

構成形態에 따른 파티클과 파이부로 製造한 패널의 물리적 및 기계적 성질*¹

尹 炯 雲 · 李 弼 宇*²

Physical and Mechanical Properties of Panels Fabricated with Particle and Fiber by Composition Types*¹

Hyoung-Un Yoon · Phil-Woo Lee*²

ABSTRACT

The aim of this research was to investigate physical and mechanical properties of various composition panels, each fabricated with a ratio of fiber to particle of 2 to 10. Type A consisted of fiber-faces and particle-core in layered-mat system. Type B consisted of fiberboard-faces on particleboard-core. Type C consisted of fibers and particles in mixed-mat system.

The results obtained from tests of bending strength, internal bond, screw holding strength and stability were as follows :

1. The bending strength and internal bonding of both the Type A panel and the Type B panel were higher than those of the Type C panel and three-layered particleboard.

2. The mechanical properties of the Type C panel showed the lowest values of all composition methods. It seems that the different compression ratios of the particle and fiber interrupted the densification of the fibers when hot pressed.

3. The dimensional stability of layered-mat system panels consisting of fiber-faces and particle-core was better than control particleboard.

4. In composition methods of particle and fiber, layered-composition method was more reasonable than mixed-composition. The Type B panel had the highest mechanical properties of all the composition types.

5. The Type A panel was considered the ideal composition method because of its resistance to delamination between the particle-layer and the fiber-layer and because of its lower adhesive content and more effective manufacturing process.

Keywords : composition panel, layered-mat system, internal bond, dimensional stability, delamination

* 1. 接受 1992年 2月 10日 Received February 10, 1992

* 2. 서울대학교 農業生命科學大學 College of Agriculture and Life Science, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea

1. 緒 論

파티클보드나 파이버보드와 같은 木質板狀材料는 木質資源의 效率的 利用의 側面에서 여러 가지 有利한 點을 지니고 있는 經濟的인 材料라 할 수 있다.

파티클보드는 經濟性, 치수 安定性, 균일한 두께, 보드 크기의 多樣化 등과 같은 長點이 있는 반면에 edge 처리의 어려움, fastening의 問題, 중량에 비해 낮은 強度의 性質을 나타내는 短點을 지니고 있다.¹³⁾ 그러나 中密度 纖維板은 파티클보드의 短點인 edge 處理의 어려움을 克服할 수 있고, 剝離強度와 耐사못유지력, 機械加工性이 파티클보드보다 良好할 뿐만 아니라 二次表面加工에 필요한 조건인 表面平滑性 역시 우수한 特性을 갖추고 있다.^{15, 19, 25)}

既存의 삼층파티클보드는 表面의 平滑性을 얻기 위해 微細한 粒子狀의 파티클을 表裏層에 使用하는데 이 材料는 파이버와 같은 性質을 갖고 있지 않기 때문에 일정한 수준의 強度의 성질을 얻기 위하여는 많은 量의 樹脂가 필요하게 되지만 多量의 樹脂 添加에 비해 보드의 강도는 크게 향상되지 않는 點이 事實이다.⁷⁾ 반면에 中密度纖維板은 纖維의 固有한 性質을 利用하여 再構成하기 때문에 強度的인 側面에서나 가공적인 側面에서도 소재에 가까운 性質을 지닐 뿐 아니라 表面平滑性이 우수하다.^{20, 24)}

따라서 파티클보드의 表裏層에 미세한 粒子狀의 파티클을 사용하는 대신 파이버를 사용하는 것이 表面平滑性 改善뿐만 아니라 少量의 接着劑 使用으로도 強度의 性質을 改善할 수 있을 것이라고 豫見된다.

本 研究은 內裝用 파티클보드의 品質 改善의 일환으로 파이버보드의 長點을 지니면서 價格面에서도 有利한 새로운 木質板狀材料를 製造하고자 파이버와 파티클을 함께 사용하여 層構成과 混合構成을 하는 構成方法에 대하여 設計를 하였다. 첫째로 層構成은 三層파티클보드의 表裏層에 미세한 입자상의 파티클을 사용하는 대신 파이버를 表裏層에 構成하여 보다 나은 휨強도와 表面平滑性을 갖도록 설계하였고 둘째로 혼합구성은 파티클의 短點인 側面構造를 改善하기 위해 파이버와 파티클을 혼합하여 構成하였다. 層構成은 파티클보드가 갖는 낮은 휨強도의 短點을 補完하면서 파이버보드가 갖는 形態安定

性, 表面平滑性, 우수한 作業性, 塗裝性, 오버레이 용이함 등과 같은 長點을 지닐 수 있는 것으로 여겨져 經濟的 側面에서는 파이버보드보다 유리하고 機能的 側面에서는 파티클보드보다 우수한 構成패널을 기대할 수 있을 것이다.

그러나 위와 같은 配置만으로 品質개선을 이루기가 쉽지 않을 것으로 여겨지는데 그 이유는 파이버보드와 파티클보드의 製造條件이 相異하기 때문이다. 이를 克服하기 위해 本 實驗에서는 構成패널의 製造工程을 熱壓方法과 作業의 效率的 側面을 고려하여 一段階工程과 多段階工程으로 크게 둘로 設定하였다. 열압방법은 파이버에 의한 表裏層과 파티클에 의한 心層을 별도로 제조하여 적층하는 多段階工程에서는 問題가 되지 않으나 公정의 效率性과 經濟性 그리고 表層과 心層 境界面의 接着層의 安定化를 위해서는 一段階工程의 設計가 중요한 要件이라 생각된다. 본 실험에서는 一段階工程을 構成方法면에서 파이버와 파티클에 의한 각각의 층으로 구성하는 層構成의 경우와 층구성하지 않고 서로 혼합한 混合構成의 경우로 區分하였다.

이러한 構成方法에 따라 構成패널을 製造하고 각 工程別로 제조한 패널에 대해 物理的 및 機械的 性질을 調査 比較하여 파티클과 파이버의 構成方法에 대한 效率性을 檢討하고 工程間의 差異를 糾明함으로써 接着層의 狀態가 패널의 性質에 미치는 影響을 評價하고 이들 構成패널을 단층파티클보드와 삼층파티클보드 그리고 파이버보드와 比較하여 品質改善의 效果에 대해 檢證을 하여 본 실험에서 제조한 構成패널의 製造可能性과 그 基礎的인 物理的 및 機械的 性質을 調査하고자 實驗을 遂行하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 供試材

2.1.1 파티클

본 연구에서 構成패널을 제작하기 위해 사용한 파티클은 Kapur(30%)와 Keruing(30%) 그리고 잡목을 팔만칩퍼(Pallman chipper)로 破碎한 칩을 사용하였다. 파티클의 크기를 일정하게 하기 위하여 選別作業을 실시하여 10mesh를 통과하고 14mesh에 남은 파티클을 사용하였다. 선별한 파티클은 含水率이 4~5%를 유지하도록 乾燥를 실시하였다. 사용한 파티클의 物理的 性質은 Table 1에 나타난 바와 같다.

2.1.2 파이버

본 연구에서 構成패널을 제작하기 위해 사용한 파이버는 某 會社에서 分讓 받았는데, 이 파이버는 Sund社의 싱글 디스크 리파이너(SDR L42)를 사용하여 壓力 9kg/cm², 溫度 150~160°C, 豫熱시간 3~4분의 조건으로 製造되었으며 尿素樹脂接着劑가 全乾파이버에 대해 12%, wax가 樹脂固形分에 대해 4.9%, 硬化劑로 NH₄Cl 이 樹脂固形分에 대해 1.7%, 암모니아수가 수지고형분에 대해 0.2%가 되도록 制限한 接着劑 混合液으로 塗布한 후 空氣循環 乾燥시켜 含水率 9% 정도로 調整한 試驗材를 使用하였다. 이 파이버의 bulk density는 1 lb/ft³이며 使用한 파이버의 物理的 性質은 Table 1에 나타난 바와 같다.

2.2 接着劑 및 添加劑

파티클과 톱밥에 使用한 接着劑는 樹脂固形分이 58.7%이며 pH가 7.5인 尿素樹脂(Urea formaldehyde resin)로써 樹脂를 파티클의 全乾重量에 대하여 6% 添加하였다. 이때 硬化劑는 10% NH₄Cl 수용액을 樹脂固形分에 1% 添加하였으며 wax(solid content 35%)는 파티클의 全乾重量에 대해 0.5%를 添加하였다.

2.3 構成패널의 製造

2.3.1 目標比重과 目標含水率

각 構成패널의 目標比重은 0.7로 設計하였으며 目標含水率은 8~9%로 하였다. 파이버보드

Table 1. Physical properties of particle and Fiber

Properties	Particle	Fiber
Fraction Size (mesh)	-10~+14	-0.1(40.5) +0.1(23.4) +0.25(9.6) +0.5(1.56) +1.0(2.9) +1.6(5.5)
Moisture content	4~5%	8~9%
Slenderness ratio*	25.30	-
Species	Kapur(30%) Keruing (30%) Meranti (10%) Malas(8%) Other(22%)	Douglas-fir(80%) Other(20%)

* Slenderness ratio = $\frac{l \text{ (particle length)}}{t \text{ (particle thickness)}}$

에 의한 浮力층과 파티클보드에 의한 沈沈을 별도로 製造한 후 積層한 多段係工程의 패널인 타입 B의 경우에 파이버보드層과 파티클보드層사이의 共有接着部分에 使用되는 接着劑量은 考慮하지 않았으므로 目標比重보다 약간 높게 나타났다.

2.3.2 크기와 構成

각 構成패널의 크기는 32cm(길이)×30cm(폭)×1.2cm(두께)이며, 層構成의 경우 表層과 裏層의 두께는 각 1mm, 心層의 두께는 10mm로 설계하였다. 패널의 構成은 Type A, Type B, Type C 세가지 類型으로 설계하였으며 각각의 構成方法은 그림 1과 같다. Fig. 1에서는 Type A는 三層파티클보드를 만드는 방법과 유사한 構成이며, Type B는 Comply 製造에서 흔히 使用하는 構成이며 이는 파이버보드와 파티클보드를 각각 製造하여 積層 接着시켜 열압하는 多段階工程이다. Type C는 파티클과 파이버를 層構成하지 않고 단순히 섞은 混合構成이다. 이들 각 Type은 파티클과 파이버의 重量비가 10대 2로 配分되어 있고 파티클에는 수지고형분이 全乾파티클에 대하여 6%, 파이버에는 12%씩 包含되어 있다.

2.3.3 熱壓스케줄

本 實驗의 패널製作에 필요한 熱壓스케줄은 Table 2와 같은 방법으로 하였으며 Fig. 2의 熱壓스케줄에 따라 열압하였다. Fig. 2의 열압스케줄에서 A 단계는 熱板에서 매트가 스토퍼

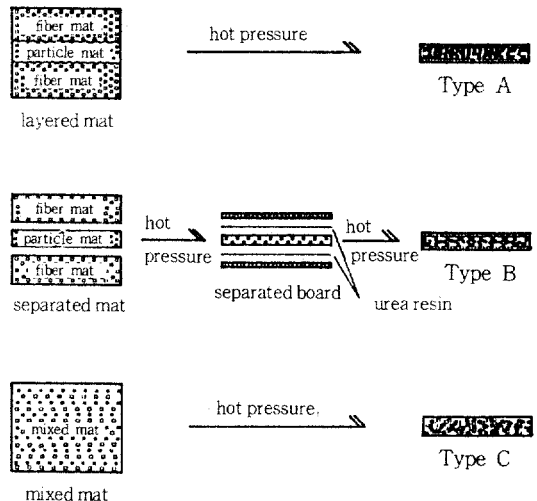


Fig. 1. Composition types of panels

Table 2. Hot pressing conditions of each panels

Type	Closing time (sec.)	Plate temp. (°C)	Total press time (sec.)
A	100	170	448
B(face)	60	170	137
B(core)	60	170	360
C	80	170	438
3L-P. B	70	170	420
PB	70	170	420
Fiber B.	120	170	470

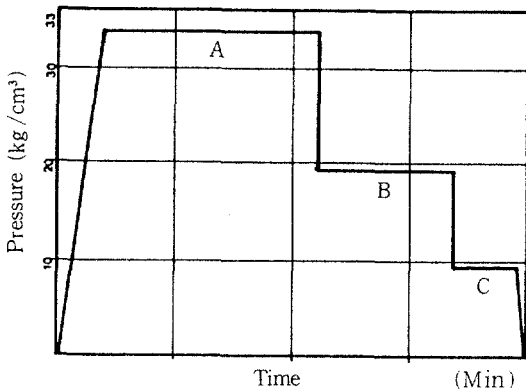


Fig. 2. Hot pressing schedule for panel manufacturing

(stopper)에 다다른 후 33kg/cm^2 의 壓力으로 보드의 두께 1mm당 15.88초의 熱壓時間을 주었다. B 단계는 보드의 두께 조정과 缺陷防止를 위해 A 단계의 시간에 대해 半을 20kg/cm^2 의 壓力으로 열압하고 C 단계에서는 B 단계의 半에 해당하는 시간으로 壓力 10kg/cm^2 으로 열압하였다. A, B, C 단계의 熱壓溫度는 모두 170°C 로 동일하게 하였다. 이상과 같은 열압스케줄은 보드의 缺陷(blow, blister, delamination)이 발생하지 않고 목표한 두께에 가장 근접하게 도달할 수 있도록 熱壓스케줄을 여러 豫備實驗을 통하여 採擇한 것이었으나 각각의 유형마다 閉鎖時間의 差異를 보였다. 매트 的 유지와 均일한 密度傾斜 그리고 早期硬化를 最小化하기 위해 前加壓하였는데 열판과 매트사이에는 카울(caul)을 사용하였다. 前加壓時 壓力은 3kg/cm^2 으로 常溫에서 3分間 實施하였다.

2.3.4 構成패널 製造工程

本 實驗의 패널은 層構成 두 종류와 混合構成 한 종류로 아래와 같은 方法으로써 製作하였으며 目標한 두께를 맞추기 위해 熱板사이 에 스톱퍼(stopper)를 사용하였고 早期硬化層을 除去하기 위해 목표두께보다 2~3mm 더 두껍게 제작한 후 Sand paper #150 AA번으로 샌딩하여 패널의 목표 두께에 도달하도록 하였다. 각 패널의 mat 함수율은 9~10%였고 熱壓前에 前加壓(prepress)을 3kg/cm^2 으로 適用하였다. 使用한 press는 수압식 램프레스이며 각 類型別로 製造過程은 아래와 같다.

2.3.4.1 Type A 패널의 製造

접착제가 塗布되어진 파이버를 成形틀의 맨 밑에 고르게 퍼고 그 위에 尿素樹脂가 6% 도포된 파티클을 고르게 成形한 후 수지가 塗布된 파이버를 그 위층에 고르게 成形하여 그림 2의 熱壓스케줄에 따라 제조하였다. 이때 熱板溫度는 170°C , 最高熱壓壓力은 33kg/cm^2 , 熱壓時間은 두께 1mm당 15.8초이며 總熱壓시간은 약 7분 28초였다. 열압하기 전에 前加壓을 하였는데 이때 壓力은 3kg/cm^2 , 전가압 시간은 3분이었다. 제조한 보드의 총수는 10매이다.

2.3.4.2 Type B 패널의 製造

表板과 心板을 別途로 製造해야 하므로 각기 다른 熱壓스케줄을 적용하였다. Fig. 2와 Table 2의 熱壓스케줄로 表裏板을 제조하였고 心板은 Fig. 2와 Table 2의 열압스케줄로 製造하였다. 제조한 각 패널은 두께조절과 接着性 향상을 위해 샌딩을 하였다. 샌딩을 끝낸 패널은 壓縮를 위하여 樹脂固形分 58.7%의 尿素樹脂에 硬化劑로써 10% NH_4Cl 水溶液을 수지중량에 10% 添加하여 제조한 接着劑를 表裏板用 파이버보드 표면에 도포량 125g/m^2 로 片面塗布한 후 파티클보드와 積層하여 열압하였다. 이때 열압온도는 120°C , 압체壓力은 12kg/cm^2 로 하였고 熱壓時間은 1분이었다. 제조한 패널의 수는 10매이며 表裏層에 사용한 보드의 氣乾比重은 0.83, 引張強度는 180.4kg/cm^2 이었다.

2.3.4.3 Type C 패널의 製造

파이버와 파티클을 2대 10의 比率로 準備한 다음 먼저 파티클을 글루믹서에 넣어 접착제와 混合시켜 파티클이 완전히 접착제와 섞인 후 파이버를 글루믹서(glue mixer)에 다시 混合하고 이를 成形틀에 넣고 고르게 分布시킨 다음 Fig. 2의 熱壓스케줄로 열압을 하여 패널을 製造하였

다. 이때 熱板溫度, 熱壓時間, 熱壓壓力는 Type A패널과 같은 조건으로 하였으며 패널제조수는 10매이다.

2.3.5 對照패널

Fig. 2와 Table 2의 압력스케줄로 두께 12mm의 단층파티클보드와 파이버보드 그리고 삼층파티클보드를 製作하였는데 파이버보드의 樹脂量은 12%이고 파티클보드의 樹脂量은 6%였다. 삼층파티클보드는 Type A와 동일한 構成과 方法으로 製作하였으며 表裏層에 사용된 톱밥에는 尿素樹脂가 12% 사용되었고 심층의 파티클에는 요소수지가 6% 사용되었다. 三層파티클보드의 표리층에 사용된 톱밥은 美松(Douglas-fir)으로 fraction ratio가 +1.7(4.4%), +1.0(7.6%), +0.177(84.8%), -0.177(3.2%)이며 含水率은 4~5%로 조정된 것이었다.

2.4 패널의 調濕

각각의 熱壓스케줄별로 제조된 패널은 즉시 폴리에틸렌 백에 담아서 保管한 후 各各의 試驗을 위해 調濕處理를 하였다. 調濕處理는 關係濕度 $65 \pm 1\%$, 溫度 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 의 恒溫恒濕機를 이용하여 恒量에 도달할때까지 조습한 후 保管하였다.

2.5 構成패널의 物理的, 機械的 性質調查

패널類의 試驗에서 가장 중요한 의미를 갖는 密度傾斜, 剝離強度, 치수 安定性, 휨性質, 나사못維持力 등을 試驗하여 패널의 性能을 評價하기 위해 아래와 같은 條件으로 實驗을 遂行하였다. 모든 試驗片은 표면의 早期硬化層을 샌더로 샌딩한 패널로부터 裁斷하였다.

2.5.1 密度傾斜

$5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 1.2\text{cm}$ 의 시험편을 각각의 패널로부터 裁斷하여 Simellkamp社의 X-ray densitometer를 이용하여 α 선으로 測定하였다.

2.5.2 剝離強度

ASTM D 1307-72의 규정에 의해 시편 크기 $5 \times 5\text{cm}$, 荷重速度 $2\text{mm}/\text{min}$ 으로 각각의 패널로부터 1매당 1개씩 裁取하여 鐵片과 試片을 hot-melt接着劑로 붙여 Shimadzu社의 Universal Testing Machine을 사용하여 10반복 측정하였다.

2.5.3 휨強度

ASTM D 1307-72의 규정에 의해 시편크기 $31\text{cm} \times 7.6\text{cm} \times 1.2\text{cm}$, 荷重速度 $5\text{mm}/\text{min}$, Span

28.8cm 로 각각의 패널로부터 1매당 1개씩 裁斷하여 Universal Testing Machine을 사용하여 10반복 測定하였다. 시험편은 패널의 길이방향으로 裁斷하였으나 제조한 패널이 方向性을 주지 않은 패널인 관계로 한 방향으로 시험하였다.

2.5.4 치수安定性

JIS Z A5970의 규정에 의거하여 각각의 패널 1매마다 시험편을 $5\text{cm} \times 5\text{cm} \times 1.2\text{cm}$ 로 裁斷하여 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 恒溫 水槽에 試驗材가 수면으로부터 3cm 잠기게 하여 24시간이 경과한 후 꺼내어 비스듬이 10분간 놓아 두어 表面의 물을 제거하고 그래도 남아있는 물은 수건으로 닦은 다음 吸收性(water absorption), 두께膨脹, 線膨脹의 세가지 시험을 10회 반복 測定하였다.

2.5.5 나사못 維持力

ASTM D 1307-72의 규정에 의거하여 表面과 側面의 두 방향에서 荷重速度 $2\text{mm}/\text{min}$ 으로 Universal Testing Machine을 사용하여 測定하였다. 이때 나사못의 유형은 A Type, 지름은 4mm , 插入깊이는 17mm , pilot hole은 지름의 80%로 하였고 나사를 插入한 직후 바로 시험을 하였다. 단 face쪽의 시험재는 두께방향으로 두 장을 접착하여 시험하였는데 이때 표면에 層構成을 하여준 패널은 sander로 표층을 제거한 후 적층하였으며 10회 반복 측정하였다.

2.6 統計處理

본 실험의 統計處理는 對照보드인 파티클보드와 파이버보드를 제외한 4종류의 패널에 대해 구성의 差異와 材料間의 差異를 알아보기 위하여 각 試驗方法에 따라 SAS(Statistical Analysis System) 統計 패키지를 이용하여 分散分析하고 處理間의 差異를 Tukey's test로 檢定하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 含水率과 比重

各 열압스케줄 별로 제작된 패널의 含水率은 $8.4 \sim 9.0\%$ 의 分布를 보였으며, 比重은 $0.63 \sim 0.71$ 로 나타났다. 다만 Type B의 패널은 表裏層과 心層 사이의 接着部位에 도포되는 接着劑의 增加量을 무시하고 제조하였기 때문에 比重이 다소 증가하였다. 각 패널별 含水率과 比重은 Table 3에 표시하였다.

3.2 密度傾斜

密度傾斜는 보드류의 성질을 나타내는 중요한 指標이며 密度傾斜는 매트 的 含水率, 파티클의 形狀, 熱板壓力, 壓縮壓力, 壓縮時間, 樹種, closing time 등과 같은 要素에 의해 많은 影響을 받은 것으로 알려져있다.^{8, 10)} Fig. 3은

Table 3. Moisture content and Specific gravity of each panels

Panel Type	M. C*(%)	Sp. Gr**	Sp. Gr***
Type A	8.4	0.65	0.67
Type B	8.5	0.71	0.73
Type C	9.3	0.63	0.65
3 Layered PB	8.4	0.64	0.66
PB	8.8	0.66	0.67
Fiber B	9.0	0.67	0.69

* based on air-dry weight

** based on air-dry volume

*** based on over-dry volume

Table 2와 Fig. 2의 열압스케줄에 따라 형성된 각 패널의 密度傾斜를 나타낸 것이다. Fig. 3 Type B 패널을 제외하고 모두 같은 熱壓스케줄을 받은 상태이지만 각 패널마다 相異한 密度傾斜 그래프를 보여주고 있다. 三層파티클보드를 제외하고 密度傾斜가 緩慢하게 나타났다. 가장 완만한 밀도경사를 나타낸 패널은 단층파티클보드이며 가장 심한 밀도경사를 보이는 패널은 삼층파티클보드였다. 一段階工程으로 제조된 Type A와 Type C를 비교하면 Type A의 패널이 表層에 보다 높은 密度를 나타내었고 心層에서는 서로 거의 같은 密度를 形成하였다. 같은 熱壓條件에서 纖維보드와 파티클보드를 比較하면 纖維보드가 파티클보드보다 密度傾斜가 높게 형성되어 있으며 表層의 密度가 보다 높고 心層의 밀도는 보다 낮게 형성된 것을 알 수 있었는데 이는 纖維와 파티클의 形狀의 차이와 bulk density 차이, 樹種密度의 차이에 기인된 것이라 생각된다. 이러한 密度傾斜는 輻강도와 박리강도 그리고 耐사모 유지력에 影響을 미치는 것으로 알려져 있으며¹⁶⁾ 이러한 影響은

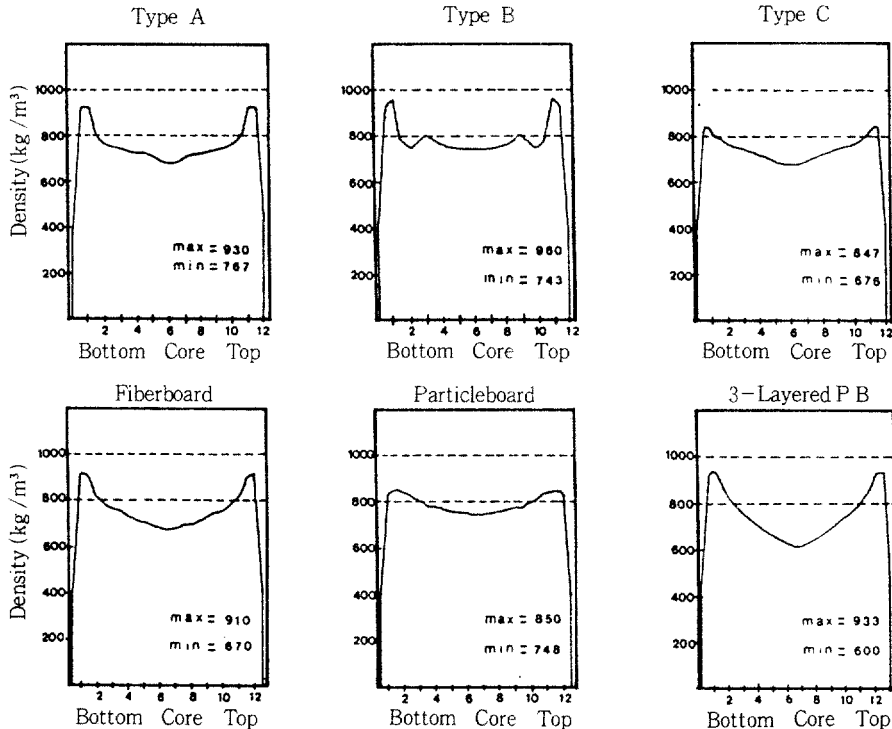


Fig. 3. Density profiles by panel types

보드의 性質을 豫見하는데 중요한 指標가 되고 있다.

3.3 剝離強度

각 패널의 剝離強度值은 Table 4와 Fig. 4에 나타내었다. 剝離強度는 보드의 引張力을 표현하는 尺度로서 일반적으로 芯층의 파티클의 두께가 증가할수록 剝離強度는 增加하는 것으로 나타나 있다.^{9, 10, 22)} 또한 剝離強度는 密度傾斜가 어떻게 이루어졌느냐 하는가에 관계가 깊으며 또한 어느정도 나사못유지력과 관계가 있는 것으로 여겨지고 있다.¹⁴⁾ 剝離強度는 Fig. 3의 密度傾斜曲線과 比較하여 보면 밀접한 관계를 알 수 있는데 즉 밀도경사가 급할수록 박리강도가 낮아지는 경향을 볼 수 있다. 心層의 밀도경사가 가장 낮게 나타난 삼층파티클의 경우 가장 낮은 박리강도치를 보였으며 반면에 心層의 密度傾斜가 비교적 완만하게 나타난 단층파티클보드와 파이버보드 그리고 Type B의 패널에서는 剝離強度가 높게 나타남을 알 수 있었다. 이와 같이 파티클이나 파이버의 형상에 따라 박리강도에 차이가 발생하는 결과는 Geimer 등,⁶⁾ Lehmann,¹⁷⁾ Markstron,¹¹⁾ Shuler 등²⁴⁾의 結果

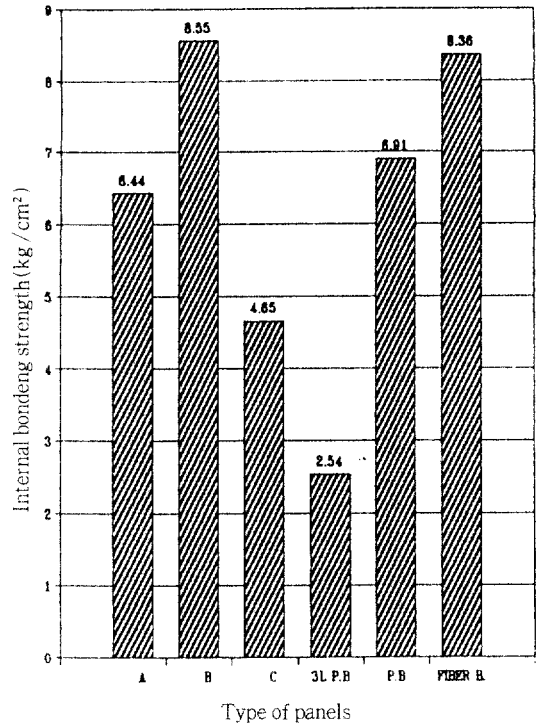


Fig. 4. Internal bonding strength by panel types

Table 4. Internal bond and screw holding strength of each panels

Panel type	Internal Bond	Screw holding strength	
	average (Std.) (kg/cm ²)	Face average (Std.) (kg/cm ²)	Edge average (Std.) (kg/cm ²)
Type A	6.44* (0.82)	107.5 (14.98)	73.76 (12.36)
Type B	8.55 (1.05)	151.2 (22.47)	92.80 (21.20)
Type C	4.65 (0.90)	123.0 (7.18)	59.12 (12.82)
3 Layered P B	2.54 (0.66)	112.4 (7.85)	46.89 (8.43)
P B	6.91 (1.34)	146.0 (19.86)	79.28 (17.67)
Fiber B	8.36 (1.00)	137.9 (21.87)	76.71 (9.92)

*: Each value represents the average of 10 specimens.

에서 볼 수 있다. Type A는 박리강도 실험결과, 표리층과 芯층의 共有接着部位에서 破壞는 發生하지 않는 것으로 보아 파티클층과 파이버층이 一段階熱壓工程에서 共有接着面의 接着安定性を 維持한다는 것을 알 수 있었다. 이는 一段階工程으로 파이버와 파티클을 함께 이용하여 層構成을 할 수 있는 可能性 즉, 서로의 壓縮率 이 달라도 층구성을 할 경우 크게 영향을 주지 않고 제조할 수 있다는 것을 보여주는 것으로 判斷되었다. 混合構成의 경우 剝離強度가 다른 패널에 비하여 낮게 나타남을 볼 수 있었을 뿐 아니라 Type C를 같은 비율로 제작된 Type A와 比較하면 박리강도가 보다 낮은 것을 알 수 있었으며, 또한 파이버보드와 단층파티클보드는 거의 같은 剝離強度를 보여주었다. 파티클과 파이버를 層構成할 경우 박리강도가 약간 저하되며, 混合構成을 하였을 때 層構成한 Type A에 비해 약 30% 정도 저하되었다. 이러한 혼합구성이 가장 낮은 박리강도치를 보이는 이유는 파이버와 파티클이 서로 섞여서 熱壓을 받을 때 壓縮率(compression ratio) 差異에 기인하는 것

으로 여겨진다. 즉 파이버와 파티클의 壓縮抵抗이 서로 달라서 발생하는 壓縮率의 差異는 결국 熱板의 熱이 內部로 유입하는 과정에서 進行速度의 差異를 유발하여 內부로 유입된 열은 먼저 파이버를 塑性化시켜 파티클사이의 빈공간으로 이동시키게 되고 이어서 파티클이 유동하게 될 것이며, 이때 파이버는 파티클의 빈공간으로 채워지기는 하나 파티클과 파티클사이의 補助的結合을 遂行하지는 못하고 덜 壓密된채로 남아 있을 것으로 여겨지기 때문에 결과적으로 파티클의 壓縮抵抗이 파이버의 壓縮抵抗보다 커서 混合構成에 있어서 파이버의 壓密化를 妨害하는 것으로 생각할 수 있다. 박리강도 실험이 끝난 Type C의 시편을 자세히 살펴보면 壓密化되지 않은 파이버를 관찰할 수 있었다. 이는 Natt¹⁴⁾가 剝離強度는 파티클이나 파이버의 特性, 樹脂量, 패널密度에 대하여 상당히 敏感하다는 보고와 같은 관점을 갖는 것으로 생각된다. Type A, B, C와 삼층파티클보드 사이의 박리강도의 有意性을 檢定한 結果, 5% 有意水準에서 모든

處理群에서 有意性이 있는 것으로 나타났다.

3.4 나사못維持力

Fig. 5과 Table 4에서 볼 수 있는 바와 같이 表面(face)方向에서 나사못유지력과 側面(edge)方向에서의 나사못유지력은 差異를 보이는데 edge방향에서의 나사못유지력은 face방향 나사못유지력의 50~70%정도를 나타냈다. 構成別로 보면 Type B와 파이버보드가 face와 edge방향에서 가장 높은 나사못유지력(151, 92.8kg)을 보였다. 파이버를 層構成한 Type A의 경우 混合構成한 Type C보다 낮은 face방향 나사못유지력을 보였으나 5%유의수준에서 有意性은 없었다. 반면에 edge방향 나사못유지력은 Type A, B, C와 삼층파티클보드에서 5% 유의수준에 各 처리군간에 有意性이 있었다. edge방향 나사못유지력은 보드의 剝離強度와 관계가 있다는 McNatt,¹⁴⁾ Didriksson⁵⁾의 報告에서 처럼 본 실험 또한 같은 결과를 보였다. 즉 剝離強度가 높을수록 edge방향 나사못유지력이 높음을 보여 주었는데 이는 心層의 密度傾斜과 관계가 있으며 이 밀도경사는 박리강도에 影響하며 다시 edge방향 나사못유지력에 影響을 미친다고 할 수 있다. face방향 나사못유지력은 Type B의 패널이 가장 높은 값을 보였으며 Type A, Type C 그리고 삼층파티클보드는 처리군의 有意性이 인정되지 않았다.

ANSI^{1, 2)}의 규정에는 家具用 face방향 나사못유지력은 파티클의 경우 101.9~113.25kg, 中密度纖維板의 경우 135~147kg로 規定하고 있다. 이러한 規定에 比較를 하여 보면 본 실험의 構成패널 나사못유지력은 ANSI의 규정을 충분히 만족시킴을 알 수 있었으나 edge방향의 引拔強度를 face방향의 약 80%로 규정하고 있는 ANSI의 규정에는 다소 未洽한 結果를 보였다.

3.5 휨強度

Table 5와 Fig.6, 7, 8 은 각 패널의 휨강도를 보여주는 것으로 각각의 패널은 構成形態에 따른 휨강도에 차이를 나타내었다. 파이버와 파티클의 層構成으로 이루어진 Type A와 Type B는 대조보드인 단층파티클보드와 삼층파티클보다 높은 휨강도적 성질을 갖는다고 할 수 있다. 이와같은 결과는 Gran과 Bystedt⁷⁾가 파이버의 層構成은 휨破壞率(MOR)의 증가를 가져온다고

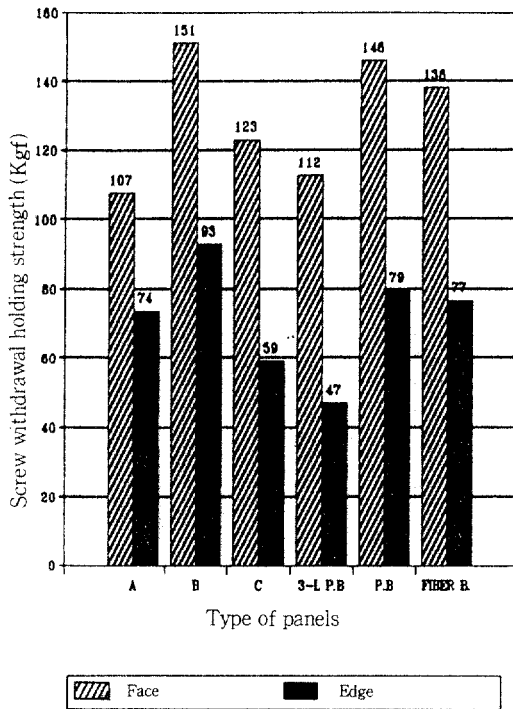


Fig. 5. Screw withdrawal holding strength by panel types

Table 5. Bending strength of each panels

Panel type	Static bending test (kg/cm ²)		
	M O R	MOE×10 ³	S P L
	average (Std.)	average (Std.)	average (Std.)
Type A	145.94* (9.79)	20.60 (1.19)	70.94 (5.46)
Type B	221.17 (16.87)	25.71 (1.89)	95.61 (12.17)
Type C	97.21 (12.19)	17.49 (1.07)	51.84 (5.29)
3 Layered P B	105.53 (8.33)	19.18 (1.04)	58.17 (3.66)
PB	113.01 (11.12)	18.27 (1.46)	58.18 (4.14)
Fiber B	235.79 (21.32)	24.41 (1.75)	96.07 (7.31)

* : Each value represents the average of 10 specimens.

언급한 내용과 Geimer 등⁶⁾이 발표한 파이버의 표면구성은 미세한 粒子狀의 파티클을 表面에 構成한 것보다 휨강도적 성질과 치수안정적 성질이 우수하다는 實驗結果와 일치한다고 할 수 있다. 본 실험에서 Type A와 Type B는 삼층파티클보드보다 휨破壞率이 각각 43%와 105%씩 증가하는 결과를 나타내었고 휨彈性率은 5%와 20%의 증가를 보여 주었다.

반면에 Type C에서와 같은 混合構成에서는 파이버가 휨강도의 改善에 거의 역할을 하지 못함을 알 수 있는데 이는 앞에서 언급하였듯이 파이버와 파티클의 壓縮率 차이에 기인한 것으로 여겨지므로 Vital 등²⁴⁾과 Woodson²⁶⁾이 파티클보드 製造工程과 파이버보드 제조공정에서 樹種間의 壓縮率差異(또는 bulk density 차이)가 휨성질에 영향을 준다고 보고한 결과를 미루어 볼 때 이러한 壓縮率의 差異는 파이버와 파티클의 構成패널에서도 妥當性이 있으리라 생각된다. 다시 말하면 層構成을 하여 준 Type A의 경우 패널製造時에 비록 層間에 壓縮率의 差異가 存在하나 混合構成과는 달리 파티클이 파이

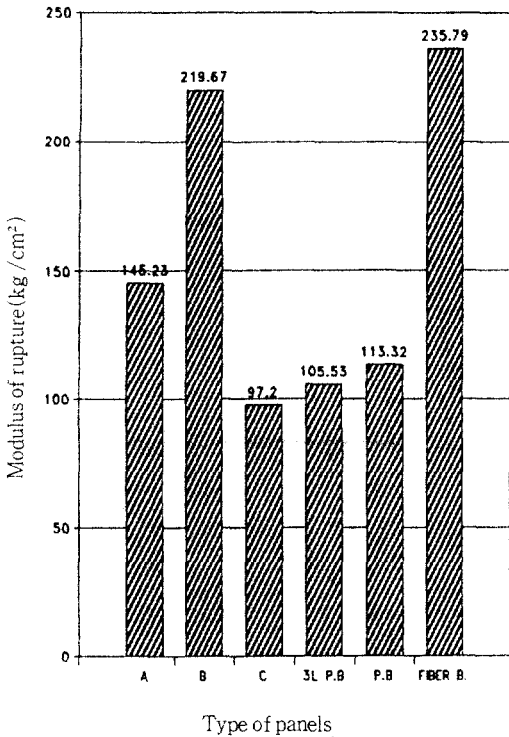


Fig. 6. Modulus of rupture by panel types

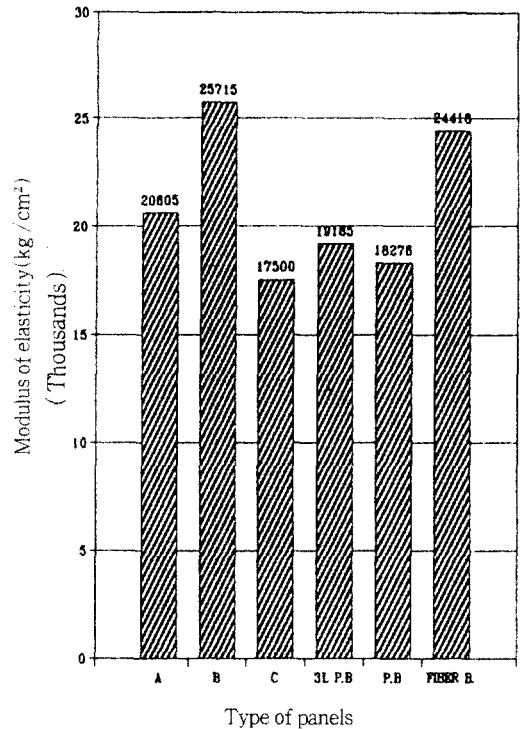


Fig. 7. Modulus of elasticity by panel types

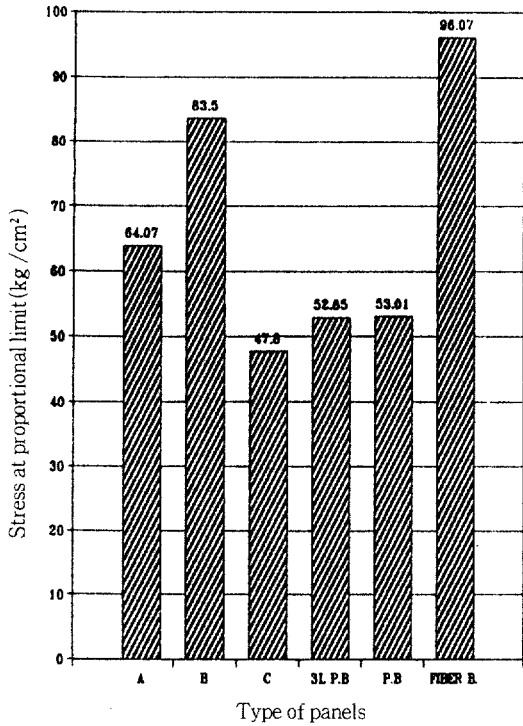


Fig. 8. Stress at proportional limit by panel types

버의 壓密을 妨害하는 정도는 상당히 약하다고 생각할 수 있으므로 파이버와 파티클을 함께 구성하는 방법은 混合構成보다 層構成을 하였을 때 훨씬 效果的이라고 結論 지을 수 있다.

같은 層構成에 있어서도 파티클과 파이버의 共有接着面을 도포하여 준 Type B가 보다 높은 韌강도적 성질을 보여주었는데 이는 물론 接着劑의 사용이 Type A보다 많고 이로 인해 패널의 密度가 높아져서 韌강도적 성질이 높아졌을 가능성을 인정하지 않을 수 없다. 파이버를 표리층에 사용할 때 그 效果는 Table 5에서 볼 수 있듯이 표리층에 각 1mm 두께의 파이버층을 갖는 Type B와 대조파이버보드를 비교하였을 때 韌강도적 성질이 거의 차이가 없다고 할 수 있다. 그리고 Type A와 같은 구조와 수지량을 갖는 대조삼층파티클보드와 비교를 통해서 보면 표리층에 粒子狀의 榻밥을 사용하는 것보다 파이버를 處理하여 주는 경우가 보다 개선된 韌강도적 성질을 나타냄을 알 수 있었다. Suchsland 등^{19, 20)}과 Woodson²⁶⁾이 보드의 韌彈性率은 表層의 密度와 밀접한 관계를 갖는다고 볼 때 가

장 높은 표층밀도를 나타낸 Type B에서 가장 높은 韌탄성율을 나타내는 結果를 보였으며 따라서 표층의 밀도가 높을수록 韌탄성율은 높아진다고 할 수 있다. Table 5에서 破壞率은 彈性率과 밀접한 관계를 보여주고 있는데 흥미로운 점은 Type B와 대조파이버보드가 韌 파괴율(MOR)과 韌탄성율(MOE) 그리고 비례한계점에서의 應力(SPL)에서 5% 유의수준에서 거의 같은 통계적 의미를 갖는다는 점이다. 이는 파티클보드의 표리층에 소량의 파이버를 보강하여 줌으로써 파이버보드와 거의 同一한 強度 接近할 수 있다는 것을 보여주고 있다.

比例限界點에서의 應力(SPL)은 Table 5와 Fig. 8에서 볼 수 있는 바와 같이 Type C를 제외하고는 파이버를 사용한 패널이 파티클보드나 삼층파티클보드보다 높은 應力을 나타냈다. 이러한 결과는 韌破壞率(MOR)에서도 나타났다. 따라서 파이버는 파티클보다 우수한 韌강도적 성질을 나타낸다는 것을 알 수 있었다.

3.6 치수安定性

3.6.1 吸水量, 두께膨脹, 線膨脹

Table 6과 Fig. 9, 10은 本 實驗에서 제조한 각 패널의 치수안정성 시험에 대한 結果를 보여준 것인데 패널의 치수안정성은 패널의 耐久性과 관계가 깊으며 사용시 패널의 壽命을 좌우하는 중요한 性質로 여겨지고 있다. 本 實驗에서 파이버를 사용한 보드의 경우 파티클만을 사용한 보드보다 낮은 두께팽창, 선팽창을 보였다. 이와 같은 結果는 Suchsland¹⁸⁾가 파이버보드는 삼층플레이크보드보다 24시간 침수시험에서 두께팽창이 작다고 보고한 의견과 Geimer 등⁶⁾이 파이버의 表面構成은 粒子狀의 파티클을 表面에 구성한 삼층파티클보드보다 치수안정성이 높다고 한 시험결과와 일치하고 있다. 本 실험에서 나타난 치수안정성에 관한 세 종류의 시험은 해석하기가 무척 난해한 것으로 構成方法間의 차이가 매우 작았다. 대조보드인 단층파티클보드와 파이버보드 사이에는 두께팽창과 吸水量에서 그 차이가 뚜렷하게 나타나지만 파이버와 파티클을 함께 구성한 패널의 경우에는 서로의 상관관계가 크지 않았다. 이는 Nelson¹⁶⁾이 목재나 펄프성질은 두께팽창에 연관성이 없다고 한 보고와 유사한 것으로 보아진다. Type B의 경우 파이버층과 파티클층의 共有接着層은 樹脂가 적은 필름상의 형태로 존재한다고 생각되어지므로

Table 6. Dimensional stability of each panels

Panel type	Dimensional stability of panels		
	ABS(%)	TS(%)	LE(%)
Type A	29.61* (1.57)**	16.28 (0.86)	0.47 (0.11)
Type B	22.80 (1.27)	10.89 (1.21)	0.49 (0.09)
Type C	29.17 (4.46)	13.54 (2.47)	0.39 (0.14)
3 Layered PB	28.42 (1.94)	12.36 (1.15)	0.45 (0.07)
PB	31.11 (1.05)	20.55 (1.45)	0.70 (0.07)
Fiber B.	20.12 (2.04)	10.09 (0.87)	0.19 (0.07)

* : Each value represents the average of 10 specimens.

** : Each value represents the std. of 10 specimens.

ABS : absorption, TS : thickness swelling, LE : linear expansion

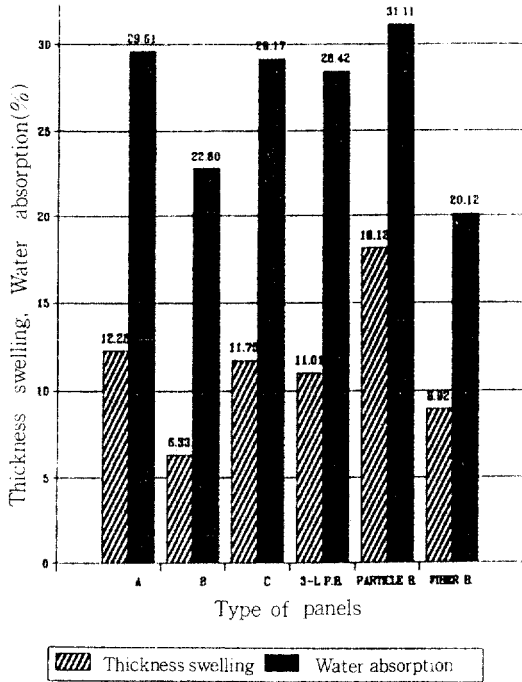


Fig. 9. Water absorption and thickness swelling by panel types

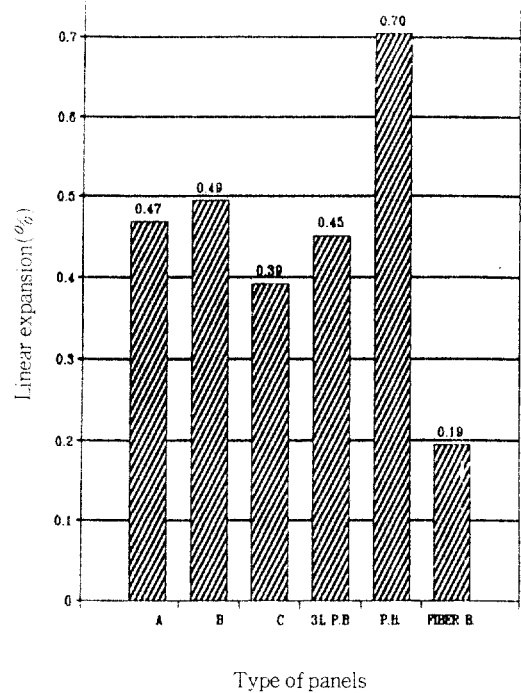


Fig. 10. Linear expansion by panel types

상당한 水分抑制力이 발휘된 것으로 보아야 한다. 混合構成과 層構成의 Type C와 Type A는 두께팽창과 선펡창, 吸水量에 있어서 5% 유의수준에서 유의성을 나타내지 않았다. 다만 박리강도가 증가함에 따라 두께팽창은 감소하고 선펡창은 증가하는 경향이 있다고 보고한 Myer¹⁵⁾의 결과와 본 실험의 결과와 상당한 一致를 보였다. 즉 剝離強度가 6.44kg/cm²인 Type A패널은 두께팽창이 12.28%이고, 剝離強度가 8.55kg/cm²인 Type B패널은 두께팽창이 6.33%이며, 剝離強度가 4.65kg/cm²인 Type C패널은 두께팽창이 11.75%로 나타났으나 선펡창은 이러한 傾向을 보여주지 않았다. Type C패널의 두께팽창이 감소하는 이유는 파티클이 垂直方向으로 配向하는 比率이 커지기 때문이라고 생각된다. 대조보드인 단층파티클보드와 파이버보드를 제외한 각 처리별 有意性檢定을 행한 결과 Type B와 다른 패널들 사이에는 두께팽창, 吸水量은, 5% 유의수준에서 유의성을 찾을 수는 있었으나 Type B를 제외한 패널간에는 유의성이 없었다.

3.7 類型別 패널의 綜合的 評價

Table 7은 對照보드인 단층파티클보드와 파이버보드를 除外한 패널들에 대하여 본 실험에서 행한 실험의 Tukey's test 結果를 나타낸 것이다. 각각의 實驗을 통해 가장 좋은 結果를 보인 패널은 Type B이며 그 다음은 Type A 패널이었다. 이 結果를 통하여 본 실험에서 構成方法에 따른 區分을 지어보면 파이버를 層構成한 경우가 混合構成이나 粒子狀의 파티클을 層構成한 삼층파티클보드보다 우수한 物性を 나타내었으며 특히 휨 強度의 性質의 改善이 두드러지게 나타났다. 層構成의 方法에서는 一段階構成(Type A)보다 多段階構成(Type B)이 보다 바람직한 形態라고 생각되었다. 그러나 工程 效率성과 보다 적은 接着劑의 사용량을 考慮한다면

본 실험에서 一段階構成이 보여준 결과는 否定的이라고 할 수는 없을 것이다. 그러므로 Type A 패널은 보다 효과적인 熱壓方法의 選擇과 전체적인 보드密度의 最適化 그리고 樹脂塗布方法의 開發이 선행된다면 가장 효과적인 構成方法이 될 수 있을 것이라고 생각되었다.

4. 結 論

파티클과 파이버를 사용하여 構成을 달리하는 패널들을 製造하고 그 物理的 및 機械的 性質에 대한 評價를 시도하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 파이버를 層構成하여 表面配置한 Type A와 Type B는 휨 強도와 剝離強度면에서 表面에 톱밥을 처리한 삼층파티클보드보다 優秀하였다.
2. 파이버와 파티클의 構成方法 中에서 混合構成한 Type C는 가장 낮으며 휨 強도와 剝離強度 그리고 낮은 나사못維持력을 나타냈으며 이러한 結果는 열압시의 파티클과 파이버의 壓縮率차이로 인하여 파이버의 壓密化을 妨害하는 것으로 생각되었다.
3. 파티클과 파이버를 表裏層으로 사용한 경우 파티클만으로 構成된 보드보다 향상된 치수안정성을 보였으나 構成方法의 差異로 인한 치수안정성은 나타나지 않았다.
4. 파티클과 파이버의 構成方法은 混合構成보다 層構成을 하여주는 것이 보다 合理的이라고 判斷되었으며 結果적으로 Type B의 패널이 가장 우수한 機械的 物性を 나타내었다.
5. Type A의 경우 파티클과 파이버층의 共有接着面의 分離가 일어나지 않고 Type B 패널보다 接着劑의 消耗量이 적고 製造工程이 效率的이라는 점을 考慮할 때 가장 理想的인 構成形態가 될 것으로 생각되었다.

Table 7. Results for Tukey's studentized range test for types of panels

Panel type	Internal Bond	Static bending			Screw holding strength		Stability		
		MOR	MOE	SPL	FACE	EDGE	WA	TS	LE
Type A	B*	B	B	B	B	B	B	B	A
Type B	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Type C	C	C	C	C	B	C	B	B	A
3 Layered P. B.	D	C	BC	C	B	D	B	B	A

* Mean with the same letter are not significantly different

参 考 文 献

1. American National Standards Institute. 1979. Medium-density fiberboard for interior use. ANSI A208-2.
2. American National Standards Institute. 1979. Mat-formed wood particleboard. ANSI A208-1.
3. American Society for Testing and Materials. 1972. Standard methods for evaluating the properties of wood-based fiber and particle panels materials. ASTM D 1037-72a. Philadelphia, Pa.
4. Bolton, A. J. and P. E. Humphrey. 1988. The hot pressing of dry-formed wood-based composite. *Holzforschung* 42 (6) : 403-406.
5. Didriksson, E. I. E., J. O. Nyren and E. L. Back. 1974. The splitting of wood-based building boards due to edge screwing. *Forest Prod. J.* 24(7) : 35-39.
6. Geimer, R. L., W. F. Lehmann and J. D. McNatt. 1974. Engineering properties of structural particleboard from forest residues. Proceeding of the Washington State University Particleboard Symposium, No. 8 : 119-143.
7. Gran, G. and Bystedt. 1973. Latest developments in Pressurized-refining with defibrator equipment. Proceeding of the Washington State University Particle board Symposium, No. 7 : 105-163.
8. Harless, T. E. G., F. G. Wanger, P. H. Short R. D. Seale, P. H. Mitchell, and D. S. Ladd. 1987. A model to predict the density profile of particleboard. *Wood and Fiber Science.* 19(1) : 81-92.
9. Maloney, T. M., J. W. Talbott, M. D. Strickler and M. T. Lentz. 1976. Composition board from dead white pine and dead lodgepole pine. Proceeding of the Washington State University Particle-board Symposium, No. 10 : 27-104.
10. Maloney, T. M. 1977. Mordern particleboard and Dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman, San Francisco, California : 672.
11. Markstrom, D. C., W. F. Lehmann, and J. D. McNatt. 1976. Technical feasibility of producing particleboard from Black Hills ponderosa pine. Res. Pap, RM -173. USDA Forest Serv. : 10
12. McGee, L. B., R. A. Mclean, and A. A. Carlyle. 1957. Properties of particleboard related to its use in furniture manufacture. *Forest Prod.J.* 7(3) : 91-94.
13. McNatt, J. D. 1973. Baxic engineering properties of particleboard. Res. Pap. FPL 206. USDA Frest Serv., Forest Prod. Lab., Madison, Wis. : 14
14. McNatt, J. D. 1989. Screw-holding, internal bond, and related properties of composite board products for furniture and cabinet manufacture : a survey of the literature. *Forest Prodcets Research Society* : 30-35.
15. Myers, G. C. 1983. Relationship of fiber preparation and characteristics to performance of medium-density hardboard. *Forest Prod. J.* 33(10) : 43-51.
16. Nelson, N. D. 1973. Effects of wood and pulp properties on Medium-Density Dry-Formed Hardboard. *Forest Prod. J.* 23(9) : 73-80.
17. Rahman, L. 1986. Role of fiber quality and quantity in slush overlay on the surface performance of medium-density hardboard siding. *Forest Prod. J.* 36(9) : 45-50.
18. Suchsland, O. 1973. Hygroscopic thickness swelling and related properties of selected commercial particleboards. *Forest Prod. J.* 23(7) : 26-30.
19. Suchsland, O., G. E. Woodson. 1974. Effect of press cycle variables on density gradient of MDF. Proceeding of the Washington State University Particle-board Symposium, No. 8 : 375-396.
20. Suchsland, O., D. E. Lyon, and P. E. Short. 1978. Selected properties of commercial medium-density fiberb *Forest. Prod. J.* 28(9) : 45-494.

21. Suchsland, O., G. E. Woodson, and C. W. McMillin. 1985. binderless fiberboard form two different type of fiber furnishes. *Forest. Prod. J.* 35(2) : 63-68.
22. Shuler, C. E. and R. A. Kelly. 1976. Effect of flaker geometry on mechanical properties of eastern spruce flake-type particleboard. *Forest Prod. J.* 26(6) : 24-28.
23. Strickler, M. D. 1959. Effect of press cycle and moisture content on properties of Douglas-fir flakeboard. *Forest Prod. J.* 9(7) : 203-215.
24. Vital, B. R., W. F. Lehmann, and R. S. Boone. 1974. How species and board densities affect properties of exotic hardwood particleboard. *Forest Prod. J.* 24(12) : 37-45.
25. Wolcott, M. P., F. A. Kanke, D. A. Dillard. 1990. Fundamentals of flakeboard manufacture : viscoelastic behavior of the wood component. *Wood and Fiber Science.* 22(4) : 345-361.
26. Woodson, G. E. 1976. Properties of medium density fiberboard related to hardwood specific gravity. Proceeding of the Washington State University Particle-board Symposium, No. 10 : 175-192.
27. 日本工業規格. A 5907-1983. フェイバーボード