

나무못 유지력에 나무못의 건조가 미치는 영향¹

차재경^{2,†} · 김범준²

The Withdrawal Loads on The Effect of Dried Wooden Dowel¹

JaeKyung Cha^{2,†} · Birm-June Kim²

요약

본 연구는 건조된 나무못이 유지력 특성에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 실시했다. 실험블록은 두께가 15 mm 인 소나무와 잣나무 목재 및 파티클보드로 제작했다. 직경이 6, 8 및 10 mm인 나무못은 밤나무, 잣나무 및 백합나무 목재로 각각 제작한 다음 전건시켜 사용했다. 연구결과 나무못 직경이 증가하면 유지력은 증가했지만, 유지력 강도는 감소했다. 건조된 나무못의 유지력은 일반적인 조건의 나무못의 유지력보다 잣나무목재 실험블록에 직경이 10 mm인 백합나무 목재로 만든 나무못을 제외하고 10% 이상 증가를 보였다. 유지력 강도는 모든 종류의 나무못 직경과 실험블록에서 10% 이상 증가를 보였다. 파티클보드 실험블록에 건조된 나무못의 유지력과 유지력 강도는 각각 6~14.2%와 6.2%~18.2% 증가를 보였다.

ABSTRACT

This study was performed to determine the withdrawal loads and strengths on the effect of dried wooden dowel. The test block was manufactured from 15 mm thick domestic wood and particleboard. Dowels of 6, 8 and 10 mm in diameter are made of korean castanea, korean pine and tulip wood. Research reported here indicates that withdrawal loads increase, but withdrawal strengths decrease, as the dowel diameter increases. This study also indicates that withdrawal load and strength of dried wooden dowel showed over 10% increase compared to those of normal conditioned dowel. However, there was an exception for the case of korean pine test block with dried tulip wood dowel. Meanwhile, the dried wooden dowel withdrawal loads and strengths for particleboard test blocks show 6~14.4% and 6.2~18.2% increase, compared to those of normal conditioned dowel, respectively.

Keywords : dried wooden dowel withdrawal load, dried wooden dowel withdrawal strength, domestic particleboard, domestic wood, dowel diameter and hole clearance

¹ Date Received July 13, 2017, Date Accepted August 31, 2017

² 국민대학교 임산생명공학과. Department of Forest Products and Biotechnology, College of Science and Technology, Kookmin University, Seoul 02707, Republic of Korea

[†] 교신저자(Corresponding author): 차재경(E-mail: jcha@kookmin.ac.kr)

1. 서 론

초기인류는 나무그루터기와 속이 빈 통나무 등 자연 그대로 단순한 모양을 가진 목재를 필요에 의해 앉거나 물건을 보관하는 등의 편리를 위해 이용하였을 것이다. 점차 시간이 흐르면서 인류는 돌로 다듬어 원하는 모양을 만들고, 특히 갈대 등 식물의 줄기로 만든 광주리는 물건을 보관하거나 운반에 사용하기 시작했을 것이다. 광주리는 점차 귀중한 물건을 보관하기 위한 께 등 목재로 만드는 상자형 구조물로 발전했을 것이다. 특히 초기인류가 요리하거나 앉기 위해 돌로 다듬어 만든 판자는 테이블과 등받이 없는 의자로 발전하였다. 테이블과 등받이 없는 의자는 다리가 있는 간단한 구조로 목구조물의 발전에 기초를 제공했다. 점차 다양한 부재들과 결구의 사용은 가구 및 주택 등의 목재로 만든 구조물의 발전에 중요한 역할을 하였다. 또한 목재 가공기술의 발달과 함께 작은 목재들로 큰 부재를 만들기 위해 다양한 방법들도 개발됐다. 특히 나무못은 크고 좋은 품질의 목재가 부족했던 이집트에서 작은 목재들을 연결하여 큰 부재를 만들기 위해 기원전 3000년경부터 사용되었다(Cha, 2016).

구조재료로서 목재의 장점들 중에 하나는 결합철물에 의해 쉽게 부재들을 서로 고정시킬 수 있다. 못, 나사못, 볼트 등에 의해 쉽게 부재들을 고정시킬 수 있지만 함수율의 변화로 발생하는 치수변화와 함께 목재가 하중은 지지하지만 느슨하게 되어 결합부분에서 틈새가 발생된다. 외양이 중요한 가구의 구조적 특징은 이들 금속으로 만든 결합물의 문제점을 해결하기 위해 접착제를 사용한 다양한 이음과 짜임이 이용된다. 이음과 짜임의 기법은 외부로는 접합부분이 잘 나타나지 않게 하고 다른 판재로 보강하지 않고도 구조를 튼튼하게 한다. 특히 나무못은 가구제작에 부재들을 서로 결합하기 위해 일반적으로 사용되지만 관습, 개인의 취향 및 경험에 의해 접착제와 함께 사용됐다. 하지만 구조물에 대한 세부설계는 나무못의 정확한 유지력에 대한 지식이 필요하다. 주택 및 가구 등에서 목재의 사용량 증가에도 불구하고, 목재로 만든 제품은 이들 결합부의 강도에 대한 신뢰성의 부

족으로 사용을 기피하고 있다. 따라서 나무못 결합부에 대한 연구들이(Eckelman, 1965; Eckelman, 1971; Eckelman and Cassens, 1985; Eckelman *et al.*, 2002; Uysal, 2005) 활발히 이루어졌다.

목재 부재들을 결합하는데 나무못의 사용은 많은 시간이 소요되어 인건비가 증가하게 된다는 단점이 있다. 하지만 못 등을 사용한 철물 결합은 재활용을 위해 제거해야 되지만 나무못은 제거하지 않고도 재활용이 가능한 장점을 가지고 있다. 또한, 나무못의 유지력은 여척이 감소하면 증가한다. 하지만 접착제를 가하면 나무못 직경이 팽창하는 목재의 성질이 있어 사용하는데 불편한 점이 있다(Kim and Cha, 2017). 이를 개선하기 위해 건조시킨 나무못을 사용하여 나무못 유지력 실험을 했다. 특히 본 연구는 주어진 인자들로부터 더 강한 결합부를 결정하기 위한 목적으로 실행되었다. 축하중이 작용하는 하나의 나무못에 대한 유지력을 결정하기 위해 Cha (2016)가 개발한 장치를 사용하였다.

2. 재료 및 방법

본 연구는 함수율이 변하면 목재가 수축과 팽창하는 성질을 이용하기 위해 직경이 서로 다른 건조된 나무못을 파티클보드와 국산재로 제작한 실험블록에 대해 유지력 실험을 했다. 나무못은 선행연구들(Cha, 2016; Kim and Cha, 2017)에서 사용된 통직목리의 잣나무, 백합나무 및 밤나무 목재를 경기도 여주에 위치한 백향산업에서 직경이 6, 8 및 10 mm이고, 길이는 900 mm로 제작하여 실험실에서 필요한 길이로 잘라 직경별로 5회 반복 실험했다. 나무못의 건조효과를 조사하기 위해 실험블록 또한 선행연구들(Cha, 2016; Kim and Cha, 2017)과 같은 국산재와 파티클보드로 두께가 15 mm인 판재로 제작했다. 국산재와 국내 3사에서 제조된 파티클보드는 모든 측면 길이가 10 cm인 정사각형으로 제작한 다음 나무못 유지력의 변이를 줄이기 위해 미리 구멍을 뚫었다. 나무못을 위한 구멍들은 테이블용 드릴을 사용하여 국산재와 파티클보드를 고정된 다음 표면과 직각으로 각 시편의 중앙에 두께를 관통하도록 뚫었다. 나무못과

Table 1. Properties of Adhesives

Properties	
Color	White
Viscosity (cps/25℃)	22,000 ~ 24,000
Solid content (%)	28 ~ 30
pH	4 ~ 5
Ingredient (%)	PVAc resin (25-30), Additives (1-5), Water (65-70)

구멍 사이에 여척은 접착제가 포함하고 있는 수분에 의한 팽창 등을 고려하여 Table 2와 3 같이 0.3 mm 이하로 했다. 여척은 건조된 나무못 직경과 구멍을 뚫을 때 사용한 bit의 직경 차이를 사용했다. 모든 나무못들은 급속건조로 인해 건조결합이 발생되지 않도록 60 ± 2℃로 하루 동안 예비 건조했다. 예비 건조된 나무못은 100 ± 2℃ 전기오븐에 의해 전건시켰다. 관입하기 전에 모든 구멍의 벽들과 나무못의 표면은 접착제로 칠했다. 접착제를 도포하기 전에 실험블록에는 구멍 주위를 왁스로 칠하였다. 이는 실험블록의 표면으로 흘러나온 접착제를 쉽게 제거하여 구멍의 벽과 나무못에만 접착제가 도포되도록 했다. 나무못은 두께가 15 mm인 실험블록의 두께를 관통할 수 있도록 3 mm 정도 튀어나오게 했다. 접착제는 시중에서 쉽게 구입할 수 있고 상온에서 경화되는 목공용 접착제인 오픈본드를 사용했다. 본 연구에 사용된 접착제의 특성들은 Table 1과 같다.

나무못 유지력을 구하기 위해 기존에 사용한 방법들은 선행연구(Cha, 2016)에서 언급한 것과 같이 시험편의 고정과 시편제작 등에 어려움이 있었다. 본 연구는 간단한 시편제작 및 하중을 나무못의 중심축에 정확히 가하기 위해 선행연구(Cha, 2016)에서 개발한 장치를 사용했다. 나무못을 실험기에 직접 고정시키기 위해 고안한 장치는 4개의 철제블록을 썬기 모양으로 만들어 원형의 나무못에 하중이 가해질수록 더 단단히 고정하였다. 하중이 제거될 때는 crosshead를 하중방향과 반대방향인 아랫방향으로 이동시켜 철제블록이 위쪽방향으로 이동하므로 느슨하게 되어 장치로부터 나무못이 쉽게 제거될 수 있도록 했다. 나무못과 썬쇠 사이에 미끄러지는 것을 방지하기 위해 접촉면의 톱니는 위쪽으로 향하도록 했다.

함수율이 유지력에 영향하므로 20 ± 2℃이고 상대습도 65 ± 3%인 항온항습기에서 처리한 파티클보드와 국산재로 제작한 시편들은 실험 전에 적어도 1주일 동안 다시 처리했다. 모든 시편들은 Hounsfield 만능재료시험기에 의해 하중을 가했다. 하중속도는 ASTM D 1761 (1986)에 따라 분당 1.5 mm를 사용했다. 하중은 모든 실험블록과 나무못의 분리가 일어날 때까지 가했다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에 사용된 장치는 모든 실험에서 나무못이 완전히 뿔힐 때까지 미끄러지지 않고 고정하였다. 소나무와 잣나무 및 파티클보드의 실험블록에 대한 건조된 나무못의 유지력과 유지력 강도는 Table 2와 3 같다. 유지력 강도(σ)는 최대하중(P_{max})과 시편의 접착면적(A)을 사용하여 다음과 같이 계산했다.

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A} = \frac{P_{max}}{h(\pi D)}$$

P_{max} : 최대하중(N)

A: 면적(mm²)

D: 나무못 지름(mm)

h: 나무못 관입길이(mm)

Table 2는 소나무와 잣나무 목재 실험블록에 대한 나무못 직경과 건조된 나무못의 천공여척과 수종별 나무못의 최대 유지력과 유지력 강도의 평균 및 표준편차를 보여주고 있다. 최대 나무못 유지력은 나무못의 수종과 직경의 크기에 따라 다르게 나타났다. 잣나무목재 실험블록이 소나무목재 실험블록보다 모

Table 2. Summary of dried plain wooden dowel withdrawal loads and strengths for domestic lumber

Test block	species Dowel	dowel		Maximum withdrawal load (kN)	Maximum withdrawal strength (N/mm ²)	
		Diameter (mm)	Hole clearance (mm)			
<i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc.	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	6	0.17	1.18 (0.07 [*])	4.09 (0.29 [*])	
		8	0.16	1.45 (0.10)	3.76 (0.26)	
		10	0.19	1.64 (0.13)	3.46 (0.33)	
	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	6	0.11	1.08 (0.11)	3.76 (0.35)
			8	0.21	1.30 (0.14)	3.34 (0.33)
			10	0.21	1.52 (0.07)	3.20 (0.13)
	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	6	0.19	1.19 (0.09)	4.12 (0.32)
			8	0.14	1.43 (0.12)	3.67 (0.31)
			10	0.23	1.64 (0.11)	3.47 (0.23)
<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	6	0.18	1.41 (0.11)	4.95 (0.40)	
		8	0.20	1.62 (0.08)	4.25 (0.17)	
		10	0.20	1.74 (0.09)	3.73 (0.21)	
	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	6	0.12	1.15 (0.14)	4.13 (0.53)
			8	0.16	1.47 (0.12)	3.89 (0.32)
			10	0.16	1.60 (0.16)	3.48 (0.29)
	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	6	0.22	1.36 (0.09)	4.77 (0.33)
			8	0.14	1.62 (0.07)	4.26 (0.23)
			10	0.27	1.77 (0.07)	3.83 (0.18)

* Standard deviation

든 나무못의 수종과 직경에서 큰 나무못 유지력을 보여주었다. 가장 큰 나무못 유지력은 잣나무목재 실험블록에 백합나무목재로 만든 직경 10 mm인 나무못이 가장 큰 값을 보여주고 있다. 나무못 유지력의 강도도 유지력과 같이 잣나무목재 실험블록이 소나무목재 실험블록보다 나무못의 수종과 직경에서 각각 큰 값을 보여주고 있다. 유지력 강도는 잣나무목재 실험블록에 밤나무목재로 만든 직경 6 mm 나무못이 가장 큰 값을 보여주고 있다. 이는 잣나무목재 실험블록에 사용된 직경 6 mm에서 밤나무목재로 제작한 나무못의 여척이 백합나무목재의 나무못보다 작았기 때문으로 건조한 나무못의 천공여척이 어느 정도 영향을 것으로 판단된다.

파티클보드에 대한 최대 나무못 유지력과 유지력 강도에 대한 평균과 표준편차는 Table 3과 같다. 국산재로 만든 실험블록과 같이 직경이 증가하면 유지

력이 증가하였고, 강도는 감소하였다. 또한 백합나무 목재로 만든 직경 10 mm 나무못이 가장 큰 나무못 유지력을 나타냈다. 백합나무목재로 만든 직경 6 mm 나무못이 가장 큰 나무못 유지력 강도를 보여주고 있다. 국산재 실험블록과 다르게 파티클보드 실험블록에서는 백합나무로 만든 6 mm 나무못이 밤나무에서보다 더 큰 여척이었지만, 큰 값의 유지력 강도를 보여주고 있다. 이는 파티클보드 구멍의 표면이 어느 정도 유지력 강도에 영향을 것으로 판단된다.

3.1. 국산재에 대한 건조한 나무못의 나무못 유지력과 유지력 강도 영향

Table 4는 소나무와 잣나무 목재 실험블록에 대한 건조된 나무못의 유지력과 조절재로 사용된 선행연

Table 3. Summary of dried plain wooden dowel withdrawal loads and strengths for particleboard

Dowel species	Dowel		Maximum withdrawal load (kN)	Maximum withdrawal strength (N/mm ²)
	Diameter (mm)	Hole clearance (mm)		
<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	6	0.14	1.23 (0.04 [*])	4.36 (0.16 [*])
	8	0.16	1.42 (0.05)	3.69 (0.09)
	10	0.13	1.65 (0.08)	3.49 (0.18)
<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	6	0.29	1.06 (0.09)	3.83 (0.27)
	8	0.22	1.24 (0.05)	3.25 (0.15)
	10	0.23	1.38 (0.05)	2.95 (0.11)
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	6	0.25	1.21 (0.10)	4.41 (0.38)
	8	0.12	1.43 (0.08)	3.73 (0.25)
	10	0.13	1.68 (0.05)	3.58 (0.12)

* Standard deviation

Table 4. Differences of maximum withdrawal loads between dried and 12% moisture content plain wooden dowel for domestic lumber

Test block	species	Dowel diameter (mm)	Maximum withdrawal load (kN)		Mean difference (%)	
			Control	Dried dowel		
	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	6	1.07 (0.07)	1.18 (0.07 [*])	10.3	
		8	1.25 (0.07)	1.45 (0.10)	16.0	
		10	1.49 (0.08)	1.64 (0.13)	10.1	
	<i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc.	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	6	0.96 (0.06)	1.08 (0.11)	12.5
			8	1.17 (0.05)	1.30 (0.14)	11.1
			10	1.38 (0.07)	1.52 (0.07)	10.1
		<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	6	1.01 (0.04)	1.19 (0.09)	17.8
			8	1.23 (0.05)	1.43 (0.12)	16.3
			10	1.49 (0.04)	1.64 (0.11)	10.1
	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	6	1.27 (0.06)	1.41 (0.11)	11.0	
		8	1.42 (0.05)	1.62 (0.08)	14.1	
		10	1.57 (0.07)	1.74 (0.09)	10.8	
	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	6	1.03 (0.08)	1.15 (0.14)	11.7
			8	1.24 (0.05)	1.47 (0.12)	18.5
			10	1.38 (0.07)	1.60 (0.16)	15.9
		<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	6	1.19 (0.08)	1.36 (0.09)	14.3
			8	1.47 (0.08)	1.62 (0.07)	10.2
			10	1.64 (0.09)	1.77 (0.07)	7.9

* Standard deviation

Table 5. Differences of maximum withdrawal strengths between dried and 12% moisture content plain wooden dowel for domestic lumber

species		Dowel diameter (mm)	Maximum withdrawal strength (N/mm ²)		Mean difference (%)	
Test block	Dowel		Control	Dried dowel		
<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.		6	3.62 (0.20 [*])	4.09 (0.29 [*])	13.0	
		8	3.16 (0.17)	3.76 (0.26)	19.0	
		10	3.07 (0.09)	3.46 (0.33)	12.7	
	<i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc.	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	6	3.28 (0.23)	3.76 (0.35)	14.6
			8	2.94 (0.15)	3.34 (0.33)	13.6
			10	2.84 (0.12)	3.20 (0.13)	12.7
	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.		6	3.42 (0.15)	4.12 (0.32)	20.5
			8	3.12 (0.14)	3.67 (0.31)	17.6
			10	3.06 (0.09)	3.47 (0.23)	13.4
<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	6	4.35 (0.19)	4.95 (0.40)	13.8	
		8	3.6 (0.09)	4.25 (0.17)	18.1	
		10	3.28 (0.16)	3.73 (0.21)	13.7	
	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	6	3.66 (0.37)	4.13 (0.53)	12.8
			8	3.21 (0.12)	3.89 (0.32)	21.2
			10	2.94 (0.16)	3.48 (0.29)	18.4
	<i>Liriodendron tulipifera</i> L.		6	4.09 (0.28)	4.77 (0.33)	16.6
			8	3.79 (0.20)	4.26 (0.23)	12.4
			10	3.44 (0.18)	3.83 (0.18)	11.3

* Standard deviation

구(Cha, 2016)의 결과와 그 차이를 보여주고 있다. 선행연구는 모든 수종에서 천공여척이 유지력에 영향을 미치는 것을 보여주었다. 나무못의 유지력은 천공여척이 감소하면 증가했다. 따라서 나무못 유지력에 대한 건조효과를 비교를 위해 선행연구에서 최대 유지력을 보였던 여척이 0일 때 값을 사용했다. 건조된 나무못의 유지력과 조절재의 유지력 차이는 %로 나타났다. 건조된 나무못의 유지력은 조절재로 사용된 선행연구의 결과보다 잣나무 실험블록에 백합나무목재로 만든 직경 10 mm 나무못을 제외하고는 10% 이상 증가를 보였다. 잣나무 목재로 만든 실험블록에 직경이 10 mm인 건조된 백합나무 목재로 만든 나무못의 적은 증가는 어느 정도 여척이 영향을 미친 것으로 판단된다. 따라서 건조된 나무못의 여척에 대한 최대 나무못 유지력은 더 많은 체계적인 연구가 필

요한 것으로 판단된다.

Table 5는 소나무와 잣나무 목재를 실험블록으로 사용한 건조된 나무못의 유지력 강도와 조절재로 사용된 선행연구(Cha, 2016) 결과와 그 차이를 보여주고 있다. 유지력과 같은 방법으로 건조된 나무못의 유지력 강도와 조절재의 유지력 강도의 차이는 %로 나타났다. 모든 수종의 실험블록과 나무못 수종 및 직경에서 10% 이상 증가를 보였다.

3.2. 파티클보드에 대한 건조된 나무못의 유지력과 유지력 강도 영향

Table 6은 나무못 직경에 따른 파티클보드에 대한 건조된 나무못의 최대 나무못 유지력을 나타내고 있다. 선행연구(Kim and Cha, 2017)에서 파티클

Table 6. Differences of maximum withdrawal loads between dried and 12% moisture content plain wooden dowel for particleboard

Dowel species	dowel Diameter (mm)	Maximum withdrawal load (kN)		Mean difference (%)
		Control	Dried dowel	
<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	6	1.10 (0.06)	1.23 (0.04*)	11.8
	8	1.30 (0.03)	1.42 (0.05)	9.2
	10	1.55 (0.10)	1.65 (0.08)	6.5
<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	6	0.95 (0.02)	1.06 (0.09)	11.6
	8	1.17 (0.05)	1.24 (0.05)	6.0
	10	1.30 (0.04)	1.38 (0.05)	6.2
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	6	1.06 (0.05)	1.21 (0.10)	14.2
	8	1.28 (0.05)	1.43 (0.08)	11.7
	10	1.52 (0.04)	1.68 (0.05)	10.5

* Standard deviation

Table 7. Differences of maximum withdrawal strengths between dried and 12% moisture content plain wooden dowel for particleboard

Dowel species	dowel Diameter (mm)	Maximum withdrawal strength (N/mm ²)		Mean difference (%)
		Control	Dried dowel	
<i>Castanea crenata</i> Sieb. et Zucc.	6	3.78 (0.27)	4.36 (0.16*)	15.3
	8	3.29 (0.11)	3.69 (0.09)	12.2
	10	3.19 (0.22)	3.49 (0.18)	9.4
<i>Pinus koraiensis</i> Sieb. et Zucc.	6	3.35 (0.09)	3.83 (0.27)	14.3
	8	3.06 (0.06)	3.25 (0.15)	6.2
	10	2.69 (0.12)	2.95 (0.11)	9.7
<i>Liriodendron tulipifera</i> L.	6	3.73 (0.18)	4.41 (0.38)	18.2
	8	3.28 (0.08)	3.73 (0.25)	13.7
	10	3.15 (0.07)	3.58 (0.12)	13.7

* Standard deviation

보드에 대한 유지력은 여척이 감소하면 증가하였다. 따라서 직경에 따른 유지력을 비교하기 위해 조절재로 사용된 최대 유지력은 각 직경에서 최대값을 보인 천공여척이 0인 값을 사용했다. 건조된 나무못의 영향을 보기 위해 조절재로 사용된 유지력과 건조된 나무못 유지력의 차이는 %로 나타냈다. 최대 나무못 유지력은 조절재로 사용된 유지력의 차이가

6 ~ 14.2%로 잣나무와 소나무 판재 실험블록의 유지력보다 작은 증가를 보여주고 있다. 이 차이는 실험에 사용된 목재 사이에 접착강도와 함께 실험 블록의 해부학적 성질 차이 때문으로 판단된다. 아마 파티클보드 중층의 큰 공극이 소나무목재와 잣나무목재보다 접착제가 접착에 더 크게 기여한 것으로 판단된다.

Table 7은 나무못 직경에 따른 건조된 나무못의 최대 유지력 강도를 보여주고 있다. 건조된 나무못 유지력 강도는 모든 수종에서 나무못 직경이 커질수록 감소하는 것을 보여주고 있다. 선행연구(Kim and Cha, 2017)에서 나무못의 유지력 강도도 천공여척이 증가하면 감소하는 것을 보여주었다. 따라서 조절재의 유지력 강도 또한 선행연구의 여척이 0 mm일 때 유지력 강도를 사용하였다. 건조된 나무못의 영향을 보기 위해 조절재로 사용된 유지력 강도와 건조된 나무못 유지력 강도의 차이는 %로 나타냈다. 최대 나무못 유지력 강도는 조절재로 사용된 유지력 강도와 차이가 6.2~18.2%로 잣나무와 소나무 목재 실험블록의 유지력 강도보다 약간 작은 증가를 보여주고 있다. 건조된 백합나무목재로 만든 나무못의 유지력 강도의 증가는 밤나무와 잣나무 목재로 만든 나무못보다 크게 나타났다. 이는 접착강도보다 가공할 때 발생하는 시편의 변이와 함께 물리·기계적 성질이 어느 정도 영향을 준 것으로 판단된다. 또한 둥근 나무못을 만드는데 비중이 큰 밤나무목재는 나무못의 표면이 덜 일정하였지만 비중이 작은 백합나무목재의 큰 유지력 강도는 다른 수종의 목재보다 더 균일한 표면을 가진 나무못으로 제작되었기 때문에 큰 유지력 강도를 보였을 것으로 판단된다. 그러나 이들 연구결과들은 제한된 시편의 수로 실질 평균값을 나타내지 않으므로 더 많은 체계적인 연구들이 나무못 직경과 천공여척에 대한 나무못 유지력과 유지력 강도의 영향에 대해서 요구된다.

4. 결 론

소나무와 잣나무 목재 및 파티클보드에 대한 건조한 국내산 목재로 만든 나무못 유지력의 실험 결과는 다음과 같다. 건조한 나무못의 유지력에 대한 영향은 직경이 커지면 유지력은 증가하였지만 유지력 강도는 감소하였다. 조절재로 사용된 나무못 유지력보다 건조된 나무못의 유지력은 잣나무목재 실험블록에 10 mm 직경의 백합나무 목재 나무못을 제외하고 10% 이상 증가를 보였다. 유지력 강도는

모든 수종의 나무못 직경과 실험블록에서 10% 이상 증가를 보였다. 파티클보드 실험블록에 대한 건조된 나무못의 유지력과 유지력 강도는 각각 6~14.2%와 6.2%~18.2% 증가를 보였다. 하지만 이들 결과들은 실험에 사용된 제한된 수의 시편들에 대한 값으로 이들 수종에 대한 실질 평균값을 나타내진 않는다.

사 사

본 연구는 국민대학교 교내연구비(2017) 지원에 의해 수행되었음

REFERENCES

- American Society for Testing and Materials. 1986. Standard test method of testing mechanical fasteners in wood. ASTM D 1761. ASTM, Philadelphia, PA.
- Cha, J.K. 2016. A new apparatus development for withdrawal testing of wooden dowel. *Forest and Humanity* 28: 55-64.
- Cha, J.K. 2016. The effect of Diameter and prehole Clearance for Wooden Dowel on The Withdrawal Loads of Domestic Wood. *Journal of the Korean Wood Science & Technology* 44(5): 736-742.
- Eckelman, C.A. 1969. Engineering concepts of single-pin dowel joint design. *Forest Products Journal* 19(12): 52-60.
- Eckelman, C.A. 1971. Bending strength and moment-rotation characteristics of two pin moment resisting dowel joint. *Forest Products Journal* 21(3): 35-39.
- Eckelman, C.A., Erdil, Y.Z., Zhang, J. 2002. Withdrawal and bending strength of dowel joints constructed of plywood and oriented strandboard. *Forest Products Journal* 52(9): 66-74.
- Eckelman, C.A. and Cassens, D.L. 1985. Withdrawal

- strength of dowels from wood composites. Forest Products Journal 35(5): 55-60.
- Kim, B.J., Cha, J.K. 2017. The effect of diameter and prehole clearance for wooden dowel on the withdrawal loads of domestic particleboard. Journal of the Korea furniture society 28(1): 53-59.
- Uysal, B. 2005. Withdrawal strength of various laminated veneer dowels from composite materials. Wood and fiber science 37(2): 213-219.