GOVP1200134857

(19th)

674.142
L293T

최 종
연구보고서

국내산 대나무를 이용한 특수 보드 제품 개발에 관한 연구

Development of special composite board made from domestic bamboos

연 구 기 관

충 남 대 학 교

농 림 부

대한민국
국회도서관
기증등록
2001. 12. 06
893562

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 "국내산 대나무를 이용한 특수 보드 제품 개발에 관한 연구" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2001. 11 . 23 .

주관연구기관명 : 충남대학교
총괄연구책임자 : 이 화 형
연 구 원 : 이 종 신
연 구 원 : 강 석 구
연 구 원 : 윤 평 식
연 구 원 : 한 기 선
연 구 보 조 원 : 김 관 의
연 구 보 조 원 : 김 학 준
연 구 보 조 원 : 이 민 경
연 구 보 조 원 : 한 상 목
연 구 보 조 원 : 길 정 호
연 구 보 조 원 : 김 종 하
연 구 보 조 원 : 이 주 학
연 구 보 조 원 : 이 민 구

요 약 문

Ⅰ. 제 목

국내산 대나무를 이용한 특수 보드 제품 개발에 관한 연구

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 중요성

가. 연구개발의 목적

지구상의 목재 수요는 날로 증가하고 임산자원은 감소하고 있다. 한국은 국토의 65%가 임지인데도 불구하고 목재 및 목질 가공품의 95%를 수입에 의존하고 있어 국내목재산업의 가장 큰 어려움으로 대두되고 있다. 따라서 목질 원료 절대 빈곤의 처지에 놓여있는 국내목재산업의 당면 과제는 가능한 한 국내섬유대체재 개발과 국내 자원의 효율적인 이용을 도모하는 수 밖에는 다른 방도가 없는 형편이다.

그 대체 방안중 가장 중요한 하나로서 대나무를 들 수 있는데, 대나무는 보속 생산이 가능하고 아주 잘 자라며 경제적이고 가공하기 쉬운 재료로서 몇 몇 상업적 목재 수종보다 물리·기계적으로 우수한 성질을 갖추고 있다. 전통적으로 대나무는 몇 천년 전부터 동양권에서 널리 사용되어 왔으며 건물, 가구, 식용, 숯, 펄프제지용으로 그리고 부채나 우산, 젓가락, 돗자리, 바구니, 활과 화살, 피리 등 많은 셀 수 없는 생활용품과 도구들을 만들어 사용하여 왔다. 대나무는 평균 성숙기간이 3~8년으로 지구상에서 어떤 식물보다 빨리 성장한다. 하루에 120.9cm정도 자라며 당해연도에 맹종죽은 21m크기에 직경이 20cm정도 자란다. 현재 대나무의 생산면적은 6,087ha로서 국내에서는 왕대가 56%, 분죽이 43%, 맹종죽이 1%정도 생육되고 있다. 그러나 근래 대나무 제품들이 플라스틱용품으로 대체되었고 그나마 명맥을 유지하는 죽세 공예품은

값싼 중국산 수입품에 의하여 대체되어 국내 죽세공예 제조업자들은 경쟁력을 완전히 상실하였고 더불어 죽림의 70%이상이 방치되는 실정에 처해있어 죽림 소유자들은 실의에 빠져 수종갱신을 고려 중에 있다.

최근 전세계적으로 대경원목의 감소와 목재자원의 질 저하, 또한 인구증가에 따른 문제와 환경운동가들의 압력에 따라 지금까지 사용하지 않던 목질재료나 농업부산물, 비 목질재료 및 폐자원을 활용하고자 하는 연구가 크게 촉진되었다. 그 중에서도 대나무를 이용하여 섬유판, PB, 집성재 등을 제조하고 또한 다른 재료와의 복합재료제조를 시도하고 있다. 그러나, 지금까지의 연구나 사용이 모두 대나무가 성숙되는 최소연령인 3년생을 벌채하여 사용하는 전통적인 방법을 택하고 있으므로 만약 당년에 자란 1년생, 예를 들면 왕죽은 20일~40일, 분죽은 24일~45일, 맹종죽은 30일~50일이 되면 자기 키를 모두 자라므로 자기 키로 자란 바로 직후 벌채하여 사용한다면 제품제조업자나 죽림 경영자에게 크나큰 도움이 될 것이다.

대나무 사용에 있어 또 다른 문제는 습한 조건이나 옥외에서 사용하는 경우 자외선, 빗물, 기상변화에 따라 균충류에 의한 생물열화를 받아 그 사용연한이 3~5년으로 극히 짧은 것과 대나무 가공시 여러쪽으로 짧게 켜 집성하는 가공방법이다. 저분자량의 페놀수지를 주입 개질가공과 동시 평죽을 만드는 방법이 개발가능하다면 사용기간이 긴 장점과 간편한 가공공정과 우수한 품질로 특수한 제품을 위한 이용이 가능하게 될 것이다.

그러므로 국내산 대나무의 특별용도를 개발하여 당년생을 이용할수 있도록 한다면 죽림경영도 조방적인 방식에서 비배관리의 집약적 생산으로 전환되어 효과적인 대나무의 집약적 생산을 장려할 수 있게 되고 임업농가 소득에도 크게 이바지 할 뿐 만 아니라 특수 용도의 제품이 개발된다면 국내 건축자재의 기둥, 들보, 난간 및 주거환경재료로써 크게 이용될 수 있으므로 목재산업의 발전과 수입대체로 인한 국가 경제에도 크게 도움이 될 것으로 기대된다.

본 연구의 1차년도는 3개월산 국내산 대나무를 이용한 특수 용도의 보드 개발을 위해 Zephyr 보드를 제외한 압축평죽화보드와 대나무스트랜드보드를 개발하고 2차년도에 압축평죽화대나무집성재 제품 개발과 대나무스트랜드를 이용한 평형배열재(PSL)를 개발하고 개발된 제품의 종합 경제성 평가를 실시고자 수행되었다.

따라서 본 연구의 최종목적은 단위면적당 지구상에서 가장 속성으로 자라는 3개월생 국산 대나무를 이용하여 OSB, PSL의 제조 및 저분자량 PF수지주입처리에 의한 평죽화 공정 개발과 평죽 집성재를 제조할수 있는 가능성을 검토하고자 실시하였다. 따라서 본 연구는 특수 제품 개발로 인하여 국내 임업농가의 대나무 생산으로 인한 소득증가뿐만 아니라 목재자원의 수입대체효과와 주거환경 및 건축재료에 인체 친화적인 대나무를 소재로 한 아름다운 특수 보드의 대중화로 국내 목재 산업의 경쟁력 향상에 크게 이바지 할 것으로 기대된다.

나. 연구개발의 중요성

최근 전세계적으로 대경원목의 감소와 목재자원의 질 저하, 또한 인구증가에 따른 목재수요의 증가, 이에 대한 산림면적의 감소와 환경운동가들의 압력에 따라 목질재료 이외의 농업부산물, 폐자원의 활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 대나무는 우리나라에서 목질재료 자급율을 위해 매우 중요한 역할을 담당하리라 생각된다. Hodge(1961)의 연구에 의하면 대나무의 단위 면적당 생산량은 southern pine이 여섯배에 달하는 것으로 보고하고 있으며 하루 성장량이 121cm나 되는 지구상에서 가장 빨리 자라는 식물로서 생장기간도 앞장에서 설명하였듯이 20~50일이 지나면 자기 키가 모두 자란다. 성숙 기간중 나머지 기간은 키는 더 이상 자라지 않고 재질이 치밀하여 견고하여지며 강도가 높아진다. 과거에 죽세공예로 명성을 떨치던 이러한 대나무가 플라스틱용품과 값싼 중국산 죽세 공예품의 수입으로 그 경쟁력을 잃고 죽림은 방치되고 죽림소유자는 실의에 빠져 수종갱신을 고려중인 심각한 국면에

처하여 있다.

따라서 본 연구는 이렇게 단위면적당 생산성이 가장 높은 대나무의 용도를 개발하여 대량으로 사용할 수 있는 방법을 강구하고자 자기 키가 자라는 즉시 60일~90일 사이에 벌채하여 스트랜드를 제조하고 오리엔티드 스트랜드보드(OSB)와 대나무 평행 배열재(PSL)를 제조할수 있는지 그 타당성을 검토하여 제품을 개발하고자 하였다.

뿐만 아니라 대나무는 옥외에서 사용하거나 습한 조건에 사용하는 경우 자외선, 빗물, 기상변화에 따른 균충류에 의한 생물열화를 받아 그 사용연한이 3~5년으로 극히 짧다. 또한 마루판이나 집성재 제조시 대나무 가공을 할 때 여러쪽으로 할죽하여 가공을 할 수밖에 없는 단점을 갖고 있다. 따라서 이러한 결점을 제거하기 위해 저분자량의 페놀수지를 주입 대나무의 개질가공을 하는 동시에 평죽도 동시에 하는 기술을 개발하여 그 사용연한을 길게 함과 동시에 간편한 가공공정과 우수한 품질을 갖는 제품을 제조하여 특수한 용도로 활용하고자 한다.

따라서 본 연구는 대나무의 대량이용방법을 강구할 뿐만 아니라 매년 벌채 할 수 있는 방안을 마련하여 현재 위축되어 있는 죽림면적을 보다 확대시킬 수 있을 것이고 또한 죽림경영도 방치형에서 비배관리의 적극적 집약적 생산체재로 전환하여 임업농가의 소득향상은 물론 제품의 기능성향상을 통한 국내 목재 보드 산업의 발전과 주거환경에도 크게 도움을 주고 무엇보다 수입대체로 인한 국가경제에 크게 도움이 된다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위

1. 세부과제

국산 대나무를 이용한 제품개발을 위한 처리공정개발과 처리공정에 따라 제조된 특수제품의 물리·기계적 성질을 구명하였으며 연차별 연구내용은 다음과 같다.

가. 1차년도

1) 죽재의 연령(3개월, 2년, 3년)에 따른 특수제품의 각종 성질 조사.
   - 국산대나무 대표수종 2종의 연령(3개월, 2년, 3년)에 따른 대나무 물성 조사.
   - 특수제품을 위한 3개월생 죽재의 적용가능성 검토.

2) 압축평죽화 보드제조를 위한 압축평죽화 처리공정 개발.

3) 대나무 스트랜드보드 제조와 크기에 따른 적정성 구명

4) 압축평죽화 보드와 대나무스트랜드보드 제조를 위한 적정온도, 압력, 시간에 따른 열압 조건 구명.

5) 제품의 물리·기계적 성질 구명
   - 개발된 제품의 물리적 성질구명 (함수율, 밀도 등)
   - 개발된 제품의 기계적 성질구명 (곡강도, 박리강도 등)

나. 2차년도

1) 압축평죽화 집성재의 제조를 위한 처리 공정 개발.
- 압축평죽화 보드를 이용한 집성재 공법 개발
- 압축평죽화 보드의 집성재 제조

2) 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)의 제조.
- 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)처리 공정 개발
- 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)의 제조

3) 제품의 물리·기계적 성질 조사

4) 종합 경제성 평가
- 생산비 산출.
- 신제품의 경쟁력 제고를 위한 수요량 조사.
- 종합적 생산 타당성 및 생산 규모 추정

Ⅳ. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

가. 연구개발 결과

1차년도에는 죽재의 연령(3수종 - 왕대, 맹종죽을 계획, 추가로분죽포함)에 따른 대나무의 성질과 제품의 각종 성질을조사하고, 압축평죽화보드 제조를 위한 압축평죽화 처리공정 개발, 대나무 스트랜드보드 제조와 크기에 따른 적정성 구명, 압축평죽화 보드와 대나무스트랜드보드 제조를 위한 적정 열압 조건 구명, 제조된 제품의 물리·기계적 성질등을 구명하였다. 2차년도에는 압축평죽화 집성재의 제조를 위한 처리 공정 개발과, 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)제조, 제조된 특수제품의 물리·기계적 성질을 구명하고 종합적인 경제성 평가를 실시하였다.

1) 1차년도 연구결과 요약

가) 죽재의 연령(3개월, 2년, 3년)에 따른 대나무의 특성

(1) 3개월생, 2년생, 3년생을 구분하여 측정한 결과 비중은 3개월생보다 2년생, 3년생으로 수령이 많아질수록 증가되었고, 부위별로는 초단부 윗부분(상)으로 갈 수록 아랫부분(하)보다 매우 높아 졌다.

(2) 생재함수율은 수종별로 차이가 있으나 왕대, 맹종죽의 경우, 3개월생이 전체적으로 높은 편이었으며 부위별로는 2년생, 3년생의 경우는 아랫부분이 함수율이 높았으나, 3개월생의 경우는 왕대, 맹종죽의 경우 중간부위가 높게 나타났다.

(3) 왕대, 분죽, 맹종죽 공히 수령이 많아질수록 휨강도가 증가하였다. 국내 주요 수종의 물리·역학적 분류에 따라 상대 비교하면 모든 조건에서 휨강도 5등급 (1331kgf/cm^2 이상, 이화형 1989)중 최상에 해당하는 매우 우수한 휨강도를 나타내었다.

(4) 1년생이 밀도가 적고 유연성이 높은 점이 오히려 접촉면적이 증대되고 접착효율이 높아져 스트랜드보드 제조의 경우 유리하게 적용되어 제품의 휨강도가 2-3년생보다 훨씬 높게 나타났으며 목재보다 3배정도 높은 값을 보여 특수보드로서 매우유용하게 활용할 수 있음을 보여주었다.

(5) PB의 경우도 3개월생의 경우 아주 좋은 물리 기계적 성질을 나타냈으며, 압축평죽화보드의 경우도 왕대, 분죽 100%성공하였고 원죽보다 기계적 성질이 극히 우수하였다.

나) 압축평죽화보드 처리공정개발

(1) 압축 평죽화보드 제조를 위한 압축평죽화 처리공정 개발은 3개월생 수종을 농암모니아수처리와 5% PF1, 10% PF2 수지주입처리후 Microwave 1분처리, 열압조건은 145℃, 2kg/㎠, 10분으로 하여 성공시켰다. 그러나 농암모니아수 처리는 제조 공정중 암모니아냄새로 실제적용에 어려움이 많아 5% PF1과 10% PF2 수지주입이 압축평죽화에 적절하였다.

(2) PF1(중량평균분자량 427)과 PF2(중량평균분자량 246)주입처리에 의한 평죽가공은 성공하였으며 PF1(중량평균분자량 427)과 PF2(중량평균분자량 246)는 같은 농도조건에서 비슷한 수지주입율을 보이나 PF2의 경우가 PF1보다 평죽가공이 쉽게 진행되며 농도가 낮을수록 (PF1:5%, PF2:10%)표면색깔, 물리·기계적 성질 및 경제성 등으로 보아 평죽가공화에 가장 적정하였다.

(3) PF1은 5%용액에서 왕대, 분죽 모두 평죽가능 하였으며 원죽대비 흡수율 62~63%, 흡수량 59~66% 감소효과와 휨강도 80~90%, 압축강도 43~54% 증가효과를 나타냈다.

(4) PF2는 10%용액에서 왕대, 분죽 모두 평죽가능 하였으며 원죽대비 흡수율 56~57%, 흡수량 58~63% 감소효과와 휨강도 64~86%, 압축강도 39~63% 증가효과를 나타냈다.

다) 대나무 스트랜드보드 제조를 위한 대나무 처리공정 개발

(1) 스트랜드 길이가 스트랜드보드의 비중과 기건 함수율에 미치는 차이는 없었고, 제품의 두께 팽윤율은 공히 CSA 규격을 만족시켰다. 스트랜드의 길이가 5cm일 때 왕대, 분죽 스트랜드보드의 휨강도와 박리강도가 공히 제일 우수하였다.

(2) 3개월생 스트랜드보드의 휨강도가 3수종 모두 2~3년생 보다 훨씬 높게 나타났고, 박리강도는 분죽의 경우 3개월생이 2~3년생 보다 월등히 높았고 왕대와 맹종죽의 경우 수령에 따른 박리강도의 차이는 없었다. 수령에 따른 스트랜드 보드의 물리적 성질은 차이가 없었다.

라) 3개월생 대나무를 이용한 대나무파티클보드 개발(계획외 추가연구)

(1) 분죽의 수령이 파티클 보드의 비중과 기건 함수율에 미치는 차이는 없으나, 제품의 두께팽창율의 경우 3개월생 보드가 3년생 보드보다 높은 수치를 나타냈다. 대부분 KS 기준(두께팽창율 12%이내)을 만족시켰으나 수지 첨가율이 9%인 경우는 3개월생, 3년생 모두 KS 기준을 초과 하였다.

(2) 3개월생 파티클보드의 휨강도가 세 수지첨가율에서 3년생 보다 훨씬 높게 나타났고, 박리강도도 3개월생 보드가 3년생 보드보다 월등히 높았다. 3개월생, 3년생 보드 모두 KS기준강도(18.0 형 일경우 , 휨강도 184kgf/㎠, 박리강도 3.1kgf/㎠)를 합격하였다.

(3) 제조된 3개월생, 3년생보드의 포름알데히드 방산량을 비교하여 보면, 3개월생 보드가 3년생 보드 보다 약간 높은 포름알데히드 방산량값을 나타냈으나 거의 같은 수치를 나타냈으며. 3개월생보드와 3년생 보드 모두 E_2(5.0mg/ℓ)등급을 만족하였다.

2) 2차년도 연구결과 요약

가) 압축평죽화 집성재의 처리공정 개발

(1) 평죽보드의 함수율(5~7%)보다 평죽 집성재의 함수율(4~5%)은 열압으로 약간 감소한 수치를 나타내며 흡수율도 평죽(11~13%)보다 열압과 PF와 PRF의 접착층의 영향으로집성재의 흡수율(6~9%)이 개선되었다.

대한민국국회도서관장서

(2) 평죽 죽간 내부표면(이면)끼리 접착하는 것이 죽간표면의 왁스(큐틴)층과 이면을 접착하는 것보다 우수한 접착성능을 나타냈고 분죽보다 왕대가 보다 좋은 접착성능을 나타냈다.

(3) 2매또는 4매로 집성하여 1차로 대나무 내부표면끼리 접착하도록 하여 balance를 잡아주면 Spring back현상이 나타나지 않는다.

(4) 평죽집성재의 휨강도는 왕대 PF수지접착의 경우 1856 ~2448kgf/㎠을 나타내고 PRF수지접착의 경우 1569 ~2218kgf/㎠ 치를 나타내어 일반적인 침엽수 A급 집성재의 휨강도 KS규격 (450 kgf/㎠이상)보다4.2~4.8배의 훨씬 높은 휨강도 치를 나타낸다.

나) 3개월생 대나무를 이용한 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)의 개발

(1) PSL의 두께팽윤율은 PSL이 OSB보다 낮아 치수가 안정되어있으며 흡수율 또한 왕대, 분죽 OSB의 흡수율(30%)보다 PSL의 흡수율 (왕대 15.24%, 분죽 10.65%)이 적게나타났으며 CSA 카나다규격을 만족시켜 주었다.

(2) 스트랜드 평행 배열재(PSL)에서는 10cm 스트랜드 길이가 5cm 스트랜드 길이보다 휨강도와 내부결합도가 좋은 것으로 나타났다. 대나무 수종에 따른 PSL의 휨강도차를 보면 분죽(987 ~ 1412kgf/㎠)이 왕대(850 ~ 1346kgf/㎠)보다 좋았고, 맹종죽(634 ~ 844 kgf/㎠)은 세 수종중 제일 낮았다. 휨강도는 카나다 OSB규격보다 매우 높았고 목재보다도 높은 값을 보였다.

(3) 대나무 스트랜드 평행 배열재(PSL)의 박리강도는 전체적으로 3.75 kgf/㎠부터 9.71 kgf/㎠를 나타낸다. UMF 12%의 경우 대나무 수종별로 보면 분죽 (6.98 ~8.62 kgf/㎠), 왕대 (6.14 ~ 8.87kgf/㎠), 맹종죽 (5.85 ~ 6.28kgf/㎠)순 이었다

(4) 대나무 스트랜드 평행 배열재(PSL)의 못 인발 저항력은 수지 함지율이 높아질수록 못인발력(왕대, 스트랜드길이 10cm, 수지함지율 9% : 52.55 kgf/cm, 수지함지율 12% : 68.36kgf/cm, 수지함지율 15% : 72.08kgf/cm)은 증가하였으며, 스트랜드길이가 길수록(왕대, 수지함지율12%, 5cm : 43.05kgf/cm, 10cm : 68.36kgf/cm) 못 인발 저항력은 증가되었다. 수종간 비교를 하면 스트랜드 길이와 수지함지율에 관계없이 세 수종중 맹종죽이 가장 낮은 못 인발 저항력을 나타냈으며 분죽이 가장 높은 못 인발 저항력을 나타냈다

다) 대나무 복합 Composite Lumber개발(계획외 추가연구)

(1) 평죽2매집성재는 소나무와의 복합재 제조에 있어 그 MOR과 MOE를 향상시켰다. MOR보다는 MOE를 보다 많이 향상 시켰다.

(2) 대나무 PSL과 평죽2매 집성재는 목질 OSB와의 복합재 제조에 있어 그 강도적 성질(MOE, MOR)를 향상시켰다. MOE보다는 MOR을 향상시켰다.

라) 국내산 대나무를 이용한 특수보드의 경제성 분석

(1) 국내산 대나무로 만든 특수보드가 수입산 OSB를 대체시킬 수 있다면 이는 국가경제에 공헌하는 바가 크다.

(2) 국내산 대나무 특수보드는 수입 OSB보다 품질에서 우수하나 가격은 비슷하므로 국내에서 충분한 가격경쟁력을 갖는다.

(3) 대나무 특수보드가 수입 OSB를 대체하면 외화유출을 방지할 수 있으며 환율의 변동과 무관하게 가격이 결정되므로 안정된 가격으로 공급이 가능하다.

(4) 현재 2~3년생이 주로 거래되는 이유는 죽세공예품 제작에 필요한 수준의 강도

때문이었으나 대나무 특수보드가 1년생 대나무의 수요를 새로이 창출할 수 있다면 농작물과 같이 매년 벌목하는 것이 당연히 죽림농가에는 유리하다.

(5) 죽림농가에 미치는 순소득의 크기는 생산비, 속당 산지가격, 1정도당 생산량에 대한 가정에 따라 상이하다. 그런데 현지 가격을 유지한다는 가정하에서 분석하면 벌목과 비배관리를 통하여 최소 200% 이상의 소득향상이 있을 것으로 기대된다.

(6) 대나무 특수보드의 생산이 성공적으로 수행되면 스트랜드 보드 뿐만 아니라 다른 유관 제품의 개발도 가능하여 계속적인 수요창출이 가능할 것으로 사료된다.

나. 연구결과 활용계획 및 실적

1. 발표실적

〈논문발표〉

1) Lee, H. H., S. K. Kang., G. E. Kim. 2000. Development of Bamboo Strand Board made from 3months old domestic bamboo species. Joun. of kor. Society of Furniture Tech. 11(2) : 45~53

2) 이화형, 한기선, 김관의. 2001. 3개월생 분죽을 이용한 대나무 파티클보드의 특성. 한국목재공학회지 논문게재심사중.

3) 이화형, 김관의, 2001년. 저농도 폐놀수지 주입처리에 의한 평죽판 개발(1). 한국가구학회지 논문게재심사중.

〈학술발표〉

1) 이화형, 한기선, 김관의. 2001년 4월. 3개월생 분죽을 이용한 대나무 파티클보드의 특성. 한국목재공학회 춘계학술발표논문집. pp. 380~385

2) 이화형, 김관의, 2001년 10월. 저농도 폐놀수지 주입처리에 의한 평죽판 개발(1). 한국목재공학회 추계학술발표논문집. pp. 104~106

2. 연구결과 활용계획

1) 국내 및 국외 학술회의 논문발표

2) 각종 세미나에서 연구 결과 발표 및 홍보

3) 연구의 결과를 정리하여 국내 및 국외 저명 학술지에 논문 게재

4) 연구결과를 정리하여 특허신청 예정중

3. 연구결과 활용에 대한 건의

연구결과를 각 도서관 및 유관기관에 11월중 배포할 계획이며 특허도 이달안으로 제출할 예정이다. 현재 국내 죽림면적은 2001년도 총 6,087정보이고 이중 50%가 전남에 그리고 38%가 경남에 위치하고 있으므로 운반비를 고려하여 대나무OSB공장을 남쪽에 세워 매년 농산물처럼 수확하여 1개의 공장을 충분히 가동시킬수 있을 것으로 생각된다. 이때 죽림소유자가 단합하여 가격인상을 하면 제품가격 경쟁력이 떨어지게 되므로 현재보다 더 싼 가격으로 속당 현지가격이 1,950원에 판매 되더라도 순소득은 84만원이 되어 현재와 동일한 가격을 받을 수 있다. 따라서 가격이 35% 하락하지 않는한 소유주는 전보다 높은 소득을 꾀할수 있으므로 가격단합에 따른 서로의 마찰을 줄여야 될 것으로 생각하며 죽림면적도 10,000정보이상으로 늘리는 것이 필요할 것으로 생각된다.

SUMMARY

I. Title

Development of special composite panels using domestic bamboos

II. Objectives

Wood demand is ever increasing but world has been confronted with decreasing forest resources. About 65% of korean land is forest area but Korea has to depend upon foreign wood and wood based products for more than 95 percent of total domestic demand per year due to her poor forest resources. As a countermeasure to reach self-sufficiency for wood supply and demand, several kinds of non-wood materials are now being considered as substitute raw materials. One very promising alternate raw material in Korea is bamboo, a fast-growing, economical, renewable, and processable material that has been shown to exhibit equal or better physical and mechanical properties compared to some commercial wood species. Traditionally, bamboo has been widely used in Asia for thousands of years as s material for housing, furniture, food, charcoal, pulp and paper, and countless articles of daily life such as fans, umbrellas, chopsticks, mats, baskets, bows and arrows, musical instruments, and tools. In addition, bamboo can be used for decorating gardens, making boats, and building bridges with a length up to 225 meter long. With an average maturity of about 3 to 8 years, bamboo grows more rapidly than any other plant on the planet. It has been reported surging skyward as fast as 120.9cm in a single day. Moso bamboo(*Phyllostachys pubescens*) can grow up to 21 meters tall and 20 cm in diameter in one spring season. In Korea, we have cultivated 56 percent of *Phyllostachys bambusoids* S. et Z., 43% of *Phyllostachys nigra var.henonis Stapf.* and one percent of *Phyllostachys pubescens*

representatively. But recently, bamboo articles of daily life are substituted by plastic and low priced industrial bamboo products are imported from China. Therefore bamboo industrial arts in Korea are collapsed and owners of bamboo land are thrown into despair and thinking on plant renewal.

Nowadays worldwide research for the use of bamboo has expanded to include its manufacture into various structural composite panels, such as bamboo-based fiberboard, plywood, particle-board, laminated bamboo composites, as well as bamboo-based composite panels, made from combination of bamboo and other materials. This is due in part to the dwindling supply of larger logs and the decresing quqlity of wood resources. Additionally, the growing human poplation and the environmentalists' pressure for better resource management and conservation have prompted the search for nontraditional materials, both woody and non woody, as alternative raw materials for the manufacture of composite panels. But all bamboos used for raw materials for use and research were cut at the age of 3 years old. One-year old bamboos have lower density and are more pliable and more flexible than three-years old bamboos. If we discover that one-year old bamboo be more suitable for board production than two or three-years-old bamboos, Bamboo board has potential for replacing imported OSB, the massive local production of bamboo board will make a contribution to stable supply of board and balance of payment. In addition, the bamboo board production which can generate new demand for one-year-old bamboo will dramatically increase the household income of bamboo farm owner.

The problem in using bamboo is short service period and complicated processing for flattening. Service period of bamboo is only 3 to 5 years out of doors because of ultraviolet rays, rains and microbiological degradation. Therefore bamboo improvement by impregnation of low molecular weight phenol formaldehyde resin is applied to overcome this difficulty especially to develope a new process of

flattening bamboo pieces.

In this study, we want to determine the suitability of 3 months old domestic bamboos as raw materials for the manufacture of oriented strand board, parallel strand lumber, to develope a new process of flattening 3 months old bamboo pieces and to manufacture laminated flattened bamboo lumber of flattened bamboos. This study is expected to contribute to expansion of wood based panel products market and for increase of competitive power of domestic board industry and of the household income of bamboo farm owner.

III. Research content and scope

1st year

1. Physical and mechanical properties of domestic bamboos(2 species) in relation to growth years(three months, two years old and three years old)

2. Physical and mechanical properties of oriented strand board from domestic bamboos(2 species) in relation to growth years(three months, two years old and three years old)

3. Development of oriented strand board

4. Development of a new process of flattened 3 months old bamboos

2nd year

1. Developement of laminated flattened bamboo lumber of flattened bamboos.

2. Developement of parallel strand lumber.

3. Economic feasibility analysis of bamboo board

IV. results and application

1. Summary of the research results for the 1st year

1.1 Physical and mechanical properties of domestic bamboos(2 species) in relation to growth years(3 months old, 2 years old and 3 years old)

1) The more the growing years the higher the density of bamboo. Top part of bamboo indicated higher density value than that of bottom part.

2) 3 months old bamboos presented the highest moisture content values in the green condition. Base part of 2-and 3-years old indicated higher MC in green condition and medium part of 3 months old *Phyllostachys bambusoides* S. et Z and *Phyllostachys pubescens* Mazel showed higher MC in green condition.

3) Bamboo showed the highest static bending strength compared to the main wood species. Longer growing years of bamboo generally increased the static bending strength but there were no statistical significancies for *Phyllostachys bambusoides* S. et Z. and *Phyllostachys pubescens* Mazel.

1.2 Physical and mechanical properties of oriented strand board from domestic bamboos(2 species) in relation to growth years(3 months, 2 years old and 3 years old) and Development of oriented strand board

Development of bamboo oriented strand board made from 3 months old domestic bamboo species

This study was carried out to determine the suitability of 3 months old bamboo species of *Phyllostachys bambusoides* S. et Z., *Phyllostachys pubescens* Mazel and *Phyllostachys nigra var henonis* Stapf as raw materials for the manufacture of strandboard.

Total of 108 strandboards were made using urea-formaldehyde resin content level of 12% and one percent of liquid wax emulsion. The strandboard consisted of three layers the top and the bottom layer of which were oriented to the same direction and weighed 25% of the strandboard each. The middle core layer weighed 50% of the board and was perpendicular to the outer top and bottom layers. Analysis was performed to determine the effect of strand lengths and growing years of 3 months, 2 years and 3 years on strandboard properties. The physical and mechanical properties of oriented strand boards were measured and compared to the standard requirements of strand boards. The results are as follows;

1) Strand length indicated no difference on density and moisture content of oriented strand board(OSB). 5 cm of strand length gave the best static bending strength and internal bonding strength. Bamboo OSB exhibited lesser extents of thickness swelling than that of CSA standard.

2) 3 months old bamboo gave higher static bending strength of OSB than those of 2 years and 3 years old bamboo. In case of *Phyllostachys nigra var henonis* Stapf, 3 months old bamboo indicated higher internal bonding strength than those of 2 years and 3years old bamboo. but in *Phyllostachys bambusoides* S. et Z., *Phyllostachys pubescens* Mazel, there were no difference among growing years. Growing years showed no different physical properties of bamboo strandboard.

Keywords : Bamboo oriented strand board(OSB), 3 months old bamboo

1.3 Development of a new process of flattened 3 months old bamboos

Development of Compressed-flattened Bamboo impregnated with Low molecular weight PF resin

This study was carried out to develope a new process of flattening bamboo pieces(3 months old) by two steps of utilizing microwave oven and hot press. Internode bamboo pieces were impregnated with low molecular weight phenol formaldehyde resin(PF) under vacuum of 76 cmHg, heated in a household microwave oven in 1 minute, pressed on the temperature of 145℃ by the hot press for 10 minute, and then cooled by the cold press in their flattened form. The physical and mechanical properties of compressed flattened bamboo were as follows:

1) PF1(Mw:427) and PF2(Mw:246) sol. met the success of flattening of internode bamboo pieces in both of *P. bambusoides and P. nigra var.* PF2 showed the more plasticity to flatten the bamboo than PF1. The PF2 sol. with low molecular weight(246) gave the more weight gain then that of PF1 in the equal concentration. PF1 of 5%(NVC) and PF2 of 10%(NVC) sol. gave the best result for physical and mechanical properties and from a economical view point.

2) The PF1 of 5%(NVC) sol. with low molecular weight decreased the water absorption of 62~63% and increased the bending strength(MOR) of 80~90%, compression strength of 43~54%.

3) The PF2 of 10%(NVC) sol. with low molecular weight decreased the water absorption of 56~57% and increased the bending strength(MOR) of 64~86%, compression strength of 39~63%.

1.4 Additional Research

Characteristics of particleboard made from three-months-old domestic bamboo (*Phyllostachys nigra var henonis* Stapf)

This study was performed to determine the characteristics of particleboard made from three-months-old bamboo, *Phyllostachys nigra var henonis* Stapf grown in Damyang district, Korea.

Total 60 particleboards were manufactured with 1% of liquid wax emulsion using urea-formaldehyde resin content 9%, 11% and 13%, respectively. The particle boards consisted of three layers, in which face layer had the same proportion of a

weight 25% of the particleboard each. And the core layer had a weight 50% of the board. The core layer and face layer had the particle dimension passing 6 mesh (3.35mm), 12 mesh (1.70mm), respectively. The study was carried out to determine the effect of the growing time of 3 months and 3 years on particleboard properties. The physical and mechanical properties of boards were measured and compared to the korean standard (KS) requirements of particle boards.
The results were as follows;

1. The longer the growing time, the higher the density of bamboo. Density of the upper part of bamboo showed higher than that of lower part.

2. Density and moisture content of the two particle boards did not show significant differences. Three-months-old bamboo particleboard gave higher thickness swelling than three-years-old bamboo particleboard.
Bamboo particleboard passed the thickness swelling test of korean standard (KS).

3. The static bending and internal bond strength of three-months-old bamboo particleboard were higher than those of three-years-old bamboo. Increase of resin contents in bamboo particleboard increased bending and internal bond strength, proportionally. Strength properties of bamboo particle board were above KS.

4. Formaldehyde emission of all the bamboo particleboards satisfied E_2 level (5.0㎎/ℓ) of KS F 3104.

Keywords : Bamboo particleboard, three-months-old bamboo, KS

2. Summary of the research results for the 2nd year

2.1. Developement of laminated flattened bamboo lumber from flattened bamboos.

1) Moisture content and water adsorption of laminated flattened bamboo lumber(LFBL) were lower than those of flattened bamboo board.

2) Adhesion of both inner surfaces of flattened bamboos gave excellent adhesion shear strength, and *Phyllostachys bambusoides* S. et Z. showed better shear strength than that of *Phyllostachys nigra var henonis* Stapf.

3) The magnitude of springback becomes close to 0% in case of laminating between inner surfaces of flattened bamboos or balancing the 4 laminas of flattened bamboos thoroughly.

4) Bending strength of flattened *Phyllostachys bambusoides* S. et Z. laminates showed 1856-2448 kgf/㎠ (PF resin) and 1569-2218 kgf/㎠ (PRF resin). These values expressed 4-5 times stronger than wood laminates standard of conifers A.

2.2. Developement of parallel strand lumber.

Development of bamboo of parallel strand lumber from 3 months old domestic bamboo species

This study was to determine the suitability of 3 months old bamboo species of *Phyllostachys bambusoides* S. et Z., *Phyllostachys pubescens* Mazel and *Phyllostachys nigra var henonis* Stapf as raw materials for the manufacture of bamboo parallel strand lumber(PSL).

Resin content level of 9%, 12% and 15% of urea-melamine-formaldehyde resin (UMF) were used with one percent of liquid wax emulsion and 1.5% of NH_4Cl per ovendried weight of UMF. The effect of strand lengths(5cm, 10cm) on strand lumber properties were determined. The physical and mechanical properties of parallel strand lumbers were compared to the standard requirements. requirements. The results are as follows;

1) Thickness swelling and water absorption of PSL were lower than those of OSB. Bamboo PSL exhibited less thickness swelling than that of CSA standard.

2) Strand length gave no influence on density. Strand length of 10cm gave better static bending strength and internal bonding strength than 5cm. *Phyllostachys nigra var henonis* Stapf showed the best static bending strength and *Phyllostachys pubescens* Mazel showed the lowest. Static bending strength values (MOR) of *Phyllostachys nigra var henonis* Stapf and *Phyllostachys bambusoides* S. et Z. met the CSA standard and were higher than that of wood lumber.

3) Internal bond strength(IB) of PSL were from 3.75 kgf/㎠ to 9.71 kgf/㎠ which met the CSA standard. *Phyllostachys nigra var henonis* Stapf showed the best internal bond strength in case of UMF 12% and *Phyllostachys pubescens* Mazel showed the lowest.

4) The more the resin content, the higher the nail-withdrawal resistance of PSL. The longer the strand length, the higher the nail-withdrawal resistance of PSL. *Phyllostachys nigra var henonis* Stapf showed the best nail-withdrawal resistance and *Phyllostachys pubescens* Mazel showed the lowest. *Phyllostachys nigra* and *Phyllostachys bambusoides* gave better nail-withdrawal resistance than domestic woods. *Phyllostachys pubescens* were close to domestic woods.

5) Laminating flattened bamboo flanges improved the flexural properties of *Pinus densiflora* S. et Z. web. Improvements were greater for the MOR than the MOE of the composite lumber.

6) Laminating flattened bamboo flanges or bamboo PSL improved the flexural properties of aspen OSB web. The MOR of the composite lumber was improved more than the MOE.

Keywords : Bamboo parallel strand lumber(PSL), 3 months old bamboo, composite lumber

2.3. Economic feasibility analysis of bamboo board

This study investigated the economic feasibility of a special board made of one-year-old bamboos. One-year old bamboos are found to be more suitable for board manufacture than two or three-years-old bamboos. Our feasibility study employs two basic approaches: First, we analyse the price competitiveness of special bamboo board compared to Canada-made OSB; Second, we investigate the impact of bamboo specail board production on bamboo farm owners.

We found that bamboo board has better strength and physical quality than the imported OSB, but the production cost is almost the same as the imported one. As bamboo board has potential for replacing imported OSB, the massive local production of bamboo board will make a contribution to stable supply of board and balance of payment. In addition, the bamboo board production, which can generate new demand for one-year-old bamboo, will dramatically increase the household income of bamboo farm owner. Assuming that bamboo price does not change, we expect that harvesting bamboo every year is likely to increase the household income by at least 200%.

contents

Submission document ····· 1

Korean summary ····· 2

Ⅰ. Title ····· 2

Ⅱ. Objectives ····· 2

Ⅲ. Research contents and scope ····· 6

Ⅳ. Results and application ····· 7

Eniglish summary ····· 15

Enigligh contents ····· 28

Contents ····· 30

Ⅰ. Introduction ····· 33

Ⅱ. Characteristics of bamboos (1st year) ····· 37

1. Introduction ····· 37

2. Materials and method ····· 38

3. Results and discussion ····· 39

4. Conclusion ····· 43

5. Reference ····· 44

Ⅲ. Manufacture of Compressed-flattened bamboo and bamboo laminated (2nd year) ····· 46

1. Introduction ····· 46
2. Materials and method ····· 48
3. Results and discussion ····· 55
4. Conclusion ····· 64
5. Reference ····· 66

Ⅳ. Development of the bamboo strand board (1st year) ····· 76
1. Introduction ····· 76
2. Materials and method ····· 78
3. Results and discussion ····· 81
4. Conclusion ····· 85
5. Reference ····· 86

Ⅴ. Development of the bamboo particle board (1st year) ····· 90
1. Introduction ····· 90
2. Materials and method ····· 92
3. Results and discussion ····· 95
4. Conclusion ····· 98
5. Reference ····· 99

Ⅵ. Development of the bamboo parallel strand lumber and bamboo composites (2nd year) ····· 101
1. Introduction ····· 101
2. Materials and method ····· 103
3. Results and discussion ····· 107
4. Conclusion ····· 116
5. Reference ····· 118

Ⅶ. Economic feasibility analysis (2nd year) ····· 124
1. Objective ····· 124
2. Analysis of environment ····· 125
3. Economic feasibility analysis ····· 130
4. Conclusion ····· 135
5. Reference ····· 136

목 차

제출문 ····· 1

요약문 ····· 2
Ⅰ. 재목 ····· 2
Ⅱ. 연구의 목적 및 중요성 ····· 2
Ⅲ. 연구개발 내용 및 범위 ····· 6
Ⅳ. 연구개발 결과 및 활용에 관한 건의 ····· 7

영문 요약 ····· 15

영문 목차 ····· 28

목차 ····· 30

제 1 장 서 론 ····· 33

제 2 장 국내산 대나무 원죽의 성질 조사 (1년차) ····· 37
Ⅰ. 서언 ····· 37
Ⅱ. 재료 및 방법 ····· 38
Ⅲ. 결과 및 고찰 ····· 39
Ⅳ. 결론 ····· 43
Ⅴ. 참고문헌 ····· 44

제 3 장 압축평죽화보드 제조(1년차) 및 평죽집성재 제조 (2년차) ····· 46
Ⅰ. 서언 ····· 46
Ⅱ. 재료 및 방법 ····· 48
Ⅲ. 결과 및 고찰 ····· 55

Ⅳ. 결론 ····· 64
Ⅴ. 참고문헌 ····· 66

제 4 장 대나무 스트랜드보드 개발 (1년차) ····· 76
Ⅰ. 서언 ····· 76
Ⅱ. 재료 및 방법 ····· 78
Ⅲ. 결과 및 고찰 ····· 81
Ⅳ. 결론 ····· 85
Ⅴ. 참고문헌 ····· 86

제 5 장 대나무 파티클보드 개발 (연구계획외 1년차 추가연구) ····· 90
Ⅰ. 서언 ····· 90
Ⅱ. 재료 및 방법 ····· 92
Ⅲ. 결과 및 고찰 ····· 95
Ⅳ. 결론 ····· 98
Ⅴ. 참고문헌 ····· 99

제 6 장 대나무 평행배열재(PSL) 개발(2년차) 및 복합Composite 개발 (연구계획외 2년차 연구) ····· 101

Ⅰ. 서언 ····· 101
Ⅱ. 재료 및 방법 ····· 103
Ⅲ. 결과 및 고찰 ····· 107
Ⅳ. 결론 ····· 116
Ⅴ. 참고문헌 ····· 118

제 7장 종합 경제성 평가 (2년차) ····· 124
Ⅰ. 목적 ····· 124
Ⅱ. 환경 분석 ····· 125
Ⅲ. 경제성 분석 ····· 130
Ⅳ. 결론 ····· 135
Ⅴ. 참고문헌 ····· 136

제 1 장 서 론

지구상의 목재 수요는 날로 증가하고 임산자원은 감소하고 있다. 한국은 국토의 65%가 임지인데도 불구하고 목재 및 목질 가공품의 95%를 수입에 의존하고 있어 국내목재산업의 가장 큰 어려움으로 대두되고 있다. 따라서 목질 원료 절대 빈곤의 처지에 놓여있는 국내목재산업의 당면 과제는 가능한 한 국내섬유대체재 개발과 국내 자원의 효율적인 이용을 도모하는 수 밖에는 다른 방도가 없는 형편이다.

그 대체 방안중 가장 중요한 하나로서 대나무를 들 수 있는데, 대나무는 보속 생산이 가능하고 아주 잘 자라며 경제적이고 가공하기 쉬운 재료로서 몇 몇 상업적 목재 수종보다 물리·기계적으로 우수한 성질을 갖추고 있다. 전통적으로 대나무는 몇 천년 전부터 동양권에서 널리 사용되어 왔으며 건물, 가구, 식용, 숯, 펄프제지용으로 그리고 부채나 우산, 젓가락, 돗자리, 바구니, 활과 화살, 피리 등 많은 셀 수 없는 생활용품과 도구들을 만들어 사용하여 왔다. 대나무는 평균 성숙기간이 3~8년으로 지구상에서 어떤 식물보다 빨리 성장한다. 하루에 120.9cm정도 자라며 당해연도에 맹종죽은 21m크기에 직경이 20cm정도 자란다. 현재 대나무의 생산면적은 6,087ha로서 국내에서는 왕대가 56%, 분죽이 43%, 맹종죽이 1%정도 생육되고 있다. 그러나 근래 대나무 제품들이 플라스틱용품으로 대체되었고 그나마 명맥을 유지하는 죽세 공예품은 값싼 중국산 수입품에 의하여 대체되어 국내 죽세공예 제조업자들은 경쟁력을 완전히 상실하였고 더불어 죽림의 70%이상이 방치되는 실정에 처해있어 죽림 소유자들은 실의에 빠져 수종갱신을 고려 중에 있다.

최근 전세계적으로 대경원목의 감소와 목재자원의 질 저하, 또한 인구증가에 따른 문제와 환경운동가들의 압력에 따라 지금까지 사용하지 않던 목질재료나 농업부산물, 비 목질재료 및 폐자원을 활용하고자 하는 연구가 크게 촉진되었다. 그 중에서도 대나무를 이용하여 섬유판, PB, 집성재 등을 제조하고 또한 다른 재료와의 복합재료제

조를 시도하고 있다. 그러나, 지금까지의 연구나 사용이 모두 대나무가 성숙되는 최소 연령인 3년생을 벌채하여 사용하는 전통적인 방법을 택하고 있으므로 만약 당년에 자란 1년생, 예를 들면 왕죽은 20일~40일, 분죽은 24일~45일, 맹종죽은 30일~50일이 되면 자기 키를 모두 자라므로 자기 키로 자란 바로 직후 벌채하여 사용한다면 제품 제조업자나 죽림 경영자에게 크나큰 도움이 될 것이다.

대나무 사용에 있어 또 다른 문제는 습한 조건이나 옥외에서 사용하는 경우 자외선, 빗물, 기상변화에 따라 균충류에 의한 생물열화를 받아 그 사용연한이 3~5년으로 극히 짧은 것과 대나무 가공시 여러쪽으로 짧게 켜 집성하는 가공방법이다. 저분자량의 페놀수지를 주입 개질가공과 동시 평죽을 만드는 방법이 개발가능하다면 사용기간이 긴 장점과 간편한 가공공정과 우수한 품질로 특수한 제품을 위한 이용이 가능하게 될 것이다.

그러므로 국내산 대나무의 특별용도를 개발하여 당년생을 이용할수 있도록 한다면 죽림경영도 조방적인 방식에서 비배관리의 집약적 생산으로 전환되어 효과적인 대나무의 집약적 생산을 장려할 수 있게 되고 임업농가 소득에도 크게 이바지 할 뿐 만 아니라 특수 용도의 제품이 개발된다면 국내 건축자재의 기둥, 들보, 난간 및 주거환경재료로써 크게 이용될 수 있으므로 목재산업의 발전과 수입대체로 인한 국가 경제에도 크게 도움이 될 것으로 기대된다.

본 연구의 1차년도는 3개월산 국내산 대나무를 이용한 특수 용도의 보드 개발을 위해 Zephyr 보드를 제외한 압축평죽화보드와 대나무스트랜드보드를 개발하고 2차년도에 압축평죽화대나무집성재 제품 개발과 대나무스트랜드를 이용한 평형배열재(PSL)를 개발하고 개발된 제품의 종합 경제성 평가를 실시고자 수행되었다.

따라서 본 연구의 최종목적은 단위면적당 지구상에서 가장 속성으로 자라는 3개월생 국산 대나무를 이용하여 OSB, PSL의 제조 및 저분자량 PF수지주입처리에 의한 평죽화

공정 개발과 평죽 집성재를 제조할수 있는 가능성을 검토하고자 실시하였다. 따라서 본 연구는 특수 제품 개발로 인하여 국내 임업농가의 대나무 생산으로 인한 소득증가뿐만 아니라 목재자원의 수입대체효과와 주거환경 및 건축재료에 인체 친화적인 대나무를 소재로 한 아름다운 특수 보드의 대중화로 국내 목재 산업의 경쟁력 향상에 크게 이바지 할 것으로 기대된다.

최근 전세계적으로 대경원목의 감소와 목재자원의 질 저하, 또한 인구증가에 따른 목재수요의 증가, 이에 대한 산림면적의 감소와 환경운동가들의 압력에 따라 목질재료 이외의 농업부산물, 폐자원의 활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 대나무는 우리나라에서 목질재료 자급율을 위해 매우 중요한 역할을 담당하리라 생각된다. Hodge(1961)의 연구에 의하면 대나무의 단위 면적당 생산량은 southern pine이 여섯배에 달하는 것으로 보고하고 있으며 하루 성장량이 121cm나 되는 지구상에서 가장 빨리 자라는 식물로서 생장기간도 앞장에서 설명하였듯이 20~50일이 지나면 자기 키가 모두 자란다. 성숙 기간중 나머지 기간은 키는 더 이상 자라지 않고 재질이 치밀하여 견고하여지며 강도가 높아진다. 과거에 죽세공예로 명성을 떨치던 이러한 대나무가 플라스틱용품과 값싼 중국산 죽세 공예품의 수입으로 그 경쟁력을 잃고 죽림은 방치되고 죽림소유자는 실의에 빠져 수종갱신을 고려중인 심각한 국면에 처하여 있다.

따라서 본 연구는 이렇게 단위면적당 생산성이 가장 높은 대나무의 용도를 개발하여 대량으로 사용할 수 있는 방법을 강구하고자 자기 키가 자라는 즉시 60일~90일 사이에 벌채하여 스트랜드를 제조하고 오리엔티드 스트랜드보드(OSB)와 대나무 평행배열재(PSL)를 제조할수 있는지 그 타당성을 검토하여 제품을 개발하고자 하였다.

뿐만 아니라 대나무는 옥외에서 사용하거나 습한 조건에 사용하는 경우 자외선, 빗물, 기상변화에 따른 균충류에 의한 생물열화를 받아 그 사용연한이 3~5년으로 극

히 짧다. 또한 마루판이나 집성재 제조시 대나무 가공을 할 때 여러쪽으로 할죽하여 가공을 할 수밖에 없는 단점을 갖고 있다. 따라서 이러한 결점을 제거하기 위해 저분자량의 페놀수지를 주입 대나무의 개질가공을 하는 동시에 평죽도 동시에 하는 기술을 개발하여 그 사용연한을 길게 함과 동시에 간편한 가공공정과 우수한 품질을 갖는 제품을 제조하여 특수한 용도로 활용하고자 한다.

따라서 본 연구는 대나무의 대량이용방법을 강구할 뿐만 아니라 매년 벌채 할 수 있는 방안을 마련하여 현재 위축되어 있는 죽림면적을 보다 확대시킬 수 있을 것이고 또한 죽림경영도 방치형에서 비배관리의 적극적 집약적 생산체재로 전환하여 임업농가의 소득향상은 물론 제품의 기능성향상을 통한 국내 목재 보드 산업의 발전과 주거환경에도 크게 도움을 주고 무엇보다 수입대체로 인한 국가경제에 크게 도움이 된다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다.

제 2 장 국내산 대나무 원죽의 특성 (1년차)

제 1 절 서 언

전통적으로 대나무는 아시아에서 주택, 다리(light bridge), 가구 및 공예품, 펄프등에 광범위하게 사용되어져 왔는데, Hodge(1961)의 연구에 의하면 대나무의 단위 면적당 생산량은 southern pine의 여섯배에 달하는 것으로 보고하고 있다. 맹종죽은 중국이 원산으로 최근에 도입되어 남부지방에 식재하고 있는데 한 해에 키가 약 21m정도 자라고 직경도 20㎝정도 커지며 3년이면 완전 성숙되며 개화주기는 60년으로 보고되고 있다(임업연구원 1987). 또한 최근에 대나무의 사용은 플라스틱(Jindal, 1986), 폴리머, 시멘트(Ma, 1997), 목재등과 복합체를 이루어 복합판상재인 고밀도보드, 대나무 집성재, PB, 합판, 파이버보드와 같은 다양한 구조복합체 제조 쪽으로 전개되고 있다. 이전의 Lee et al. (1996)의 연구에서 3년생 맹종죽을 스트랜드화 하여 스트랜드보드를 제조하고 물리·기계적 성질을 측정하여 CSA(Canadian Standard Association)의 상업용 스트랜드보드 요구기준과 비교한 결과 24hr 침지후 두께팽윤율의 경우 CSA의 기준인 15% 이하를 만족하였으며(4.93~6.81%) 대조군인 다른 목질재료로 제조한 스트랜드보드와 비교하였을 때 MOE, MOR, IB 등에서 현저히 좋은 물성을 나타냄을 보여주었다. 또한 다음해에 Lee et al. (1997)의 연구에서는 대나무 플랜지로 보강된 southern pine OSB beam의 휨강도(1038~6129 psi) 성질을 실험한 결과 보강되지 않은 southern pine OSB beam의 휨강도(576~1410 psi)보다 매우 우수한 휨강도를 나타냄을 밝혔다.

예전의 연구에서는 성숙한 3년생 이상의 죽재를 이용하여 기타 복합목질복합체를 제조하고 물리·기계적 성질을 측정하였는데 본 연구에서는 3개월생 국산 대나무를 이용하여 대나무 복합목질복합체를 제조하고 2년생 및 3년생으로 만든 제품의 물리·기계적 성질과 비교 검토하여 3개월생 대나무의 활용에 대한 성질을 구명하고자 실시하였다.

따라서 가장 속성으로 성장하며 단위면적당 생장량이 가장 많은 대나무를 활용하는 이 연구가 소기의 목적을 달성한다면 95%의 목재 및 목질재료를 수입하는 국내 여건에서 대나무 육림을 통한 수입 대체효과를 가져 올 수 있을 뿐만 아니라 품질향상과 기능성보강이란 차원에서 국내 목재산업의 발전에 크게 기여하리라 생각한다. 따라서 국산 대나무의 활용에 관한 기초 조사로 대표적인 국내산 대나무(왕대, 맹종죽)와 추가로 분죽을 추가하여 3죽종의 3개월생, 2년생, 3년생의 물리·기계적 성질을 구명하고자 한다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 재 료

본 연구의 대나무 원죽의 성질조사를 위한 대나무는 전남 담양군 금성면 봉서리, 외추리 일대에서 생육되고 있는 왕대(*Phyllostachys bambusoides* S.et Z), 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Mazel)을 선정하고, 추가로 분죽(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf.)을 계획외로 선정하여 수령별(3개월생, 2년생, 3년생)로 죽간이 통직하고 외관이 건전한 원죽을 수종별로 지면 기부에서 벌채하여 실험용 재료로 사용하였으며 운반을 용이하게 하기 위해 전장을 3등분하였다.

2. 실 험 방 법

가. 대나무의 물리·기계적 성질측정

기본적인 대나무의 특징을 조사하기 위하여 KS F 2201, 2202, 2208에 의거하여 측정하였다. 수종별, 연령별로 수고, 마디수, 마디간 길이, 직경, 두께 등을 죽재 전장의 마디수를 기준으로 지면 기부로부터 1-3마디를 하로, 3분의 1지점의 2-3마디를 중으로, 3분의 2지점의 2-3마디를 상으로 구분하여 각 부위별로 채취하여 4반복 측정하였

다. 또한 대나무의 수령별 적용 검토를 위하여 왕대, 맹종죽, 분죽의 수령별(3개월생, 2년생, 3년생) 물리·기계적 성질을 검토하였다. 물리적 성질로는 수령별, 연령별 생재 함수율, 비중을 위와 같은 방법으로 3등분하여 각 부위별로 실제 대나무 이용부분인 절간부(internode)를 치수법으로 측정하였다. 생재 함수율은 대나무 벌채 즉시 전건법으로 측정하였으며, 기계적 성질로는 각 죽종별, 수령별로 휨강도를 측정하여 비교하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 수령별 대나무의 물리적 성질 비교

기본적인 대나무의 특징으로 수종별, 연령별로 수고, 마디수, 마디간 길이, 직경, 두께 등을 지면 기부로부터 마디수를 기준으로 3등분한 지점에서 상, 중, 하로 채취하여 4반복 측정하였다. 물리적 성질로는 생재 함수율, 측정하였다. 측정한 결과는 Table 1-1, 1-2, 1-3 과 같다. 비중의 경우 예전의 연구와 비교하여 보면 소 등(1999)의 경우 3년생일 때 기부의 기건비중이 분죽 0.66 > 왕대 0.61 > 맹종죽 0.58 이었고 홍 등(1988)은 3년생 기부의 기건비중의 경우 맹종죽 0.92 > 왕대 0.89 > 분죽 0.85 였다. 연구자간 서로 차이가 있으므로 본 연구에서는 3년생 기부의 전건비중을 기준으로 비교한 결과 분죽 0.66 >왕대 0.61 >맹종죽 0.57 순으로 나타났으므로 소 등(1999)의 결과와 같다고 볼 수 있다.

본 연구는 3개월생, 2년생, 3년생을 구분하여 측정한 결과 비중은 3개월생보다 2년생, 3년생으로 수령이 많아질수록 증가되었고(Table 1-3), 부위별로는 초단부 윗부분(상)으로 갈 수록 아랫부분(하)보다 매우 높아 졌다. 초단부로 올라 갈수록 비중이 높아진 것은 소 등(1999)도 밝혔고 그 비중 증가율은 맹종죽이 가장 높아 상부에서는 3수종 중 가장 비중이 높게 나타난 결과도 본 연구와 일치되었다.

생재함수율은 수종별로 차이가 있으나 왕대, 맹종죽의 경우, 3개월생이 전체적으로 높은 편이었으며 부위별로는 2년생, 3년생의 경우는 아랫부분이 함수율이 높았으나, 3개월생의 경우는 왕대, 맹종죽의 경우 중간부위가 높게 나타났다(Table 1-2).

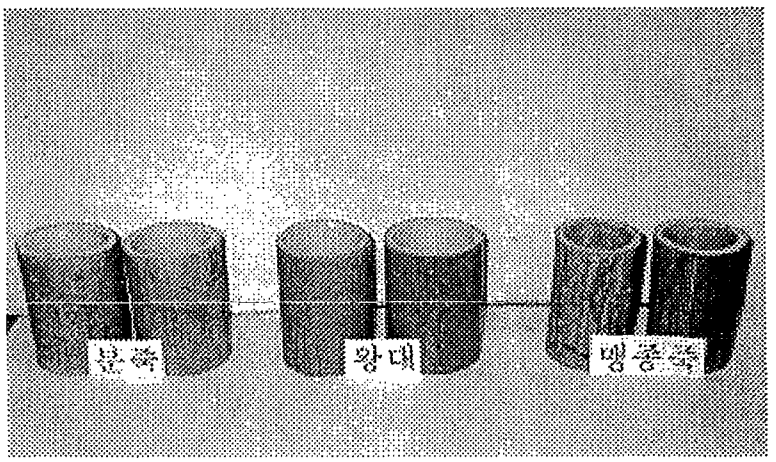


Photo 1-1. 대나무 공시 수종

Table 1-1. 대나무 원죽의 특성

		P. bambusoides			*P. nigra var*			*P. pubescens*		
		3 months old	2 years old	3 years old	3 months old	2 years old	3 years old	3 months old	2 years old	3 years old
Height(m)		14.4±0.53	12.7±1.06	15.8±1.79	11.0±0.99	12.43±1.02	12.57±0.62	13.3±1.14	14.3±0.72	12.8±2.40
No. nodes		56±4.1	46±3.42	52±6.7	43±2.94	46±3.70	47±3.70	52±2.4	54±2.63	53±5.56
internodal length (cm)	U	23.5±0.47	18.0±0.82	26.2±0.68	22.4±0.70	25±0.82	30.1±0.73	20.8±0.58	23.2±0.33	22.4±0.59
	M	36±0.13	33.4±1.02	34.2±0.39	30.8±0.58	33±2.16	32.8±0.21	23.6±0.58	27±0.82	28±1.05
	L	30.6±0.64	27.3±1.22	22.1±0.90	19±0.90	20.8±0.71	22.3±1.59	17±0.82	19.6±0.53	16.0±0.91
internodal diameter (mm)	U	48.4±1.0	40.8±0.69	51.1±0.68	27.6±0.84	44.6±0.94	37.5±0.81	49.7±0.67	51.2±1.37	44.9±2.55
	M	77.8±1.02	65.3±1.08	81.9±3.58	48.1±1.80	52.0±2.83	62.3±2.17	79.6±4.11	82.3±3.4	69.9±3.75
	L	87.8±1.68	72.8±2.5	89.4±2.06	63.0±2.61	71.5±4.72	68.3±2.29	89.4±4.79	98.9±1.46	84.3±7.4
internodal thickness (mm)	U	5.4±0.34	4.9±0.30	5.9±0.46	4.1±0.69	4.2±0.40	5.4±0.37	5.4±0.35	5.80±0.48	5.2±0.62
	M	7.2±0.41	6.7±0.59	7.5±0.30	4.4±0.49	4.5±0.69	6.5±0.98	7.3±0.98	7.7±0.99	6.6±0.86
	L	8.5±0.78	8.3±0.70	9.1±1.04	7.1±1.31	7.2±0.92	7.8±0.74	10.4±0.92	11.8±0.82	9.9±1.27

* U : Upper part M : Medium part L : Lower part

Table 1-2. 대나무의 생재함수율

		Green moisture content(%)					
		P. bambusoides (F=101.7**)	Duncan test	*P. pubescens* (F=50.47**)	Duncan test	*P. nigra var* (F=12.9**)	Duncan test
3 months old	U	98.4±7.75	B	89.7±9.01	EF	37.5±5.47	G
	M	120.7±3.56	A	135.0±17.2	B	64.7±10.5	CDEF
	L	95.9±4.01	B	116.1±16.1	CD	81.2±8.90	BC
2 years old	U	64.0±2.58	E	49.7±3.11	G	46.7±17.0	DEF
	M	73.1±1.44	D	59.1±7.27	G	66.7±13.2	CDE
	L	86.6±1.50	C	105.7±6.33	CDE	109.6±18.2	A
3 years old	U	48.7±5.24	F	84.05±4.51	F	42.8±6.9	G
	M	59.7±0.84	E	121.2±14.0	BC	68.4±11.3	CD
	L	84.2±2.07	C	193.4±6.75	A	96.9±8.06	AB

* U : Upper part M : Medium part L : Lower part

Table 1-3. 대나무의 전건비중

		Density					
		P. bambusoides (F=31.52**)	Duncan test	*P. pubescens* (F=88.36**)	Duncan test	*P. nigra var* (F=33.76**)	Duncan test
3 months old	U	0.59±0.03	EFG	0.51±0.07	E	0.52±0.05	E
	M	0.55±0.03	H	0.46±0.00	EFG	0.53±0.06	E
	L	0.53±0.02	H	0.41±0.02	G	0.48±0.02	E
2 years old	U	0.69±0.01	AB	0.64±0.02	C	0.76±0.01	AB
	M	0.64±0.01	CD	0.48±0.05	EF	0.72±0.02	BC
	L	0.62±0.02	CDE	0.44±0.02	FG	0.66±0.05	D
3 years old	U	0.70±0.02	A	0.94±0.01	A	0.78±0.00	A
	M	0.66±0.04	BC	0.77±0.02	B	0.74±0.02	ABC
	L	0.61±0.01	DEF	0.57±0.01	D	0.66±0.03	D

* U : Upper part M : Medium part L : Lower part

2. 수령별 대나무의 기계적 성질 비교

수령별 대나무의 기계적 성질을 비교하기 위하여 왕대, 맹종죽의 수종별, 연령별 휨강도를 측정하여 비교하였다.(Table 1-4 참조) 왕대, 분죽, 맹종죽 공히 수령이 많아질수록 휨강도가 증가하였으나 왕대, 맹종죽의 경우는 통계적으로 연령별 차이는 없었고 분죽의 경우는 차이가 나타났다. 소 등(1999)의 결과보다 휨강도가 맹종죽의 경우는 같은 결과를 보였으나 왕대와 분죽은 본 연구에서 강도가 조금 높게 나타났다. 국내 주요 수종의 물리·역학적 분류에 따라 상대 비교하면 모든 조건에서 휨강도 5등급(1331kgf/cm^2 이상, 이화형 1989)중 최상에 해당하는 매우 우수한 휨강도를 나타내었다.

Table 1-4. 대나무의 휨강도

	P. bambusoides	*P. nigra var*		*P. pubescens*
	B.S(kgf/cm^2) (F=2.65^{ns})	B.S(kgf/cm^2) (F=11.57**)	Duncan	B.S(kgf/cm^2) (F=1.02^{ns})
3 months old	1,599.6±87.5	1,473.3±184.6	B	1,386.0±26.1
2 years old	1,847.8±304.6	1,952.5±122.6	A	1,493.5±105.7
3 years old	1,898.7±113.6	2,021.6±142.2	A	1,473.6±130.0

* 주요 수종의 물리·역학적 분류(이화형. 1989)

휨강도(kgf/cm^2)- Ⅰ:<600, Ⅱ:601-840, Ⅲ:841-1090, Ⅳ:1091-1330, Ⅴ:1331<

제 4 절 결 론

국내산 대나무 3수종(왕대, 분죽, 맹종죽)의 수령별, ,죽종별 물리·기계적 성질을 측정한 결과는 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 3개월생, 2년생, 3년생을 구분하여 측정한 결과 비중은 3개월생보다 2년생, 3년생으로 수령이 많아질수록 증가되었고, 부위별로는 초단부 윗부분(상)으로 갈 수록 아랫부분(하)보다 매우 높아 졌다.

2. 생재함수율은 수종별로 차이가 있으나 왕대, 맹종죽의 경우, 3개월생이 전체적으로 높은 편이었으며 부위별로는 2년생, 3년생의 경우는 아랫부분이 함수율이 높았으나, 3개월생의 경우는 왕대, 맹종죽의 경우 중간부위가 높게 나타났다.

3. 왕대, 분죽, 맹종죽 공히 수령이 많아질수록 휨강도가 증가하였다. 국내 주요 수종의 물리·역학적 분류에 따라 상대 비교하면 모든 조건에서 휨강도 5등급(1331kgf/cm^2 이상, 이화형 1989)중 최상에 해당하는 매우 우수한 휨강도를 나타내었다.

제 5 절 참 고 문 헌

1. Andersen, A. W and G. E. Troughton.1996. New Phenolic Formulations for bonding higher moisture content OSB panels. Forest Products J., Vol 46(10):72-76

2. Canadian Standards Association. 1992. Standards on OSB and waferboard. CAN/CSA 04437-92.CSA.Rexdale,Ont.,Canada.

3. Forest Research Institute. Rep. of Korea. 1987. Illustrated Woody Plants of Kore a. Sam Jung Pub. Co. 496p.

4. Hodge, W. H.1961.Bamboo in the united States. USDA Handbook.No 193. US Gov't. Print. Off., Washington, D.C.

5. Hong, B. W.1988. Dynamic Mechanical Properties of Bamboos in Korea. Wood Sci. & Tech. 16(1): 45~54.

6. Jain, S., R. Kumar and U. C.1992. Mechanical behavior of bamboo and bamboo composite. J. of Materials Sci. 27(17):4598-4604.

7. Jindal, U. C.1986. Development and testing of bamboo-fiber reforced plastic composites. J. of Composite Material (20):19-29

8. Korean standard association.1997. KS F 2101, 2102, 2108.

9. 이화형, 위흡, 이원용, 홍병화, 박상진.1989. 木材 物理 및 力學. 향문사. P377

10. Lee, A. W. C., X. Bai and P. N. Peralta.1994. Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina. Forest Prod. J. 44(9):40~46.

11. Lee, A. W. C., X. Bai and P. N. Peralta.1996. Physical and Mechanical Properties of strand board made from moso bamboo, Forest Prod. J.,Vol, 46, No. 11/12:84~88.

12. Lee, A. W. C., X. Bai and A. P. Bangi.1997. Flexural properties of Bamboo-reinforced southern pine OSB beams, Forest Prod. J.,Vol, 47(6):74~78

13. Ma, L., Y. Kupoki., W. Nagadomi., B. Subiyanto., S. Kawai and H. Sasaki.1997. Manufacture of Bamboo - Cement Composites - Effects of additiveson hydration characteristics of bamboo-cement mixtures: JW RS Vol. 43, No. 9, p.754-761.

14. Ma, L., O. R. Pulido., H. Yamauchi., S. Kawai and H. Sasaki.1998. Manufacture of Bamboo-Cement Composites V-Effects of sodium silicate on bamboo - cement c omposite by hot pressing : JWRS Vol. 44, No. 6, p.425-432.

15. Ma, L. S. Kawai and H. Sasaki.1999. Manufacture of Bamboo - Cement Compo sites VI- Effects of silicate fume addition and heat-treatment on properties of hot-pressed boards : JWRS Vol. 45, No. 1, p.25-33.

16. So, W. T., Y. S. Kim., W. Y. Chung and H.W Lee.1999. Wood character istics of *Phyllostachys bambusoides*, Phyllostachys nigra var.henoins, and *Phyllostachys punescens* Grown in Damyang District. Mokchae Konghak 27(2):7~14.

제 3 장 압축평죽화보드 제조(1년차) 및 평죽집성재 제조(2년차)

제 1 절 서 언

90년대 들어서면서 전통적인 목질판상재인 합판, PB, 집성재등은 고유한 제조방법의 주류를 넘어 서로가 복합화되면서 구조용으로 계속 확장되어 가고 있는바 이러한 현상은 원목원료의 질 저하, 대구경 원목의 감소, 인구증가, 환경론자들의 입지성장등으로 구조복합재의 제조를 위한 원료의 대안으로 환경제품에 속하는 목질복합체와 비목질재료와 같은 새로운 재료의 이용 등에서 기인된다고 하겠다. 특히 우리나라는 목질 폐잔재의 원료확보율이 점차 감소되어 MDF의 경우는 원료를 수입에 의존하고 있으며 국내 목재 시장은 목재 및 목질재료수요의 95%를 수입에 의존하고 있는 실정이다. 따라서 국내 목질판상재 산업은 새로운 과도기적 시점에 있으며 새로운 생산기술 개발, 대체목질재료의 수급 등이 절실히 필요한 때이다.

대나무는 전세계적으로 50속 1천2백여종이 자라는데 주로 동남아등지에서 많이 자생하며 인도, 미얀마, 대만, 일본, 중남미의 에쿠아도르, 콜롬비아등지에서 많이 자생하고 있다. 우리나라의 경우 3속 20여종을 가꾸고 있으나 대표적인 수종은 맹종죽, 왕대, 분죽을 들 수 있다. 전통적으로 대나무는 종류와 양이 풍부하고 재료를 구하기 쉽고, 가공이 용이하고 할렬성과 뛰어난 탄력성, 그리고 외적인 미관으로 아시아에서 주택, 다리(light bridge), 가구 및 공예품, 펄프등에 광범위하게 사용되어져 왔는데, Hodge(1961)의 연구에 의하면 대나무의 단위 면적당 생산량은 southern pine의 6배에 달하는 것으로 보고하고 있다. 또한 최근에 대나무의 사용은 플라스틱(Jindal, 1986), 폴리머, 시멘트(Ma *et al*, 1997), 목재등과 복합체를 이루어 복합판상재인 고밀도보드, 대나무 집성재, PB, 합판, 파이버보드와 같은 다양한 구조복합체 제조 쪽으로 전

개되고 있다. 우리나라의 경우 근래 중국의 값싼 죽제품과 플라스틱 제품에 밀려 국내 죽림생산은 경쟁력을 상실하여 국내 죽세공예는 사양화되고 국내 죽림은 방치되고 있는 실정이다. 따라서 지금까지의 생산방법에서 탈피하여 단위 생산력이 가장 높은 죽림생산을 3개월이면 신장생장이 완료되는 당년생 위주로 생산을 전환할 때 이를 활용할 수 있는 방법을 모색하고자 한다.

집성재 방식으로서 지금까지 원형의 대나무 통죽을 재료로 하여 평죽화 한 후 열판 프레스에 의한 단순압체방식으로 평죽 집성재를 제조하는 것이 종래의 방법이었다. 특히 평죽을 3분할하여 압체하므로 평죽 판재의 폭이 10cm정도에 불과하여 물성면에서 열등하였다. 그러나 일본에선 2분할 원죽을 다단계 로울러 압체방식에 의하여 14cm의 평죽판 제조가 이루어졌으며 산업화 되고 있다.

그러나 대나무는 평죽화가 되더라도 원형을 유지하려는 곡할이 계속적으로 발생하는 문제점을 가지고 있으며, 공정상의 어려움이 따른다. 특히 지금까지는 집성재를 제조할 때 상당한 어려움이 따를 것으로 여겨진다. 또한 대나무는 자외선, 빗물, 기상변화에 따른 균충류에 의한 생물열화를 받아 습한 조건이나 옥외에서 사용하는 경우 사용연한은 3-5년으로 극히 짧다. 또한 대를 집성가공하여 마루판 또는 기타 용도로 사용 시 짧게 켜 집성하는 것이 지금까지 상례이다. 森(1986,1987)는 마이크로파가열에 의한 죽의 평판가공법을 발표하였으나 아직 상업화되지 못하고 있다. 따라서 본 연구는 국내산 대나무(왕대, 분죽)를 이용하여 저분자량 페놀수지를 제조 대나무에 쉽게 침투할 수 있도록 하고 가정용전자레인지를 이용 예비처리하여 바로 열압시켜 평죽화하는 공정을 개발하고자 실시하였으며 우선 그처리에 따른 그 물리·기계적 성질을 구명한후 압축평죽화 집성재를 제조하여 그 적용가능성을 검토하고자 하였다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시재료

가. 대 나 무

본 연구에 사용한 대나무는 전남 담양군 금성면 봉서리, 외추리 일대에서 생육되고 있는 왕대(*Phyllostachys bambusoides* S.et Z), 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Mazel)을 선정하고, 계획외로 분죽(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf.)을 선정하여 3개월생, 2년생, 3년생,으로 죽간이 통직하고 외관이 건전한 원죽을 수종별로 지민기부에서 1999년 9월에 벌채하여 실험용 재료로 사용하였으며 운반을 용이하게 하기 위해 전장을 3등분하였다. 시험시 마디부분을 제거하고 절간부분(길이 20cm)을 사용하였다.

나. 처 리 약 제

압축평죽화 보드 처리 공정을 위한 약제로는 요소(비료용 용액, 포화용액~1/8포화용액), 강한 암모니아수(29%), 일반 페놀수지 PF1(5%, 20%, 40% NVC)용액, 저분자 페놀수지 PF2(10%, 20%, 30%, 40%, 50% NVC)용액 등을 사용하였다.

다. 접 착 제

압축평죽화 집성재제조를 위한 접착제로는 pH 10.25, 점도 250~300cps, 고형분 함량 50%의 실험실에서 제조한 페놀수지와 집성재공장인 K사에서 분양 받은 pH 9.25, 점도 400~450cps, 고형분함량 60%의 페놀-레조르시놀공축합수지(PRF)를 사용하였다.

2. 실 험 방 법

가. 처리약제 제조

먼저 저분자페놀수지인 PF2는 석탄산 94g, 포르말린(37%수용액)138g, NaOH 14.5g, H_2O 14.5g의 비율로 상온에서 1주일간 반응시켜 제조한 수지를 사용하였다. 일반페놀수지인 PF1의 몰비는 저분자페놀수지(PF2)와 같으며 혼합후 1시간동안 90℃에서 반응시킨 후 냉각한 수지를 사용하였다. 이때 제조된 페놀수지의 NVC는 PF1과 PF2수지 모두 50%를 나타냈다. 제조된 수지를 각각 실험하고자 하는 NVC로 희석하여 주입실험을 실시하였다. 제조된 PF의 성질은 Table 2-1과 같다.

Table 2-1. 제조된 처리약제의 분자량 (PF)

	common PF 1	Low-molecular weight PF2
Mn	231	177
Mw	427	246
Mw/Mn	1.844	1.393

* Mn : Number - average molecular weight

Mw : Weight - average molecular weight

Mw/Mn : Polydispersity

나. 처리약제 주입

예비실험에서 대나무 수종별로 횡단면 길이 방향으로 두 쪽, 네 쪽, 여섯 쪽으로 가른 것을 실험한 결과 대나무를 두 쪽으로 가른 가장 큰 것도 평죽보드가 가능하므로 횡단면을 길이방향으로 두쪽으로 자른 후에 마디를 포함한 것과 포함하지 않는 시편을 제조하여 요소용액(포화용액, 1/2, 1/4, 1/8포화용액)처리, 농암모니아수처리(29%), 일반 페놀수지 PF1(5%, 20%, 40% NVC)용액, 저분자 페놀수지 PF2(10%, 20%, 30%, 40%, 50% NVC)용액 등을 감압주입 (진공주입, 진공압 76cmHg, 처리시간 24hr)하였다.

Table 2-2. 희석된 주입처리약제의 성질 (PF)

	NVC	pH	Viscosity(cps)
PF 1	5	10.23	11.5
	20	11.05	25.75
	40	11.78	38.75
	undiluted(50)	12.19	237.5
PF 2	10	10.28	20
	20	1.069	24.3
	30	11.01	28.5
	40	11.32	33.9
	undiluted(50)	11.66	120.4

다. 대나무의 압축 평죽화

처리약제로 처리된 대나무시편을 가정용 Microwave로(농암모니아수: 2분, PF: 1분, UF:30초)처리하고 바로 Hot Press로 열압(145℃, 2kg/㎠, 10분)하여 평판가공하였다. 이때 예비실험을 통하여 Microwave 처리시간은 30초,1분, 90초, 2분 중에서 PF1, 2의 경우는 1분이 가장 좋았고, 열압조건도 압력 2kg/㎠, 5kg/㎠, 10kg/㎠, 50kg/㎠, 100kg/㎠ 중에서 2kg/㎠이 가장 좋았으며 열압시간도 3분, 5분, 10분 중에서 10분이 가장 좋았다.

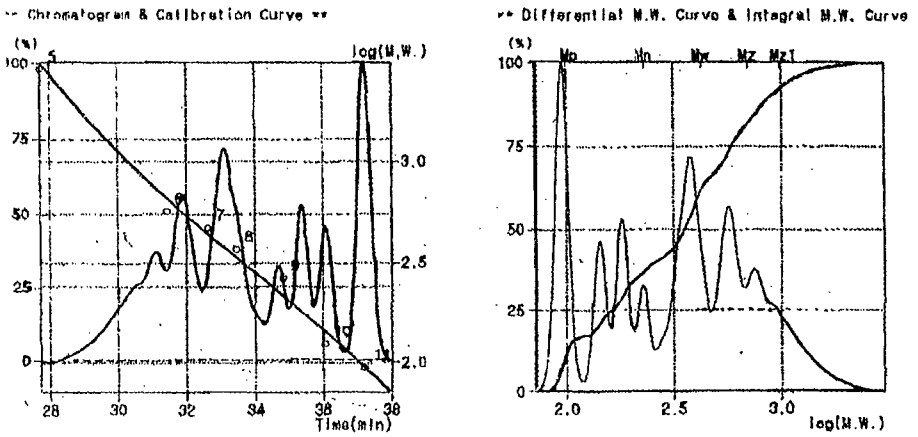


Figure 2-1. 제조된 PF1의 GPC에 의한 분자량 측정 그래프

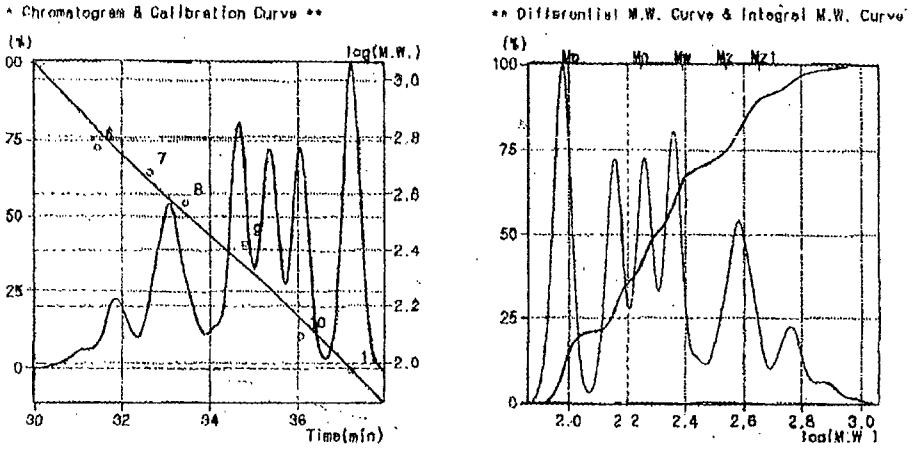
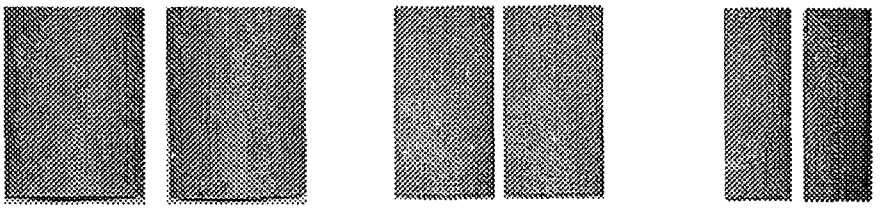


Figure 2-2. 제조된 PF2의 GPC에 의한 분자량 측정 그래프



두 쪽　　네 쪽　　여섯 쪽

Photo 2-1. 압축평죽화 보드 제조를 위한 시편의 절단

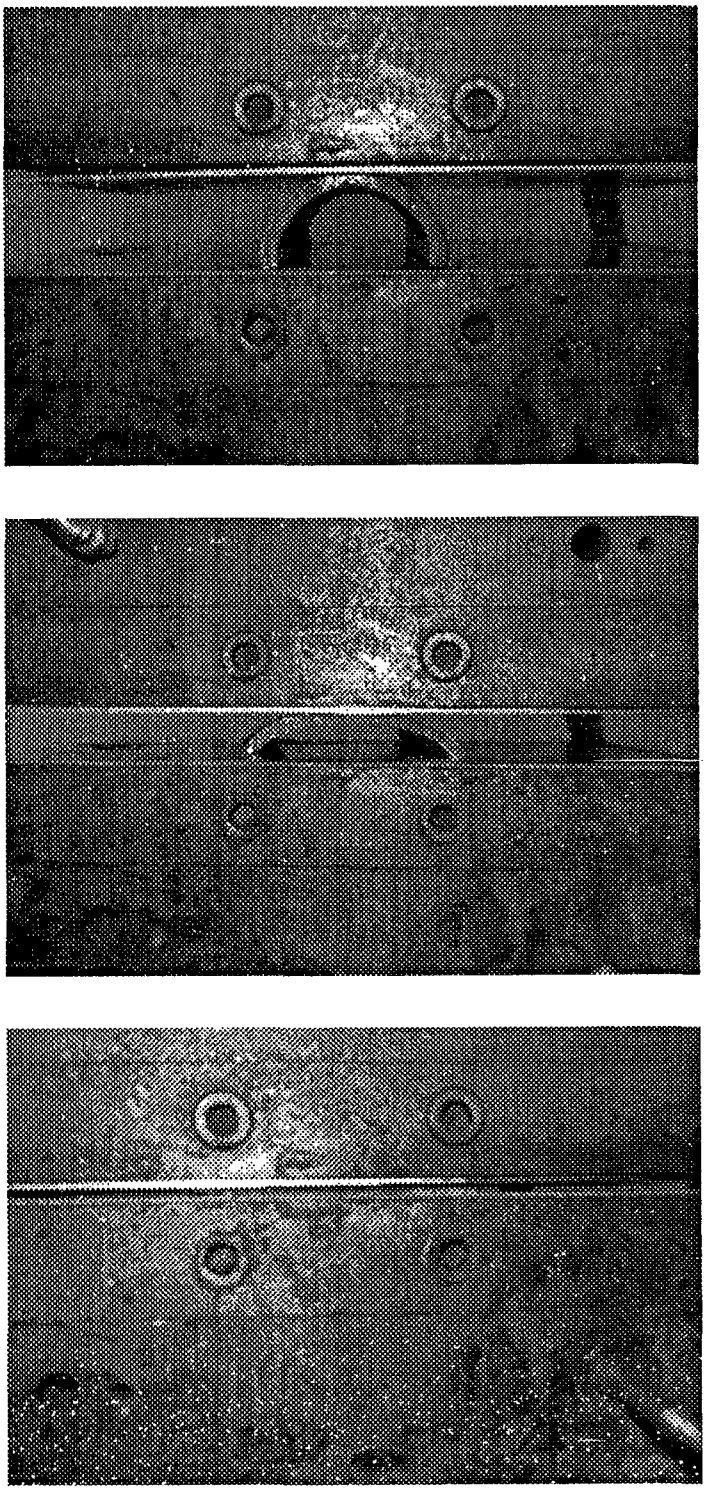


Photo 2-2. 대나무 압축평죽화 과정

라. 압축평죽화 집성재 제조

압축 평죽화에 가장 적정하고 실패율이 가장 적었던 평죽 가공된 왕대, 분죽 3개월생을 이용하여 대나무 압축평죽화 집성재를 제조하였다. 제조적정조건을 구명하기 위하여 같은 섬유방향으로 2매, 3매, 4매로 구성된 대나무 집성재를 제조하였는데, 이때 접착제로는 PF(페놀수지 NVC 50%)와 PRF(페놀-레조르시놀수지 NVC 60%)를 사용하였다. PF수지와 PRF수지의 편면 도포량은 120g/m^2 였으며 PF의 경우 경화제(Na_2CO_3)를 수지100g당 1.2g을 첨가하고 열압조건은 145℃에서 각 접착층의 온도가 100℃가 된후 2분간 더 열압 하였는데 충분한 수지경화 시간을 고려하여 2매, 3매의 경우 10분, 4매의 경우 20분으로 하였다. 이때 접착층의 온도는 예비실험으로 Thermometer를 사용하여 측정하였다. PRF수지의 경우 경화제(powder형)를 수지첨가량의 20%를 첨가하였으며 24시간동안 상온경화형으로 냉압 하였다. 이때 열압압력은 두 수지조건 모두 10kg/cm^2 였다.

마. 제품의 물리·기계적 성질 측정

평죽 압축화 대나무는 KS F 2201, 2202, 2208에 의하여 물리·기계적 성질을 측정하였다.

바. 통 계 처 리

각 조건별로 제조한 제품의 물리·기계적 성질에 대하여 처리간 통계적인 유의성을 알아보기 위하여 던컨의 신다중검정법(Duncan's new multiple range test)으로 통계 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 압축 평죽화 보드 처리공정

지금까지 대나무 마루판(15mm 두께의 경우)은 집성재 형태로 3매로 집성되고 폭은 9.5cm이며 5mm 크기의 혀와 홈(Tongue and groove)을 갖고 있다. 대나무를 반쪽으로 하여 평죽으로 하는 폭에 해당하는 폭9.5cm를 만드는데 기성 대나무 마루판은 6개의 대나무 쪽을 접합하여 하나의 라미나를 구성하고 있으며 마루판중에서는 제일 고가를 받고 있다.

예비실험에서 대나무 수종별로 횡단면 길이 방향으로 두 쪽, 네 쪽, 여섯 쪽으로 가른 것을 실험한 결과 대나무를 두 쪽으로 가른 가장 큰 것도 평죽보드가 가능하므로 횡단면을 두 쪽으로 가른 것을 시편으로 약제 처리하여 가정용 Microwave로 처리하여 내부온도를 100℃로 올리고 바로 열압한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째로 요소용액은 포화용액(1300g/1 ℓ), 1/2, 1/4, 1/8포화용액의 농도에서 주입된 1년생, 2년생, 3년생 대나무 시편은 모두 할렬이 되어 요소용액주입에 의한 평죽화 처리는 모두 실패하였다.

둘째로 농암모니아수(29%농도) 용액 주입처리는 3개월생. 2년생, 3년생 모두 성공하였으나 마이크로파가열과 열압시 암모니아 냄새로 도저히 현장적응이 안되므로 액체암모니아 처리가 바람직하다고 생각되나 고가의 장비가 들기 때문에 현재 통과된 실험계획서 상으로는 추가 예산이 소요되므로 이의 실행은 어려운 실정이다.

따라서 세 번째로 일반 페놀수지인 PF1 (5%, 20%, 40%, 50% NVC)수지 주입처리와 저분자량 페놀수지인 PF2 (10, 20, 30, 40, 50% NVC)를 통한 평죽가공화는 PF1과 PF2 공히 마디가 없는 부분은 분죽과 왕대 3개월생 모두 성공하였으나 PF1의 20%, 40%와 PF2의 20%, 30%, 40%경우는 표면에 수지색깔이 강하게 남아 미관상 보

기가 좋지 않았으며 PF1과 PF2의 원액(50% NVC)주입처리의 경우 평판가공시 할렬이 발생하여 실패 하였다. 같은 농도 PF 수지조건(20%, 40%)에서 PF수지의 주입율은 PF2가 PF1보다 약간 높았고 평죽가공시 작업이 PF2가 PF1보다 손쉽게 진행되었다. PF1의 경우 5%, PF2의 경우 10%가 적당하였으나 물리기계적 성질은 동일하므로 경제적 면을 고려한다면 PF2의 10%가 적당하였다. 예비실험 결과 PF1과 PF2모두 마디가 있는 시편의 평죽가공은 마디부부터 할렬이 발생하여 실패하였다. 2년생, 3년생의 경우는 할열이 발생하여 실패율이 50%정도로 높았으며 5% PF1처리 압축평죽화보드의 경우 마디 없는 것은 분죽, 왕대 모두 100% 성공하였으나 맹종죽의 경우 70% 성공하였고 마디가 있는 경우는 분죽, 왕대의 경우 20%만 합격하였다. (Table 2-3 참조) 따라서 차후의 실험은 가장적절한 주입처리조건인 PF2 10%용액을 주입처리하여 100% 성공한 마디없는 길이가 긴 왕대, 분죽 3개월생을 이용하여 길이접합 집성재와 comply 복합체를 개발하고 물리·기계적 성질을 구명하겠다.

Table 2-3. 마디의 유무에 따른 수종별 5% PF처리 압축평죽화보드의 등급

	마디 無(%)						마디 有(%)					
	합격	불합격					합격	불합격				
		1등급	2등급	3등급	4등급	5등급		1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
분 죽	100	-	-	-	-	-	20	20	50	-	10	-
왕 대	100	-	-	-	-	-	20	10	20	10	10	30
맹종죽	70	-	20	10	-	-	-	-	20	30	30	20

* 합 격: 결점 없음

1등급: 표면은 할렬이 없고, 이면할렬길이 3~5cm, 본수가 3개이하

2등급: 표면은 할렬이 없고, 이면할렬길이 6~7cm, 본수 4개

3등급: 표면할렬 5cm 본수 1개, 이면할렬 7cm, 본수 5개

4등급: 표면할렬 7cm 본수 2개, 이면할렬 10cm 본수 5개

5등급: 표면할렬 10cm 본수 4개, 이면할렬 15cm이상 본수 5개이상

2. 압축 평죽화 보드의 물리적 성질

PF1 5%, 20%, 40%와 저분자 PF2 10%, 20%, 30%, 40%로 주입된 PF수지의 주입량과 압축 평죽화 대나무의 물리적성질은 Table 2-4, 2-5, 2-6 에서 보여진다. PF1과 PF2의 원액주입처리의 경우는 평판가공시 할열이 발생하여 기술하지 아니하였다. 주입처리하여 압축평죽화한 결과 왕대의 경우 비중은 0.07~0.26 정도 증가하였으며 기건함수율은 1.8~4.8% 정도 감소하는 경향을 보였다. 분죽의 경우도 비중은 원죽에 비하여 0.03~0.36정도 증가했으며 기건함수율은 2.5~4.4%정도 감소한 경향을 보였다. 원죽에 대한 압축평죽 대나무의 흡수율 및 흡수량은 왕대의 경우 원죽에 비하여 흡수율 35~62%, 흡수량 54~68%의 감소현상을 보였고 분죽의 경우도 흡수율 29~63%, 흡수량 43~58%의 감소현상을 보였다. 조건별로 물리적 성질이 큰 차이를 보이지 않으므로 PF1 5%와 PF2 10%가 표면색깔과 경제적인면을 고려한다면 두 조건이 가장 적절한 처리 조건이라 할 수 있겠다.

Table 2-4. 감압주입처리에 의한 PF수지의 주입율 (전건무게 기준)

		P. bambusoides		*P. nigra var*	
	NVC(%)	Weight gains(%) F=49.87**	Duncan test	Weight gains(%) F=97.12**	Duncan test
PF1	5	3.34±0.45	E	2.16±0.11	F
	20	5.38±1.41	D	4.18±0.18	E
	40	7.26±0.26	C	6.64±0.49	BC
PF2	10	4.17±0.28	DE	2.87±0.13	F
	20	5.58±0.21	D	4.94±0.61	DE
	30	8.93±0.54	B	5.64±0.36	CD
	40	8.98±0.58	B	6.97±0.39	B
	50	11.08±0.66	A	9.68±0.71	A

Table 2-5. PF 수지주입에처리에 의한 압축평죽화보드의 물리적성질

		P. bambusoides				P. nigra var			
		Density F=53.10**	Duncan	M.C(%) F=16.77**	Duncan	Density F=43.73**	Duncan	M.C(%) F=4.07**	Duncan
Control		0.78±0.03	C	10.19±0.46	A	0.76±0.05	C	10.01±0.31	A
PF 1	5	0.85±0.03	B	8.37±0.70	B	0.79±0.01	B	7.47±0.29	C
	20	1.01±0.03	A	5.58±0.14	C	1.00±0.08	A	6.68±0.85	C
	40	1.03±0.02	A	5.43±0.35	C	1.03±0.06	A	5.65±0.92	C
PF 2	10	1.00±0.04	A	6.70±1.10	BC	1.01±0.01	A	7.20±2.41	BC
	20	1.07±0.02	A	5.63±1.00	C	1.04±0.07	A	7.17±0.21	BC
	30	1.05±0.06	A	5.62±1.10	C	1.05±0.01	A	6.72±1.47	C
	40	1.04±0.03	A	5.46±0.43	C	1.12±0.05	A	6.22±0.37	C

* M.C : Moisture contents

Table 2-6. PF주입처리에 의한 압축평죽화보드의 흡수량 및 흡수율

		P. bambusoides				P. nigra var			
		W.A(%) F=33.37**	Dun	W.W.A(g/㎠) F=30.92**	Dun	W.A(%) F=129.4**	Dun	W.W.A(g/㎠) F=24.32**	Dun
Control		30.56±3.25	C	0.068±0.01	B	28.13±0.99	D	0.055±0.01	B
PF 1	5	11.57±1.04	A	0.022±0.0017	A	10.32±0.90	A	0.022±0.0007	A
	20	15.06±0.93	A	0.027±0.001	A	11.53±0.69	AB	0.024±0.001	A
	40	19.85±1.99	B	0.031±0.0046	A	19.95±0.79	C	0.031±0.0074	A
PF 2	10	13.51±2.09	A	0.024±0.0018	A	12.01±0.97	AB	0.023±0.0014	A
	20	12.12±0.85	A	0.025±0.0034	A	12.07±1.07	AB	0.023±0.0016	A
	30	15.01±1.61	A	0.029±0.0042	A	12.80±0.65	B	0.027±0.001	A
	40	15.54±1.80	AB	0.028±0.001	A	13.84±1.15	B	0.027±0.0024	A

* W.W.A : Weight of water absorption per unit area

3. 압축평죽화 보드의 기계적 성질

각 조건의 압축평죽화 대나무의 기계적 성질은 Table 2-7 에서 보여진다. 압축평죽화 대나무의 기계적성질은 원죽에 비하여 상당히 개선된 면을 보여주는데 왕대의 경우 원죽에 비하여 휨강도 57~79%, 압축강도 39~110%의 증가를 보였고 분죽의 경우 휨강도 45~90%, 압축강도 54~94%의 증가를 보였으며 특히 PF1의 5%와 PF2의 10%가 다른 조건보다도 좋은 기계적 성질을 보여주었다.

Table 2-7 압축평죽화보드의 기계적 성질

		P. bambusoides				P. nigra var			
		B.S(kgf/㎠) F=15.15**	Dun	C.S(kgf/㎠) F=26.48**	Dun	B.S(kgf/㎠) F=10.10**	Dun	C.S(kgf/㎠) F=9.49**	Dun
Control		1559.57±87.46	B	744.68±3.87	F	1473.33±184.60	C	727.83±27.69	B
PF 1	5	2819.34±147.82	A	1067.66±48.12	DE	2801.02±78.19	A	1120.48±28.43	A
	20	2670.83±184.31	A	1123.13±64.36	CDE	2284.21±141.02	AB	1139.49±161.49	A
	40	2459.35±242.97	A	1293.33±79.14	BC	2206.35±264.53	B	1153.51±105.50	A
PF 2	10	2558.75±143.71	A	1032.66±160.42	E	2749.37±127.39	A	1187.26±234.93	A
	20	2493.27±220.94	A	1267.69±75.53	BCD	2451.35±229.09	AB	1274.21±8.73	A
	30	2448.81±178.49	A	1372.36±79.32	B	2307.41±265.93	AB	1304.71±77.45	A
	40	2488.62±26.30	A	1574.81±80.89	A	2142.26±367.99	B	1413.34±62.09	A

* B.S : Bending strength

C.S : Compression strength

4. 압축평죽화 접성재의 물리적 성질

평죽화 접성재의 기건밀도, 기건함수율, 두께팽윤율, 흡수율은Table 2-8, 2-9 와 같다. 왕대와 분죽 모두 PF2 (분자량 Mn:177, Mw:246 Mw/Mn 1.393)10%로 처리한 평죽보드를 사용하였으며 평죽보드의 함수율(5~7%)보다 평죽 접성재의 함수율(4~5%)은 열압으로 약간 감소한 수치를 나타내며 흡수율도 평죽(11~13%)보다 열압과 PF와 PRF의 접착층의 영향으로접성재(6~9%)의 흡수율이 개선되었음을 알 수 있다. Table 2-10은 압축평죽화보드의 Spring back현상에 따른 원래 둥근 형태의 모습으로 되돌아가는 현상을 측정하기 위한 회복율로서 흡수율 시편의 대나무 목구면(횡단면)의 수직높이(mm)를 표시한다. 이러한 약간의 휨작용은 평죽접성재를 서로 대나무 내부표면끼리 접착하거나 4매로 balance를 잡으면 거의0mm로 되어 매우 치수안정성이 높은 제품을 제조할수 있었다.

Table 2-8. 평죽집성재의 기건밀도 및 기건함수율

		P. bambusoides				*P. nigra var*			
		Density F = 33.55*	Dun	M. C (%) F = 9.23*	Dun	Density F = 320.49*	Dun	M. C (%) F = 3.89*	Dun
Control		1.0±0.04	D	6.70±1.10	A	0.99±0.01	E	7.20±2.41	A
PF	2 Ply	1.12±0.01	CD	4.36±0.16	AB	1.1±0.01	D	5.17±0.32	B
	3 Ply	1.14±0.01	CD	3.37±0.16	B	1.17±0.01	B	4.76±0.10	B
	4 Ply	1.15±0.01	BC	4.21±0.21	B	1.30±0.01	A	4.48±0.08	B
PRF	2 Ply	1.21±0.01	A	4.61±1.02	AB	1.12±0.01	C	4.32±0.17	B
	3 Ply	1.18±0.01	AB	4.76±0.15	AB	1.12±0.01	C	5.28±0.03	B
	4 Ply	1.16±0.02	BC	4.08±0.29	B	1.13±0.01	C	4.05±0.01	B

* M.C : Moisture contents

Table 2-9. 평죽집성재의 두께팽윤율 및 흡수율

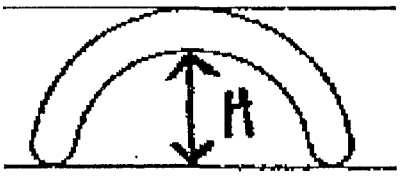
		P. bambusoides				*P. nigra var*			
		T. S (%) F = 14.87*	Dun	W. A (%) F = 30.63*	Dun	T. S (%) F = 6.16*	Dun	W. A (%) F = 48.17*	Dun
Control		11.49±1.16	C	13.51±2.09	D	9.90±3.67	B	12.01±0.97	D
PF	2 Ply	4.19±0.92	AB	6.55±0.02	B	5.43±0.64	A	6.18±0.32	AB
	3 Ply	4.39±0.38	AB	7.16±0.28	BC	8.00±0.48	B	6.64±1.13	B
	4 Ply	6.01±1.76	AB	6.22±0.39	B	8.64±0.24	B	9.93±0.05	C
PRF	2 Ply	3.30±0.01	A	4.90±0.12	A	3.70±0.37	A	5.64±0.37	AB
	3 Ply	5.85±0.65	AB	8.68±0.54	BC	3.77±0.19	A	5.20±0.02	A
	4 Ply	4.00±1.79	AB	7.21±0.64	BC	4.02±2.95	A	6.31±0.58	AB

* T.S : Thickness swelling

W.A : Water absorption

Table 2-10. 압축평죽화보드의 spring back현상에 따른 회복율

		P. bambusoides		*P. nigra var*	
	NVC(%)	Recovery ratio (mm) F=8.84*	Duncan test	Recovery ratio (mm) F=8.78*	Duncan test
PF1	5	3.22±0.04	C	2.95±0.72	C
	20	2.77±0.40	BC	2.33±0.43	BC
	40	2.22±0.32	B	1.63±0.05	AB
PF2	10	2.99±0.41	C	2.81±0.27	C
	20	2.74±0.24	BC	2.50±0.13	C
	30	2.62±0.04	BC	1.56±0.26	A
	40	1.44±0.58	A	1.44±0.26	A



* Recovery ratio : Spring back 현상에 의하여 24시간 흡수를 시킨후 다시 흡수율시편이 대나무 원래 형태로 휘어진 수직높이 H mm

5. 압축평죽화집성재의 기계적 성질

평죽집성재의 전단접착강도는 아래표(Table 2-11)와 같으며 휨강도와 압축강도는 Table 2-12과 같다. 목재집성재의 경우 KS F 3118(1989)에 의하면 접착전단강도는 침엽수 B급의 경우에도 최소 55kgf/㎠를 요구하고 있고 목부 파단율도 60%를 요구하고 있다. 그러나 대나무는 목재와 달리 활렬성이 강하면서 PF의 주입처리에 의하여 매우 위약하여 목재보다 접착력은 떨어지는 결과를 나타냈고 목재파단율은 PF 10% 침투처리를 한 평죽으로 대나무 특성상 접착층에서 모두 분리가 일어나 0 이었다. 평죽 죽간 내부표면(이면)끼리 접착하는 것이 죽간표면의 왁스(큐틴)층과 내부표면을 접착하는 것보다 우수한 접착성능을 나타냈고 분죽보다 왕대가 보다 좋은 접착성능을 나타냈다. 수종별로 휨강도와 압축강도를 비교하여보면 왕대(1856 ~ 2448 kgf/㎠)가

분죽(1468 ~2183kgf/㎠)보다 높은 휨강도를 나타냈고 휨강도시 접착층의 수평층 분리로 매수가 증가할수록 휨강도 저하 현상이 나타나지만 일반적인 침엽수 A급 집성재의 휨강도 KS규격은 450 kgf/㎠이상을 요구하고 있으나 Table 2-12과 같이 평죽집성재의 휨강도는 왕대 PF수지접착의 경우 1856 ~2448kgf/㎠을 나타내어 목재집성재의 약 4.8배를 보여주고 있고 PRF수지접착의 경우 1569 ~2218kgf/㎠ 치를 나타내어 목재 집성재 보다 4.2배의 훨씬 높은 휨강도 치를 나타내고 있다.

Table 2-11. 평죽집성재의 전단접착강도

Adhesive	*P. bambusoides*		*P. nigra var*	
	I.S+I.S	O.S+O.S	I.S+I.S	O.S+O.S
PF	40.62±5.78	34.22±3.99	33.72±3.45	24.99±2.66
PRF	32.78±1.58	29.06±2.31	29.45±3.18	26.37±2.22

* I.S : Inner surface
* O.S : Outer surface
* mean±SD
* KS F 3118(1989)-블록전단강도 및 목재파단율기준 : 침엽수 B급 55kgf/㎠ (목부파단율60%)
* 목재파단율은 0 임

Table 2-12. 평죽집성재의 휨강도 및 종압축강도

		P. bambusoides			*P. nigra var*			
		B. S (kgf/㎠) F = 3.15*	Dun	C. S (//) (kgf/㎠) F = 0.23ns	B. S (kgf/㎠) F = 50.49*	Dun	C. S (//) (kgf/㎠) F = 2.32*	Dun
Control		2558.75±143.71	A	1032.66±160.42	2749.37±127.39	A	1187.26±234.93	A
PF	2 Ply	2448.19±244.09	A	1079.08±65.13	2183.04±21.06	B	1221.11±67.64	A
	3 Ply	1856.34±835.93	AB	1022.94±98.99	1790.86±84.96	C	1171.17±66.31	A
	4 Ply	1899.68±304.41	AB	975.13±102.08	1468.02±13.02	D	1080.31±53.90	AB
PRF	2 Ply	2218.60±14.50	AB	1045.09±299.74	2054.46±178.64	B	1246.85±64.72	A
	3 Ply	1569.25±177.52	B	1072.58±248.19	1705.90±169.92	C	1193.57±62.59	A
	4 Ply	1618.50±343.48	B	939.24±191.39	1475.02±33.19	D	947.28±147.49	B

* B.S : Bending strength

C.S : Compression strength

제 4 절 결 론

본 연구는 평죽 가공성이 뛰어난 국내산 대나무(왕대, 분죽) 3개월생을 이용하여 저분자량페놀수지를 제조 대나무에 쉽게 침투할 수 있도록 하고 가정용전자레인지를 이용 예비처리하여 바로 열압시켜 평죽화하는 공정을 개발하고자 1차년도에 평죽화공정을 실시하였으며 1차년도에 개발한 평죽가공된 압축평죽화보드를 평행하게 집성한 집성재를 2차년도에 제조하여 그 물리 · 기계적 성질을 구명한 결과는 다음과 같다.

〈1년차 연구〉

1. PF1(중량평균분자량 427)과 PF2(중량평균분자량 246)주입처리에 의한 평죽가공은 성공하였으며 PF1(중량평균분자량 427)과 PF2(중량평균분자량 246)는 같은 농도조건에서 비슷한 수지주입율을 보이나 PF2의 경우가 PF1보다 평죽가공이 쉽게 진행되며 농도가 낮을수록 (PF1:5%, PF2:10%)표면색깔, 물리 · 기계적 성질 및 경제성 등으로 보아 평죽가공화에 가장 적정하였다.

2. PF1은 5%용액에서 왕대, 분죽 모두 평죽가능 하였으며 원죽대비 흡수율 62~63%, 흡수량 59~66% 감소효과와 휨강도 80~90%, 압축강도 43~54% 증가효과를 나타냈다.

3. PF2는 10%용액에서 왕대, 분죽 모두 평죽가능 하였으며 원죽대비 흡수율 56~57%, 흡수량 58~63% 감소효과와 휨강도 64~86%, 압축강도 39~63% 증가효과를 나타냈다.

〈2년차 연구〉

1. 평죽보드의 함수율(5~7%)보다 평죽 집성재의 함수율(4~5%)은 열압으로 약간 감소한 수치를 나타내며 흡수율도 평죽(11~13%)보다 열압과 PF와 PRF의 접착층의 영향으로집성재(6~9%)가 개선되었다.

2. 평죽 죽간 내부표면(이면)끼리 접착하는 것이 죽간표면의 왁스(큐틴)층과 이면을 접착하는 것보다 우수한 접착성능을 나타냈고 분죽보다 왕대가 보다 좋은 접착성능을 나타냈다.

3. 2매또는 4매로 집성하여 1차로 대나무 내부표면끼리 접착하도록 하여 balance를 잡아주면 Spring back현상이 나타나지 않는다.

4. 평죽집성재의 휨강도는 왕대 PF수지접착의 경우 1856 ~2448kgf/㎠을 나타내고 PRF수지접착의 경우 1569 ~2218kgf/㎠ 치를 나타내어 일반적인 침엽수 A급 집성재의 휨강도 KS규격 (450 kgf/㎠이상)보다4.2~4.8배의 훨씬 높은 휨강도 치를 나타낸다.

제 5절 참 고 문 헌

2. Hodge, W. H.1961.Bamboo in the united States. USDA Handbook.No 193. US Gov't. Print. Off., Washington, D.C.

4. Jindal, U. C. 1986. Development and testing of bamboo-fiber reforced plastic composites. J. of Composite Material (20):19-29

5. Korean Standard Association.1997. KS F 2102, 2202, 2208

1. Lee, A. W. C., X. Bai and A. P. Bangi.1997. Flexural properties of Bamboo-reinforced southern pine OSB beams, Forest Prod. J.,Vol, 47(6);74~78

3. Lee, H. H., S. K. Kang., G. E. Kim. 2000. Development of Bamboo Strand Board made from 3months old domestic bamboo species. Joun. of kor. Society of Furniture Tech. 11(2):45-53

6. Ma, L. Y. Kupoki., W. Nagadomi., B. Subiyanto., S. Kawai and H. Sasaki.1997. Manufacture of Bamboo - Cement Composites - Effects of additiveson hydration characteristics of bamboo-cement mixtures: JWRS Vol. 43, No. 9, p.754-761.

7. Ma, L., O. R. Pulido., H. Yamauchi., S. Kawai and H. Sasaki. 1998. Manufacture of Bamboo-Cement Composites V -Effects of sodium silicate on bamboo - cement composite by hot pressing : JWRS Vol. 44, No. 6, p.425-432.

8. Ma, L. S. Kawai and Hiraru Sasaki.1999. Manufacture of Bamboo - Cement Composites VI- Effects of silicate fume addition and heat-treatment on properties of hot-pressed boards : JWRS Vol. 45, No. 1, p.25-33.

9. Mori, M. 1987. Process of flattening bamboo pieces utilizing microwave heating. Mokuzai Gakkaishi Vol.33(8):630-636

10. Mori, M. 1987. The effect of sealing polymers painted on cross-sections of bamboo pieces on internal temperatures during microwave irradition. Mokuzai Gakkaishi Vol.32(10):777-781

11. So, W. T., Y. S. Kim., W. Y. Chung and H. W. Lee.1999.Wood characteristics of *Phyllostachys bambusoides*, Phyllostachys nigra var.henoins, and *Phyllostachys punescens* Grown in Damyang District. Mokchae Konghak 27(2):7~14.

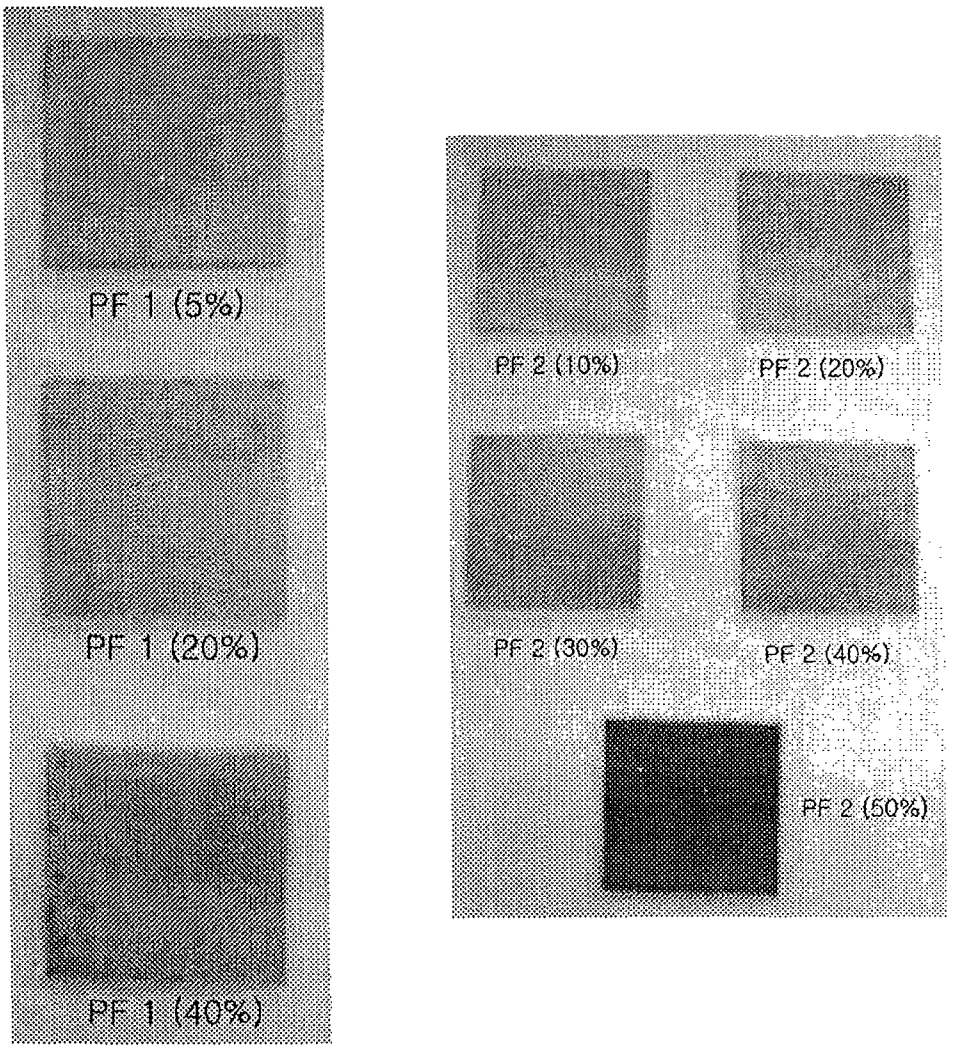
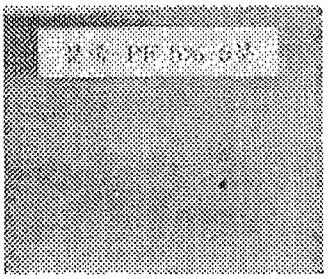
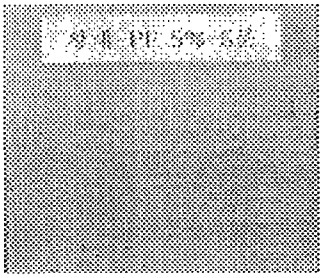


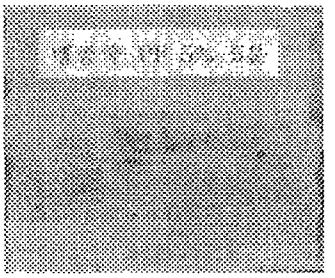
Photo 2-3. PF주입처리에 따른 압축평죽화보드 시편의 내부표면 색깔



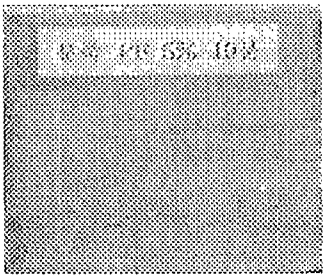
분죽-PF1 5%-5분



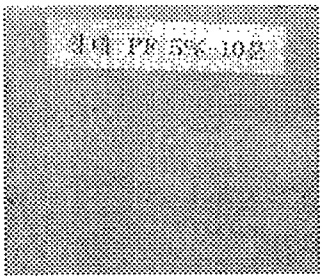
왕대-PF1 5%-5분



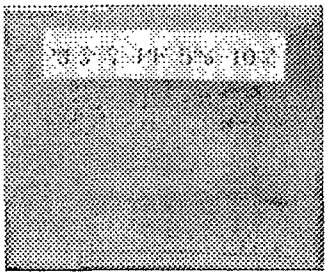
맹종죽-PF1 5%-5분



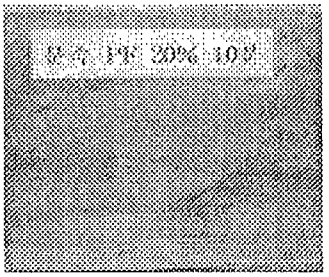
분죽-PF1 5%-10분



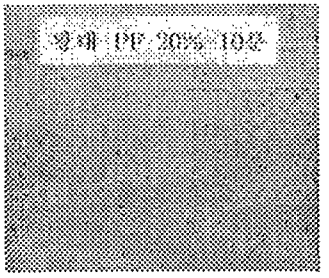
왕대-PF1 5%-10분



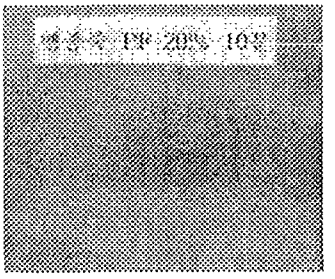
맹종죽-PF1 5%-10분



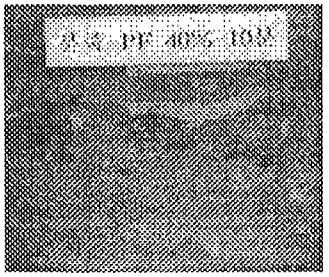
분죽-PF1 20%-10분



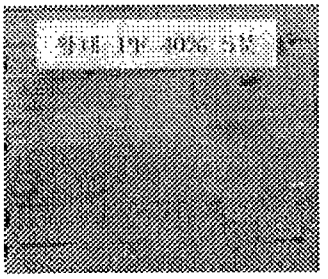
왕대-PF1 20%-10분



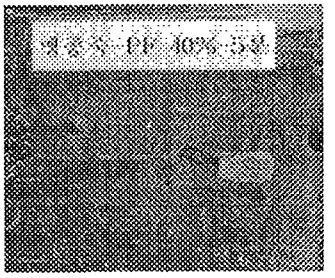
맹종죽-PF1 20%-10분



분죽-PF1 40%-10분

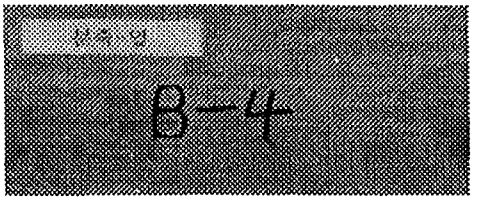


왕대-PF1 40%-5분

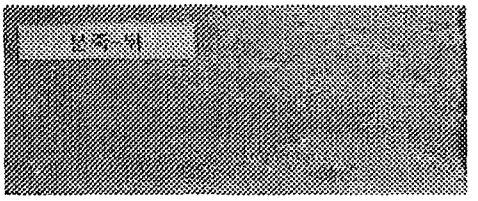


맹종죽-PF1 40%-5분

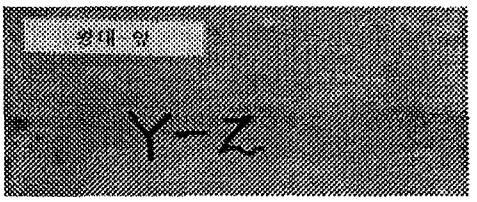
Photo 2-4. 페놀수지 첨가량과 열압시간에 따른 압축 평죽화



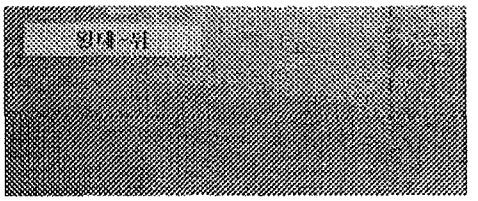
분죽 20cm - 앞



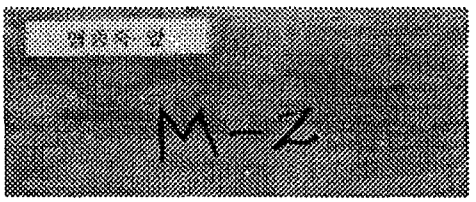
분죽 20cm - 뒤



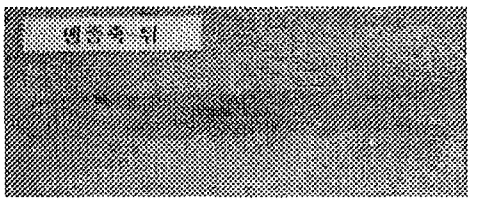
왕대 20cm - 앞



분죽 20cm - 뒤

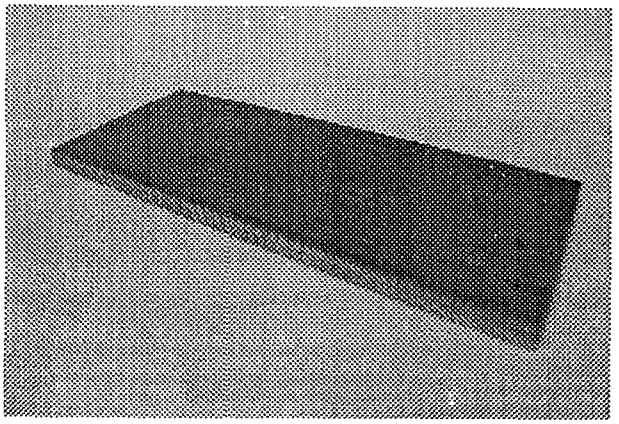


맹종죽 20cm - 앞

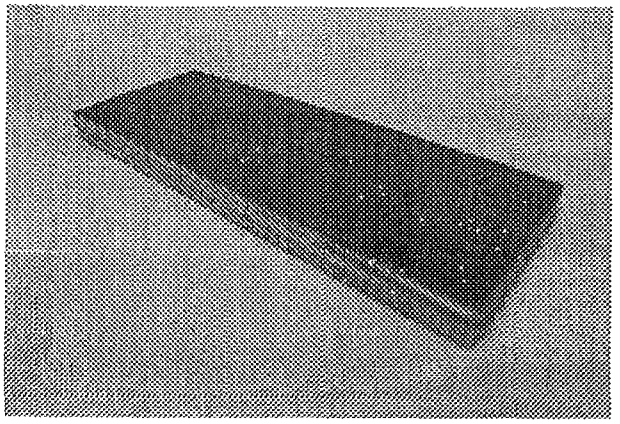


분죽 20cm - 뒤

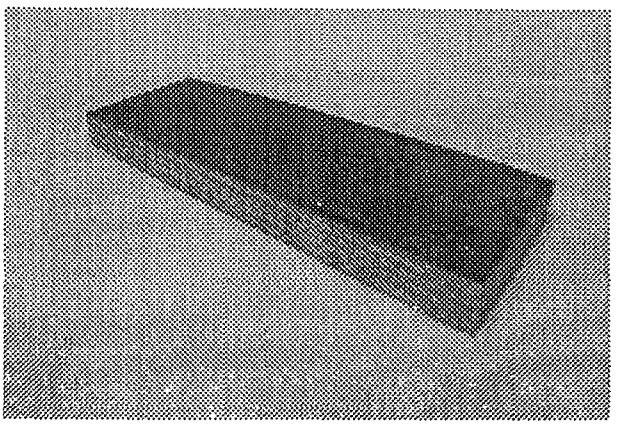
Photo 2-5. 성공한 처리 압축평죽화 보드



a. PF 왕대 평죽2매 집성재

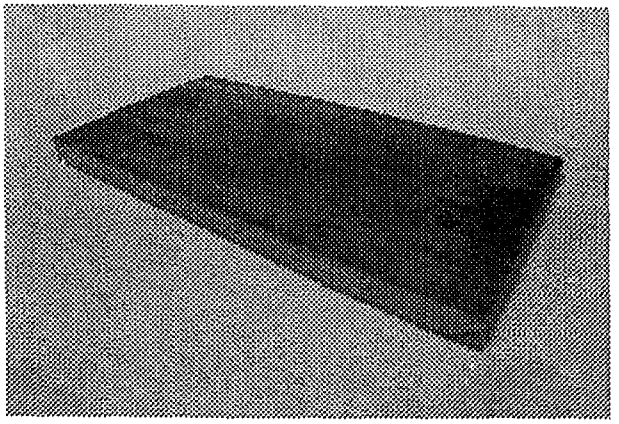


b. PF 왕대 평죽3매 집성재

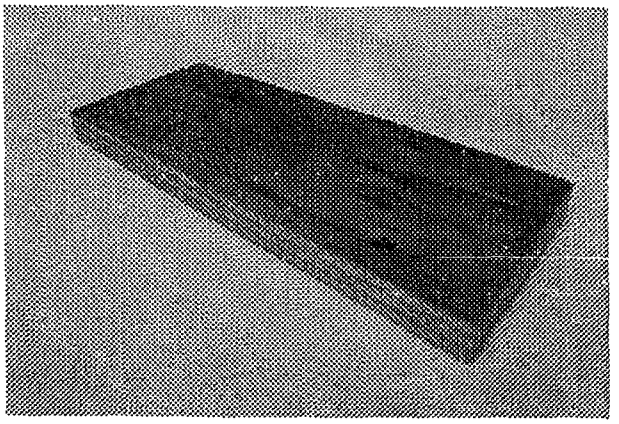


c. PF 왕대 평죽4매 집성재

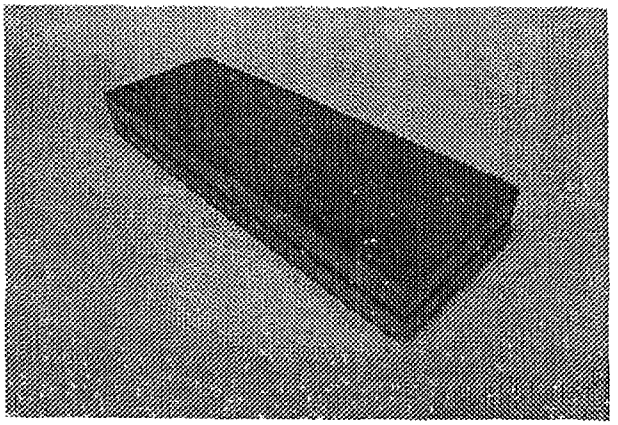
Photo 2-6. PF 왕대 평죽집성재 사진



a. PF 분죽 평죽2매 집성재

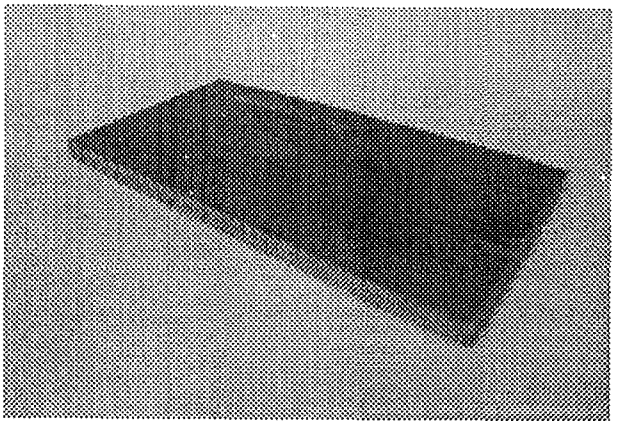


b. PF 분죽 평죽3매 집성재

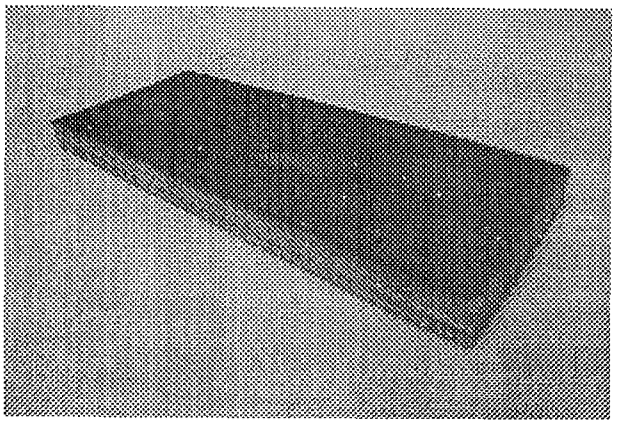


c. PF 분죽 평죽4매 집성재

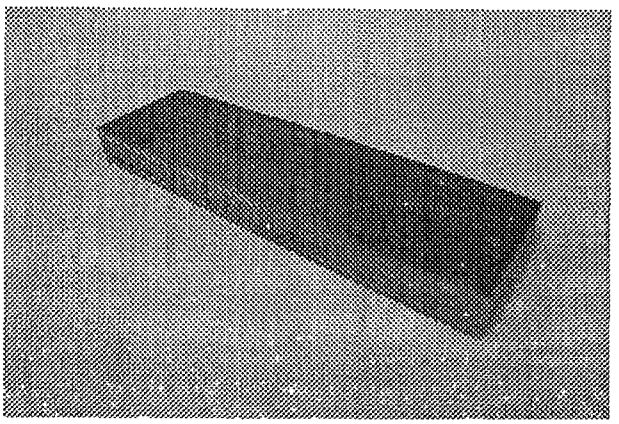
Photo 2-7. PF 분죽 평죽집성재 사진



a. PRF 왕대 평죽2매 집성재

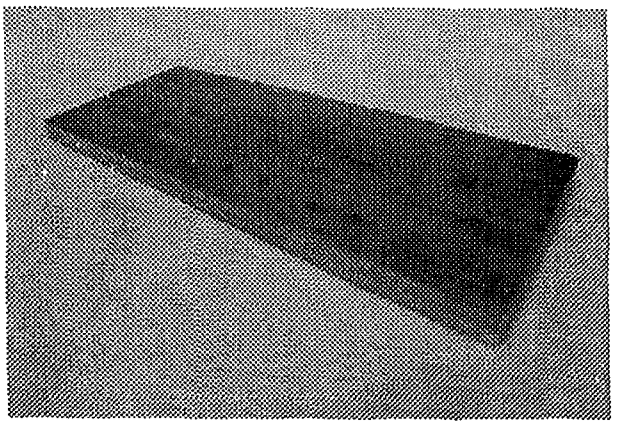


b. PRF 왕대 평죽3매 집성재

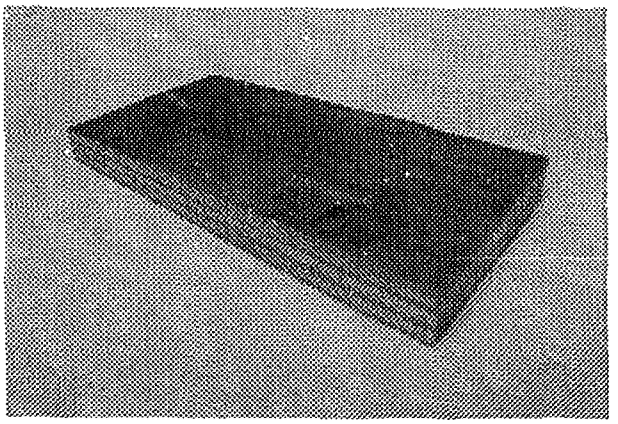


c. PRF 왕대 평죽4매 집성재

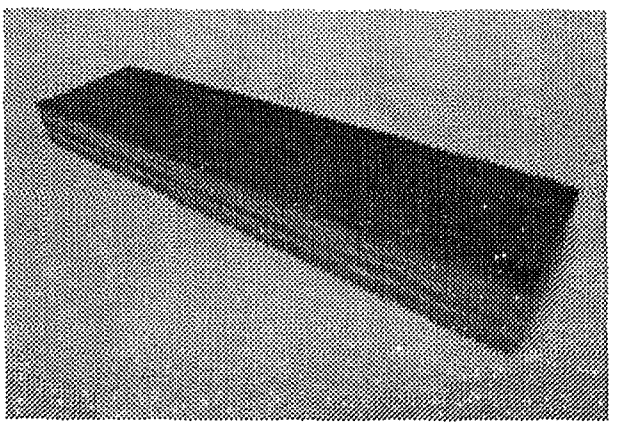
Photo2-8. PRF 왕대 평죽집성재 사진



a. PRF 분죽 평죽2매 집성재

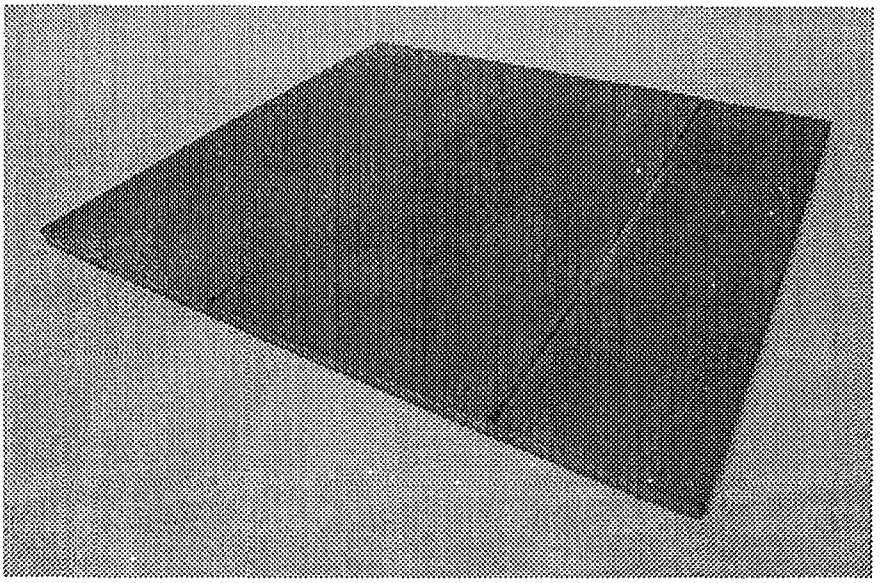


b. PRF 분죽 평죽3매 집성재

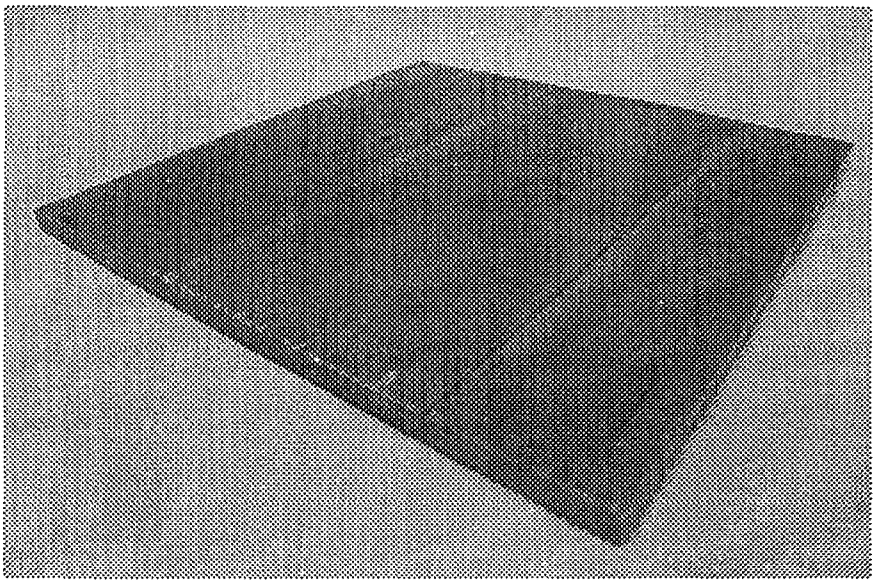


c. PRF 분죽 평죽4매 집성재

Photo 2-9 PRF 분죽평죽 집성재 사진



a. PF 왕대 평죽2매 집성재



b. PRF 분죽 평죽2매 집성재

Photo 2-10. 평죽2매 집성재

제 4 장 3개월생 국산대나무를 이용한 대나무 스트랜드 보드 개발 (1년차)

제 1절 서 언

최근 몇 년 사이 목재 파티클을 기초로한 구조복합체(플레이크보드, 웨이퍼보드, OSB)는 합판이나 집성재 같은 전통적인 복합판상재의 주류를 넘어 계속적으로 확장되고 있는데 이러한 현상은 한편으로는 원목원료의 질 저하와 대구경 원목의 감소에 기인하며 또한 인구증가와 환경론자들의 입지성장으로 구조복합재의 제조를 위한 원료의 대안으로 환경제품인 목질복합체와 비목질재료와 같은 새로운 재료의 이용을 모색하기 때문이다. 전통적으로 대나무는 아시아에서 주택, 다리(light bridge), 가구 및 공예품, 펄프등에 광범위하게 사용되어져 왔는데, Hodge(1961)의 연구에 의하면 대나무의 단위 면적당 생산량은 southern pine의 여섯배에 달하는 것으로 보고하고 있다. 맹종죽은 중국이 원산으로 최근에 도입되어 남부지방에 식재하고 있는데 한 해에 키가 약 21m정도 자라고 직경도 20㎝정도 커지며 3년이면 완전 성숙되며 개화주기는 60년으로 보고되고 있다(임업연구원 1987). 또한 최근에 대나무의 사용은 플라스틱(Jindal, 1986), 폴리머, 시멘트(Ma, 1997), 목재등과 복합체를 이루어 복합판상재인 고밀도보드, 대나무 집성재, PB, 합판, 파이버보드와 같은 다양한 구조복합체 제조 쪽으로 전개되고 있다. 이전의 Lee et al. (1996)의 연구에서 3년생 맹종죽을 스트랜드화하여 스트랜드보드를 제조하고 물리·기계적 성질을 측정하여 CSA(Canadian Standard Association)의 상업용 스트랜드보드 요구기준과 비교한 결과 24hr 침지후 두께팽윤율의 경우 CSA의 기준인 15% 이하를 만족하였으며(4.93~6.81%) 대조군인 다른 목질재료로 제조한 스트랜드보드와 비교하였을 때 MOE, MOR, IB 등에서 현저히 좋은 물성을 나타냄을 보여주었다. 또한 Lee et al. (1997)의 연구에서는 대나무 플랜지로 보강된 southern pine OSB beam의 휨강도(1038~6129 psi) 성질을 실험한

결과 보강되지 않은 southern pine OSB beam의 휨강도(576~1410 psi)보다 매우 우수한 휨강도를 나타냈다.

예전의 연구에서는 성숙한 3년생 이상의 죽재를 이용하여 스트랜드보드를 제조하고 물리·기계적 성질을 측정하였는데 본 연구에서는 3개월생 국산 대나무를 이용하여 대나무 스트랜드보드를 제조하고 2년생 및 3년생으로 만든 제품의 물리·기계적 성질과 비교 검토하여 3개월생 대나무스트랜드보드의 활용에 대한 성질을 구명하고자 실시하였다.

따라서 가장 속성으로 성장하며 단위면적당 생장량이 가장 많은 대나무를 활용하는 이 연구가 소기의 목적을 달성한다면 95%의 목재 및 목질재료를 수입하는 국내 여건에서 대나무 육림을 통한 수입 대체효과를 가져 올 수 있을 뿐만 아니라 품질향상과 기능성보강이란 차원에서 국내 목재산업의 발전에 크게 기여하리라 생각한다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시재료

가. 공시수종

본 연구의 대나무 스트랜드보드 제조를 위한 대나무는 전남 담양군 금성면 봉서리, 외추리 일대에서 생육되고 있는 왕대(*Phyllostachys bambusoides* S.et Z), 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Mazel)을 선정하고 추가로 분죽(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf.)을 선정하여 수령별(3개월생, 2년생, 3년생)로 죽간이 통직하고 외관이 건전한 원죽을 수종별로 지면 기부에서 벌채하여 실험용 재료로 사용하였으며 운반을 용이하게 하기 위해 전장을 3등분하였다.

나. 접착제

대나무 스트랜드보드를 제조하기 위한 접착제로는 pH 7.5, 점도 100-150cps, 고형분 함량 60%의 요소수지를 사용하였다

2. 실험방법

가. 대나무 스트랜드 제조

대나무 스트랜드보드를 제조하기 위하여 절(node)를 제외한 절간부(internode)를 사용하였다. 절간부를 5cm, 10cm, 15cm 길이로 절삭하여 길이방향으로 대나무 스트랜드보드를 제조하였다. 스트랜드의 두께는 0.5~0.7mm였으며, 폭은 7~8mm있다. 그리고 대나무 스트랜드보드 제조를 위한 길이별 적정조건을 구명하기 위하여 왕대, 분죽의 대나무 스트랜드를 길이별로 3수준(5, 10, 15cm)으로 하여 대나무 스트랜드를 제조하였다. 자체 개발한 스트랜더는 Photo 3-1과 같다.

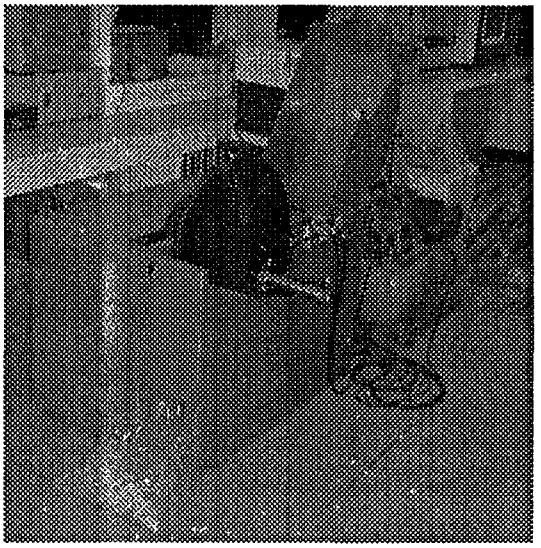


Photo 3-1. 스트랜더

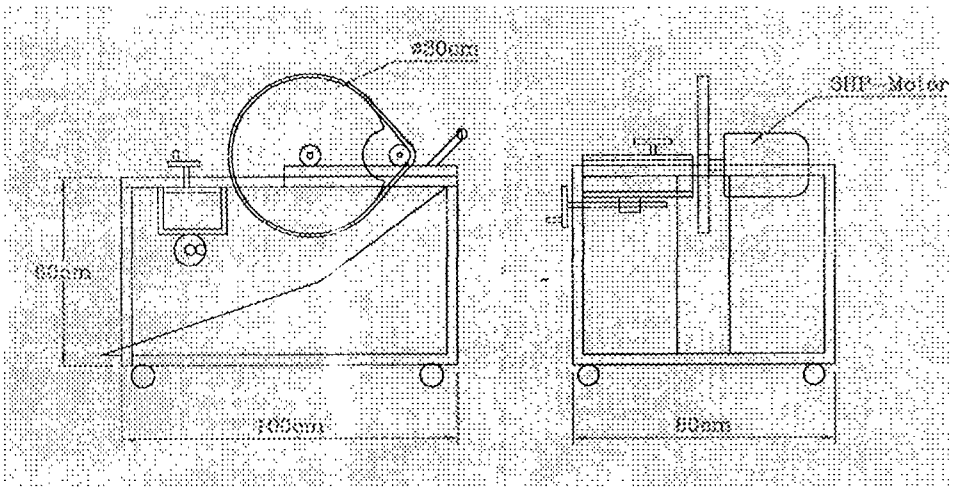


Photo 3-2. 개발된 스트랜더의 설계도면

나. 대나무 스트랜드보드 제조

제조된 스트랜드를 이용하여 20×20×1(cm^3)의 크기로 열압조건은 171℃, 5분이었으며, 1cm distance bar를 사용하였고 목표비중은 0.75로 하여 대나무 스트랜드 보드를 제조하였다. 요소수지 함지율은 스트랜드의 전건무게에 대하여 12% 처리했으며, 내수제인 파라핀 왁스 에멀젼(PWE)를 스트랜드 전건무게에 대하여 1% 처리했고, 경화제로 염화암모늄(10% 수용액)을 요소수지의 고형분량에 대해 1% 처리하였다. 대나무 스트랜드보드는 4반복으로 방향성(Orientation type)을 주고 3층(표층25%, 심층50%, 이층25%)으로 제조 하였다.

다. 제품의 물리·기계적 성질 조사

대나무 스트랜드로 제조한 대나무 스트랜드보드는 KS F 3104(1997)에 의하여 물리·기계적 성질을 측정하였다.

라. 통계처리

각 조건별로 제조한 제품의 물리·기계적 성질에 대하여 처리간 통계적인 유의성을 알아보기 위하여 던컨의 신다중검정법(Duncan's new multiple range test)으로 통계 분석하였다.

제 3절 결과 및 고찰

1. 대나무 스트랜드 보드의 물리적 성질

현재 제조된 스트랜드의 길이별 적정조건을 찾기 위하여 아래와 같이 제조한 보드의 물리적 성질을 측정한 후 비교하였고, Table 3-1과 같이 스트랜드 길이에 따른 보드의 비중과 기건 함수율은 차이가 없었고, 두께 팽윤율은 공히 KS와 CAN/CSA 규격을 만족시켰다. 수령에 따른 스트랜드 보드의 물리적 성질은 Table 3-2와 같이 차이가 없었다.

Table 3-1. 스트랜드 길이에 따른 대나무 스트랜드보드의 물리적 성질

		Physical properties				
		Density ($F=2.00^{ns}$)	M.C(%) ($F=0.99^{ns}$)	T.S(%) ($F=42.8^{**}$)	Duncan test	W.A(%) ($F=0.37^{ns}$)
P. nigra var	5cm	0.76±0.02	5.66±0.52	11.69±0.35	B	30.29±7.94
	10cm	0.73±0.02	5.90±0.39	11.14±0.18	B	33.49±9.46
	15cm	0.74±0.02	6.26±0.63	9.51±1.63	A	28.46±1.88
		Density ($F=0.45^{ns}$)	M.C(%) ($F=0.18^{ns}$)	T.S(%) ($F=1.63^{ns}$)		W.A(%) ($F=0.66^{ns}$)
P. bambusoides	5cm	0.74±0.04	5.64±0.59	12.0±0.78		30.97±0.57
	10cm	0.76±0.04	5.99±0.88	11.9±0.90		29.42±4.01
	15cm	0.75±0.02	5.73±0.70	9.3±3.4		27.67±4.54

* M.C: Moisture content

* T.S: Thickness swelling

* W.A: Water adsorption

Table 3-2. 수령에 따른 대나무 스트랜드보드의 물리적 성질

		Physical properties					
		Density ($F=2.79^{*}$)	M.C(%) ($F=3.33^{*}$)	Dun	T.S(%) ($F=108.9^{**}$)	Dun	W.A(%) ($F=29.19^{**}$)
P. nigra var	3 months old	0.76±0.02	7.75±0.07	B	11.69±0.35	B	30.29±7.94
	2 years old	0.72±0.04	5.84±0.14	B	5.48±1.22	A	32.48±4.93
	3 years old	0.77±0.04	5.38±0.50	A	7.89±1.39	A	24.54±3.14
		Density ($F=3.00^{ns}$)	M.C(%) ($F=13.36^{**}$)	Dun	T.S(%) ($F=6.14^{*}$)	Dun	W.A(%) ($F=7.52^{*}$)
P. bambusoides	3 months old	0.74±0.04	8.06±0.12	B	12.05±0.78	B	30.97±0.57
	2 years old	0.68±0.02	7.50±0.13	AB	11.03±3.46	B	46.05±0.60
	3 years old	0.68±0.06	7.19±0.38	A	8.23±1.91	A	37.25±8.37
		Density ($F=0.01^{ns}$)	M.C(%) ($F=207.0^{**}$)	Dun	T.S(%) ($F=5.04^{*}$)	Dun	W.A(%) ($F=0.55^{ns}$)
P. pubescens	3 months old	0.73±0.03	8.00±0.12	B	11.82±1.78	B	43.35±4.24
	2 years old	0.73±0.05	9.10±0.13	C	7.15±2.92	A	39.49±5.41
	3 years old	0.73±0.04	7.60±0.11	A	8.76±1.31	A	38.08±10.8

* Strand length : 5cm
* M.C: Moisture content
* T.S: Thickness swelling
* W.A: Water absorption

2. 스트랜드보드의 기계적 성질

가. 스트랜드 길이에 따른 검토

현재 제조된 스트랜드의 길이별 적정조건을 찾기 위하여 제조된 대나무 스트랜드보드의 휨강도와 박리강도를 측정한 후 비교한 결과, Table 3-3과 같이 스트랜드의 길이가 5cm일 때 왕대, 분죽 스트랜드보드의 기계적 성질이 공히 제일 우수하였다.

Table 3-3. 대나무 스트랜드 길이에 따른 스트랜드보드의 기계적 성질

	Bending strength(kgf/cm^2)				Internal bonding strength(kgf/cm^2)		
	P. bambusoides (F=6.92*)	Duncan test	*P. nigra var* (F=26.87**)	Duncan test	*P. bambusoides* (F=0.87^{ns})	*P. nigra var* (F=7.68*)	Duncan test
5cm	1098.1±113.1	A	1409.9±47.4	A	5.16±1.08	6.64±0.43	A
10cm	1037.5±105.6	A	1098.2±29.23	B	3.53±0.63	5.54±0.48	B
15cm	827.3±48.3	B	1111.3±85.5	B	4.67±2.38	6.66±0.26	A

나. 수종별 수종에 따른 검토

스트랜드의 길이에 따른 검토의 결과에 따라 수종별 수령에 따른 대나무 스트랜드보드의 기계적 성질은 Table 3-4와 같이 3개월생 보드의 휨강도가 3수종 모두 2~3년생 보다 훨씬 높게 나타났고 일반목재 스트랜드보드 보다 아주 높은 값을 나타냈으며 KS와 CAN/CSA 규격을 충분히 만족시켰다. 박리강도는 세 수종 모두 KS와 CAN/CSA 규격(50psi)을 충분히 만족시켰으며 분죽의 경우 3개월생이 2~3년생 보다 월등히 높았다. 맹종죽 성숙재의 경우 Lee et al. (1996)의 값과 동일한 결과를 보였다. 왕대와 맹종죽의 경우 수령에 따른 박리강도의 차이는 없었다.

Table 3-4. 대나무 수령에 따른 스트랜드보드의 기계적 성질

		Mechanical properties			
		B.S(kgf/㎠) ($F=415.68^{**}$)	Duncan test	I.S(kgf/㎠) ($F=102.92^{**}$)	Duncan test
P. nigra var	3 months old	1409.91±47.4	A	6.64±0.43	C
	2 years old	605.63±57.33	B	3.73±0.27	A
	3 years old	720.36±26.10	B	4.40±0.27	B
P. bambusoides		B.S(kgf/㎠) ($F=283.65^{**}$)	Duncan test	I.S(kgf/㎠) ($F=1.16^{ns}$)	
	3 months old	1098.052±92.35	A	5.16±0.88	
	2 years old	656.58±12.73	B	4.40±0.68	
	3 years old	650.59±80.06	B	4.57±0.64	
P. pubescens		B.S(kgf/㎠) ($F=15.97^{**}$)	Duncan test	I.S(kgf/㎠) ($F=0.69^{ns}$)	
	3 months old	644.66±59.61	A	5.95±1.24	
	2 years old	480.15±56.87	B	6.56±1.11	
	3 years old	469.49±21.39	B	5.50±1.45	

* B.S : Bending strength
* I.S : Internal bonding strength

제 4 절 결 론

본 연구는 왕대, 맹종죽, 분죽의 3개월산 국산 대나무를 이용하여 대나무 방향성 스트랜드 3층 보드를 제조하고 2, 3년생과 그 보드의 물리 기계적 성질을 비교 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 스트랜드 길이가 스트랜드보드의 비중과 기건 함수율에 미치는 차이는 없었고, 제품의 두께 팽윤율은 공히 CSA 규격을 만족시켰다. 스트랜드의 길이가 5cm일 때 왕대, 분죽 스트랜드보드의 휨강도와 박리강도가 공히 제일 우수하였다.

2. 3개월생 스트랜드보드의 휨강도가 3수종 모두 2~3년생 보다 훨씬 높게 나타났고, 박리강도는 분죽의 경우 3개월생이 2~3년생 보다 월등히 높았고 왕대와 맹종죽의 경우 수령에 따른 박리강도의 차이는 없었다. 수령에 따른 스트랜드 보드의 물리적 성질은 차이가 없었다.

제 5 절 참 고 문 헌

1. Andersen, A. W and G. E. Troughton.1996. New Phenolic Formulations for bonding higher moisture content OSB panels. Forest Products J., Vol 46(10):72-76

2. Canadian Standards Association. 1992. Standards on OSB and waferboard. CAN/CSA 04437-92.CSA.Rexdale,Ont.,Canada.

3. Forest Research Institute. Rep. of Korea. 1987. Illustrated Woody Plants of Kore a. Sam Jung Pub. Co. 496p.

4. Hodge, W. H.1961.Bamboo in the united States. USDA Handbook.No 193. US Gov't. Print. Off., Washington, D.C.

5. Hong, B. W.1988. Dynamic Mechanical Properties of Bamboos in Korea. Wood Sci. & Tech. 16(1): 45~54.

6. Jain, S., R. Kumar and U. C.1992. Mechanical behavior of bamboo and bamboo composite. J. of Materials Sci. 27(17):4598-4604.

7. Jindal, U. C.1986. Development and testing of bamboo-fiber reforced plastic composites. J. of Composite Material (20):19-29

8. Korean standard association.1997. KS F 2101, 2102, 2108.

9. 이화형, 위흡, 이원용, 홍병화, 박상진.1989. 木材 物理 및 力學. 향문사. P377

10. Lee, A. W. C., X. Bai and P. N. Peralta.1994. Selected physical and mechanical properties of giant timber bamboo grown in South Carolina. Forest Prod. J. 44(9):40~46.

11. Lee, A. W. C., X. Bai and P. N. Peralta.1996. Physical and Mechanical Properties of strand board made from moso bamboo, Forest Prod. J.,Vol, 46, No. 11/12:84~88.

12. Lee, A. W. C., X. Bai and A. P. Bangi.1997. Flexural properties of Bamboo-reinforced southern pine OSB beams, Forest Prod. J.,Vol, 47(6);74~78

13. Ma, L., Y. Kupoki., W. Nagadomi., B. Subiyanto., S. Kawai and H. Sasaki.1997. Manufacture of Bamboo - Cement Composites - Effects of additiveson hydration characteristics of bamboo-cement mixtures: JW RS Vol. 43, No. 9, p.754-761.

14. Ma, L., O. R. Pulido., H. Yamauchi., S. Kawai and H. Sasaki.1998. Manufacture of Bamboo-Cement Composites V-Effects of sodium silicate on bamboo - cement c omposite by hot pressing : JWRS Vol. 44, No. 6, p.425-432.

15. Ma, L. S. Kawai and H. Sasaki.1999. Manufacture of Bamboo - Cement Compo sites VI- Effects of silicate fume addition and heat-treatment on properties of hot-pressed boards : JWRS Vol. 45, No. 1, p.25-33.

16. So, W. T., Y. S. Kim., W. Y. Chung and H.W Lee.1999. Wood character istics of *Phyllostachys bambusoides*, Phyllostachys nigra var.henoins, and *Phyllostachys punescens* Grown in Damyang District. Mokchae Konghak 27(2):7~14.

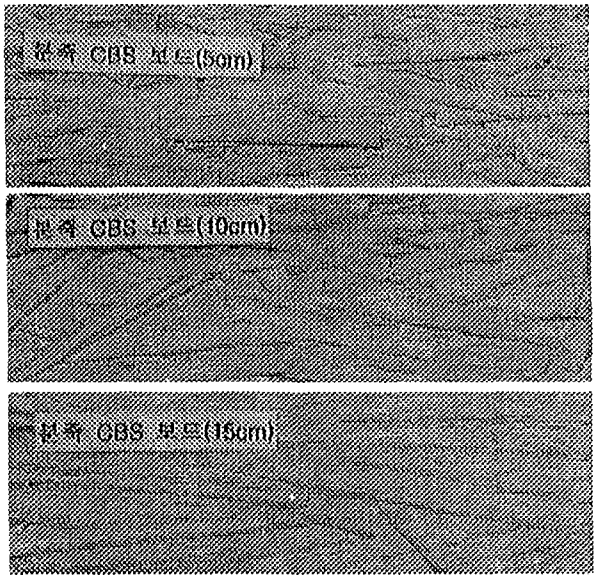


Photo 3-3. 길이별 분죽 스트랜드 보드

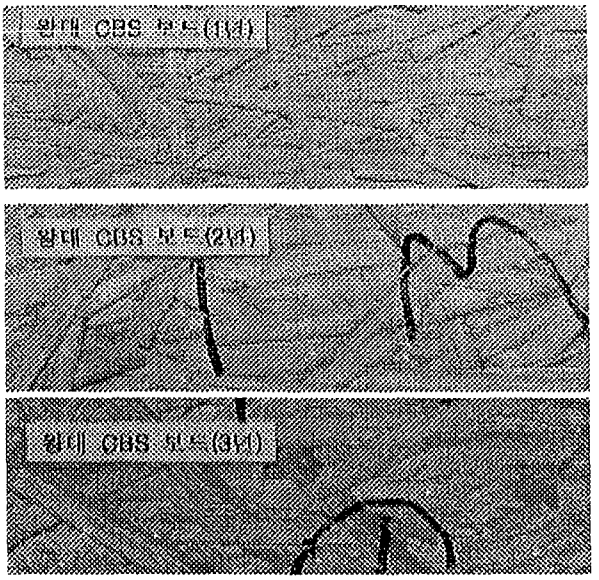


Photo 3-4. 죽령별 왕대 스트랜드 보드

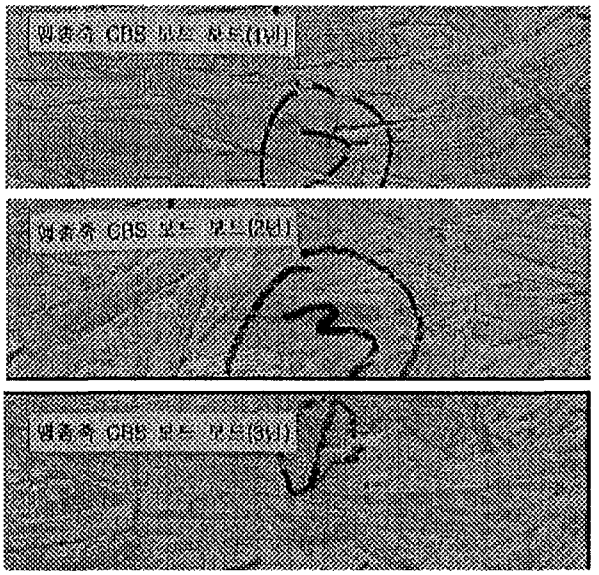


Photo 3-5. 죽령별 맹종죽 스트랜드보드

제 5 장 3개월생 대나무를 이용한 대나무 파티클 보드 개발 (계획외 추가연구)

제 1절 서 언

90년대 중반이후 최근 몇 년간 목재 파티클을 기초로한 구조복합체(flake board, wafer board, OSB)는 전통적인 복합판상재인 plywood, PB, 집성재등의 범주를 넘어 계속적으로 확장되어 가고 있는 실정이다. 이러한 현상은 세계적인 원목원료의 질 저하와 대구경 원목의 감소에 기인하며 또한 국가적인환경보호와 자원절약 차원에서 목질복합 신소재 개발을 모색하기 때문이라고 하겠다. 특히 우리나라는 보드산업 대부분의 원료를 수입에 의존하고 있으며, 국내 사용목재의 96%를 수입에 의존하고 있는 실정이다. 국내 PB산업의 경우 1997년 국내생산량 721,000㎥을 기점으로 계속 국내 생산량이 감소하는 경향을 보이고 있는데, 이는 환율과 수입원자재가의 상승, 국내 인건비의 상승, 후발 개발도상국들의 추격 등이 요인이 되었다고 하겠다. 따라서 국내 목질판상재 산업은 새로운 과도기적 시점에 있으며 새로운 생산기술개발, 대체목질재료의 수급 등이 절실히 필요한 때이다. 대나무는 종류가 많아 전세계 50속 1천2백여종이 자라는데 주로 동남아등지의 인도, 미얀마, 대만, 일본, 중남미의 에쿠아도르, 콜롬비아등지에서 많이 자생하고 있다. 우리나라의 경우 3속 20여종을 가꾸고 있으나 대표적인 수종은 맹종죽, 왕대, 분죽을 들 수 있다. 전통적으로 대나무는 종류와 양이 풍부하고 재료를 구하기 쉽고, 가공이 용이하여 아시아에서 주택, 다리(light bridge), 가구 및 공예품, 펄프등에 광범위하게 사용되어져 왔는데, Hodge (1961)의 연구에 의하면 대나무의 단위 면적당 생산량은 southern pine의 6배에 달하는 것으로 보고하고 있다. 또한 최근에 대나무의 사용은 플라스틱 Jindal (1986), 폴리머, 시멘트 Ma *et al.* (1997), 목재등과 복합체를 이루어 고밀도 보드, 대나무 집성재, PB, 합판, 섬유판과 같은 다양한 구조복합체 제조 쪽으로 전개되고 있다. 지금까지의 연구는 3년생 이상의 성숙된 대나무를 이용한 결과로써 최근의 연구는 Lee *at al.* (1997)에 의하여 보고되고 있으나 역시 모두 3년생이상의 성숙된 대나무를 이용하고 있다. 본 연구는 3

개월생 분죽과 3년생분죽 으로 파티클보드를 제조하여 물리·기계적 성질을 검토하여 그 활용에 대한 성질을 구명하고자하였다.

따라서 본 연구를 통하여 가장 속성으로 성장하며 단위면적당 생장량이 가장 많은 대나무를 활용하는 계기를 만들고 수입목재대체효과를 가져 올 뿐만 아니라 품질향상과 기능성보강이란 차원에서 국내목질판상재 산업에 크게 기여할 수 있는 여건을 조성할 수 있을 것으로 기대한다.

제 2절 재료 및 방법

1. 공시재료

가. 공시수종

본 연구를 위한 대나무는 전남 담양군 금성면 봉서리, 외추리 일대에서 생육되고 있는 분죽(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf)을 이용하고 3개월생 및 3년생의 죽간이 통직하고 외관이 건전한 원죽을 지면 기부에서 벌채하여 실험용 재료로 사용하였다.

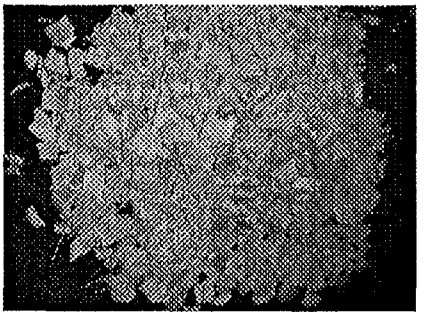
나. 접착제

대나무 파티클보드를 제조하기 위한 접착제로는 pH 7.5, 점도 100-150cps, 고형분 함량 60%의 요소수지를 사용하였다

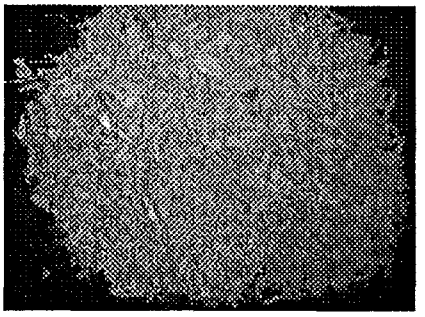
2. 실험방법

가. 대나무 파티클 제조

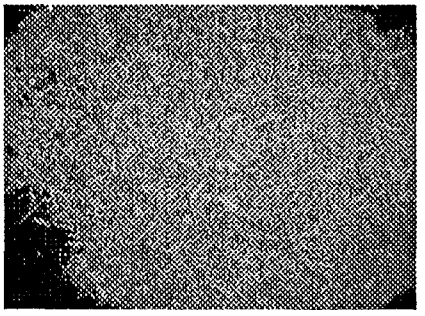
먼저 분죽 3개월생과 3년생을 가지고 대전 유성구 대덕 연구단지내 에너지 기술연구소에 있는 칩퍼를 이용하여 칩핑한 후에 wiely mill을 이용하여 chip을 분쇄하였다. 칩의 적정 크기를 구명한 결과 6회 분쇄한 파티클을 중층용으로 정하였으며, 이때 파티클의 입자는 6 mesh 통과분으로 길이 8~15mm, 직경 3.35mm였으며, 표층용은 12mesh 통과분으로 길이 4.5~5mm, 직경 1.70mm였다. 두 종류의 파티클을 이용하여 3층파티클보드를 제조하였는데, 이때 중층 및 표층의 기건함수율은 각각 7.4%, 6%였다.



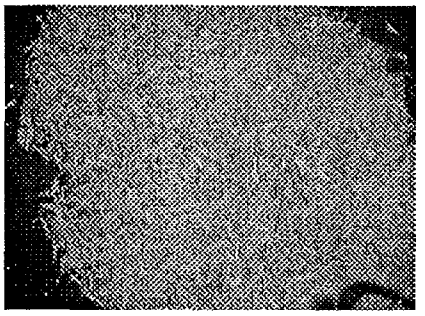
대나무(분죽3개월생) 칩



wiely mill로 1회 분쇄한 분죽 파티클



wiely mill로 3회 분쇄한 분죽 파티클



wiely mill로 6회 분쇄한 분죽 파티클

Photo 4-1. 대나무 (분죽3개월생) 칩과 파티클

나. 대나무 파티클 보드 제조

열압조건은 171℃, 5분이었으며, 1cm 스톱바(distance bar)를 사용하였고 목표비중은 0.75였다. 요소수지(NVC-60%)를 사용하여 수지 첨가율을 3수준(9, 11, 13%)으로 하여 적정 수지첨가율을 구명하였으며, 내수제로 파라핀 왁스 에멀젼을 전건파티클에 대하여 1% 처리하였고, 경화제로 염화암모늄을 10% 수용액으로 만들어 수지 고형분량에 대하여 고형분량 대비 1%를 처리하였다. 제조한 보드의 크기는 1cm×20cm×20cm였다.

다. 제품의 물리·기계적 성질 및 포름알데히드 방산량 조사

대나무 파티클로 제조한 대나무 파티클보드는 KS F 3104(1997)에 의하여 물리·기계적 성질을 측정하였다. 또한 KS F 3104(1997)에 의하여 포름알데히드 방산량을 측정하였다.

라. 통계처리

각 조건별로 제조한 제품의 물리·기계적 성질에 대하여 처리간 통계적인 유의성을 알아보기 위하여 던컨의 신다중검정법(Duncan's new multiple range test)으로 통계 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 대나무 파티클보드의 물리적 성질

현재 제조된 파티클 보드의 물리적 성질을 KS F 3104(1997)에 의거하여 측정한 후 비교하였다. Table 4-1과 같이 분죽의 연령에 따른 보드의 비중과 기건 함수율은 차이가 거의 없었고, 다만 보드 내 수지첨가율의 증가에 따라 약간의 비중증가 현상이 나타났다. 두께 팽창율의 경우 Table 4-2 에서 보는 바와 같이 대나무 연령이 많아질수록 두께팽창율이 낮아졌고 흡수율 또한 같은 경향을 보였다. 또한 보드 내 수지첨가율이 높아질수록 두께 팽창율이 낮아졌다. 대부분이 KS기준인 두께팽창율 12% 이하를 만족하였으나 수지첨가율 9% 경우는 KS기준인 두께팽창율 12%이하를 초과하였다.

Table 4-1. 대나무 파티클보드의 기건비중 및 기건함수율

	Resin contents (%)	Density F=3.92*	Duncan	Moisture content (%) F=0.82ns
3 months	9	0.75±0.04	C	5.71±0.75
	11	0.76±0.02	BC	5.90±0.88
	13	0.80±0.02	A	5.92±0.61
3 years	9	0.77±0.01	BC	5.36±0.43
	11	0.78±0.01	AB	5.38±0.53
	13	0.79±0.02	AB	5.52±0.35

Table 4-2. 대나무 파티클보드의 두께팽윤율 및 흡수율

	Resin contents (%)	Thickness swelling (%) F=28.18**	Duncan	Water absorption rate (%) F=46.81**	Duncan
3 months	9	15.24±0.98	D	37.04±1.32	D
	11	11.96±1.65	C	30.61±1.84	C
	13	9.60±1.84	B	26.02±2.23	B
3 years	9	12.58±0.55	C	32.03±3.0	C
	11	11.20±0.90	BC	25.13±1.79	B
	13	6.55±0.98	A	17.62±2.06	A

2. 대나무 파티클 보드의 기계적 성질

현재 제조된 파티클보드의 휨강도와 박리강도를 KS F 3104(1997)에 의거하여 측정한 결과, Table 4-3에서 보는 바와 같이 3개월생 분죽으로 제조한 파티클 보드의 휨강도 및 박리강도가 3년생 분죽으로 제조한 파티클보드보다 월등히 좋은 값을 보여주었다. 3개월생과 3년생 공히 KS규격을 상회하는 높은 강도값을 나타내고 휨강도의 경우 3개월생 보드가 3년생 보드보다 1.5~2배정도의 높은 값을 갖고 박리강도의 경우도 1.5~2배정도 높은 값을 나타냈다. 이 결과는 李 등(2000)이 발표한 연구에 의하면 3개월생 대나무스트랜드보드의 휨강도, 박리강도가 3년생 것보다 각기 1.96배, 1.5배였는데 본 연구의 대나무 파티클보드의 경우 1.9배, 1.98배로 박리강도가 약간 더 높아진 경향을 보이고 있으나 전체적인 경향은 동일한 결과를 보였다. 이와같이 3개월생이 3년생보다 강도가 높아진 이유는 이유는 3개월생은 밀도가 3년생보다 낮고 당년생으로 매우 유연한 성질을 갖고 있으므로 가소적인 성질이 높아 파티클보드 제조시 파티클과 파티클의 접촉면적이 보다 많아지고 접착효율이 높아져 파티클보드의 성질이 높아지는 것으로 추정된다. 보다 자세한 것은 차후 좀더 연구를 진행시키 보야야 할 것이다.

Table 4-3. 대나무 파티클보드의 기계적 성질

	Resin contents (%)	Bending strength (kgf/cm^2) F=88.43**	Duncan	Internal bond strength (kgf/cm^2) F=6.23**	Duncan
3 months	9	1238.6±127.76	C	6.97±3.73	AB
	11	1247.4±114.64	C	9.03±2.46	B
	13	1499.4±113.19	D	10.02±2.70	C
3 years	9	592.31±55.96	A	4.21±1.46	A
	11	654.35±49.57	AB	4.57±1.57	A
	13	734.99±31.06	B	4.75±1.84	A

3. 대나무 파티클 보드의 포름알데히드 방산량

현재 제조된 파티클보드의 포름알데히드 방산량을 KS F 3104(1997)에 의거하여 측정한 후 비교한 결과, Table 4-4에서 보는 바와 같이 3개월생 분죽으로 제조한 파티클 보드와 3년생 분죽으로 제조한 파티클 보드의 포름알데히드 방산량은 근소하나마 3개월생이 3년생보다 높은 방산량을 나타냈다. 그러나 3개월생 보드와 3년생 보드의 경우 경우 KS 기준인 E_2(5.0㎎/ℓ)등급을 합격하였다.

Table 4-4. 대나무 파티클보드의 포름알데히드 방산량

	Resin contents (%)	Formaldehyde emission (ppm)
3 months	9	2.40
	11	3.00
	13	3.82
3 years	9	2.06
	11	2.77
	13	3.58

제 4 절 결 론

본 연구는 분죽 3개월생 및 3년생 국산 대나무 파티클을 이용하여 수지첨가율(9, 11, 13%)의 대나무 파티클 3층보드를 제조하고 보드의 물리 · 기계적 성질을 비교 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 분죽의 수령이 파티클 보드의 비중과 기건 함수율에 미치는 차이는 없으나, 제품의 두께팽창율의 경우 3개월생 보드가 3년생 보드보다 높은 수치를 나타냈다. 대부분 KS 기준(두께팽창율 12%이내)을 만족시켰으나 수지 첨가율이 9%인 경우는 3개월생, 3년생 모두 KS 기준을 초과 하였다.

2. 3개월생 파티클보드의 휨강도가 세 수지첨가율에서 3년생 보다 훨씬 높게 나타났고, 박리강도도 3개월생 보드가 3년생 보드보다 월등히 높았다. 3개월생, 3년생 보드 모두 KS기준강도(18.0 형 일경우 , 휨강도 184kgf/㎠, 박리강도 3.1kgf/㎠)를 합격하였다.

3. 제조된 3개월생, 3년생보드의 포름알데히드 방산량을 비교하여 보면, 3개월생 보드가 3년생 보드 보다 약간 높은 포름알데히드 방산량값을 나타냈으나 거의 같은 수치를 나타냈으며. 3개월생보드와 3년생 보드 모두 E_2(5.0㎎/ℓ)등급을 만족하였다.

제 5 절 참 고 문 헌

1. Hodge, W. H. 1961. Bamboo in the united States. USDA Handbook. No 193. US Gov't. Print. Off. Washington, D.C.

2. Jindal, U. C. 1986. Development and testing of bamboo-fiber reinforced plastic composites. J. of Composite Material (20) : 19~29

3. Korean Standard Association. 1997. KS F 3104. Particle board

4. Lee, H. H., S. K. Kang., G. E. Kim. 2000. Development of Bamboo Strand Board made from 3months old domestic bamboo species. Joun. of kor. Society of Furniture Tech. 11(2) : 45~53

5. Lee, A. W. C., X. Bai., A. P. Bangi. 1997. Flexural properties of Bamboo-reinforced southern pine OSB beams. Forest Prod. J. Vol, 47(6) : 74~78

6. Ma, L., Y. Kupoki., W. Nagadomi., B. Subiyanto., S. Kawai. and H. Sasaki. 1997. Manufacture of Bamboo - Cement Composites II - Effects of additives on hydration characteristics of bamboo-cement mixtures. JWRS Vol. 43, No. 9, pp. 754~761.

7. Ma, L., O. R. Pulido., H. Yamauchi., S. Kawai. and H. Sasaki. 1998. Manufacture of Bamboo - Cement Composites V - Effects of sodium silicate on bamboo - cement composite by hot pressing. JWRS Vol. 44, No. 6, pp. 425~432.

8. Ma, L., S Kawai., H. Sasaki. 1999. Manufacture of Bamboo - Cement Composites VI- Effects of silicate fume addition and heat-treatment on properties of hot-pressed boards. JWRS Vol. 45, No. 1, pp. 25~33.

9. So, W. T., Y. S. Kim., W. Y. Chung. and H. W. Lee. 1999. Wood characteristics of *Phyllostachys bambusoides*, Phyllostachys nigra var.henoins, and *Phyllostachys punescens* Grown in Damyang District. Mokchae Konghak. 27(2) : 7~14.

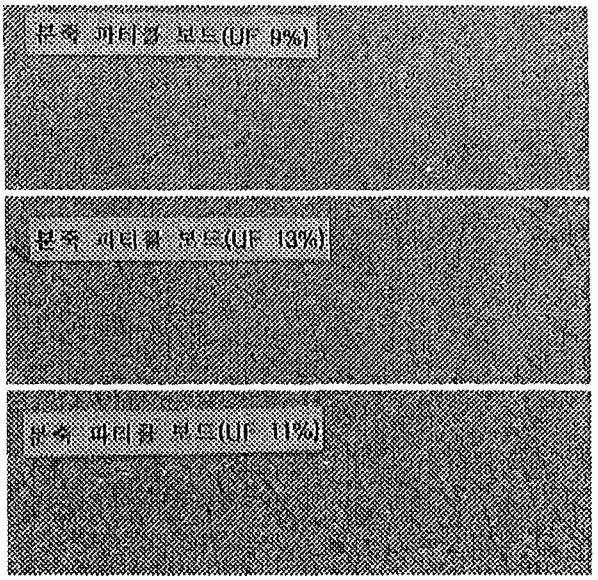


Photo 4-2. 수지 함지율에 따른 대나무 파티클 보드

제 6 장 3개월생 대나무를 이용한대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)개발(2년차)및 Composite Lumber개발(계획외연구2년차)

제 1 절 서 언

전세계적인 목재자원의 부족과 환경문제의 대두로 인하여 농업부산물, 비목질 재료 및 폐자원을 이용한 복합재료 및 특수보드 제조연구가 활발히 진행되고 있는데, Ma et al.(1997)는 대나무를 분말화하여 대나무 파이버나 파티클을 이용하여 시멘트 복합체를 제조하여 그 효과를 알아보았고, Jindal(1986)은 목재 또는 대나무와 플라스틱으로 복합체를 제조하여 요소수지로 제조한 MDF나 PB와 비교 연구한 결과, 목재 또는 대나무 플라스틱 복합체의 물성이 더욱 우수하다고 보고한 바 있다.

국내 목재산업의 가장 큰 어려움은 목재 및 목질가공품의 95%를 수입에 의존한다는 사실이다. 목질 원료 절대 빈곤의 처지에 놓여 있는 국내 목재산업의 당면과제는 가능한 한 국내 섬유대체재 개발과 국내 자원의 효율적인 이용을 도모하는 수밖에는 다른 방도가 없는 형편이다.

현재 국내산 대나무의 생산면적은 1998년에 8,055ha로 전체 임야면적의 0.08%정도 되는데 현재 영세한 국내의 죽제품 제조업체들은 동남아시아와 중국에서 들어오는 노동집약적인 값싼 죽제품과 막대한 양의 대체제품들(사탕수수, 야자수잎)에 의해 경쟁력을 상실하였다. 특히 소규모 죽공예, 생활용품등에 국한되어 있어 이미 사양산업화 되어 죽림의 70%가 방치되어 있는 실정이다.

고로 국내산 대나무의 특별용도를 개발하여 이를 적극 육성하는 것이 무엇보다 요구

되며, 효과적인 대나무의 집약적 생산을 장려할 수 있어 임업농가 소득에도 크게 이바지 할 뿐 만 아니라 특수 용도의 제품이 개발된다면 국내 건축자재의 기둥, 들보, 난간 및 주거환경재료로써 크게 이용될 수 있으므로 목재산업의 발전과 수입대체로 인한 국가 경제에도 크게 도움이 될 것으로 보인다.

제 2 절 재료 및 방법

1. 공시재료

가. 대나무

본 연구의 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)제조를 위한 대나무는 1차년도에 수행된 연구결과 물성이 가장 좋았던 왕대(*Phyllostachys bambusoides* S.et Z), 맹종죽(*Phyllostachys pubescens* Mazel), 분죽(*Phyllostachys nigra* var. *henonis* Stapf.) 3종의 3개월생으로 죽간이 통직하고 외관이 건전한 원죽을 수종별로 지면 기부에서 벌채하여 실험용 재료로 사용하였다.

나. Composite Lumber 재료

일반목질OSB나 소나무재를 대나무 평행배열재(PSL), 대나무집성재등을 접착하여 Composite Lumber를 보강하기위하여 구성하는 재료로서 국내산 소나무재(기건비중 : 0.48, 기건함수율 : 8.89%)를 평죽집성재와 접합시키고 카나다산 OSB(기건비중 : 0.59, 기건함수율 : 6.78%, 두께 : 18.3mm, 등급 : Exposure I, 수종 : aspen 제조사 : Ainsworth Lumber Company)를 대나무평행배열재(PSL)와 복합화 시켰다.

다. 접착제

대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)제조를 위한 접착제로는 T회사에서 분양받은 pH 7.91, 점도 250~300cps, 고형분 함량 60%의 요소멜라민공축합수지(UMF)를 사용하였다. 또한 소나무 Composite beam제조를 위한 접착제로는 집성재공장인 K사에서 분양 받은 pH 9.25, 점도 400~450cps, 고형분함량 60%의 페놀-레조르시놀공축합수지(PRF)를 사용하였다.

2. 실험방법

가. 대나무 평행배열재(PSL)의 제조

제조된 대나무 스트랜드를 이용하여 대나무 평행배열재(PSL) 를 제조하였다. 예비실험으로 함수율 8%로 기건된 왕대 5cm 스트랜드를 이용하여 PRF수지(페놀-레조르시놀수지)로 PSL를 제조한 결과 함지율 5%조건에서 Forming이 되지 않았고 함지율 8%, 10% 조건에서 Forming은 가능하였으나 강도적 성질이 매우 떨어지고(함지율 8% : 휨강도 8.62kgf/㎠, 박리강도 0.61kgf/㎠, 함지율 10% : 휨강도 31.82kgf/㎠, 박리강도 0.95kgf/㎠) 수지 함지율 12%(휨강도 : 56.23kgf/㎠, 박리강도 : 0.99kgf/㎠), 15%(휨강도 : 58.45kgf/㎠, 박리강도 : 1.27 kgf/㎠)처리도 요구하는 강도치에 부적합하여 요소멜라민공축합수지(UMF)만을 사용하여 PSL을 제조하였다. 왕대, 분죽, 맹종죽 3개월생을 이용하여 수지첨가율 9%, 12%, 15%조건으로 대나무 평행배열재(PSL)를 제조하였으며 이때 내수제인 파라핀 왁스 에멀젼(PWE)를 스트랜드 전건무게에 대하여 1% 처리했고, 경화제로 염화암모늄(10% 수용액)을 요소멜라민공축합수지(UMF) 고형분량에 대해 1.5% 처리하였으며 냉압 조건은 24시간동안 30kg/cm^{2}의 압력으로 상온경화형으로 냉압 하였다.

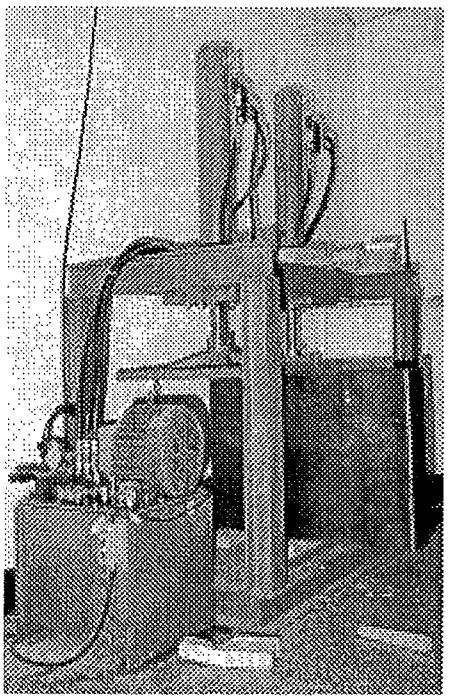


Photo 5-1. Cold Press

나. 대나무 Composite Lumber 제조

제조된 압축평죽화집성재와 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)를 이용하여 대나무 Composite를 제조하였다. 중앙부의 web은 국내산 적송과 카나다산 OSB를 사용하였고, 양면에 flange로 압축평죽화집성재와 대나무 평행배열재(PSL)를 PRF수지로 접착하여 Composite를 제조하였다. 대나무 평행배열재(PSL)와 대나무집성재는 PRF로 중앙의 web과 접착하였고 수지도포량은 150g/m'였으며 경화제(powder형)를 수지첨가량의 20%를 첨가하였으며 24시간동안 상온 경화형으로 냉압 하였다. 이때 열압 압력은 10kg/cm^2 였다. 해압후 7일간 상온에서 양생기간을 거친후 휨강도를 체크하였다.

다. 제품의 물리·기계적 성질 조사

대나무 스트랜드로 제조한 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)는 KS F 2214, 3104(1997)에 의하여 물리·기계적 성질을 측정하였으며, 대나무 Composite Lumber의 물리·기계적 성질도 KS F 2208(1989), 3104에 의거하여 측정하였다.

라. 통 계 처 리

각 조건별로 제조한 제품의 물리·기계적 성질에 대하여 처리간 통계적인 유의성을 알아보기 위하여 던컨의 신다중검정법(Duncan's new multiple rang test)으로 통계 분석하였다.

제 3 절 결과 및 고찰

1. 대나무 스트랜드 평행배열재 PSL(Parallel strand lumber)의 물리적 성질

대나무 스트랜드 평행배열재 PSL(Parallel strand lumber)의 비중, 기건함수율은 아래Table 5-1, 5-2와 같다. 목표비중은 0.75로 하였고, 기건함수율은 6 ~ 7%에 위치하였다. PSL의 두께팽윤율은 분죽은 물론 비교적 수치가 높은 왕대의 경우도 왕대 PSL12%(5cm:9%, 10cm:8%)이 왕대OSB12%(5cm:12%, 10cm: 12%)보다 낮아 치수가 Table 5-3과 같이 안정되어있으며 흡수율 또한 OSB의 경우 왕대, 분죽 (30%)의 흡수율보다 PSL의 흡수율(왕대 15.24%, 분죽 10.65%)이 매우 적었다. 이러한 것은 UF와 UMF의 사용 접착제의 차이에 기인하는 것으로 생각되며 카나다 상업적 제품의 규격에서 24hr흡수율은 15%이하로 제한하는 규격을 모두 만족시켜 주고 있다.

Table 5-1. 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)의 비중

Resin contents (%)	Strand length	*P. bambusoides*		*P. nigra var*	*P. pubescens*
		Density $F = 2.99^{*}$	Dun	Density $F = 0.10^{ns}$	Density $F = 0.66^{ns}$
9	5cm	0.72±0.02	B	0.77±0.02	0.77±0.01
	10cm	0.73±0.04	B	0.78±0.02	0.74±0.04
12	5cm	0.76±0.03	AB	0.78±0.05	0.75±0.02
	10cm	0.8±0.04	A	0.78±0.06	0.79±0.07
15	5cm	0.75±0.04	AB	0.77±0.03	0.74±0.05
	10cm	0.80±0.03	A	0.78±0.05	0.72±0.09

Table 5-2. 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)의 기건함수율

Resin contents (%)	Strand length	*P. bambusoides*		*P. nigra var*		*P. pubescens*	
		M. C (%) F = 9.11*	Dun	M. C (%) F = 24.74*	Dun	M. C (%) F = 4.92*	Dun
9	5cm	6.47±0.15	B	6.56±0.05	C	6.68±0.35	B
	10cm	6.66±0.12	B	6.04±0.19	D	7.27±0.06	AB
12	5cm	7.17±0.15	A	6.88±0.29	BC	6.67±0.59	B
	10cm	7.39±0.37	A	6.82±0.23	BC	6.72±0.27	B
15	5cm	7.39±0.28	A	7.86±0.25	A	6.90±0.19	B
	10cm	7.10±0.13	A	7.10±0.16	B	7.84±0.44	A

Table 5-3. 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)의 두께팽윤율

Resin contents (%)	Strand length	*P. bambusoides*		*P. nigra var*	*P. pubescens*	
		T. S (%) F = 5.86*	Dun	T. S (%) F = 1.07ns	T. S (%) F = 2.74*	Dun
9	5cm	14.19±0.95	B	7.3±4.24	12.82±5.83	B
	10cm	13.86±3.37	B	6.01±4.14	7.32±2.09	AB
12	5cm	9.05±4.31	A	5.37±1.32	8.72±3.21	AB
	10cm	8.72±0.47	A	4.53±0.87	5.7±0.28	A
15	5cm	6.10±1.51	A	4.93±0.65	6.43±3.40	A
	10cm	6.37±2.29	A	2.73±1.02	3.87±1.38	A

* CAN/CSA 0437-92 : T.S 15%이하

Table 5-4. 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL) 의 흡수율

Resin contents (%)	Strand length	*P. bambusoides*		*P. nigra var*		*P. pubescens*	
		W. A (%) F = 13.9*	Dun	W. A (%) F = 5.48*	Dun	W. A (%) F = 2.26*	Dun
9	5cm	28.64±3.78	C	11.91±0.63	A	27.02±0.66	C
	10cm	23.09±2.07	B	17.16±3.44	B	26.29±5.87	BC
12	5cm	15.24±1.90	A	10.65±2.09	A	25.03±4.78	ABC
	10cm	16.80±2.79	A	16.51±3.54	B	21.74±2.05	AB
15	5cm	15.51±1.17	A	10.99±0.78	A	22.06±1.23	ABC
	10cm	14.52±3.20	A	10.64±0.65	A	18.67±4.22	A

2. 대나무 스트랜드 평행배열재 PSL(Parallel strand lumber)의 기계적 성질

대나무 OSB의 경우는 실험실 제조조건상 데클포밍상자의 크기가 작아 10cm, 15cm 스트랜드로 포밍하기 어려워 5cm길이의 대나무 스트랜드 OSB가 더 우수한 것으로 나타났으나 이는 실험실 조건의 어려움에 기인한 것으로 생각되며 공장규모의 경우 달라질 가능성이 높다. 스트랜드 평행 배열재(PSL)에서는 10cm 스트랜드 길이가 더 좋은 것으로 나타났다. 대나무 수종에 따른 PSL의 휨강도차를 보면 분죽(987 ~1412 kgf/㎠)이 왕대(850 ~ 1346kgf/㎠)보다 좋았고, 맹종죽(634 ~ 844 kgf/㎠)은 세 수종중 제일 낮았다. 그러나 맹종죽의 휨강도값은 미국산 맹종죽 스트랜드보드(Lee, 1996)값 보다 다소 높은 값을 보였다. 전체적으로 보면 대나무는 국산 파티클보드 200 규격(180 kgf/㎠이상)의 5 배이상을 나타내며 목재 OSB(카나다 규격 239 kgf/㎠이상, 3400 psi)보다 높은 치를 나타내고 목질재구성 목질보드류인 대나무 PSL이 목재의 휨강도 (국산 소나무 890kgf/㎠, 잣나무 770kgf/㎠, 전나무 580kgf/㎠, 신갈나무 1010kgf/㎠, 수입라디에이타 소나무 740kgf/㎠, 수입미송 872kgf/㎠)보다 높은 값을 보여주어 집성재의 보강이나 I beam의 LVL대신 사용해도 매우 좋을 것으로 기대한다.

Table 5-5. 대나무 스트랜드 평행배열재 PSL(Parallel strand lumber)의 휨강도

Resin contents (%)	Strand length	*P. bambusoides*		*P. nigra var*		*P. pubescens*	
		B. S (kgf/㎠) F = 5.73*	Dun	B. S (kgf/㎠) F = 8.02*	Dun	B. S (kgf/㎠) F = 4.41*	Dun
9	5cm	850.06±77.59	B	987.38±78.31	B	634.27±41.29	B
	10cm	987.55±192.84	B	1087.10±87.21	B	659.13±99.92	B
12	5cm	1056.24±35.33	B	1086.18±127.16	B	651.49±19.33	B
	10cm	1346.71±211.83	A	1284.85±98.32	A	736.84±44.54	AB
15	5cm	1069.51±110.85	B	1274.87±111.84	A	746.85±97.34	AB
	10cm	1325.86±132.03	A	1412.39±73.70	A	844.45±49.89	A

* CAN/CSA 0437-92 : MOR(O-1 //) - 3400psi(239kgf/㎠)

대나무 스트랜드 평행 배열재(PSL)의 박리강도는 Table 5-6와 같이 전체적으로 3.75 kgf/㎠부터 9.71 kgf/㎠를 나타낸다. 미국 맹종죽 3년생 OSB의 박리강도는 62.9psi (//) (4.4kgf/㎠)인데 비하여 UMF 12%의 경우 같은 맹종죽의 PSL은 5.85 ~ 6.28kgf/㎠을 보여주어 보다 높은 내부 결합도를 보여주고 있다. UMF 12%의 경우 대나무 수종별로 보면 분죽 (6.98 ~ 8.62kgf/㎠), 왕대 (6.14 ~ 8.87kgf/㎠), 맹종죽 (5.85 ~6.28kgf/㎠)순 이었다. 물론 파티클보드 200의 박리강도규격(3kgf/㎠)보다 훨씬 높은 값을 나타냈다. 스트랜드 길이는 10cm PSL이 5cm PSL보다 훨씬 우수한 박리강도(함지율 12% 왕대의 경우 5cm : 6.14kgf/㎠, 10cm : 8.87kgf/㎠)를 보여주고 있다.

Table 5-6. 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)의 박리강도

Resin contents (%)	Strand length	*P. bambusoides*		*P. nigra var*		*P. pubescens*	
		I. S (kgf/㎠) F = 6.69*	Dun	I. S (kgf/㎠) F = 9.95*	Dun	I. S (kgf/㎠) F = 10.26*	Dun
9	5cm	3.98±0.48	C	5.42±0.79	C	3.75±0.72	D
	10cm	4.41±1.89	C	5.27±0.36	C	4.76±0.94	CD
12	5cm	6.14±0.23	BC	6.98±1.0	BC	5.85±0.83	BC
	10cm	8.87±2.94	AB	8.62±1.11	AB	6.28±0.49	AB
15	5cm	4.41±1.89	AB	7.35±0.94	B	6.28±0.61	AB
	10cm	9.71±1.45	A	9.52±1.16	A	7.36±0.37	A

3. 대나무 스트랜드 평행배열재 PSL(Parallel strand lumber)의 못인발 저항력

대나무 스트랜드 평행배열재 PSL의 못인발 저항력은 Table 5-7과 같다. 일반적으로 보드제품은 나사못 인발시험을 행하며 목재의 경우 못 인발 저항력을 측정하게 된다. 대나무 원죽자체는 못박음에 의하여 바로 할렬이 일어나므로 가공하기 어려운 특성을 갖고 있다. 그러나 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)는 상당한 못 인발력을 갖고 있으므로 나사못 유지력보다는 더 가혹한 못 인발력을 측정하였다. 수지 함지율이 높아질수록 못인발력(왕대, 스트랜드길이 10cm, 수지함지율 9% : 52.55 kgf/cm, 수지함지율 12% : 68.36kgf/cm, 수지함지율 15% : 72.08kgf/cm)은 증가하였으며, 스트랜드길이가 길수록(왕대, 수지함지율12%, 5cm : 43.05kgf/cm, 10cm : 68.36kgf/cm) 못 인발 저항력은 증가되었다. 수종간 비교를 하면 스트랜드 길이와 수지함지율에 관계없이 세 수종중 맹종죽이 가장 낮은 못 인발 저항력을 나타냈으며 분죽이 가장 높은 못 인발 저항력을 나타냈다. 국내산 목재의 못인발 저항력(기건함수율 12%, 가문비 : 22.6kgf/cm, 너도밤나무 : 49kgf/cm)과 비교하여 보면 왕대와 분죽은 목재보다 매우 우수한 못 인발 저항력을 나타냈고 맹종죽의 경우 목재의 못 인발저항력과 비슷한 치를 나타냈다.

Table 5-7. 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)의 못인발 저항력

Resin contents (%)	Strand length	*P. bambusoides*	*P. nigra var*		*P. pubescens*	
		Nail withdrawal (kgf/cm) F = 1.24^{ns}	Nail withdrawal (kgf/cm) F = 4.9*	Dun	Nail withdrawal (kgf/cm) F = 2.42*	Dun
9	5cm	41.18±27.61	41.95±9.68	C	29.96±8.33	B
	10cm	52.55±15.33	54.77±7.59	BC	34.95±12.50	B
12	5cm	43.05±17.48	54.76±7.41	BC	35.91±10.02	B
	10cm	68.36±13.39	69.90±11.63	AB	36.58±7.93	B
15	5cm	55.13±24.01	67.51±13.63	AB	42.49±5.26	AB
	10cm	72.08±16.96	77.06±8.64	A	53.74±9.61	A

4. 국산 소나무재와 평죽집성재의 복합Composite Lumber의 제조

중층에 국산 소나무재를 web으로 사용하고 아래위에는 평죽2매 대나무집성재를 flange로 하는 Composite Lumber를 제조하여 MOE, MOR을 측정하였다. 실험실 조건상 무결점 소시험편의 Composite Lumber를 제조한후 휨강도를 측정하기 위하여 재단 하였다. 이때 휨강도시편의 길이는 20cm 이었으며 폭은 1.8cm 이고 높이는 3.8~4.0cm였다. 휨강도의 측정은 임업연구원에 있는 만능강도시험기(Hounwfield 社, model : H25K-S)를 사용하여 MOR과 MOE를 측정하였다. 측정 결과 Figure 5-1과 같이 평죽집성재에 의하여 소나무재의 휨강도적성질(MOE, MOR)을 향상시켰다(MOR, 소나무재 : 814.17kgf/㎠, 소나무재+대나무집성재 : 917.47kgf/㎠, MOE, 소나무재 : 96596.3kgf/㎠, 소나무재+대나무집성재 : 129750.2kgf/㎠). MOR의 향상(13%)보다 MOE(34%)를 보다 많이 향상 시켰다.

5. 수입목질OSB와 평죽2매집성재 또는 대나무PSL과의Composite Lumber제조

중층(web)으로 카나다산 Aspen OSB를 사용하고 상하 flange로 평죽2매 집성재 또는 제조된 대나무 PSL을 사용하여 MOR, MOE를 측정하였다. web으로 사용한 목질 OSB는(//)와 (⊥)를 방향별로 달리 제조하여 그 차이를 아울러 검토 하였다. 그결

과는 Figure 5-2, 5-3에 표시 하였다. 마찬가지로 평죽2매 집성재와 대나무 PSL은 목질 OSB의 MOR과 MOE를 향상시켜 복합재의 품질을 향상 시켰다.(//, OSB MOR : 289.27kgf/㎠, OSB+대나무PSL : 427.03kgf/㎠, OSB+평죽집성재 : 458.30kgf/㎠), (⊥, OSB MOR : 351.70kgf/㎠, OSB+대나무PSL : 447.37kgf/㎠, OSB+평죽집성재 : 502.23kgf/㎠), (//, OSB MOE : 30155.7kgf/㎠, OSB+대나무PSL : 47153.3kgf/㎠, OSB+평죽집성재 : 51292.0kgf/㎠), (⊥, OSB MOR : 37348.7kgf/㎠, OSB+대나무PSL : 49889.8kgf/㎠, OSB+평죽집성재 : 54768.0kgf/㎠).

표층의 스트랜드 배열에 평행한 경우(//), MOR의 향상은 PSL이 48%, 평죽집성재가 58%, MOE는 PSL이 56% 평죽집성재는 70%향상되었으며 표층의 스트랜드에 직각방향의 경우(⊥), MOR의 향상은 PSL이 26%, 평죽 집성재의 경우 42.6%, MOE는 PSL이 33.5% 평죽 집성재는 46.6% 향상되었다. 따라서 (//)나 (⊥)모두 MOR 보다는 MOE가 더 많이 향상되었고 평죽집성재가 성능향상이 제일 좋았고 PSL도 우수하였다.

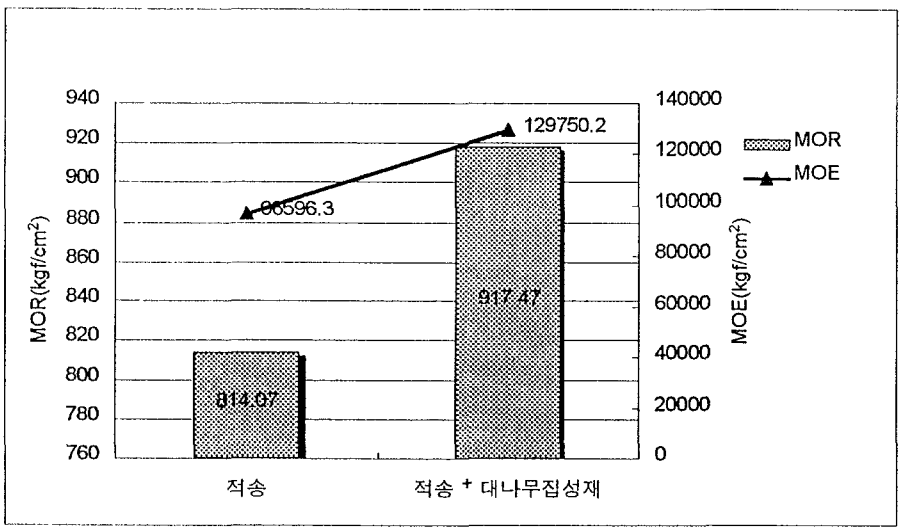


Figure 5-1. 평죽2매 집성재와 소나무재로 구성된 Composites Lumber의 휨강도적 성질

* Radial방향의 휨강도임

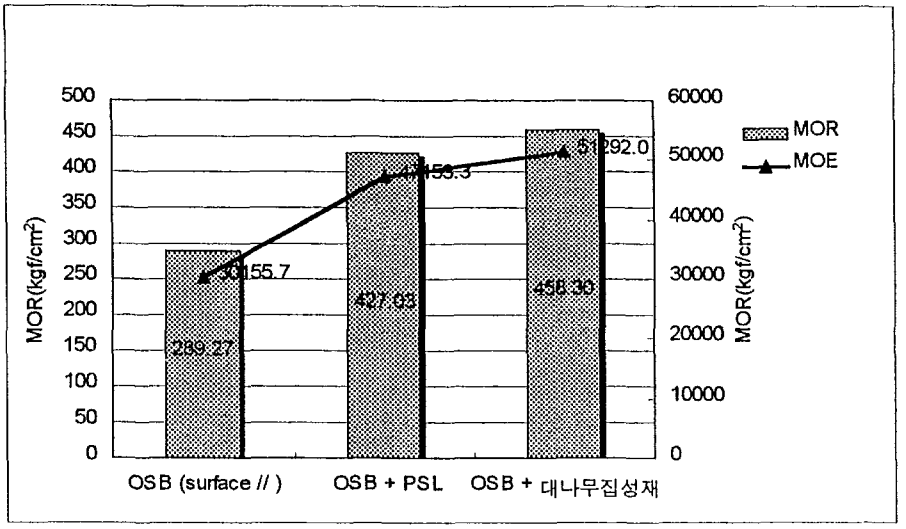


Figure 5-2. 평죽2매 집성재 또는 대나무PSL과 Aspen OSB(//)로 구성된 Composit Lumber의 휨강도적 성질

* OSB(Surface //) : 표층의 스트랜드 배열방향

표층의 스트랜드 : 전체OSB의 33%를 차지

심층의 스트랜드 : 전체OSB의 67%를 차지(표층과직교)

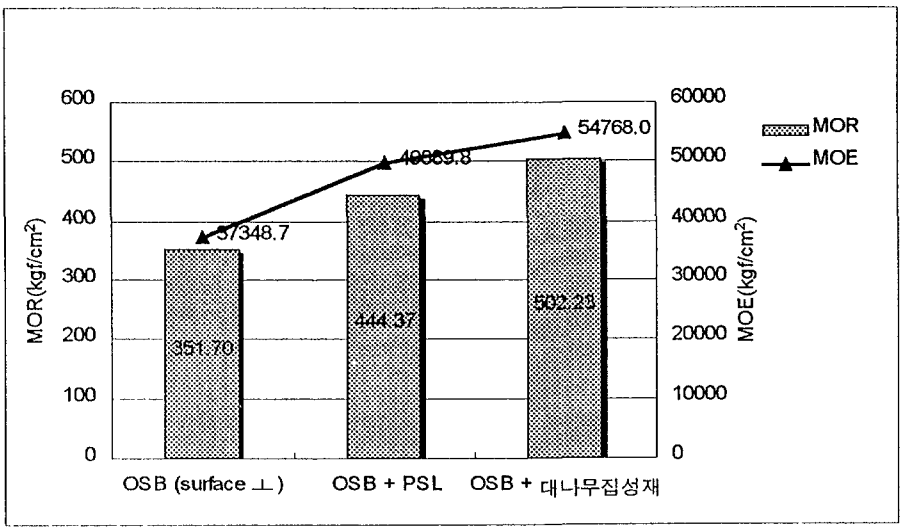


Figure 5-3. 평죽2메 집성재 또는 대나무 PSL과 Aspen OSB로 구성된 Composit Lumber의 휨강도적 성질

OSB(Surface ⊥) : 표층의 스트랜드 배열방향

표층의 스트랜드 : 전체OSB의 33%를 차지

심층의 스트랜드 : 전체OSB의 67%를 차지(표층과직교)

제 4 절 결 론

본 연구는 왕대, 분죽, 맹종죽의 3개월생의 스트랜드를 이용하여 UMF 수지첨가율(9, 12, 15%)로 하여 대나무 평행배열재(PSL)를 제조하고 제품의 물리·기계적 성질을 비교 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었으며 계획이외의 추가 연구로 타 목질재료와 Composite Lumber를 구성하여 강도적 성질을 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. PSL의 두께팽윤율은 PSL이 OSB보다 낮아 치수가 안정되어있으며 흡수율 또한 왕대, 분죽 OSB의 흡수율(30%)보다 PSL의 흡수율 (왕대 15.24%, 분죽 10.65%)이 적게나타났으며 CSA 카나다규격을 만족시켜 주었다.

2. 스트랜드 평행 배열재(PSL)에서는 10cm 스트랜드 길이가 5cm 스트랜드 길이보다 휨강도와 내부결합도가 좋은 것으로 나타났다. 대나무 수종에 따른 PSL의 휨강도 차를 보면 분죽(987 ~ 1412kgf/㎠)이 왕대(850 ~ 1346kgf/㎠)보다 좋았고, 맹종죽(634 ~ 844 kgf/㎠)은 세 수종중 제일 낮았다. 휨강도는 카나다 OSB규격보다 매우 높았고 목재보다도 높은 값을 보였다.

3. 대나무 스트랜드 평행 배열재(PSL)의 박리강도는 전체적으로 3.75 kgf/㎠부터 9.71 kgf/㎠를 나타낸다. UMF 12%의 경우 대나무 수종별로 보면 분죽 (6.98 ~8.62 kgf/㎠), 왕대 (6.14 ~ 8.87kgf/㎠), 맹종죽 (5.85 ~ 6.28kgf/㎠)순 이었다

4. 대나무 스트랜드 평행 배열재(PSL)의 못 인발 저항력은 수지 함지율이 높아질수록 못인발력(왕대, 스트랜드길이 10cm, 수지함지율 9% : 52.55 kgf/cm, 수지함지율 12% : 68.36kgf/cm, 수지함지율 15% : 72.08kgf/cm)은 증가하였으며, 스트랜드길이가 길수록(왕대, 수지함지율12%, 5cm : 43.05kgf/cm, 10cm : 68.36kgf/cm) 못 인발 저항

력은 증가되었다. 수종간 비교를 하면 스트랜드 길이와 수지함지율에 관계없이 세 수종중 멩종죽이 가장 낮은 못 인발 저항력을 나타냈으며 분죽이 가장 높은 못 인발 저항력을 나타냈다

5. 대나무 Composites Lumber의 강도적 성질은 적송, 활엽수 OSB 모두 대나무 스트랜드 평행배열재(PSL)와 대나무집성재와의 Composites Lumber구성으로 강도의 증진효과(활엽수 OSB (Surface //) MOR : 289.27kgf/㎠, OSB+PSL MOR : 427.03kgf/㎠, OSB+집성재 : 458.30kgf/㎠)를 나타냈다.

6. 평죽2매집성재는 소나무와의 복합재 제조에 있어 그 MOR과 MOE를 향상시켰다. MOR보다는 MOE를 보다 많이 향상 시켰다.

7. 대나무 PSL과 평죽2매 집성재는 목질 OSB와의 복합재 제조에 있어 그 강도적 성질(MOE, MOR)를 향상시켰다. MOE보다는 MOR을 향상시켰다.

제 5 절 참 고 문 헌

1. Andersen, A. W and G. E. Troughton..1996. New Phenolic Formulations for bonding higher moisture content OSB panels. Forest Products J., Vol. 46, No. 10

2. Chen, F. W., J. Kasim, and L. T. Chew.1991., Particleboard from bamboo Forest Res. Inst. Malaysia(FRIM) Report(56):34-44

3. Canadido, L. S.1991. Evaluation and improvement of the properties of zephyr particle board. Dissertation, University of Tokyo, pp23-26.

4. David, N. S. H and A. P. Bangi.1996. Chemical modification of juvenile wood. Part 1. Juvenility and response of southern pine OSB flakes to acetylation. Forest Products Journal, Vol. 46, No. 7/8

5. Godbole, V. S. and S. C. Lakkad.1986. Effect of Water absorption on the mecha nical ptoperties of bamboo. . Journal of Materials Science Letters 5 303~304.

6. Hong, B. W.1988. Dynamic Mechanical Properties of Bamboos in Korea. . Wood Sci. & Tech. 16(1): 45~54.

7. Jain, S., R. Kumar and U. C.(1992), Mechanical behavior of bamboo and bamboo composite. J. of Materials Sci. 27(17):4598-4604.

8. Kim, Y.J., M. Okuma., ' '. Yokata.1998. Study on sheet material made from zephyr strands V: Properties of zephyr strand board and zephyr strand lumber using the veneer of fast-growing species such as poplar. . Journal of Wood Science: Volume 44 No.6

9. Lee, A, W. C. X. Bai and P. N. Peralta.1994, Selected physical and mechanical p roperties of giant timber bamboo grown in South Carolina. Forest Prod. J. 44(9): 4 0~46.

10. Lee, A, W. C. X. Bai and P. N. Peralta1996. Physical and Mechanical Propertie

s of standard board made from moso bamboo, Forest Products J.,
Vol. 46, No. 11/1

11. Ma, L., Y. Kupoki., W. Nagadomi., B. Subiyanto., S. Kawai and H. Sasaki.1997. Manufacture of Bamboo - Cement Composites - Effects of additiveson hydrati on characteristics of bamboo-cement mixtures: JW RS Vol. 43, No. 9, p.754-761.

12. Ma, L., O. R. Pulido., H. Yamauchi., S. Kawai and H. Sasaki.1998. Manufacture of Bamboo-Cement Composites V-Effects of sodium silicate on bamboo - cement c omposite by hot pressing : JWRS Vol. 44, No. 6, p.425-432.

13. Ma, L. S. Kawai and H. Sasaki.1999. Manufacture of Bamboo - Cement Compo sites VI- Effects of silicate fume addition and heat-treatment on properties of hot-pressed boards : JWRS Vol. 45, No. 1, p.25-33.

14. Mohammad, M. A. H and I. smith. 1996. Effects of multi-phase moisture conditioning on stiffness of nailed OSB-to -lumber connections. Forest Products J. Vol. 46, No. 4

15. So, W. T., Y. S. Kim., W. Y. Chung. and H. W. Lee. 1999. Wood characteristics of *Phyllostachys bambusoides*, Phyllostachys nigra var.henoins, and *Phyllostachys punescens* Grown in Damyang District. Mokchae Konghak. 27(2) : 7~14.

16. Winistorfer P. M and W. Xu.1996. Layer water absorption of MDF and OSB. Forest Products J., Vol. 46, No. 6

17. Xu, W and P. M. Winistorfer. 1995.Layer thickness swell and layer internal bond of MDF and OSB. Forest Products J. 45(10):67-71

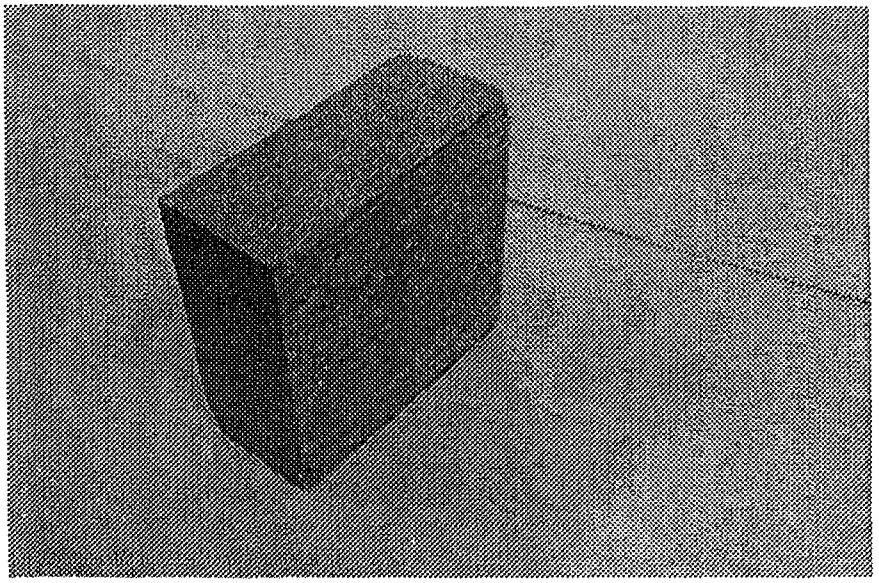


Photo 5-2. 대나무 PSL

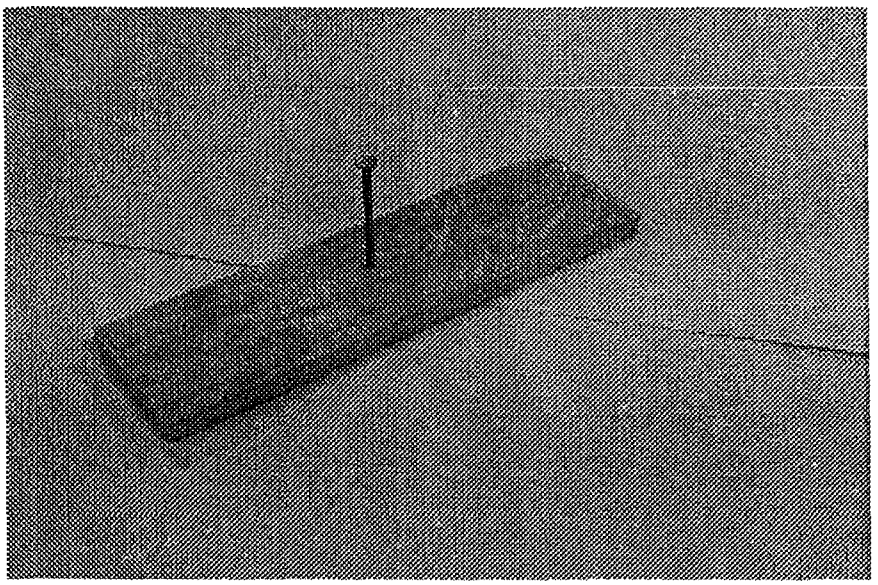
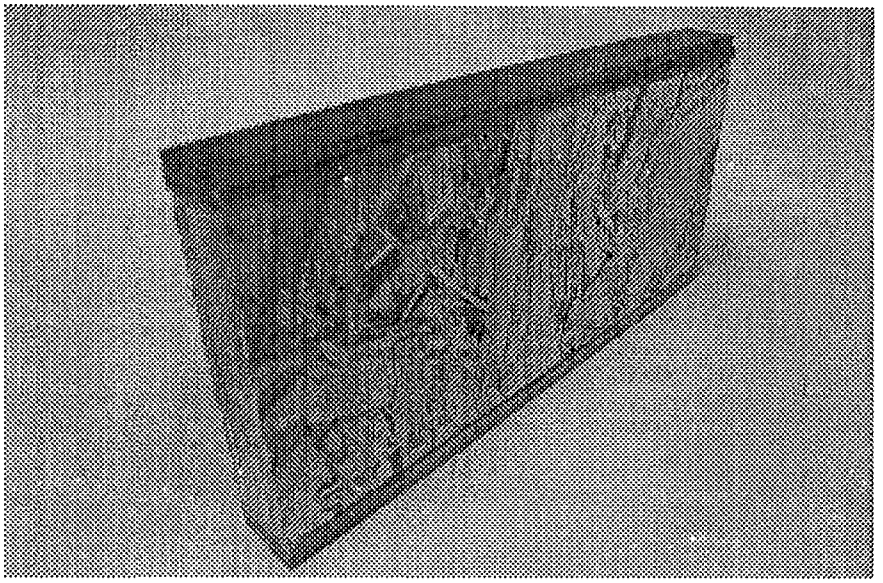
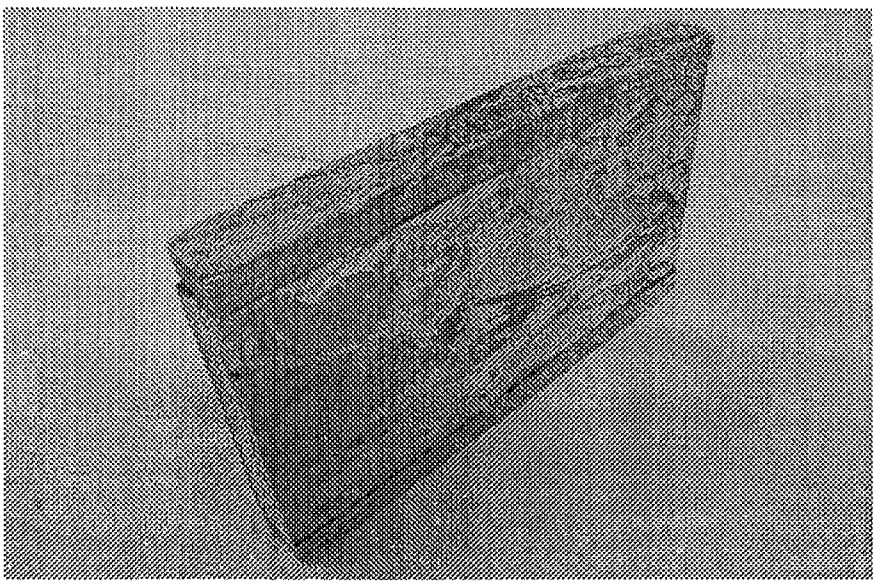


Photo 5-3. 대나무 PSL의 못인발저항 시험편



a. OSB(web) + 대나무 평죽 집성재 (flange)



b. OSB(web) + 대나무 PSL (flange)

Photo 5-4. 제조한 대나무 컴포지트 Lumber의 사진

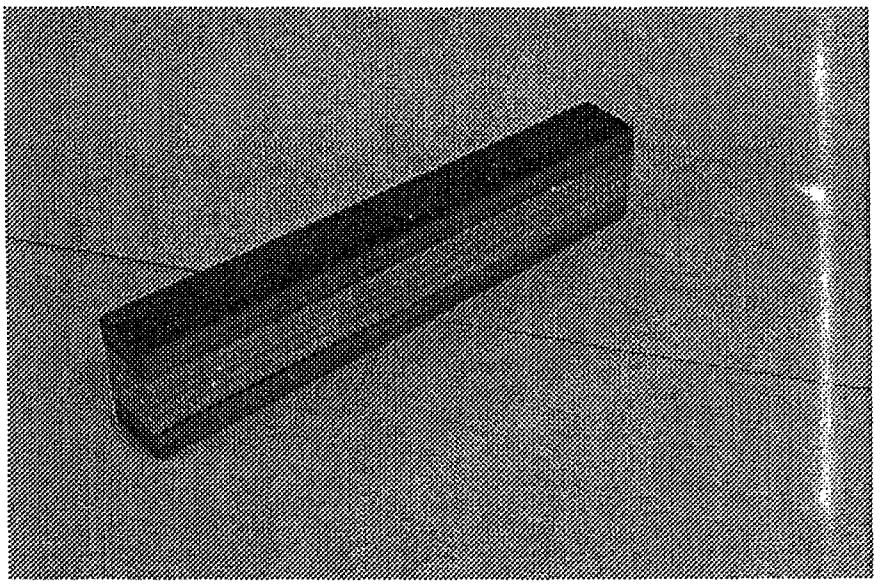


Photo 5-5. 소나무(web) + 평죽 집성재(flange) 휨강도 시편

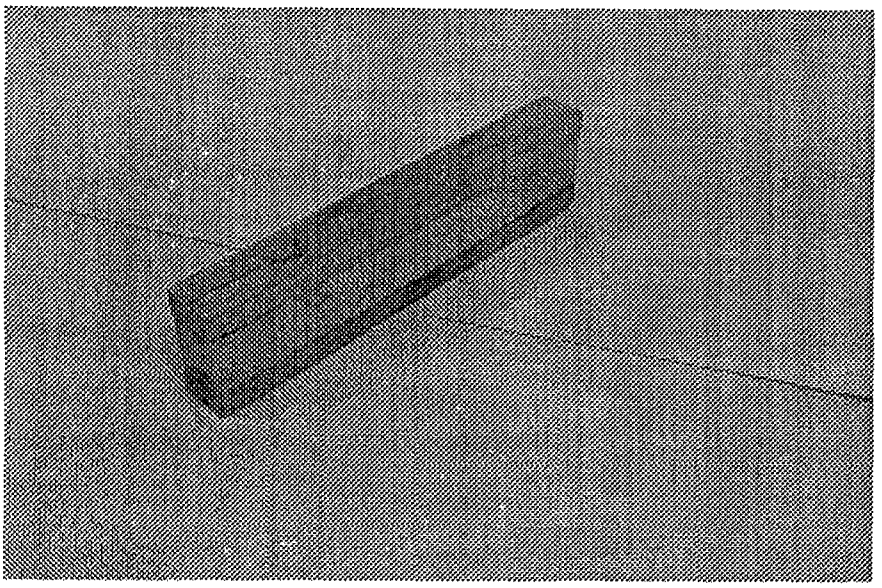


Photo 5-6. OSB(web) + 대나무 PSL(flange) 휨강도 시편

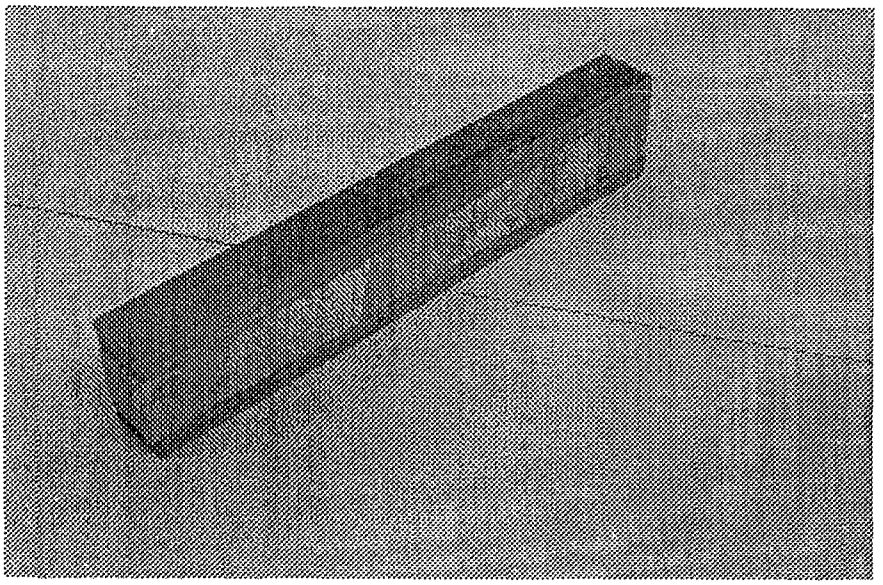


Photo 5-7. OSB(web) + 평죽 집성재(flange) 휨강도 시편

제 7 장 국내산 대나무를 이용한 특수보드의 경제성 분석 (2년차)

제 1 절 경제성 분석의 목적

플라스틱의 용도가 다양해짐에 따라 대나무 산업은 사양산업으로 전락하였고 이 결과 죽림농가의 소득은 실질적으로 계속 하향하고 있다. 또한 국내에서 필요로 하는 합판 및 보드류가 국내생산만으로 충족되지 않아 매년 상당한 양이 수입되고 있다. 따라서 만약 국내에서 특별한 수요가 없는 원죽을 이용하여 만든 보드가 수입산 보드를 대체할 수 있다면 이는 국가경제에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 본 연구는 국내산 대나무를 이용하여 만든 특수보드의 경제성 분석을 통하여 결과적으로 수입산 보드를 대체할 수 있는가와 이에 따라 죽림농가의 소득이 증가할 수 있는지의 여부를 판단하고자 한다.

이를 위하여 먼저 환경을 분석하고 분석의 틀을 제시한 후에 경제성을 분석하고자 한다. 환경 분석은 국내 보드류 산업의 현재 상황을 개괄적으로 살펴본 후에 죽림의 현황에 대한 기본분석을 하고자 한다. 그리고 본 연구는 크게 평죽화와 스트랜드를 이용한 연구이나 평죽화는 특수 가치를 부여하므로 대중적이고 대량생산이 가능한 스트랜드를 이용하여 경제성을 분석하기로 한다.

제 2 절 환경 분석

1. 국내 보드류 산업현황

합판 및 보드류 전체 사용량 중 IMF 이전에는 66%를 국내에서 생산되고 나머지는 외국에서 수입하였다. 그러나 IMF 이후 수입이 급속히 감소하였으나 최근 다시 늘어나고 있다. Table 6-1은 지난 20년 동안의 합판 및 보드류의 국내 생산량과 수입을 보여준다.

Table 6-1. 합판 및 보드류의 국내생산과 수입 (단위: 1,000m^3)

연도	국내 생산				수입				총계
	합판	PB	MDF(HB)	합계	합판	PB	MDF	합계	
1980	1,575	68	-(14)	1,657	46	-	-	46	1,703
1990	1,224	165	113(54)	1,456	783	392	97	1,272	2,728
1995	896	548	614	2,058	1,307	434	76	1,817	3,875
1997	1,050	721	750	2,520	949	253	74	1,276	3,796
1998	680	507	584	1,771	494	149	34	677	2,448
1999	734	672	844	2,250	791	377	217	1,385	3,635

보드산업은 부가가치가 높은 친환경적 산업으로 매년 국내소비량이 증가하고 있다. 예를 들어, 1999년도 기준으로 국내에서 소비된 보드는 1,049,000m3로 이중에서 64%에 해당되는 672,000m3은 국내에서 생산되었고 나머지 36%에 해당되는 377,000m3은 외국에서 수입되었다. 계속적으로 국내 생산량은 증가하고 있으며 1990년부터 1999년 사이에 국내 생산량은 매년 17%에 이르는 높은 성장률을 기록하고 있다. 반면에 수입되는 보드는 동일기간동안에 큰 변화가 없었다. 즉, 1990년과 1999년의 수입크기가 거의 동일한 것으로 파악된다. Table 6-2는 보드의 연도별 국내생산량과 수입의 크기를 보여 준다. 표에 의하면 수입비중은 낮게는 1998년의 23%에서 높게는 1999년의 36%에 이른다.

Table 6-2. 보드의 연도별 국내생산량과 수입

	1996	1997	1998	1999	1999.1~8	2000.1~8
합계	1,014	974	656	1,049	677	803
국내생산	659	721	507	672	431	485
수입	355	253	149	377	246	318
수입비중(%)	35.0	26.0	22.7	35.9	36.3	39.6
OSB 수입	38	81	14	21	12	17

OSB는 합판 대용재로 PB처럼 제조되나 성능은 합판과 같은 것으로 현재 사용량이 미비하며 국에서는 생산되지 않아 전량 수입에 의존하고 있다. OSB의 수입은 1990년대 들어서면서 1인당 국민소득이 향상되어 쾌적한 주거환경의 욕구가 높아지자 목조주택의 도입과 때를 맞추어 국내 시장 규모가 서서히 증가하면서 수입되기 시작하였다. 그러나 1997년말부터 닥치기 시작한 IMF 위기로 목조건축 시장이 급격히 축소됨에 따라 OSB의 수입도 급격한 감소를 보였으나 점차 회복되어 2000년 8개월 동안의 수입은 작년 동일기간에 비하여 5,000m^3 증가하였다.

2. 대나무 죽림면적 및 생산량

대나무 죽림에 대한 현재의 통계는 상당히 대략적으로 이루어지고 있어 현 실태를 정확히 파악할 수 있지는 않다. 가장 최근의 2001년도 통계에 의하면 우리나라의 죽림면적은 총 6,087정보이고 이중 50%가 전남에 그리고 38%가 경남에 위치하고 있으며 이 외에도 전북, 경북, 충북의 일부지방에서 소규모 면적이 있다. 또한 죽종으로는 왕죽이 56%, 분죽이 43%, 그리고 맹종죽이 나머지 1%를 점유하고 있다. 그리고 직경별 죽림의 축적 현황은 다음과 같다.

Table 6-3. 직경별 죽림의 축적 현황

직경	점유율
1.5~2.5	8.8%
2.6~3.5	21.9%
3.6~4.4	22.0%
4.5~5.4	23.1%
5.5~6.3	13.1%
6.4~7.3	5.9%
7.4~8.2	2.4%
8.3~9.2	2.2%
9.2 이상	0.6%

통계에 의하면 1980년에 죽림면적은 5,360정보이고 죽림축적은 427만속이다. 그리고 1974년의 죽림면적은 4,641정보이고 죽림축적은 317만속이다. 즉, 74년에는 정보당 682속이 축적되었고 80년에는 796속이 축적되었다. 현재는 죽림축적현황이 파악되고 있지만 않으므로 국내 생산량을 파악하기가 어려운 상황이다. 80년대까지만 해도 플라스틱제품이 죽세품을 대체하기 전으로 원죽의 가격이 상대적으로 높았고 따라서 죽림농가는 죽림을 수입의 원천으로 인식하여 죽림을 매우 적극적으로 관리하여 축적량이 많았으나 현재는 방치되는 면적이 많아 정보당 축적량이 많이 감소하였을 것으로 추정된다.

담양지역 판매상을 대상으로 조사한 결과 1정도당 350내지 450속이 벌목되는 것으로 확인되었다. 따라서 1정도당 400속을 기준으로 하면 대나무의 축적량은 2000년 대략적으로 243만속에 이르는 것으로 추정된다.

6,087×400 = 2,434,800(속)

그러나 현재 매년 어느 정도가 벌목되고 있는지는 전혀 파악이 되고 있지 않는 상황이다.

3. 원죽의 가격

원죽의 가격은 지난 20~30년 동안 거의 변화가 없었다. 2001년 전남 담양의 원죽 거래상을 중심으로 파악한 원죽의 소매 가격은 Table 6-4와 같다. 총 69,000속이 거래되었으며 속당 거래가격은 평균 19,614원이었다.

Table 6-4. 판매상별 원죽 거래가격 및 거래량

판매상 번호	판매량(속)	판매금액(천원)	속당 가격(원)
1	25,000	508,000	20,320
2	15,000	286,000	19,067
3	5,000	96,000	19,200
4	4,000	82,400	20,600
5	15,000	286,000	19,067
6	2,000	38,000	19,000
7	3,000	57,000	19,000
합계	69,000	1,353,400	19,614

거래되는 원죽은 2-3년생 과죽으로 1속 단위로 거래된다. 1속은 맹종죽의 경우 1~3개를 포함하고, 왕죽의 경우 5~15개를 포함하고, 분죽의 경우 20~40개를 포함한다. 가격은 곧은 정도, 깨끗한 정도 등에 따라 차이가 나며 여름에 벌목한 것에 비하여 겨울에 벌목한 것을 상품으로 친다. 2~3년생이 주로 거래되는 이유는 이들 대나무들이 공예품을 생산하기에 적합한 견고성을 가지고 있기 때문이다. 대나무 가격은 연령과 별 관계없이 일정하다고 한다. 단지 1년생 신죽은 공예품으로 적합하지 않기 때문에 거의 거래가 되지 않고 있는 실정이다.

경제성을 분석하기 위해서 우리는 죽림농가에 실질적으로 지급되는 금액이 1속당 얼마이고 또한 매매상이 대나무를 벌목하고 이를 운반하는데 얼마가 소요되는 가를 파악해야 한다. 이를 위해 죽림을 소유하고 있는 사람들에게 문의한 결과 가격은 상당한 차이를 보이고 있으나 대체로 1속당 가격은 2,500원에서 3,500원 사이로 파악되었다. 물론 도매상들은 인건비와 운송비를 부담하기 때문에 도매상들에게 원가는

3,500원에 비용을 합한 금액으로 8,000원에서 13,000원 정도로 파악되었다.

운송비용으로 인해 외국에서 현재 수입되는 원죽은 거의 없으며 죽세공품 전체의 수입금액은 92년부터 97년까지는 연 평균 15,000,000달러였으나 이후 감소하여 99년에는 15,400,000달러에 그친 것으로 보고되었다.

Table 6-5. 죽세공예품 수입 및 수출 현황

	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992
수출	292	267	145	250	210	125	125	125
수입	15,401	10,705	26,106	23,515	25,614	19,795	24,562	25,867

원죽은 거의 수입되지 않으므로 현재 가격에 대한 정확한 자료는 없으나 국내 죽제품의 가격이 수입품과 큰 격차를 보이고 있는 점으로 미루어 원죽의 가격도 이 정도로 심한 가격불균형을 보일 것으로 사료된다.

제 3 절 경제성 분석

1. 최적 벌목시기에 관한 분석

산림자원과 같이 가치가 매년 성장하는 농작물의 경제적 벌목시기는 가치의 성장률이 기회비용과 동일해 지는 시점이다. 예를 들어 원목의 가치가 1차 연도에 30%, 2차 연도에 25%, 3차 연도에 19%, 4차 연도에 13%, 5차 연도에 8% 성장하고 소유자의 기회비용이 10%이면 최적 벌목시점은 4년을 기다린 후에 벌목하는 것이다. 여기서 기회비용은 소유자가 묶인 자본에 대하여 기대하는 최소한의 기대수익률을 의미한다. 수목은 매년 수확하는 농산물과 달리 윤벌기가 수종에 따라 다르지만 특별히 오랜 벌기령을 갖는 수종을 제외하고 대개 10년 내지 50년 정도 된다. 그러나 대나무의 경우 이와는 상이하다. 왜냐하면 대나무는 수종에 따라 생장기간이 왕죽은 20일-40일, 분죽은 24-45일, 맹종죽은 30-50일이 되나 자기 키로 성장한 이후부터는 더 이상 성장하지 않고 강도만이 증가할 뿐이기 때문이다. 대나무가 공예품의 원료로만 사용되는 경우 신죽에 대한 시장은 거의 존재하지 않았으며 벌채의 나이는 대경 죽재인 왕대, 분죽, 맹종죽의 경우 3-4년생 세경 죽종(오죽)은 2년생을 수확하며 생육 중지기(10월부터 다음 해 2월)에 격년, 3년, 4년 간격으로 벌채하게 된다.

그러나 당년에 자란 1년생이 성숙된 죽재 3년생에 비하여 비록 밀도가 적고 강도가 떨어지나 유연성이 높아 열압시 접촉면적이 높아지고 접착효율이 높아져 오히려 스트랜드 보드를 제조하는 경우 품질이 우수하게 되는 장점을갖게 된다. 따라서 1년생 대나무에 대한 새로운 수요가 충분히 창출되면 최적 벌목시기는 당연히 1년이 될 수 있다. 앞에서 이미 설명했듯이 현재 대나무의 가격은 대나무의 연령과 무관하게 거의 일정하다.

2. 경제성 분석의 기본 접근방법

본 논문을 경제성 분석을 크게 2가지의 시각에서 접근하고자 한다. 첫 번째 분석은 대나무 가공업자 입장에서의 분석이다. 즉, 수입되는 캐나다산 OSB와 비교하여 가격경쟁력이 있는가의 분석이다. 대나무 보드의 질은 수입 OSB보다 우수한 것으로 분석되었기 때문에 약간 높은 가격도 가능할 것으로 사료되지만 여기서는 분석을 위해 동일한 수준을 가정하기로 한다. 두 번째 분석은 대나무 가공업자에게 가격경쟁력이 있다고 가정하는 경우 특수보드의 생산이 죽림농가의 소득도 실질적으로 증가시키겠는가 이다.

3. 수입산 OSB와의 비교 분석

국내에 수입되는 OSB는 캐나다산으로 규격은 1.15×120×140(cm)이므로 부피는 33,120cm^{3}이다. 그런데 비중은 0.6이므로 무게는 33120×0.6=19,872g이다. 가격이 13,500원이므로 kg 당 가격은 678원으로 계산된다: 13,500/19.9 = 678.4원.

대나무로 만든 OSB는 1×20×20(cm)이고 무게가 300g이므로 수입 OSB와 비교하기 위해서는 동일 규격으로 전환해야 한다. 1.15×120×140(cm) 기준으로 전환하면 무게는 21.6kg으로 계산된다. 그런데 대나무 1속의 무게는 대략 18에서 24kg의 분포를 가지므로 평균 1속으로 대나무 OSB를 1개 만들 수 있다고 가정하기로 한다.

분석을 위하여 1속의 가격을 10,000원으로 가정하기로 한다. 현재 죽림농가에 지급되는 금액은 속당 대략 3,000원이고 1속당 7,000원의 비용이 필요한 것으로 분석하였으나 가공업자가 본격적으로 대나무를 벌목하게 되는 경우 실제 소요되는 비용은 이보다 훨씬 낮아질 수 있을 것으로 사료된다. 어쨌든 일단 10,000원을 원자재 구입비로 가정하면 원가계산은 다음과 같다.

▪ 1속의 구입가격: 10,000원

▪ 접착제 비용(20kg 기준에 12~15% 가정):

UF인 경우(12% 소요된다고 가정함)

20kg×0.12=2.4kg

2.4kg×요소 수지가격 215원 = 516원

UMF인 경우(15% 소요된다고 가정함)

20kg×0.15=3kg

3kg×(0.5×215+0.5×712)=1,392원

(참고: UMF의 경우 요소 수지 50%와 멜라닌 수지 50%를 혼합하여 만듬)

▪ 기타 인건비와 공정비 20%임

▪ 원가

UF 이용: (10,000 + 516)×1.2 = 12,619원

UMF 이용: (10,000 + 1,392)×1.2 = 13,670원

수입산 OSB와 동일한 크기의 대나무 특수보드를 생산하는데 12,619원 또는 13,670원이 소요되는 것으로 분석되었다. 두 금액의 평균은 13,145원으로 수입산 OSB의 가격 13,500원보다 오히려 약간 낮은 것으로 분석되었다. 그러나 분석에서 잠깐 언급하였듯이, 7,000원의 인건비와 운송비는 감소시킬 수 있는 요인이 충분하므로 추가적인 원가절감이 이루어질 수 있을 것으로 사료된다. 그리고 강도가 수입산 OSB보다 우수하므로 13,500원보다 약간 높은 가격에서도 가격경쟁력을 확보할 수도 있다. 또한 외국에서 수입되는 OSB의 가격은 환율과 연동되어 가격의 변동이 심하나 국내에서 생산되는 대나무를 이용하는 경우 환위험에 노출되지 않는다는 추가적인 이점이 있다. 나아가 외국에서 수입할 필요가 없으므로 외화 지출을 피할 수 있다.

4. 죽림 소유자의 경제성 분석

가공업자 입장에서의 경제성 분석을 통하여 현재의 가격에서 대나무를 매입하여 OSB를 만드는 경우 가격경쟁력이 있는 것으로 판단되었다. 그렇다면 이는 죽림농가

의 소득증대로도 이어지겠는가? 지금까지는 2년 내지 3년을 기다린 후에 벌목이 가능하였으나 유연성이 높은 1년생 대나무를 이용하여 대나무 보드를 생산할 수 있다면 대나무를 농작물처럼 매년 벌목할 수 있게 되고 따라서 농가의 소득이 큰 폭으로 상승할 것으로 기대된다.

현재 1정보를 소유한 농가의 입장에서 소득을 비교하여 보자. 분석을 위하여 1정보로부터 400속을 벌목할 수 있으며 속당 가격은 3,000원이다.

▪ 2년마다 벌목한다고 가정하는 경우(현재의 추정 소득):

1정보로부터의 생산량이 400속이고 속당 3,000원에 팔 수 있으므로 2년마다 120만원의 소득이 발생한다. 그런데 여기에 대략적으로 30%의 생산비가 필요하다고 가정하면 생산비는 36만원이고 순소득은 84만원이다.

▪ 매년 벌목한다고 가정하는 경우

매년 벌목이 가능하다고 가정하면 당연히 농가의 수입은 크게 증가한다. 다음은 2년 동안의 순소득을 계산한 것이다. 매년 벌목하는 경우에도 동일한 수준의 비용이 수반된다고 가정하면 순소득은 2년마다 벌목하는 경우의 정확히 2배가 된다.

매출: 400×3,000×2 = 2,400,000
비용: 360,000×2 = 720,000
순소득: 1,680,000

여기서 30%의 생산비용은 임업연구사업보고서(1969)에서 추론한 것이다. 그런데 생산비의 크기, 속당 판매가격, 1정보당 생산량은 순소득의 크기에는 영향을 미치나 본 연구의 기본 결과에는 거의 영향을 미치지 않는다는 점을 간과해서는 안 된다.

또한 현재는 비배관리를 거의 하지 않는 방치관리를 하고 있는 상황이다. 만일 생산성 향상을 위하여 적극적으로 관리하는 경우 생산량이 크게 증가할 것이다. 80년대 후반에 행해진 연구에 의하면 집약관리는 조방관리에 비하여 46~50% 생산량이 높으며 집약관리는 방치관리보다 300~400% 생산량이 높다고 한다. 따라서 1년생 원죽에

대한 수요가 확실하다면 죽림농가는 생산량을 향상시키기 위하여 죽림을 적극적으로 관리하게 되고 이로 인해 소득이 크게 증가하게 된다.

자주 벌목하게 됨에 따라 그리고 비배관리를 함으로써 대나무 생산성이 향상됨에 따라 농가소득이 크게 증가할 것이라는 결론은 1속당 판매가격이 현재 수준을 유지할 것이라는 가정하에서만 유효하다. 새로운 수요가 창출된 경우 농가는 이를 의식하고 현재보다 높은 가격으로 대나무를 팔려고 할 것이고 가공업자는 농가가 자주 벌목할 수 있으므로 현재보다 낮은 가격이 적정 가격이라고 생각할 것이다. 만일 대나무 가격이 하락한다면 어느 정도까지 하락할 때 농가소득이 현재와 같게는가?

위에서 가정한 수치에 근거하여 분석하면 속당 1,950원의 계산이 나온다. 즉, 속당 1,950원에 판매한다면 순소득은 다음과 같이 840,000원으로 2년마다 벌목하는 경우와 동일하다.

$$(400 \times 1{,}950 - 360{,}000) \times 2 = 840{,}000$$

이 가격은 현재 원죽가격의 65%에 해당되는 가격이다. 즉, 가격이 35% 하락하지 않는한 농부는 전보다 높은 소득을 기대할 수 있다.

제 4 절 결 론

본 연구 수행 결과 대나무 특수보드는 국내에서 가격경쟁력이 충분한 것으로 분석되었다. 다음은 경제성 분석에서 얻은 주요 결과이다.

- 국내산 대나무로 만든 특수보드가 수입산 OSB를 대체시킬 수 있다면 이는 국가경제에 공헌하는 바가 크다.

- 국내산 대나무 특수보드는 수입 OSB보다 품질에서 우수하나 가격은 비슷하므로 국내에서 충분한 가격경쟁력을 갖는다.

- 대나무 특수보드가 수입 OSB를 대체하면 외화유출을 방지할 수 있으며 환율의 변동과 무관하게 가격이 결정되므로 안정된 가격으로 공급이 가능하다.

- 현재 2~3년생이 주로 거래되는 이유는 죽세공예품 제작에 필요한 수준의 강도 때문이었으나 대나무 특수보드가 1년생 대나무의 수요를 새로이 창출할 수 있다면 농작물과 같이 매년 벌목하는 것이 당연히 죽림농가에는 유리하다.

- 죽림농가에 미치는 순소득의 크기는 생산비, 속당 산지가격, 1정도당 생산량에 대한 가정에 따라 상이하다. 그런데 현지 가격을 유지한다는 가정하에서 분석하면 벌목과 비배관리를 통하여 최소 200% 이상의 소득향상이 있을 것으로 기대된다.

- 대나무 특수보드의 생산이 성공적으로 수행되면 스트랜드 보드 뿐만 아니라 다른 유관 제품의 개발도 가능하여 계속적인 수요창출이 가능할 것으로 사료된다.

제 5 절 참 고 문 헌

Lee, Hwa-Hyoung, 2001, The Status of Wood Industry in South Korea, Chungnam National University, Presentation paper. for IAWPS, Tokyo, April 3, 2001

Myers, S. and R. Brealey, 2000, Principles of Corporate Finance, 6th edition, Irwin.

산림청. 2001. 임업통계연보 제 31호

한국 합판 공업협회. 임업연구원. '97한국합판·MDF·파티클보드 심포지움. p176

관세청. 각년도. 무역통계연보

통계청. 각년도. 광공업통계조사 보고서

농림부. 1999. 왕겨를 이용한 환경친화형 목질신소재 개발