

耐火處理 파티클보오드의 COMPLY接着이 휨강도와 剪斷강도에 미치는 影響¹

李 弼 宇² · 權 震 憲³

Effect of Bonding on Bending and Shear Strength of COMPLY Composed of Fire Retardant Treated Particleboard¹

Phil Woo Lee² · Jin Heon Kwon³

要 約

本 研究은 COMPLY의 core 에 使用되는 파티클보오드를 耐火處理파티클보오드로 使用하였을 때 COMPLY의 強度的 性質에 미치는 影響을 究明하고자 實施하였다. Ammonium sulfate 의 경우 COMPLY의 MOR은 藥液濃度가 增加함에 따라 藥液濃度가 10%까지는 增加하나 그 以後는 減少하는 傾向을 나타내고 있으며 Minalith 의 경우는 ammonium sulfate 의 경우와는 反對傾向을 나타내고 있다. COMPLY의 MOE는 藥液濃度가 增加함에 따라 減少하는 傾向을 나타내고 있지만 藥液濃度間에 有意的인 差異는 나타내고 있지 않다. COMPLY의 剪斷強度는 藥劑의 處理濃度增加에 따라 增加하는 傾向을 나타내고 있으나 有意的인 差異는 없으며 ammonium sulfate 보다는 Minalith 가 더 良好한 結果를 나타내고 있다. COMPLY의 木破率은 15%濃度까지는 增加하는 傾向을 보이고 있으나 그 以後는 減少現象을 나타내고 있다. 平行 및 交互積層材의 結果는 COMPLY 結果보다 대체로 좋은 結果를 나타내고 있으나 無處理파티클보오드의 結果는 低調한 結果를 나타내고 있다. 藥劑處理 COMPLY의 MOR, MOE는 無處理파티클보오드의 結果보다 136%, 170%로 各各 增加하였다. 따라서 耐火處理로 因한 파티클보오드의 強度減少現象은 COMPLY를 製造함으로써 強度的 性質을 改善시킬 수가 있다.

ABSTRACT

This research was conducted to examine the effect of bonding on the bending and shear strength of COMPLY-board when used with meranti face veneer and fire retardant treated particle-board core. For ammonium sulfate, modulus of rupture (MOR) of COMPLY-board increased with increasing chemical concentration up to 10 percent and then decreased after that concentration. However, Minalith showed reverse effect to the result for ammonium sulfate. Modulus of elasticity (MOE) of COMPLY-board decreased with increasing chemical concentration and its differences were not significant between concentration. Shear strength was shown better when treated with ammonium sulfate than with Minalith. Wood failure of COMPLY increased with increasing chemical concentration up to 15 percent and then decreased after that concentration. The products of parallel and cross veneer laminated were better than those of COMPLY composed of

¹ 接受 4月 10日 Received April 10, 1984.

² 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea.

³ 江原대학교 林科大學 College of Forestry, Kangweon National University, Chuncheon, Korea.

fire retardant treated particleboard core. Nontreated particle-board was the least in strength. MOE of fire retardant treated COMPLY increased by 136 percent and its MOE by 170 percent as compared with non-treated particle-board.

Key words: COMPLY-board; fire retardant; particleboard; wood failure.

緒 論

1970年代에 들어와서 素板과 合板의 需要는 繼續해서 增加하는 反面에 이들을 生産할 수 있는 大徑原木의 生産은 漸次 減少되어감에 따라 다른 木質板狀製品의 研究가 切實히 要請되어 왔다. 이에 따라 그동안 國內·外에서는 각종 削片板等 木質材料에 關한 研究가 遂行되어 왔다.

美國에서는 住宅産業에 使用되는 素板과 合板의 不足現象을 打開하기 위해서 파티클보오드의 強度를 補強하기 위한 手段의 한가지 方法으로 美農務省傘下 開發研究機關에서 COMPLY에 關한 研究를 1977年 以來 繼續事業으로 實施하여 오고 있다.

그러나 이러한 素板이나 合板, 削片板과 같은 木質材料는 모두 可燃性 材料이기 때문에 建築材料로 使用될 경우 항상 火災에 弱한 危險性을 隨伴하고 있다. 따라서 先進各國에서는 部分的이나마 그동안 木質材料의 耐火處理에 關하여 研究를 實施하여 왔다. 이와 같은 木質材料에 關해서는 상당한 研究를 實施하여 훌륭한 結果를 얻은 바 있으나 最近에 새로운 材料로 登場하기 始作한 COMPLY의 耐火處理에 關한 研究는 國內·外를 不問하고 아직까지 全然 取扱된 研究를 찾아볼 수 없다. 이와 같은 事實은 COMPLY의 研究가 體系化되어 있지 못하고 아직도 實用化 되어 있지 않기 때문인 것으로 생각된다. 따라서 앞으로 原料가 漸減되므로서 보다 強度가 改善된 COMPLY의 生産이 增加되리라는 展望으로 미루어 보아 COMPLY의 耐火處理研究는 切實히 要請되고 있다.

本 研究는 耐火處理 COMPLY의 基礎研究로서 COMPLY의 中層에 使用되는 파티클보오드를 耐火處理파티클보오드로 使用하였을 때 COMPLY의 強度의 性質에 미치는 影響을 究明하고자 實施하였다.

研究 史

素板과 合板의 不足現象을 打開하고 파티클보오드

의 強度를 補強하기 위한 方法으로 그동안 研究되어 온 重要 COMPLY의 研究報告는 다음과 같다.

Koenigshof (1977, 1978, 1979)는 COMPLY의 研究計劃을 樹立하고 COMPLY가 住宅用 建築材料로 素板이나 合板과 동일하게 使用될 수 있는지와 그 經濟性을 研究檢討 하였다. 그 結果 20%以上の 利益을 얻을 수 있음을 報告하였다. 또한 COMPLY를 住宅建築用 외장벽판材料로 使用하였을 때 要求되는 強度의 性質, 내구성, 치수안정성 등의 規格을 Blomquist等(1978)과 Duff(1977)가 研究하여 COMPLY를 외장벽판용 표준규격 條件에 만족하게 製造할 수 있음을 報告하였다. 한편, Carney(1977)가 COMPLY를 住宅用 마루판과 지붕틀에 使用하였을 때 要求되는 여러가지 性質 및 條件 등을 提示한 후 Duff(1978)는 COMPLY 아루틀의 強度, 耐久性, 치수안정성 등을 研究 報告하였다.

Wittenberg(1977, 1978)와 McAlister(1978, 1979)는 COMPLY의 強度의 性質을 研究, 檢討한 바 있다. Vick(1977)는 COMPLY에 使用되는 接着劑에 關한 研究를 하였으며 Walker(1977)는 COMPLY의 引拔抵抗을 調查하였는 바, 素材보다 COMPLY가 더 良好한 結果를 보이고 있음을 報告하였다. 또한 Duff(1980)는 COMPLY를 暴露試驗한 後에 치수안정과 耐久性을 研究하였다. 以上과 같은 COMPLY에 關한 研究가 遂行되어 왔으나 앞으로 많은 問題點을 解決하기 위한 研究가 繼續되어야 한다고 생각된다.

材料 및 方法

1. 供試材料

單板은 두께 2mm인 메탄티單板을 表·裏板用으로 使用하였으며 core用은 著者(1983)의 研究에서 藥劑의 濃度를 5, 10, 15 그리고 20%로 變化시켜 淸에 處理함으로써 Table 1과 같은 藥劑 保留量을 갖는 耐火處理파티클보오드를 使用하였다. 接着劑는 尿素樹脂, 硬化劑로는 NH₄Cl을 使用하였다. 單板의 크기는 20×15cm로 裁斷하였고 耐火處理파티

Table 1. Chemical retention amount according to concentrations
unit: kg/(30cm)³

Concentration	0 %	5 %	10 %	15 %	20 %
Ammonium sulfate	0	0.945	1.710	2.000	2.258
Minalith	0	0.950	1.728	2.565	3.657

클보오드의 크기는 20 × 15 × 0.8 cm 로 製造하였다. 따라서 製造된 COMPLY 의 두께는 1.2 cm 였다.

2. 試驗方法

2.1. COMPLY 의 製造

COMPLY 는 5, 10, 15, 20 % 濃度의 耐火處理溶液에 침을 處理하여 製造한 파티클보오드를 core로 使用하여 製造하였다. COMPLY 의 製造條件은 熱板溫度 110℃, 加壓量 13 kg/cm², 加壓時間 2分을 適用하였다. 塗付量은 32~36 kg/ft², 硬化劑는 樹脂液에 對해서 10% 水溶液을 10%, 增量劑는 小麦粉 5%를 添加하였다. 本 研究에서 製造한 COMPLY 數는 4 處理 × 4 反復 × 2 藥劑 + 4 無處理 = 36 枚였다. 그리고 COMPLY 와 比較하기 위하여 이와 동일한 두께의 파티클보오드, 平行 및 交互積層材를 各各 4 枚씩 製造하여 比較하였다. 따라서 總試片製造數는 48 枚였다. 平行 및 交互積層材는 COMPLY 와 동일한 두께로 만들기 위하여 2mm 單板 6板을 積層시켜 製造하였다.

2.2. 휨強도와 剪斷強도試驗

휨強도는 林業試驗場에 있는 Universal Materials Testing Machine 으로 破壞係數(MOR : Modulus of rupture)와 彈性係數(MOE : Modulus of elasticity)를 測定하였으며 剪斷強도試驗은 서울大 合板研究室의 Riele Shot Type 1000 LBS 容量의 Plywood shear testing machine 을 利用하여 剪斷強도와 木 破率을 測定하였다.

結果 및 考察

1. 휨強도의 破壞 및 彈性係數

Ammonium sulfate 와 Minalith 의 5, 10, 15, 20 % 濃度溶液으로 處理하여 製造한 파티클보오드를 中層으로 하여 接着한 COMPLY 의 破壞 및 彈性係數와 이것들과 比較하기 위하여 동일한 두께로 接着

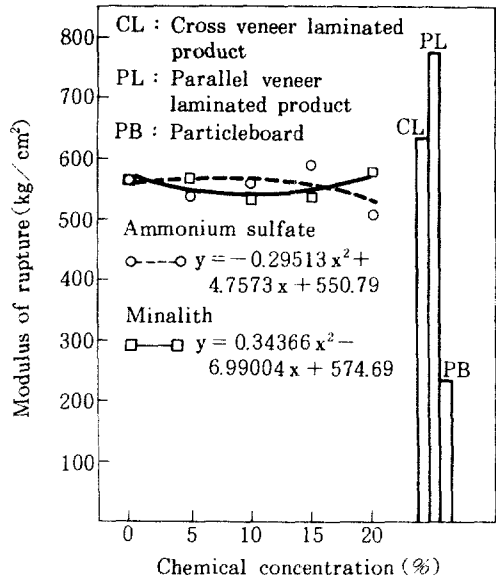


Fig. 1. Relationship between modulus of rupture and chemical concentration

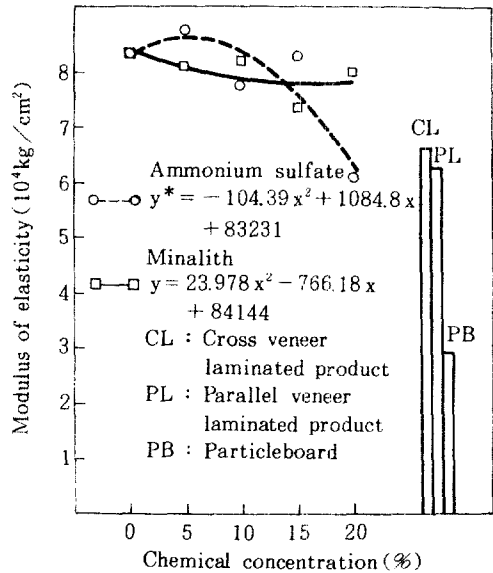


Fig. 2. Relationship between modulus of elasticity and chemical concentration

製造한 無處理파티클보오드 그리고 같은 두께의 交互積層材와 平行積層材의 破壞 및 彈性係數의 結果를 그림으로 表示하면 Fig. 1, 2 와 같다. Fig. 1, 2 에서 無處理파티클보오드와 交互 및 平行積層材의 破壞 및 彈性係數는 막대좌표로 表示하였으며 藥劑 處理파티클보오드를 中層으로 製造한 COMPLY 의

破壞 및 彈性係數는 回歸曲線으로 나타내었다.

Fig. 1의 無處理에서는 平行積層材의 破壞係數值가 가장 크게 나타났으며 그 다음이 交互積層材이고 파티클보오드가 가장 적은 값을 나타내고 있다. 여기에서 交互 및 平行積層材의 破壞係數는 COMPLY 破壞係數結果보다 크게 나타났으며 파티클보오드의 경우는 COMPLY 結果보다 적게 나타났다. 즉 COMPLY의 破壞係數結果는 파티클보오드보다 136% 增加하였으며 交互 및 平行積層材結果는 各各 169, 229% 增加하는 傾向을 보이고 있다. 따라서 李, 權(1983)의 研究結果에서 알 수 있는 바와 같이 칩을 耐火藥劑로 處理함으로서 減少되는 파티클보오드의 破壞係數結果는 COMPLY를 製造함으로서 增加시킬 수 있음을 알 수가 있다.

藥劑濃度에 따른 COMPLY間的 破壞係數結果는 Fig. 1에서 알 수 있는 바와 같이 ammonium sulfate의 경우 處理濃度가 增加함에 따라 破壞係數는 약간 增加하였다가 減少하는 傾向을 나타내고 있으며 二次曲線回歸式은 $y = -0.29513x^2 - 4.7573x + 550.79$ 다. 또한, Minalith의 경우는 處理濃度가 增加함에 따라 破壞係數結果는 약간 減少하였다가 약간 增加하는 傾向을 나타내고 있으나 두 藥劑의 曲線回歸式 모두 有意성을 나타내지 않고 있다. 이러한 傾向은 研究材料는 다르지만 Gerhards(1970), King 및 Matteson(1961), Jessome(1962), Graham(1964), Johnson(1967) 그리고 Syska(1964)의 傾向과는 상당한 差異를 나타내고 있다. 따라서 素材, 積層材, 파티클보오드에 耐火處理를 했을 때 破壞係數와 COMPLY의 中層에 耐火處理를 하여 製造한 COMPLY의 破壞係數傾向과는 상당한 差異가 있음을 알 수 있다.

彈性係數에서는 Fig. 2에서 알 수 있는 바와 같이 無處理에서 交互積層材가 가장 크게 나타났으며 그 다음이 平行積層材이고 파티클보오드가 가장 적은 값을 나타내었다. 또한 交互 및 平行積層材와 파티클보오드의 彈性係數는 COMPLY의 彈性係數보다 적은 값을 나타내었다. 즉 交互 및 平行積層材는 파티클보오드의 彈性係數結果보다 125, 113% 增加하였으며 COMPLY는 170% 增加하였다. 따라서 破壞係數와 같이 耐火處理를 함으로서 減少되는 積層材 및 파티클보오드의 彈性係數結果는 COMPLY를 製造함으로서 增加시킬 수가 있음을 알 수가 있다.

處理濃度에 따른 COMPLY의 彈性係數結果는 處

Table 2. F ratios of chemicals, treatment systems and relationship between them

Factor	Item	MOR	MOE	Shear strength	Wood failure
Chemicals	(A)	0.037	2.361	17.760*	0.335
Treatment	(B)	3.957*	1.511	2.313	5.769**
	(A) × (B)	3.330*	1.549	1.951	1.546

* significance at 95% level

** significance at 99% level

理濃度가 增加함에 따라 두 藥劑 모두 減少하는 傾向을 나타내고 있다. 이러한 減少結果는 研究材料는 다르지만 李, 權(1983), Syska(1964) 그리고 Gerhards(1970)의 彈性係數結果와 비슷한 傾向을 나타내고 있다. 그리고 Fig. 2에서 ammonium sulfate의 경우 二次曲線回歸式은 $y = -104.39x^2 + 1084.8x + 83231$ 로서 95%의 有意성을 나타내고 있으며 Minalith의 경우는 $y = 23.978x^2 - 766.78x + 84144$ 로서 有意성을 나타내고 있지 않다.

以上的 結果內容에 對한 藥劑間과 濃度間的 統計的인 有意성을 檢定하기 위하여 分散分析한 結果는 Table 2와 같다. 分析에 依하면 破壞係數의 경우 ammonium sulfate와 Minalith間에는 有意성이 없으나 藥劑의 濃度에 따른 處理間에는 95%의 有意성을 나타내고 있다. 또한 藥劑와 藥劑處理의 相互作用에서도 95%의 有意성을 나타내고 있으므로 ammonium sulfate와 Minalith間에는 差異가 認定되고 있지 않으나 處理濃度에 따라서는 有意的인 差異를 나타내고 있으며, 두 藥劑의 處理間的 傾向도 差異가 난다는 것을 알 수가 있다. 彈性係數의 경우도 ammonium sulfate와 Minalith間에 有意성이 없으며 藥劑의 濃度에 따른 處理間, 藥劑와 藥劑處理 相互作用에서도 有意성을 나타내고 있지 않다. 따라서 藥劑의 處理는 COMPLY의 彈性係數에 有意的인 影響을 미치고 있지 않음을 알 수가 있다.

2. 剪斷強度와 木破率(Shear strength and wood failure)

耐火處理파티클보오드를 中層으로 하여 製造한 COMPLY의 剪斷強度 및 木破率과 이들과 比較하기 위하여 동일한 두께로 接着製造한 無處理파티클보오드 그리고 같은 두께의 交互 및 平行積層材의 結果는 Fig. 3, 4와 같다. Fig. 3, 4에서 無處理파티클보오드와 交互 및 平行積層材의 剪斷強度 및 木破

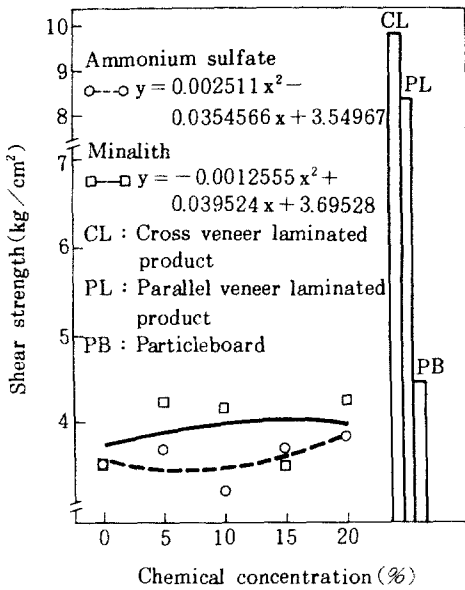


Fig. 3. Relationship between shear strength and chemical concentration

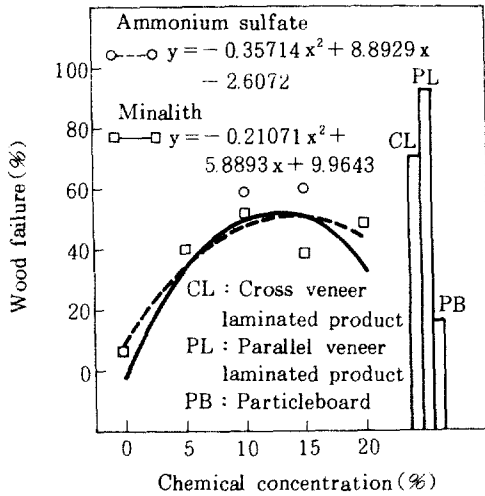


Fig. 4. Relationship between wood failure and chemical concentration

靑率結果는 막대좌표로 表示하였고 COMPLY의 剪斷強度 및 木破率結果는 回歸曲線으로 나타내었다. Fig. 3에서 막대좌표로 表示되어 있는 無處理交互 및 平行積層材 그리고, 파티클보오드 剪斷強度는 藥劑處理 COMPLY 剪斷強度보다 더 높은 값을 나타내고 있다. 특히, COMPLY 및 파티클보오드는 모두 7 kg/cm^2 以下인데 반하여 平行 및 交互積層材의 剪斷強度는 모두 7 kg/cm^2 以上이었다. 이것을 통해서

單板과 파티클보오드를 構成시켜서 接着시킨 것 보다는 單板과 單板만을 構成시켜서 接着시킨 것이 더 接着力이 크다는 것을 알 수 있다. 單板과 單板의 構成은 積層材뿐만 아니라 李, 權(1980, 1981)의 研究報告를 보면 合板의 경우도 모두 7 kg/cm^2 以上の 剪斷強度를 나타냄을 보고 알 수 있다.

COMPLY의 剪斷強度에 있어서 藥劑處理와 無處理間에는 약간의 差異를 나타내고 있는데 藥劑의 濃度가 增加함에 따라 剪斷強度는 약간씩 增加하는 傾向을 나타내고 있으나 有意的인 差異는 나타내고 있지 않다. Ammonium sulfate의 二次曲線回歸式은 $y = 0.002511x^2 - 0.0354566x + 3.54967$ 이며 Minalith는 $y = -0.0012555x^2 + 0.039524x + 3.69528$ 로서 모두 有意性을 나타내고 있지 않다.

Fig. 4에서 平行 및 交互積層材의 木破率結果는 藥劑處理 COMPLY木破率結果보다 높은 값을 나타내고 있으나 파티클보오드木破率結果는 COMPLY보다 낮은 값을 나타내고 있다. 積層材의 경우는 剪斷強度試驗時 單板의 木部가 파괴되나 COMPLY의 경우는 單板의 木部가 파괴되는 일은 없고 파티클보오드의 靑만이 떨어지는 現象을 나타내고 있다. 한편 COMPLY의 藥劑處理間에는 상당한 差異를 나타내고 있다. Ammonium sulfate의 경우 藥液濃度가 10%까지는 濃度가 增加함에 따라 木破率結果도 增加하는 傾向을 보이고 있으나, 그 이후는 減少하는 傾向을 나타내고 있으며 二次曲線回歸式은 $y = -0.35714x^2 + 8.8929x - 2.6072$ 로서 99%의 有意性을 나타내고 있다. Minalith의 경우는 濃度 15%까지는 增加하는 傾向을 보이고 있으나 그 이후는 減少하는 傾向을 나타내고 있으며 二次回歸曲線式은 $y = -0.21071x^2 + 5.8893x + 9.9643$ 으로서 有意性을 나타내지 않고 있다.

以上的 結果에 對하여 統計的인 有意性을 檢定하기 위한 分散分析結果는 Table 2와 같다. 分析에 依하면 剪斷強度에 있어서 ammonium sulfate와 Minalith間은 95% 水準에서 有意的인 差異를 나타내고 있지만 藥劑處理間과 藥劑와 藥劑處理相互作用에 있어서는 有意的인 差異를 나타내고 있지 않다. 따라서 藥劑의 種類는 COMPLY의 剪斷強度에 有意的인 影響을 주고 있으나 藥劑의 處理濃度는 影響을 주고 있지 않으며 두 藥劑의 剪斷強度變化 傾向도 비슷함을 알 수가 있다. 또한 木破率에 있어서 藥劑間과 藥劑處理相互作用에서는 有意性을 나타내고 있지 않으나 濃度에 따른 藥劑處理間에는

99% 水準에서 有意的인 差異를 나타내고 있다. 따라서 藥劑處理濃度는 COMPLY의 木破率에 有意的인 影響을 주고 있으나 그 以外는 有意的인 影響을 주고 있지 않다. 이러한 結果도 耐火劑가 파티클보오드의 接着에 影響을 주었기 때문인 것으로 생각된다.

結 論

本 研究는 耐火處理 COMPLY의 基礎研究로서 COMPLY의 core에 使用되는 파티클보오드를 耐火處理파티클보오드로 使用하였을 때 COMPLY의 強度的 性質에 미치는 影響을 규명하고자 實施하였다. COMPLY의 強度的 性質試驗에서는 MOR, MOE, 常態接着力, 木破率을 各各 測定하였는데 그 結果는 다음과 같다.

1. Ammonium sulfate의 경우 COMPLY의 MOR은 藥液濃度가 增加함에 따라 藥液濃度가 10%까지는 增加하나 그 以後는 減少하는 傾向을 나타내고 있으며 Minalith의 경우는 ammonium sulfate의 경우와는 反對傾向을 나타내고 있다.

2. COMPLY의 MOE는 藥液濃度가 增加함에 따라 減少하는 傾向을 나타내고 있지만 藥液濃度間에 有意的인 差異는 나타내고 있지 않다.

3. COMPLY의 剪斷強度는 藥劑의 處理濃度增加에 따라 增加하는 傾向을 나타내고 있으나 有意的인 差異는 없으며 ammonium sulfate 보다는 Minalith가 더 良好한 結果를 나타내고 있다.

4. COMPLY의 木破率은 15% 濃度까지는 增加하는 傾向을 보이고 있으나 그 以後는 減少現象을 나타내고 있다.

5. 平行 및 交互積層材의 結果는 COMPLY 結果보다 대체로 좋은 結果를 나타내고 있으나 無處理파티클보오드의 結果는 低調한 結果를 나타내고 있다.

6. 藥劑處理COMPLY의 MOR, MOE는 無處理파티클보오드의 結果보다 136%, 170%로 各各 增加하였다.

따라서 耐火處理로 因한 파티클보오드의 強度減少現象을 COMPLY를 製造함으로써 強度的 性質을 改善시킬 수가 있다.

引 用 文 獻

1. Blomquist, R. F., J. E. Duff, G. A. Koen-

igshof, R. H. McAlister and D. C. Wittenberg. 1978. Performance standards for composite studs used in exterior walls. USDA For. Ser. Res. Paper SE-55.

2. Carney, J. M. 1977. Plywood composite panels for floors and roofs. USDA For. Ser. Res. Paper SE-163.

3. Duff, J. E. 1977. Durability and dimensional stability of com-ply studs. USDA For. Ser. Res. Paper SE-172.

4. Duff, J. E. 1980. Dimensional stability and durability of com-ply studs exposed to soaking, high humidity, and weathering. USDA For. Ser. Res. Paper SE-207.

5. Duff, J. E., G. A. Koenigshof and D. C. Wittenberg. 1978. Performance standards for com-ply floor joists. USDA For. Ser. Res. Paper se-192.

6. Gerhards, C. C. 1970. Effect of fire retardant treatment on bending strength of wood. USDA For. Ser. Res. Paper FPL 145.

7. Graham, R. D. 1964. Strength of small Douglas-fir beams treated with fire retardants. AWWA Proc. 60: 172-177.

8. Jessome, A. P. 1962. Strength properties of wood treated with fire retardants. Forest Prod. Res. Br., Canada Dept. of Forestry Rep. No. 193.

9. Johnson, J. W. 1967. Bending strength for small joists of Douglas-fir treated with Res. Lab. Rep. T-23. Corvallis, Oreg.

10. King, E. G. and D. A. Jr. Matteson. 1961. Effect of fire-retardant treatment on the mechanical properties of Douglas-fir plywood. Douglas Fir Plywood Assoc. Lab. Rep. No. 90, Tacoma.

11. Koenigshof, G. A. 1977. The comply research project. USDA For. Ser. Res. Paper SE-166.

12. Koenigshof G. A. 1978. Economic feasibility of manufacturing com-ply studs in the south. USDA For. Ser. Res. Paper SE-197.

13. Koenigshof, G. A. 1979. Economic feasibility of manufacturing com-ply panels in the south. USDA For. Ser. Res. Paper SE-201.
14. Koenigshof, G. A. and R. H. McAlister. 1977. Demonstration houses built with comply products USDA For. Ser. Res. Paper SE-177.
15. Lee, P. W. and J. H. Kwon. 1980. A study on the extension of urea, urea-melamine copolymer and water soluble phenol resin adhesives of plywood. J. Korean For. Soc. 48: 40-50.
16. Lee, P. W. and J. H. Kwon. 1981. Extending of urea resined plywood utilized by wheat, pine bark, wood, rice hull and pine leaf powder as an extender. Bull. Seoul Uni. For. 17: 50-61.
17. Lee, P. W. and J. H. Kwon. 1981. The utilization of corn stalk, pine bark, pine leaves, wheat and wood flour as an extender for plywood bonding. J. Korean For. Soc. 51: 41-50.
18. Lee, P. W. and J. H. Kwon. 1983. Effects of the treated chemicals on the flexural and physical properties of fire retardant treated particleboards. Mogjae-Gonghak 10 (2): 22-27.
19. Syska, A. D. 1969. Exploratory investigation of fire retardant treatments for particleboard. USDA For. Ser. Res. Note FPL-0201, 20pp.