

## 표고 폐골목으로 제조한 목질보드의 성질

최용순<sup>1)</sup> · 황원중<sup>2)</sup> · 한태형<sup>2)</sup> · 김남훈<sup>2)</sup> · 권진현<sup>2)</sup>

### Properties of Wood-Based Board Prepared with Bed-Logs Decayed by Oak Mushroom(*Lentinus edodes*)

Yong-Soon Choi<sup>1)</sup>, Won-Jung Hwang<sup>2)</sup>, Tae-Hyung Han<sup>2)</sup>,  
Nam-Hun Kim<sup>2)</sup> and Jin-Heon Kwon<sup>2)</sup>

#### 要 約

표고폐골목의 재활용을 목적으로 폐골목과 정상재의 칩을 일정비율로 혼합하여 얻은 목질보드의 성질을 조사, 검토하였다. 그 결과 폐골목의 목섬유는 정상재보다 다소 짧고 표면이 거칠었으며 폐골목 변재부의 밀도는 정상재에 비해 상당히 낮았다. 파티클보드의 두께 팽윤율 및 파괴계수의 시험결과 폐골목을 25-50% 정도 혼합한 경우는 정상재와 비슷한 값을 나타냈다.

결론적으로 폐골목은 파티클보드의 재료로 사용될 수 있고 정상재와의 혼합비율은 25~50% 범위에서 조정되어야 할 것으로 생각되었다.

#### ABSTRACT

To provide further information for reutilization of the bed-logs decayed by oak mushroom(*Lentinus edodes*), the properties of wood-based board prepared with mixed materials of normal wood and bed-logs were examined.

Wood fibers in bed-logs showed different morphology from normal wood fibers, that is, shorter length and rough surface. Thickness swelling increased with increasing mixing ratio of bed-log. On the other hand, modulus of rupture(MOR) in bending strength decreased. In products, the visual surface of board prepared from higher mixing rate of bed-log chips was smooth.

Consequently, it is considered that the optimum mixing rate of bed-log to normal wood is the range of 25-50% and the bed-log can be used for raw material of board instead of normal wood.

**Key words :** reutilization of the bed-logs, wood-based board, thickness swelling, modulus of rupture

1) 양구초등학교:Yanggu Primary School, Yanggu 255-800, Korea

2) 강원대학교 산림과학대학:College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

## I. 서 론

우리나라는 국내 목재소비량의 90% 이상을 수입재에 의존하고 있다. 이것은 매년 약 3,000만 m<sup>3</sup>의 목재를 수입하는 것으로서 약 43억달러의 외화를 사용하는 것이 된다<sup>1)</sup>. 국민의 생활수준의 향상과 더불어 목재의 수요는 앞으로 더욱 증가될 것으로 생각된다.

그러나, 리우환경회의 이후 목재 수출국들이 산림보호정책으로 수출규제를 강화하므로 목재 자급율 4.3%(1994년) 밖에 안되는 우리나라의 목재 산업은 원자재의 구입난으로 원자재 가격 상승과 인건비 상승에 따라 많은 어려움을 겪을 것으로 생각된다<sup>2)</sup>.

이러한 자원수급과 환경보전 문제에 관련하여 자원의 재활용문제는 모든 산업분야에서 중요한 연구과제로 등장되고 있다. 특히 목질재료는 환경 친화적이고 재활용성이 좋은 재료로 평가받고 있어 연구개발에 대한 기대가 크다. 제재공정이나 기타 목재가공과정에서 발생하는 톱밥, 대패밥, 죽더기등 폐목질 재료는 주로 파티클보드(particle board, PB)와 화이버보드(fiber board)의 제조에 사용되고 있다. 우리나라의 1994년도의 보드제조용 원료를 보면 총 125만톤이 사용되었는데 그중 75만톤은 폐목질 재료가 이용되었다<sup>1)</sup>.

현재 국내에서 표고재배를 위해 사용되는 참나무류는 매년 약 5만톤으로 추정되고 있는데 3~5년간 재배 후 폐기되는 것을 생각하면 매년 5만톤의 폐골목 자원이 재활용되지 못하고 버려지는 실정이다. 펄프용재의 연간 수입량이 7만톤인 것을 감안하면 버려지는 폐골목의 양은 결코 적은 양이라고 할 수 없다.

따라서 본 연구에서는 버려지는 폐목질 자원의 재활용을 목적으로 표고재배 후 폐기되는 골목을 이용하여 파티클보드를 제조

하여 그 성능을 평가하므로서 폐골목의 재활용 가능성을 연구, 검토하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 공시재료

본 실험에서는 1997년 4월 강원대학교 학술림에서 채취한 신갈나무재(*Quercus mongolica*)와 춘천시 남산면 가정리의 표고재배 농가에서 1994년 접종하여 표고를 수확하고 있는 신갈나무의 골목을 시료로 사용하였다. 정상재와 폐골목은 공히 직경 약 15cm인 약 25년생의 목재였다.

### 2. 실험방법

#### 2.1 목섬유의 관찰

정상재와 폐골목의 목섬유를 비교하기 위하여 술츠액(35% HNO<sub>3</sub> 100ml + KClO<sub>3</sub> 6g)으로 해리하여 광학현미경으로 관찰하였다. 광학현미경에 CCD카메라가 부착된 시스템으로 100개의 목섬유를 컴퓨터에 입력하여 화상 분석시스템(Bummi Co.)으로 길이를 측정하였다.

#### 2.2 함수율과 밀도측정

정상재와 폐골목의 변재부와 심재부로부터 20×20×20mm 치수의 시료를 제작하여 기건한 후 다음 식에 의해 함수율과 밀도를 측정하였다.

$$\text{기건함수율} = \frac{W_a - W_o}{W_o} \times 100(\%)$$

W<sub>a</sub>: 기건중량      W<sub>o</sub>: 전건중량

$$\text{기건밀도} = m / V \text{ (g/m}^3\text{)}$$

V: 기건부피      m: 기건중량

### 2.3 목질보드의 제조

정상재와 폐골목의 칩을 제조하여 dry oven중에서 함수율 약 6%정도로 건조시킨 후, Willy mill로 더욱 작은 파티클을 만들었다. 접착제는 실험실에서 페놀과 포르말린의 물비율을 1:2로 혼합한 페놀수지 접착제를 제조하여 사용하였으며, 접착제의 고형분량은 57% 이었다.<sup>11)</sup> 첨가제로는 왁스를 사용하였다. 파티클이 미세하여 단층 보드를 제조하였으며, 보드의 목표 밀도를 0.7(g/cm<sup>3</sup>)로 하고 수지는 칩의 전건중량에 대하여 12%를 첨가 하였다. 정상재:폐골목의 혼합비는 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100의 다섯 종류로 하였으며, 제조조건은 열압온도 150°C, 예압 2분, 열압 5분, 압력 85~90kg/cm<sup>2</sup>로 하였다<sup>9)</sup>.

### 2.4 팽윤율의 측정

가로 및 세로 각 50mm의 파티클보드 시료를 제작하여 24 ± 1°C 물에 24시간 침적한 후의 두께 팽윤율<sup>12)</sup>을 다음식으로 계산하였다.(KS F 3104)

$$\text{팽윤율} = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100(\%)$$

t<sub>1</sub>: 흡수 전의 두께(mm) t<sub>2</sub>: 흡수 후의 두께(mm)

### 2.5 휨강도(MOR)의 측정

KS F 3104에 따라 시편을 제작하여 만능강도측정기(Instron 1175)로 측정하였다. Crosshead speed 10mm/min, chart speed 20 mm/min 였다. load - deformation curve로부터 다음 식을 이용하여 휨강도를 계산하였다.

$$\text{MOR} = (3/2) \times (PL/bt^2) \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

P : 파괴하중 (kgf) L : span (cm)  
b : 폭 (cm) t : 두께 (cm)

## III. 결과 및 고찰

### 1. 素材의 성질

#### 1.1 목섬유의 구조

정상재와 폐골목의 목섬유의 길이를 측정한 결과는 표 1과 같다. 변·심재의 목섬유 길이는 공히 정상재가 길게 나타났다. 이것은 그림 1에서 보는 것과 같이 부후에 의해 섬유가 손상을 받은 때문으로 생각된다. 그림 1은 정상재와 폐골목의 목섬유의 형태를 보여주고 있는데 폐골목의 목섬유는 정상재에 비해 많이 손상되어 표면이 거칠고 굴곡되어 있는 부위가 많은 것을 알 수 있다. 목재의 물성에 큰 영향을 주는 셀룰로오스의 결정성에 관해서는 이전의 연구에서 보고하였다<sup>34)</sup>. 즉 정상재와 5년간 표고재배후 폐기한 골목의 상대결정화도는 50-60%, 미결정의 폭은 2.8~3.2nm로 거의 차이가 없었다. 따라서 광학현미경에 의해 관찰된바와 같이 본 연구에 사용된 시료에 있어 섬유형태에는 다소 차이가 있었으나 세포벽의 골격물질인 셀룰로오스의 高次構造에는 거의 차이가 없는 것으로 생각된다.

Table 1. Fiber length of sample woods  
(Unit: μm)

Bed-log decayed by oak mushroom		Sound wood	
Heartwood	Sapwood	Heartwood	Sapwood
783.00 ± 204.23	951.19 ± 13.49	962.26 ± 153.255	1158.24 ± 73.15

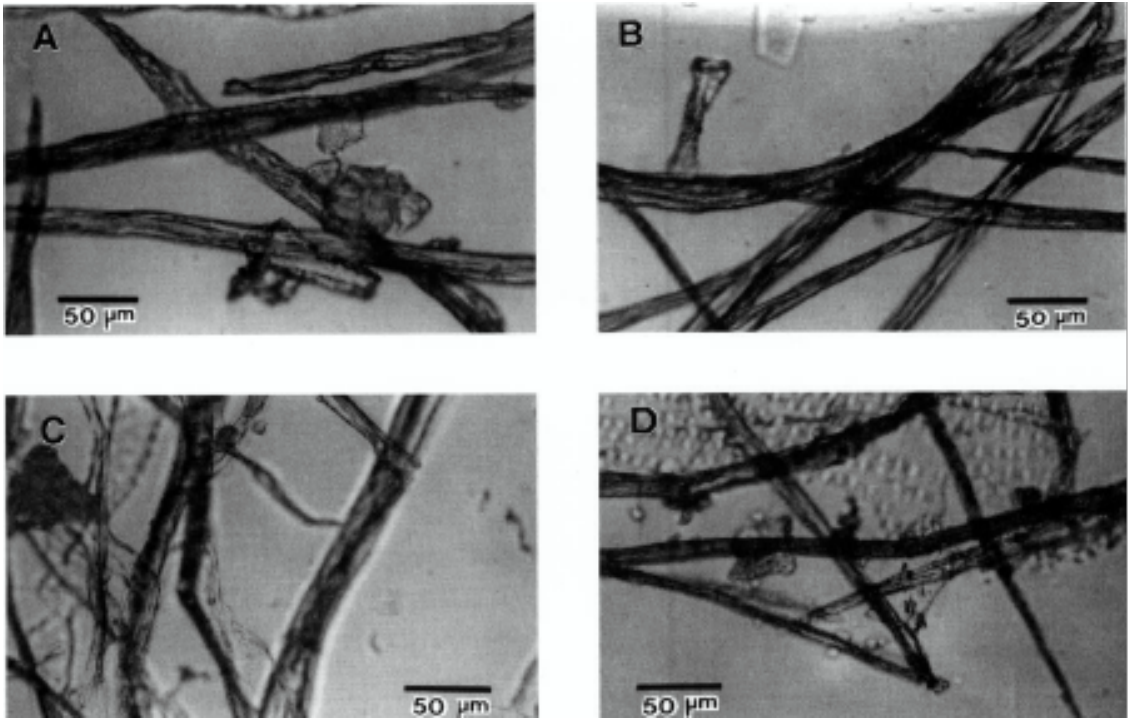


Fig. 1 Optical micrographs of wood fibers in *Quercus mongolica*  
 A: Sapwood of normal wood      B: Heartwood of normal wood  
 C: Sapwood of bed-log          D: Heartwood of bed-log

### 1.2 밀도 및 기건함수율

본 실험에서 측정된 정상재와 폐골목의 기건밀도 및 기건함수율은 표 2와 같다. 폐골목은 정상재에 비해 밀도가 감소하였는데 변재부의 경우는 그 정도가 더욱 큰 것을 알 수 있다. 이와 같이 변재부의 밀도가 크게 감소한 이유는 다음과 같이 두가지로 설명할 수 있을 것으로 생각된다. 첫째는 변재부의 방사조직 유세포와 축방향 유세포가 생활기능을 가지고 있어 영양분이 축적되어 있는 결과로 균의 침해가 가장 빨리 진행되어 부후되기 때문으로 생각된다. 둘째는 백색부후균에 의한 목재의 부후는 세포벽중의 리그닌이 먼저 분해되기 때문에 부후 초기에는 세포벽의 체적이 그대로 유지되면서 부후되어 벽중에는 많은 공극이 발생하게

된다. 따라서 셀룰로오스의 구조에는 거의 영향을 미치지 않으면서 세포벽의 충전상태 즉 밀도가 낮아져서 목재의 밀도가 크게 감소되는 것으로 생각된다. 한편 심재부의 세포는 세포내에 폐늘성물질, 탄닌등의 추출물이 축적되어 있기 때문에 균의 침해가 저지되어 부후를 억제시키므로서 밀도의 저하가 적은 것으로 생각된다.

기건함수율은 정상재가 다소 높게 나타났다. 이것은 폐골목의 세포벽은 균에 의해 부후되어 공극이 많아지므로 외부의 대기와 접촉하는 표면적이 넓어져 세포벽중의 수분이 쉽게 증발해버렸기 때문으로 생각된다. 또한 헤미셀룰로오스, 리그닌 및 셀룰로오스의 비결정영역이 균에 의해 침해되어 수분이 존재할 수 있는 친수성기가 상대적으로 적어진 때문으로도 생각된다.

Table 2. Density and moisture content of sample woods in air dried condition.

Variables	Sample woods	Sound wood		Bed-logs decayed by oak mushroom	
		Heartwood	Sapwood	Heartwood	Sapwood
Density (g/cm <sup>3</sup> )		0.86	0.81	0.75	0.47
Moisture content (%)		13.2		11.5	

1.3 파티클보드의 성질

1.3.1 파티클보드의 흡수 두께 팽윤율

파티클보드의 흡수에 의한 두께 팽윤율을 표 3과 그림 3에 나타냈다. 정상재 파티클보드는 약 34%의 흡수 두께 팽윤율을 보인 반면 폐골목을 혼합한 보드의 흡수 두께 팽윤율은 폐골목 시료의 혼합비율이 증가할수록 팽윤율이 증가하는 경향을 보여주었다. 즉 폐골목 25%를 혼합한 경우 팽윤율이 38.5%로 정상재의 파티클보드 보다 약 5% 증가하였으며 50%로 혼합했을 때 정상재의 팽윤율보다 15% 증가하여 약 50%로 직선적으로 두께 증가율을 보였다. 그러나 폐골목의 혼합비가 50%이상 첨가 될 경우 두께 팽윤율은 거의 일정한 변화를 보여 주었다. 이러한 결과로부터 폐골목을 25%첨가한 보드는 정상재보다 팽윤율이 다소 증가되었으나 큰 변화는 아니어서 실용화 가능성이 높은 것으로 생각된다. 그러나 폐골목을 50% 이상 혼합할 경우는 팽윤율이 커서 보드의 제조조건으로 부적합한 것으로 생각된다.

참나무과 갈참나무와 졸참나무의 파티클보드의 흡수 두께 팽창율은 각각 30.8%와 28.5%로 나타났으며<sup>8)</sup>, 또한 이태리포플러 정상재로 제조한 파티클보드의 두께 팽윤율은 29%로서 본 연구의 정상재와는 비슷한 값을 보여주고 있다<sup>5,6)</sup>. 흡수 두께 팽윤율의 변화는 강도 및 치수안정성을 평가하는 중

요한 인자중의 하나로 접착제의 종류나 첨가량 및 wax의 이용량등에 따라 변화하고, 압축도(compaction ratio)에 영향을 받는다<sup>13,18,19)</sup>. 또한 수분에 대한 치수안정성 문제를 해결하기 위하여 아세틸처리, 포르말린처리, PEG처리등의 처리를 행한 칩을 사용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

Table 3. Thickness swelling and MOR of particleboards in different mixing ratio

Mixing ratio of normal wood to bed-log	Thickness swelling (%)	M O R (kgf / cm <sup>2</sup> )
100 : 0	33.95	101.5
75 : 25	38.45	102.3
50 : 50	48.28	107.8
25 : 75	49.51	67.3
0 : 100	48.56	64.3

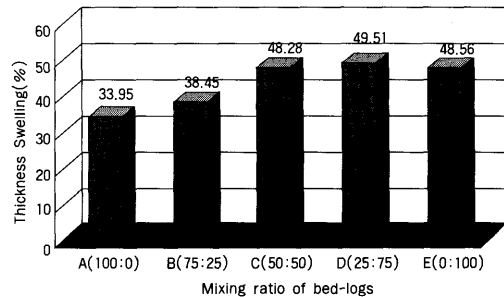


Fig. 3 Thickness swelling of particleboards in different mixing ratio

1.3.2 휨강도(MOR)의 비교

각 혼합비율별로 제작한 파티클보드의 파괴계수 값을 표 3과 그림 4에 나타냈다. 본 실험 결과 정상재 파티클보드의 파괴계수 값은 101.5kgf/cm<sup>2</sup>으로 폐골목을 25%, 50% 혼합한 보드는 정상재로 제작한 보드와 동일한 파괴계수 값을 갖는 것으로 나타났다. 그러나 75%와 100% 폐골목으로 제작한 보드의 MOR은 67.3kgf/cm<sup>2</sup>과 64.3kgf/cm<sup>2</sup>로 낮은 강도적 성능을 나타낸다. 폐골목의 혼합비가 50% 이상일 경우 KS F 100타입 보드의 기준(휨강도 80kgf/cm<sup>2</sup>)에 미달되는 값으로 폐골목의 혼합비가 정상재보다 많이 혼합된 경우 강도적 성질이 현저하게 저하됨을 알 수 있다.

갈참나무와 졸참나무의 파티클보드의 휨강도는 105kgf/cm<sup>2</sup>와 112kgf/cm<sup>2</sup>의 값을 나타낸 자료와 비교하여 폐골목의 50% 이하의 첨가는 휨강도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다<sup>9)</sup>. 그 이유는 STEWART와 LEHMANN(1973)과 VITAL(1974)등의 연구에서 보드의 밀도가 증가함에 따라 휨강도가 증가되고, 목질의 비중이 증가함에 따라 휨강도가 감소한다고 보고한 바와 같이 정상재보다 비중이 낮은 폐골목재의 활용은 50% 범위까지는 파괴계수가 증가되는 결과와 일치한다<sup>16, 17)</sup>.

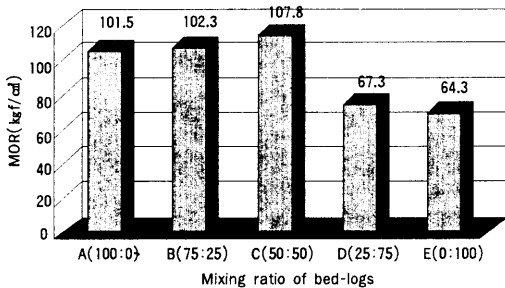


Fig. 4 MOR of particleboards in different mixing ratio.

박 등(1993)의 연구결과에서 파티클보드의 기계적 성질에 영향을 미치는 중요한 인자들로서 접착제의 첨가량, 보드의 비중, 그리고 매트 함수율 등의 순으로 보고하고 있다<sup>7)</sup>. 따라서, 폐골목을 이용한 혼합 보드의 제조조건을 다양한 변수로 연구를 계속할 경우 상당량의 폐골목을 이용할 수 있는 것으로 생각된다.

IV. 결 론

본 연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 폐골목의 목섬유는 정상재보다 다소 짧고 표면이 거칠었다. 이것은 부후균에 의해 침해를 받아 세포벽이 열화되었거나 절단됐기 때문으로 보여진다. 또한 해리한 세포들중 폐골목에서는 유세포가 상당히 눈에 띄게 감소된 것을 관찰할 수 있었다.
- 2) 밀도에 있어서도 폐골목은 부후균의 침입이 용이한 변재부에 있어 가장 낮은 비중을 나타냈다.
- 3) 파티클보드의 두께 팽윤율 및 파괴계수의 시험결과 폐골목을 25-50%정도 혼합한 경우 정상재와 비슷한 값을 나타냈다.
- 4) 파티클보드 제조 후 판재의 면은 폐골목이 많이 혼합될수록 재면이 부드러운 느낌을 주며, 쿠션이 있는 듯한 시각적 효과가 있었다.

결론적으로 폐골목은 파티클보드의 재료로 사용될 수 있으며 정상재와의 혼합비율은 25~50% 범위에서 조정되어야 할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 1) 이영기. 1992. 한국 목질보드 산업의 원자재 수급현황과 대책, 목재공학. 9 : 7-10
- 2) 박용배. 1996. 산업환경변화에 대응한 임산공업의 새로운 모색. 임업연구원
- 3) 김남훈, 이원용. 1994. 표고버섯골목의 재활용에 관한 연구 -셀룰로오스 결정구조를 중심으로-. 한국목재공학회지. 22 : 26-31
- 4) 김남훈, 이원용. 1995. 표고버섯골목의 재활용에 관한 연구 -폐골목 세포벽중의 셀룰로오스 결정의 변태구조-. 한국목재공학회지. 23(3) : 1-7
- 5) 한태형. 1994. 수종 및 수지첨가량이 요소수지접착 particleboard의 성질에 미치는 영향. 강원대학교 대학원 석사학위논문
- 6) 권진현. 1990. 플레이크의 형상이 보오드의 성질에 미치는 영향. 강원대학교 학술기술연구논문집. 29 : 1-9
- 7) 박희준, 이필우, 정주상. 1993. 3층 파티클보드의 기계적 성질 예측에 관한 연구. 목재공학지. 21(4) : 64-72
- 8) 정성호. 1994. 한국산 주요 목재의 성질과 용도. 임업연구원 연구자료. 제95호
- 9) 李弼宇 外 공저. 1993. 목재공학, 향문사
- 10) 李元用 外 공저. 1993. 임산학 개론, 강원대학교출판부
- 11) 辛東韶 外 공저. 1997. 임산화학, 향문사
- 12) 한국 산업 규격. 1995. KS F 3104
- 13) Post, P. W. 1958. The effect of particle geometry and resin content on bending strength of oak particleboard. Forest Prod. J. 8(10) : 317-322
- 14) Foster, William G. 1967. Species Variation. Proceedings of the First Annual Particleboard Symposium. pp. 13-22
- 15) Crawford, R. J. 1968. Production Experience in a Large Plant Using Several Species for Furnish. Proceedings of the Second Annual Particleboard Symposium, pp. 129-138
- 16) Stewart, H. A. and Lehmann, W. F. 1973. High-quality particleboard from cross grain, knife-planed hardwood flakes. Forest Prod. J. 41(11/12) : 52-60
- 17) Vital, B. R., W. F. Lehmann, and R. S. Boone, 1974. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboard. Forest Prod. J. 24(12) : 37-45
- 18) Shuler, Craig E. and Robert, Kelly A. 1976. Effect of flake geometry on mechanical properties of eastern spruce flake type particleboard. Forest Prod. J. 26(1) : 24-28
- 19) Vital, B. R., J. B. Wilson and P. H. Kanarek. 1980. Parameters affecting dimensional stability of flakboard and particleboard. Forest Prod. J., 30(12) : 23-29