

목재와 목질보드 복합적층재의 휨 크리프 성능*1

박한민*2† · 강동현*2 · 최윤은*2 · 안상열*3 · 류현수*2 · 변희섭*2

Bending Creep Performances of Hybrid Laminated Woods Composed of Wood-Wood Based Boards*1

Han-Min Park*2† · Dong-Hyun Kang*2 · Yoon-Eun Choi*2 · Sang-Yeol Ahn*2 ·
Hyun-Su Ryu*2 · Hee-Seop Byeon*2

요 약

이 연구에서는 목재의 효율적인 이용의 일환으로 스프루스 직교형적층재의 중층을 중밀도섬유판(medium density fiberboard, MDF), 파티클보드(particle board, PB) 및 오에스비(oriented strand board, OSB)의 3종류의 시판용 목질보드를 복합적층한 3층 목질계 복합적층재(패널)를 제작하여, 중층 목질보드라미나의 구성엘리먼트가 복합적층재의 휨 크리프 성능에 미치는 영향을 조사하였다. 복합적층재의 휨 크리프곡선은 우측상변이 급증하는 지수함수 그래프를 나타내었고, 각 복합적층재의 중층 목질보드라미나의 종류에 따라 다른 경향을 나타내었다. 복합적층재의 크리프변형은 표층섬유직각방향(C_{\perp} 타입)에서는 중층에 PB, MDF, OSB를 배열한 C_{\perp} (P)타입 > C_{\perp} (M)타입 > C_{\perp} (O)타입의 순으로, OSB를 중층에 배열한 타입의 크리프변형이 MDF나 PB를 중층에 배열한 것의 2배 이상 적은 것이 확인되었고, 복합적층에 의해 스프루스 섬유직각방향의 크리프변형의 현저한 감소가 나타났다. 한편, 표층섬유방향(C_{\parallel} 타입)의 크리프변형은 중층에 PB, OSB, MDF를 삽입한 C_{\parallel} (P)타입 > C_{\parallel} (O)타입 > C_{\parallel} (M)의 순이었으나, 복합적층에 의해 적층재상호간의 비는 현저히 감소하였고, 중층에 PB와 OSB를 배열한 복합적층재의 크리프변형의 차이는 매우 적은 것이 확인되었다. 이 값은 목질보드의 크리프변형보다는 0.108~0.464배의 적은 크리프변형을 나타내어 복합적층에 의해 목질보드의 크리프변형의 현저한 감소가 나타났다. 복합적층재의 표층섬유방향에 대한 표층섬유직각방향의 크리프이방성은 초기변형보다 크리프변형이 현저히 컸지만, 스프루스 평행형적층재의 크리프이방성보다는 현저히 감소하는 것이 확인되었다.

* 1 접수 2009년 7월 8일, 채택 2009년 10월 14일

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

* 3 (주)한솔홈데코, Hansol Homedeco. Co. Ltd, Flooring R&D Institute, Iksan 570-998, Korea.

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

ABSTRACT

In this study, to study an effective use and improve strength performances of woods and wood-based materials, three-ply hybrid laminated woods which are composed of spruce in the face and three kinds of wood-based boards (MDF, PB, OSB) in the core were manufactured, and the effect of constitution elements used for the core laminae on bending creep performances was investigated. The shape of creep curves showed exponential function plots which the upper right side was increased, and differed among the kinds of wood-based boards used for the core laminae of hybrid laminated wood. The creep deformation perpendicular to the grain of faces of hybrid laminated woods was in order $C_{\perp}(P) > C_{\perp}(M) > C_{\perp}(O)$ with PB, MDF and OSB in the core, respectively. It was found that the creep deformation arranged with OSB in the core had 2 times smaller than those arranged with MDF and PB in the core. By hybrid laminating, the creep deformation of spruce perpendicular to the grain was markedly decreased. On the other hand, the creep deformation parallel to the grain of the faces (C_{\parallel} type) of hybrid laminated woods was in order $C_{\parallel}(P) > C_{\parallel}(O) > C_{\parallel}(M)$ with PB, OSB and MDF in the core. The ratios among three hybrid laminated woods were considerably decreased, especially the difference between $C_{\parallel}(P)$ and $C_{\parallel}(O)$ hybrid laminated woods arranged with PB and OSB in the core was very small. These values showed 0.108~0.464 times smaller than creep deformation of three wood-based boards and it was found that creep deformation of three wood-based boards was considerably decreased by hybrid laminating. Creep anisotropy of hybrid laminated woods was greater in creep deformation than in initial deformation, whereas it was found that the values was much smaller than that of spruce parallel laminated woods.

Keywords: hybrid laminated wood, wood-based board, initial, creep, anisotropy

1. 서 론

무분별한 벌채에 의한 산림파괴 및 자국의 자원보 호정책이 강화되면서 원목획득이 점점 어려워지고, 재료의 복합화에 따른 효율적인 자원이용 및 기능성을 가진 새로운 재료의 개발에 대한 요구가 점점 증가되고 있다. 선행연구(박 등, 2009)에서는 목재의 효율적인 이용의 일환으로 스프루스 직교형적층재의 증층에 중밀도섬유판(MDF), 파티클보드(PB), 오에스비(OSB)를 배열한 3층 목질계 복합적층재를 제작하여 증층목질재료라미나의 구성엘리먼트가 복합적층재의 휨 강도성능에 미치는 영향을 조사하였다. 그 결과 복합적층 하는 것에 의해 스프루스의 섬유직각 방향 및 목질보드의 휨 강도성능은 현저하게 향상되었고, 스프루스소재의 이방성 및 목질보드상호간의

차이는 현저하게 감소하는 것이 확인되었다. 그리고 복합적층재의 각각의 라미나로부터 등가단면법을 이용하여 구한 복합적층재의 휨 탄성계수의 예측치는 표층이 스프루스 섬유직각방향라미나로 된 복합적층재에서는 실측치와 거의 차이가 없었으나, 표층이 스프루스 섬유방향라미나로 된 복합적층재에서는 실측치보다 큰 값을 나타내는 것이 확인되었다.

목재 및 목질재료가 구조부재로 사용될 경우 장기에 걸쳐 계속되는 하중을 받기 때문에 크리프성능을 파악하는 것은 대단히 중요하다. 목질보드의 크리프 성능에 관한 연구는 함판(大熊幹章, 1964; 大熊幹章와 田代周, 1968; 中井孝, 1978a; 中井孝, 1978b; 有馬孝禮 등, 1981), 파티클보드(則元京와 山田正, 1966; 齋藤藤市, 1980; 齋藤藤市 등, 1980; Bryan과 Schniewind, 1965), 섬유판(北原覺一와 彭武財,

1965) 등의 목질재료에 대해서는 어느 정도 행하여져 왔지만, 목재-목질보드 복합적층재에 관한 연구는 그 축적량이 적고, 특히 목재-목질보드 복합적층재의 크리프거동에 관한 연구는 아직 눈에 띄지 않는다.

따라서, 이 연구에서는 선행연구(박 등, 2009)에 이어, 스프루스 직교형적층재의 중층에 중밀도섬유판(MDF), 파티클보드(PB), 오에스비(OSB)를 배열한 복합적층재를 제작하여 휨 크리프시험을 실시하였고, 스프루스 섬유직각방향의 휨 크리프성능의 개량 및 중층 목질보드라미나의 구성엘리먼트가 복합적층재의 휨 크리프거동에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 시험편

본 연구에서는 수입산 스프루스 및 파티클보드(PB), 중밀도섬유판(MDF), 오에스비(OSB)를 공시재료로 채택하였다. 복합적층재의 표층라미나는 스프루스의 섬유방향과 섬유직각방향라미나의 2종류로 구성되었는데 전자는 스프루스의 섬유방향에 평행하게 20 mm (R) × 5 mm (T) × 360 mm (L)의 치수로 제작하였고, 후자는 스프루스 섬유방향라미나를 18개씩 폭 접합하여 양생한 후, 섬유직각방향으로 폭 20 mm로 절단하고, 20 mm (L) × 5 mm (T) × 360 mm (R)의 치수로 제작하여 섬유직각방향라미나로 사용하였다. 그리고 복합적층재의 중층라미나는 12 mm (H) × 1220 mm (W) × 2440 mm (L) 크기의 오에스비(OSB), 파티클보드(PB), 중밀도섬유판(MDF)으로부터 12 mm (H) × 20 mm (W) × 360 mm (L)의 치수로 제작하여 중층라미나로 사용하였다. 각각의 라미나는 20°C, 65%RH에서 2주일 이상 조습하여 밀도와 휨 탄성계수를 측정하였고, 표층과 중층라미나는 휨 탄성계수의 치우침이 적게 세분하여 조합한 후, 수성비닐우레탄 접착제(MPU-500)를 사용하여 적층접착하였고, 0.34 MPa의 압체압력으로 24시간 동안 압체하였다. 압체 후 항온항습실에서 2주일 이상 양생하고 여분의 접착제를 제거한 후, 20 mm (W) × 15 mm (H) × 340 mm (L) 크기의 2종류의 섬유방향 및 섬유직각방향 평행형적층재와 20 mm (W) × 22 mm (H)

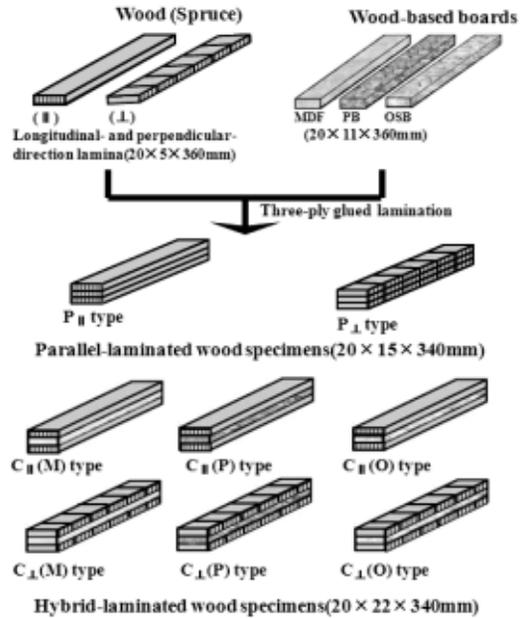


Fig. 1. Wood-based hybrid laminated wood specimens and their preparation. Note ; M: MDF, P: PB, O: OSB.

× 340 mm (L) 크기의 6종류의 복합적층재(패널)를 제작하였다. 시험편제작의 모식도를 Fig. 1에 나타낸다. 복합적층재의 휨 크리프시험편의 개수는 각 타입 3개로 하였다.

2.2. 휨 크리프 시험

휨 크리프 시험은 Fig. 2에 나타낸 모식도와 같이, 스패น 300 mm, 하중집단 거리 100 mm의 3등분점에 의한 4점 하중방식으로 실시하였다. 정적 휨 시험으로부터 얻은 휨강도의 25%에相当하는 일정하중을 시험편에 가해, 20°C, 65%RH의 항온항습실에서 10일간 실시하였다. 단, 정적 휨 시험의 시험편의 개수는 4개로 하였고, 부하하중은 4개의 시험편의 평균으로 하였다. 시험편 중앙부의 처짐을 다이얼게이지를 통해 측정하였고, 각 시간의 처짐으로부터 다음의 식들을 통해 크리프 컴플라이언스($D(t)$)와 크리프 양($D_c(t)$)을 구하였다.

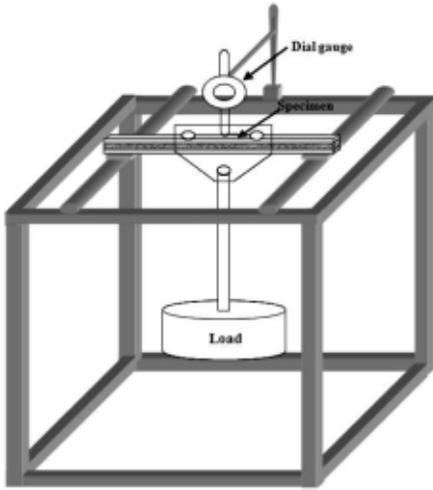


Fig. 2. Schematic diagram of bending creep test.

$$D(t) = \varepsilon(t)/\sigma = 4bh^3y(t)/Pl_1(3l_1^2 - 4l_1^2) \quad (1)$$

여기서, $\varepsilon(t)$: 시간 t 에 대한 변형량, σ : 응력, P : 하중, l : 스패, l_1 : 하중점과 지점과의 거리, b : 시험편의 폭, h : 두께, $y(t)$: 시간 t 에 있어서의 처짐

$$D_c(t) = D(t) - D(0.008) \quad (2)$$

여기서, $D(0.008)$: 시간 $t = 0.008$ h (30 s)에 있어서의 크리프 컴플라이언스

3. 결과 및 고찰

3.1. 복합적층재의 휨 크리프 곡선

목질보드 및 평행형적층재의 휨 크리프 곡선의 대표적인 예를 Fig. 3에 나타낸다. 3층 모두가 스프루스 섬유직각방향 라미나로 구성된 평행형적층재 P_{\perp} 타입이 가장 크리프 곡선의 기울기가 컸고, 그 다음이 파티클보드(PB), 중밀도섬유판(MDF), 오에스비(OSB), 그리고 3층 모두가 스프루스 섬유방향으로 된 P_{\parallel} 타입의 순이었다.

Fig. 4에서는 목재-목질보드복합적층재의 크리프

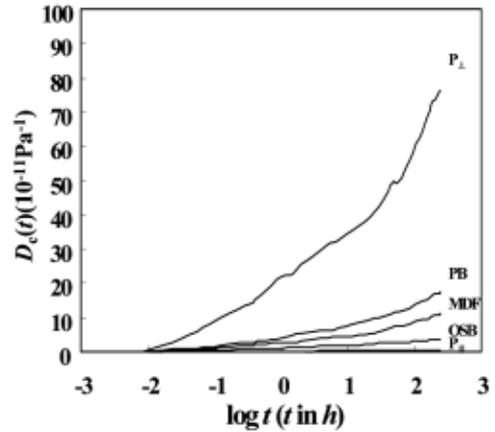


Fig. 3. Typical examples of creep curves of parallel-laminated woods (P_{\parallel} , P_{\perp}) and wood-based boards (MDF, PB, OSB).

곡선의 대표적인 예를 나타낸다. 양 타입 모두 우측상변이 급격히 증가하는 지수함수의 그래프를 나타내었고, 그 기울기는 표층이 스프루스 섬유직각 방향으로 된 C_{\perp} 타입의 경우에서는, 목질보드의 그것과 같이 $PB > MDF > OSB$ 를 중층에 배열한 순서로 그 크기가 적어지는 것이 확인되었다. 한편, 표층이 스프루스 섬유방향 라미나로 된 C_{\parallel} 타입에서는 그 기울기의 크기가 중층에 $PB > OSB > MDF$ 를 배열한 순서로, OSB를 중층에 배열한 타입이 MDF를 중층에 배열한 타입보다 그 기울기가 증가하여 C_{\perp} 타입과 약간 다른 경향을 나타내었다. 그러나 3종류의 목질보드를 중층에 배열한 복합적층재 상호간의 차이는 감소하였고, OSB와 MDF를 중층에 넣은 C_{\parallel} (O)타입과 C_{\parallel} (M)타입에서는 240시간 부근에서는 그 차이가 현저히 적어지는 것이 확인되었다.

Fig. 5는 목질보드, 평행형적층재 및 목재-목질보드 복합적층재의 휨 크리프 컴플라이언스와 시간을 양 대수로 취해 각 타입 사이의 비교를 행한 것이다. 목재 및 목질재료의 크리프 곡선은 다음의 식(Power law)으로 나타내어진다.

$$D_c(t) = At^N \quad (3)$$

여기서, A , N 은 정수, t 는 시간

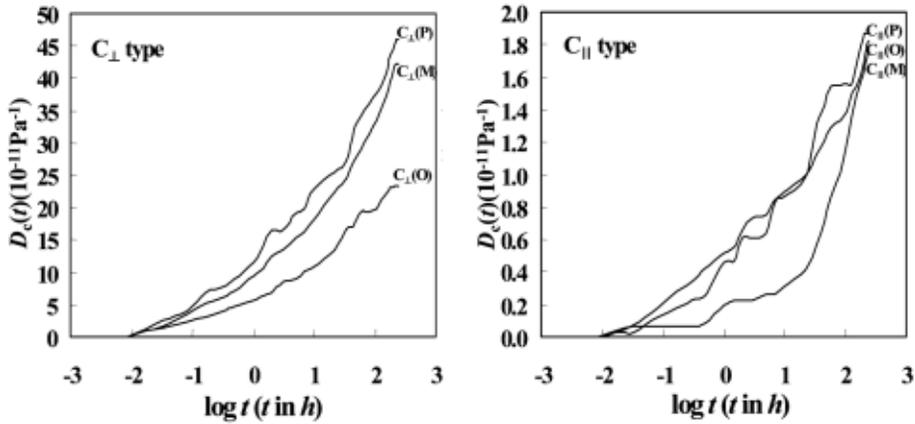


Fig. 4. Typical examples of creep curves of C_{\parallel} and C_{\perp} type hybrid laminated woods.

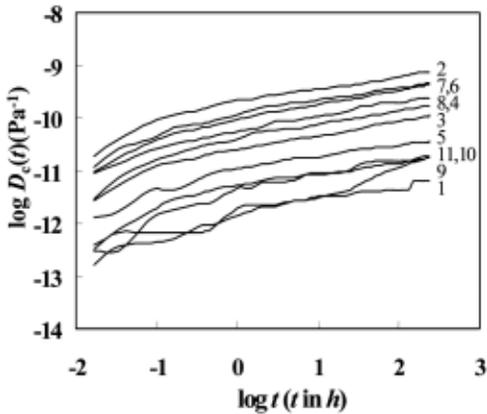


Fig. 5. Double logarithm plots of creep deformation and time for typical examples of wood-based boards, parallel-laminated woods and wood-based hybrid laminated woods. Notes; 1: P_{\parallel} , 2: P_{\perp} , 3: MDF, 4: PB, 5: OSB, 6: $C_{\perp}(M)$, 7: $C_{\perp}(P)$, 8: $C_{\perp}(O)$, 9: $C_{\parallel}(M)$, 10: $C_{\parallel}(P)$, 11: $C_{\parallel}(O)$.

대부분의 목질보드, 평행형적층재 및 복합적층재에서 초기변형 후 30분~1시간 이전에는 곡선적인 거동을 나타내었으나, 그 이후에는 거의 직선적인 거동을 나타내는 것이 확인되었다. 최소자승법으로 1시간에서 240시간까지의 크리프곡선 $D_c(t)$ 를 At^N 에 적합시켜서 N 과 A 의 값을 구하였고, 그 평균값을

Table 1에 나타낸다. 양자간의 직선회귀에 의한 상관 계수는 0.966 ~ 0.999의 범위에 있었다. N 값은 3종류의 목질보드의 경우 MDF > PB > OSB의 순이었고, 그 값은 0.224~0.269의 값을 나타내어 有馬 등 (1981)에 의해 보고된 파티클보드의 N 값 0.17~0.34의 범위와 일치하였다. 3층 모두가 스프루스 섬유방향 라미나 구성된 P_{\parallel} 타입의 N 값은 0.266을 나타내어 전보(Park 등, 2003; 2006; 2007)의 삼나무소재 및 삼나무 3층 섬유방향 평행형적층재의 그것과 비슷한 값을 나타내었고, P_{\perp} 타입의 N 값은 0.233으로 전보(Park 등, 2003, 2006)의 3층 섬유직각방향 평행형적층재보다 다소 적은 값을 나타내는 것이 확인되었다.

복합적층재의 N 값은 C_{\perp} 타입에서는 MDF를 중층에 배열한 $C_{\perp}(M)$ 타입이 0.261로 가장 큰 값을 나타내었고, 그 다음은 OSB를 중층에 배열한 $C_{\perp}(O)$ 타입이 0.254의 값을 나타내었고, 그리고 PB를 중층에 배열한 $C_{\perp}(P)$ 타입이 0.235로 가장 적은 값을 나타내었다. 이들 N 값은 0.235~0.261의 범위를 나타내어 전보(Park 등, 2003; 2006)의 표층 섬유직각방향 직교형적층재의 $N = 0.283 \sim 0.376$ 보다 낮은 값을 나타내었다. 한편, C_{\parallel} 타입에서는 MDF를 중층에 배열한 $C_{\parallel}(M)$ 타입이 0.402를 나타내어 가장 컸고, 그 다음은 OSB를 중층에 배열한 $C_{\parallel}(O)$ 타입이 0.268을 나타내었고, 그리고 PB를 중층에 배열한 $C_{\parallel}(P)$ 타입이 0.242를 나타내어 가장 적은 값을 나타내었다. 이 값

Table 1. Results of creep test for wood-based boards, parallel-laminated woods and hybrid laminated woods

Type	ρ (Mg/m ³)	N	A (10 ⁻¹¹ Pa ⁻¹)	D (0.008) (10 ⁻¹¹ Pa ⁻¹)	D_c (240) (10 ⁻¹¹ P a ⁻¹)	R_c (%)
MDF	0.620 (0.5)	0.269 (2.7)	265 (2.6)	32.7 (2.7)	11.6 (4.8)	35.3 (2.1)
PB	0.717 (0.5)	0.252 (1.2)	431 (7.0)	35.9 (3.5)	17.1 (6.4)	47.6 (6.5)
OSB	0.614 (5.2)	0.224 (10.8)	1.22 (34.9)	16.9 (17.7)	3.94 (21.9)	23.3 (6.7)
P	0.468 (1.8)	0.266 (7.7)	0.143 (12.0)	7.78 (2.1)	0.65 (6.4)	8.41 (7.7)
P _⊥	0.468 (0.6)	0.233 (4.2)	20.8 (5.4)	136 (4.3)	75.2 (1.2)	55.1 (3.7)
C (M)	0.558 (0.5)	0.402 (9.2)	0.203 (31.9)	11.4 (2.0)	1.71 (7.0)	15.0 (8.5)
C (P)	0.615 (1.1)	0.242 (0.0)	0.492 (13.0)	10.5 (5.3)	1.85 (9.9)	17.6 (15.0)
C (O)	0.549 (2.6)	0.268 (12.9)	0.438 (19.6)	10.3 (7.2)	1.83 (5.1)	17.8 (5.7)
C _⊥ (M)	0.561 (1.1)	0.261 (3.0)	9.96 (6.1)	98.9 (3.0)	41.2 (5.1)	41.6 (7.3)
C _⊥ (P)	0.624 (1.6)	0.235 (1.5)	13.4 (6.8)	98.0 (5.5)	47.9 (6.3)	48.9 (5.8)
C _⊥ (O)	0.551 (1.9)	0.254 (10.4)	6.57 (35.4)	67.2 (11.8)	22.1 (11.2)	32.9 (4.0)

Notes ; M : MDF, P : PB, O : OSB. ρ : Density, N and A : values of constants N and A in the exponential regression equation between creep deformation and time ($D_c(t) = A t^N$) for each type of specimen, D (0.008) : Initial compliance at 0.008 h, D_c (240) : Creep compliance at 240 h (D_c (240) $\cdot D$ (0.008)), R_c : Relative creep, Each value is the average value for three measurements, Parentheses : Coefficient of variation.

은 전보(Park 등, 2003; 2006; 2007)의 직교형적층재 및 목재-알루미늄복합적층재의 $N = 0.240 \sim 0.377$ 과 비슷한 값을 나타내었다. 또한, 이 값은 합판, 집성재의 수분평형상태의 N 값과 비슷하였고, 수분비 평형상태보다는 적은 것이 확인되었다(中井, 1978; 有馬, 1981; Hoyle RJ 등, 1994; 荒武와 有馬, 1995, 1996; 荒武 등, 2002).

복합적층재의 A 값은 크리프 변형량에 비례하여 증가하였고, 3층 모두가 스프루스 섬유방향라미나로 된 P_{||} 타입이 가장 적었고, 그 다음이 C_{||} 타입, 그리고 3종류의 목질보드, 그리고 C_⊥ 타입, 그리고 P_⊥ 타입이 가장 적은 값을 나타내는 것이 확인되었다.

3.2. 목질보드, 평행형적층재 및 복합적층재의 초기변형과 크리프 변형

목질보드(MDF, PB, OSB), 평행형적층재 및 목재-목질보드 복합적층재의 휨 크리프 시험의 결과를

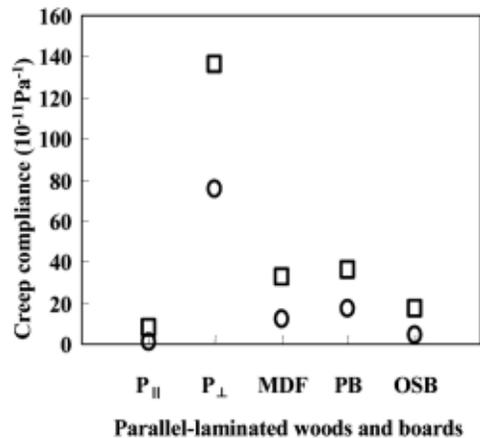


Fig. 6. Initial and creep compliances of parallel-laminated woods and boards. Note; Each value is the average of three measurements. Legend; □ : Initial compliance at 0.008 h, ○ : Creep compliance at 240 h.

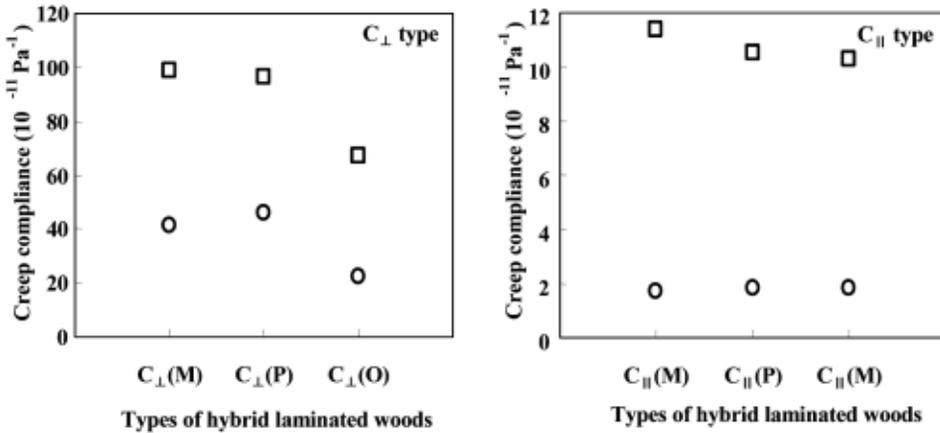


Fig. 7. Initial and creep compliances of wood-based hybrid laminated woods. Note; Each value is the average of three measurements. Legend; \square : Initial compliance at 0.008 h, \circ : Creep compliance at 240 h.

Table 1에 나타내고, 목질보드 및 평행형적층재의 초기변형 및 크리프변형을 Fig. 6에 나타낸다. 목질보드 및 평행형적층재의 초기변형은 3층 모두가 스프루스 섬유직각방향으로 된 P_{\perp} 타입이 가장 많은 변형량을 나타내었고, 3층 모두가 스프루스 섬유방향으로 된 P_{\parallel} 타입이 가장 적은 변형량을 나타내었다. 목질보드의 초기변형은 P_{\parallel} 타입과 P_{\perp} 타입 평행형적층재의 사이에 위치하였고, 그 크기는 $PB > MDF > OSB$ 의 순이었다. 그 비는 P_{\parallel} 타입을 기준으로 $P_{\parallel} : OSB : MDF : PB : P_{\perp} = 1 : 2.17 : 4.20 : 4.61 : 17.5$ 로 스프루스 섬유직각방향(P_{\perp} 타입)은 섬유방향(P_{\parallel} 타입)의 약 17.5배, 목질보드는 P_{\parallel} 타입의 약 2.17~4.61배의 큰 초기변형을 나타내었고, P_{\perp} 타입의 0.124~0.240배의 적은 초기변형을 나타내는 것이 확인 되었다. 한편, 목질보드 및 평행형적층재의 크리프변형은 초기변형과 마찬가지로 P_{\perp} 타입이 가장 많은 양의 크리프 변형을 나타내었고, P_{\parallel} 타입이 가장 적은 양의 크리프 변형을 나타내었다. 목질보드의 크리프변형도 그 크기는 $PB > MDF > OSB$ 의 순으로 초기변형과 같은 경향을 나타내었다. 이것은 일반적으로 목질보드의 크리프변형은 목재의 섬유방향크리프에 비해 크다는 많은 연구보고와 일치하였다(北原覺一와 彭 武財, 1965; 則本 京와 山田 正, 1966). 그리고 파티클보드의 칩의 크기가 커질수록

크리프변형의 크기는 감소하고, 소편의 장축방향을 배향한 오에스비는 그 방향의 강도가 증가하고, 크리프변형도 감소한다는 보고와도 일치하였다(齋藤, 1980). 목재 및 목질보드상호간의 비는 P_{\parallel} 타입을 기준으로 $P_{\parallel} : OSB : MDF : PB : P_{\perp} = 1 : 6.02 : 17.7 : 26.1 : 115$ 로 스프루스 섬유직각방향(P_{\perp} 타입)은 섬유방향(P_{\parallel} 타입)의 약 115배, 3종류의 목질보드는 P_{\parallel} 타입의 약 6.02~17.7배 많은 크리프 변형을 나타내었고, P_{\perp} 타입의 0.052~0.227배의 적은 크리프 변형을 나타내었다. 초기변형에 비해 크리프변형에서 평행형적층재 및 목질보드 상호간의 크리프변형의 비가 현저히 증가하는 것이 확인되었다.

Fig. 7은 목재-목질보드 복합적층재의 초기변형 및 크리프변형에 대한 중층의 목질보드 라미나의 영향을 나타낸다. C_{\perp} 타입의 초기변형은, 중층에 MDF를 삽입한 $C_{\perp}(M)$ 타입이 가장 많은 양의 변형을 나타내었고, 그 다음이 중층에 PB를 삽입한 $C_{\perp}(P)$ 타입, 그리고 OSB를 중층에 배열한 $C_{\perp}(O)$ 타입의 순으로 목질보드자체의 초기변형과는 약간의 차이를 나타내었다. 복합적층재 상호간의 초기변형의 비는 $C_{\perp}(M) : C_{\perp}(P) : C_{\perp}(O) = 1.00 : 0.991 : 0.679$ 를 나타내었고, 이 값은 P_{\perp} 타입의 0.494 ($C_{\perp}(O)$) ~0.727 ($C_{\perp}(M)$)배의 값을 나타내어 복합적층에 의해 스프루스 섬유직각방향의 초기변형의 감소가 확인되었다. C_{\perp}

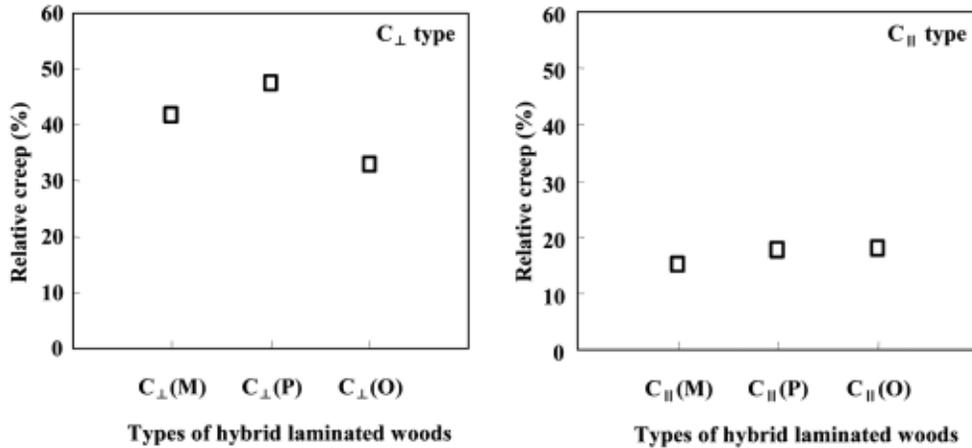


Fig. 8. Relative creep of wood-based hybrid laminated woods at 240 h. Note; Each value is the average of three measurements.

타입의 크리프변형은 초기변형과 달리 중층에 PB를 배열한 C_⊥(P)타입이 가장 많은 양의 크리프변형을 일으켰고, 그 다음이 MDF를 중층에 배열한 C_⊥(M) 타입, 그리고 OSB를 중층에 배열한 C_⊥(O)타입의 순으로 목질보드자체의 크리프변형과 같은 경향을 나타내었다. 복합적층재 상호간의 크리프변형의 비는 C_⊥(M) : C_⊥(P) : C_⊥(O) = 1.00 : 1.16 : 0.538을 나타내어 OSB를 중층에 배열한 타입의 크리프변형이 MDF나 PB를 중층에 배열한 것의 2배 이상 적은 크리프변형을 일으키는 것이 확인되었고, 이 값은 P_⊥ 타입의 크리프변형의 0.294 (C_⊥(O))~ 0.637 (C_⊥(P))배의 값을 나타내어 복합적층에 의해 스프루스 섬유직각방향의 크리프변형의 현저한 감소가 확인되었고, 그 감소비율은 초기변형보다 크리프변형에서 훨씬 큰 것이 확인되었다.

한편, C_∥ 타입의 초기변형은, 중층에 MDF를 배열한 C_∥(M)타입이 가장 많은 양의 초기변형을 일으켰고, 그 다음이 PB를 중층에 배열한 C_∥(P)타입, 그리고 OSB를 중층에 배열한 C_∥(O)타입의 순이었다. 복합적층재 상호간의 초기변형의 비는 C_∥(M) : C_∥(P) : C_∥(O) = 1.00 : 0.921 : 0.904를 나타내었다. 이 값은 P_∥ 타입의 1.32 (C_∥(O))~1.47 (C_∥(M))배의 값을 나타내어 복합적층에 의해 스프루스 섬유방향의 초기변형이 약간 증가하였다. C_∥ 타입의 크리프변형

은 초기변형과 달리 중층에 PB를 삽입한 C_∥(P)타입이 가장 많은 양의 크리프변형을 일으켰고, 그 다음이 OSB를 중층에 배열한 C_∥(O)타입, 그리고 MDF를 중층에 배열한 C_∥(M)의 순으로 C_⊥ 타입과 다른 경향을 나타내었으나, 복합적층재 상호간의 크리프변형의 비는 C_∥(M) : C_∥(P) : C_∥(O) = 1.00 : 1.08 : 1.07을 나타내어, 3종류의 복합적층재 사이의 크리프변형의 차이는 적었고, 중층에 PB와 OSB를 배열한 복합적층재의 크리프변형의 차이는 매우 적은 것이 확인되었다. 이 값은 P_∥ 타입의 크리프변형의 2.61 (C_∥(M))~2.83 (C_∥(P))배의 값을 나타내어 복합적층에 의해 초기변형보다 증가량이 큰 것이 확인되었다. 이것은 3층보드의 코어에 저질원료를 혼합한 것은 파티클보드보다 큰 크리프변형을 일으킨다고 보고한 齋藤(1980)의 보고와 일치한다. 그러나 이 값은 목질보드의 크리프변형보다는 0.108~0.464배의 적은 크리프변형을 나타내어 복합적층에 의해 목질보드의 크리프변형의 현저한 감소가 나타났고, PB를 중층에 배열한 타입이 그 감소비율이 가장 큰 것이 확인되었다.

복합적층재의 표층섬유방향에 대한 표층섬유직각방향의 크리프이방성은 초기변형에서는 1 : 6.52~9.30, 크리프변형에서는 1 : 12.1~25.8로 크리프변형이 현저히 큰 것이 확인되었다. 그러나 이것은 평

행형적층재의 크리프이방성(초기변형 1:17.5, 크리프변형 1:115)보다는 훨씬 적은 값을 나타내었으며, 복합적층에 의한 크리프이방성의 현저한 감소가 확인되었고, 이 결과는 다층목질복합판재료의 개발에 응용가능할 것으로 생각된다.

3.3. 복합적층재의 상대크리프

목질보드, 평행형적층재 및 복합적층재의 240시간에서의 초기변형에 대한 크리프변형의 비를 백분율로 나타낸 상대크리프를 Table 1에 나타내고, 복합적층재의 각 타입별 상대크리프를 Fig. 8에 나타낸다. 목질보드의 상대크리프는 23.3~47.6%의 범위였고, P_{\parallel} 타입의 8.41%과 P_{\perp} 타입의 55.1%의 사이에 위치하였다. C_{\perp} 타입의 경우, 중층에 PB를 삽입한 C_{\perp} (P)타입이 48.9%로 가장 높은 값을 나타내었고, 그 다음이 C_{\perp} (M)타입이 41.6%, 그리고 C_{\perp} (O)타입이 32.9%의 순이었다. 이 값은 P_{\perp} 타입의 0.598 (C_{\perp} (O))~0.887 (C_{\perp} (P))배의 값을 나타내어 복합적층에 의해 스프루스 섬유직각방향의 상대크리프의 감소를 나타내었고, OSB를 중층에 삽입한 C_{\perp} (O) 타입의 감소비율이 가장 큰 것이 확인되었다. 한편, C_{\parallel} 타입의 상대크리프는, 중층에 OSB를 삽입한 C_{\parallel} (O)타입이 17.8%로 가장 큰 값을 나타내었고, 그 다음이 C_{\parallel} (P)의 17.6%, 그리고 C_{\parallel} (M)타입의 15.0%의 순이었다. 이 값은 P_{\parallel} 타입의 1.78 (C_{\parallel} (M))~2.12 (C_{\parallel} (O))배의 값을 나타내어 복합적층에 의해 상대크리프는 P_{\parallel} 타입보다 약간 증가하였으나, 목질보드상호간의 상대크리프보다는 현저히 감소하였고, 특히, 중층에 MDF를 배열한 경우 그 감소비율이 가장 큰 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

이 연구에서는 스프루스 직교형적층재의 중층에 중밀도섬유판(MDF), 파티클보드(PB), 오에스비(OSB)를 배열한 복합적층재를 제작하여 휨 크리프시험을 실시하였고, 스프루스 섬유직각방향의 휨 크리프 성능의 개량 및 중층 목질보드라미나의 구성엘리먼트가 복합적층재의 휨 크리프거동에 미치는 영향을 조

사하여 다음의 결과를 얻었다.

1) 복합적층재의 크리프곡선은 우측상변이 증가하는 지수함수 그래프를 나타내었고, 하중부하 후 약 1시간까지는 곡선적인 거동을 나타내었으나, 그 이후는 거의 직선적인 거동을 나타내어, power law에 적합시켜 변형예측이 가능하였다.

2) 표층섬유직각방향 복합적층재의 초기변형은 목질보드 구성엘리먼트의 크기에 비례하여 감소하였으나, 크리프 변형은 PB를 중층에 배열한 복합적층재 타입에서 가장 컸고, OSB를 중층에 배열한 타입에서 가장 적은 것이 확인되었다.

3) 표층섬유방향 복합적층재의 크리프변형은 PB를 중층에 배열한 타입에서 가장 컸고, MDF를 중층에 배열한 타입에서 가장 적었으나, 복합적층에 의해 목질보드상호간의 차이는 현저히 감소하였고, 중층 목질보드의 종류에 따른 차이가 적어 중층라미나의 효율적이고 경제적인 구성이 가능할 것으로 판단되었다.

4) 복합적층재의 표층섬유방향에 대한 표층섬유직각방향의 크리프이방성은 초기변형에서는 1:6.52~9.93, 크리프변형에서는 1:12.1~24.1로 크리프변형이 현저히 큰 것이 확인되었다. 그러나 이것은 평행형적층재의 크리프이방성(초기변형 1:17.5, 크리프변형 1:115)보다는 현저히 감소하여 크리프이방성을 감소시킨 다층 목질복합 판재료의 개발에 응용 가능할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 박한민, 문성재, 최윤은, 박정환, 변희섭. 2009. 목재와 목질보드 복합적층재의 휨 강도성능. 37(6): 546~555.
2. 大熊幹章. 1964. 合板の壓縮時のクリープ歪みについて. 木材學會誌. 10(4): 17~21.
3. 大熊幹章, 田代 周. 1968. 接着劑の種類と合板の曲げクリープ. 木材工業. 23(4): 25~27.
4. 中井 孝. 1978a. ボード類の曲げクリープ試験(1). 木材工業. 33(4): 19~21.
5. 中井 孝. 1978b. ボード類の曲げクリープ試験(2)完. 木材工業. 33(6): 17~19.
6. 有馬孝禮, 佐藤雅俊, 益田恵吾. 1981. 木質材料及び部材の長期耐力評価に關する研究. 建築研究報告. 95: 35~

- 38.
7. 則元 京, 山田 正. 1966. パーティクルボードのクリープについて. 木材研究. 39: 22~28.
 8. 斎藤藤市. 1980. 木質材料の長期曲げ負荷における変形と強度. 木材工業. 36(3): 107~112.
 9. 斎藤藤市, 池田正行, 小川克己. 1980. パーテクル~~ボ~~드의長期曲げ負荷における変形挙動. 木材學會誌. 26(11): 714~718.
 10. Bryan E. L. and A. P. Schniewind. 1965. Strength and rheological properties of particleboard. Forest Prod. J. 15: 143~148.
 11. 北原覺一, 彭 武財 (1965). ハードボードのクリープについて. 木材學會誌. 11(6) : 88~92.
 12. Moslemi, A. A. 1964. Some aspects of viscoelastic behavior of hardboard. Forest Prod. J. 14(8): 337~342.
 13. 朴漢玟, 伏谷賢美, 久保隆文, 佐藤敬一, 卞熙燮. 2002. スギ材を用いた直交型積層材の曲げクリープ性能. 木材學會誌. 48(3): 166~177.
 14. Park H. M., M. Fushitani, K. Sato, T. Kubo, and H. S. Byeon. 2006. Bending creep performances of three-ply cross-laminated woods made with five species. J. Wood Sci. 52(3): 220~229.
 15. 朴漢玟, 伏谷賢美. 2007. 木材-アルミニウム複合積層材の曲げクリープ特性. 木材學會誌. 53(1): 14~24.
 16. Hoyle R. J., R. Itani, and J. T. Anderson. 1994. The effect of moisture cycling on creep of small glued laminated beams. Wood Fiber Sci. 26: 556~562.
 17. 荒武志朗, 有馬孝禮. 1995. 湿度変動過程におけるスギ大断面材のクリープ. 木材學會誌. 41(4): 359~366.
 18. 荒武志朗, 有馬孝禮. 1996. スギ大断面材のクリープ(第2報)荷重増減下及び除荷御の挙動と変形モデルによる予測. 木材學會誌. 42(8): 755~761.
 19. 荒武志朗, 森田秀樹, 有馬孝禮. 2002. 自然環境下における各種中断面部材のクリープ(第1報) 住宅の耐用年数を考慮した将来の変形予測. 木材學會誌. 48(4): 233~240.
 20. 則元 京, 山田 正. 1966. パーティクルボードのクリープについて. 木材研究. 39: 22~28.