

열처리 조건에 따른 목재의 계면과 기계적 물성 및 돌침대용 석재/목재간 접착제에 따른 접착력 평가

권동준¹ · 신평수¹ · 최진영¹ · 문선옥² · 박종만^{1†}

¹경상대학교 나노·신소재융합공학과, 공학연구원, ²경상대학교 환경재료과학과, 농업생명과학연구원
(2015년 5월 11일 접수, 2015년 6월 4일 수정, 2015년 6월 8일 채택)

Interfacial and Mechanical properties of Different Heat Treated Wood and Evaluation of Bonding Property between Stone and Wood for Rock Bed

Dong-Jun Kwon¹, Pyeong-Su Shin¹, Jin-Yeong Choi¹, Sun-Ok Moon², and Joung-Man Park^{1†}

¹Department of Materials Engineering and Convergence Technology, Engineering Research Institute Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²Major of Environmental Materials Science, Institute of Agriculture and Life Science Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

(Received May 11, 2015; Revised June 4, 2015; Accepted June 8, 2015)

요약: 돌침대에 사용되는 석재의 무게를 줄여 경량화를 추구하려면 석재의 두께를 줄이고 보강재료로 석재의 강도를 유지해야 한다. 본 연구에서는 돌침대용 석재/목재 보드 개발에 대한 연구를 진행하였다. 돌침대에 삽입될 돌의 무게를 줄이기 위해 석재와 목재를 접합하였다. 목재의 강도 향상과 표면개질을 위하여 열처리 조건에 따른 목재의 물성변화를 관찰하였다. 대기 조건에서 열처리한 목재의 경우 고온의 온도에 따라 목재의 강성이 높아졌다. 열처리 최적조건은 표면에너지와 인장, 굴곡 강도변화 경향을 바탕으로 100°C 조건임을 확인하였다. 석재와 목재간 높은 접착력을 확보하기 위해 최적의 접착제 조성을 연구하였다. 아민계 에폭시 접착제, 폴리우레탄(PU)계 접착제, 염화고무계(CR) 접착제 마지막으로 염화비닐 초산계 접착제에 따른 석재와 목재간 랩 전단실험을 진행하였다. 랩 전단 실험 후 파단면을 관찰해볼 때 에폭시 접착제를 이용할 때 목재 기지의 인열 파괴가 발생되었다. 접착면에서의 전단력이 목재 자체의 파괴 강도보다 높다는 결과를 바탕으로 최적의 접착제 조건이 에폭시계 접착제임을 확인할 수 있었다.

Abstract: Stone board for the rock bed was needed to reduce weight using thin thickness and reinforced materials. In this work, stone/wood board for rock bed was studied. Stone and wood were attached to reduce total weight of stone for rock bed. For reinforcing wood heat treatment method was used to change surface and mechanical properties. Mechanical strength of heat treated wood increased more than neat condition. The optimum heat treatment condition was set on 100°C under tensile, flexural loads whereas surface energy was also obtained by contact angle measurement. Optimum adhesive condition was to get the maximum adhesion between stone and wood. Lap shear test was performed for stone/wood board with different adhesives such as amine type epoxy, polyurethane, chloro-rubber and vinyl chloride acetate type. Fracture surface of lap shear test was shown at wood fracture part on stone using amine type epoxy adhesive. It was found that for high adhesion between stone and wood the optimum adhesive was epoxy type for the rock bed.

Keywords: heat treated wood, wettability, lap shear test, adhesive

1. 서 론

가구에 사용되는 소재에 대해서 목재는 매우 중요한 소재이다[1]. 목재의 무늬와 결 그리고 강도에 대

한 부분이 적절히 조화를 이루기 때문에 가구분야에 서의 높은 활용도를 가진다[2].

가구에 사용되는 목재에 대해서, 가장 중요한 변수는 목재의 휨 변형이다[3,4]. 목재 자체는 수분을 많이 보유하고 있는 소재이기 때문에 수분에 따른 변형이

[†]Corresponding author: Joung-Man Park (jmpark@gnu.ac.kr)

발생된다[5]. 이러한 변형을 최소화하기 위해서 목재에 대한 변형방지 및 형상 유지에 대한 연구가 많이 진행되고 있다[6-8]. 목재는 변형이 쉽게 발생되기 때문에 일반적으로 열처리를 많이 사용한다. 열처리 조건은 온도와 시간에 따른 변화를 주어 열처리를 진행하는 것에서부터, 고온 고압을 이용하며, 질소나 아르곤 조건에서 건조과정을 거쳐 목재의 변형을 최소화시키는 연구, 과일증기를 이용한 열처리 목재에 대한 연구도 진행되고 있다[9-11]. 목재 내부에 존재하는 미세 변형을 최소화하기 위해서는 목재 표면에 세라믹 코팅을 진행하거나 목재의 표면을 개질하는 연구도 진행되고 있다[12-14].

열처리 조건에서 가장 중요한 부분은 목재의 내부 열분해 반응에 대해서 이해를 해야 한다는 점이다. 목재는 셀룰로오스, 헤미셀룰로오스, 리그닌과 같은 성분으로 이루어져 있고, 150°C 조건에서 지열처리를 하면 흡착되었던 수분이 제거되지만, 더 높은 조건에서는 목재의 수산화기에서 발생하는 변화로 인하여 물이 또 발생된다. 이때 C-O 결합과 C-C 결합이 파괴되기 때문에 목재의 강도저하가 발생될 수 있으며, 이러한 점 때문에 목재에 대한 열처리를 할 경우 목재조건에 따른 최적의 열처리 조건을 연구해야 한다[15-17].

돌침대에 적용될 소재에 대한 개발로 일반적인 돌침대용 석재 보드는 두께는 2 cm 이상의 두껍고 무거운 조성이다. 돌침대 산업에서 개선될 부분은 침대로서 다양한 기능도 있겠지만, 운반의 편리함을 고려해야 한다. 따라서 석재보드에 대한 경량화가 필요하다. 석재와 타 보강재를 접착시킨 보드는 시중에 많이 건축용 자재 관련된 부분으로 특허가 출원 및 등록되어있다. 주로 강도 강화의 목적으로 보강재/석재 보드 제품을 제조하기 때문에 가구나 일상적인 분야에 적용되기는 어려운 부분이 있다. 가구용 소재로 적용되기 위해서는 석재의 무게를 줄일 방안으로 목재를 활용하고자 진주전통목공예 가구사업단에서 고안하였다. 석재와 목재를 접합한 보드에 있어서 접착면의 높은 접착력을 위해서 시중에 존재하는 다양한 접착제 중 최고의 접착력을 보유한 석재/목재용 접착제가 무엇인지 확인이 필요하였다.

본 연구에서는 최적의 석재와 목재간 접착 보드를 개발하기 위해서 목재에 대한 열처리 최적화 연구와 석재와 목재간 접착에 사용될 최적 접착제 조성을 확인하는 연구를 진행하였다. 목재의 열처리 조건은 상온, 60, 100, 130°C, 그리고 170°C 조건에서 목재를 건조시켰다. 건조시킨 목재에 대해서 목재의 색상 변화를 시각적 데이터로 확인하였으며, 목재표면에너지의 변화를 관찰하기 위해 정적 접촉각 실험을 통해 표면 에너지를 계산하였다. 열처리에 따른 목재의 강도 변

화를 관찰하기 위해 인장 및 굴곡 실험을 진행하였다.

석재/목재 보드용 최적의 접착제 조성 확인을 위해 접착제 차이에 따른 랩 전단 실험을 진행하여 전단강도를 확인하였다. 랩 전단 실험 이후 파단된 석재와 목재 표면을 분석하여 접착제에 따른 영향으로 계면과 피의 메커니즘을 분석하였다. 최종적으로 열처리 목재의 처리 조건에 따른 석재와의 접착력 변화를 랩 전단 실험으로 확인하고, 돌침대용 석재/목재 보드 개발을 위한 최적의 소재선정 및 개발 연구를 진행하였다.

2. 실 험

2.1. 재 료

석재는 대리석(대리석, 거창화강석연구소)을 이용하여 기지재료로 사용하였다. 목재는 경량성을 위하여 비교적 밀도가 낮은 편백목재(편백목재, 글꼴공방, 한국)를 사용하였다. 석재/목재 보드용 최적의 접착제를 선정하기 위해 다양한 접착제를 이용하여 실험을 진행하였다. 아민계 에폭시 경화제(KFH-730R)와 비스페놀 에이계 에폭시 수지(KFR-730R)를 이용한 고휘 타입 에폭시 접착제를 활용하고, 저농도 PU계 접착제(유리용 Scotch, 3M, 한국), 고농도 PU계 접착제(목재용 Scotch, 3M, 한국), 염화비닐초산 계 접착제(UHU 플라스틱 전용, UHU allplast, 독일), 마지막으로 CR 접착제(오공본드, OKONG, 한국)를 사용하여 석재와 목재간 계면접착력을 랩 전단 실험으로 평가하였다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 열처리 목재 제조

목재에 대해서 폭 1 cm, 두께 1 cm, 길이 15 cm로 편백목재를 절단하여 고온 오븐에 시편을 삼입하고 건조과정을 거쳤다. 건조시간은 4 h으로 고정하고 각 온도 조건별 열처리를 진행하였다. 열처리 진행 후 상온에서 1일 동안 보관을 한 뒤 실험에 사용하였다.

2.2.2. 열처리 목재에 대한 기계적 물성 분석 및 표면 에너지 분석

열처리를 진행한 편백목재 시편에 대해서 인장 및 굴곡 실험을 진행하여 열처리에 따른 목재의 물성변화를 관찰하였다. 인장 및 굴곡 실험을 ASTM-D638과 D790에 맞게 실험을 진행하였다. 각각 3개의 시편을 이용하여 평균 결과를 이용하여 최적 열처리 조건을 확인하였다. 열처리 목재의 변화를 표면상태의 변화로 분석하기 위해 접촉각 실험을 진행하였다. 정적 접촉각 평가방법을 이용하여 열처리 목재에 따른 각 용액별 접촉각을 평가할 수 있었다.

젖음성 측정방법 중 정적 접촉각 측정방법은 열처

리한 목재의 표면에 측정 용매들을 1 mm의 직경을 가진 균일한 드롭으로 목재 표면에 떨어뜨려 액체용매와 목재 간에 생성되는 접촉각을 확인할 수 있었다. 광학현미경 사진을 이용하여 각을 직접 측정하였다. 사용된 측정 용매로는 이차증류수, 폼아마이드, 에틸렌글리콜, 다이오도메탄 네 가지 용매를 사용하였다 [18-20]. 정적 접촉각은 Young에 의해 식 (1)으로 표시된다.

$$\gamma_s - \gamma_{sv} = \gamma_l \cos \theta \quad (1)$$

여기서, γ_L 는 액체의 표면장력, γ_{SL} 는 고체/액체간의 계면에너지, 그리고 γ_S 는 고체의 표면에너지이다. 전체 표면장력, γ_T 은 Lifshits-van der Waals 조성, γ_{LW} 와 산-염기 조성, γ_{AB} 의 합이다. 산-염기 조성(혹은 수소결합)은 전자받기, γ^+ 와 전자주기, γ^- 조성을 포함한다. 또한, 접착일, W_a 을 나타내는 변형된 Young-Dupre 식은 다음과 같다.

$$W_a = \gamma_L(1 + \cos \theta) = 2 \left(\gamma_L^{LW} \gamma_S^{LW} \right)^{\frac{1}{2}} + 2 \left[\left(\gamma_S^- \gamma_L^+ \right)^{\frac{1}{2}} + \left(\gamma_S^+ \gamma_L^- \right)^{\frac{1}{2}} \right] \quad (2)$$

고체의 γ_{LW} 은 전자받기와 전자주기가 없는 비극성 용액의 접촉각으로부터 구해진다. 극성과 분산표면에너지를 구하기 위해, Owens-Wendt 식은 다음과 같이 나타낸다.

$$W_a = \gamma_L(1 + \cos \theta) = 2 \left(\gamma_S^d \gamma_L^d \right)^{\frac{1}{2}} + 2 \left(\gamma_S^p \gamma_L^p \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

수식에 대해서는 표면에너지 부분만 정리하였으며, 열처리 조건에 따른 목재의 표면에너지 변화를 시각적으로, 열역학적 에너지 데이터로 관찰하였다.

2.2.3. 석재/목재간 최적의 접착제 선정을 위한 랩 전 단 실험

ASTM-D5868의 기준으로 석재와 목재간 접착 실험을 진행하였다. 접착된 면은 폭이 25 mm이며, 길이는 25 mm로 정사각형의 면적에서의 접착면 전단응력을 접착제의 종류에 따라 평가하였다. UTM을 이용하여 실험을 진행하였으며, 인장속도는 3 mm/min로 진행하였다. 시편은 각 종류별 3개씩 진행하여 평균 결과를 이용하여 결과를 분석하였다. 상온에서 실험을 진행하였다. 접착제의 경화는 상온 1일의 경화를 기준으로 진행하였으며, 시편 제조를 위해 접착면에 가해진 압력은 5 psi로 접착제 경화를 시도하였다.

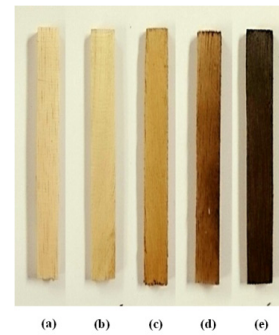


Figure 1. Photographs of woods after heat treatment at different temperatures : (a) Neat; (b) 60°C; (c) 100°C; (d) 130°C and (e) 170°C.

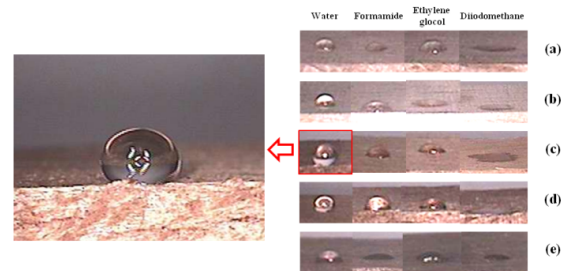


Figure 2. Photos of contact angles between several liquids and woods heat treated at different temperatures : (a) neat; (b) 60°C; (c) 100°C; (d) 130°C; and (e) 170°C.

3. 결과 및 토의

3.1. 열처리 목재에 대한 표면변화 및 강도 변화 관찰

Figure 1은 열처리 목재에 대한 목재 색상 변화에 대해 정리한 결과이다. 일반 목재의 경우 밝은 살색과 같은 목재 색상을 나타냈었으나, 열처리 온도의 차이에 따라 짙은 갈색으로 변화되었다. 이는 목재의 구성 성분인 셀룰로오스와 같은 천연고분자가 열적 손상을 받음으로써 발생된 결과로 예상된다. 짙은 갈색과 같은 경우 탄화가 크게 진행되어 목재의 물성이 크게 저하된 것으로 예측할 수 있다. 100°C 조건 이상에서 목재의 탄화가 크게 발생되어 목재의 색상이 변화되는 것으로 설명할 수 있다.

Figure 2는 열처리 목재에 대한 표면 변화를 관찰하기 위해 정적 접촉각 측정을 시도한 결과이다. 일반적인 목재는 친수성을 띄기 때문에 퍼짐성이 우수하여 동영상으로 데이터를 확보하였으며, 용액과 목재간의 접촉이 발생된 직후의 상황을 확인하여 열처리 목재에 따른 용매별 접촉각을 확인하였다. 물의 경우 퍼짐 효과로 측정이 어려웠으나, 열처리 온도가 증가됨에 따라 목재 표면에 물이 유지되는 결과를 관찰할 수 있었다. 특히 100°C 조건의 열처리 목재의 경우 소수성의 표면을 가지는 결과를 확인할 수 있었다. 이는

Table 1. Surface Energy of Wood with Different Heat Treatments Using Static Contact Angle Method

Contents	γ_s	γ_s^{LW}	γ_s^{AB}	γ_s^+	γ_s^-	γ^d	γ^p
Neat	33.28	19.88	13.40	22.28	2.02	34.22	10.18
60°C	39.24	23.38	15.86	9.67	6.50	42.51	5.81
100°C	43.98	18.67	25.31	13.08	12.25	80.00	5.48
130°C	39.69	32.76	6.93	5.95	2.02	38.94	7.51
160°C	31.40	23.65	7.75	1.88	8.01	65.61	1.88

Table 2. Work of Adhesion of Wood with Different Heat Treatments Using Static Contact Angle Method

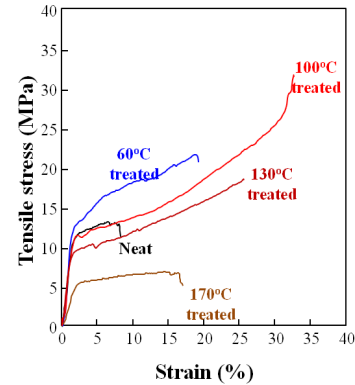
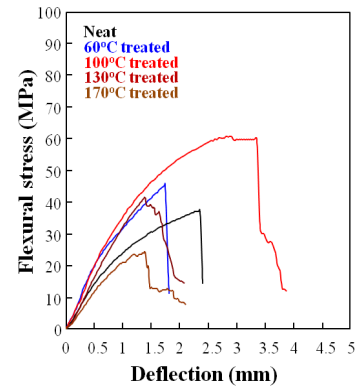
Contents	W_a (Phenol)	W_a (Vinyl)	W_a (Amino)
Neat	107.4	53.2	63.7
100°C	110.0	67.1	82.2

열처리에 의해 목재의 표면에 수분 및 수산화기의 정도가 감소되었기 때문이다. 이후 130, 170°C 열처리 목재의 경우 물에 대한 접촉각이 다시 줄어드는 경향을 확인할 수 있다. 이는 130, 170°C 조건에서는 목재의 탄화가 크게 진행됨에 따라 불안정한 표면을 유지하게 되기 때문이다. 이러한 결과를 바탕으로 최적의 열처리 표면조건은 100°C라고 예상할 수 있다. 이유는 소수성을 가장 크게 나타내는 열처리 조건이 100°C이기 때문이다.

Table 1은 접촉각 결과를 바탕으로 표면에너지 계산식을 이용하여 열처리 목재에 대한 표면에너지를 측정하였다. 표면에너지의 변화는 100°C 열처리 조건을 기준으로 증가하다가 더 높은 열처리 조건에서는 표면에너지가 다시 감소하였다. 목재 표면의 물성이 존재하면서 열처리에 효과가 확실히 나타나는 결과는 100°C 열처리 조건임을 확인할 수 있었다. γ_s^+ 과 γ_s^- 의 결과가 높고 안정적으로 나오는 경우가 고분자 수지와 친화도가 높은 편이기 때문에 열처리 조건에 따른 고분자 접착제와 친화도가 높은 결과는 100°C 열처리 조건이라 설명할 수 있다. Table 2는 에폭시계 접착제의 조성에 따른 에폭시 접착제와 목재간의 접착일을 정리한 결과이다. 가장 효과적인 에폭시 조성은 페놀계 에폭시인 점을 확인할 수 있었으며, 아민계, 비닐계 에폭시 순으로 접착일의 차이를 확인하였다. 페놀계 에폭시는 고체상태의 에폭시 조건이기 때문에 가공성이 떨어져 가장 적절한 접착제의 조성은 아민계 에폭시 접착제임을 확인하였다.

3.2. 열처리 목재의 기계적 물성 평가 및 파괴 분석

Figure 3은 열처리 목재의 인장 실험에 따른 결과를 정리한 결과이다. 열처리 효과에 의해 목재의 물성이

**Figure 3.** Tensile test of various woods treated at different temperatures.**Figure 4.** Flexural test of various woods treated at different temperatures.

크게 변화되었다. 일반 편백 목재의 인장물성의 경우 12 MPa 정도로 측정되었다. 60°C 열처리에 따른 영향으로 전체적인 강도와 항복강도가 향상되는 결과를 확인하였다. 100°C 열처리의 경우가 가장 긴 신율 변화를 나타내었으며, 목재의 항복과 파괴 전 단계까지 응력감소가 확인되지 않은 점이 목재의 강화 목적으로 열처리가 진행되었음을 설명할 수 있었다. 130°C 열처리와 170°C 열처리의 조건에서는 인장강도 저하가 발생되었으며, 기존의 목재 항복강도보다 열처리에 따른 목재 물성이 감소한 이유는 목재 본연의 셀룰로오스 C-C 결합이 열에 의해 파괴되었기 때문이라고 설명할

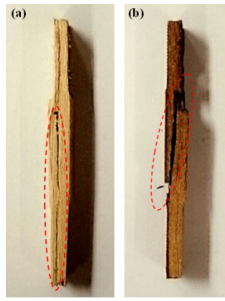


Figure 5. Comparison of tensile fracture condition of wood with different heat treatments : (a) neat; and (b) 100°C.

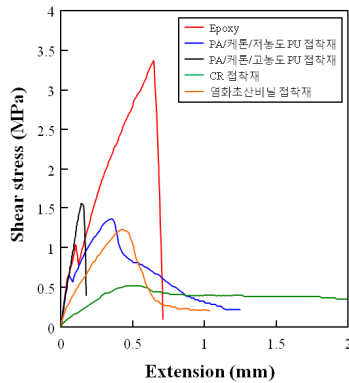


Figure 6. Lap shear test for adhesion between woods and various adhesives.

수 있다.

Figure 4는 굴곡강도에 대한 실험을 통하여 열처리 조건에 따른 강도 변화를 정리한 것이다. 일반적으로 굴곡 강도의 변화는 일반 편백목재의 경우는 38 MPa 정도의 결과가 나왔다. 100°C 열처리 조건에서 강도 변화가 크게 발생되었으며, 이는 목재 내의 수분이 최소화되면서 C-C 결합의 존재가 많아 비교적 응력 분산이 용이한 화학적 구조를 가지기 때문이라고 생각한다. 목재 자체의 셀룰로오스 구조의 파괴가 발생되지 않고 탄화가 최적으로 이루어졌기 때문에 발생한 결과라고 설명할 수 있다. 130°C 열처리 조건과 170°C 열처리 조건에서는 물성이 저하되는 경향을 확인할 수 있으며, 이는 열처리 조건에 의해 목재의 손상이 발생되었기 때문이다.

Figure 5는 인장 실험에 의해 파단된 시편의 모습을 나타낸 사진이다. 일반적으로 편백목재의 경우 결과 같은 방향으로 균열이 발생되었다. 비교적 균열이 크게 생성되었다. 하지만 열처리 목재의 경우 파단된 방향과 균열의 크기가 일반 편백에 비해 감소되었음을 확인할 수 있었다. 이는 열처리에 의한 영향으로 셀룰로오스 구조의 수산화기를 최소화되며 수분 분포를 줄일 수 있었기 때문에 발생한 차이라고 생각할 수 있다.

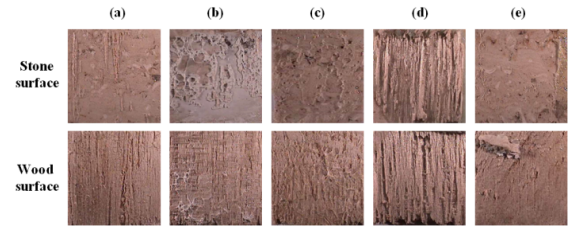


Figure 7. Photos of lap shear fracture surfaces with different adhesives : (a) high level PU; (b) low level PU; (c) chloride acetate; (d) amino type epoxy; and (e) chloro-rubber.

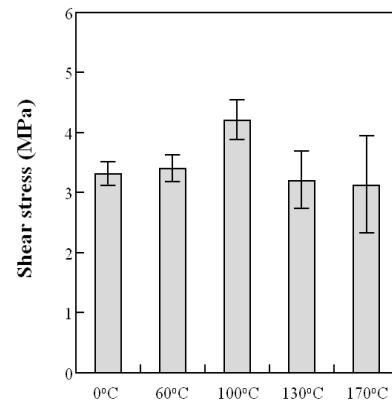


Figure 8. Shear stress of heat treated wood/stone.

3.3. 랩 전단 실험을 통한 석재/목재 보드를 위한 최적의 접착제 조성 확인

Figure 6은 랩 전단 실험을 통해 확인한 접착제 종류에 따른 석재와 목재에 대한 접착강도 변화를 분석한 결과이다. 아민계 에폭시 접착제를 사용하는 것이 가장 높은 접착강도를 나타내었다. 하지만 타 접착제의 결과를 보면 일반적으로 1~1.5 MPa 접착강도를 나타내었다. PU 접착제 계열은 PU 함량에 따라 실험에서 확인되는 이동거리가 짧아지는 반면 접착강도는 향상되었다. CR 접착제의 경우 고무상의 특성상 접착강도는 낮고 접착면에서의 접착제 신율이 영향을 미쳐 긴 이동거리 결과를 확인할 수 있었다. 염화비닐초산계 접착제의 경우는 강도나 이동거리 변수 모두 부족한 결과를 확인하였다. 최적의 석재/목재 보드를 위한 접착제 조건은 높은 접착강도를 가지며, 접착제 자체의 영향이 최소화될 수 있는 것이 최적이며, Figure 6을 바탕으로 에폭시계 접착제임을 확인하였다.

Figure 7은 접착제의 조건에 따른 차이로 랩 전단 시편의 파단면을 목재와 석재로 구분하여 정리한 사진결과이다. 파단면을 관찰해보면 랩 전단 실험에 대한 결과와 비슷한 경향을 확인할 수 있었다. 석재의 표면에 접착제가 잔존되어 있는 경우는 비교적 랩 전단 결과에서 이동거리 결과가 길게 확인되었다. 즉, 접착제 자체의 신율이 높기 때문에 석재와 목재간 접

착면에서 효과적인 접착보다는 접착제 자체의 영향으로 접착면을 약하게 하는 변수로 확인되었다. 하지만 에폭시 접착제를 이용한 경우, 석재의 표면에는 목재의 일부가 붙어져 있으며, 목재의 파단면에서는 일부분이 뜯어진 결과를 나타내었다. 이는 에폭시 수지와 목재간의 접착에서 접착면에 존재하는 접착강도가 목재자체의 인열정보보다 높기 때문에 발생된 결과로 설명된다. 즉 목재 자체의 강도가 높다면, 접착력이 더 높게 나타날 수 있다는 의미이다. Figures 6, 7을 바탕으로 석재와 목재 보드를 제조할 경우 접착제 조건은 에폭시계임을 확인하였다.

궁극적으로, Figure 8은 열처리 목재에 따른 석재와의 계면접착력을 랩 전단 실험으로 평가한 결과이다. 접착제는 에폭시 접착제를 활용하였다. 열처리 조건에 따라 목재의 강도는 다르게 나타난다. 100°C 열처리 조건에 의해 목재는 인장강도와 굴곡강도가 크게 향상되었다. 에폭시 접착제를 이용한 랩 전단 실험 결과의 경우 목재가 접착면에서 뜯어지는 결과를 바탕으로 목재 자체의 강도와 강성도가 높을수록 에폭시 접착제를 이용한 계면에서의 접착강도는 높아진다고 유추할 수 있었다. Figure 8의 결과와 같이 열처리 조건에 따라 접착강도는 변화되었으며, 최적조건은 100°C 열처리 조건이라고 설명할 수 있다. 부수적으로 탄화가 많이 된 130°C 열처리 조건과 170°C 열처리 조건에 대해서는 목재의 강도저하가 발생되었듯이 접착력의 저하가 발생되었다. 열적 손상에 의한 영향으로 목재의 균질도가 떨어지기 때문에 접착강도의 결과역시, 열처리 온도가 높아짐에 따라 편차가 크게 발생되었다.

4. 결 론

돌침대에 사용되는 석재의 무게를 줄이고자 석재와 목재가 접합된 이종재료에 대한 연구를 진행하였다. 목재의 수분을 최소화하며, 강도 및 표면개질 효과를 확보하기 위해 열처리 조건에 따른 목재의 물성변화를 인장, 굴곡, 젖음성 평가방법으로 확인하였다. 100°C 열처리 조건에서 인장 및 굴곡강도의 증가가 있었으나, 이후 온도에서는 물성저하가 발생되었다. 이는 열처리에 의해 목재 본연의 셀룰로오스 구조에 열적 손상이 가해지면서 C-C 공유결합이 파괴되었기 때문이다. 최적의 열처리 조건은 100°C 열처리 조건에서 가장 높은 표면에너지 결과를 나타냈으며, 이를 바탕으로 고분자 접착제와의 접착력이 가장 높을 것으로 예상할 수 있었다. 이종재료간 접착제 최적화를 위해 랩 전단 실험을 진행하였으며, 에폭시 접착제를 이용한 접착력이 가장 높은 접착력을 가졌다. PU계, CR계 접

착제의 경우 높은 접착제의 신율이 접착면에 영향 미쳐 불안정적인 계면을 형성하였다. 열처리 조건에 따른 목재와 석재간의 계면을 랩 전단 실험에 따른 결과를 분석하였으며, 에폭시 접착제의 경우 접착면에서 목재를 뜯어내는 결과를 나타내었듯이 목재자체의 강성과 강도가 높으면 석재와 목재간 보드 제조에 있어서 효과적인 소재 선정이 가능함을 확인하였다.

감 사

본 연구는 산업통산자원부가 지원하는 지역산업육성사업으로 수행되었으며, 진주 전통 목공예 가구사업단의 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. D. Aydemir, A. Kiziltas, E. E. Kiziltas, D. J. Gardner, and G. Gunduz, *Composites: Part B*, **68**, 414 (2015).
2. J. H. Kim and W. H. Lee, *Journal of Korean Wood Science*, **29**, 118 (2001).
3. Y. J. Song, H. J. Jung, D. G. Kim, S. I. Kim, and S. I. Hong, *Journal of Korean Wood Science*, **42**, 258 (2014).
4. I. S. Jung, W. H. Lee, J. P. Chang, and H. M. Bae, *Journal of Korean Wood Science*, **30**, 87 (2002).
5. I. A. Kang, S. Y. Lee, G. H. Doh, S. J. Chun, and S. L. Yoon, *Journal of Korean Wood Science*, **38**, 298 (2010).
6. Y. S. Bae and Y. H. Ham, *Journal of Korean Wood Science*, **28**, 52 (2001).
7. I. J. Lee and W. H. Lee, *Journal of Korean Wood Science*, **42**, 266 (2014).
8. H. M. Lim and S. H. Hong, *Journal of Korean Wood Science*, **42**, 13 (2014).
9. Y. G. Park, C. D. Eom, J. H. Park, Y. S. Chang, K. M. Kim, C. W. Kang, and H. M. Yeo, *Journal of Korean Wood Science*, **40**, 257 (2012).
10. L. Todaro, A. Rita, P. Cetera, and M. D'Auria, *Fuel*, **140**, 1 (2015).
11. A. Zhou, L. H. Tam, Z. Yu, and D. Lau, *Composites: Part B*, **71**, 63 (2015).
12. S. W. Oh, *Journal of Korean Wood Science*, **35**, 9 (2007).
13. S. W. Oh, *Journal of Korean Wood Science*, **42**, 420 (2014).

14. H. S. Byeon, J. M. Kim, K. K. Hwang, S. C. Park, and S. W. Oh, *Journal of Korean Wood Science*, **38**, 178 (2010).
15. I. J. Lee and W. H. Lee, *Journal of Korean Wood Science*, **42**, 266 (2014).
16. D. W. Son and M. R. Kang, *Journal of Korean Wood Science*, **43**, 96 (2015).
17. F. Kacik, P. smira, D. Kacikova, V. Vel'kova, A. Nasswetrova, and V. Vacek, *Carbohydrate Polymers*, **117**, 681 (2015).
18. Z. J. Wang, D. J. Kwon, G. Y. Gu, J. K. Park, W. I. Lee, and J. M. Park, *Journal of Adhesion and Interface*, **12**, 88 (2011).
19. J. Y. Choi, D. J. Kwon, Z. J. wang, P. S. Shin, and J. M. Park, *Journal of Adhesion and Interface*, **15**, 9 (2014).
20. J. H. Jang, Z. J. Wang, J. G. Kong, G. Y. Gu, J. M. Park, W. I. Lee, and J. K. Park, *Journal of Adhesion and Interface*, **10**, 90 (2009).