

# 대나무 Zephyr의 제조 조건에 따른 보드의 물성비교\*<sup>1</sup>

김 유 정\*<sup>2†</sup> · 노 정 권\*<sup>3</sup> · 박 상 진\*<sup>2</sup>

## Effect of Zephyr Producing Method on Properties of Bamboo Zephyr Boards\*<sup>1</sup>

Yu-Jung Kim\*<sup>2†</sup> · Jeang-Kwan Roh\*<sup>3</sup> · Sang-Jin Park\*<sup>2</sup>

### 요 약

본 연구에서는 합판 대체용도로써 고성능을 보유하는 대나무 Zephyr 보드의 제조기술을 확립하기 위한 기초조사로서 Zephyr의 제조방법을 달리하여 Zephyr를 제조한 후 각각의 Zephyr로 제조된 보드의 물성을 검토하였다. 제조된 보드는 KS F 3014와 KS F 3113에 준하여 성능평가를 하였으며 그 결과는 다음과 같다.

최종 롤러간극을 각각 1 mm, 1.5 mm, 2 mm로 달리하여 제조된 Zephyr 보드 중에서는 1.5 mm에서 제조된 Zephyr 보드가 휨성능(MOR, MOE)과 박리강도(IB)에서 가장 높은 강도를 보유하고 있었다. 또한, 2시간 자비한 후 1시간 상온수에 침지한 다음에 측정된 보드의 습윤시 휨성능(MOR, MOE) 역시 최종 롤러간극 1.5 mm에서 제조된 Zephyr 보드에서 가장 높은 잔존강도를 보유하고 있어 상태시와 거의 유사한 경향을 나타내고 있었다. 24시간 상온수에 침지한 후의 두께팽창을 시험에서 모든 보드가 KS A 3014의 기준인 12%보다 낮게 나타났으며 그중 롤러간극 1.5 mm Zephyr로 제조된 보드가 가장 낮은 값을 나타내어 치수안정성이 뛰어난 것으로 나타났다.

전처리에 따른 대나무 Zephyr 보드의 강도 성능은 무처리 생재상태로 제조된 보드가 다른 전처리(중해, 0.3%NaOH자비)를 한 Zephyr 보드보다 높은 강도를 보유하고 있었다.

따라서, 무처리 생재상태에서 최종롤러 간극 1.5 mm로 제조된 Zephyr sheet가 최적의 보드 제조조건임을 알 수 있었다.

\*<sup>1</sup> 접수 2002년 1월 18일, 채택 2002년 9월 18일

\*<sup>2</sup> 경북 대학교 임산공학과 Wood Science and Technology, College of Agriculture, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

\*<sup>3</sup> 진주산업대학교 임산공학과 Chinju National University, Chinju 660-758, Korea

† 주저자(corresponding author) : 김유정(e-mail: yjkim-y@hanmail.net)

## ABSTRACT

In order to develop structural 'bamboo zephyr board', properties of boards produced by various methods making zephyr were estimated.

All of boards were tested with KS(Korean Standards) F 3014 Particle board, and results were summarized as follow.

The zephyr boards produced by final 15 mm roller space had the best properties(MOR, MOE and IB strength) among boards produced by different final roller space.

Also, they had the best properties(MOR and MOE) in bending test after 1 hour soaking treatment after 2 hour-boiling in water, which were similar to properties of boards in dry-condition.

Thickness swelling(TS) of all boards was less than 12% required to the Korean Standards A 3014. Zephyr boards produced by final 15 mm roller space also had the lowest values among all of boards.

Boards produced by non-treatment (in green condition) had the better strength than those of boards produced by different pre-treatment methods(boiling in water and in 0.3% NaOH) in bending test.

**Keywords:** bamboo zephyr board, MOR, MOE, IB strength, final roller space, green condition, pre-treatment types

## 1. 서 론

대나무 Zephyr board는 대나무를 상하의 V홈을 가지는 롤러 사이에 통과시켜 얻어진 망상섬유 속의 sheet狀 엘리먼트인 대나무 'Zephyr'를 원료로 하여 기존의 합판과 유사한 방법으로 각 층간에 대나무 Zephyr의 섬유방향을 직교시켜 적층·접착한 판상재료이다.

이것은 대나무의 높은 통직성과 활죽성을 이용한 것으로써 4-5년 이내 成竹이 되는 대나무의 빠른 생육성과 높은 강도 등을 고려한다면 판상재료의 새로운 엘리먼트(element)로서의 충분한 가능성을 보여 준다. 아울러 전 세계적인 목재자원량의 감소추세와 산림의 감소로 인한 환경문제가 대두되고 있는 현시점에서 목질계 원료에 대처될 수 있는 비목질계 원료로서의 새로운 가능성이 기대된다. 그러나, 새로운 형태의 엘리먼트로의 재구성 기술인 Zephyr化는 기존의 엘리먼트 제조기술과는 상당한 차이가 있으며 원료가 대나무라는 점을 감안할 때 대나무를 Zephyr화

하는 것부터 보드제조에 이르기까지 반드시 기본적인 제조조건이 검토되어야만 한다.

더욱이, 보드의 물성이 원료 엘리먼트에 의해 많이 좌우되므로 대나무의 Zephyr 제조조건이 보드의 성능에 미치는 영향은 크다고 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 판상재료의 새로운 대체 원료로써 대나무를 이용한 고성능 보드를 제조하기 위한 기초조사로써 먼저 대나무를 원료로 한 Zephyr의 제조 조건에 따른 보드의 물성을 검토함으로써 최적의 대나무 Zephyr의 제조 조건을 규명하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 실험재료

본 실험에서 사용된 재료는 경북 칠곡산의 3-4년생 숲대(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* STAPP)로써 각각 흉고 직경 10 cm 내외의 유사한 대나무를 선별하여 1 m씩 절단하여 사용하였다.

Table.1 Conditions of producing bamboo Zephyr(mm)

Roller Space	Number of passes through rollers	Bamboo		Bamboo Zephyr	
		thickness	Width	thickness	Width
1 mm	14	6±2.2	45±15	1.6±0.2	262±21
15 mm	12	"	"	2.2±0.15	224±16
2 mm	10	"	"	2.5±0.1	196±10

## 2.2. 실험방법

### 2.2.1. Zephyr의 제조

#### 2.2.1.1. 최종 롤러(roller) 간극을 달리한 Zephyr 제조

생재 대나무시편들을 벌채 후 바로 할죽기를 이용하여 각각 6등분으로 할죽하였다.

분할된 각 시편을 Zephyr제조장치의 상·하 롤러 간극 사이를 10회 이상 통과시켜 Zephyr를 제조하였으며 최종의 롤러간극을 각각 1 mm, 1.5 mm, 2 mm으로 달리 하였다.

Table 1은 Zephyr 제조시 대나무의 롤러통과 횟수와 제조된 Zephyr의 평균 두께 및 폭을 나타내고 있다. 제조된 Zephyr sheet는 dry oven을 이용하여 함수율 3~5%로 떨어뜨렸다.

#### 2.2.1.2. 전처리방법을 달리한 Zephyr 제조

전처리용 시편들은 할죽하여 한달간 천연건조를 한 후 2가지 방법으로 전처리를 하였다. 즉, 약품을 첨가하지 않고 24시간 자비처리 한 것과 0.3% NaOH를 첨가하여 24시간 자비처리를 한 것으로 Zephyr를 제조하였다. 최종 롤러의 간극은 모두 동일하게 1.5 mm로 하였다.

### 2.2.2 보드제조

사용된 접착제는 페놀수지(수지율 42%)로 함지율 10%로 하여 접착제를 Zephyr 시트의 양면에 롤러를 이용하여 도포 하였다. 성형은 Forming Box에서 합판과 동일하게 Zephyr의 섬유방향이 각 층간에 서로 직교하도록 배치하여 5층 보드를 제조하였다.

열압스케줄은 열판온도 140℃에서 최대압력 25

kg/cm<sup>2</sup>, 총열압시간 12분으로 하여 3단 압채법으로 제조하였다. 보드의 설계 비중은 0.7이며 보드의 크기는 400 mm×400 mm×12 mm로 제조했다.

### 2.2.3. 시험보드의 재질평가

제조된 보드는 20℃, RH65%의 항온항습실에서 2주일 이상 조습시킨 후 KS F 3104와 KS F 3113에 준하여 성능평가를 하였다. 보드의 강도 성능평가는 만능강도 시험기(UTM)를 이용하여 상태시의 휨(modulus of rupture : MOR, modulus of elasticity : MOE) 시험과 박리(internal bonding : IB)시험을 하였다.

휨시험편은 보드의 이방성정도를 알아보기 위해서 표층 zephyr sheet의 섬유방향이 span방향과 평행한 것과 직교하는 것의 2종류로 시행하였으며 시험편의 크기는 230 mm×50 mm로 하였다.

박리시험편은 50 mm×50 mm로 재단한 후 상·하면에 hot-melt접착제로 알루미늄블록에 접착한 후 인장하중을 가하여 측정하였다.

보드의 내수성평가는 습윤시의 휨시험과 두께 팽창을 시험을 하였다. 습윤시의 휨시험은 휨 시험편을 2시간 자비한 후 1시간 상온수에 침지한 다음에 휨시험을 하였다. 두께 팽창을 시험(Thickness Swelling : TS)은 50 mm×50 mm 크기의 시험편을 24시간 상온수에 침지한 후 팽윤된 두께변화율을 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 롤러간극의 영향

#### 3.1.1. 보드의 강도성능

Fig. 1과 2는 대나무 시편이 통과하는 최종의 롤러

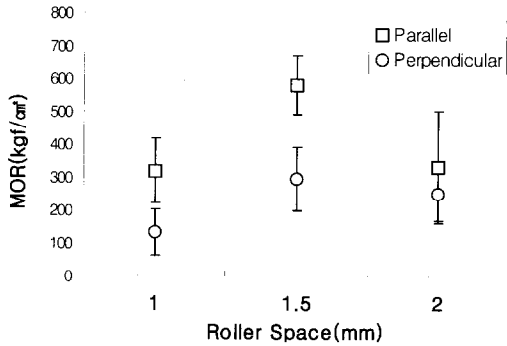


Fig. 1. Effect of roller space on MOR.

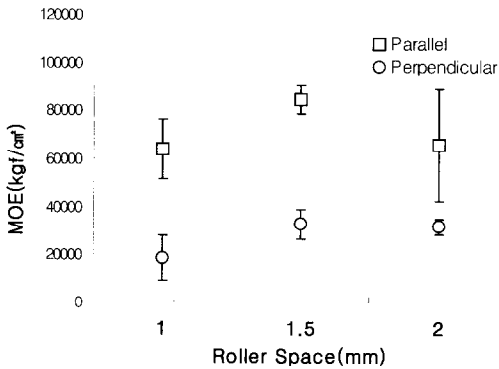


Fig. 2. Effect of roller space on MOE.

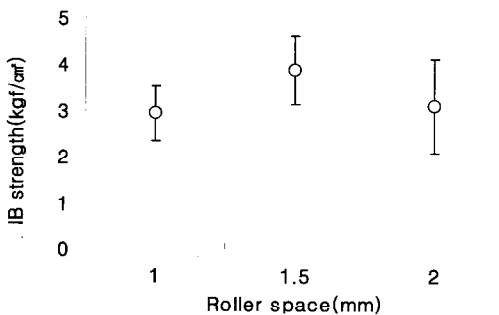


Fig. 3. Effect of roller space on IB.

간극의 설정을 달리하여 제조된 각각의 Zephyr로 만든 보드에서의 휨성능을 나타내고 있다. MOR과 MOE값 모두에서 표층 Zephyr의 섬유방향인 span방향에 평행한 방향의 것이 상당히 높게 나타났으며 이에 비해 span에 수직인 방향의 것은 다소 낮은 값을 나타내어 이방성이 큰 것을 알 수 있었다.

또한, 최종 롤러의 간극에 따른 휨강도의 차이는 최종 롤러 간극 1.5 mm에서 제조된 Zephyr보드가 양방향 모두에서 다른 조건의 보드들 보다 훨씬 높은 휨성능을 보유하고 있음을 알 수 있었다.

Fig. 3은 최종 롤러 간극을 달리하여 제조된 Zephyr로 만든 보드에서의 박리강도(internal bonding strength)를 나타내고 있다. 휨 성능과 마찬가지로 최종 롤러 간극 1.5 mm에서 제조된 보드가 3.45 kgf/cm<sup>2</sup>로 가장 높은 박리강도를 나타내고 있어 층간 접착력이 뛰어난 것을 알 수 있었다.

또한, 최종 롤러 간극 1 mm로 제조된 보드는 박리시험시 층간분리보다는 층내의 Zephyr간 분리가 쉽게 일어났으며 2 mm로 제조된 보드는 층간분리가 현저하게 일어나는 것을 알 수 있었다.

이것은 최종 롤러 간극 1 mm에서는 Zephyr가 롤러를 통과하면서 더 많은 압축을 받아 보다 가늘고 미세한 Zephyr가 제조되었으며 이러한 가늘고 미세한 Zephyr의 내부까지 접착제가 완전히 침투하지 못하여 Zephyr간의 접착이 완전히 이루어지지 않았기 때문으로 생각될 수 있다.

그리고, 최종 롤러 2 mm 간극으로 제조된 Zephyr 보드의 경우는 대나무가 단지 퍼진 상태로 Zephyr의 파괴가 가장 적게 일어나긴 했으나 이로 인해 wax가 다량 존재하는 대나무 Zephyr의 외측부와 비교적 저비중이면서 유세포가 다량 분포하는 내측부와와의 결합력이 떨어지므로 최종 롤러간극 1.5 mm 보드에서 보다 IB값이 낮은 것으로 생각된다.

Fig. 4와 5는 박리시험시 최종 롤러 간극 1 mm와 2 mm로 제조된 보드 내부의 파괴된 단면을 보여주고 있다.

두 최종 롤러 간극 간에 서로 다른 형태의 파괴단면을 나타내어 zephyr 제조시 압축의 정도가 달랐음을 잘 알 수 있다.

### 3.1.2. 보드의 내수성

습윤상태에서의 휨성능은 Fig. 6과 7에서 나타낸 바와 같다. 최종 롤러 간극 1.5 mm에서 제조된 Zephyr보드는 상태시와 거의 유사한 MOR, MOE값을 보유하고 있었고, 최종 롤러 간극 2 mm의 것은 상

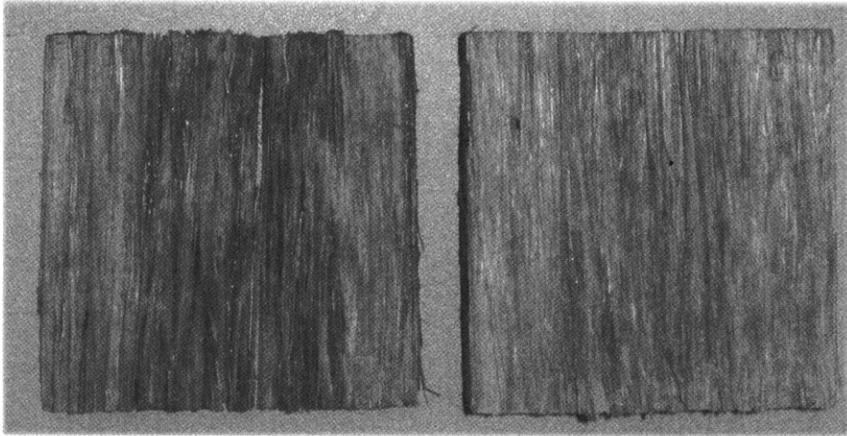


Fig. 4. Separation of board made by final 1 mm roller space during IB test.

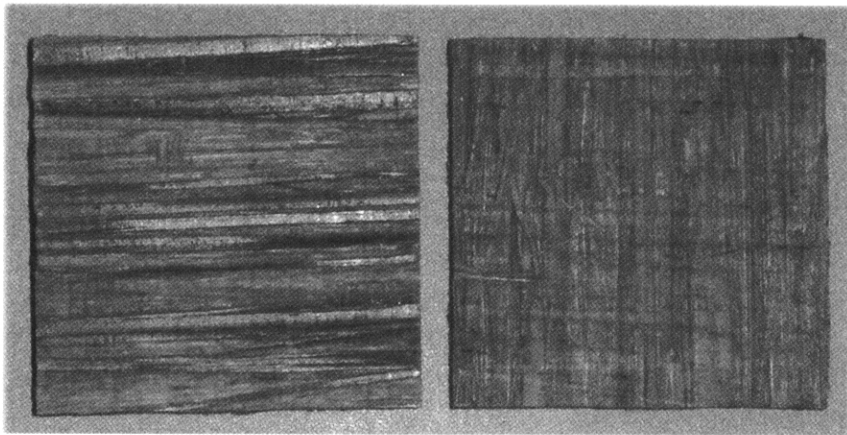


Fig. 5. Separation of board made by final 2 mm roller space during IB test.

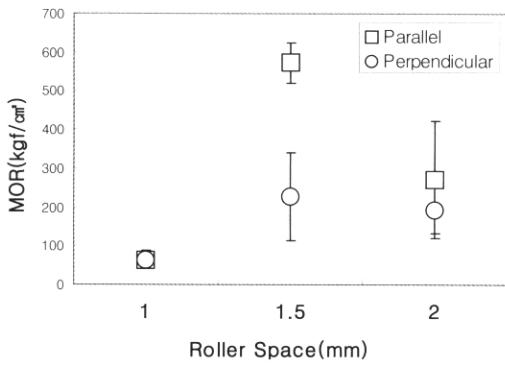


Fig. 6. Effect of roller space on wet-MOR.

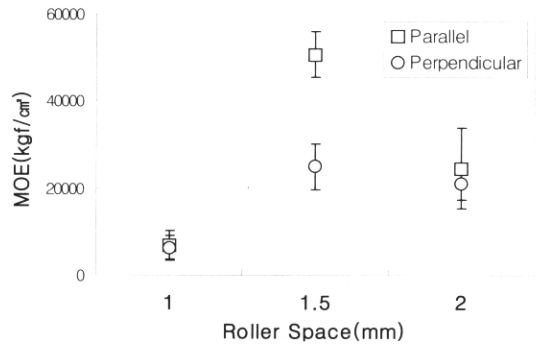


Fig. 7. Effect of roller space on wet-MOE.

대나무 Zephyr의 제조 조건에 따른 보드의 물성비교

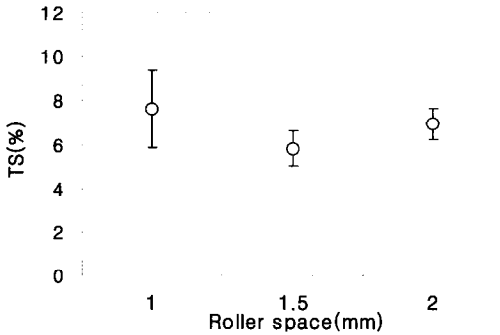


Fig. 8. Effect of roller space on TS.

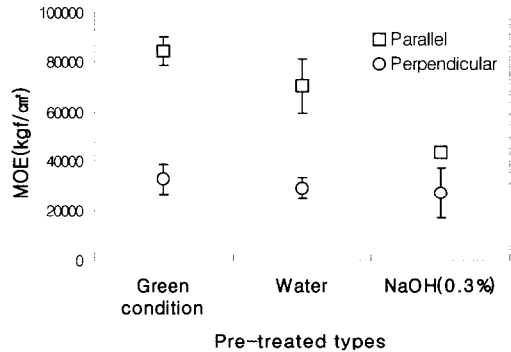


Fig. 10. Effect of Pre-treated types on MOE.

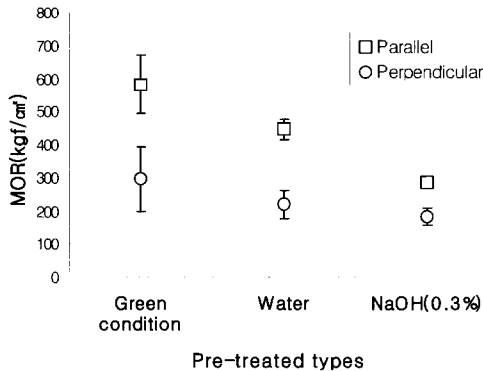


Fig. 9 Effect of Pre-treated types on MOR.

태시의 휨 강도의 50% 이상 도달하고 있었다. 이에 비해서 최종 롤러 간극 1 mm에서 제조된 Zephyr 보드는 상대적으로 강도가 현저히 감소하고 있음을 알 수 있었다.

이것은 최종 롤러 간극 1 mm에서 제조된 Zephyr의 유관속초가 더 많은 압축변형을 받아 Zephyr 자체의 강도가 약해졌을 뿐만 아니라, 가늘고 미세한 Zephyr 섬유속까지 집착제가 완전히 침투하지 못하여 심한 폭로 조건인 자비처리에서는 강도의 손실이 크게 나타난 것으로 생각된다.

또한, 최종 롤러 간극 2 mm에서 제조된 Zephyr 보드의 습윤시 MOR, MOE값이 최종 롤러 간극 1.5 mm에서 제조된 Zephyr 보드보다 상대적으로 더 낮은 값을 나타내는 것은 Zephyr화가 완전히 이루어지지 않아 대나무 내·외부의 밀도차이와 wax층이 그대로 존재하므로 이로 인한 집착성능의 저하가 습윤시 휨성능에 영향을 미친 것으로 생각된다.

Fig. 8은 최종 롤러 간극을 달리하여 제조한 Zephyr를 엘리먼트로 한 보드의 TS 시험의 결과를 나타내고 있다. 전체적으로 KS F3014에 의한 기준치인 12% 보다 낮은 8% 이하의 값을 나타내고 있어 치수안정성이 뛰어난 것을 알 수 있다. 특히, 최종 롤러간극 1.5 mm Zephyr 보드가 가장 작은 두께 팽창율을 나타내었다.

### 3.2. 전처리의 영향

Fig. 9와 10은 각각 전처리를 달리하여 제조된 Zephyr에 의한 보드의 상태시 휨성능을 나타내고 있다.

MOR과 MOE 값 모두 전처리를 하지 않고 생재 상태에서 바로 Zephyr를 제조하여 만든 보드가 가장 높은 값을 나타내고 있었으며 0.3%의 NaOH로 자비처리 한 Zephyr로 제조된 보드가 가장 낮은 값을 나타내고 있었다.

이것은 생재상태에서 제조된 Zephyr가 강도를 담당하는 대나무의 구성세포인 유관속초의 파괴가 가장 적게 일어났기 때문으로 추측된다. 일단 건조된 후 전처리를 한 시편에서는 생재상태에서 보다 휨성능이 상당히 저하되었으며 특히, 표층 Zephyr의 섬유방향이 Span에 평행한 시편에서 현저한 저하를 나타내었다. 그리고, 0.3%의 NaOH를 첨가하여 자비한 후 제조된 Zephyr를 원료로 한 보드의 휨성능이 가장 저하되었는데, 이것은 약제 첨가로 인해 자비온도가 100°C 보다 훨씬 상승하여 대나무 자체의 강도가 저

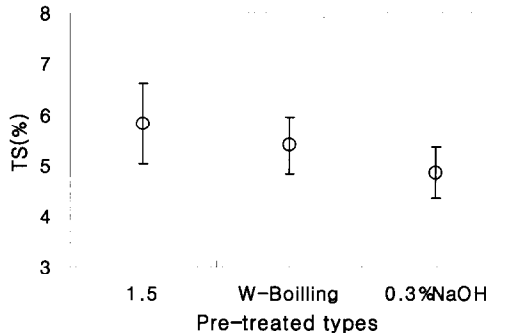


Fig. 11. Effect of Pre-treated types on TS.

하된 것으로 생각된다.

Fig. 11은 전처리에 따른 Zephyr 보드의 두께팽창율(TS) 시험의 결과를 나타내고 있다. 생재상태에서 제조된 보드보다는 상대적으로 전처리한 후 제조된 보드가 더 낮은 두께 팽창율을 나타내었으며 그 결과 0.3% NaOH 보드가 가장 낮은 값을 나타내어 치수안정성이 가장 뛰어남을 알 수 있었다. 이것은 전처리로 인해 Zephyr 섬유 치수안정화가 높아진 것으로 생각된다.

#### 4. 결 론

대나무 Zephyr 보드의 제조 및 기초 물성 시험의 결과, KS F 3014와 KS 3113을 기준으로 하였을 때 높은 강도와 치수안정성을 가지고 있었으며 Zephyr의 제조조건에 따라 차이가 있었다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 최종 롤러 간극에 따른 휨성능(MOR, MOE)과 박리강도(internal bonding strength)에서 최종 롤러 간극 1.5 mm로 제조된 Zephyr 보드에서 가장 높은 강도를 보유하고 있었다.
2. 보드의 습윤시의 휨성능에서도 최종 롤러 간극 1.5 mm에서 제조된 Zephyr보드가 가장 높은 강도를 보유하고 있으며 상태시와 거의 차이가 없었다. 최종

롤러 간극 2.0 mm에서 제조된 Zephyr보드는 상태시에 비해 50% 이상을 보유하고 있었으나 최종 롤러 간극 1 mm에서 제조된 보드에서는 현저히 감소하였다. 또한 두께팽창율에서도 최종 롤러 간극 1.5 mm Zephyr로 제조된 보드가 6%미만의 가장 낮은 팽창율을 나타내어 치수안정성이 뛰어난 것으로 확인되었다.

3. 전처리에 따른 대나무 Zephyr 보드의 휨 성능은 생재상태로 제조된 보드에서 가장 높게 나타났으며 한번 건조된 대나무의 경우 전처리를 하였을 때 강도가 많이 감소하고 있음을 알 수 있었다. 그러나, 치수안정성은 전처리를 하였을 때 상대적으로 더 향상되었다.

#### 참 고 문 헌

1. Korean (Industrial) Standard. 1997. KS standard specification for particle boards, KS F 3104.
2. Korean (Industrial) Standard. 1999. KS standard specification for structural Ply wood, KS F 3113.
3. Yujung KIM, Motoaki OKUMA. 1994. A Study on the Sheet Material from Zephyr Strands (I)-Fundamental properties of boards and the effects of Zephyr strand width on these properties -. MOKUZAI KOGYO. 49(3): 115~119.
4. Yujung KIM, Motoaki OKUMA. 1994. A Study on the Sheet Material from Zephyr Strands (IV)- The effect of production conditions of Zephyr strands on board properties -. MOKUZAI KOGYO. 49(12): 599~603.
5. 김유정, 정기호, 박상진, 노정관. 2001.국산솜대와 인도네시아산 TALI를 이용한 대나무 Zephyr의 형태적특성 비교. 목재공학. 29(2): 84~90.
6. 이화형, 강석구, 김관의. 2000. 3개월생 국산 대나무를 이용한 대나무 스트랜드board개발. 가구학회지. 11(2): 45~53.