 틀어짐 비율이 높아졌다(그림 2). 이는 밀도가 증가할수록 수축·팽창율이 크기 때문이라고 설명할 수 있다.

한편 MDF는 초기함수율과 조습 후 양면 함수율차에서 틀어진 시편과 틀어지지 않은 시편이 5%수준의 유의성을 나타냈다. 이는 초기함수율이 높을수록 틀어질 위험이 크다는 것을 말한다. 또 집성목과 마찬가지로 함

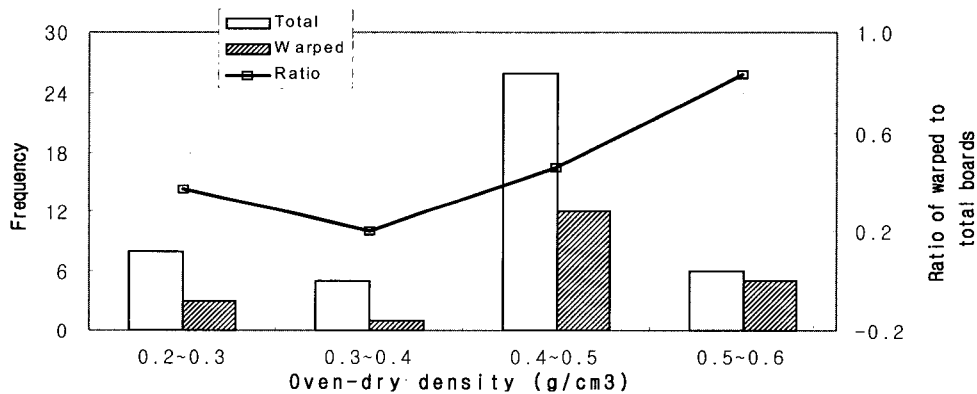


Fig. 2. Frequency distribution of total and warped glue-up panel specimens classified by their oven-dry densities.

수율 불균일이 틀어짐의 주요요인임을 알 수 있다. 집성목과 달리 전건밀도에서 유의성이 없는 것은 MDF는 집성목에 비해 시편간 밀도차이가 매우 적기 때문이라고 볼 수 있다.

결국 MDF의 틀어짐은 밀도나 다른 조건은 판 전체가 비슷하기 때문에 함수율의 불균일이 가장 큰 원인으로 볼 수 있다. 따라서 함수율의 균일화는 응력을 완화하므로 틀어짐을 막을 수 있다고 할 수 있다.

4. 결 론

집성판과 MDF는 현재 가구재로 많이 사용되고 있는 판상재료로서 이것들에 나타나는 결함은 제품 결함으로 곧바로 연결된다. 그러므로 이들 판상제품의 중요한 결함인 틀어짐에 대한 원인 규명은 대단히 중요한 의미를 갖는다고 할 수 있다. 이번 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1. 조습 전, 집성판은 총45개 시편 중 38%인 17개에서, MDF는 총60개 시편 중 40%인 24개에서 틀어짐이 나타났다.
2. 조습 전, 집성목의 틀어진 시편은 틀어지지 않은 시편보다 1%유의수준에서 양면 함수율차가 현저히 컸다. 그러므로 틀어짐을 줄이기 위해서는 통풍이 잘 되도록 잔적하여 양면 함수율차를 줄이는 것이 필요하다.
3. 조습 전, MDF의 틀어진 시편과 틀어지지 않은 시편은 초기함수율, 조습 후 양면 함수율차, 조습에 의한 폭수축율, 전건밀도 중 어느 요인에 의해서도 유의차를 나타내지 않았다.
4. 조습 후, 집성목의 틀어진 시편은 틀어지지 않은 시편보다 조습 후 양면 함수율차와 전건밀도에서 1%유의수준에서 현저히 컸다. 이는 조습 후에도 역시 함수율 불균일이 틀어짐의 주 요인이며 밀도가 높은 시편이 틀어질 가능성이 더 크다는 것을

의미한다.

5. 조습에 의해 MDF는 틀어진 시편 수가 현저히 감소하였으며 또 틀어진 시편도 조습 전에 틀어졌던 것들로 조습처리가 MDF의 틀어짐을 줄이는데 기여한다고 할 수 있다.

5. 참고문헌

1. 강욱, 정희석. 1999. 목재 프러쉬 문의 함수율 변동에 따른 틀어짐과 좌굴 예측모델 (I)-예측모델과 실험결과 비교. 목재공학 27(3):99-116
2. 강욱, 정희석. 2000. 목재 프러쉬 문의 함수율 변동에 따른 틀어짐과 좌굴 예측모델 (II)-치수변동과 탄성계수의 간이측정법과 불량을 예측 Monte Carlo 시뮬레이션. 목재공학 28(1):18-27
3. 정희석. 1999. 목재건조학. 선진문화사, 서울
4. Kohta, M. and S. Shiigehiko. 1997. Linear expansion of wood-based panel products caused by moisture content treatment. Wood Industries 52(7):342-347
5. Suchsland, O., J.D. McNatt. 1986. Computer simulation of laminated wood panel warping. Forest Products Journal 36(11/12):16-23
6. Szalai, J. 1981. Ermittlung der Verformung zwei-seitig furnierter Platten infolge Feuchteänderung mit den methoden der Festigkeitslehre. Holztechnologie. 22(4):235-239
7. van Houts, J. D. Bhattacharyya and K. Jayaraman. 2000. Determination of residual stresses in medium density fiberboard. Holzforschung 54(2):176-182.
8. van Houts, J. D. Bhattacharyya and K. Jayaraman. 2001 Reduction of residual stresses in medium density fibreboard. Part 2. Effects on thickness swell and other properties. Holzforschung 55(1):73-81