

폴리에치렌 글리콜—400에 의한 木材의 寸수安定化

趙南奭*·趙在明*·裴圭用**

On the dimensional stabilization of woods with treatment of Polyethylene Glycol—400

Nam Seok Cho*, Jaemyeong Jo* & Kyu Yong Bae**

Summary

How to stabilize wood against shrinking and swelling in variable atmospheric moisture conditions is important to the wood-using industry and a challenge to research.

Polyethylene glycol stabilize wood by bulking the fiber. PEG also serve as a chemical seasoning agent, suppress decay in high concentrations, and have slight effect on physical properties, gluing or finishing.

The study designed to determine the effect of PEG—400 on the dimensional stabilization of local hardwoods for wood carvings that could supply a greatly expanding tourist trade and making curved furniture parts, lamp stands and other decorative objects, and possible gunstock.

The species examined were 6 species, Seo-Namoo (*Carpinus laxiflora*), Cheungcheung-Namoo (*Cornus controversa*), Gorosae-Namoo (*Acer mono*), Karae-Namoo (*Juglans mandshurica*), Jolcham-Namoo (*Quercus serrata*) and Sanbud-Namoo (*Prunus sargentii*), used as block of 5cm thick radially to the grain, 7cm wide tangentially, and 70cm long parallel to the wood grain. All these test pieces were conditioned above the fiber saturation point before impregnation. The stabilization effects were determined for PEG—400 treated woods in a 50 percent solution for 20 days. The following conclusions were obtained.

PEG retentions increased with treating time. It was more effective to treat at 60°C than at room temperature. In degree of PEG—400 impregnation on species, Cheungcheung-Namoo having low specific gravity had the highest retentions, 68.77% but the lowest, 56.33% was shown in Jolcham-Namoo with high specific gravity.

Specific gravity of treated wood increased considerably with effectiveness of polymer loading. The increases in specific gravity were 5.36 to 13.16 percent. The highest was Jolcham-Namoo, the lowest Karae-Namoo.

On the dimensional stability, a 40 percent of effectiveness of polymer loading was just as effective as 60 percent in reduction in water absorptivity (RWA), antishrinkage efficiency (ASE) and antismelling efficiency (AE), and from over 60 percent they increased more rapidly. Also species response varied considerably. ASE was 30.12 to 69.97 percent tangentially and 27.86 to 56.37 percent radially, AE 34.06 to 73.76 percent tangentially and 30.11 to 70.12 percent radially, and RWA 42.31 to 65.32 percent. No differences in volume swelling among the 6 species were observed. Its values were ranged from 14.98 to 19.55 percent and also increased with PEG retentions.

On the mechanical properties, the strengths very much decreased with PEG—400 loadings as shown in Figure 12; that were 11.41 to 22.90 percent in compression, 21.61 to 34.35 percent in bending and 22.83 to 36.83 percent in tensile strength. PEG retention in cell wall was less than 1 percent and the most of

* 山林廳林業試驗場 Forest Research Institute, Office of Forestry, Seoul, Korea

** 尙州農蠶專門學校 Sangju Agriculture & Sericulture Junior College, Sangju, Korea

PEG were immersed in cell lumen. Except for Korae-Namoo, effectivenesses of polymer loading were as much high as 61.58 to 75.02 percent. This is believed to be due to the effect of PEG-400 on excellent dimensional stability of treated woods.

1. 緒 言

木材 및 木製品의 短點의 하나는 材料의 不均一성과 높은 吸濕 및 吸水性에 의해 惹起되는 寸수의 不安定이며 이는 生材 容積의 約 10%의 乾燥損失을 결과할 뿐만 아니라 最終製品의 使用壽命까지도 減少시킨다.

木材는 세르로즈·리그닌으로 構成된 異方性 天然 高分子物質로써 吸濕, 吸水에 의한 膨潤과 收縮이 觸斷, 徑斷 및 橫斷方向에 따라 달라지며 木材組成成分인 리그닌, 세르로즈 및 헤미세르로즈의 比吸水能이 서로 相異하므로 그의 化學的 組成에 따른 寸수안정의 變異 또한 看過할 수 없으며 나아가서는 木材의 抽出成分亦是 膨潤機構와 密接한 關係를 갖이고 있는것으로 알려져있다.

오늘날 木材資源의 不足에 따른 效率의이고 集約的인 木材의 高度利用화가 追求되면서 木材와 水分과의 相互關係를 깊이 研究하여 水分에 의해 비롯되는 各種의 缺陷을 防止하기 위한 木材의 寸수 安定化 問題는 美國, 蘇聯을 비롯한 世界各國으로부터 非常한 觀心을 갖게되어 合板, 파티클·보드, 화이버·보드, 종이, 그 以外의 모든 木製品의 寸수를 安定化하기위한 努力이 競走되고 있다.

Polyethylene glycol(PEG)은 木材를 膨潤시켜 木材의 寸수를 膨潤狀態로 維持시켜 寸수를 安定케하는 極히 有效한 方法으로서 널리 使用되어 왔으며 특히 木材乾燥時의 割裂을 包含한 여러가지 缺陷의 防止, 運動具, 玩具, 裝飾用木製品, 나아가서는 銃개머리 등의 寸수안정에는 追從을 不許할 程度로 優秀한 效能을 갖인 것으로 알려져있다.

本 試驗은 木製品를 비롯한 裝飾用木製品 나아가서는 銃개머리로 利用하기 위한 國內 未利用狀態에 있는 有用闊葉樹 6樹種을 Polyethylene glycol-400으로 處理하여 그 寸수 安定化特性을 調査하기 위하여 實施하였다.

2. 研究史

關係濕度の 急한 變化에 의해 發生하는 收縮과 膨脹으로부터 木材의 寸수를 安定化하는것은 木材 關聯産業에 있어서 極히 重要한 課題였었고 끊임없는 研究와 挑戰의 目標이기도 하였다. 細胞壁의 膨潤에 의한 寸수 安定의 方法은 세르로즈의 無晶形部分이나 혹은 細

胞壁內의 微細開口에 藥劑를 充填하여 木材를 部分的으로 完全하게 膨潤된 狀態로 維持케하는 것으로서 自然狀態로 木材細胞內에 堆積, 充填된 抽出物 또한 天然의인 膨潤劑 役割을 한다고 알려져있다.

人爲的인 方法으로써는 鹽類, 糖, 벌꿀, 왁스, 로진 오일(1964)⁽³⁸⁾ 등을 비롯하여 熱可塑性樹脂, 熱硬化性樹脂(1959)⁽³³⁾(1964)⁽³⁸⁾ 및 PEG, 에폭시樹脂, 씨리몬樹脂, 플르달·알콜단량체(1967)⁽³⁰⁾ 등의 高分子物質을 充填物質로 利用한 것이었다.

Bulking agent로서 木材의 寸수안정화를 試圖한 最初의 일은 1909年 Leo Baekeland⁽¹⁾가 페놀樹脂를 木材에 注入 處理한 것이며 뒤이어 産業的 規模의 利用은 A. J. Stamm(1943)⁽³¹⁾이 美國 林產物研究所에서 Impreg와 Compreg의 研究로 確立되었다. 1948年 역시 美國의 W.K. Loughborough⁽¹³⁾는 Diethylene glycol을 使用하여 木材의 化學的 乾燥를 研究한 以來 PEG는 寸수 安定劑로써 많은 觀心을 끌기 始作하였는바, Polyethylene glycol(PEG)은 200~58,000 範圍의 넓은 分子量分佈를 갖이고 있으며 R. Moren(1966)⁽²¹⁾에 의하면 PEG는 水溶性 高分子 物質로써 여러 分子量 가운데 1,000이 가장 注入處理가 容易하며 그 處理效果가 매우 優秀하였다고 報告하고 있으며 木材의 寸수안정效果에 對해서는 A. J. Stamm(1956)⁽³²⁾, (1964)⁽³⁵⁾에 의해 研究되어졌는바 PEG-1,000이 木材內 含濕의 容易性和 抗收縮率 등의 寸수안정에 가장 좋은 結果를 얻었음을 밝혔다.

1966年 B.S. Bryant⁽³⁾에 의하면 PEG는 물에 잘 녹고 蒸氣壓이 낮으며 phenol樹脂와는 달리 加熱에 의해 巨 大分子로 重合을 이루지 아니며 細胞壁에 왁스와 같은 狀態로 殘存하여 木材를 膨潤狀態로 維持한다고 報告하였다. H.L. Mitchell等(1959)⁽¹⁸⁾, (1961)⁽¹⁶⁾, (1962)⁽¹⁷⁾에 의해서도 PEG-1,000이 生材 木製品의 乾燥時 割裂, 彎曲 등의 缺陷防止를 위한 抗收縮劑로서 實際的 利用性을 實證하였고 G.H. Englerth等(1963)⁽⁴⁾은 호두나무, 단풍나무, 락나무 등 몇種의 闊葉樹材를 PEG-400, 30% 溶液으로 3週間 室溫에서 處理하여 滿足스러운 寸수안정 效果를 얻었으며 M. Chudnoff等(1967)⁽⁷⁾도 熱帶闊葉樹 11種을 PEG로 室溫에서 4週間 處理하여 約 50%의 收縮減少를 達成하였다.

D.L. Kenaga (1963)⁽¹¹⁾에 의하면 PEG는 水溶性物質이므로 處理할 木材는 纖維飽和點 以上의 木材라야

優秀한 處理效果를 얻을 수 있다고 하였고 1966년 그는⁽¹²⁾ 纖維飽和點 이상의 木材를 150°F로 加熱한 PEG 處理로 滿足스러운 結果를 얻었다. 이보다 훨씬전에 A.J. Stamm(1959)⁽³⁴⁾은 소나무의 칫수安定성이 PEG 舍浸에 따라 增加함을 보여주었고 E.R. Pankiewicz(1968)⁽²⁵⁾도 PEG의 處理效果는 그 濃도가 增加함에 따라 增大됨을 再確認하였다.

한편 R. Moren(1965)⁽²⁰⁾은 PEG-400의 10~20% 添加가 소나무單板의 觸斷收縮率을 30~55% 減少시켰으며 T. Nanno(1965)⁽²³⁾ 등은 PEG 29~37%의 舍浸으로 60~90%의 ASE를 達成하였고 T. Sadoh(1967)⁽²⁷⁾, (1968)⁽²⁸⁾, A.J. Stamm(1968)⁽³⁰⁾ 등은 細胞壁의 乾燥와 飽和狀態에서의 PEG 浸透機構에 對하여 研究하였다.

이 以外에도 R.E. Casin(1966)⁽⁴⁾의 乾燥缺陷 防止, M.Y. Cech(1968)⁽³⁾가 캐나다產 樹種의 PEG處理 및 乾燥스케줄을 確定하였고 J. Meriluoto(1969)⁽¹⁴⁾는 PEG에 의한 單板의 칫수安定과 平滑度의 改善에 關한 研究, T. Sadoh(1967)⁽²⁷⁾, (1968)⁽²⁸⁾ 등은 PEG 處理材의 彈性 및 粘彈性 舉動을 밝혔으며 M. Hashihira(1973)⁽²⁹⁾와 함께 PEG 200~20,000으로 日本產 자작나무를 處理하여 木材-PEG係의 膨潤機構를 究明하였다.

PEG處理의 實在인 利用에 있어서는 1962年 美國 林產物研究所의 R.E. Dawson等⁽⁸⁾에 의한 銃개머리의 PEG處理가 研究, 適用되었으며 H. Hallock等(1972)⁽¹⁰⁾은 PEG-1,000에 의한 단풍나무 마루판의 處理스케줄을 確定하였다.

經濟적으로 比較的 低廉한 處理費用과 簡單한 處理 作業에 比해서는 未處理材와의 性質이 거의 同一하며 높은 칫수安定效果를 갖는 PEG處理는 많은 研究와 利用이 되어왔으며 木刻製品을 비롯한 各種의 裝飾品, 運動具 뿐만 아니라 古代 遺物保存에도 利用되고 있으며 最近에 의서는 娛樂用, 兵器用, 銃개머리의 産業化와 함께 우리나라에서도 그 活動이 크게 기대되는 바이다

3. 材料 및 方法

3.1 供試 材料

3.1.1 供試木

試驗에 使用된 供試樹種은 서어나무(*Carpinus laxiflora* Blume), 층층나무(*Cornus controversa* Hemsley) 고로쇠나무(*Acer mono* Max.), 가래나무(*Juglans mandshurica* Max.), 졸참나무(*Quercus serrata* Tbnub.) 및 산벚나무(*Prunus sargentii* Rehd.) 등 6樹種이었다.

3.1.2 供試小材는 觸斷, 徑斷方向으로 區別하여 5×

7×70cm 크기로 製作하였고 製造된 試驗片은 即時水 槽에 넣고 위로부터 撒水하여 處理前까지 그 含水率을 纖維飽和點以上을 維持케 하였다.

3.1.3 칫수安定劑

칫수安定劑로는 市販 PEG-400(比重 1.128)을 구입 하여 使用하였다.

3.2 試驗方法

3.2.1 供試片 基礎調査

3.2.1.1 供試片의 크기는 바니어가 달려있는 마이크로 캘리퍼를 使用하여 0.01mm까지 測定하였으며 斷面別 칫수의 變化는 연필로 標線을 넣은후 處理前後의 칫수를 日本 Shimadzu社製 Comparator를 使用하여 0.001mm까지 測定하였다.

3.2.1.2 供試片의 重量은 Mettler直示天秤을 使用하여 0.01g까지 測定하였으며 比重은 氣乾, 絕乾의 2가지로 調査하였다.

3.2.2 칫수安定劑의 處理

3.2.2.1 PEG 處理溫度는 20°C와 60°C 2種으로 하였으며 處理容器는 20°C 處理時는 플라스틱製, 60°C 處理時는 스테인레스 스틸製 恒溫水槽를 使用, 攪拌機에 의해 24時間 교반하였다.

3.2.2.2 PEG 處理濃도는 50%로 하였으며 濃도는 比重法에 의해 測定하여 毎日 1회씩 補充하여 50%를 維持하도록 하였다.

3.2.3 칫수安定化 特性調査

PEG處理材의 注入率, 物理的 機械的 諸性質 및 其他의 칫수安定性은 筆者에 의한 木材·高分子 複合體 製造(1974)⁽⁶⁾의 方法과 同一하게 測定 調査하였다.

4. 結果 및 考察

4.1 PEG의 注入

4.1.1 處理時間 및 溫度

注入時間의 經過에 따른 常溫(20°C)에서 處理한 各 樹種別 PEG의 注入特性은 表 1에 나타낸바와 같으며 處理時間이 길어짐에 따라 그 注入率 역시 增加하고 있는데 樹種間에 상당한 差異가 나타나고 있다.

樹種別 注入特性을 살펴보면 층층나무가 가장 높은 注入率을 나타내고 있으며 산벚나무 역시 층층나무와 같은 높은 注入率을 보여주고 있는 反面 가래나무와 졸참나무는 注入時間이 20日 經過했음에도 다른 樹種

表 1. 常溫에서 樹種別 PEG-400의 注入率
Tab. 1. Impregnation of PEG-400 in woods at 20°C.

樹種 Species	處理時間(日) Treating time (day)	注 入 率 Impregnation of PEG (%)					
		1	3	5	10	15	20
서어나무 <i>Carpinus laxiflora</i>		14.00	24.71	30.70	38.48	42.34	46.66
층층나무 <i>Cornus controversa</i>		21.48	24.88	30.96	36.38	45.24	50.60
고로쇠나무 <i>Acer mono</i>		15.40	18.31	20.80	34.57	42.52	47.43
가래나무 <i>Juglans mandshurica</i>		4.56	10.45	15.28	22.14	28.55	31.21
졸참나무 <i>Quercus serrata</i>		10.11	12.83	16.54	22.27	30.14	34.26
산벚나무 <i>Prunus sargentii</i>		18.48	20.76	27.93	31.31	42.78	50.26

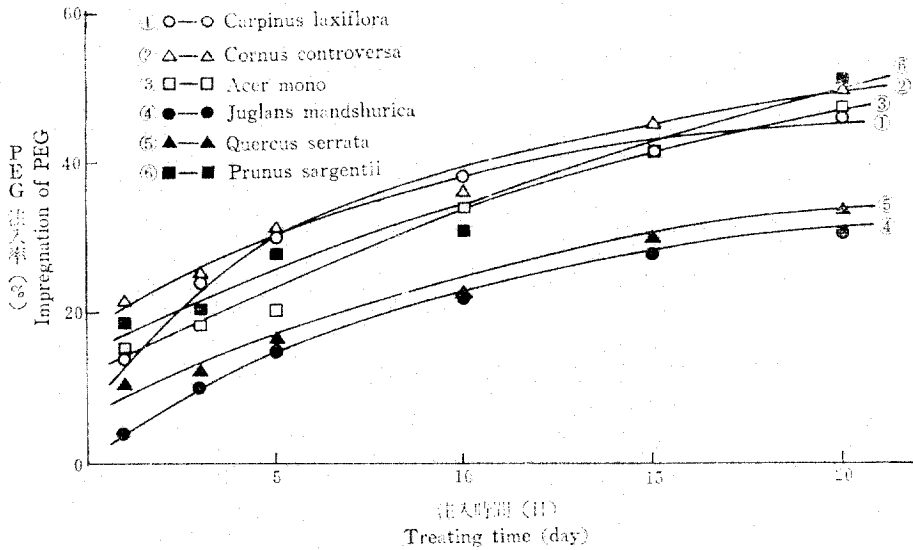


그림 1. 20°C에서 注入時間이 PEG 注入에 미치는 影響

Fig. 1. The effect of treating time on impregnation of PEG at 20°C.

表 2. 60°C에서 樹種別 PEG-400의 注入率
Tab. 2. Impregnation of PEG-400 in woods at 60°C.

樹種 Species	處理時間(日) Treating time (day)	注 入 率 Impregnation of PEG (%)					
		1	3	5	10	15	20
서어나무 <i>Carpinus laxiflora</i>		11.17	18.15	30.52	38.61	50.05	57.07
층층나무 <i>Cornus controversa</i>		26.39	31.84	43.71	55.54	61.19	68.77
고로쇠나무 <i>Acer mono</i>		14.43	21.10	31.97	43.40	54.72	59.99
가래나무 <i>Juglans mandshurica</i>		8.53	16.19	27.28	42.40	47.40	51.94
졸참나무 <i>Quercus serrata</i>		9.43	16.87	28.67	40.27	50.04	56.33
산벚나무 <i>Prunus sargentii</i>		23.37	29.16	40.86	50.60	58.57	63.99

10日 處理程度의 낮은 注入率을 나타내고 있다. 表1을 圖式化하면 그림 1과 같은바 졸참나무와 가래나무가

下位の 注入曲線을 나타내고 있으며 고로쇠나무와 산벚나무가 中間程度의 注入率을 보여 주었다.

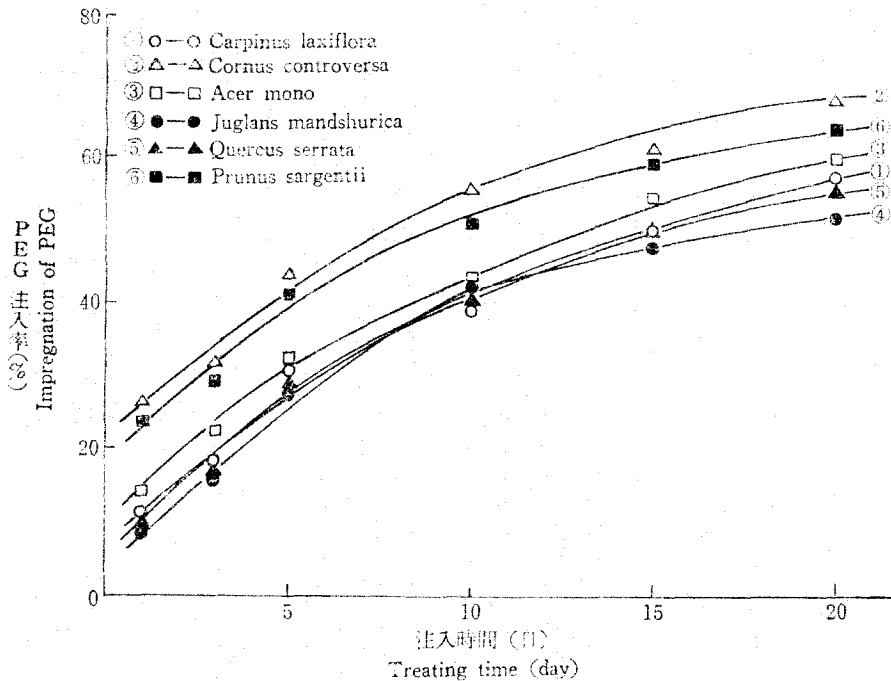


그림 2. 60°C에서 注入時間이 PEG注入에 미치는 影響

Fig. 2. The effect of treating time on impregnation of PEG at 60°C.

이와같은 PEG의 注入은 注入初期에는 急激한 增加를 갖어왔으나 注入時間이 지남에 따라 漸次 PEG 含浸率이 서서히 減少되는 傾向을 보여주고 있는데 이는 T. Murayama(1971)⁽²²⁾을 비롯한 많은 學者들에 의한 高分子의 木材內 注入特性 및 R.W. Merz, G.A. Cooper(1968)⁽¹⁵⁾ 등이 Black oak를 PEG-1,000으로 處理하여 96時間後에 그 試驗片 絶乾重量의 44%를 吸收하였고 288時間 處理後에는 겨우 14% 程度의 增加만을 보였다는 實驗結果에 의해서도 알 수 있다.

表 2는 60°C에서 處理한 樹種別 PEG 注入率을 나타낸 것이며 그림 2 역시 注入時間이 PEG 注入에 미치는 影響을 나타낸 것이다.

處理溫度를 60°C로 올리므로써 서어나무를 除外하고는 모든 樹種이 常溫에서의 處理時보다 增加現象을 보여주어 常溫處理時의 注入率까지 到達하는데 불과 1/2밖에 걸리지 아니 하였다. 이는 溫度에 의한 PEG의 粘度가 낮아지며 木材自體의 膨潤, 細胞內 水分의 여기를 包含한 木材·PEG係의 活性에 原因한 것으로 생각한다.

이러한 理由로 D.L. Kenaga(1963)⁽¹¹⁾도 處理溫度를 140°F로 하는것이 注入處理에 效果의 이었다고 報告하였으며 1966年 150°F로 加熱한 PEG의 處理도 滿足할

만한 實驗結果를 얻었다고 報告하고 있다⁽¹²⁾. 故로 加熱處理는 매우 빠르고 좋은 處理效果를 결과한다고 볼 수 있겠다.

樹種別 注入性을 보면 증종나무가 가장 높은 注入率

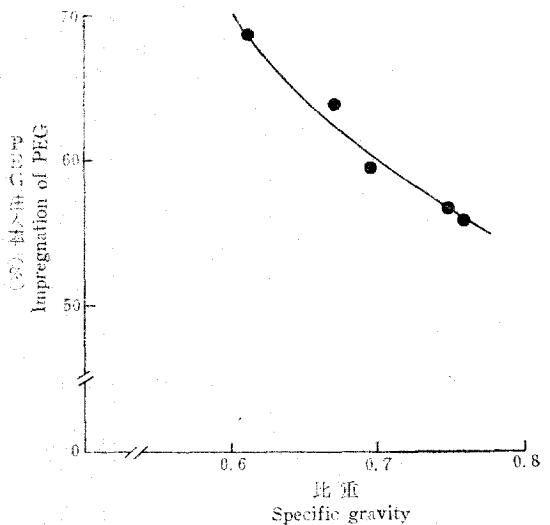


그림 3. PEG 注入에 미치는 木材 比重의 影響

Fig. 3. The effect of specific gravity of wood on impregnation of PEG.

을 보였으며 가래나무는 가장 낮은 注入性을 나타내고 있다. 고로쇠나무, 서어나무 및 졸참나무는 서로 큰 差異가 나타나지 아니하였으며 산벚나무의 注入率은 比較的 優秀하였다.

이와같은 注入特性은 모든 高分子物質의 목재내 注入時에는 마찬가지로 處理時의 原料를 비롯한 各種의 條件中 木材의 比重, 含水率이 깊은 關係를 갖이고 있으며 또한 解剖學的 通導構造가 重要한 影響을 줄것이라고 생각한다.

4.1.2 比重

表 3. PEG 處理材의 物理的 性質

Tab. 3. Physical properties of PEG treated woods.

樹種 Species	比重 Specific gravity		吸水減少率 (%) Reduction in water absorptivity	抗收縮率(%) Antishrink efficiency		抗膨脹率(%) Antiswelling efficiency		容積膨脹率 (%) Volume swelling	比膨脹率 Relative swelling
	氣乾 Air dried	絶乾 Oven dried		徑斷 Radial	觸斷 Tangentia	徑斷 Radial	觸斷 Tangentia		
서어나무 <i>Carpinus laxiflora</i>	0.88	0.84	64.73	53.27	58.87	53.55	60.14	16.51	1.27
층층나무 <i>Cornus controversa</i>	0.69	0.65	45.39	28.04	30.42	31.05	35.11	19.55	1.89
고로쇠나무 <i>Acer mono</i>	0.78	0.75	51.79	31.15	33.64	30.11	34.06	16.91	1.70
가래나무 <i>Juglans mandshurica</i>	0.63	0.59	42.31	27.86	30.12	30.88	34.55	14.98	1.25
졸참나무 <i>Quercus serrata</i>	0.87	0.86	65.32	56.37	69.97	70.12	73.76	16.24	1.35
산벚나무 <i>Prunus sargentii</i>	0.76	0.73	56.60	40.13	44.41	46.38	49.35	18.52	1.90

이 또한 깊이 作用하므로 諸因子의 複合效果에 起因한다고 볼이 妥當하겠다.

4.2 PEG 處理材의 物理的 性質

木材를 PEG로 處理함으로써 木材의 比重을 비롯한 各種의 物理的 性質이 變化하고 改善되어지는바 各樹種別 物理的 特性을 調査한 結果는 表 3에 나타난 바와 같다.

4.2.1. 比重

그림 4는 PEG 注入에 의한 比重增加率을 나타낸 것으로서 이 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 60%이하의 注入效果에서는 緩慢한 比重增加를 보였으나 高分子 注入效果가 60%를 지나면서 부터 높은 比重增加率을 나타내고 있었다. 또한 65%이하의 高分子 注入效果 範圍에서는 氣乾比重의 增加率이 絶乾比重의 그것보다 높았으나 65%가 지나면서 부터는 正反對現象을 나타내고 있었다.

K. Taneda(1970)⁽⁴⁰⁾等에 의한 바와같이 比重이 적은 木材의 高分子 注入率은 比重이 큰 木材보다 더 크다는 것은 이미 잘 알려진 事實이며 이는 H. C. Pyun(1970)⁽²⁶⁾等에 의해서도 잘 밝혀졌다. 그림 3은 木材의 比重이 PEG의 注入에 미치는 影響을 나타낸 것으로서 比重이 0.61인 층층나무는 68.77%의 가장 높은 PEG 注入率을 나타내는 反面 比重이 큰 졸참나무는 56.33%의 매우 낮은 高分子 含浸率을 나타내고 있다. 이와같은 注入率은 比重만이 關여하는 것이 아니고 處理濃度, 溫度 및 高分子 自體의 粘度, 蒸氣壓, 比重 등

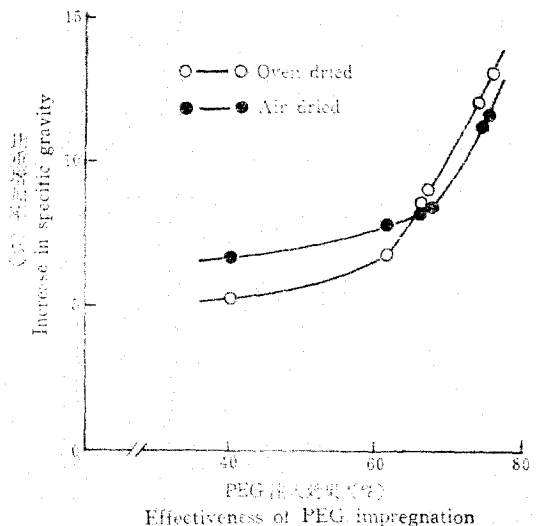


그림 4. PEG 注入效果와 比重增加와의 關係
Fig. 4. Increase in specific gravity of wood vs. effectiveness of PEG impregnation.

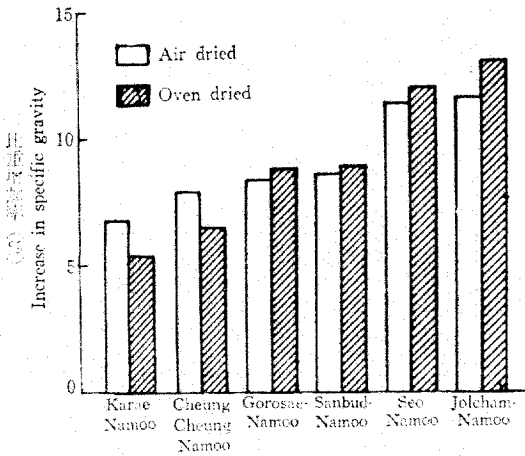


그림 5. PEG 처리에 의한比重增加率

Fig. 5. Increase in specific gravity of PEG impregnated woods.

그리고 樹種別 比重增加率は 그림 5에 나타난 바와 같은데 比重이 큰 樹種의 比重增加率が 높고 比重이 적은 樹種의 增加率が 낮게 나타나고 있는 傾向인바 이는 高分子 注入 効果에 起因한다고 사료되며 樹種別로 比較하여 보면 졸참나무가 13.16%, 산벚나무가 12.0%의 比重增加율을 나타내고 있으며 가래나무는 5.36%, 층층나무는 6.56%로서 졸참나무나 산벚나무의 半程度의 낮은 增加율을 보여주고 있다.

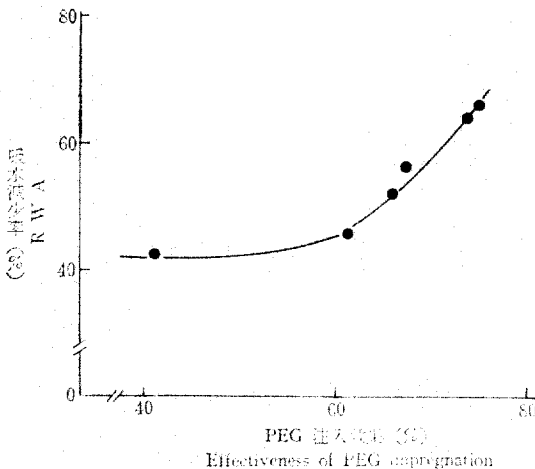


그림 6. PEG 注入이 吸水減少率에 미치는 影響

Fig. 6. Relationship between effectiveness of impregnation and reduction in water absorptivity.

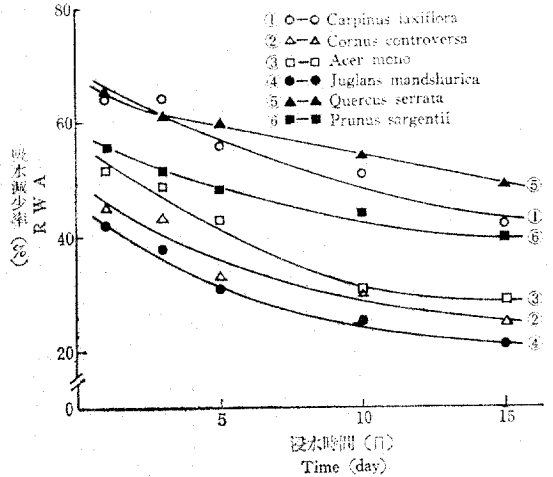


그림 7. PEG 處理材의 吸水減少率

Fig. 7. Reduction in water absorptivity (RWA) of PEG impregnated wood in distilled water at 20°C.

4.2.2 吸收 減少率

킷수安定劑의 處理는 木材의 吸水率을 상당히 減少시키는바 그림 6은 PEG 注入이 吸水減少率에 미치는 影響을 나타낸 것이다. 即 PEG의 注入 效果가 40~60%까지는 吸水減少率이 거의 一定하였으나 60%가 지나면서부터는 急激한 增加를 나타내어 높은 吸水減少率을 나타내고 있다.

PEG 處理材의 吸水減少率을 測定한 結果는 그림 7과 같은바 樹種別로 살펴 보면 졸참나무와 서어나무의 吸水減少率이 높았고 가래나무와 층층나무가 낮았으며 나머지 樹種들은 中間程度였다.

또한 吸水減少率은 浸水時間이 길어짐에 따라 水溶性인 PEG의 溶脫이 서서히 일어나서 漸次 吸水減少率이 減少되어간다. 이와같은 PEG의 溶脫은 分子量이 낮을수록 더크며 A.J. Stamm(1959)⁽⁵⁴⁾, H.L. Mitchell(1972)⁽¹⁹⁾等에 의하면 이같은 PEG 處理材의 吸水, 吸濕 및 물에 의한 溶脫等은 表面處理를 適切히 함으로써 改善할수 있었다고 보고하였다.

4.2.3 容積 膨脹率

PEG는 細胞壁의 膨潤劑로써 木材의 容積膨脹에 關與⁽⁵⁵⁾하고 있는바 PEG-400 處理에 의한 樹種別 容積膨脹率은 表 3에 나타난 바와 같다. 층층나무는 19.55%로서 6樹種 가운데 가장 높은 容積膨脹率을 보여주고 있으며 산벚나무가 18.52%, 注入 效果가 가장 낮은 가래

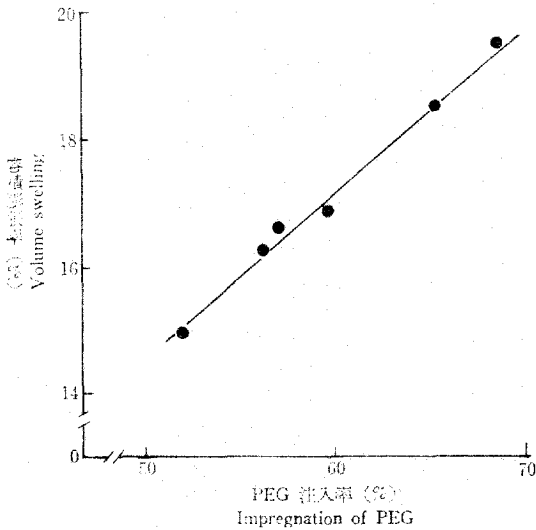


그림 8. PEG 注入이 容積膨脹에 미치는 効果
 Fig. 8. The effect of PEG impregnation on volume swelling of wood.

나무는 14.98%로서 가장 낮은 膨脹率을 보이고 있다. 그림 8은 PEG 注入率과 容積 膨脹率과의 關係를 보여주는 것으로서 容積 膨脹率은 PEG 注入率의 增加에 따라 거의 直線인 增加現象을 나타내고 있다. T. Sadoh等(1973)⁽²⁹⁾이 PEG 200~20,000을 使用하여 木材의 膨潤에 關한 實驗을 實施한 結果에 의하면 70~80%의 水溶液中에서 木材가 最大의 膨潤을 나타냈으며 이는 PEG가 細胞壁의 內外에 可逆的으로 擴散되어

지므로 膨潤은 外部의 濃度에 의해 決定되어진다는 것을 알 수 있다. PEG가 濃厚水溶液中에서 木材가 물 및 PEG 自體 그 어느것보다도 큰 膨潤이 일어나는 現象과 비슷한 現象이 물과 其他의 膨潤劑와의 混合物(溶液)에 의한 木材의 膨潤現象을 볼 수 있다. 예를들면 물—아세톤⁽³⁶⁾, 물—Dioxane⁽²⁴⁾, 물—Methanol⁽⁴¹⁾ 및 其他 몇개의 混合系⁽³⁶⁾⁽²⁾에서 어떤 一定의 混合比 때에 어느쪽의 純粹한 膨潤劑로서 보다도 극히 큰 膨潤을 일으킨다는 事實은 이미 잘 알려져 있다. 上述한 膨潤劑 混合物의 膨潤能力이 큰 理由에 關해서는 J.C. Oberg와 R. Hossfeld(1960)⁽²⁴⁾ 및 J. Bodig(1968)⁽²⁾가 木材膨潤量이 木材와 膨潤劑의 水素結合 能力에 의해 支配되어지므로 純粹한 化合物보다는 混合物쪽이 水素結合 能力이 크다는데 起因한다고 說明하고 있으며 A.J. Stamm(1964)⁽³⁷⁾은 溶媒로 飽和된 gel이 溶液中에 있을때 溶質은 溶質에 對한 親和性과 濃度差에 따라 平衡을 維持하기 위하여 gel에 吸着狀態로 있는 溶媒中에 置換되며 溶質은 初期段階에서는 gel中的 溶媒와 置換하나 多量의 溶媒와의 置換이 困難하게되어 여기에 要하는 作用이 gel의 構造를 滲이는데 要하는 作用보다 클때에는 附加的인 膨潤이 일어난다고 說明하고 있다.

PEG 注入에 따른 木材의 比膨潤率은 그림 9에 나타난 바와같이 PEG 注入率이 增加함에 따라 增加 傾向을 보여주었다. 이와같은 比膨潤率은 使用되는 膨潤劑의 濃度, 分子量에 따라서 달라지며 특히 木材의 含水率에 따라 影響을 크게 받는데 T. Sadoh와 M. Hashihira (1973)⁽²⁹⁾에 의하면 이는 纖維飽和點 以上の 木材를

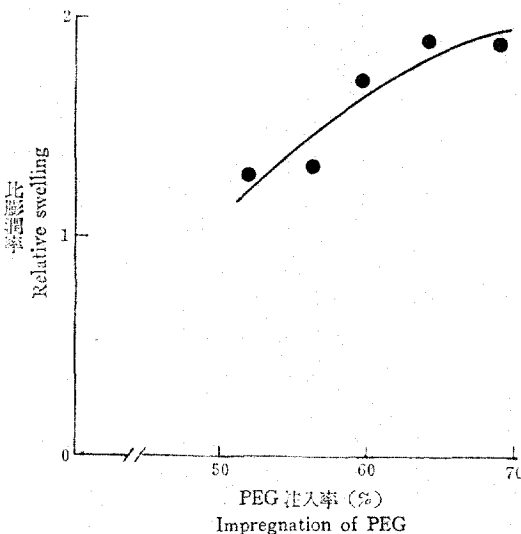


그림 9. PEG 注入率과 比膨潤率과의 關係
 Fig. 9. Relationship between impregnation of PEG and relative swelling.

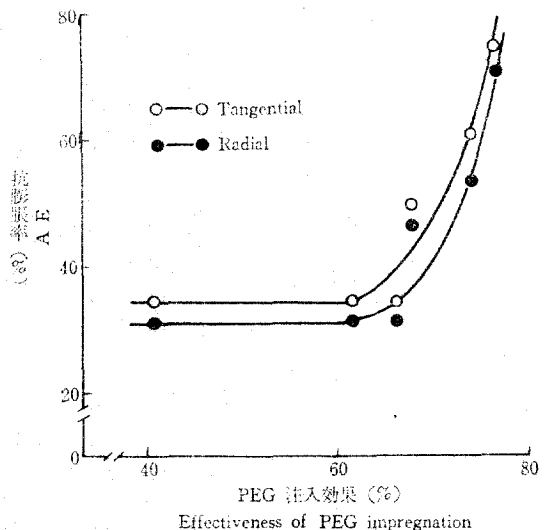


그림 10. PEG 注入이 抗膨脹率에 미치는 影響
 Fig. 10. The effect of PEG impregnation on antiswelling efficiency.

PEG 水溶液에 浸漬했을 때 PEG分子가 木材 細胞壁 中에 擴散되며 細胞壁中의 水分子도 溶液中으로 擴散 되는데 이와같은 相互 擴散에 있어서 細胞壁內部로부터 溶液中으로의 水分子 擴散이 훨씬 活潑하여 이 PEG 分子와 水分子의 擴散速度의 差異에 의해 初期에는 脫水 現象이 일어나나 長時間 放置하면 外部溶液과 平衡 時까지 PEG分子가 細胞壁中에 擴散되어 지므로 纖維 飽和點의 容積보다 큰 寸수로 平衡狀態를 이룬다고 說明되고 있다.

4.2.4 寸수 安定性

吸水 및 乾燥에 의해 惹起되는 木材의 收縮과 膨脹을 未處理材와 比較해서 表示한 樹種別 抗膨脹率, 抗收縮率의 結果는 表 3에 나타난 바와 같으며 PEG 注入

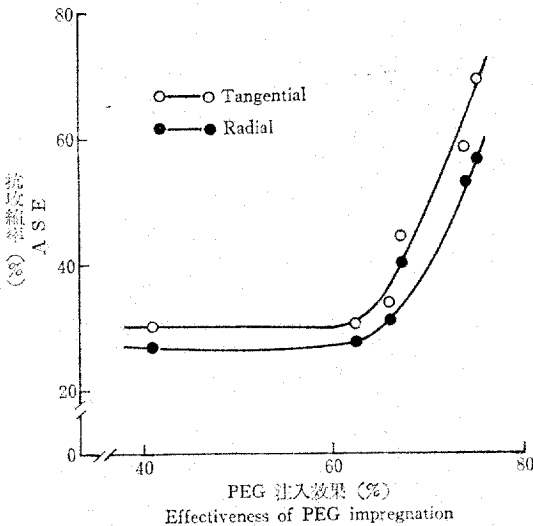


그림 11. PEG 注入이 抗收縮率에 미치는 影響
Fig. 11. The effect of PEG impregnation on antishrink efficiency.

이 抗膨脹率, 抗收縮率에 미치는 影響은 그림 10, 11에 나타난 바와같다. 이들은 PEG의 注入率의 增加와 함께 增加하는데 그 增加傾向을 보면 注入效果가 60%까지는 거의 一定하나 60% 以上이 되면서부터 急激한 增加를 보이고 있다.

斷面별로 살펴보면 觸斷方向의 抗收縮率, 抗膨脹率 이 徑斷面보다 높았으며 樹種別로는 PEG 注入效果가 큰 楡나무가 가장 優秀한 抗收縮, 抗膨脹率을 記錄하고 있으며 다음이 서어나무였고 高分子 注入效果가 40~65% 範圍의 楡나무, 고로쇠나무, 가래나무 등은 거의 비슷한 값을 보여 주었다. 그러나 A.J. Stamm (1964)⁽³⁵⁾은 PEG의 分子量이 1,000以下인 境遇에는 鹽類나 糖類處理에 의한 寸수安定效果에도 미치지 못한다고 말하였으나 本 試驗結果에서는 어느정도의 寸수安定이 認定되고 있는바 이는 R. Moren(1965)⁽²⁰⁾, (1966)⁽²¹⁾에 의한 PEG-400을 소나무 單板에 處理하여 觸斷 收縮率을 30~55% 減少시켰으며 25~30%의 PEG 含浸으로 좋은 寸수安定效果를 얻었다는 實驗報告와도 일치한다. 따라서 寸수安定의 問題는 最終製品의 目的, 用途에 따라 여러側面에서 檢討하여 經濟的인 適正含浸量 및 合目的的인 注入 스케줄을 確立함이 가장 理想的이라고 생각한다.

4.3 機械的 性質

PEG의 木材內 注入은 WPC를 製造할때와 마찬가지로 前述한 바와같이 材料의 物理的 諸性質을 改善할뿐만 아니라 機械的 性質에 影響을 준다. 大部分의 高分子物質은 木材內에 含浸되어 複合體의 特性인 強度增進을 갖어오지만 水溶性 高分子物質인 PEG는 材料의 機械的 諸性質을 減少시킨다는 事實⁽³⁴⁾은 잘 알려져있다. 表 4는 樹種別 PEG 處理前後의 機械的 性質을 나타낸 것이다. 또한 PEG 注入에 의한 強度減少率은 그림 12와 같은바 壓縮強度는 가장 낮은 減少率인 11.41

表 4. 素材 및 PEG 處理材의 機械的 性質

Tab. 4. Mechanical properties of woods and PEG treated woods.

樹 種 Species	壓縮 強度 (kg/cm ²) Compression strength		휨 強度 (kg/cm ²) Bending strength		引張 強度 (kg/cm ²) Tensile strength	
	素 材	PEG處理材	素 材	PEG處理材	素 材	PEG處理材
	Control	Treated	Control	Treated	Control	Treated
서어나무 <i>Carpinus laxiflora</i>	637	522	1,428	1,074	2,162	1,568
楡나무 <i>Cornus controversa</i>	642	495	1,345	883	2,029	1,311
고로쇠나무 <i>Acer mono</i>	584	463	1,438	1,012	1,821	1,205
가래나무 <i>Juglans mandshurica</i>	552	489	1,291	983	2,138	1,650
楡나무 <i>Quercus serrata</i>	651	550	1,256	1,181	1,398	914
산벚나무 <i>Prunus sargentii</i>	657	516	1,496	1,031	2,047	1,293

※ Moisture content : 8 ± 0.4%

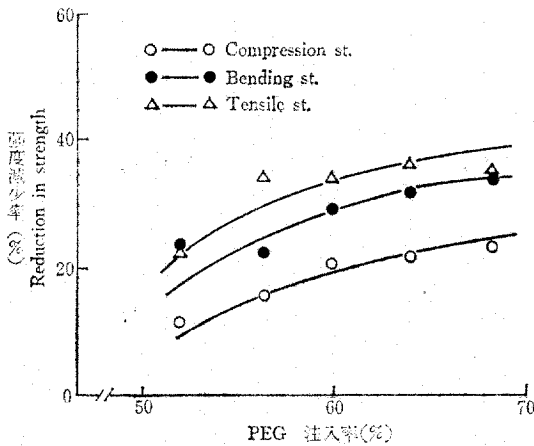


그림 12. PEG 注入과 強度 減少率과의 關係
 Fig. 12. Relationship PEG impregnation and reduction in strength.

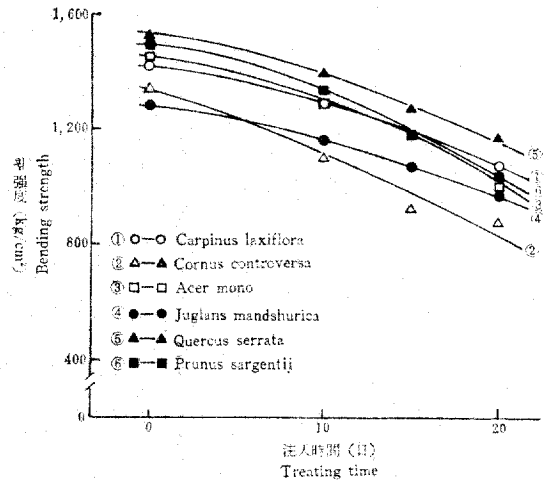


그림 14. PEG 處理時間이 彎曲強度에 미치는 影響
 Fig. 14. The effect of treating time on bending strength of woods.

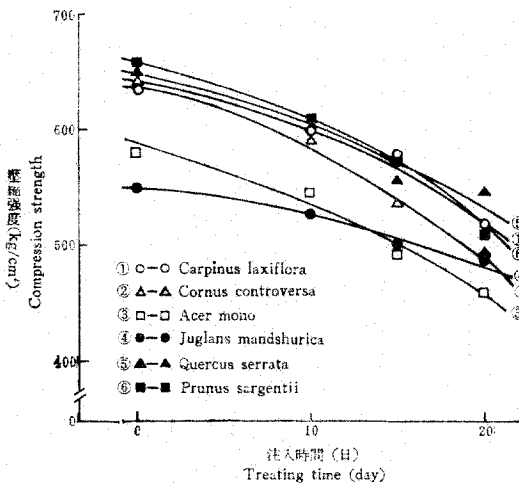


그림 13. PEG 處理時間이 壓縮強度에 미치는 影響
 Fig. 13. The effect of treating time on compression strength of woods.

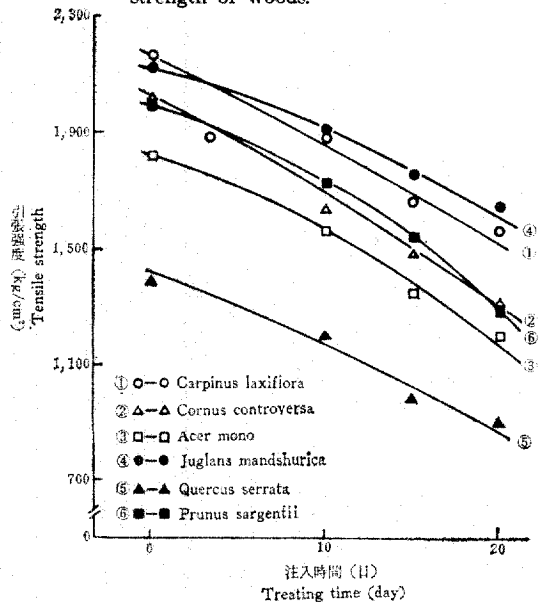


그림 15. PEG 處理時間이 引張強度에 미치는 影響
 Fig. 15. The effect of treating time on tensile strength of woods.

~22.90%를 보여주었고 彎曲強도의 減少率は 22.61~34.35%, 引張強도는 22.83~36.83%의 減少率을 나타내어서 가장 높은 減少率을 보여 주었다.

樹種別로 살펴보면 壓縮強度에 있어서는 층층나무의 強度 減少率이 가장 크고 가래나무의 減少率이 가장 적었으나 彎曲強度에 있어서는 졸참나무가 가장 높은 強度 減少를 나타냈고 층층나무가 가장 낮은 減少率을 나타내었다. 또한 引張強度에 있어서는 가래나무의 強度 減少率이 제일 크고 졸참나무는 매우 낮았다.

以上 살펴본 強度減少率은 PEG의 注入에 따라 增加하는바 PEG의 注入時間의 經過에 따른 各種 強度의 減少狀態는 그림 13, 14, 15와 같다. 各樹種別 減少速度는 거의 同一한것으로 나타났다.

4.4 其他의 性質

6樹種에 對한 PEG의 處理結果 物理的, 機械的 모든 性質의 變化가 일어나며 이와같은 變化는 高分子의 注

表 5. PEG 處理材의 其他特性

Tab. 5. The other characteristics of PEG impregnated woods.

樹種 Species	理論最大含浸量 (%) Theoretical max. polymer loading	高分子注入率 (%) Polymer loading	細胞壁內高分子 注入率 (%) Polymer loading in cell wall	細胞腔內高分子 注入率 (%) Polymer loading in cell lumen	高分子注入效果 (%) Effectiveness of polymer loading
서어나무 <i>Carpinus laxiflora</i>	77.16	57.07	0.56	56.51	73.96
층층나무 <i>Cornus controversa</i>	111.68	68.77	0.43	68.34	61.58
고로쇠나무 <i>Acer mono</i>	90.25	59.99	0.44	59.55	66.47
가래나무 <i>Juglans mandshurica</i>	128.09	51.94	0.58	51.36	40.55
졸참나무 <i>Quercus serrata</i>	75.09	56.33	0.41	55.92	75.02
산벚나무 <i>Prunus sargentii</i>	95.12	63.99	0.53	63.46	67.25

入 効果 및 注入된 高分子의 細胞內 分布에 따라 큰 影響을 받게 된다.

表 5는 木材內 PEG-400의 分布狀態 및 그 注入效果를 要約한 結果이다. 樹種別 理論最大 注入量은 木材의 比重 혹은 密度 및 注入 高分子의 密度에 따라 달라지며 따라서 가래나무는 128.09%의 가장 높은 理論 注入量을 나타내고 있으며 比重이 큰 졸참나무는 75.09%의 낮은 값을 보여주고 있다. 이 理論最大 注入量에 對한 實在 PEG 注入率과의 比를 高分子 注入效果로 나타내었는바 졸참나무, 서어나무의 注入效果가 上位를 차지하였고 가래나무는 40.55%로써 가장 낮았으며 나머지 3樹種은 서로 비슷하였다. 또한 高分子의 細胞內 分布가 注入 高分子種類에 따라 달라지는데 本實驗에서의 PEG-400은 細胞壁內 注入率이 樹種間에는 큰 차이가 없이 0.41~0.58%의 範圍로 매우 낮은 反面, 거의 大部分의 PEG가 細胞腔內에 注入되었는바 51.36~68.34%의 높은 값을 보여주었다.

한마디로 PEG-400은 40.55~75.02%의 注入效果로써 比較的 좋은 浸透安定劑로서의 結果를 주고 있으나 分子量이 너무 낮아 많은 強度減少를 結果하므로 處理에는 注意를 기울여 하리라고 본다.

5. 結 論

5.1 木材內 PEG의 注入率은 處理時間에 따라 增加하였으며 特別 20°C의 注入보다는 60°C處理의 注入速度가 빨랐다. 樹種別로는 比重이 적은 층층나무의 注入率이 68.77%로써 가장 높았고 比重이 큰 졸참나무는 56.33%로써 매우 낮은 注入率을 보여 주었다.

5.2 木材를 PEG로 處理함으로써 그 物理的 性質이 改善되는바 PEG 注入效果에 따라 比重이 增加하였으며 高分子 注入效果 60%까지는 氣乾比重이, 65% 以上の 注入效果에서는 絶乾比重의 增加率이 높았다. 絶乾比重 增加率은 5.36~13.16% 範圍였으며 樹種別로는 졸

참나무가 가장 높았고 가래나무가 제일 낮았다. 또한 吸水減少率은 注入效果와 함께 增加하였으며 60% 以上の 高分子 注入效果에서는 急激한 增加現象을 보여 주었다. 樹種別로 살펴보면 졸참나무가 65.32%, 층층나무가 45.39%로써 가장 낮은 吸水減少率을 나타냈다. 容積膨脹率 역시 PEG 注入率에 따라 거의 直線的인 增加現象을 보였으며 14.98~19.55%의 比較的 均一한 膨脹率을 나타냈다.

5.3 抗收縮率, 抗膨脹率 모두 高分子 注入效果에 따라 增加하였으며 60% 以上の 注入效果에서는 급격한 增加現象을 볼수 있었다. 斷面별로는 觸斷面이 徑斷面보다 다소 높은 값을 보여 주었고 樹種別로는 抗收縮率에 있어서 서어나무와 졸참나무가 58.87%, 69.97%로 上位그룹 이었고 층층나무, 고로쇠나무, 가래나무는 30% 전후였다. 抗膨脹率도 졸참나무가 73.76%(觸斷面)로써 가장 優秀하였고 층층나무, 고로쇠나무, 가래나무는 34% 전후였다.

5.4 PEG處理는 다른 高分子에 의한 複合體製造時와는 달리 注入率에 따라 모든 機械的 性質의 減少를 結果하였는바 壓縮強度는 11.41~22.90%, 韌強度는 22.61~34.35%, 引張強度 22.83~36.83%의 強度減少率을 結果하였으며 引張強度의 減少率이 좀 높게 나타났다.

5.5 注入된 PEG는 99.9%가 모두 細胞腔에 注入되어 있었고 細胞壁內 注入率은 0.41~0.58%程度였다.

가래나무를 除外하고는 61.58~75.02%의 높은 注入效果를 주어 PEG-400의 浸透安定效果를 認定할 수 있었다.

引用 文獻

1. Backeland, L.H., 1909, The synthesis, constitu-

- tion, and uses of bakelite. Jour. Ind. & Eng. Chem., 1: 149-161.
2. Bodig, J., 1968, Transverse mechanical properties of Douglas-fir treated with organic liquids. I. Dimensional change. Holzforschung, 22: 44.
 3. Bryant, B.S., 1966, The chemical modification of wood from the point of view of wood science and economics. FPJ, 16(2): 20~27,
 4. Casin, R.E., 1966, Chemical treatment minimizes the cracking of wood carvings. Wood Pres. Div. Rep. 1(2): 1.6-7.10, Philippines.
 5. Cech, M.Y., 1968, Dimensional stabilization of tree cross-sections with PEG. Can. Dep. Fish. For., Publ. No. 1224.
 6. Cho, N.S., J. Jo & W.Y. Ahn, 1974, On the characteristics of composites made from monomer MMA and several commercial woods in Korea. Wood Industry, 2(3): 3-16, Korea.
 7. Chudnoff, M. & E. Goytia, 1967, Dimensional stabilization of tropical hardwoods with PEG. Turrialba, 17(2): 208-214.
 8. Dawson, R.E., E.G. Usher & H. L. Mitchell, 1962, Stabilized wood gunstocks in marine corps marksmanship competition, USDA, For. Ser. FPL, Rep. 2245: 1-11.
 9. Englerth, G.H. & H.L. Mitchell, 1963, New horizons in bowl turning. FPJ, 13(2): 48-49.
 10. Hallock, H. & E. Bulgrin, 1972, Stabilization of hard maple flooring with PEG-1,000, USDA, For. Ser., FPL, Rep. 187: 1-8.
 11. Kenaga, D.L., 1963. Effect of treating conditions on the dimensional behavior of wood during PEG soak treatments. FPJ, 13(8): 345-349.
 12. _____, 1966. Unusual Chemical improves wood properties. *ibid.* 16(12): 21-26.
 13. Loughborough, W.K., 1948, Its effectiveness and present status, USDA, For. Ser., FPL. Rep. 1721: 13.
 14. Meriluoto, J., 1969. Impregnation of birch veneer with PEG. Pap. ja Puu., 51(3): 213~218
 15. Merz, R.W. & G.A. Cooper, 1968, Effect of PEG on stabilization of black oak blocks, FPJ, 18(3): 55-59.
 16. Mitchell, H.L. & E.S. Iversen, 1961. Seasoning green wood carvings with PEG-1,000, *ibid.* 11(1): 6-7.
 17. _____ & E.W. Fobes, 1962, Protect imported carvings with PEG. *ibid.* 12(10): 476~477.
 18. _____ & H.E. Wahlgren, 1959, New chemical treatment curbs shrink and swell of walnut gunstocks. *ibid.* 9(12): 437~441.
 19. _____, 1972, How PEG helps the hobbyist who works with wood. USDA, For. Ser. FPL Rep.
 20. Moren, R., 1965, PEG impregnation of wood and its effect in wood drying and wood working, Holz als roh-und werk-stoff, 23(4): 142-152.
 21. _____, 1966, Dimensional stabilization of plywood & veneer. Wood, 31(8): 40-42.
 22. Murajama, T., 1971, Wooden and inorganic materials-plastic composites. Synthetic Resin, 17(9): 37-43, Japan.
 23. Nanno, T., S. Mishima & T. Okni, 1965, Studies on the treatment of timber with PEG. Wood Industry 20(4): 19-25, Japan.
 24. Oberg, J.C. & R. Hossfeld, 1960, Hydrogen bonding and swelling of wood in the dioxane-water system, FPJ, 10: 369.
 25. Pankiewicz, E.R., 1968, Control of shrinkage in Australian timbers. Div. For. Prods. Tech. Pap. No.54: 12, CSIRO, Australia.
 26. Pyun, H.C., & W.M. Lee, 1970, Most-R-70, 62-CH.
 27. Sadoh, T., 1967. The dimensional changes of wood during PEG treatment and some elastic properties of wood. Mokuzaï Gakkaishi, 13(2): 41-45, Japan.
 28. _____, 1968, Mechanism of dimensional stabilization of wood by treatment with PEG. Mokuzaï Gakkaishi, 14(7): 347-352, Japan.
 29. _____ & M. Hashihira, 1973, A note on the swelling of wood with polyethylene glycols. Bull. Kyoto Univ. For., 45: 227-237.
 30. Sosnina, A.A., B.S. Cudinov & L.L. Kuprienco, 1967. Stabilization of the dimensions of wood by synthetic resins. Drevesina, se zascitai plastiki, Moscow, 17-22.
 31. Stamm, A.J., 1943, Wood & paper-base plastics, USDA, FPL Rpt. R-1438,
 32. _____, 1956, Dimensional stabilization of

- wood with carbowaxes. FPJ, 6(5) : 201-205.
33. _____, 1959, Dimensional stabilization of wood by thermal reactions and formaldehyde cross-linking. Tappi, 41(1) : 38-44.
34. _____, 1959, Effect of polyethylene glycol on the dimensional stability of wood. FPJ, 9(10) : 375-381.
35. _____, 1964. Factors affecting the bulking and dimensional stabilization of wood with polyethylene glycols. *ibid.* 14(9) : 403-408.
36. _____, 1964, Swelling in aqueous solutions and nonaqueous liquids, Wood and Cellulose Science, Ronald Press, Co., N.Y. p.249.
37. _____, 1964, Wood and Cellulose Science. Ronald Press, Co., N.Y. p.252.
38. _____, 1964. Dimensional stabilization, *ibid.* 312-342.
39. _____, 1968, Penetration of cell walls of water saturated wood and of cellophane by polyethylene glycols Tappi 51(1) : 62.
40. Taneda, K.&I. Hasegawa, 1970, Impregnation & polymerization of MMA on native woods. J. Hokkaido For. Prods, Res, Ins. 7 : 15-20.
41. 長澤長八郎, 白石信夫, 中神照太 1972, 木材と溶媒の相互作用(第1報). 木材の膨潤と溶媒置換, 木材學會誌, 18, 175.