

# 합판용 접착제의 충전제로서 폐기 골분의 이용<sup>1</sup>

고 재 호<sup>2</sup> · 노 정 관<sup>2,†</sup>

## Utilization of Waste Bone Powders as Adhesive Fillers for Plywood<sup>1</sup>

Jae Ho Ko<sup>2</sup> · JeongKwan Roh<sup>2,†</sup>

### 요 약

폐기물의 재활용을 도모하기 위해 음식점이나 정육점에서 폐기되는 뼈(골분)를 합판용 접착제의 충전제로서 이용 가능성을 검토하였다. 현재 업계에서 합판의 제조에 사용되고 있는 3종의 접착제(UMF, UF 및 PF수지)에 대해 3종의 골분(소골분, 돼지골분 및 조개골분)을 첨가하여 제조한 라티에타파인 합판의 접착성능을 기존의 소맥분과 비교하였다. 3수지에서 모두 소맥분을 전부 소골분, 돼지골분 및 조개골분으로 각각 대체한 합판의 접착성능은 상태나 습윤 강도 및 목파울 모두 소맥분 첨가 합판보다 낮았다. 따라서 소맥분을 전혀 첨가하지 않고 골분으로 모두 대체하는 것은 곤란하였다. 그러나, 소맥분의 절반을 소골분과 돼지골분으로 각각 대체하여 제조한 합판의 성능은 소맥분을 사용한 합판과 거의 동등하거나 오히려 우수한 내수성능을 발휘하여 소맥분과 병용해서 사용하면 충분히 이용이 가능할 것으로 생각된다. 소맥분과 병용한 경우, 3종의 골분 중에는 조개골분을 첨가하여 제조한 합판 보다는 소골분과 돼지골분을 첨가한 합판의 성능이 우수하였으며, 소골분과 돼지골분 간에는 큰 차이가 없었다.

### ABSTRACT

To reuse the waste bone from restaurants or butcher houses, the possibility of using waste bone powder after cooking as a filler for wood adhesives used in manufacturing plywood was investigated. Radiata pine (*Pinus radiata* D. Don) plywoods were manufactured by using commonly used wood adhesives such as urea-melamine formaldehyde (UMF) resin, urea-formaldehyde (UF) resin, and phenol-formaldehyde (PF) resin and the prepared fillers from cattle bone powder, pig bone powder, and seashell powder. Plywood fabricated by using cattle bone powder, pig bone powder, and seashell powder showed weaker performance in dry and wet glue-joint shear strength and wood failure than those of the plywood with wheat flour. The result showed that it was hard to use only bone powder for the replacement of wheat flour. However, the filler mixed with wheat flour and bone powders showed equivalent dry bonding strength and better water resistance than the wheat flour, indicating that bone powders mixed with wheat flour might be used for the manufacture of plywood. When bone powders were mixed with wheat flour as adhesive fillers the shell

<sup>1</sup> Date Received May 25, 2015, Date Accepted June 15, 2015

<sup>2</sup> 경남과학기술대학교 인테리어재료공학과. Department of Interior Materials Engineering, Gyeongnam National University of Science Technology, Jinju 660-758, Korea

<sup>†</sup> 교신저자(corresponding author) : 노정관(e-mail: arohjk@gntech.ac.kr)

powder showed the lowest bonding properties and there was no big difference between the cattle bone powder and the pig bone powder.

**Keywords :** adhesive filler, waste bone powder, plywood, bonding properties

## 1. 서 론

합판, 파티클보드 및 중밀도섬유판으로 대별되는 국내의 목질 패널산업은 원료인 목재 재료 확보의 곤란과 원가상승으로 매우 어려운 상황에 직면해 있다. 특히 합판산업은 양질의 원목 부족과 접착제 등의 가격 상승 및 Oriented Strand Board (OSB)와 Medium Density Fiberboard (MDF)에 의한 용도 잠식에도 불구하고 국내 전체 수요량(생산량 + 수입량)은 2004년의 195.7만 m<sup>3</sup>에서 2014년에는 204만 m<sup>3</sup>으로 다소 증가하였다. 그러나 국내 생산량은 2004년의 약 70만 m<sup>3</sup>에서 2014년에는 약 47만 m<sup>3</sup>(합판 및 보드 통계; 한국합판보드 협회)으로 크게 감소하는 등 생산에는 많은 어려움에 직면해 있다. 합판을 제조함에 있어 합판의 성능이나 제조 비용에 미치는 영향이 매우 큰 인자 중의 하나가 접착제이다. 접착제는 단지 수지만에 의해 조합된 것이 아니라 물, 경화제, 충전제, 증량제 등의 각종 첨가제가 혼합된다. 이들은 접착제의 경화나 목재와 접착제 계면의 상호작용의 효과를 증가시켜 접착성능의 향상을 도모하거나 비용의 절감 및 작업공정의 효율성을 제고하기 위해 수지에 혼합한다. 특히 접착제와 피착제의 계면에 작용하는 응집력은 접착제와 피착재간의 계면 면적, 접착제의 유동성, 피착재로의 침투성이 매우 중요하며 이들은 수지자체의 성질에 의해서도 영향 받지만, 접착제 조성시 사용하는 충전제와 증량제의 종류와 양에 의해서도 크게 영향 받는다. 특히 단판에 공극이 비교적 많은 저비중재에서는 목재로의 침투가 많아지게 되고, 또한 퇴적시간이 길어지면 접착제와 목재의 접촉시간이 길어져 과도한 침투가 발생되므로 충전제와 증량제의 역할이 더 중요해진다. 증량제는 수지의 공극 충전성을 높이고 전체 접착제액 중에서 수지분 비율을 줄여 비용을 줄여주기 위해 첨가하는 물질로 충전제와의 기능 구분이 명확하지

않으나, 일반적으로 증량제는 저점도의 수지가 목재로의 침투성을 감소시킬 수 있는 다소의 점도 증가능을 가지고 있는 물질이라는 점이 다르며 현재 주로 소맥분이 사용되고 있다. 충전제는 수지 조성물의 비용을 절감하고, 접착력이나 내수성을 저하시키지 않고 수지의 목재 중 침투를 적절히 조절하며, 단판 표면의 공극을 적절히 매워 계면의 밀착성을 향상시키는 역할을 한다. 결과적으로 충전제는 제품의 성능 저하 없이 비용을 절감하는 것이 첨가하는 가장 큰 이유이다. 따라서, 수지보다 고가의 재료를 사용하기는 곤란하며 주로 각종 폐기물이나 저가의 물질이 사용되며, 수지의 종류에 따라 사용하는 종류가 다르나 주로 목분, 호두껍질 분, 코르크분, 푸프랄 제조사의 가수분해 잔사 등이 주로 사용되고 있으나, 최근 까지도 다양한 폐기 재료들에 대한 사용 가능성이 검토되고 있다.

합판용 접착제의 충전제와 관련해서는 신문용지의 잔사(Oh 1997), 잣, 호도 및 땅콩껍질의 잔사(Oh와 Sellers 1999), Southern yellow pine의 수피(Eberhardt와 Reed 2005)를 이용하려는 연구가 수행되었다. Sellers Jr 등(2005)은 호두껍질 분말, 귀리껍질, 푸프랄 잔사, 피칸껍질 분말을 첨가하여 접착한 Southern yellow pine 합판의 칼날 마모성을 검토한 결과 호두껍질 분말 65 + 귀리껍질 푸프랄 잔사 35로 혼합한 계의 마모가 가장 적었으며, 아시아 수입 푸프랄 첨가제가 가장 높았다고 하였다. 합판의 증량제에 관한 연구로서는 제지공장 슬러지나 폴리우레탄 분말(Geng 등 2007), 페놀수지의 증량제로서 대두박(Hojilla-Evangelista 2010), 곡분, 미강, 폐페놀분, MDF-샌딩분(Oh 1998), oil-tea cake (Fan 등 2010) 등 다양한 시도가 행해지고 있다.

우리 국민은 뼈 국물 요리를 즐겨 섭취하고 있으며, 이들 요리를 위해 소뼈, 돼지뼈 등의 뼈를 많이 활용하고 있다. 농림축산식품부의 통계에 의하면

2013년도 국내 육류 공급량은 2,155천톤으로 약 74%인 1,585천톤은 국내에서 생산되며 23%는 수입되고 있다고 한다. 국내 생산 육류 중 260천톤(16.4%)이 쇠고기, 853천톤(53.8%)이 돼지고기 그리고 473천톤(29.8%)이 닭고기이며, 1인당 연간 육류 소비량은 2000년도의 31.9 kg에서 2013년도에는 42.7 kg (쇠고기 10.3 kg, 돼지고기 20.9 kg, 닭고기 11.5 kg)으로 증가되고 있다. 축산물품질평가원의 육가공업체 5개소의 조사결과에 의하면 한우의 경우 도체중의 약 12.3%, 육우는 15.6%가 뼈이며, 정육량과 비교하면 한우는 19%, 육우는 약 24%가 뼈라고 하였다. 이를 근거로 전체 생산되는 쇠고기의 약 20%가 뼈라고 추정하면 매년 약 5만 2천톤 정도의 소뼈가, 또한 돼지는 냉도체중에서 도체 지방을 빼 중량중에서 약 14.2%가 뼈로 배출된다는 조사결과를 근거로 추산하면 연간 약 12만톤 정도의 돼지뼈가 배출되는 것으로 추정된다(소·돼지 도축수율, 2004. 농촌진흥청, 축산연구소). 이렇게 배출된 폐뼈의 폐기에는 매립과 소각처리가 행해지지만 매립시에는 침출수의 용출과 지하수를 오염시키고, 소각시에는 산성유해가스나 입자상 가스의 방출이 문제가 되고 있어 이들을 재활용하기 위한 노력이 다방면에서 행해지고 있다.

현재 골분을 이용하기 위한 연구로는 에스테르화 반응시의 촉매나 퇴비 및 중금속 흡착제로의 이용 가능성이 검토되고 있다. 콩기름과 메탄올의 트랜스에스테르화반응시 새로운 촉매로서 폐기 소뼈 화소분이 값싸고 안전하여 상업적으로도 매우 유용할 것이라고 하였으며(Simth 등 2013), 폐기되는 양뼈를 하소하여 팜오일로부터 바이오디젤유를 얻기 위한 에스테르화시 촉매로 이용가능성을 제시하였다(Obadiah 등 2012). 중금속 등의 흡착제로서의 이용과 관련해서는 음식업소 등에서 발생하는 폐기 소뼈를 고온에서 소결시켜 담체를 제조하고 중금속(납, 카드뮴, 아연)에 대한 단일 및 다성분 흡착 제거능을 검토하였으며(Kwon과 Kim 2010), 납오염 토양에 폐자원인 폐소뼈를 주입하여 납안정화(Sneddon 등 2006, Lim 등 2010), 폐기되는 소뼈, 돼지뼈, 생선뼈를 이용한 회분식 반응조에서 구리이온의 제거(Kim 등 2009), 폐기

되는 돼지뼈로 제조한 Bone char를 이용하여 용액중의 구리이온 제거(Kim과 Woo 2006), 폐기되는 동물의 뼈로 제조한 활성탄의 Iodine, Methylene Blue에 대한 흡착능(Yoo 2000)에 관한 검토가 있었다. Medellin-Castillo 등(2014)은 소뼈로부터 얻은 소성골분이 생수에 포함되어 있는 불소의 흡착능에 관한 연구에서 하이드록시아파타이트 함량과 흡착매커니즘을 검토하였다. 인을 함유한 뼈 폐기물과 염을 첨가한 결정화 반응으로 퇴비화(Song 등 2011), 소뼈를 가공하여 일반가정에서 화초의 비료(Jang과 Kang 2001)로의 이용 가능성 및 폐기 동물뼈로부터 활성탄의 제조 이용(Yoo 2000)에 관한 연구도 수행되었다.

본 연구에서는 폐기되는 뼈를 합판용 접착제의 증량 또는 충전제로서 이용하여 폐기물의 재활용을 도모하고 새로운 합판용 첨가제를 발굴하기 위해 음식점에서 폐기되는 뼈(골분)의 합판용 접착제 충전제로서의 이용 가능성을 검토하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 공시 재료

#### 2.1.1. 골분

합판용 수지 접착제의 충전제로서의 이용 가능성을 검토한 골분은 음식점에서 조리 후 폐기되는 소뼈(Cooked cattle bone: CC)와 돼지뼈(Cooked pig bone: CP)를 수거하여 3시간 동안 물로 끓이는 작업을 3회 실시하여 지방 성분을 제거하였다. 지방이 제거된 폐기 뼈를 105℃의 건조기에서 3일 건조한 후 곡물분쇄기를 이용하여 분쇄하여 각각의 골분을 조제하였으며, 조개분말 골분은 시판품을 구입하였다. 대조구는 현재 업계에서 사용하고 있는 소맥분을 분양받아 사용하였다.

#### 2.1.2. 단판 및 수지

골분의 충전제로서 효과는 합판을 제조하여 검토하였다. 합판 제조용 단판은 업계로부터 분양받은 라디에타파인(*Pinus radiata* D. Don) 로터리 단판으로 비중 0.38, 함수율 8.2%, 두께 1.6 mm였다. 수지는

현재 업계에서 사용하는 요수수지(UF), 요소·멜라민수지(UMF) 및 페놀수지(PF)의 3종 수지를 분양 받아 사용하였으며, 각각 수지의 고형분은 UF가 52.0, UMF가 54.2 및 PF 수지가 42.2%였다.

## 2.2. 실험 방법

### 2.2.1. 골분의 특성 분석

3종의 골분에 대한 입도분석은 습식의 laser diffraction scattering 방법을 이용한 Cilas 1090 (France)에 의해 실시하였다. 각각의 골분에 포함되어 있는 결정성분은 X선 회절분석기(D8 ADVANCE with DAVINCI (BRUKER AXS GmbH, Germany))에 의해 분석하였다.

### 2.2.2. 합판제조 및 성능평가

합판은 라디에타파인 로타리 단판을 이용하여 3-ply로 제조하였다. 3종 골분의 종류에 따른 접착성능은 아미노계 수지의 경우, 소맥분 7.5 + 각각의 골분 7.5부를, PF는 소맥분 5부 + 각각의 골분 5부를 첨가하여 제조한 합판에 의해 비교하였다. 소맥분과 골분의 첨가비율에 따른 합판의 접착성능은 UF와 UMF수지에 대해서는 전체 첨가량은 15부로 고정하고 소골분을 4.5, 5, 7.5 및 10.5부, PF 수지는 전체 첨가량은 10부로 고정하고 소골분을 3, 5, 7부 첨가하여 비교하였다. 골분의 첨가 수준에 따른 접착성능은 UF와 UMF수지의 경우 소맥분은 15부로 고정하고 소골분을 각각 5, 10, 15부, PF 수지는 소맥분을 10부로 고정하고 소골분을 5, 10, 15부 첨가하여 비교하였다. 합판 제조는 도포량을 UF, UMF의 경우 180 g/m<sup>2</sup> (편면), PF는 200 g/m<sup>2</sup> (편면), 냉압은 모든 수지에 대해 10 kgf/cm<sup>2</sup>에서 10분간 실시하였으며, 열압은 10 kgf/cm<sup>2</sup>에서 UF수지는 110℃, 50 s/mm, UMF는 115℃, 50 s/mm, PF는 130℃, 60 s/mm를 각각 적용하였다. 접착성능 평가를 위한 시험편은 KS F 3101의 B형으로 하중과 이할방향이 순방향과 역방향이 되도록 각각 18매를 제작하여 상태와 내수 접착강도를 측정하였다. 내수접착강도는 UF수지의 경우 60℃의 온수에 3시간 침지하였으며, UMF 및

PF수지는 끓는 물에서 4시간 삶은 다음, 60 ± 3℃의 온도에서 20시간 건조시켜 다시 끓는 물에서 4시간 삶고 상온의 물속에 담가 식힌 후 측정하였다. 접착강도는 만능강도시험기(Hounsfield H5KS, USA)를 이용하여 하중속도 2 mm/min에서 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 골분의 특성

음식점에서 폐기된 소뼈와 돼지뼈를 세척과 건조 후 분말화한 골분에 대해 laser diffraction scattering 방법에 의해 측정된 평균 입자 사이즈는 소골분이 39.49 μm, 돼지골분 44.00 μm 및 조개골분 37.40 μm였다.

3종의 골분에 대한 결정성 물질의 화학성분을 분석한 결과는 Table 1 및 Fig. 1과 같다. 소골분과 돼지골분의 X선 회절 분석 결과, 주 피크인 2θ 값이 25.5, 31.7, 33.8°인 수산화인회석의 결정성분이 각각 소골분은 51.7%, 돼지골분은 66.3%로 가장 많았으며, 그 외 수산화인회석의 전구체로 치아용 재료로서도 사용되고 있는 Octacalcium phosphate-sodium hydrogen carbonate hydrate가 소골분에는 23.1%, 돼지골분에는 32.8%였고, 소골분에는 calcium deficient hydroxyapatite 24.4%였다. 조개골분은 거의 대부분이 탄산칼슘인 Calcite나 Aragonite가 70% 이상이었다. 소골분과 돼지골분의 구성성분은 유사하였으나 조개골분과는 매우 상이하여 이들의 차이가 합판의 접착성능에 미치는 영향을 검토하였다.

### 3.2. 골분의 종류에 따른 접착성능

라디에타파인 단판을 사용하여 UMF, UF 및 PF 수지에 대해 충전제로서 소골분, 돼지골분 및 조개골분을 각각 첨가하여 제조한 합판의 접착성능을 비교한 결과는 Fig. 2와 같다. UMF수지의 경우 현재 업계에서 사용하고 있는 소맥분을 15부 첨가했을 때 상태접착강도 2.28 MPa, 목파율 50%였으나, 소맥분

**Table 1.** Chemical composition of various bone powders

Components	Composition (%)		
	Cattle bone	Pig bone	Seashell
Octacalcium phosphate-sodium hydrogen carbonate hydrate	23.3	32.8	
Hydroxyapatite	51.7	66.3	
Calcium deficient hydroxyapatite	24.4		
Calcite			62.5
Aragonite			9.2
Muscovite			18.4
Quartz			9.4

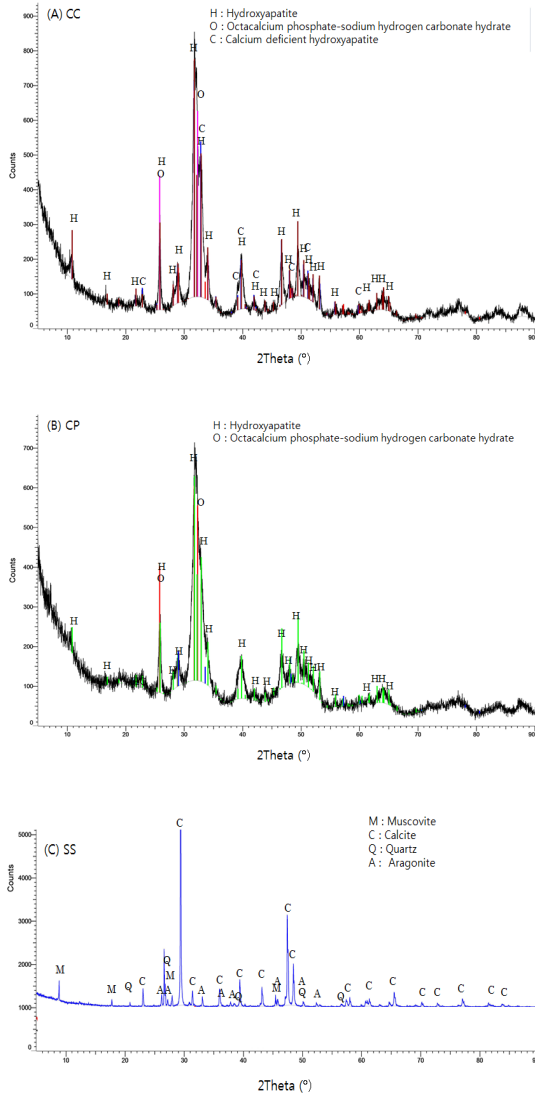
대신 소골분 15부 첨가한 합판은 2.12 MPa, 30%, 돼지골분은 2.11 MPa, 24%, 조개골분은 1.71 MPa, 12%로 3 골분 모두 소맥분을 첨가하였을 때 보다는 접착성능이 다소 떨어졌다. 특히 내수접착성능은 거의 발휘하지 못하고 박리되었다. 골분의 종류에 따른 접착성능은 소골분과 돼지골분간에는 거의 차이가 없었으나 조개골분의 경우에는 소나 돼지골분 보다는 낮았다. 이상의 결과에서 기존의 소맥분을 전부 골분으로 대체하여도 어느 정도의 접착성능을 발휘하는 합판의 제조는 가능하였으나 특히 내수성이 소맥분 첨가제에 비해 불량하여 소맥분 전부를 골분으로 대체하는 것은 곤란할 것으로 판단된다. 따라서 소맥분의 일부를 골분으로 대체하기 위해 전체 첨가제의 양은 15부로 고정하고 소맥분과 각각의 골분을 반반씩 혼용하여 제조한 합판의 접착성능을 검토하였다. UMF수지에 소맥분 15부 첨가했을 때 상태접착강도 2.28 MPa, 목파율 50%였으나, 소맥분 7.5부와 소골분 7.5부 첨가했을 때 상태접착강도 2.56 MPa, 목파율 69%, 소맥분 7.5부와 돼지골분 7.5부는 상태접착강도 2.14 MPa, 목파율 64%로 오히려 소맥분 15부 첨가 합판보다 우수한 성능을 발휘하였고, 특히 끓임 반복 처리한 후의 내수인장접착강도는 대조구인 소맥분 15부 첨가했을 때의 0.44 MPa 보다는 우수한 소골분 0.53, 돼지골분 0.52 MPa였다. 그러나 조개골분을 혼용한 합판은 소맥분만을 사용한 것에 비해 약간 낮은 접착성능을 나타내었다.

UF 수지의 경우에는 소맥분만을 사용하였을 때와 소맥분 7.5부와 소골분 7.5부를 혼용하여 제조한 합

판의 접착성능은 거의 동등하였으나 돼지골분과 조개골분을 각각 같은 양 첨가한 합판은 소맥분만을 15부 첨가한 것에 비해 합판의 상태접착강도는 다소 낮았으나 내온수 접착강도는 오히려 우수하여 요소수지 접착제에도 충분히 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

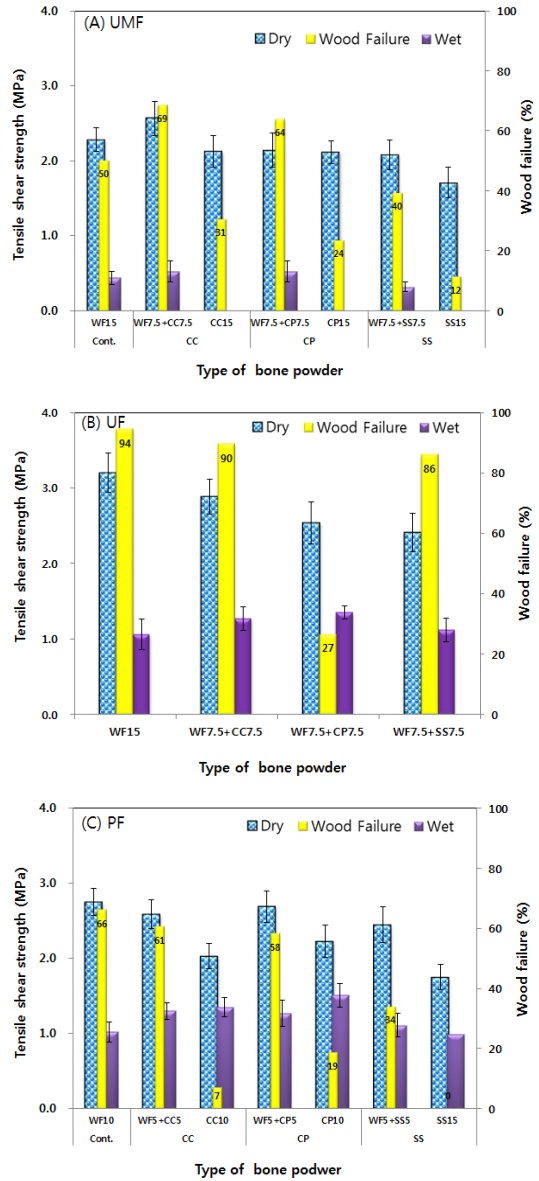
PF수지에 대한 골분의 종류가 합판의 접착성능에 미치는 영향은 소맥분을 전부 골분으로 대체하였을 때는 3종의 골분 모두 상태접착강도는 다소 저하하였고 목파율도 크게 낮아졌으나 내수접착강도는 소골분이나 돼지골분 첨가 시 증가하였다. 그러나, PF수지에 소맥분 10부 첨가했을 때 상태접착강도는 2.75 MPa, 목파율 66%였으나, 소맥분 5부와 소골분 5부를 혼용하였을 때 상태접착강도 2.69 MPa, 목파율 61%, 소맥분 5와 돼지골분 5부는 상태접착강도 2.69 MPa, 목파율 58%로 거의 차이가 없었으며, 특히 끓임 반복 처리한 후의 내수인장접착강도는 대조구인 소맥분 10부 첨가했을 때의 1.02 MPa 보다는 증가한 소골분 1.30, 돼지골분 1.27 MPa였다.

이상과 같이 음식물로 조리 후 폐기되는 소나 돼지뼈를 분말화한 골분을 합판용 접착제의 충전제로서 이용 가능성과 골분의 종류에 따른 접착성능을 검토한 결과 UMF, UF, PF의 3종의 수지 모두 현재 이용되고 있는 소맥분을 전부 골분으로 대체할 경우 소맥분 첨가 합판보다 우수한 접착성능은 발휘하지 못하였으나 합판의 제조는 가능하였다. 그러나 3수지 모두 소맥분과 골분을 반씩 병용해서 사용했을 경우에는 소맥분만으로 제조한 합판보다 상태접착



**Fig. 1.** X-ray diffraction patterns of various bone powder. (A) Cooked waste cattle bone, (B) Cooked waste pig bone, (C) Seashell powder.

성능은 거의 차이가 없으나, 내수접착성능은 오히려 우수하였다. 또한 골분의 종류에 따른 합판의 접착성능은 3수지 모두에서 조개골분이 가장 불량하였고 소골분과 돼지골분간에는 큰 차이가 없으나, UMF와 UF는 소골분이 돼지골분보다 약간 양호하였으나, PF수지에는 돼지골분이 다소 우수하였다.



**Fig. 2.** Comparison of bonding properties in types of bone powder. WF : Wheat flour, CC : Cooked waste cattle bone, CP : Cooked waste pig bone, SS : Seashell powder.

이는 X-ray 회절분석 결과(Table 1) 돼지골분에는 Octacalcium phosphate-sodium hydrogen carbonate hydrate가 소골분 보다 다량 함유되어 있어 이 탄산

이온이 페놀수지의 경화를 촉진하기 때문이라고 생각된다(Roh 1995). 따라서 소골분을 사용하여 소맥분과 소골분의 첨가량 조합에 따른 접착성능을 검토하였다.

### 3.3. 소맥분과 소골분의 혼합비율에 따른 합판의 접착성능

현재 합판의 제조에 주로 사용되고 있는 3종의 접착제에 대해 충전제로서 골분을 소맥분과 병용하여 사용한 합판의 접착성능은 소맥분만을 사용했을 때와 거의 유사하거나 오히려 내수접착강도는 우수하여 적절한 혼합비율을 소골분으로 검토하였다. 아미노계수지는 전체 첨가량을 15부로 고정하고 소맥분과 골분의 혼합비를 15 : 0, 10.5 : 4.5, 7.5 : 7.5, 4.5 : 10.5부로 페놀수지는 전체 첨가량은 10부로 고정하고 10 : 0, 7 : 3, 5 : 5, 3 : 7부로 조정하여 제조한 합판의 접착성능을 검토한 결과는 Fig. 3과 같다.

UMF수지로 제조한 합판의 소맥분과 소골분의 혼합비율에 따른 접착강도 값에는 크게 차이가 없었으나 소골분이 혼합되면 소맥분만으로 제조한 것에 비해 목파율이 약 20~25% 증가되었다.

UF수지에 있어서는 소맥분을 15부 첨가하여 제조한 합판의 상태접착강도 3.2 MPa 보다는 소맥분의 혼합비율이 낮아지고 소골분의 비율이 높아질수록 감소하였으나 혼합비율에 관계없이 목파율은 모두 80% 이상으로 높았으며, 내온수 접착강도도 소맥분 단독 첨가 보다는 혼합비율에 상관없이 다소 높았다.

PF수지의 경우에는 소맥분과 소골분의 혼합비율 5 : 5부까지는 소맥분 단독계와 거의 유사한 접착성능을 나타내었으나 3 : 7부의 경우에는 접착강도 및 목파율 모두 저하하였으나 내수 접착강도는 오히려 증가하였다. 이상과 같이 UMF, UF, PF의 3종의 수지 모두 현재 이용되고 있는 소맥분에 골분을 병용해도 거의 동등 이상의 상태접착성능과 보다 우수한 내수성능을 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 현재 적용되고 있는 수지 조성에 골분의 최적 첨가량을 검토하였다.

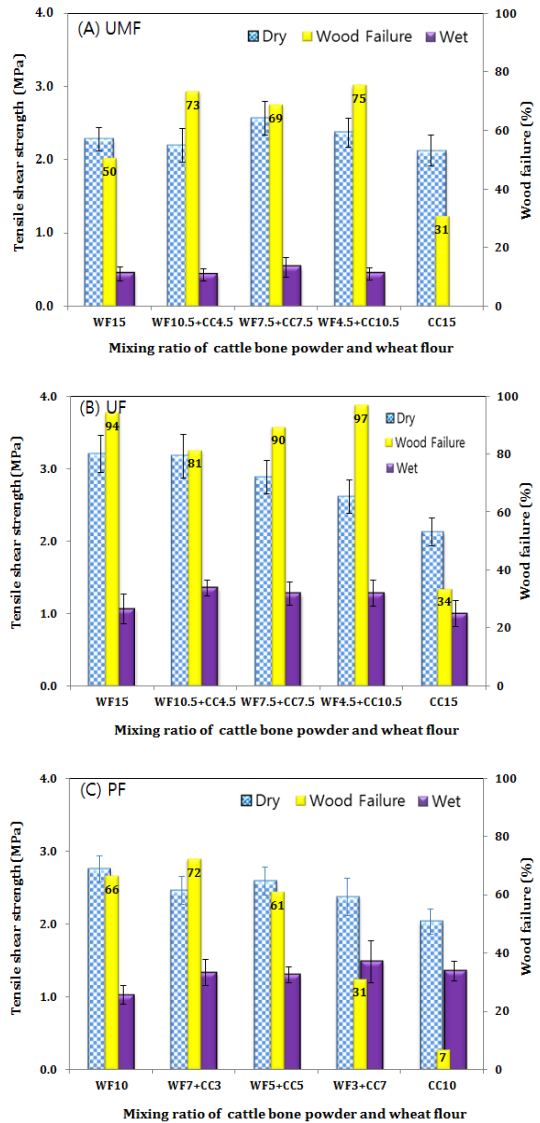


Fig. 3. The relationship between bonding properties and mixing ratio of waste cattle bone and wheat flour at various resins. WF: Wheat flour, CC: Cooked waste cattle bone.

### 3.4. 소골분의 첨가량에 따른 합판의 접착성능

현재 국내 합판 제조업계에서는 UMF, UF에는 소

맥분을 15부, PF에는 10부 첨가하고 있어 여기에 소골분을 5, 10, 15부 첨가함에 따른 각각의 수지에 대한 접착성능을 검토한 결과는 Fig. 4와 같다. UMF수지에 대해 소맥분을 15부 첨가한 합판의 상태접착강도 2.28 MPa, 목파율 50%였으나, 소맥분의 첨가는 15부 고정하고, 소골분 5부 첨가했을 때 상태접착강도 2.36 MPa, 목파율 88%, 소골분 10부는 상태접착강도 2.16 MPa, 목파율 73%, 소골분 15부는 상태접착강도 2.66 MPa, 목파율 79%로 강도값과 목파율을 동시에 고려할 때 단지 소맥분만 15부 첨가한 합판과 거의 동등하거나 보다 우수한 내수성능을 나타내었다. UF수지의 경우도 소맥분 15부에 소골분을 5~15부 첨가하면 상태접착강도 및 목파율이 약간 저하하였으나 내수접착강도는 증가하였다.

PF의 수지의 경우에는 수지에 소맥분을 10부 첨가한 합판의 상태접착강도 2.75 MPa, 목파율 66%였으나, 소맥분의 첨가는 10부 고정하고, 소골분 5부 첨가했을 때 상태접착강도 2.63 MPa, 목파율 97%, 소골분 10부는 상태접착강도 2.42 MPa, 목파율 95%, 소골분 15부는 상태접착강도 2.33 MPa, 목파율 53%로 첨가량 10부까지는 상태접착강도는 다소 낮아졌으나 목파율이 95% 이상으로 높았고, 내수접착강도도 다소 향상되어 종합적인 접착성능은 소맥분만 첨가한 합판과 거의 동등하거나 그 이상일 것으로 생각된다. 그러나 15부의 첨가는 접착강도 값 자체가 낮은 것은 아니나 소맥분만 첨가한 경우보다 강도 및 목파율이 모두 낮았다. 이들의 결과로부터 UMF나 UF수지의 경우는 소맥분 15에 소골분을 5~15부 첨가하여도 성능에는 거의 차이가 없어 소맥분을 증량제로 그리고 골분을 충전제로 충분히 이용할 수 있을 것으로 생각되며, 비교적 많은 양의 첨가가 가능할 것으로 판단된다. 그러나 PF수지의 경우에는 소맥분 10부에 대해 소골분 10부까지는 95% 이상의 목파율을 나타내었으나 15부의 첨가에는 소맥분 10부만 첨가한 경우 보다 다소 낮은 접착강도와 목파율을 나타내고 있어 10부 정도의 첨가가 바람직할 것으로 간주된다.

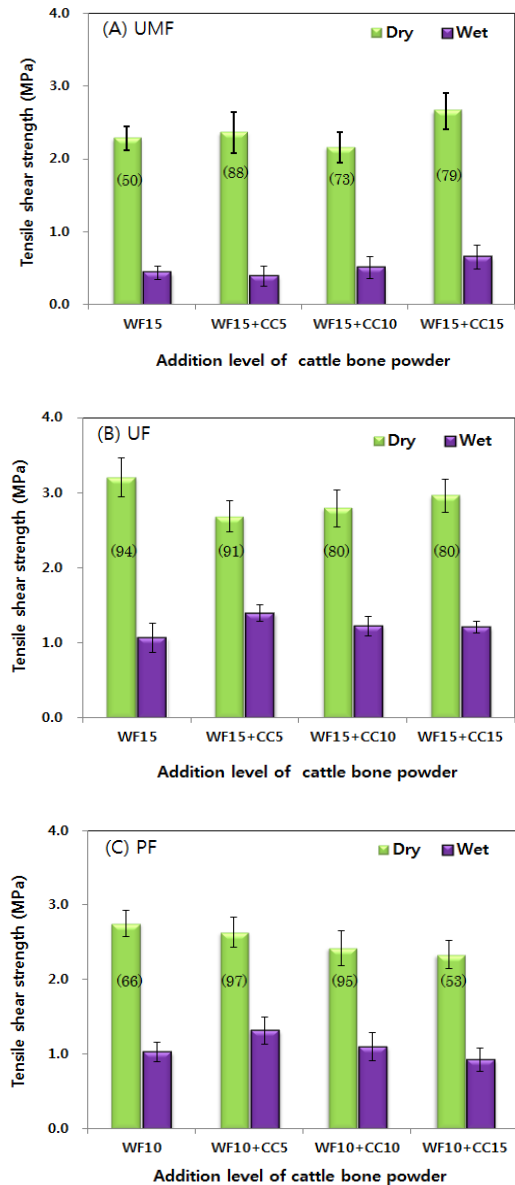


Fig. 4. The relationship between bonding properties and addition level of cattle bone powder to wheat flour. ( ) : Wood failure (%).



## 4. 결 론

라디에타파인 단판을 사용하여 UMF, UF 및 PF 수지로 3-ply 합판 제조시, 충전제로서 음식점이나 식육점 등에서 배출되는 폐기 소나 돼지뼈(골분)의 이용 가능성, 골분의 종류와 첨가량에 따른 접착성능을 비교한 결과는 다음과 같다.

1. UMF와 PF수지에서 소맥분만 첨가한 대조구에 비해 소맥분 전부를 소골분, 돼지골분 및 조개골분으로 대체한 합판의 상태나 내수접착강도 및 목파율은 모두 낮았다. 특히 조개골분은 대조구에 비해 현저한 강도저하로 전부를 골분으로 대체하는 것은 곤란할 것으로 판단되었다.
2. 소맥분의 절반을 소골분과 돼지골분으로 각각 대체하여 제조한 합판의 접착성능은 소맥분만을 사용한 것과 거의 동등하거나 오히려 우수한 내수성능을 발휘하여 소맥분과 병용해서 사용하면 충분히 이용이 가능할 것으로 생각된다.
3. 소맥분과 병용한 경우, 조개골분에 비해 소골분과 돼지골분을 첨가한 합판의 접착성능이 우수하였으며, 소골분과 돼지골분간에는 큰 차이가 없었다.
4. 일정량(15부)의 소맥분에 소골분의 첨가량을 달리하여 제조한 합판의 접착성능을 비교한 결과, UMF, UF수지의 경우는 5부에서 15부로 증가함에 따른 접착성능에는 크게 차이가 없었으며, UMF의 경우에는 첨가량이 많을수록 목파율이 증대되었으며, 내수접착강도도 약간 증가하였다.
5. PF수지는 소맥분 10부에 대해 소골분 10부를 첨가하여도 95% 이상의 목파율을 나타내었으나, 15부의 첨가는 다소 낮은 접착강도와 목파율을 나타내고 있어 10부 정도의 첨가가 바람직할 것으로 판단된다.

## 사 사

이 논문은 2013년도 경남과학기술대학교 기성회 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

## REFERENCES

- Dorozhkin, S.V. 2010. Amorphous calcium (ortho) phosphates. *Acta Biomaterialia* 6: 4457-4475.
- Eberhardt, T.L., Reed, K.G. 2005. Strategies for improving the performance of plywood adhesive mix fillers from southern yellow pine bark. *Forest Products Journal* 56(10): 64-68.
- Fan, D.B., Qin, T.F., Wang, C.P., Chu, F.X. 2010. Evaluation of forestry residue-source oil-tea cake as an extender for phenol-formaldehyde plywood adhesive. *Forest Products Journal* 60(7-8): 610-614.
- Geng, X.L., Deng, J., and Zhang, S.Y. 2007. Paper mill sludge as a component of wood adhesive formulation. *Holzforschung* 61(6): 688-692.
- Hojilla-Evangelista, M.P. 2010. Adhesion properties of plywood glue containing soybean meal as an extender. *Journal of the American Oil Chemists Society* 87(9): 1047-1052.
- Jang, H., Kang, S.H. 2001. A study on using cow bone as a seed material in calcium phosphate crystallization. *Journal of Korean Society on Water Quality* 17(4): 517-524.
- Kim, E.J., Woo, S.H., and Park, S.C. 2006. Sorption of copper ion on waste pig bone. *Journal of Korean Institute of Resources Recycling* 15(2): 45-49.
- Kim, M.N., Kim, W.G., Lee, S.M., Yan, J.K. 2009. Removal of Cu (II) with the recycled hydroxylapatite from animal bones. *Journal of Korean Society of Environmental Engineers* 31(9): 735-742.
- Kwon, M.S., Kim, J.Y. 2010. A study on media

- development for heavy metals removal using waste bones. *Journal of Korean Institute of Resources Recycling* 19(2): 28-34.
- Lim, J.H., Cui, M.C., Moon, D.H., Khim, J.H. 2010. Stabilization of heavy metal contaminated soil amended with waste cow bone. *Journal of the Environmental Sciences* 19(2): 255-260.
- Medellin-Castillo, N.A., Leyva-Ramos, R., Padilla-Ortega, E.R.O., Flores-Cano, J.V., Berber-Mendoza, M.S. 2014. Adsorption capacity of bone char for removing fluoride from water solution. Role of hydroxyapatite content, adsorption mechanism and competing anions. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 20: 4014-4021.
- Obadiah, A., Swaroopa, G.A., Kumar, S.V., Jeganathan, K.R., Ramasubbu, A. 2012. Biodiesel production from palm oil using calcined waste animal bone as catalyst. *Bioresource Technology* 116: 512-516.
- Oh, Y.S. 1997. Acid hydrolysis residue of waste newspaper for adhesive filler used to bond structural plywood. *Journal of resource development* 16(1): 6-11.
- Oh, Y.S., Seller Jr. T. 1999. Korean filler raw materials for plywood adhesives. *Forest Products Journal* 49(3): 61-64.
- Oh, Y.S. 1998. Effect of filler types on phenol-formaldehyde resin adhesive for plywood. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 26(3): 48-52.
- Roh J.K. 1995. Fast-curing of phenol-formaldehyde resin adhesives for plywood. *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 23(3): 33-39.
- Sellers Jr. T. Miller, G.D., Smith, W. 2005. Tool wear properties of five extender/fillers in adhesive mixes for plywood. *Forest Products Journal* 55(3): 27-31.
- Smith, S.M., Oopathum, C., Weeramongkhonlert, V., Smith, C.B., Chaveanghong, S., Ketwong, P., Boonyuen, S. 2013. Transesterification of soybean oil using bovine bone waste as new catalyst. *Bioresource Technology* 143: 686-690.
- Sneddon, I., Orueetxebarria, M., Hodson, M., Schofield, P., Valsami-Jones, E. 2006. Use of bone meal amendments to immobilise Pb, Zn and Cd in soil : a leaching column study. *Environmental Pollutant* 144(3): 816-825.
- Song, Y.H., Lee, D.M., Baek, K.M., Jeong, Y.K. 2011. Reduction of nitrogen loss in aerobic composting process using phosphorus-bearing waste. *Journal of The Korea Organic Resource Recycling Association* 19(3): 54-62.
- Yoo, M.H. 2000. The production of active carbon from waste animal bone. *The Journal of Urban Sciences The University of Seoul* 26(1): 23-29.