

# 樹脂의 電氣滲透에 의한 木材強度 增大에 關한 研究

朴 永 觀 • 金 甲 德

서울대학교 農科大學

## Studies on Increase of Timber Strength with Electric Osmosis of Resin

Park Young Kwan and Kap Duk Kim

College of Agriculture, Seoul National University

### SUMMARY

In order to see a possible strengthening of much injection of synthetic resin into timber by way of electric osmosis, Authors examined the change of the bending strength of the sample timber piece after being injected.

1. Three kinds of sample tree species, *Pinus rigida*, *Magnolia* and *Populus* were used and the size of the sample timber pieces was  $30\text{mm} \times 30\text{mm} \times 330\text{mm}$ .

2. Each of the electric osmosis was made with 250V of D. C. voltage and 0.01 A/cm<sup>2</sup> of the current for 2 hours and the experimenter hardened the injected resin by putting the sample in an oven of  $120^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  temperature for 24 hours.

3. The size of the test sample piece for bending strength measurement was  $20\text{mm} \times 20\text{mm} \times 320\text{mm}$  and Amsler type universal timber test machine was used for the measurement.

4. The strength difference between treated and untreated samples was as follows.

<i>Pinus rigida</i>	High sig.
<i>Magnolia</i>	None sig.
<i>Populus</i>	Sig.

### 緒 言

우리나라의 現林木蓄積은 尙 當 10 m<sup>3</sup>程度로서 先進國과 比較할때 極히 貧弱하여 木材需要를 充足시키지 못하고 있다. 따라서 必然的으로 木材의 代用材의 開發과 木材의 壽命延長의 方案이 究明되어야 할 것으로 생각된다. 또한 現在까지 價格面 또는 使用面에서 質

의 不良으로 因하여 利用하지 못하였은 木材의 強度와 外樣을 改善하여 이를 使用可能케 하므로서 木材需要의 一部를 充當시켜 林業經營의 合理化를 期할 수 있다고 하겠다.

木材는 乾重의 99% 假令이 有機物로서 主成分인 纖維素, Hemicellulose, Lignin과 副成分인 樹脂, 糖, 色素, Tannin 및 粗蛋白質과 1~2%의 灰分으로 되어 있어 長時日이 經過되는 동안에 腐朽하고 虫害를 받을

뿐만 아니라 風化 또는 機械적으로 磨耗되므로 이와같은 缺點을 改善 補充하고자 數종의 防腐劑를 開發되어 處理하고 있다.

藥劑의 滲透狀況은 木材의 特性에 따라 處理藥劑의 敏應 濃度 및 劑種에 따라 相異하며 木材 全體에 均一하게 滲入하지 못하고 表面에만 또는 表面下의 一部에만 處理되는 것이 常例이었다. 他合成樹脂의 木材處理가 그러하듯이 이 Phenol-formaldehyde Resin의 木材注入後 이 樹脂의 -OH基가 木材中 澱素素類 lignin의 遊離 -OH基와 化學結合을 하여 木材의 吸濕性を 本質적으로 改善하게 된다. 樹脂含有率이 많으면 Dimensional Stability도 꼭 좋아서 Antishrink Efficiency (A. S. E.)가 50以上으로 上昇하고 또 P-f樹脂處理木材는 Impreg, Compreg, Staypack의 順序로 Bending Strength(上)가 增加하는 傾向이 있고 其他의 性質도 좋아지는 傾向이다. P-f樹脂의 處理木材는 木材의 防腐効果面에서 볼때 Resin Retention이 95g/m<sup>3</sup>일 때 다른 防腐劑보다 使用壽命이 긴 便宜하고 無處理材에 比하여 約3倍로 試驗壽命이 길다.

乾燥하지 않은 原木의 兩端에 纖維方向과 直交하게 板狀 電極을 附着시키고 直流電壓을 加하였을 때 木材는 材質內의 含有水分이 陰電荷를 가지게 되므로 電氣滲透에 의하여 木材中의 水分은 陽極쪽으로 移動하여 樹液이 浸出하게 된다. 이때 陰極에 注入液(藥劑)을 適當한 方法으로 滴下하면 木材內에 浸入하여 木材內에 藥劑를 채우게 된다. 이러한 電氣滲透法을 利用하여 木材의 樹液을 除去하고 電解質로 置換한後 液體의 滲透는 全面에 걸쳐 일어나지만 均一하지 못하고 또 浸透方向에 따라 다르며 電氣傳導성은 處理中 不規則하게 變한다 壽限의 經過함에 따라 大體로 增加해 온다. 흐르는 電流는 試驗處理 供試材의 1cm<sup>2</sup>當 0.01A範圍이고 溫度는 70~80°C일때 가장 좋은 滲透를 보인단다.

元來 切乾狀態의 木材는 아주 좋은 電氣絶緣體이다. 含有水分이 增加함에 따라 絶緣性を 減少하고 纖維泡和結以上으로 되면 絶緣體라고 할수 없을 程度로 電氣抵抗이 떨어져서 電氣抵抗과 含有水分과는 相關關係가 成立된다. 一般으로 木材의 直流抵抗은 溫度에 反比例하여 減少하며 이것은 木材의 樹種에 따라 큰 差는 없으나 木材의 比重이 크면 電氣抵抗은 적게 되는 傾向이 있다. 또 木材의 電氣傳導는 纖維方向에 平行할때 가장 높고 春材部와 같이 木材의 纖維質이 많을때 낮은 傾向이 있다. 木材의 電氣傳導가 含有水分에 의하여 가장 큰 影響을 받는 것이 事實이다. 純粹한 물은 電

氣抵抗이 極히 낮은 電氣傳導性을 가진다. 木材中의 水分은 多분히 電解質을 含有하며 均一한 電氣傳導性을 보지 못한다. 影響을 받는다고 할수 있다. 樹液含有水分이 濃度가 對數적으로 增加함에 따라 電氣傳導性은 對數적으로 增加하여 온다. (Fig. 1)의 例을 보자.

以上과 같은 試驗을 觀察한 結果는 Phenol-formaldehyde Resin의 電氣滲透에 의하여 木材의 性質이 크게 注入木材의 材質强度 試驗을 實施한時 이므로 그 結果를 다음에 記述하고자 한다. 本試驗은 서울 大學校 學術研究財團 研究費에 의하여 이루어졌으며 本研究 遂行에 있어 特別히 協助해 준 서울大學校 農科大學 安元榮教授 및 山林廳 林業試驗場 趙在明行長에 대해 甚深한 謝意를 表한다.

## 材料 및 試驗方法

### 1. 試驗材料

#### 1) 供試樹種

- 1) Pinus rigida Miller
- 2) Magnolia Obovata Thunb
- 3) Populus euramericana (Gmelin)

#### 2) 供試樹種의 試片

- 1) Pinus는 樹齡은 20年이고 樹高試片은 樹高의 20%인 試片
- 2) Magnolia는 15年이고 樹高試片은 樹高의 15%인 試片
- 3) Populus는 10年이고 樹高試片은 樹高의 20%인 試片 使用하였다.

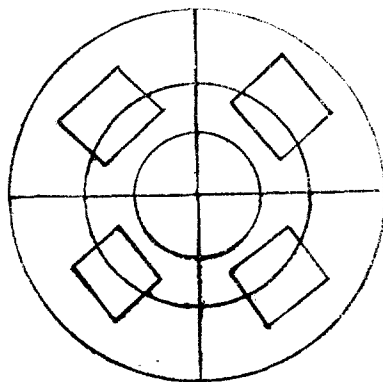


그림 1. 供試片 採取位置

Fig. 1. Places where samples were taken.

c. 供試材의 採取와 크기

供試材의 採取는 立木을 伐探하여 地上 80cm以下는 버리고 그보다 높은 部位의 原木에서 길이 35cm사이에 송이가 없는것을 選定 製材하여 供試片을 만들었다.

供試片은 그림 1에서 보는 바와 같이 髓心을 避하고 年輪과 接하는 位置에서 採取하였는데 그 크기는

30mm×30mm×330mm로 統一하였다.

d. 供試片의 貯藏

製作된 供試片은 Polyethylene 封套를 만들어 그 속에 넣어 封하여 冷暗所에 貯藏하고 곧 試驗에 臨하였다. 卽 많은量의 供試片을 製作 貯藏하는 것이 아니고 2~3日間 試驗할 量만큼 製作 保管하였다.

e. 供試 樹脂의 合成

供試 合成 樹脂는 Phenol-formaldehyde Resin으로 서 Formalins(37%) 1.5, Phenol 1.0, 苛性소다. 0.3의 比率로, Formalin과 Phenol를 加하여 Phenol이 融解된 後 NaOH를 少量의 물에 溶解시켜서 加하고 65±2°C의 Water bath上에서 2.0~2.5時間 反應시키고 서 冷水로 常溫까지 冷却시킨 後 4°C以下의 冷藏庫에 넣어 貯藏하였다.

2. 試驗方法

A. 樹脂處理 試驗

1. 使用電壓

Selenium整流器(0~250V, 3Kw)를 使用하여 100V의

單相交流 電流를 整流, D.C. 150V를 얻어 處理 電壓으로 하였다. 그리고 處理 電極으로서는 Stainless steel #28을 使用하였다.

2. 試驗裝置

合成樹脂 注入處理 裝置를 그림 2와 같이 考案 製作하여 供試片을 그림 2와 같이 附着시키고 合成樹脂의 물을 滴下하여 2時間동안 處理하였다.

또 電極과 試片사이에는 4~5mm두께로 脫脂綿層을 두어 合成樹脂와 水分을 잘 保有하도록 하였다.

處理時間을 2時間으로 한것은 豫備試驗에서 時間을 달리한 處理에서 2時間處理가 가장 좋은 成績을 나타냈기 때문이다. 試片이 길어질수록 處理時間도 延長되어야 한다.

3. 試驗樹脂 滴下速度

樹脂滴下 速度는 每分當 3ml 内外로 調節하여 試驗片 末口에 新鮮한 樹脂가 恒常供給되도록 하였다.

4. 樹脂硬化處理

合成樹脂를 注入한 供試片을, 注入 樹脂의 硬化를 促進시키기 爲하여 24時間동안 120±2°C의 Oven에 넣어 處理하였다.

B. Bending strength의 試驗

Bending strength를 試驗하기 爲하여 合成樹脂 處理 供試材와 無處理供試材는 重量, 收縮을 算出키 爲

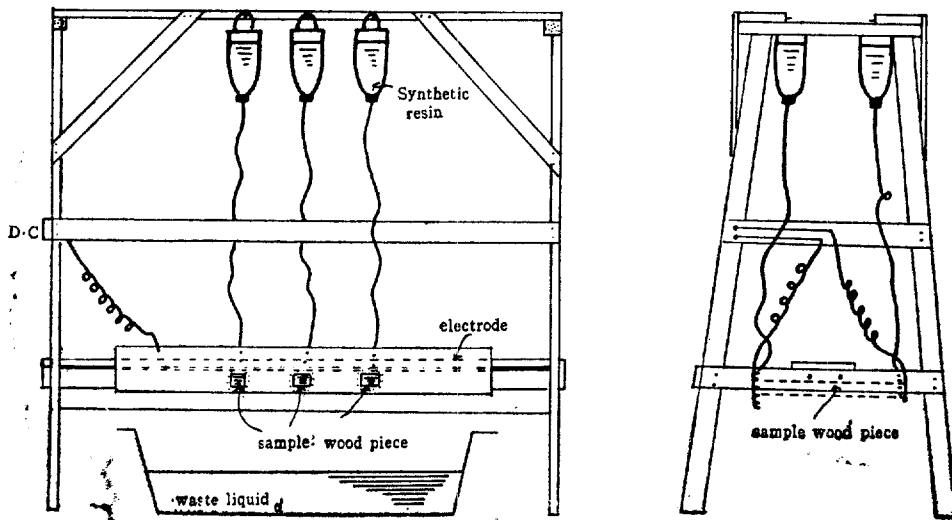


그림 2. 합성수지 주입장치

Fig. 2. The injection apparatus of synthetic resin.

한 길이 등을測定한 後 Span 280mm로 Bending strength를測定할 수 있는 供試片을 만들었는데 그 크기는 20mm×20mm×320mm로 하였다. Bending strength의 測定은 山林廳 林業試驗場에 備置되어있는 Amsler式 木材萬能試驗機(cap. 20 ton)로써 最大荷重을 500kg로 하고, 每分 平均 荷重速度는 150kg/cm<sup>2</sup>로 距離로 換算하여 1mm/分 을 使用하였다.

### 5. 木材收縮率

生材 供試片을 基準하여 樹脂處理後의 收縮率을 算

出하였는데 이것은 韓國工業規格 木材의 收縮率 試驗 方法에 準하여 다음式에 依하였다. (表1參照)

$$\text{收縮率(\%)} = \frac{\ell_1 - \ell_2}{\ell_1} \times 100$$

但  $\ell_1$  = 生材長(0.01mm까지 測定)

$\ell_2$  = 處理後 切乾時의 길이

(0.01mm까지 測定)

### 6. 含水率

供試材의 含水率은 다음式에 依하여 算出하였는데

Table 1. Characteristics of wood samples treated with synthetic Resin.

Division Kinds of trees	Moisture content ratio (%)		Shrinkage ratio (%)			
	Treated wood	Untreated wood	Treated wood		Untreated wood	
			T	R	T	R
Pinus rigida	56.1	56.1	7.69	3.60	7.12	5.01
	55.2	57.3	7.30	5.10	6.74	4.62
	56.3	53.6	7.41	5.46	6.50	4.50
	59.2	59.7	6.76	2.86	6.45	3.52
	60.6	62.3	5.36	4.80	4.73	1.18
	58.6	63.6	6.50	4.36	7.10	4.40
Average	57.7	58.8	6.92	4.36	6.45	3.77
Magnolia obovata	69.0	64.1	5.54	3.60	7.60	5.82
	64.9	75.1	7.76	7.47	5.82	4.34
	58.0	66.2	5.00	4.00	6.17	4.38
	66.2	79.2	7.84	5.80	6.83	3.57
	77.0	68.8	6.06	4.67	6.56	4.24
	67.0	82.3	7.60	5.80	6.62	4.96
Average	65.4	72.6	6.63	5.19	6.61	4.55
Populus euramericana	47.7	49.1	5.63	6.20	5.16	6.68
	48.5	52.4	6.77	5.20	5.49	5.69
	49.7	48.1	8.76	3.84	5.87	4.72
	46.2	49.1	6.54	4.50	10.31	5.16
	46.2	54.0	5.36	3.50	8.18	6.15
	46.2	50.6	6.64	4.37	7.02	1.74
Average	47.4	50.6	6.62	4.61	7.01	5.07

※ T: Tangential R: Radial

Every numeral value is average of three values.

Table 2. Bending strength(kg/cm<sup>2</sup>) of Pinus rigida.

Division Repetition	Treated wood sample	Untreated wood sample
1	1,292.7	1,067.4
2	1,158.2	353.5
3	1,060.1	430.1
4	1,028.2	242.5
5	1,097.3	630.7
6	660.2	428.4
average	1,049.5	525.4

Every strength value is avrage of three.

Table 3. Bending strength(kg/cm<sup>2</sup>) of Magnolia obovata.

Division Repetition	Treated wood sample	Untreated wood sample
1	1,117.5	969.1
2	1,099.1	1,061.8
3	1,006.6	824.5
4	990.0	824.5
5	975.8	1,037.0
6	981.3	980.3
Average	1,028.4	977.8

Every strength value is average of three.

Table 4. Bending strength(kg/cm<sup>2</sup>) of Populus euramericana.

Division Repetition	Treated wood sample	Untreated wood sample
1	823.7	902.0
2	1,104.5	569.9
3	989.8	504.5
4	877.0	456.4
5	833.2	774.1
6	726.4	847.9
Average	892.4	675.5

Every strength value is average of three.

樹脂를 處理하고 硬化시킨後 重量을 求하여 算出하였다. (表 1參照)

$$\text{含水率}(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100$$

但  $W_1$  = 生材重量(0.1g 까지 測定)

$W_2$  = 處理後 切乾時의 重量  
(0.1g 까지 測定)

B. Bending strength의 試驗

供試片을 破壞하는 最大破壞荷重을 다음式에 依하여 試驗하였는데 그 結果는 表 2, 3 및 4와 같다.

$$B.S(kg/cm^2) = \frac{PL}{AZ}$$

但  $P$  = 最大荷重(kg)

$L$  = span (cm)

$Z$  = 斷面係數  $\left( \frac{bh^2}{6} \right)$

$b$  = 供試材幅

$h$  = 供試材高

## 考 察

### 1) 含水率

供試材는 伐木直後의 生材로서 含水率은 다음表와 같이 均一하여 電氣滲透에 適當하였다.

供試材의 含水率(%)

樹 種	範 圍	平 均
리 기 다	55.2~60.6	57.7
日本木蓮	58.0~69.0	65.4
포 푸 라	46.2~49.7	47.4

### 2) 收縮率

一部 이태리포푸라를 除外하고는 縱斷面의 收縮率이 徑斷面의 收縮率에 比하여 크게 나타났으나 分散分析 結果 5%의 有意水準에서 有意差가 나타나지 않았다. 이제 各樹種의 收縮率에 關한 分散分析結果를 보면 다음과 같다.

① 리기다소나무에 있어서는

축단면 none sig.

경단면 none sig.

② 日本木蓮에 있어

軸斷面 none sig.

徑斷面 none sig.

③ 이테리포푸라에서

軸斷面 sig.  
徑斷面 none sig.

이다. 一部 이테리포푸라는 收縮率의 徑斷面에서 높게 나타났으나 이는 供試材에 Tension wood가 混在하여 不均一한 收縮을 한때문인 것으로 생각된다. 合成樹脂 Phenol-formaldehyde Resin 處理木材의 生材로부터 全乾까지사이의 收縮은 普通材에 比하여 別다른 差異點은 없으나, 大氣狀態에서 또는 水中浸漬試驗으로 吸收率을 다시 測定하여보면 處理材와 比較材間에 差異가 있을 것으로 推測된다.

3) 靱強度

가. 리기다소나무 處理供試材의 靱 強度가 660.2~1292.7(kg/cm<sup>2</sup>)이고 平均 1,049.51(kg/cm<sup>2</sup>)인데 比較하여 比較材의 그것은 242.5~1,067.4(kg/cm<sup>2</sup>)로 平均52.4(kg/cm<sup>2</sup>) 이었으며 表에서 보는바와 같이 이들 靱 強度間에는 高度의 有意差가 있었음을 볼수있다.

分散分析表 (리기다소나무인 경우)

要 因	S.S.	df	M.S.	F
處理(A)	818,770.59	1	818,770.59	13.0
誤差(E)	629,225.97	10	62,922.59	
全變動	1,447,996.56	11		

F 0.05=4.96  
F 0.01=10.04

나. 日本木蓮의 靱 強度는 P-f樹脂處理 供試材가 最低 975.8 (kg/cm<sup>2</sup>)이었으며 比較材의 強度가 最低 824.5(kg/cm<sup>2</sup>)最高 1,062.8(kg/cm<sup>2</sup>)로 다음 表와 같이 有意差가 나타나지 않았다.

分散分析表(日本木蓮인境遇)

要 因	S.S.	df	M.S.	F
處理(A)	7,375.50	1	7,375.50	1.58
誤差(E)	62,725.05	10	6,272.50	
全變動	70,100.55	11		

F 0.05=4.96  
F 0.01=10.54

다. 이테리포푸라는 P-f 樹脂處理 供試材의 強度가

最低 726.4(kg/cm<sup>2</sup>), 最高 1,1045(kg/cm<sup>2</sup>)이고 平均이 892.4(kg/cm<sup>2</sup>)이며 比較材의 그것은 最低 456.4(kg/cm<sup>2</sup>)最高 902.0(kg/cm<sup>2</sup>)로서 分散分析 結果 5% 水準에서 有意差가 있었다.

分散分析表(이테리포푸라의 境遇)

要 因	S.S.	df	M.S.	F
處理(A)	143,817.36	1	143,817.36	5.87
誤差(E)	245,086.88	10	24,508.69	
全變動	397,904.24	11		

F 0.05=4.96  
F 0.01=10.04

위에서 보는바와 같이 3個 供試材中 針葉樹인 리기다소나무에 있어서 處理材와 比較材間에 靱 強度(最大荷重)에 高度의 有意差가 있었으며 闊葉樹 2個 樹種中 일본목련나무는 靱 強度의 差異에 有意差가 없었고 이테리포푸라가 5%水準에서 有意差가 있었다.

이테리포푸라의 靱의 Young係數를 JIS A1007 規格에 依하여 計算하면 處理材는 617.13kg/cm<sup>2</sup>, 無處理材는 618.00kg/cm<sup>2</sup>로 大差없으나 靱의 比例限度는 處理材 498.7kg/cm<sup>2</sup>, 無處理材 351.7kg/cm<sup>2</sup>로서 兩者間에 큰 差異가 있음을 알수있다.

摘 要

木材에 合成樹脂를 注入시키는데 電氣滲透法을 適用하여 實地로 注入 可能한 가를 實驗하고 注入後 供試材의 靱強度의 變化를 考察한 것이다.

1. 供試樹種은 리기다소나무, 일본목련, 이테리포푸라이다.
2. 供試片의 크기는 30mm×30mm×330mm 이다.
3. 直流電壓 250V, 使用電流 1cm<sup>2</sup>當 0.01A로 2時間 處理한 後 120±2°C의 Oven에 넣어 24時間 硬化處理하였다.
4. 靱 強度 測定의 試片은 20mm×20mm×320mm로 하고, Amsler式 木材萬能試驗機를 使用하였다.
5. 處理材와 比較材間의 強度의 有意差는 다음과 같다.
  - a. 리기다소나무에 있어서는 高度의 有意差가 있었다.

- b. 일본목련에 있어서는 有意差가 나타나지 않았다.
- c. 이테리포푸라에 있어서는 5%水準에서 有意差가 있었다.

### 參 考 文 獻

1. Blew, J. D. and. Davidson, H. L. 1964. Comparison of Preservatives in Stake Tests U. S. D. A. Forest Service.
2. 電氣化學協會. 1953. 電氣化學便覽, 丸善.
3. 梶田茂編. 1962. 木材工學, 産業圖書, 665--680.
4. 加藤二郎. 1939. 界面電解, 共立社, 46--48.
5. 木材加工技術協會. 1958. 木材保存 Hand Book, 産業圖書.
6. 林業試驗場. 1958. 木材工業 Hand Book 産業圖書 533--536.
7. 상공부표준국. 1963. 한국공업규격, K. S. F. 220-1.
8. " " " K. S. F. 220-2.
9. 상공부표준국. 1963. 한국공업규격, K. S. F. 220-3.
10. " " " K. S. F. 220-8.
11. 심중섭譯. 1963. 목재방부학, 교과서 주식회사, 28--108.
12. 東京大學農學部 木材理學實驗室編. 1956. 木材理學及加工實驗書, 産業圖書, 167--174.
13. 東京大學農學部 林産化學實驗室編. 1956. 林産化學實驗書, 産業圖書, 226--232.