(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
B27N 3/00

(11) 공개번호 특2003-0086146
(43) 공개일자 2003년11월07일

(21) 출원번호 10-2002-0024526
(22) 출원일자 2002년05월03일

(71) 출원인 대한민국(서울대학교 총장)
서울 관악구 신림9동 산56-1

티피코코리아(주)
경기도 안양시 만안구 석수동 269-8

김현중
서울특별시 관악구 봉천7동 서울대 교직원 APT 936동 607호

양한승
경기도 성남시 분당구 분당동 113번지 건영빌라 307동 204호

(72) 발명자 김현중
서울특별시 관악구 봉천7동 서울대 교직원 APT 936동 607호

양한승
경기도 성남시 분당구 분당동 113번지 건영빌라 307동 204호

장길재
경기도안양시만안구석수2동321-37

(74) 대리인 이원희

심사청구 : 있음

(54) 농산 폐자원-목재 파티클 복합재

요약

리그노셀룰로즈 물질을 함유하는 농산 폐자원과 목재 파티클의 복합보드, 이의 폼형태의 복합재가 제공된다. 이러한 복합보드, 폼형태의 복합재는 농산 폐자원을 재활용한 기능성 복합재료로서 기존의 목질 판상재 및 건축내장용 흡음재에 비하여 우수한 특성을 가져 상기 재료의 대체재로로서 적합하게 사용될수 있다.

대표도

도 1

색인어

농산 폐자원, 건축내장용 흡음재, 목질 판상재

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 따른 폐타이어-농산 폐자원 복합보드의 제조공정의 일예를 도시한 것이다.

도 2는 본 발명에 따른 복합보드를 건축물 벽체내부에 사용하였을 경우를 예시한 것이다.

도 3은 본 발명에서 사용되는 농산 폐자원(볏집)의 부위 및 크기별 분류를 나타낸 것이다.

도 4a 및 4b는 본 발명에 따른 볏짚-폐타이어 복합보드의 물흡수율 측정결과를 보여주는 그래프이다.

도 5a 및 5b는 본 발명에 따른 볏짚-폐타이어 복합보드의 두께 팽창률 측정결과를 보여주는 그래프이다.

도 6a 및 6b는 본 발명에 따른 볏짚-폐타이어 복합보드의 휨파괴계수 측정결과를 보여주는 그래프이다.

도 7a 및 7b는 본 발명에 따른 볏짚-폐타이어 복합보드의 휨탄성계수 측정결과를 보여주는 그래프이다.

도 8은 본 발명의 볏짚-폐타이어 복합보드의 하중-변형 곡성을 나타내는 그 래프이다.

도 9a 및 9b는 본 발명에 따른 볏짚-폐타이어 복합보드의 박리강도 측정결과를 보여주는 그래프이다.

도 10은 본 발명의 볏짚-폐타이어 복합보드의 흡음률을 보여주는 그래프이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 리그노셀룰로즈 물질을 함유하는 농산 폐자원과 목재 파티클의 복합보드, 이의 폼형태의 복합재에 관한 것이다.

최근 생활수준의 향상, 주택문화의 고급화와 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 각종 건축재, 인테리어재 및 바닥재 등이 기존의 철재나 석유화학제품 등 인공적인 소재에서 천연소재인 목질 판상재 (합판, 중밀도 섬유판, 파티클보드 등)로 점차 대체되고 있어 목질원료 사용량 증가에 따른 원료의 안정적 수급 및 대체원료의 개발이 점차 시급해지고 있다.

농산 폐자원은 볏짚, 밀짚, 옥수수대, 보릿짚 등이 있으며, 목질원료와 유사한 리그노셀룰로오스적 재료(lignocellulosic materials)를 다량으로 함유하고 있는 천연원료로서 목질원료를 대체할 수 있는 잠재성을 가지고 있다.

그러나 지금까지 이런 농산 폐자원은 주로 사료용, 버섯 재배용, 퇴비용 또 는 지붕 덮개용 등의 저부가가치 재료로 사용되고 있어 고부가가치를 창출할 수 있는 재활용 방법과 제품개발에 대한 연구의 필요성이 점점 대두되고 있다. 또한, 기존의 건축내장용 흡음 및 단열재로 사용되고 있는 석면, 암면, 유리섬유 등은 인체에 유해한 성분과 환경오염적인 측면에서 그 문제점이 지적되었는 바, 인체에 유해하지 않으면서 자연친화적, 친환경적인 천연소재의 개발이 점점 요구되고 있는 실정이다.

목재자원의 부족에 따른 자원의 재활용이라는 측면에서 목재 파티클을 새로운 리그노셀룰로오스적 원료(lignocellulosic materials)로 대체하려는 연구들이 활발히 진행되어져 왔다. 그중 파티클보드(particle board)는 가장 효율적으로 재활용할 수 있는 환경친화적 제품으로 정부에서도 중요성을 인식하여 GR(Good Recycling, 자원재활용)품목 인증이 검토되고 있다. 파티클보드는 일반목재나 폐목재를 분쇄법에 의해 파티클 또는 칩 상태로 가공한 후 적당량의 접착제를 혼합하여 열압성형한 제품이므로 볏짚, 밀짚, 옥수수대, 보릿짚 등의 리그노셀룰로오스적 재료는 분쇄법에 의해 파티클 또는 칩 상태로 가공할 수 있고 농산 폐자원을 이용할 수 있는 적절한 접착제의 선택과 원료처리방법이 개발되어진다면 현재 점차 부족해지는 목질원료를 대체하고 높은 부가가치를 창출할 수 있는 재료로서 목질 판상재의 원료를 부분적 또는 전체적으로 대체할 가능성이 있는 원료일 뿐만 아니라 농산 폐자원의 재활용이라는 측면에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

최근 연구 동향을 보면, Yalinkilic 등(1998)은 세가지 종류의 요소-포름알데하이드(urea-formaldehyde, 이하 'UF'라 한다) 접착제와 폐찻잎(waste tea leaves)을 이용하여 세가지 밀도로 파티클 보드를 제조하였으며, 실험결과 밀도가 증가함에 따라 박리강도(Internal bonding strength)와 휨강도(bending strength)가 증가한다고 설명하였다. 그들은 치수안정성 개선을 위해 UF 접착제에 파라핀을 첨가하였으며 단기간 치수안정성에는 개선효과가 있으나 장기간의 효과는 없으며 파라핀 첨가량이 증가함에 따라 보드의 기계적 성질이 감소한다고 설명하였다.

Ajiwe 등(1998)은 왕겨(rice husks)와 톱밥(sawdust)을 이용하여 천장용 보드(ceiling boards)를 제조하였으며 기존 상업적 천장용 보드에 비해 경제적인 보드를 제조할 수 있고 자원의 재활용이라는 측면에서 우수하다고 설명하였다. 또한 기존 상업적 천장용 보드에 비해 인장강도, 수분흡수율이 더 우수하며 인장강도가 우수한 이유를 왕겨에 함유된 높은 실리카 함량 때문이라고 설명하였다.

Karr 등(2000)은 이소시아네이트계 접착제와 목재 파티클 대체재로 밀짚을 이용하여 파티클보드를 제조하였으며 초기 밀짚의 함수율, 접착제 첨가량과 열압온도에 따른 밀짚보드(strawboard)의 물리적 및 기계적 성질을 평가하였다. 그들은 밀짚보드를 제조할 때 접착제 첨가량이 치수안정성(dimensional stability)과 기계적 성질에 가장 중요한 인자라고 하였으며 초기 밀짚의 함수율은 치수안정성보다는 기계적 성질에, 열압온도는 기계적 성질보다는 치수안정성에 더 큰 영향을 미친다고 설명하였다.

Okino 등(2000)은 UF, 탄닌-파라포름알데하이드 (tannin-paraformaldehyde, 이하 'TP'라 한다) 접착제와 찢어진 신문지, 잡지, 사무실용 폐지를 원료로 한 저비중보드(low-density board)를 개발하였으며 UF와 TP를 12% 첨가하고 사무실용 폐 지와 신문지를 원료로 만든 보드가 가장 우수한 기계적 성질을 나타낸다고 보고하였다. 또한 접착제의 첨가수준이 같을 때 UF로 제조한 보드가 TP로 제조한 보드보다 우수하다고 보고하였다.

Karr 등(2000)은 재구성된 리그노셀룰로오스적 제품(reconstituted lignocellulosic products)은 치수안정성에 문제점이 있지만 밀짚보드(strawboard)를 제조할 때 밀짚에 증기형태의 아세틸처리(acetylation)를 하여 치수안정성을 증가시킬 수 있다고 보고하였다. 그러나 아세틸처리가 증가하면서 휨파괴계수(MOR), 휨탄성계수(MOE) 및 밀도가 감소할 수 있다고 보고하였다.

Viswanathan 등(1999, 2000)은 페놀-포름알데하이드(phenol-formaldehyde, 이하 'PF'라 한다), UF 접착제와 0.45, 0.80, 1.20, 2.10 mm 크기의 코어피tm(coir pith) 파티클을 이용하여 코어피스 파티클보드(coir pith particle board)를 제조하였으며 PF 접착제와 큰 파티클로 제조한 보드가 물리적 및 기계적 성질 뿐만 아니라 치수안정성이 더 우수하다고 보고하였다.

Akaranta(2000)는 고무씨 포드(rubber seed pod), 캐슈넛 껍질(cashew nut shell) 파티클과 캐슈넛 껍질 액(cashew nut-shell liquid) 접착제를 이용하여 파티클보드를 제조하였으며 상업적 보드에 비해 휨강도, 치수안정성이 더 뛰어나다고 보고하는 등 많은 연구가 진행 중에 있다.

이에 본 발명자들은 농산 폐자원의 건축재료로서의 활용방안을 모색하기 위하여 리그노셀룰로오스 물질을 함유하는 농산 부산물을 적절한 원료처리후 접착제와 혼합하여 제조한 목질복합재의 물리적 및 기계적 성질을 시험하고 그 수준을 평 가하여 실용화 가능성에 대해 고찰한 결과 기능성 복합재료로서 개발가능성을 확인하고 본 발명을 완성하였다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 기능성 복합재료의 원료로서 농산 폐자원의 적용가능성을 검토하고, 재활용 자원으로서 농산 폐자원의 장점을 적절히 활용한 용도개발에 에 있다.

구체적으로, 본 발명의 목적은 기존 목질재료를 대체하여 우수한 단열성 및 흡음성을 나타내는 농산 폐자원-목재 파티클 복합보드를 제공하는 것이다.

본 발명의 또다른 목적은 발포 접착제를 사용하여 발포 성형에 의해 제작된 복합보드를 제공하는 것이다.

본 발명의 또다른 목적은 상기 농산 폐자원-목재 파티클 복합보드를 건축내장용 흡음재로 사용하는 용도를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명은 리그노셀룰로즈 물질을 함유하는 농산 폐자원과 목재 파티클의 복합보드에 관한 것으로서, 상기 복합보드는 목재 파티클 입자와 리그노셀룰로즈 물질을 함유하는 농산 폐자원의 절편를 함유하고, 이들이 접착제에 의해 서로 결합되어 있는 구조를 갖는다.

본 명세서에서 '목재 파티클'이라 함은 일반 파티클 보드 제작시 사용되는 입자를 총칭하며, 그 형태 및 종류는 특별히 제한되지 아니한다.

본 명세서에서 '리그노셀룰로즈 물질을 함유하는 농산 폐자원'이라 함은 농 업분야에서 생성되는 부산물로서 리그노셀룰로즈 물질을 함유하는 폐자원을 말하며, 이들은 간단히 '농산 폐자원'이라고도 한다. 그 예로는 볏짚, 밀짚, 옥수수대, 보리짚 등을 들 수 있다. 볏짚, 밀짚, 보리짚 등에 함유되어 있는 리그노셀룰로즈 물질은 목질원료와 유사한 물성을 나타낸다.

또한 '농산 폐자원의 절편'이라 함은 볏짚, 밀짚, 옥수수대, 보리짚과 같은 농산 부산물을 적당한 크기로 절단하여 얻어진 단편을 말한다.

본 명세서에서 '농산 폐자원-목재 파티클 복합보드'라 함은 리그노셀룰로즈 물질을 함유하고 있는 농산 폐자원(예를 들면, 볏짚, 밀짚, 옥수수대, 보리짚 등)의 절편과 목재 파티클 입자로 이루어진 복합보드를 말한다.

본 명세서에서 '접착제'라 함은 산업적 용도로 사용되는 모든 접착제가 사용하능하며, 일예로 폴리우레탄(polyurethane), 아크릴 수지(acryl resin), 에틸렌-비닐 아세테이트(EVA), 폴리비닐아세테이트(PVAc) 등을 포함하며 이에 한정하지는 않는다.

본 명세서에서 '발포 접착제'라 함은 적절한 압력 및 온도조절을 통해 발포되어 통상의 접착효과를 나타내는 것으로, 폴리우레탄(polyurethane)계열, 페놀(phenol)계열 등을 포함하며 이에 한정하지는 않는다.

본 발명의 복합보드는, 예를 들면, 일반적인 파티클보드의 제조방법에 의해서 얻어질 수 있다. 도 1은 상기 공정을 도시한 것으로서, 목재 파티클 입자와 리그노셀룰로즈 물질을 함유하고 있는 농산 폐자원 중 하나인 볏짚의 절편을 접착제 와 혼합한 혼합원료(101)를 성형틀(102)에 넣은 후 콜드 프레스(103)로 냉간 압축하여 매트(104)를 제조하고, 제조된 매트(104)를 두개의 카울(105) 사이에 위치시킨 후 스토퍼(106)를 매트(104)의 양측면에 위치시킨 후 핫플레이트(107)를 사용하여 열간 압축함으로써 목재 파티클-농산 폐자원의 복합보드(108)가 완성된다. 완성된 복합보드(108)는 목재 파티클 입자와 농산 폐자원인 볏짚 절편이 서로 균일하게 혼합되어 있다. 상기 공정 중 냉간압축 및 열간압축의 압력을 적절히 조절하여 복합보드 내부에 기공을 3 20 부피% 범위 내에서 형성할 수 있으며, 이렇게 함으로써 기계적 강도는 상대적으로 저하되나 흡음성 및 방진능력을 보다 향상시킬 수 있다. 본 공정은 볏짚 이외에 밀짚, 옥수수대, 보리짚 등 다양한 농산 폐자원에 적용할 수 있으며, 이러한 사항은 당해 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 농산 폐자원으로서 볏집을 사용하여 볏집의 부위별 및 크기별로 선별하여 복합보드를 제작한 후 물리적 및 기계적 특성을 측정한 결과, 상기 선별과정을 거쳐 제작된 복합보드는 그 결과치가 거의 차이가 없어 대량생산시 선별공정의 삭제가 가능함에 따라 생산원가의 절감을 유도할 수 있다.

본 발명의 복합보드에 사용되는 농산 폐자원 및 목재파티클의 혼합비는 적절한 기계적 강도 (휨강도, 박리강도) 및 물리적 성질(비중, 함수율, 흡수율, 두께팽창률 등)을 유지할 수 있는 범위에서 적당히 조절할 수 있으며, 전건중량을 기준으 로 통상 10:90 50:50 (볏짚:목재 파티클), 보다 바람직하게는 10:90 40:60, 가장 바람직하게는 20:80 30:70의 범위 내에서 적절히 조절할 수 있다.

본 발명의 복합보드에 사용되는 접착제는 요소수지 접착제 및 발포 접착제를 사용하며 각각의 종류는 특별히 제한되지 아니한다. 본 발명자들은 편의상 시판되고 있는 요소-포름알데하이드 수지(Urea-formaldehyde resin)를 사용하였다. 접착제의 사용량은 목재 파티클과 농산 폐자원의 결합을 유지할 수 있는 정도의 양이면 특별히 제한되지 아니하며, 통상 목재 파티클과 농산 폐자원의 합에 대해 5 25 중량% 범위, 바람직하게는 5 20 중량%의 양으로 사용된다. 발포접착제 사용시 발포조건은 접착제의 종류에 따라 달라지며 적절한 압력 및 온도 조건하에 수행된다.

본 발명은 접착제 외에 경화제(hardner or curing agent)를 추가로 사용할 수 있으며, 이들은 접착제에 대해 20 중량% 범위내에서 사용될 수 있다. 본 발명에서는 10% NH_4Cl 수용액을 사용하였다.

본 발명의 농산 폐자원-목재 파티클 복합보드는 도 2에 도시한 바와 같이, 석고보드(201, 202, 203)와 같은 외장재 사이에 내부 절연물질(204)로 충진됨으로써 흡음성이 우수한 벽체를 구성할 수 있다. 바람직한 실시예에 따르면 종래 목재 파티클, 섬유보드 및 베니어판에 비하여 넓은 범위에서의 흡음성이 우수함을 알 수 있었다.

본 발명의 복합보드, 폼형태의 복합재는 통상의 목재 파티클 보드의 용도를 대체하여 사용가능하며, 건축 자재, 예를 들면, 벽체내부의 흡음보드 · 연질판 등의 자재 등으로 사용될 수 있다. 특히, 우수한 단열성 및 흡음성을 가짐에 따라 건축내장용 흡음재로서 매우 적합하며, 종래 건축내장용 흡음 및 단열재로 사용되고 있는 석면, 암면, 유리섬유 등 인체에 유해하면서 환경오염을 야기시키는 물질을 훌륭히 대체할 수 있는 자연친화적이면서 친환경적인 소재이다.

이하, 실시예를 들어, 본 발명을 보다 자세히 기술할 것이나, 본 발명의 범위가 이들에 한정되는 것은 아니다.

<실험재료>

- 목재 파티클

목재 파티클로 일반 파티클보드에 이용되는 혼합수종으로 중층용 팔만칩을 사용하였다. 파티클은 보드의 매트 함수율 조정을 위해 천연건조를 통해 함수율 6.2±1.2%로 건조한 후 사용하였다.

- 농산 폐자원

농산 폐자원으로 일반 볏짚을 생산농가에서 직접 수거하여 절단장치를 이용하여 일차적으로 볏짚을 수직하게 세운 후 볏짚의 밑부분으로부터 볏짚지름의 크기에 따라 일정하게 3등분하여 상 · 중 · 하로 절단하였다 (도 3 참조). 일차적으로 절단된 상 · 중 · 하의 볏짚을 다시 각각 2cm와 4cm의 크기로 절단한 다음 절단된 볏짚 을 천연건조로 균일하게 건조시키고 인공건조를 통해 함수율 7.8±1.2%로 건조한 후 사용하였다.

- 접착제

접착제는 고형분 56%의 파티클보드 제조용 요소-포름알데하이드 수지를 이용하였다.

- 경화제

경화제는 10% NH_4Cl 용액을 사용하였다.

실시예 1

볏집-목재 파티클 복합보드의 제조

복합보드를 제조하기 위하여 상기에서 선별된 볏짚의 부위별, 크기별로 절단된 볏짚을 목재 파티클과 전건중량을 기준으로 10:90, 20:80, 30:70(볏짚:목재 파티클)의 비율로 혼합하였다. 혼합된 볏짚-목재 파티클 원료를 회전식 원통형 혼합기에 넣은 후 고형분 56%인 요소-포름알데히드 접착제를 분무식 스프레이를 이용하여 전체 볏짚-목재 파티클 복합재의 전건중량에 대해 10%를 도포하였다. 이때 이용된 경화제는 10% NH_4Cl 수용액이며 요소-포름알데히드 접착제에 대해 10% 첨가하였다.

접착제가 도포된 볏짚-목재 파티클 혼합원료를 25cm×20cm×20cm(길이×폭×높이)의 성형틀에 넣은 후 볏짚-목재 파티클보드 제조전 매트(mat)를 제조하고 매 트의 유지와 볏짚-목재 파티클 복합재의 균일한 밀도경사를 위해 열압전 2kgf/cm^2 의 압력으로 예압을 실시하였다.

예압 후 성형틀을 제거하고 매트를 카울(caul) 위에 올려놓은 후 일정한 볏짚-목재 파티클 복합재의 두께를 얻기 위해 1.0cm의 스토퍼(stopper)를 매트의 길이 방향으로 카울 위에 올려놓고, 또 다른 카울을 매트위에 올려놓았다.

그 다음 카울을 열압기의 열판사이에 넣은 후 주열압압력 35kgf/cm^2, 열압온도 140℃, 주열압시간 4분의 열압스케줄 조건하에서 열압을 가한 후 열압압력을 낮추어 매트내에 형성된 수증기를 제거(breathing), 증기압을 완화시켜 주어 매트 내부에서 접착제의 경화가 진행되는 동안 증기압에 의한 매트의 팽창이 일어나지 못하도록 만들어 준다. 이러한 상태에서 마지막으로 압력을 다시 한번 낮추어 매트내의 접착제를 완전히 경화시켜 준 후 열판으로부터 카울을 꺼내 제거한 후 제조된 복합재를 상온에서 냉각시켜 볏짚-목재 파티클 복합재를 제조하였다.

얻어진 복합보드의 수분 흡수도, 진동 흡입도 및 절연 성능을 측정하였으며, 그 결과를 표 1에 나타내었다.

[표 1]

볏짚 함량	수분 흡수도	절연 성능
파티클보드 (control)	55	좋음
10	50 60	뛰어남
20	50 65	뛰어남
30	60 65	뛰어남

상기 표 1에서 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 복합보드는 일반파티클보드와 수분 흡수도에 있어서 유사한 결과를 보였으며, 절연성에 있어서도 아주 향상된 결과를 확인할 수 있었다.

실시예 2

폼형태의 복합보드의 제조

접착제로서 폴리우레탄계열 발포접착제를 사용하여 발포 복합보드를 제조하였다. 제조된 발포 복합보드는 도 2에 나타낸 바와 같이 석고보드 및 절연보드 사이에 충진하여 벽체내부에 사용한다.

실시예 4

볏짚의 부위별, 크기별 및 볏짚의 형상이 볏짚-목재파티클 복합재의 성질에 미치는 영향을 평가하기 위해 볏짚을 수직하게 세운 다음 밑부분으로부터 지름에 따라 부위별 상(T) · 중(C) · 하(B)로 절단하고, 절단된 볏짚을 다시 크기별로 2cm와 4cm로 절단하였다. 볏짚의 부위별, 크기별로 절단된 볏짚 대 목재파티클은 전건중량을 기준으로 첨가량에 따라 10:90, 20:80, 30:70(볏짚:목재파티클)의 비율로 혼합한 후 실시예 1과 동일한 방법으로 수행하여 볏짚-목재파티클 복합보드를 제조하였다. 볏짚과 목재파티클의 혼합 비율은 표 2와 같다.

[표 2]

볏짚부위별	볏짚크기(cm)	혼합비율(%) [a]
상(Top)	2	10 : 90
		20 : 80
		30 : 70
	4	10 : 90
		20 : 80
		30 : 70
중(Center)	2	10 : 90
		20 : 80
		30 : 70
	4	10 : 90
		20 : 80
		30 : 70
하(Bottom)	2	10 : 90
		20 : 80
		30 : 70
	4	10 : 90
		20 : 80
		30 : 70

혼합(T-C-B)	2	10 : 90
		20 : 80
		30 : 70
	4	10 : 90
		20 : 80
		30 : 70
혼합(T-C-B)	혼합(2-4)	10 : 90
		20 : 80
		30 : 70
a : 전건중량 기준 (볏짚:목재 파티클)		

얻어진 복합 재료를 이용하여 물리적 성질 (비중, 함수율, 흡수율, 두께팽창률) 및 기계적 성질(휨강도, 박리강도)을 측정하였다.

<물리적 성질 및 기계적 성질의 측정>

- 비중, 함수율

볏짚-목재파티클 복합재의 비중 및 함수율은 KS F 3104에 의거 측정하였다.

- 흡수율, 두께팽창률

KS F 3104에 의거하여 각각의 복합재로부터 5cm×5cm의 시험편을 1매당 1개씩 재단하여 25±1°C의 항온수조에 시험편이 수면으로부터 3cm 잠기게 하여 24시간 이 경과한 후 꺼내어 무게와 두께를 측정하여 5반복의 흡수율 및 두께팽창률을 측정하였다.

- 휨강도

KS F 3104에 의거하여 각각의 복합재로부터 25cm×5cm×1.0cm의 시험편을 1매당 1개씩 재단하여 하중속도 10mm/min, span 15cm로 Hounsfield사의 Universal Testing Machine을 사용하여 5반복 측정하였다.

- 박리강도

KS F 3104에 의거하여 각각의 복합재로부터 5cm×5cm의 시험편을 1매당 1개씩 재단하여 하중속도 2mm/min로 Zwick사의 Universal Testing Machine을 사용하여 5반복 측정하였다.

- 흡음성

ASTM C 384-98(American Society for Testing and Materials, 1995)에 의거하여 각 복합재의 지름 10cm의 원형 시험편을 비중별(0.4, 0.6, 0.8)로 3개 재단하여 125 8000 Hz의 주파수 영역에서 흡음성을 측정하였다. 비교를 위하여 통상의 파티클 보드(particle board), 섬유판(fiber board), 합판(plywood)을 동일한 시험편을 제작하여 흡음성을 측정하였다.

< 결과 및 고찰 >

A. 물리적 성질

a) 비중, 함수율

볏짚-목재 파티클 복합재의 평균비중은 전건기준 0.80±0.01 이었으며, 함수율은 전건기준 7.44±0.83% 였다. 또한, 대조보드(목재 파티클보드, PB)의 평균비중은 전건기준 0.80±0.02 였으며, 함수율은 전건기준 5.05±2.79% 였다.

b) 흡수율, 두께팽윤율

볏짚의 부위별, 크기별 흡수율을 도 4a 및 도 4b에 나타내었으며, 각 선별 영역에 따른 흡수율은 유사한 거동을 나타내었으며, 볏짚 절단 길이가 길수록, 볏짚의 첨가량이 증가할수록 흡수율이 증가하였다. 각각 모두 목재 파티클 보드(PB)와 비슷한 수준을 나타내었다. 또한, 복합재 원료중 같은 조건에서의 볏짚과 목재 파티클의 흡수율은 비슷한 수준이나 볏짚이 약간 높다는 것을 알 수 있었다.

볏짚의 부위별, 크기별 두께팽윤율을 도 5a 및 도 5b에 나타내었으며, 두께팽윤율 역시 볏짚의 부위별, 크기별로는 거의 차이가 없으며, 볏짚의 첨가량이 증가할수록 두께팽윤율도 증가하였다. 볏짚의 첨가량이 20%, 30% 인 경우 파티클보드보다 다소 높은 두께팽윤율을 나타내었고, 첨가량이 10%인 경우에는 비슷한 수준을 나타내었다. 그러나 모두 목재 파티클(PB) 보다 다소 높은 두께팽윤율을 나타내었고, 볏짚 길이가 4cm이고, 첨가량 30%일때는 두께팽윤률이 현저히 높았다. 이는 리그노셀룰로오스적 성분을 포함하는 볏짚의 수분흡수율이 높아 그만큼 팽윤되기 때문인 것으로 해석된다.

흡수율, 두께팽윤율 실험결과를 종합해보면, 흡수율은 볏짚-목재 파티클 복합재와 파티클보드가 비슷한 수준이나 두께팽윤율은 볏짚-목재 파티클 복합재가 파티클보드보다 다소 높은 수준이었다. 이와 같은 실험결과로 볏짚 내부의 공극이 목 재 파티클보다 많다는 것을 알 수 있다.

B. 기계적 성질

a) 휨강도

휨파괴 계수(Modulus of Rupture)

도 6a 및 도 6b에 볏집의 부위별, 크기별에 따른 복합보드의 휨파괴 계수(Modulus of Rupture)를 나타내었다.

복합재의 휨파괴계수는 첨가한 볏짚의 부위별로는 상〈중〈하의 순서로 증가하는 경향을 보였으며, 크기별로는 2cm보다 4cm의 볏짚을 첨가한 복합재가 더 높은 값을 나타내었다. 결국 더 굵고 더 긴 형상의 볏짚을 첨가한 복합재가 휨강도에 있어서 더 우수하다는 것이며, 이는 큰 파티클로 제조한 보드가 기계적 성질이 작은 파티클에 비해 우수하다는 Viswanathan 등(1999, 2000)의 연구결과와 같은 경향이었다. 이에 따라 2cm (상〈중〈하)〈 혼합, 도 6a); 4cm (상〈중〈하, 도 6b) 의 순서로 휨강도가 증가하는 것을 볼 수 있다. 전체적으로 휨파괴계수는 KS F 3104의 8형보드의 휨강도 기준(82kgf/cm ^{2} 이상)을 모두 만족하는 결과를 나타내었으며, 특히 부위별, 크기별로 선별하지 않고 혼합한 볏짚을 첨가한 복합재의 경우에도 대부분의 경우 KS F 3104의 13형보드의 휨강도 기준(133kgf/cm ^{2} 이상)을 만족하는 결과를 나타내어 대량생산할 경우 원료로 쓰이는 볏짚을 선별하는 공정상의 단계를 줄일 수 있으며, 그에 따른 생산원가 절감도 기대할 수 있다.

휨탄성 계수(Modulus of Elasticity)

도 7a 및 도 7b에 볏집의 부위별, 크기별에 따른 복합보드의 휨탄성 계수(Modulus of Elasticity)를 나타내었다.

휨탄성계수 역시 상기 휨파괴계수와 마찬가지의 결과를 보여주고 있다. 휨파괴계수, 휨탄성계수 공히 아랫부분에서 절단한 4cm의 볏짚을 첨가했을 때 가장 높은 값을 나타냈으며 KS F 3104의 8형보드의 휨강도 기준(휨파괴계수 82kgf/cm ^{2} 이상, 휨탄성계수 20,400kgf/cm ^{2} 이상)을 만족하는 결과를 나타내었고, 10% 첨가했을 경우는 18형보드의 기준(휨파괴계수 184kgf/cm ^{2} 이상, 휨탄성계수 30,600kgf/cm ^{2} 이상)도 만족시키는 결과를 얻었다.

하중 -변형 곡선(stress-strain curve)

상기 목재 파티클보드(PB)와 볏짚-목재 파티클 복합재의 하중-변형곡선을 도 8에 나타내었다.

휨파괴계수는 최대하중(F_{max})과 관련된 값으로 30:70(볏짚:목재 파티클) 〈 PB 〈 10:90(볏짚:목재 파티클) 의 순서로 증가하며, 휨탄성계수는 비례한계하중점에서의 접선의 기울기로 30:70(볏짚:목재 파티클) 〈 10:90(볏짚:목재 파티클) 〈 PB 의 순서로 증가한다는 것을 알 수 있다.

휨강도 시험결과를 종합하여 볼 때 볏짚의 첨가가 강도적 성질의 저하에 미치는 영향은 그리 크지 않으며, 파티클보드의 원료를 볏짚으로 일부 대체하여도 첨가량에 따라 기존의 KS F 3104의 13형보드, 또는 18형보드의 용도에 적용이 가능하 다는 것을 알 수 있다.

b) 박리강도

도 9a 및 도 9b에 볏짚의 부위별, 크기별에 따른 복합보드의 박리강도(Internal Bonding Strength)를 나타내었다.

박리강도는 첨가한 볏짚의 부위별로는 하〈중〈상의 순서로 증가하는 경향을 보였으며, 크기별로는 4cm보다 2cm의 볏짚을 첨가한 복합재가 약간 높은 값을 나타내었다. 휨강도의 경우와는 반대로 더 얇고 더 짧은 형상의 볏짚을 첨가한 복합재가 박리강도에 있어서는 더 우수한 결과를 보였으며, 이에 따라 윗부분에서 절단한 2cm의 볏짚을 첨가했을 때 가장 높은 박리강도를 나타내었다. 볏짚-목재 파티클 복합재의 박리시험시 볏짚-목재 파티클간의 접착층보다 볏짚자체에서 주로 파괴가 일어나며, 볏짚내부의 공극에 응력이 집중되어 목재 파티클과 볏짚사이의 접착층이 아니라 볏짚자체에서 파괴가 일어나기 때문에 첨가한 볏짚의 형상이 굵고 길수록 많은 공극의 영향으로 박리강도가 약해진다는 것을 알 수 있었다.

전체적으로 KS F 3104의 8형보드의 박리강도 기준(1.5kgf/cm ^{2} 이상)을 만족하는 결과를 얻었으며, 볏짚첨가량 10%, 20%의 경우 대부분 18형보드의 박리강도 기준(3.1kgf/cm ^{2} 이상)을 만족하는 결과를 얻었다.

볏짚-목재 파티클 복합재는 볏짚의 첨가량 10%, 20%, 30% 공히 양호한 강도적 성질을 나타내었고, 첨가량에 따라 기존 목재 파티클보드의 용도에 적용이 가능하며, 목재 파티클보드의 일부 대체원료로서의 볏짚의 활용가능성을 기대해볼 수 있다. 또한, 앞선 시험들의 결과와 마찬가지로 볏짚의 부위별, 크기별로 선별한 것과 선별하지 않은 것의 차이가 거의 없으므로 대량생산을 한다고 가정했을 때 원료로 쓰이는 볏짚을 선별하는 공정상의 단계를 줄일 수 있으며, 그에 따른 생산원가 절감도 기대된다.

d) 흡음특성

도 10은 각 밀도별 복합보드, 파티클 보드, 섬유판 및 합판의 주파수 영역에 따른 흡음률을 나타낸다.

저밀도(0.4 및 0.6)의 복합보드는 농산 폐자원이 함유됨에 따라 파티클 보드, 섬유판 및 합판에 비해 다공성이 높아 500 8000 Hz 영역에서 비교적 높은 흡음성을 나타낸다. 그러나 비중이 0.8인 고밀도 복합보드는 파티클 보드에 비해 낮은 흡음성을 보여주는데, 이는 목재 파티클 내 공극을 충진시켜 공극부피가 감소되고 이에 따라 물리적, 기계적 특성은 향상되나 흡음 특성은 저하된다.

저밀도 (0.4, 0.6) 복합보드는 주파수가 증가함에 따라 흡음률도 상승하게 되는데 약 1000 Hz 에서는 상대적으로 낮은 수치를 보여준다. 이러한 결과는 볏짚이 1000 Hz에서는 음파를 반사시키고 중간 또는 그 이상의 높은 주파수 영역에서는 흡수하기 때문이다. 이와 반대로, 섬유판 및 합판은 주파수가 증가함에 따라 흡음률이 감소하며 저주파 영역에서 소리를 흡수하며 중, 고음역에서는 반사시키기 때문이다.

C. 결 론

농산 폐자원을 활용한 볏짚-목재 파티클 복합재를 제조하여 물리적 및 기계적 성질을 평가, 시험하고 복합재 제조의 가능성에 대한 기초연구를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 흡수율, 두께팽윤율 시험결과 볏짚내부의 공극의 영향으로 목재 파티클 보드보다 약간 높은 값을 나타내었으며, 볏짚을 10%까지 첨가하였을 때에는 볏짚이 흡수율과 두께팽윤율에 미치는 영향은 거의 없었다.

2. 휨강도 시험결과 모든 혼합비에서 KS F 3104의 8형보드의 휨강도 기준 (휨파괴계수 82kgf/cm ^{2} 이상, 휨탄성계수 20,400kgf/cm ^{2} 이상)보다 높은 값을 나타내었다. 이에 따라 강도적 성질의 저하 없이 볏짚의 복합재 원료로의 적용가능성이 있다고 사료된다.

3. 박리강도 시험결과 모든 혼합비에서 KS F 3104의 8형보드의 박리강도 기준(1.5kgf/cm ^{2} 이상)을 만족하는 결과를 얻었으며, 더 얇고 더 짧은 형상의 볏짚을 첨가한 복합재가 박리강도에 있어서 더 우수한 결과를 보였다.

4. 목재 파티클과 볏짚을 혼용하여 복합재를 제조하였을 때 볏짚의 부위별, 크기별로 선별한 것과 선별하지 않은 것의 차이가 없었고, 이로 인해 대량생산을 한다고 가정했을 때 원료로 쓰이는 볏짚을 선별하는 공정상의 단계를 줄일 수 있으며, 그에따른 생산원가 절감도 기대할 수 있다.

5. 목재 파티클과 볏짚을 혼용한 복합재료의 적절한 용도개발 및 활용은 농산 폐자원을 재활용하고 점차 부족해지고 있는 목질 판상재의 원료를 부분적 또는 전체적으로 대체하여 생산원가를 줄일 수 있는 등 여러 가지 측면에서 큰 기여를 할 수 있을 것이다.

발명의 효과

상기에서 살펴본 바와 같이, 본 발명의 복합보드는 기존의 목질 판상재의 문제점인 점차 부족해지는 목질원료를 대체하고 높은 부가가치를 창출할 수 있는 재료로서 목질 판상재의 원료를 부분적 또는 전체적으로 대체, 건축내장용 흡음재로서 우수한 단열성 및 흡음성, 저렴한 단가 등의 장점과 함께 폐자원의 재활용이라는 잇점까지 제공하는 등 매우 경쟁력 있고 우수한 소재일 뿐만 아니라 최근 어려워지고 있는 목재자원의 수급사정을 감안할 때 가공이 용이하고 양산성을 지니고 있는 비교적 저렴한 대체재료로서 각광받을 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.
리그노셀룰로즈 물질을 함유하는 농산 폐자원과 목재 파티클을 함유하고, 이들이 결합제에 의해 결합된 구조를 갖는 농산 폐자원-목재파티클 복합보드.

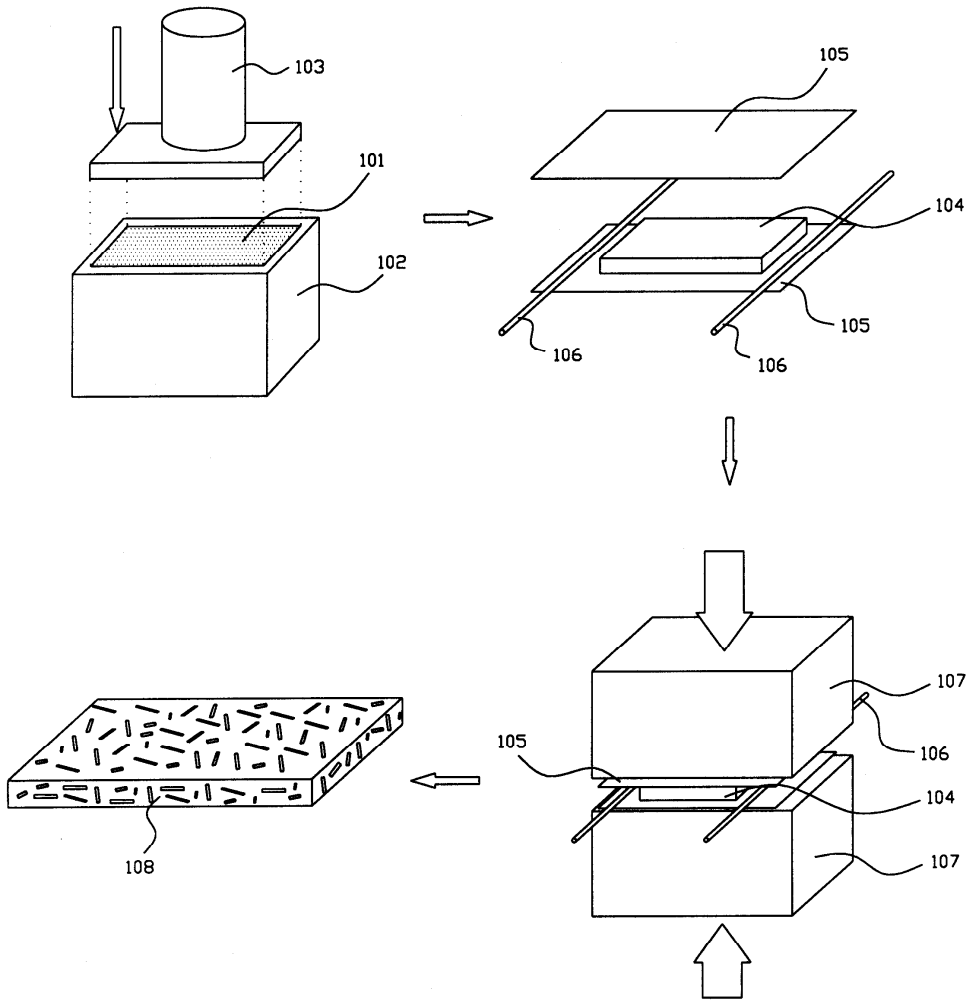
청구항 2.
제1항에 있어서, 상기 리그노셀룰로즈 물질을 함유하는 농산 폐자원이 볏짚, 밀짚, 옥수수대, 보리짚 및 이들의 혼합조성으로 구성되는 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 복합보드.

청구항 3.
제1항의 복합보드를 절연판넬 사이에 충진시켜 벽체내부에 사용할 수 있는 복합보드.

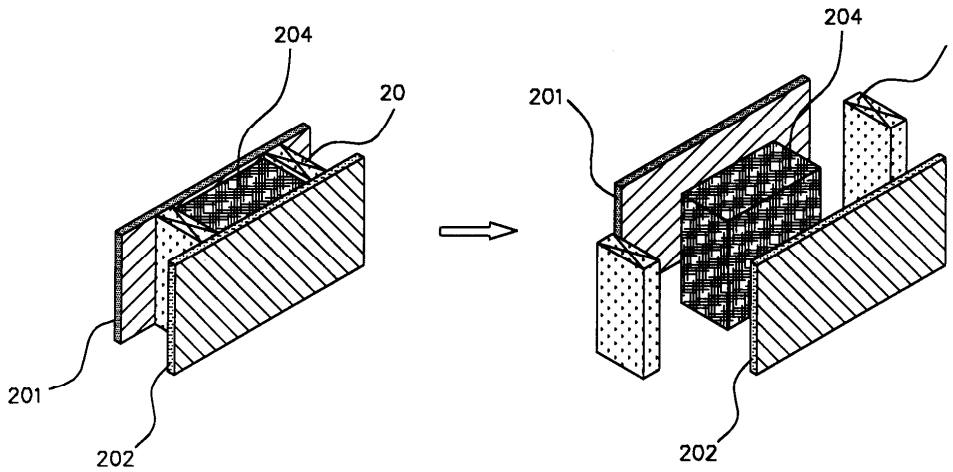
청구항 4.
목재 파티클과 리그노셀룰로즈 물질을 함유하고 있는 농산 폐자원의 절편을 접착제와 혼합한 혼합원료를 성형틀에 넣은 후 냉간 압축하여 매트를 제조하고, 제조된 매트를 두개의 카울 사이에 위치시킨 후 스토퍼를 매트의 양측면에 위치시키고 핫플레이트를 사용하여 열간 압축하는 단계를 포함하는 제1항에 따른 복합보드의 제조방법.

도면

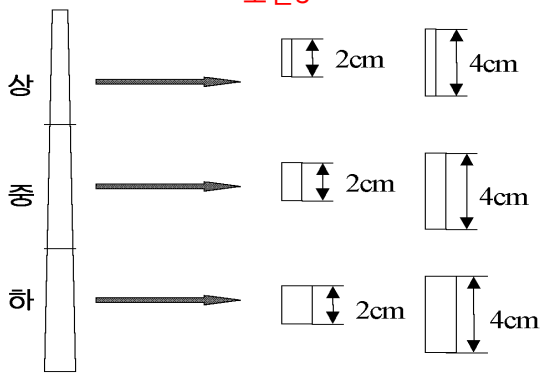
도면1


103
101
102
105
104
105
106
106
107
106
104
107
105
108

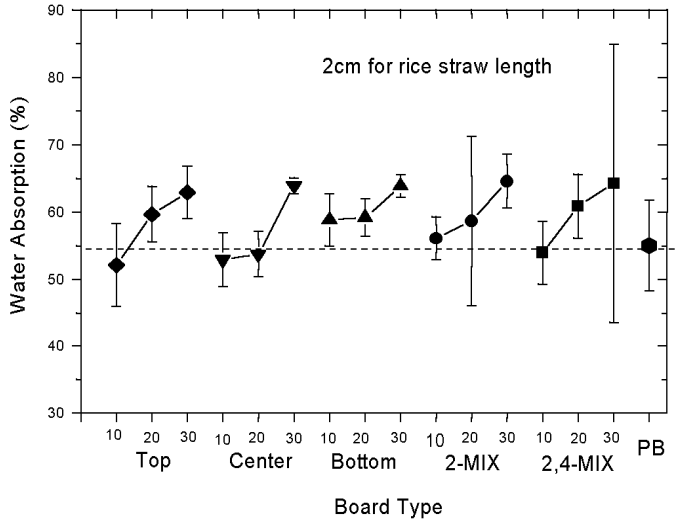
도면2


204
20
201
202
204
201
202

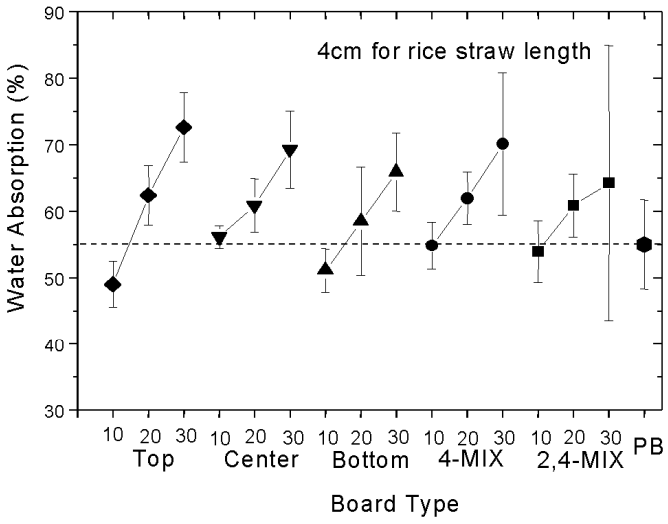
도면3



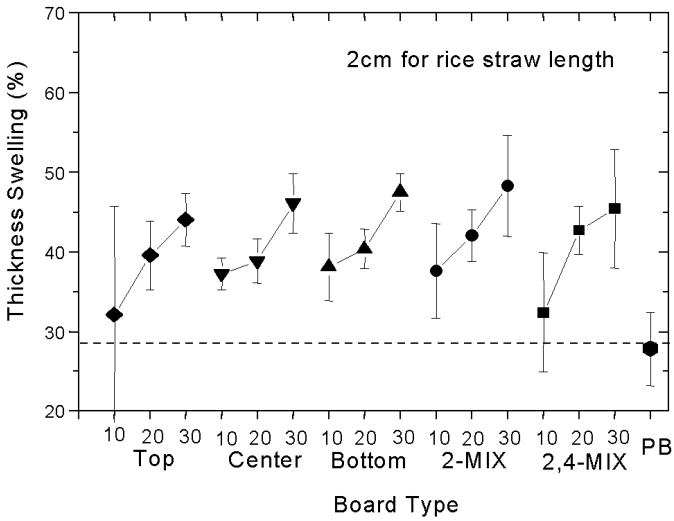
도면4a



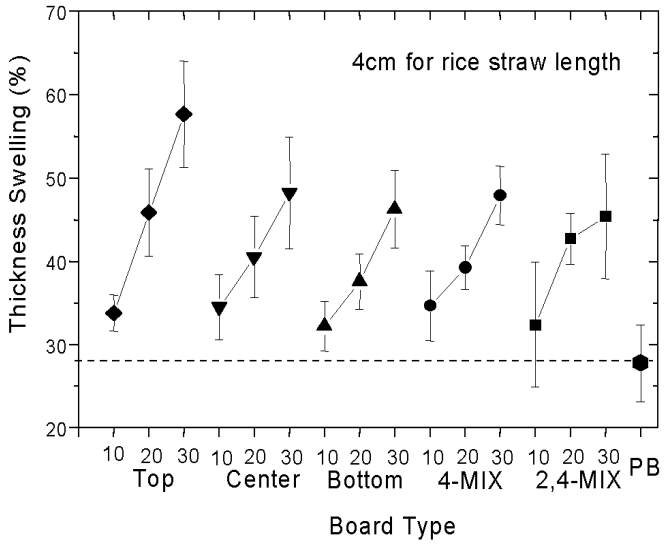
도면4b



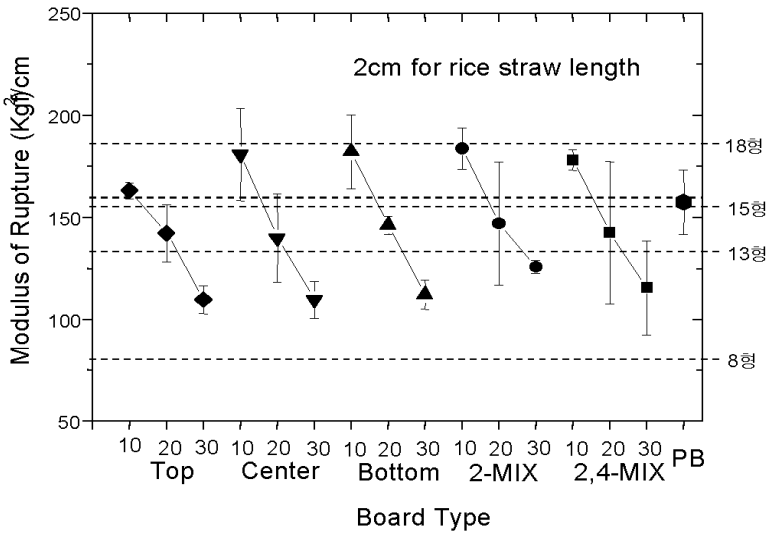
도면5a



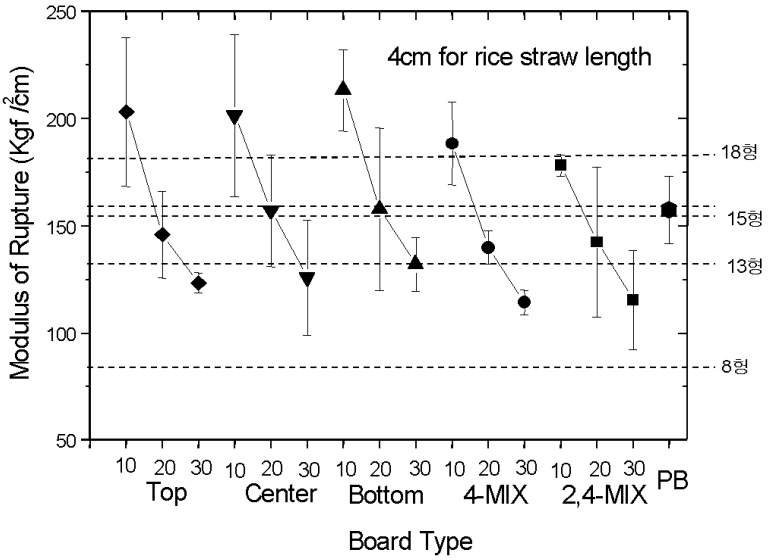
도면5b



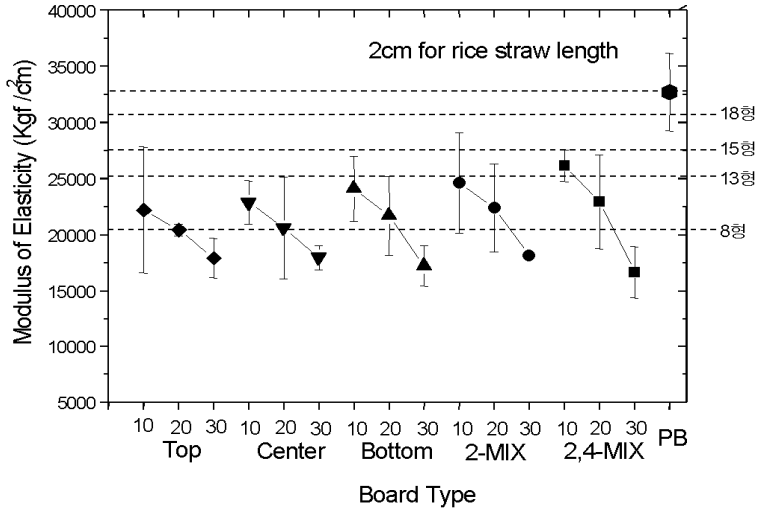
도면6a



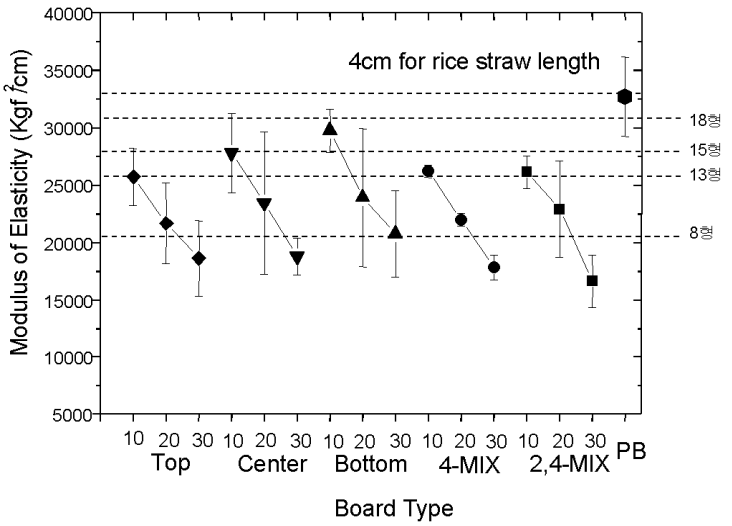
도면6b



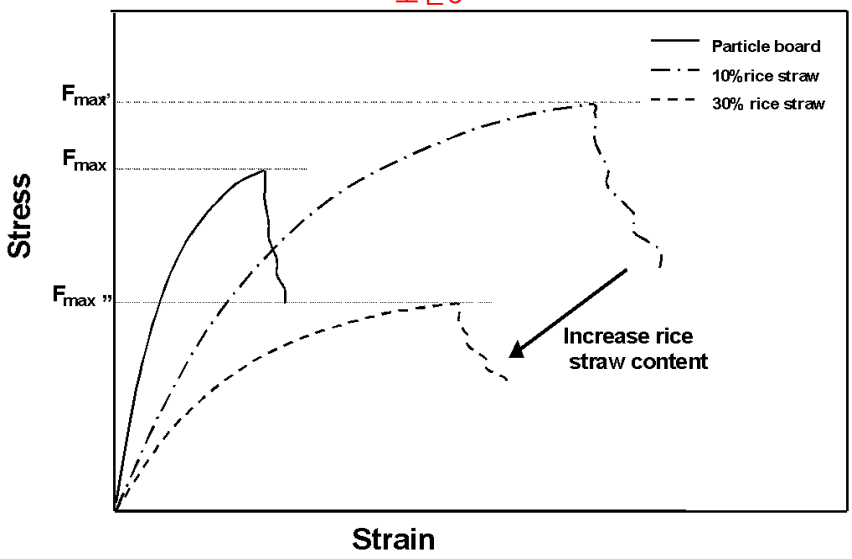
도면7a



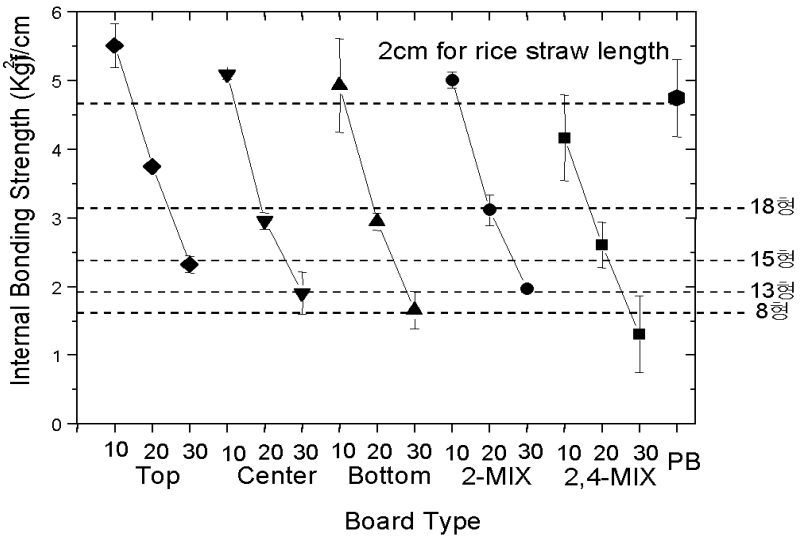
도면7b



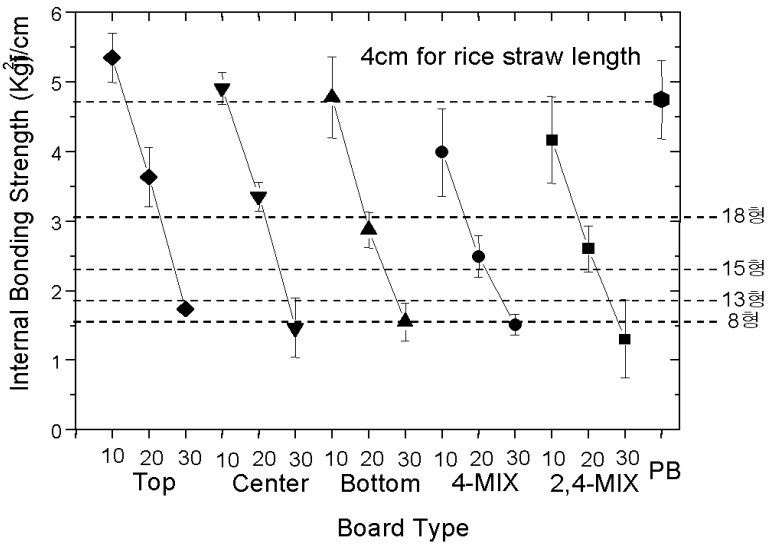
도면8



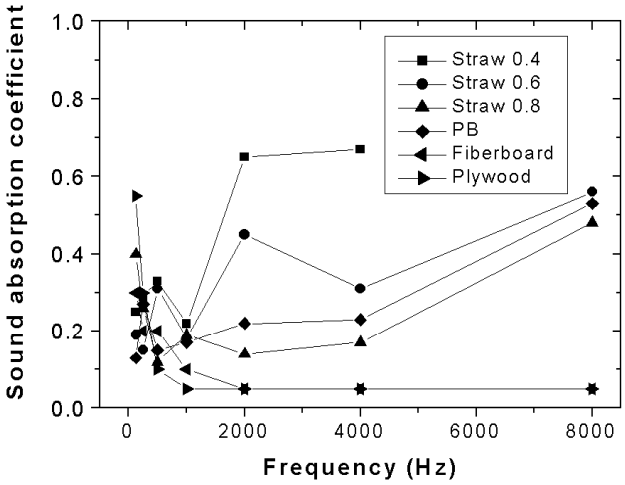
도면9a



도면9b



도면10


Sound absorption coefficient
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
0
2000
4000
6000
8000
Frequency (Hz)
Straw 0.4
Straw 0.6
Straw 0.8
PB
Fiberboard
Plywood