

# 補強材料를 添加한 톱밥보드의 物理的 性質에 關한 研究 \*1

李 弼 宇 \*2 朴 憲 \*2

## A Study on the Physical Properties of Sawdust- Board Combined With Reinforce Material \*1

Phil Woo Lee \*2 · Heon Park \*2

### Summary

This experiment was carried out to improve the physical and mechanical properties of sawdust-board by combining with reinforce material, that is, plastic wire screen and steel wire screen. In experiment results, the density of sawdust-board reinforced with three steel wire screens was highest and its bending strength was also highest. Wastepaper-5% mixed sawdust-board showed as high bending strength as other boards, and therefore the possibility of using wastepaper as raw materials for boards. The sawdust-board with steel wire screen was not ruptured immediately after having been deformed by static loading. However, plywood showed higher bending strength than the reinforced sawdust-boards.

### 要 約

파티클보드의 短點中 하나인 低韌強度를 改善하고 建築材料로서 開發하기 위한 目的으로, 本 實驗에서는 톱밥보드를 플라스틱網과 鐵網으로 補強시켜 보드의 物理的, 機械的 性質을 改善하고자 하였다. 實驗結果, 密度에서는 鐵網을 3장 構成시킨 보드가 가장 높은 값을 나타내었고, 휨강도에서도 密度가 가장 높았던, 철망을 3장 構成시킨 보드가 가장 높은 값을 보였다. 古紙를 섞어서 만든 보드도 다른 보드와 비슷한 強度를 보여 古紙混用보드의 可能性을 나타냈다. 鐵網을 構成시킨 보드는 靜荷重에 依해永久變형이 發生되어도 쉽게 파괴되지 않는 現象을 보였다. 補強된 보드와 合板과의 強度의 性質을 比較해본 結果, 補強된 보드보다 合板이 훨씬 높은 水準을 보였다.

지 加工過程을 거친다. 우선, 벌목된 原木은 가지치기를 實施한 다음, 일정한 길이로 造材하여 用途에 따라 製材工場 및 加工工場으로 옮겨진다. 제재공장과 가공장에서 原木은 일정한 形態로 제재 또는 加工되는 데, 이러한 過程을 거치는 동안 廢材로 相當量的의 제재 톱밥과 죽대기 등이 發生한다.

그러나, 톱밥의 경우에 있어서는 製材鋸의 種類에 따라서 發生形態가 各各 다르기 때문에 이를 活用하는 面에 있어서는 問題點이 적지 않다. 파티클보드에 이들 廢材를 利用하는데 있어서는 強度에 미치는 영향이 크므로 지금까지 별로 活用되지 못하였으나 本 研究에서는 파티클보드 製造에 있어서 톱밥파티클을 利用하는 方法을 새로이 開發하므로써 톱밥의 利用效率을 높이고자 하였다.

톱밥은 그 크기가 작고, 특히 길이가 짧아서 보드를 製造하였을 때 그 물리적, 機械的 性質이 매우 떨어진다. 이러한 톱밥보드의 問題點을 補完하기 위한 方案으로 톱밥보드內에 플라스틱網이나 鐵網을 構成시켜 物理的, 機械的 性質을 改善하고자 하였으며, 또한 톱

### 1. 緒 論

木材는 伐採한 다음 實生活에 利用되기까지 여러가

\*1. Received for Publication on April 27, 1983.

\*2. 서울대학교 農科大學, College of Agriculture, Seoul National University

법에 古紙를 섞어서 보드를 製造한 後 物理的, 機械的 性質을 조사하여 古紙混用 可能性을 아울러 조사하기로 하였다.

## 2. 研 究 史

파티클보드가 가지고 있는 短點중에서 代表的인 것이 翳강도가 낮다는 것이다. 이러한 低翳강도를 向上시키고, 파티클보드를 建築用材로 開發하기 위한 노력이 계속되어 왔다.

Klauditz (1952), R. L. Geimer (1978, 1980)는 파티클에 方向性을 주어 보드를 製造하면 파티클보드의 翳강도를 向上시킬 수 있다고 主張하였으며, A. B. Anderson (1974), 李弼宇 (1982) 등은 파티클보드의 表·裏層에 強度가 높은 木材파티클을, 中層에는 強度가 낮은 樹皮를 構成시켜 製造한 보드가, 層間에 區別없이 混合하여 製造한 보드보다 높은 翳강도를 보인다고 발표하였다.

J. Dobbin McNatt (1977, 1978)은 파티클보드의 表·裏層에는 길이와 幅이 큰 파티클을, 中層에는 작은 파티클을 使用하여 훌륭한 翳강도를 얻었다고 발표한 바 있으며, R. L. Geimer (1979)는 파티클보드 製造時 보드두께에서 發生하는 密度傾斜(density gradient)를 利用하면 表·裏層에 高密度가 생겨 "I-beam"과 같은 效果를 發生시킬 수 있다는 사실을 근거로 한 實驗을 실시하였다.

M. O. Hunt (1979) 등은 表·裏層에 폭과 길이가 큰 파티클을 使用하되 方向性을 주고, 中層에는 크기가 작은 파티클을 方向性 없이 製造한 보드에서 翳강도 向上을 꾀한 바 있다.

上記와 같은 研究結果, 독일에서는 最近에 方向性을 보드의 表·中·裏層에 各各 다르게 실시하여 훌륭한 翳강도를 갖는 O. S. B. (oriented structural board)를 開發하여 生産하고 있다. 또한 Canada에서는 表·裏層 및 中層까지도 큰 파티클을 利用하여 合板과 비슷한 翳강도를 갖는 waferboard를 開發하여 生産하고 있다.

本 實驗은 上記 研究方法과는 다르게 表·裏層에 補強材를 構成시켜서 翳강도를 增加시키고자 하는 研究의 豫備研究로서 實施되었다.

## 3. 材 料 및 方 法

### 3.1. 材 料

#### 3.1.1 木質材料

本 實驗에서는 一般 파티클보드 工場에서 使用하는 木材 파티클을 代身, 제재소에서 製材時에 發生하는 톱밥을 使用하였으며, 含水率은 12%의 氣乾含水率 狀態로 使用하였다. 톱밥의 크기는 2.38 mm screen을 通過한 것이었다.

보드의 物理的, 機械的 性質과 比較하기 위하여 메란티 3매 合板을 製造하여 使用하였다.

#### 3.1.2 接着劑

實驗에 使用한 尿素樹脂 接着劑는 實驗室에서 製造하였으며, 樹脂率은 59.6%였다. 톱밥에 對한 樹脂 添加量은 톱밥 全乾무게에 對하여 樹脂固型分 10%로 添加하였으며, 製造하고자 하는 모든 보드에 同一量의 樹脂를 添加하였다.

#### 3.1.3 硬化劑

10%  $\text{NH}_4\text{Cl}$  용액을 樹脂液에 對하여 15% 添加하였다.

#### 3.1.4 프라스티크網과 鐵網

프라스티크網은 프라스티크의 굵기가 0.25 mm였으며, 1cm內에 平均 20個의 구멍이 있는 網이었다. 購入한 망은 15×15 cm로 재단한 다음, 지름이 6.15 mm인 펀치(punch)로 48개의 구멍을 일정한 간격으로 뚫어 使用하였다. 鐵網은 울굵기가 0.45 mm로 1cm內에 약 4개의 구멍이 있는 網으로서, 15×15 cm로 재단하여 使用하였다.

#### 3.1.5 古 紙

古紙의 原料로는 인쇄된 新聞用紙를 使用하였으며, 氣乾狀態의 것을 고속회전기로 粉粹하여 fiber 狀態로 만들어 使用하였다.

## 3.2. 實驗方法

### 3.2.1 材料準備

순수한 톱밥보드, 철망이나 프라스티크망을 講成시킨 보드, 古紙混用보드 등 모든 보드의 製造條件을 같게 하였다. 準備된 材料의 條件은 Table 1.과 같았다.

프라스티크網과 鐵網은 같은 方法으로 톱밥보드內에 구성시켰다. 즉, 톱밥보드內에 1장의 網을 넣을 때에는 가운데 構成시켰으며, 2장을 構成시킬 때는 보드두께의 1/3되는 곳에 각각 1장씩 配置하였다. 3장의 경우는 보드두께의 1/4되는 位置에 1장씩 構成시켰다.

古紙를 添加한 보드는 톱밥全乾무게의 5%에 해당하는 古紙를 톱밥代身 섞어서 제조되었다. 使用한 古紙의 含水率은 12%였다.

準備한 合板用 接着劑의 製糊條件은 다음과 같다. 固型分量 45%인 요소 수지접착제에 樹脂液의 무게 5%에 해당하는 밀가루의 量으로 增量한 다음, 밀가루와 같은 무게의 물을 加하고 硬化劑로는 10%  $\text{NH}_4$

Table 1. Furnish preparation condition

Furnish	Condition
Particle	American pine
Particle size	Sawdust (-2.38mm screen)
Board size	15cm(1.)x15cm(w.)x0.6cm(th.)
Target board density	1g/cm <sup>3</sup> (ovendry density)
Resin for board resin content	UF resin (solid content 59.6%) 10% (to ovendry chip weight)
Hardener addition content	NH <sub>4</sub> Cl 10% solution 15% to resin solution
Mat moisture content	20.6%
Veneer thickness	Meranti 2mm
Resin for plywood	UF resin (solid content 45%)

c) 水溶液을 接着劑, 增量材料 및 물을 合한 重量에 對해 10% 加하였다.

### 3.2.2 熱 壓

보드를 製造하기 위하여 다음과 같은 條件으로 熱壓하였다. 熱壓溫度 140℃, 最大壓力 50kg/cm<sup>2</sup>, 熱壓時間 9분으로 同一한 熱壓條件에서 製造하였다. 熱壓 cycle 은 最大壓力에 이르는 時間(closing time) 1分, 最大壓力 維持時間 3分, 解壓狀態에서 1分, 다시 最大壓力으로 올려서 維持하는 時間 2分, 다시 解壓狀態에서 1分, 또 最大壓力으로 올려서 維持時間 1分으로 하였다. (Fig. 1.)

이와 같이 最大壓力狀態와 解壓狀態를 反復한 것은 톱밥의 粒子가 작고, particle 으로서는 含水率이 높은 氣乾含水率의 狀態이므로 熱壓時 보드內에 發生한 過대한 蒸氣壓을 적절하게 排氣시키기 위한 것이었다. 또한 網을 構成시킨 보드는 조금만 보드內에 蒸氣壓이 發生하여도 網을 配置한 部分에 blister 현상이 생기므로 수시로 蒸氣를 排出시킬 必要가 있었다.

16×16cm 크기의 合板을 製造하기 위해서 準備한 單板에 尿素樹脂를 0.038g/cm<sup>2</sup> 塗布한 後, 溫度 120℃, 壓力 12kg/cm<sup>2</sup>으로 2分間 熱壓하였다.

製造된 보드 및 合板을 R. H. 58%, 溫度 20℃의 室內에 15日以上 放置하였다. 韌強도와 含水率 및 密度를 測定하기 위하여 韌強도시험편은 5×15cm, 含水率 및 密度시험편은 5×5cm로 자른 後 8反復으로 測定하였다.

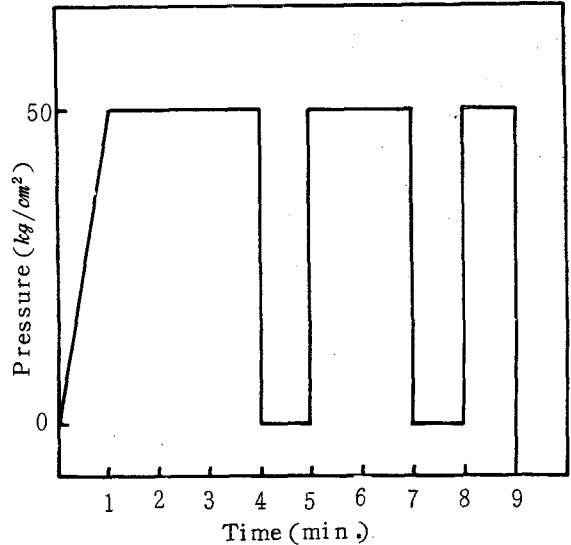


Fig. 1. Board pressing cycle.

## 4. 結果 및 考察

### 4.1. 密度

製造하려는 모든 보드의 全乾密度는 1g/cm<sup>3</sup>이었다. Table 2에 제시된 密度는 氣乾重量/氣乾부피로 계산하여 얻은 값이며, 0.953~1.151g/cm<sup>3</sup>의 變異를 보이고 있다.

比較試驗을 위한 合板의 密度는 一般合板과 비슷한 0.507g/cm<sup>3</sup>로서 보드보다는 훨씬 낮은 값을 보이고 있다.

철망을 構成한 보드는 다른 보드보다 높은 密度를 나타내고 있으며, 특히 2장 및 3장의 철망이 構成된 보드는 Duncan test에서 나타난 바와 같이 가장 높은 값을 보였다. 이와같이 높은 密度를 나타낸 것은 構成된 鐵網의 比重이 목재보다 훨씬 높기 때문이다.

製造한 보드의 密度는 鐵網을 構成한 경우가 철망을 構成하지 않은 보드보다 높아서 보드의 무게도 높은 값을 나타내었다. 따라서 시중에서 일반적으로 사용되고 있는 4×8ft 板狀製品의 크기로 鐵網構成보드를 製造하였을 때 보드의 무게가 무거워서 運送 및 移動 등의 作業에 있어서 일반 파티클보드보다 어려운 점이 있을 것으로 사료된다.

### 4.2. 韌強度

製造한 보드의 韌強도는 Table 3에 나타나 있다. 韌強도는 합판(D)이 보드류 보다 훨씬 높아서 4~5배 가량 되었다.

Table 2. Average values of density of the manufactured products and Duncan test at 95% significance

Manufactured products		p	c	pw			sw			pp	ppw		
				1*	2	3	1	2	3		1	2	3
Density (g/cm <sup>3</sup> )	r a n g e	0.456	0.935	0.895	0.943	0.930	0.947	1.102	1.100	0.933	0.995	0.965	0.922
		-0.562	-1.036	-0.996	-1.019	-1.003	-1.077	-1.199	-1.231	-1.044	-1.050	-1.051	-1.012
	m e a n	0.507	0.970	0.953	0.984	0.954	1.042	1.147	1.151	0.979	1.016	1.001	0.969
Duncan test		sw3	sw2	sw1	ppw1	ppw2	pw2	pp	c	ppw3	pw3	pw1	p

p: plywood, c: sawdust control board, pw: sawdust-board with plastic wire screen, sw: sawdust-board with steel wire screen, pp: sawdust-board with wastepaper, ppw: sawdust-board with wastepaper and plastic wire screen, \* 1, 2, 3: number of wire screen.

Table 3. Average values of bending strength of the manufactured products and Duncan test at 95% significance

Manufactured products		p	c	pw			sw			pp	ppw		
				1*	2	3	1	2	3		1	2	3
Bending strength (MOR) (kg/cm <sup>2</sup> )	r a n g e	564.98	136.51	49.32	117.8	114.18	99.44	139.92	194.99	121.30	136.62	118.3	113.3
		-932.6	-168.74	-182.88	-188.70	-160.32	-177.24	-183.2	-268.75	-150.72	-190.65	-177.45	-158.62
	m e a n	729.60	159.41	122.89	151.59	133.66	137.10	162.80	229.20	146.43	166.66	145.32	141.41
Duncan test		p	sw3	ppw1	sw2	c	pw2	pp	ppw2	ppw3	sw1	pw3	pw1

p: plywood, c: sawdust control board, pw: sawdust-board with plastic wire screen, sw: sawdust-board with steel wire screen, pp: sawdust-board with wastepaper, ppw: sawdust-board with wastepaper and plastic wire screen, \* 1, 2, 3: number of wire screen.

Duncan test 結果를 보면 철망 3장을 構成한 보드 (Sw<sub>3</sub>)가 다른 보드와 有意差있는 强度를 보였다. 특히 그외의 보드는 서로 비슷한 强度를 보였다.

古紙를 섞어서 만든 보드도 기준보드와 有意差없는 强度値를 보였다. Fig. 2.는各 製品의 强度값의 범위와 平均 强度를 나타내었다.

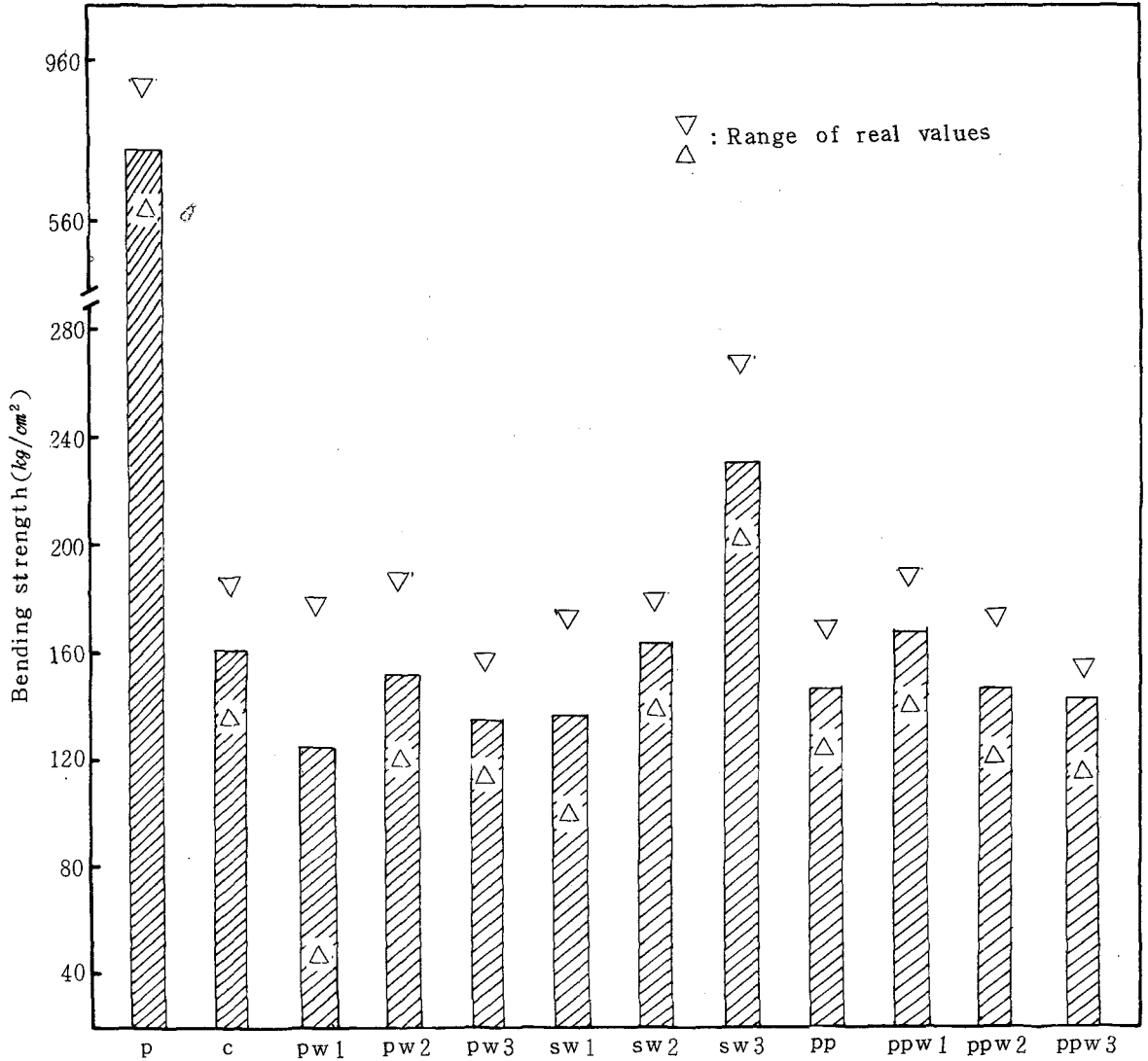


Fig. 2. Bending strength of manufactured plywood and boards.

木材 및 木製品은 荷重에 의해서 永久變型이 생겼다 하더라도 즉시 파괴되는 것이 아니고 그 荷重을 계속 유지하게 된다. 이때 荷重을 增加시키면 더 以上 抵抗할 수 없게 되어 結局 파괴되고 만다. 本 實驗에서 製造한 鐵網으로 構成된 보드는 永久變型이 생긴 後 荷重을 增加시켜도 파괴가 곧 일어나는 것이, 아니라 상당한 變型時間이 지난 後에야 파괴가 되는 現象을 보여 다른 보드와는 다른 양상을 띠었으며 建築材料로서 좋은 특징을 보였다.

또한 本 實驗結果, 프라스틱網이나 鐵網과 木材파티클의 直接的인 結合은 얻기 어렵고 단지 網에 있는 구멍사이로 木材파티클이 서로 接觸하여 接着하게 된다는 사실을 알 수 있었다. 즉, 철망이나 프라스틱망

과 木質材料의 接着이 이루어진 것이 아니라 網과 網사이의 空間에서 서로 맞닿는 木質材料 끼리의 接着이 形成되었다. 따라서, 網의 구멍數와 크기에 따라 接着力이 달라질 수 있으므로 이에 對한 研究가 必要하다고 생각된다.

#### 4.3. 比浬强度(Specific bending strength)

密度는 强度의 性質과 關聯된 重要한 物理的 性質로서 같은 强度를 갖는다 하더라도 密度가 다르면 密度에 따른 强度를 고려해야 한다.

本 實驗에서 製造한 보드의 密度가 큰 變異를 나타내므로, 密度에 對한 浬强度 즉, 浬强度/密度(比浬强度)의 값을 조사하였다.

Table 4.의 Duncan test 結果, 合板을 제외한 모든 보드가 같은水準의 比棼強度를 나타내고 있다. 棼 강도면에서는 有意差를 보였던 棼망을 3장 構成시킨 보드도 比棼 강도에서는 有意差를 나타내지 않고 있다.

즉, 보드內에 構成한 棼망으로 因해 密度가 높아진 보드의 경우, 높아진 密度에 比해서 鐵網을 構成한 強度의 效果를 얻었다고 할 수 없겠다. 比棼 강도의 범위와 平均比棼 강도를 그래프로 나타낸 것이 Fig.3이다.

Table 4. Average values of bending strength/density of the manufactured products and Duncan test at 95% significance

Manufactured products		p	c	pw			sw			pp	ppw		
				1*	2	3	1	2	3		1	2	3
Bending strength (kg/cm <sup>2</sup> ) / density (g/cm <sup>3</sup> )	r	1118.96	141.75	50.69	117.68	122.51	98.55	124.59	176.60	116.19	137.31	122.59	122.89
	a	1749.58	180.54	189.84	189.84	171.28	164.57	159.72	235.85	177.62	190.84	177.27	164.20
	n	1435.37	164.28	128.97	153.93	140.33	131.53	141.84	199.06	149.86	164.16	145.02	145.82

Duncan test                    p            sw3            c            pw1            pw2            pp            ppw3            ppw2            sw2            pw3            sw1            pw1

p: plywood, c: sawdust control board, pw: sawdust-board with plastic wire screen, sw: sawdust-board with steel wire screen, pp: sawdust-board with wastepaper, ppw: sawdust-board with wastepaper and plastic wire screen, \* 1, 2, 3: number of wire screen.

Table 5. Average values of moisture content of the manufactured products and Duncan test at 95% significance

Manufactured products		p	c	pw			sw			pp	ppw		
				1*	2	3	1	2	3		1	2	3
Moisture content (%)	r	8.59	6.99	6.90	7.55	5.97	7.54	6.80	6.44	8.35	7.33	7.05	7.31
	a	-10.07	-8.32	-8.01	-9.20	-9.07	-8.87	-8.74	-7.00	-11.04	-8.73	-7.83	-7.96
	n	9.44	7.85	7.37	8.16	7.92	8.15	7.71	6.73	9.04	7.90	7.43	7.62

Duncan test                    p            pp            pw2            sw1            pw3            ppw1            c            sw2            ppw3            ppw2            pw1            sw3

p: plywood, c: sawdust control board, pw: sawdust-board with plastic wire screen, sw: sawdust-board with steel wire screen, pp: sawdust-board with wastepaper, ppw: sawdust-board with wastepaper and plastic wire screen, \* 1, 2, 3: number of wire screen

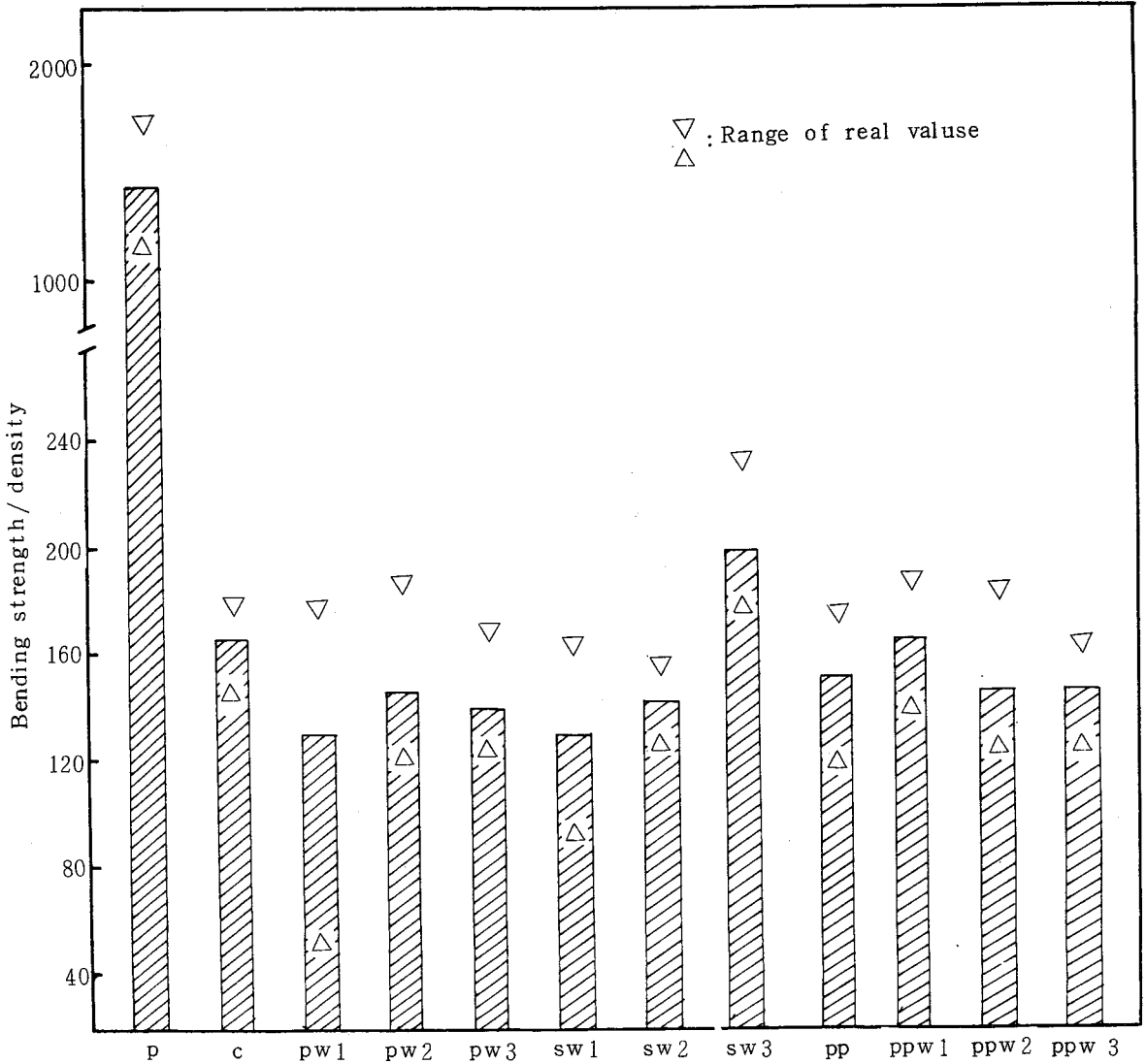


Fig. 3 Bending strength/density of manufactured plywood and boards.

4.4. 含水率

보드의 含水率은 Table 5.에 나타난 바와 같이 큰 差異를 보이지 않으나, 合板 및 古紙를 섞어서 만든 보드(PP)가 가장 높은 含水率을 나타내어 有意差를 보였다.

合板은 대기중에 노출된 木재 表面이 많고 보드보다는 壓密性이 낮아서 含水率이 높은 것으로 사료된다. 古紙는 一般 木材보다도 fibril化가 進行되어 Cellulose의 OH基가 대기중에 많이 노출된다. 따라서, 노출된 OH基가 대기중의 水分과 結合을 쉽게 할 수 있어서 古紙를 섞어서 만든 보드가 含水率이 높게 나타난 것으로 생각되나, 反面 같은 古紙를 섞어서 만든 보드

라도 플라스틱網을 構成한 보드에서는 含水率이 낮게 나타나 相反된 結果를 보이고 있다.

鐵網을 構成한 보드에서는 3장을 構成한 보드가 모든 보드중에서 가장 낮은 含水率을 보였다.

5. 結 論

툽밤보드에 플라스틱망 및 철망을 構成시키거나, 古紙를 섞어서 보드의 物理的, 機械的 性質의 改善을 試圖한 本 研究에서 나타난 結果는 다음과 같다.

1) 製造한 보드의 密度는 0.953~1.151 g/cm<sup>3</sup>의 變異를 보였으며, 보드중 가장 높은 密度를 보인 것은 鐵網을 3장 構成시킨 보드였다. 合板의 密度는 0.507

g/cm<sup>3</sup>로서 보드보다 낮은 密度를 보였다.

2) 韃 강도에서는 鐵網을 3장 構成시킨 보드가 合板보다 낮은 韃 강도지만 다른 보드보다는 有意差있는 높은 값을 보여 鐵網構成에 따른 韃 강도 向上을 보였으나, 프라스틱網을 構成시킨 보드에서는 強度의 向上이 나타나지 않았다.

3) 古紙를 섞어서 만든 보드는 다른 보드와 비슷한 強度를 보여 強度的인 面에서 古紙混用보드의 可能性을 나타내었다.

4) 鐵網을 構成시킨 보드는 靜荷重에 依해서 永久變型이 發生해도 쉽게 파괴되지 않는 特性을 보였다.

5) 含水率에서는 合板이 가장 높은 값을 보였으며, 보드中에서는 古紙만 섞어서 만든 보드가 가장 높은 含水率을 나타내었으며, 鐵網 3장을 構成시킨 보드가 가장 낮은 含水率을 나타내었다.

#### 引 用 文 獻

1. Anderson A.B., Wong A., and King-Tsuen Wu. 1974. Utilization of White fir bark in Particleboard. For. Prod. J. 24(1): 51-53.
2. Geimer R.L. 1979. Data Basic to the Engineering Design of Reconstituted flakeboard. USDA Forest Service Technical Article: 105-125.
3. Geimer R.L. and Price E.W. 1978. Construction variables considered in Fabrication of a structural flakeboard. USDA Forest Service General Technical Report WO-5: 69-80.
4. Geimer R.L. 1981. Predicting Shear and Internal Bond Properties of Flakeboard. Holz als Roh- und Werkstoff 39: 409-415.
5. Hunt M.O., Lehman W.F., Hoover W.I., McNatt J.D., and Fergus D.A. 1979. Red Oak Structural Particleboard. For. Prod. J. 29(9): 43-49.
6. Lee P.W. and Park H. 1982. A study on the physical properties of wood chip-bark mixed particleboard. 서울대학교 農學研究 제 7 권 제 1 호: 99~118.
7. McNatt J.D. 1977. Structural Flakeboard - What is it? What can it do? USDA Forest Service FPL Southern Lumberman 15: 83-85.
8. McNatt J.D. 1978. Manufacture and performance of full-size structural flakeboards from Douglas-fir Forest Residues. USDA Forest Service General Technical Report WO-5: 118-132. ■