

녹차-목재섬유복합보드의 동적탄성률에 미치는 녹차배합비율의 영향 및 휨 진동법에 의한 정적 휨 강도성능 예측*¹

박한민*^{2†} · 이수경*² · 석지훈*² · 최남경*² · 권창배*² · 허황선*² · 변희섭*² ·
양재경*² · 김종철*³

Effect of Green Tea Content on Dynamic Modulus of Elasticity of Hybrid Boards Composed of Green Tea and Wood Fibers, and Prediction of Static Bending Strength Performances by Flexural Vibration Test*¹

Han-Min Park*^{2†} · Soo-Kyeong Lee*² · Ji-Hoon Seok*² · Nam-Kyeong Choi*² ·
Chang-Bea Kwon*² · Hwang-Sun Heo*² · Hee-Seop Byeon*² · Jae-Kyung Yang*² ·
Jong-Cheol Kim*³

요 약

이 연구에서는 녹차와 목재섬유를 복합한 친환경 복합보드를 건축내장재로 활용하기 위하여, 목재섬유에 대한 녹차의 배합비율을 달리한 녹차-목재섬유 복합보드를 제작하였고, 복합보드의 동적탄성률에 미치는 녹차의 배합비율 및 바인더로 사용한 접착제의 영향을 조사하였다. 녹차-목재섬유복합보드의 동적탄성률은 녹차를 넣지 않은 대조보드(control boards)의 그것보다 적었고, 녹차배합비율이 증가할수록 커지는 경향을 나타내었다. 또한, 보드제조에 사용된 바인더의 종류에 따라 동적탄성률의 차이가 나타났는데, E₁급의 요소수지가 E₀급의 요소수지보다 1.06~1.54배의 높은 값을 나타내었으며, 녹차의 배합비율이 커질수록 양자의 차이는 커지는 것이

*¹ 접수 2011년 9월 21일, 채택 2011년 11월 28일

이 연구의 일부는 2011년 한국목재공학회 학술발표대회에서 발표되었음.

*² 경상대학교 환경산림과학부, 농업생명과학연구원. Faculty of Forest Science, Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea.

*³ 하동녹차연구소. Institute of Hadong Green Tea. Hadong 667-822, Korea.

† 교신저자(corresponding author) : 박한민(phm0691@gnu.ac.kr)

확인되었다. 한편, 녹차-목재섬유복합보드의 동적탄성률과 휨 강도성능과는 비교적 높은 상관관계가 확인되어 일부 편차가 큰 조건을 제외하고 동적탄성률로부터 정적 휨 강도성능의 예측이 가능할 것으로 확인되었다.

ABSTRACT

In this study, eco-friendly hybrid composite boards were manufactured from green tea and wood fibers for application as interior materials with various functionalities of green tea and strong strength properties of wood fibers. In this relation, the effect of green tea content on dynamic MOEs (modulus of elasticity) of these green tea and wood fibers composite boards were investigated. The dynamic MOEs of hybrid composite boards were lower than those of control boards without green tea, and the values decreased with the increase of green tea content. Also, the dynamic MOEs appeared to be somewhat different by resin type used for board manufacture. The hybrid composite boards manufactured from E₁ grade urea resin, which has higher molar ratio of formaldehyde to urea than that of E₀ grade one, were 1.06~1.54 times higher than that manufactured from E₀ grade. And, the differences between hybrid composite boards manufactured from both adhesive increased with the increase of green tea content. On the other hand, high correlations were found between dynamic MOE and static bending strength performances, it was concluded that static bending strength performances could be estimated from the dynamic MOE, except for a few hybrid board types with large variations.

Keywords: Green tea, wood fiber, urea resin, hybrid composite board, dynamic MOE

1. 서 론

오래전부터 사용되어온 환경친화형 생태건축재료가 시멘트, 플라스틱 등의 산업화재료로 교체되면서 새집증후군과 같은 다양하고 새로운 질병이 발생하여 사회적 문제로 대두되고 있다. 이에 따라 질병퇴치 및 완화에 도움이 되는 인체 및 환경친화형 하이브리드 건축재료가 다 방면에 걸쳐 요구되고 있고, 다양한 연구가 이루어지고 있다(이와 김, 2003; 박 등, 2003; 2004; 2007; 2009; 2010; 김 등, 2004; 이 등, 2006; 이 등, 2009). 또한, 다양한 재료의 성능측정에 관한 시험방법이 연구 및 개선되고 있으며, 근년 재료에 거의 손상을 주지 않으며, 시험방법이 간단하며 비교적 신뢰성 높게 시험이 가능한 진동법을 이용한 비파괴적 시험법이 주목을 받고 있다(Sobue & Nakano, 1984; 차, 1996; 장, 2000; Ayarkwa 등, 2001; Byeon 등, 2005; Park & Byeon, 2006).

녹차는 항암, 항산화, 항균효과 등 건강에 유익한 다양한 요소뿐만 아니라, 녹차의 카테킨성분의 강한 탈취성(정동호, 2004)이 있음이 밝혀짐에 따라 일본의 음료회사 伊藤園을 중심으로 녹차음료를 제조하고 남은 잔사를 이용한 건축내장재의 개발에 많은 관심이 집중되고 있고, 국내의 녹차연구소 및 제다업체에서도 음료로써의 녹차에 부가하여 녹차제조 후, 다량 발생하는 부가가치가 낮은 잎을 효율적으로 이용할 수 있는 건축재료로의 응용을 검토코자 하는 움직임이 일어나고 있다.

선행연구에서는(박 등, 2010) 다양한 기능성을 가진 녹차와 역학적 성질이 우수한 목재를 이용한 복합보드를 제조하여 정적 휨강도성능에 미치는 녹차의 배합비율의 영향을 조사하였고, 녹차배합비율이 증가할수록 전반적으로 휨 강도성능은 감소하였으나, 시판용 MDF에 비해 녹차배합비율 10%까지는 뚜렷한 강도성능의 차이를 나타내지 않아 기능성을 겸비



Fig. 1. Typical examples of green tea - wood fiber hybrid board specimens for flexural vibration test (20 mm (W) x 12 mm (T) x 300 mm (L)).

한 재료로 사용가능한 것이 확인되었다.

따라서, 본 연구에서는 선행연구에 이어 녹차와 목재섬유를 복합한 복합보드를 녹차의 배합비율을 달리하여 제조하여 양단자유 휨 진동시험을 실시하였고, 복합보드의 동적탄성률에 미치는 녹차배합비율의 영향을 조사하였다. 또한, 동적탄성률로부터 정적 휨강도성능과의 상관회귀모델을 개발하여 정적 휨강도성능을 비파괴적으로 예측하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시험편

녹차-목재복합보드제조용으로 사용된 목재섬유는 시판용 중밀도섬유판(MDF) 제조용으로 사용되는 함수율 약 8%의 리기다소나무 섬유를 (주)한솔홈데코로부터 제공받아 사용하였고, 녹차는 경남 하동의 산곡다원에서 생엽을 매입하여 건조시킨 후, 분말화하여 사용하였다. 녹차-목재섬유복합보드는 목재섬유에 대한 녹차의 배합비율을 0 (control), 5, 10, 20%로 하여, 가로 330 mm, 세로 330 mm, 두께 12 mm의 크기로 포름알데히드 방산량 E_0 급(0.5 mg/ℓ 이하)과 E_1 급(1.5 mg/ℓ 이하)의 요소수지를 바인더로 사용하여 제조하였다. 보드제조시의 열압조건은 열압기(hot press)의 열판온도 150°C, 압체압력 1.96 MPa, 압체시간 4분 30초로 조절하여 제조하였다. 그

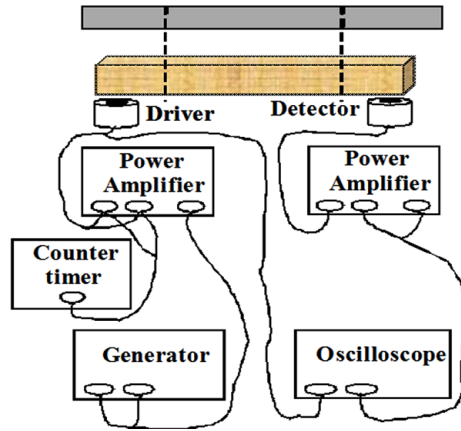


Fig. 2. Schematic diagram of flexural vibration under a free-free beam condition for green tea - wood fiber hybrid boards specimens.

후, 제조된 복합보드의 가장자리를 15 mm씩 잘라낸 가로 300 mm, 세로 300 mm의 정방형의 판으로부터 폭 20 mm, 길이 300 mm의 크기로 절단하였고, 20°C, 65%RH의 항온항습실에서 7일 이상 조습하였다. 그 후 각 시험편의 치수와 중량을 측정하여 밀도를 계산한 후, 시험편의 양쪽끝 하단에 아연철편을 부착하였고, 양단자유 휨 진동 시험용 시험편으로 사용하였다. 시험편의 개수는 각 조건 당 평균 25개로 하였다. 단, 포름알데히드 방산량 E_0 급 요소수지를 사용하여 제조한 녹차배합비율 20%의 복합보드는 보드내층의 할렬이 심하여, 할렬이 없는 시험편만 선택하여 시험에 사용하였다. 시험편의 형상을 Fig. 1에 나타낸다.

2.1. 정적 휨강도성능 측정방법

목재섬유-톱밥-녹차 복합보드의 정역학적 특성을 조사하기 위하여 실시한 정적 휨 시험은 시험편의 스펀 260 mm, 하중점과 지점 사이의 거리 130 mm, 하중속도 10 mm/min의 중앙집중식 3점 하중방식으로 실시하였다.

하중은 복합보드의 축방향에 직교하게 부과하였고, 만능재료시험기(Instron 8516, UK)를 통하여 목

Table 1. Results of flexural vibration test under a free - free beam condition for hybrid composite boards manufactured from green tea and wood fibers

T_A	T_H	ρ (Mg/m ³)	f_0 (Hz)	f (Hz)	E_d (GPa)	E_s (GPa)	σ (MPa)
E_0	Control	0.801 (3.7)	277 (20)	281 (20)	3.64 (6.8)	2.73 (5.9)	24.0 (6.8)
	5%-GT	0.793 (3.6)	281 (29)	285 (29)	3.75 (9.1)	2.79 (10.7)	25.3 (12.2)
	10%-GT	0.787 (4.0)	294 (25)	298 (25)	3.86 (7.2)	2.80 (7.5)	25.2 (10.4)
	20%-GT	0.743 (5.9)	263 (3.5)	266 (3.5)	2.86 (12.2)	1.91 (7.4)	17.1 (11.0)
E_1	Control	0.808 (2.2)	299 (1.8)	302 (1.8)	4.34 (5.6)	3.32 (6.3)	32.9 (6.8)
	5%-GT	0.811 (1.9)	293 (1.6)	296 (1.7)	4.22 (4.5)	3.23 (4.0)	32.4 (4.2)
	10%-GT	0.779 (4.1)	294 (3.9)	297 (3.9)	3.96 (9.7)	3.01 (7.3)	30.0 (11.8)
	20%-GT	0.806 (2.7)	286 (3.1)	289 (3.1)	4.02 (7.2)	2.92 (4.6)	31.2 (7.8)

Notes: T_A : Types of adhesives, T_H : Types of hybrid boards, ρ : Density, f_0 : Natural frequency, f : Resonance frequency E_d : Dynamic MOE, E_s : Static bending MOE, σ : Bending strength, GT : Green tea, E_0 & E_1 : Urea resin with formaldehyde emission grade E_0 & E_1 , respectively. Each value in parentheses is the coefficient of variation.

재섬유-톱밥-녹차 복합보드 시험편의 하중-처짐(변위량) 곡선을 구하였고, 하중-처짐 곡선으로부터 탄성한도내의 상한하중 및 하한하중의 차 및 그때의 변위로부터 다음 식 (1)을 이용해 휨 탄성계수(MOE)를 구하였다. 또한, 최대하중으로부터 식 (2)를 이용하여 휨 강도를 구하였다.

$$MOE = Pl^3 / 4bh^3y \quad (1)$$

여기서, P : 하중, l : 스패, b : 시험편의 폭, h : 시험편의 두께, y : 처짐.

$$MOR = 3Pl / 2bh^2 \quad (2)$$

여기서, P : 최대하중, l : 스패, b : 시험편의 폭, h : 시험편의 두께.

2.3. 양단자유 휨진동 측정법

Fig. 2에 나타낸 것처럼, 시험편의 양쪽 하단에 직

경 5mm의 아연철판이 부착된 시험편은 양단이 자유로운 상태에서 진동의 마디점(절점)에 실을 걸어 수평으로 달아내렸다. 시험편에 진동에너지를 가하기 위한 여진기 및 진동을 수신하기 위한 수신기를 아연철판 밑에 놓은 후, 마그네틱드라이버를 통하여 한쪽 끝에서는 여진하고, 다른 쪽 끝에서는 수신하여 공진곡선을 그렸고, 고유진동수를 측정하였다. 시험 장치는 Sine Wave Generator (Type 1023, B&K), Universal Counter Timer (Type 5001, GSP), 그리고 Oscilloscope (Type 1740A, HP)로 구성되었고, 오실로스코프의 공진곡선이 최대가 되었을 때의 Frequency counter timer의 값(고유진동수)을 취하였다. 공진주파수(f)는 다음의 식 (3)에 의해 계산되었고, 동적탄성률(MOE_d)은 공진주파수를 이용하여 식 (4)에 의해서 계산되었다(Kataoka & Ono, 1975).

$$f = f_0(1 + \alpha h^2/l^2) \quad (3)$$

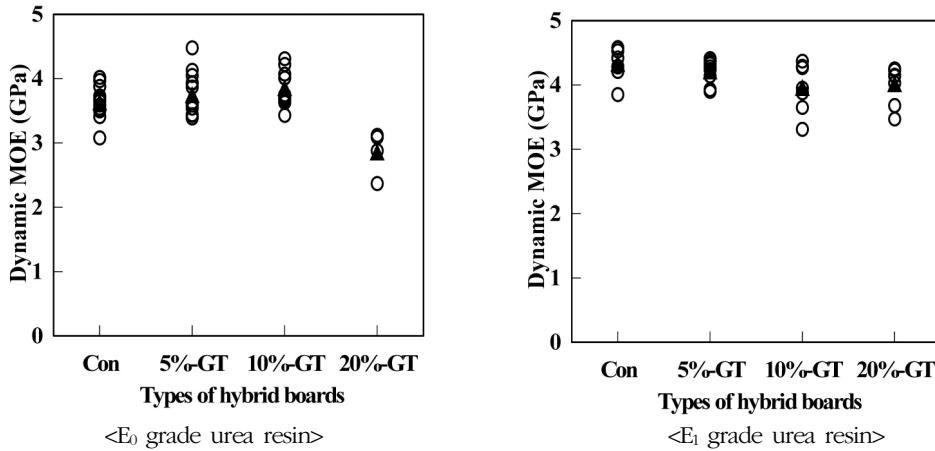


Fig. 3. Dynamic MOE of hybrid boards composed of green tea powder and wood fibers.
 Note: ▲ : Averaged values, E₀ & E₁ : Urea resin with formaldehyde emission grade E₀ & E₁, respectively.

여기서, f_0 는 강제진동에 의해 주파수 카운터타이머에 얻어진 고유진동수, α 는 휨 진동양식에 따라 정해지는 정수로서 8.2, h 는 시험편두께(mm), l 은 시험편의 길이(mm).

$$MOE_d = 48\pi^2 \rho l^4 f^2 / m^4 h^2 \quad (4)$$

여기서, ρ 는 밀도(Mg/m³), m 은 휨 진동양식에 의해 정해지는 정수로서 4.73, h 는 시험편 두께(mm), l 은 시험편 길이(mm).

3. 결과 및 고찰

3.1. 녹차-목재섬유 복합보드의 동적탄성률

녹차-목재섬유복합보드의 양단자유 휨 진동 시험의 결과를 Table 1에 나타내고, 목재섬유에 대한 녹차의 배합비율이 녹차-목재보드의 동적탄성률에 미치는 영향을 Fig. 3에 나타낸다.

녹차-목재섬유복합보드의 동적탄성률은 E₀급 요소수지(포름알데히드방산량 0.5 mg/ℓ 이하)의 경우, 목재섬유에 대한 녹차배합비율 10%에서 3.86 GPa로 가장 높은 값을 나타내었고, 녹차배합비율 20%에서 2.86GPa로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이 값들은 녹차를 배합하지 않은 control 시험편에 비해

녹차배합비율 5% 및 10%는 약간 높거나 비슷한 값을 나타내었지만, 녹차배합비율 20%에서는 0.79배의 낮은 값을 나타내는 것이 확인되었다. 이것은 전보(박 등, 2010)의 정적 휨강도성능에서도 언급한바와 같이 녹차의 배합비율이 증가함에 따라 강도가 우수한 목재섬유의 영향은 감소하고 섬유가 미세하게 절단되어 강도가 감소한 녹차분말의 영향은 증가하기 때문이다. 복합보드의 동적탄성률에 대한 변동계수는 녹차를 함유하지 않은 대조보드(control boards)에 비해 전반적으로 높은 값을 나타내어 복합보드 내의 편차는 대조보드에 비해 약간 큰 것이 확인되었고, 이 값은 녹차의 배합비율이 증가함에 비례하여 증가하는 경향을 나타내었고, 정적 휨 탄성계수의 그것보다 1.33~1.50배의 높은 값을 나타내어 Norimoto (1982)의 목재의 동적탄성률은 정적탄성률의 1.2배 정도의 높은 값을 나타낸다는 연구결과보다 약간 더 높은 값을 나타내었다.

한편, E₁급 요소수지(포름알데히드방산량 1.5 mg/ℓ 이하)로 제조한 복합보드의 동적탄성률은 목재섬유에 대한 녹차배합비율 5%에서 4.23 GPa로 가장 높은 값을 나타내었고, 녹차배합비율 20%에서 4.04 GPa로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이 값은 녹차를 배합하지 않은 대조보드의 그것보다 0.93~0.97배의 낮은 값을 나타내었고, 복합보드의 녹차배합비율이

Table 2. Regression models between dynamic MOE and static bending strength performances

T_A	T_H	Regression model	r
E_d vs. ρ	Control	$f(x) = 731x - 222$	0.872**
	5%-GT	$f(x) = 110x - 493$	0.918**
	10%-GT	$f(x) = 7.69x - 219$	0.891**
	20%-GT	$f(x) = 7.75x - 289$	0.973**
E_0	Control	$f(x) = 0.621x - 0.473$	0.958**
	5%-GT	$f(x) = 0.817x - 0.280$	0.932**
	10%-GT	$f(x) = 0.680x + 0.181$	0.908**
	20%-GT	$f(x) = 0.358x + 0.882$	0.874**
E_d vs. σ	Control	$f(x) = 4.71x + 6.89$	0.706**
	5%-GT	$f(x) = 731x - 209$	0.805**
	10%-GT	$f(x) = 8.60x - 7.90$	0.903**
	20%-GT	$f(x) = 4.92x + 2.99$	0.905**
E_d vs. ρ	Control	$f(x) = 12.2x - 5.55$	0.901**
	5%-GT	$f(x) = 12.4x - 5.86$	0.974**
	10%-GT	$f(x) = 10.2x - 4.02$	0.841**
	20%-GT	$f(x) = 13.2x - 6.58$	0.976**
E_1	Control	$f(x) = 0.820x - 0.235$	0.954**
	5%-GT	$f(x) = 0.789x - 0.096$	0.967**
	10%-GT	$f(x) = 0.521x + 0.946$	0.910**
	20%-GT	$f(x) = 0.220x + 2.04$	0.477
E_d vs. σ	Control	$f(x) = 6.90x + 2.94$	0.774**
	5%-GT	$f(x) = 1.86x + 2.45$	0.276
	10%-GT	$f(x) = 7.01x + 2.26$	0.768**
	20%-GT	$f(x) = 3.32x + 18.4$	0.327

Notes : T_A : Types of adhesives, T_H : Types of hybrid boards, r : Correlation of coefficient, ρ : Density, E_d : Dynamic MOE, E_s : Static bending MOE, σ : Bending strength, E_0 & E_1 : Urea resin with formaldehyde emission grade E_0 & E_1 , respectively.** : Significant at 1% level.

높아질수록 동적탄성률은 감소하는 경향이 확인되었다. 이 값은 E_0 급 요소수지를 사용하여 제조한 복합보드에 비해 1.06~1.54배의 높은 값을 나타내었고, 그 증가비율은 녹차배합비율이 가장 높은 20%에서 가장 높았다. 복합보드의 동적탄성률의 변동계수는 전반적으로 대조보드의 그것에 비해 비슷하거나 약간 높은 값을 나타내었다. 그러나 이 값은 E_0 급 요소수지에 비해 전반적으로 낮은 변동계수를 나타내어 보드내의 동적탄성률의 편차가 E_0 급 요소수지를 사용한 그것에 비해 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 복합보드의 동적탄성률은 정적 휨 탄성계수보다

1.31~1.38배의 높은 값을 나타내어 Norimoto (1982)의 연구결과와 비슷한 경향을 나타내었고, 이 값들은 녹차배합비율이 증가할수록 커지는 경향을 나타내었다.

3.2. 녹차-목재섬유 복합보드의 동적탄성률과 밀도와의 관계

Table 2에는 E_0 급 및 E_1 급 요소수지를 바인더로 사용한 복합보드의 밀도와 동적탄성률과의 상관회귀모델을 통한 양자간의 상관관계를 나타낸다.

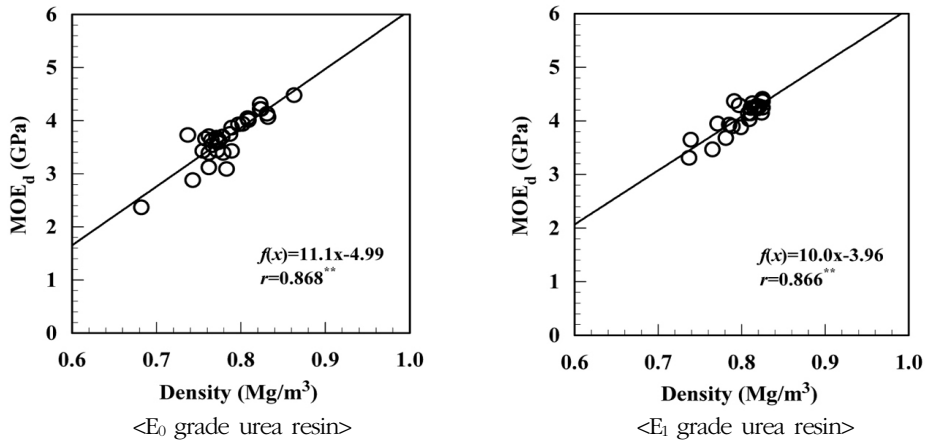


Fig. 4. Relation between density and dynamic MOE of the hybrid boards composed of green tea powder and wood fibers.

Note : Total data of hybrid boards combined regardless of green tea percentages versus wood fibers.

녹차-목재섬유복합보드의 밀도와 동적탄성률의 관계를 살펴보면, E₀급 요소수지를 바인더로 사용한 복합보드의 경우, 목재섬유에 대한 녹차배합비율 20%에서 상관계수 $r = 0.973$ 으로 가장 높은 상관계수를 나타내었고, 녹차배합비율 10%에서 상관계수 $r = 0.891$ 로 가장 낮은 값을 나타내었으나, 양자의 차이는 적고, 양자간에 밀접한 상관이 있는 것이 확인되었다.

한편, E₁급의 요소수지를 바인더로 사용한 복합보드의 경우에는, 목재섬유에 대한 녹차배합비율 20%와 5%에서 상관계수는 각각 $r = 0.976$, $r = 0.974$ 로 아주 높은 값을 나타내었고, 녹차배합비율 10%에서 상관계수 $r = 0.866$ 으로 비교적 높은 값을 나타내었다. 녹차의 배합비율에 관계없이 모두 1%의 유의수준에서 유의성이 인정되었고, 양자간에 밀접한 상관이 있는 것이 확인되었다. Fig. 4에 나타난 것처럼, 녹차-목재섬유복합보드 전체를 통합한 상관회귀에서도 E₀급의 요소수지의 경우, 상관계수 $r = 0.868$, E₁급의 요소수지의 경우, 상관계수 $r = 0.866$ 의 값을 나타내어 밀접한 상관이 있는 것으로 확인되었고, 바인더로 사용한 접착제에 따른 차이는 명확하게 나타나지 않았다.

3.3. 녹차-목재섬유 복합보드의 동적탄성률과 정적 휨 탄성계수와의 관계

Table 2에는 E₀급 및 E₁급 요소수지를 바인더로 사용한 복합보드의 동적탄성률과 정적 휨 탄성계수와의 상관회귀모델을 통한 상관관계를 나타낸다. E₀급 요소수지를 바인더로 사용한 복합보드의 경우, 양자간에 녹차배합비율 5, 10, 20%에서 각각 상관계수 $r = 0.932$, 0.908 , 0.874 의 값을 나타내어 양자간에 밀접한 상관이 있는 것이 확인되었다. 이 값은 대조보드의 $r = 0.958$ 보다는 낮은 값을 나타내었으나, 전향의 동적탄성률과 밀도와의 상관계수와는 비슷하거나 약간 높은 값을 나타내었다. 한편, E₁급의 요소수지를 바인더로 사용한 복합보드의 경우에는, 녹차배합비율 5%와 10%에서는 각각 상관계수 $r = 0.967$, $r = 0.910$ 의 값을 나타내어 매우 밀접한 상관을 나타내었으나, 녹차배합비율 20%에서 상관계수 $r = 0.481$ 의 값을 나타내어 유의성이 나타나지 않았다. 이것은 복합보드시험편의 개수가 적은 것에 기인하는 것으로 사료된다.

Fig. 5에 나타난 것처럼, 녹차의 배합비율에 관계없이 복합보드 전체를 통합한 상관회귀에서는 E₀급의 요소수지의 경우, 상관계수 $r = 0.951$, E₁급의 요

녹차-목재섬유복합보드의 동적탄성률에 미치는 녹차배합비율의 영향 및 휨 진동법에 의한 정적 휨 강도성능 예측

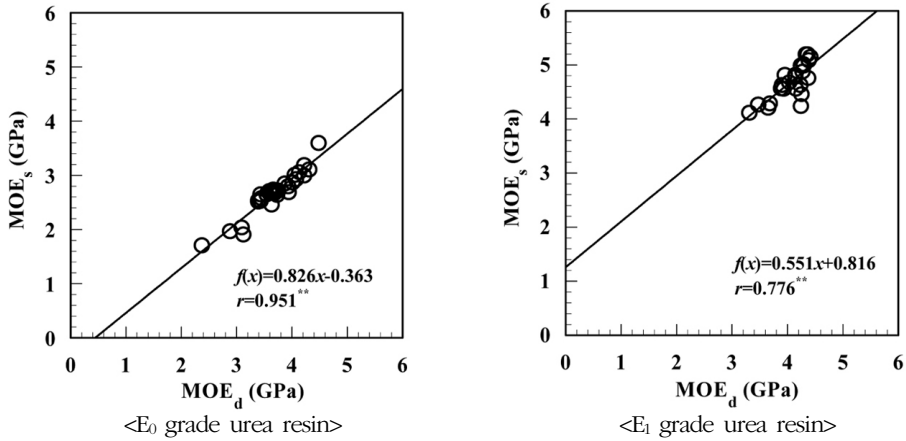


Fig. 5. Relation between dynamic MOE (MOE_d) and Static bending MOE (MOE_s) of the hybrid boards composed of green tea powder and wood fibers.

Note : Total data of hybrid boards combined regardless of green tea percentages versus wood fibers.

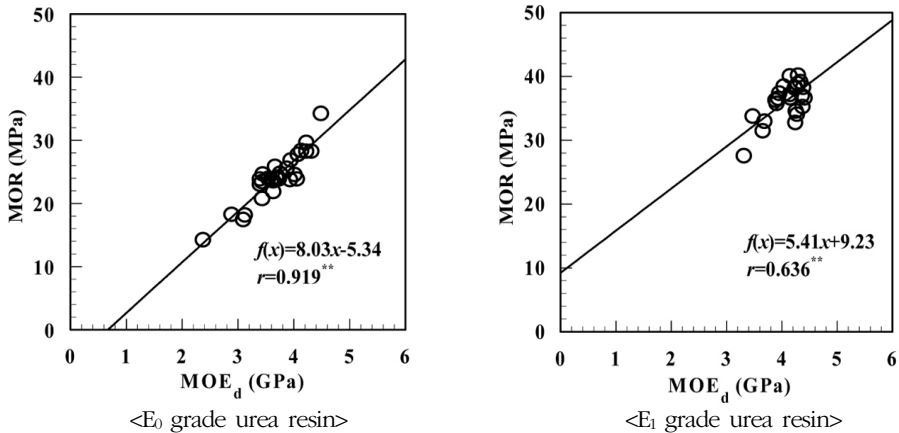


Fig. 6. Relation between dynamic MOE (MOE_d) and modulus of rupture (MOR) of the hybrid boards composed of green tea powder and wood fibers.

Note : Total data of hybrid boards combined regardless of green tea percentages versus wood fibers.

소수지의 경우, 상관계수 $r = 776$ 의 값을 나타내어 1%의 유의수준에서 유의성이 인정되었고, E₀급의 요소수지가 E₁급의 요소수지에 비해 현저히 높은 상관관계를 나타내는 것이 확인되었다. 이 결과로부터 전반적으로 동적탄성률에 의한 정적 휨 탄성계수의 예측이 신뢰성 높게 가능할 것으로 판단된다.

3.4. 녹차-목재섬유 복합보드의 동적탄성률과 휨 강도와의 관계

Table 2에는 E₀급 및 E₁급 요소수지를 바인더로 사용한 복합보드의 동적탄성률과 정적 휨 강도와의 상관회귀모델을 나타내고, Fig. 6에서는 녹차배합비율에 관계없이 복합보드 전체를 통합한 상관회귀그래프를 나타낸다. 녹차-목재섬유복합보드의 동적탄성

를과 정적 휨강도와의 관계를 살펴보면, E₀급 요소수지를 바인더로 사용한 복합보드의 경우, 목재섬유에 대한 녹차배합비율 5%와 10%에서 상관계수 $r = 0.903$, $r = 0.905$ 로 높은 값을 나타내었고, 녹차배합비율 5%에서 상관계수 $r = 0.807$ 로 녹차배합비율 10%나 20%보다는 비교적 낮은 값을 나타내었으나, 유의수준 1%에서 유의성이 인정되어 동적탄성률과 정적 휨강도사이에 밀접한 상관이 있는 것이 확인되었다. 한편, E₁급 요소수지를 바인더로 사용한 복합보드의 경우에는, 녹차배합비율 10%에서 상관계수 $r = 0.768$ 의 값을 나타내어 비교적 높은 상관을 나타내었으나, 녹차배합비율 5%와 20%에서는 상관계수 $r = 0.276$, $r = 0.327$ 의 값을 나타내어 유의성이 인정되지 않았다. 이것은 전향에서 언급된 것처럼 복합보드의 시험편의 개수가 많지 않고, 휨 강도값의 범위가 협소한데 기인한 것으로 판단된다. 따라서 녹차-목재섬유복합보드 전체를 통합하여 상관회귀를 실시하였고, Fig. 6에 나타낸다. E₀급의 요소수지의 경우, 상관계수 $r = 0.919$, E₁급의 요소수지의 경우, 상관계수 $r = 0.636$ 으로, 녹차배합비율을 달리한 복합보드와 달리 양자모두 1%의 유의수준에서 유의성이 인정되었다.

이 결과로부터 E₀급의 요소수지를 사용한 복합보드는 동적탄성률에 의한 정적 휨강도의 예측이 신뢰성 높게 가능할 것으로 판단되나, E₁급 요소수지를 사용한 복합보드의 경우에는 녹차배합비율 10%를 제외하고는 전반적으로 동적탄성률에 의한 정적 휨강도의 예측에 신중을 기해야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

이 연구에서는 녹차-목재섬유 복합보드의 동적탄성률에 미치는 목재섬유에 대한 녹차의 배합비율 및 바인더로 사용한 접착제의 영향을 조사하여 다음의 결과를 얻었다.

1) 양단자유 휨 진동에 의해 구한 녹차-목재섬유복합보드의 동적탄성률은 녹차를 배합하지 않은 대조보드의 그것보다 전반적으로 낮은 값을 나타내었고, 복합보드의 녹차배합비율이 높아질수록 동적탄성률

은 감소하는 경향을 나타내었다.

2) 녹차-목재섬유복합보드의 밀도와 동적탄성률 및 정적 휨 강도성능은 비교적 높은 상관을 나타내는 것이 확인되었다.

3) 녹차-목재섬유복합보드의 동적탄성률과 정적 휨 탄성계수와의 높은 상관관계가 확인되어, 동적탄성률로부터 비파괴적으로 정적 휨 탄성계수를 신뢰도 높게 예측가능한 것이 확인되었다.

4) E₀급 요소수지의 경우, 녹차-목재섬유복합보드의 동적탄성률과 정적 휨 강도와의 높은 상관관계가 확인되어, 동적탄성률로부터 비파괴적으로 정적 휨 강도가 신뢰도 높게 예측이 가능하였으나, E₁급 요소수지의 경우, 동적탄성률로부터 정적 휨 강도를 예측시 신중을 기해야 할 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 (재) 하동녹차연구소 2010년도 명품하동녹차사업단(TIPC)의 지원을 받아 연구되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 김희수, 양한승, 김현중, 이영규, 박희준. 2004. 옥수수전분을 충전제로 첨가한 생분해성 고분자 복합재료의 열적성질. 목재공학 32(5): 29~38.
2. 박상범. 2006. 은행나무 잎을 혼합하여 제조한 파티클보드의 물리·기계적 성질과 포름알데히드 저감효과. 임산에너지 25(2): 28~33.
3. 박한민, 강동현, 임나래, 이수경, 정강원, 김종철, 조경환. 2010. 녹차와 목재섬유복합보드의 정적 휨 강도성능에 미치는 녹차배합비율의 영향. 농업생명과학연구 44(5): 1~8.
4. 박한민, 강동현, 최윤은, 안상열, 류현수, 변희섭. 2010. 목재와 목질재료 복합적층재의 휨 크리프 성능. 목재공학 38(1): 1~10.
5. 박한민, 문성재, 최윤은, 박정환, 변희섭. 2009. 목재와 목질재료 복합적층재의 휨강도성능. 목재공학 37(6): 546~555.
6. 이병호, 김희수, 최성우, 김현중. 2006. 표면처리에 의한 왕겨분말-폴리프로필렌 바이오복합재의 계면 접착력 향상. 목재공학 34(3): 38~45.

7. 이세나, 이병호, 김현중, 김수민, 엄영근. 2009. 대나무 분말의 함량 및 입자크기에 따른 바이오 복합재의 물성평가. 목재공학 37(4): 310~319.
8. 이화형, 김관의. 2003. 점토목재파티클보드로 제조된 Clay-Woodceramics의 성질. 목재공학 31(5): 80~87.
9. 정동호. 2004. 차의 성분과 효능. 홍익재. p. 296-299.
10. Ayarkwa, J., Y. Hirashima, and Y. Sasaki. 2001. Predicting modulus of rupture of solid and finger-jointed tropical African hardwoods using longitudinal vibration. Forest Prod. J. 51(1): 85~92.
11. Byeon, H. S., H. M. Park, C. H. Kim, and F. Lam. 2005a. Nondestructive evaluation of strength performance for finger-jointed woods using flexural vibration techniques. Forest Prod. J. 55(10): 37~42.
12. Cha, J.-K. 1996. Study on stress waves for development of glulam from domestic small diameter log(1). Mokchae Konghak 24(3): 90~100.
13. Park, H. M. and H. S. Byeon. 2006. Measurement of dynamic MOE of 3-ply laminated woods by flexural vibration and comparison with bending strength and creep performances. Mokchae Konghak 34(2): 46~57.
14. Park H. M., M. Fushitani, K. Sato, T. Kubo, and H. S. Byeon. 2003. Static bending strength performances of cross-laminated woods made with five species. J Wood Sci 49: 411~417.
15. Park, H. M., M. Fushitani, K. Sato, and T. Kubo. 2004. Static bending strength performances of wood-aluminum hybrid laminated material. Trans. Mat. Res. Soc. Japan 29(5), 2503~2506.
16. Jang, S.-S. 2000. Evaluation of lumber properties by applying stress waves to larch logs grown in Korea. Forest Prod. J. 50(3): 44~48.
17. Kataoka, A. and T. Ono. 1975. The relations of experimental factors to the vibration and the measuring values of the dynamic mechanical properties of wood 1. The experimental errors due to the measuring apparatus. Mokuzai Gakkaishi 21(10): 543~550.
18. Norimoto, M. 1982. Structure and properties of wood used for musical instruments 1. Mokuzai Gakkaishi 28(7): 407~413.
19. Sobue, N., H. Nakano, and I. Asano. 1984. Vibrational properties of spruce plywood for musical instruments. Mokuzai Gakkaishi 31(1): 93~97.
20. 朴漢玟, 伏谷賢美. 2007. 木材-알루미늄 복합積層材의 曲げクリープ特性. 木材學會誌 53(1): 14~24.