

파티클보드의 剝離 및 引張에 있어서의 破壞靱性値에 關한 研究*1

金 漢 錫*2. 李 弼 宇*2

Studies on Fracture Toughness in Internal Bond and Tension of Particleboard*1

Han Seok Kim*2. Phil Woo Lee*2

SUMMARY

The objectives of this study were to investigate the relative effects of specific gravity and particle size on internal bond and tensile strengths and fracture toughness of particleboard and to compare mechanical strength with fracture toughness.

The particleboard was manufactured with three different particle sizes at specific gravity levels of 0.6, 0.7, and 0.8 with a resin content of 10% based on oven dry weight.

The results were summarized as follows:

1. Internal bond strength, fracture toughness in internal bond test, maximum tensile strength, and fracture toughness in tension test increased with the increase of specific gravity of particleboard.
2. As particle size increased, internal bond strength, fracture toughness, maximum tensile strength, and fracture toughness in tension test increased.
3. The maximum tensile strength and fracture toughness appeared to be in a direct relationship, and then maximum tensile strength could be used for prediction of fracture toughness for tension test.
4. The fracture toughness in internal bond test was somewhat independent on induced crack length.

Key words: crack length, fracture toughness, internal bond strength, maximum tensile strength, particle size, specific gravity.

1. 緒 論

木材에 대한 일반적인 強度試驗에는 적용되지 않으나 木材 이외의 金屬 등 여러 材料의 強度試驗에 사용되어진 破壞力學의 概念을 木材 또는 木質材料에 도입, 적용시키고자 하는 것이 근래에 이르러 많은 학자의 관심의 대상이 되고 있다. 특히 木材는

破壞가 대부분 彈性領域에서 이루어지기 때문에, 線形彈性 破壞力學(LEFM: Linear Elastic Fracture Mechanics)을 적용시킬 수 있는데, 線形破壞力學은 crack을 지닌 部材나 構造物의 強度 또는 變形을 線形彈性論을 써서 研究하는 학문으로써, 急速크랙전파(crack propagation)에 의한 갑작스러운 破壞의 研究뿐만 아니라 木構造의 設計 分析에 있

*1. 接受 1990年 2月 6日 Received February 6, 1990

*2. 서울대학교 農科大學 College of Agriculture, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea.

어서 유용한 資料를 提供하여 줄 수 있는 學問으로 여겨지고 있다.

Crack을 지니고 있는 固體의 破壞는 基本的으로 mode I (opening mode), mode II (sliding mode), mode III (tearing mode)로 大別되어지는데, 木材 또는 木質材料에서는 대개 mode I, mode II, mixed mode(mode I + mode II)形態로 破壞가 일어나는 것으로 알려져 있으며, 대부분의 경우 mode I의 破壞가 주종을 이루고 있다. 어떤 材料에 일단 crack이 발생하면 破壞는 crack 선단부근의 應力이나, 變形率의 分布狀態에 의해 크게 좌우되므로, 이때에는 材料力學에서의 一般의 力學的 媒介變數는 적용할 수 없게 된다. 따라서 crack 선단부근의 應力 및 變形率의 分布狀態를 나타내는 應力擴大係數(stress intensity factor) 즉 破壞靱性值(fracture toughness)를 力學的 媒介變數로 사용하는 것이 바람직한 것으로 여겨지고 있다. 또한 破壞靱性值는 材料의 고유특성으로 여겨지는 物質常數의 一種으로, 材料의 強度特性解析에 유용한 도움을 제공하므로 그 材料가 지니고 있는 破壞靱性值를 算出하는것은 매우 중요한 意味를 지니고 있다. 그러므로 一般家具材 및 輕構造用材등 多用度로 사용되고 있는 particleboard의 強度에 관한 解析을 材料 自體의 缺點을 무시한 狀態에서 사용하여온 一般強度試驗法(剝離, 引張, 휨 強度試驗法등)보다는 接着層의 결고, particle 간의 空隙등에서 破壞가 先行될 수 있는 可能性을 考慮할 때, 破壞力學에 根據를 둔 線形彈性破壞力學을 이용하여 수행하는 것이 더 바람직한 방법이라고 여겨진다.

따라서 本 研究는 particleboard의 強度解析에 破壞力學의 概念을 導入할 수 있는지의 可能性與否를 검토하기 위하여, 破壞靱性值(K_{Ic} : Fracture toughness: Critical stress intensity factor)와 一般強度試驗法에서 얻어진 結果를 서로 비교하여, 이들간의 相關關係를 究明함과 동시에 particleboard의 製造條件중 密度와 particle의 크기가 破壞靱性值(K_{Ic})에 미치는 影響을 究明하고자 하는 것이 目的이다.

2. 研究史

木材 또는 木質材料에 破壞力學의 概念을 도입하여 여러학자가 많은 研究努力을 수행하였는데, Schniewind와 Pozniak(1971)¹⁹⁾는 Douglas-fir의 破壞靱性值(fracture toughness)에 대해 연구한 결과, TL에서의 臨界應力擴大係數가 TR에서보다 작다고 발표하였고, Schniewind와 Centeno(1973)²⁰⁾는 0.45 in의 crack을 함유한 Douglas-fir를 휨강도시험하여 基本 6斷面인 LT, LR, TL, RL, TR, RT에서의 臨界應力擴大係數(K_{Ic} : critical stress intensity factor; fracture toughness)를 구한결과 각각 2,200, 2,450, 281, 373, 323, 323psi(inch)^{1/2}라고 발표하였으며, Schniewind와 Lyon(1973)²¹⁾는 Douglas-fir의 無缺點材와 缺點材를 引張試驗하여, 각각의 破壞靱性值를 구한 결과, 여러 缺點중에서 crack이 強度減少의 主要要人이라고 발표하였다. 그리고 Chow와 Woo(1978)²²⁾는 Gagil과 Kapur의 mode I 및 mode II의 應力集中係數를 구하여 이들의 相互關係를 연구하였고, Petterson과 Bodig(1981)¹⁸⁾는 針葉樹 10數種에 관해 引張強度試驗해서 TL 단면에서의 臨界應力擴大係數를 구하였으며, 破壞靱性值와 比重, 含水率간의 關係를 연구하였다. Leicester와 Bunker(1969)¹⁵⁾는 積層數를 변화시켜 소나무로 集成材를 만들어 butt joints에서의 破壞를 연구하였고, Smith와 Penny(1978)²³⁾는 Douglas-fir와 southern pine으로 集成材를 만들어 휨강도시험하여 mode I 과 mode II의 臨界應力擴大係數를 구하였고, Lei(1979)¹²⁾는 Douglas-fir로 PLV(parallel-laminated veneer)를 만들어 引張強度試驗한 결과, 破壞靱性值(K_{Ic})는 單板의 두께가 감소함에 따라 증가하지만, 목리방향과 荷重速度에는 별 影響을 받지 않는다고 발표하였다.

Ilcewicz(1980)⁶⁾는 particleboard의 두께와 수지량을 변화시킨 particleboard의 박리강도(internal bond)와 破壞靱性值의 關係를 연구한 결과, 剝離強度와 破壞靱性值는 고수지량보다 저수지량에서 particle의 두께에 더 크게 影響받는다고 하였고 剝離強度와 破壞靱性值는 比例關係라고 발표하였

다. 그리고 Lei와 Wilson(1981)¹¹⁾는 여러條件으로 製造된 oriented flakeboard에 crack을 만들어 引張力試驗을 한 결과, 破壞靱性値는 flake間 空隙의 平均길이에 감소하고, 보드 密度가 증가함에 따라 증가하지만, flake-grain方向, 塗布量, 荷重速度에는 별로 影響을 받지 않는다고 발표하였다. 그리고 Ilciewicz와 Wilson(1981)¹²⁾는 nonlocal이론을 이용하여 particleboard의 破壞에 대해 연구하여, particle 크기와 같은 本質的인 缺點의 影響을 分析的으로 결정하여, particleboard에서 本質的인 缺點의 크기가 0.34in라고 算出하였으며, 이는 수지량에 따라 별로 변하지 않는다고 발표하였고, Lei와 Wilson(1981)¹¹⁾는 flakeboard의 破壞靱性値의 豫想을 위해 本質的인 缺點, flake製造에 사용된 素材의 K_{Ic} 값, crack의 길이, flake間的 空隙과 未接着部分으로 豫想되는 crack증가량의 函數로 model을 설정한 결과, 여러가지 密度의 flakeboard에서 실제 K_{Ic} 값의 7% 이내에서 豫想될 수 있다고 발표하였다. 그리고 Laufenberg(1984)¹³⁾는 flakeboard의 破壞表面을 觀察하여 크게 4가지 現象으로 구분하였고, 理論的 強度와 試驗値와의 差異는 flake間的 未結合때문이라고 발표하였다.

3. 材料 및 方法

3.1. 供試材料

3.1.1. 파티클

本試驗에서 사용한 파티클은 나왕등이 混在한 一般製材木으로 많이 사용하고 있는 말레이시아산 雜木廢材를 이용하여 Pallmann chipper로 製造한 針狀形칩을 구입하였으며, Table 1과 같이 파티클 크기가 큰 것과 작은 것으로 分類하고 天然乾燥시킨 뒤 含水率을 약 7%로 調整하였다.

3.1.2. 接着劑

보오드제조에 사용한 接着劑는 尿素樹脂로서 接着劑의 樹脂率은 63%이었다. 그리고 樹脂量은 全乾파티클量의 10%를 첨가하였다.

硬化劑로는 NH_4Cl -10%수용액을 樹脂固形粉에 대하여 10%를 첨가하였고, 왁스에멀전은 전건과

Table. 1 Characteristics of particles

Classification	Screen mesh	Particle size (avg.)(mm)*1
Small	-40,	2.22(L)×
	+14	0.35(T.)
Large	-14	5.66(L)×
	+8	0.78(T.)

*1: Average dimension of 100 particles randomly selected

티클량에 대하여 1%를 첨가하였다.

3.2. 試驗方法

3.2.1. 보드의 製造

제조한 보드의 크기는 $30 \times 25 \times 1.5$ cm로 하였으며, 豫想密度를 0.60, 0.70 및 $0.80g/cm^3$ 로 하여 單層構成보오드를 제조하였다. 그리고 작은 파티클로만 만든 보드를 Type I으로, 큰 파티클로만 만든 보드를 Type II, 작은 파티클과 큰 파티클을 1:1로 混合하여 만든 보드는 Type III라고 表示分類하였다.

3.2.2. 熱壓

熱壓時 壓縮溫度는 $145^\circ C$ 로 하였고, 壓縮壓力은 초기압력을 $25kgf/cm^2$ 으로 5분간 유지하여 보드내부에 전달된 열에 의해 경화되며, 생성된 水蒸氣의 排出을 위해서 일시적인 解壓을 30초간 실시한 뒤에 다시 $20kgf/cm^2$ 으로 올려 3분, 다시 壓力을 내려서 $15kgf/cm^2$ 으로 2분간 유지한 뒤에 解壓하는 多段스케줄로 보드를 제조하였다(Fig. 1). 그리고 이와같이 제조한 보드를 실내의 溫·濕度條件에서 15일간 調濕處理를 한 후 供試試驗片으로써 이용하였다.

3.2.3. 試驗片

比重측정 및 含水率측정을 위한 試片은 ASTM D1037에 따라 $4cm \times 4cm$ 로 제작하였고 剝離試驗 試片은 ASTM D1037에 따라 Fig. 2(a)와 같이 제작하였고, 破壞靱性値를 구하기 위하여 Fig. 2(b)와 같이 試片을 제작하였으며, 이때의 crack의 길이는 band saw를 이용하여 0.5, 0.7 및 0.9cm의 세가지를

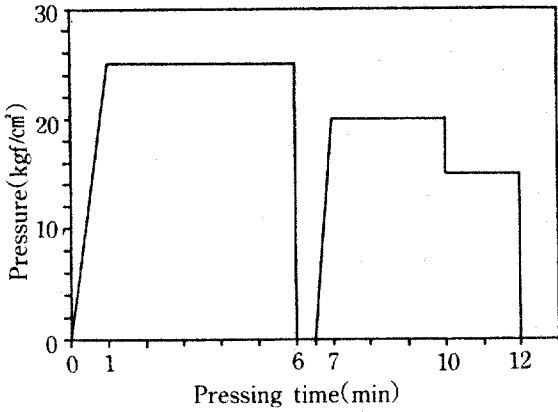
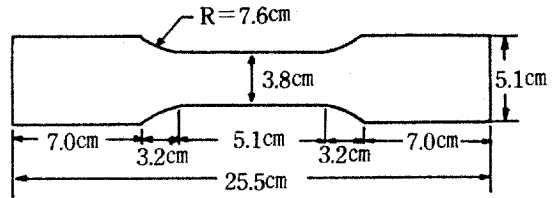
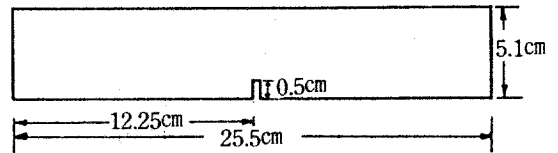


Fig. 1. Hot pressing schedule



(a) Specimen for maximum tensile strength.



(b) Specimen for fracture toughness.

Fig. 3. Specimen for tension testing.

3.2.4. 試驗方法

3.2.4.1. 比重 및 含水率

보드의 比重은 式(1)에 의하여 算出하였고, 보드의 含水率은 式(2)에 의하여 算出하였다.

$$\text{比重} = W_0 / V_a \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{含水率}(\%) = (W_a - W_0) / W_0 \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

W_0 : 乾燥後의 試驗片의 重量(g)

W_a : 乾燥前의 試驗片의 重量(g)

V_a : 乾燥後의 試驗片의 體積(cm^3)

Table 2는 각각의 경우에 대한 보드의 比重과 含水率을 나타냈다.

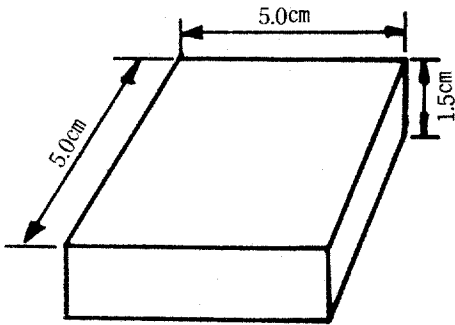
Table 2. Average specific gravity and moisture content

Target sp.gr. (g/cm^3)	Avg. sp.gr.*1 (g/cm^3)	Moisture content (%)
0.6	0.603	11.15
0.7	0.689	10.77
0.8	0.781	10.31

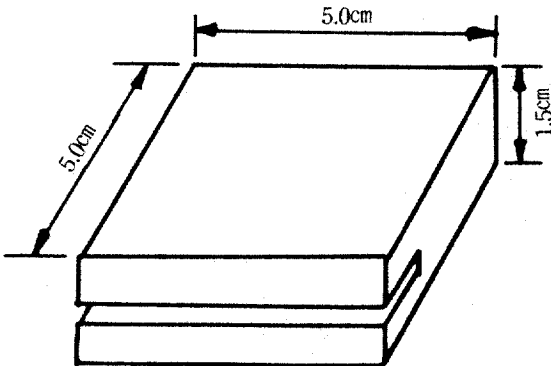
*1: Based on the oven-dry weight and air-dry volume

3.2.4.2. 破壞靱性値 解析方法

木材나 木質材料의 破壞靱性値를 구하기 위한 試片의 寸수는 아직까지 정해진 것이 없고, 대부



(a) Specimen for internal bond.



(b) Specimen for fracture toughness.

Fig. 2. Specimen for internal bond testing.

만들었다.

引張試驗試片은 ASTM D1037-72a에 따라 necked-shape로 Fig. 3(a)같이 제작하였고, 破壞靱性値를 구하기 위한 試片은 Fig. 3(b)와 같이 제작하였으며, 이때의 crack의 길이는 band saw를 이용하여 0.5cm로 만들었다.

본의 경우 ASTM E399의 金屬에 대한 plane strain 試驗方法에 따라 행하고 있는데, 이경우에 있어서 式(3)을 이용하여 破壞靱性値를 算出하고 있다.

$$K_{IC} = P_{MAX} \sqrt{\pi \cdot a} \dots\dots\dots (3)$$

P_{MAX} : 작용되어지는 最大應力 (kgf/cm²)

a : crack 길이(cm)

하지만 式(3)은 無限 境界條件을 假定한 理論 式이다. 그런데 試驗試片은 有限境界條件이므로 이 式의 적용에는 다소 문제점이 발생한다. 따라서 서로 다른 荷重適用과 試片치수에 대한 절대적인 破壞靱性値를 구하기 위하여 여러 方法의 보정이 사용되어 왔다. 그래서 式(3)이 다음과 같은 式(4)로 변형되어 사용되고 있다.

$$K_{IC} = P_{MAX} \sqrt{\pi \cdot a \cdot Y} \dots\dots\dots (4)$$

P_{MAX} : 작용되어지는 最大應力 (kgf/cm²)

a : crack 길이(cm)

Y : 試片형상에 따른 보정계수(geometric corrected factor)

本 研究에서는 破壞靱性値를 구하기 위하여 다음과 같은 式(5)를 사용하였다.

$$K_{IC} = P_{MAX} (a)^{1/2} \cdot Y \cdot (a/w), (a/w < 0.6) \dots\dots (5)$$

P_{MAX} : 작용되어지는 最大應力 (kgf/cm²)

a : crack 길이(cm)

w : 試片 폭(cm)

t : 試片 두께(cm)

$$Y(a/w) = 1.99 - 0.41(a/w) + 18.7(a/w)^2 + 38.48(a/w)^3 + 53.85(a/w)^4$$

원래 式(5)는 Brown과 Strawley(1966)가 引張力條件에서 single-edge crack을 지닌 金屬板의 破壞靱性値를 구하기 위해 사용한 式인데, 素材(Schniewind and Lyon, 1973), 배향성 플레이크보드(oriented flakeboard)(Lei, 1978), 파티클보드(Ilcewicz and Wilson, 1981)에 대한 破壞靱性値를 구하기 위하여 많은 학자들이 이 式을 이용하여 왔다.

3.2.4.3. 剝離試驗

Fig. 2(a), (b)에서와 같이 준비된 試片을 Hot-melt 接着劑를 사용하여 兩面塗布하여, 15×5×1cm의 金屬臺板사이에 넣고 경화시킨 후에 萬能材料 試驗機(Zwick 156)에서 荷重速度를 5mm/min로 하여 最大荷重을 구한 뒤 式(6)을 이용하여 剝離強度를 算出하였고, 式(5)를 이용하여 破壞靱性値(K_{IC})를 算出하였다.

$$I.B. (kgf/cm^2) = P/w \cdot t \dots\dots\dots (6)$$

3.2.4.4. 引張試驗

引張試驗은 Fig. 3(a), (b)에서와 같이 준비된 試片을 Instron 4201에서 荷重速度 5mm/min로 하여 最大荷重을 구한 뒤, 式(7)을 이용하여 引張強度를 구하였고, 式(4)를 이용하여 破壞靱性値를 算出하였다.

$$\text{引張強度}(kgf/cm^2) = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (7)$$

P : 最大荷重(kgf)

A : 中央部斷面積(cm²)

4. 結果 및 考察

4.1. 剝離試驗

4.1.1. Crack 길이에 따른 破壞靱性値

本 研究에서는 0.5, 0.7, 0.9cm 길이의 crack을 만든 試片을 試驗하여, 式(3)을 통하여 破壞靱性値값을 구한 결과 Table 3과 같았다. 그리고 Fig. 4에서 보여주듯이 crack 길이에 대한 破壞靱性値의 값은 거의 변화가 없이 거의 일직선을 나타내고 있다. 이는 crack 길이가 破壞靱性値와 獨立的이라는 Johnson(1973)의 연구결과, 素材에 대해 연구한 Schniewind와 Lyon(1973), particleboard에 대해 연구한 Ilcewicz와 Wilson(1981)의 연구와 유사한 결과를 나타내고 있다. 고로 破壞靱性値와 crack 길이 간에는 獨立的이라는 사실을 확인할 수 있으며, 破壞靱性値를 거의 절대적인 값으로 생각할 수 있다.

4.1.2. 比重에 따른 破壞靱性値와 剝離強度

比重에 따른 破壞靱性値는 Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7

Table. 3 Average value of I.B. and fracture toughness at crack length of 0.5, 0.7 and 0.9cm

I. B.				fracture toughness								
CL* ¹	0.0			0.5			0.7			0.9		
PS* ²	Type I	Type III	Type II	Type I	Type III	Type II	Type I	Type III	Type II	Type I	Type III	Type II
0.6	5.10	6.42	7.46	16.44	17.57	19.23	16.74	17.84	21.61	16.11	18.16	20.58
0.7	6.28	6.84	9.13	17.90	21.51	24.01	20.67	24.70	27.11	23.00	27.91	30.29
0.8	6.70	8.19	10.46	20.45	23.61	24.57	23.83	27.11	28.82	27.20	30.55	31.96

CL*¹ : Crack length(cm)

PS*² : Particle size

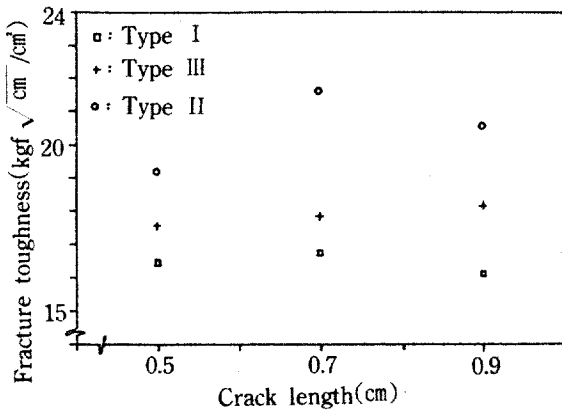


Fig. 4. Relationship between fracture toughness and crack length at sp.gr. of 0.8

에서와 같이 직선적으로 증가하여 比重이 증가함에 따라 破壞韌性値가 증가하는 경향을 보여주고 있다. 그리고 crack이 없는 試片의 剝離強度 역시

Fig. 8에서와 같이 比重이 증가함에 따라 직선적으로 증가하는 경향을 보여주고 있다. 이는 일정 치수의 보드에 파티클의 양이 증가함에 따라 보드내부의 파티클간 空隙이 작아져서 그만큼의 缺點要素가 감소하므로 破壞韌性値와 剝離強度가 증가되는 것으로 생각되어진다. 그리고 Table 4는 0.5, 0.7 및 0.9cm의 crack길이에서의 比重과 破壞韌性値간의 관계와 比重과 剝離強度와의 관계를 回歸式으로 나타낸 것이다.

4.1.3. 파티클 크기에 따른 破壞韌性値와 剝離強度

파티클의 크기가 증가함에 따라 Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11에서 보여주듯이 破壞韌性値가 증가하는 경향을 알 수 있으며, Fig. 12에서와 같이 剝離強度도 증가하는 경향을 알 수 있다. 이 역시 파티

Table. 4 Regression equation for fracture toughness and internal bond

	Crack length(cm)	Particle size	Regression equation
Fracture toughness	0.5	Type I	$Y = 19.92X + 4.28 (R^2 = 0.97)$
		Type III	$Y = 30.18X - 0.23 (R^2 = 0.97)$
		Type II	$Y = 26.69X + 3.92 (R^2 = 0.83)$
	0.7	Type I	$Y = 35.42X - 4.38 (R^2 = 0.99)$
		Type III	$Y = 46.37X - 9.24 (R^2 = 0.93)$
		Type II	$Y = 36.07X + 0.60 (R^2 = 0.92)$
0.9	Type I	$Y = 55.44X - 16.71 (R^2 = 0.98)$	
	Type III	$Y = 61.96X - 17.83 (R^2 = 0.98)$	
	Type II	$Y = 56.93X - 12.24 (R^2 = 0.86)$	
Internal bond	0.0	Type I	$Y = 8.00X + 0.43 (R^2 = 0.93)$
		Type III	$Y = 8.84X + 0.96 (R^2 = 0.91)$
		Type II	$Y = 15.00X - 1.49 (R^2 = 0.99)$

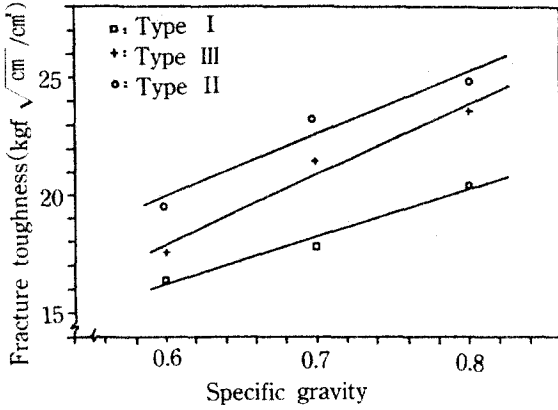


Fig. 5. Relationship between fracture toughness and specific gravity at crack length of 0.5cm.

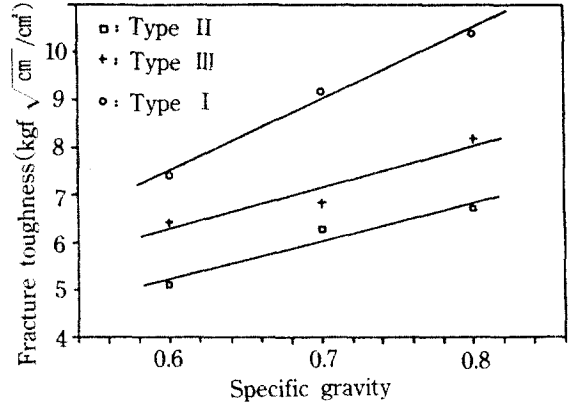


Fig. 8. Relationship between internal bond and specific gravity.

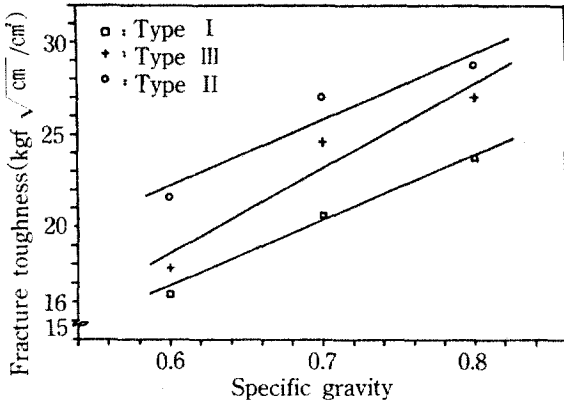


Fig. 6. Relationship between fracture toughness and specific gravity at crack length of 0.7cm.

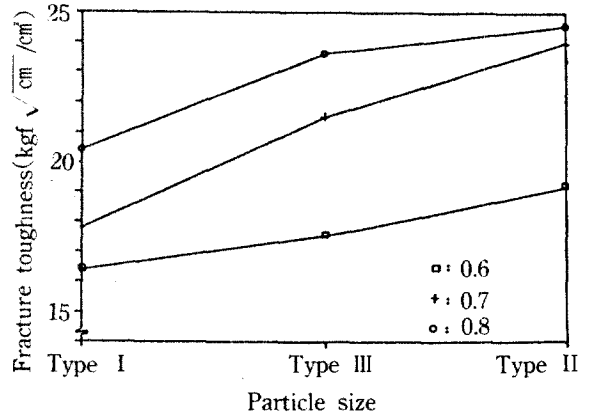


Fig. 9. Relationship between fracture toughness and particle size at crack length of 0.5cm.

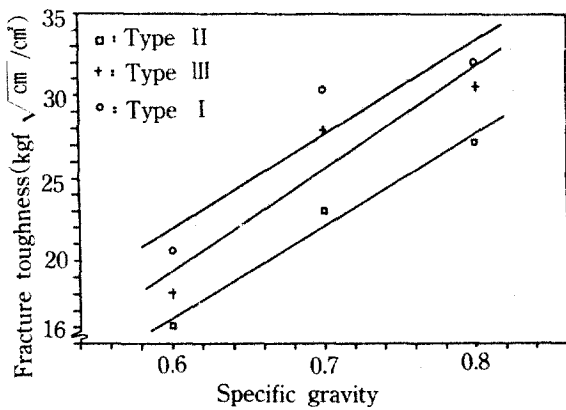


Fig. 7. Relationship between fracture toughness and specific gravity at crack length of 0.9cm.

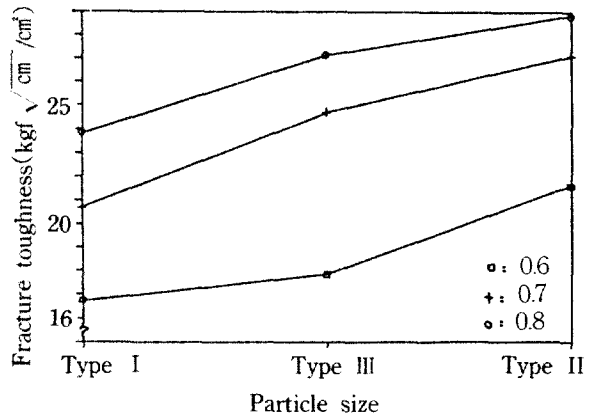


Fig. 10. Relationship between fracture toughness and particle size at crack length of 0.7cm.

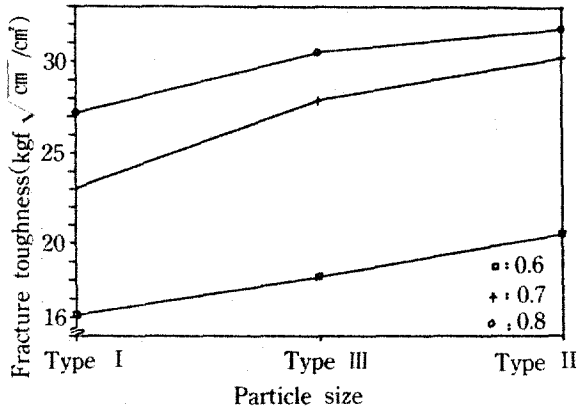


Fig. 11. Relationship between fracture toughness and particle size at crack length of 0.9cm.

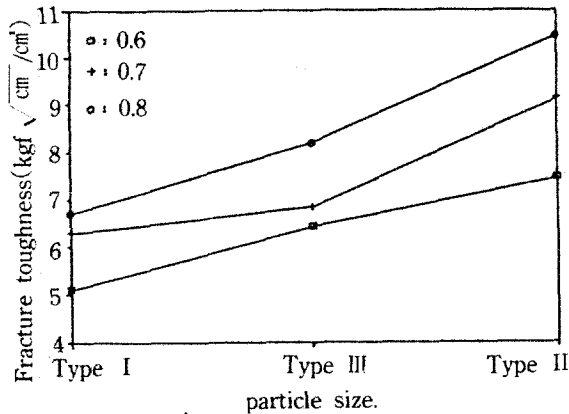


Fig. 12. Relationship between internal bond and Particle size

클의 크기가 증대함에 따라 보드내부에 缺點要素가 감소하며, crack이나 自體缺點要素 부근에서의 回轉效果(rotation effect)를 어느 정도 방지할 수 있기 때문에 破壞靱性値와 剝離強度가 증가되는 것으로 사료되어진다. 이는 파티클의 두께가 증가하면 剝離強度가 증가한다고 보고한 Brumbaugh (1960), Maloney(1977)의 연구와 유사한 결과를 나타내고 있으며, 이는 Ilcewicz와 Wilson(1981)의 연구에서 파티클의 두께가 증가하면 破壞靱性値와 剝離強度가 증가한다는 報告와 일치하는 결과이다. 또한 Maloney, Pullman과 Washington의 연구에서 파티클의 크기가 큰 것으로 구성된 보드 혹은 두께가 두꺼운 파티클로 구성된 보드는 파괴에 대해 더 큰 抵抗을 한다는 報告와 역시 일치하는 결과이다.

그리고 Table 3은 각각의 보드 比重에서 파티클크기에 따른 破壞靱性値와 剝離強度의 평균값을 나타낸 것이다.

4.2. 引張試驗

4.2.1. 比重에 따른 破壞靱性値와 最大引張強度
0.5cm길이의 crack을 지닌 試片을 引張試驗한 결과 Fig. 13에서와 같이 比重이 증가함에 따라 破壞靱性値가 증가하는 경향을 보였고, 最大引張強度역시 Fig. 14에서와 같이 比重이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보여주고 있다. 이러한 결과는 剝離試驗에서와 마찬가지로 보드 比重이 증가함에 따라 보드내부의 自體缺點要素가 감소하기 때문에 破壞靱性値와 最大引張強度가 증가되는 것이라고 사료되어진다.

Type I의 보드인 경우 破壞靱性値와 比重간의 相關關係는 $Y=216.46X-98.89(R^2=0.98)$ 로 나타났으며, Type III인 경우에는 이들간의 相關關係가 $Y=209.76X-88.14(R^2=0.99)$ 로 나타났으며, Type II인 경우에는 $Y=208.28X-83.36(R^2=0.98)$ 의 相關關係를 나타냈다. 그리고 세 경우 모두 1%의 수준에서 고도의 有意性을 보였다. 또한 最大引張強度는 Type I인 경우 比重과 $Y=201.60X-92.80(R^2=0.99)$ 의 相關關係를 나타냈고, Type III인 경우에는 $Y=179.00X-72.81(R^2=0.97)$ 의 相關關係를 나타냈으며, Type II인 경우에는 $Y=201.31X-83.97(R^2=0.98)$ 의 相關關係를 나타냈고, 세 경우 역시 1%수준에서 고도의 有意性을 보였다.

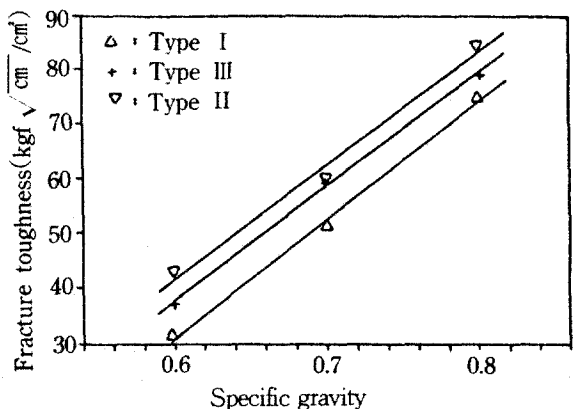


Fig. 13. Relationship between fracture toughness and specific gravity at three particle levels.

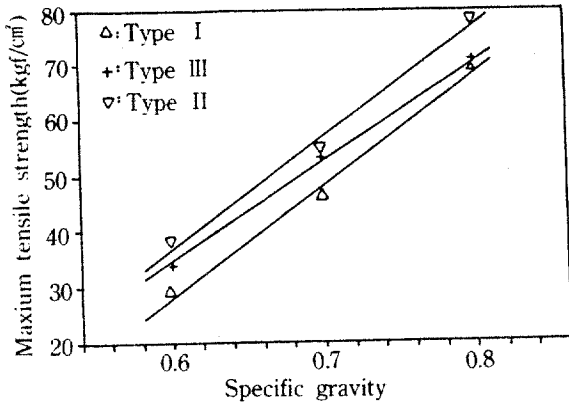


Fig. 14. Relationship between maximum tensile strength and specific gravity at three particle levels.

4.2.2. 파티클 크기에 따른 破壞韌性値와 最大引張應力

파티클 크기에 따른 破壞韌性値는 Fig. 15에서 볼 수 있듯이 파티클의 크기가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있고, 最大引張強度 역시 Fig. 16에서와 같이 파티클의 크기가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있다.

그리고 Table 5는 각각의 比重에서 파티클 크기에 따른 破壞韌性値와 最大引張應力의 평균값을 나타낸 것으로써, 破壞韌性値는 보드 比重이 0.6일때 가장 큰 증가를 나타냈는데 Type II는 Type I 보다 36.11% 증가하였고, 最大引張強度에서는 역시 보드의 比重이 0.6일때 가장 크게 증가하였으며 Type II는 Type I 보다 30.39% 증가하였다.

4.2.3. 破壞韌性値와 最大引張強度

Petterson과 Bodig(1981)의 연구결과에 의하면

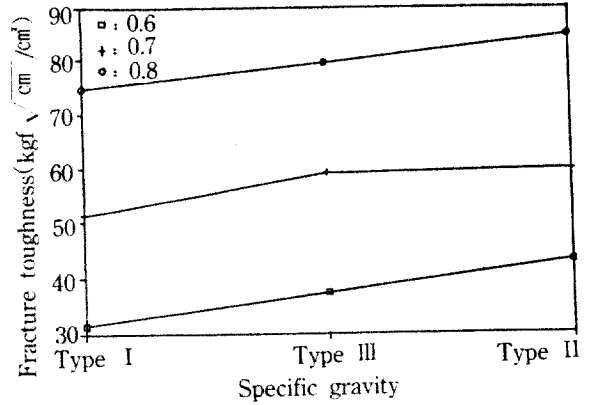


Fig. 15. Relationship between fracture toughness and particle size at three sp.gr. levels.

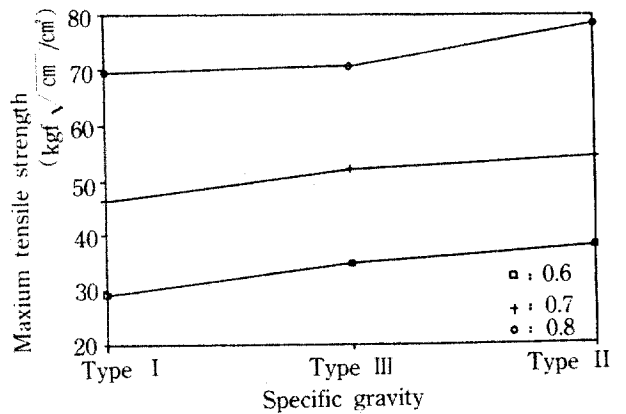


Fig. 16. Relationship between maximum tensile strength and particle size at three sp.gr. levels.

樹種에 관계없이 素材에 있어서 最大引張強度와 破壞韌性値間의 相關關係는 고도의 直線적 관계가 있다고 究明한바, 이들로부터 얻어진 결과를 토대로 하여 가장 많이 사용하고 있는 木質板狀材料인 파티클보드에서도 이들간의 相關關係가 있

Table. 5 Average value of fracture toughness and maximum tensile strength

S*1 \ P*2	Fracture toughness			Maximum tensile strength		
	Type I	Type III	Type II	Type I	Type III	Type II
0.6	31.57	37.48	42.97	29.15	34.71	38.00
0.7	51.45	59.17	59.69	46.36	52.25	54.56
0.8	74.86	79.43	84.63	69.47	70.51	78.26

S*1 : Specific gravity

P*2 : Particle size

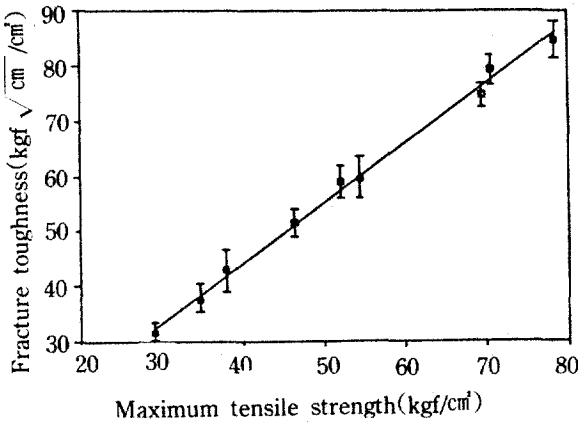


Fig. 17. Relationship between fracture toughness and maximum tensile strength.

는지를 究明하고자 하였다. 특히 파티클보드는 木質의 性向을 지나는 最少單位로 이루어진 材料이므로 素材에서 얻은 결과와 유사한 결과를 얻을 수 있다고 사료되어진다.

Fig. 17은 Y축을 破壞靱性値로 그리고 X축을 最大引張強度로 하여 이들간의 關係를 圖式的으로 나타낸 것으로써 破壞靱性値와 最大引張強度사이에는 고도의 直線적 증가경향이 있음을 보이고 있는데 이들 간의 相關關係는 $Y = 1.09X + 0.674$ ($R^2 = 0.98$)로 나타났고, 1% 수준에서 고도의 有意性을 보였다. 따라서 最大引張強度와 破壞靱性値간에는 素材의 경우에 있어서와 마찬가지로 고도의 相關關係가 있으므로 一般試驗法으로부터 算出한 最大引張強度를 破壞靱性値 豫測을 위한 尺度로써 사용할 수 있다고 생각되어진다.

5. 結 論

이상의 結果를 토대로 다음과 같은 結論을 얻었다.

1) 剝離試驗에서 算出한 剝離強度와 破壞靱性値, 引張試驗에서 算出한 最大引張應力과 破壞靱性値는 보드의 比重이 증가함에 따라 모두 증가하는 경향을 보였다.

2) 파티클의 크기가 증가함에 따라 剝離試驗에서 算出한 剝離強度와 破壞靱性値, 引張試驗에서 算出한 最大引張應力과 破壞靱性値가 모두 증가함을 보여주었다.

3) 引張試驗에서 最大引張應力과 破壞靱性値간에는 각각 고도의 相關關係를 보여주었다. 따라서 最大引張應力을 통해서 파티클보드의 破壞靱性値를 豫測하는 것이 가능하다.

4) 剝離試驗에서 破壞靱性値와 crack길이간에는 서로 獨立的 關係가 있음이 밝혀졌다.

參 考 文 獻

1. American Society for Testing and Materials. 1974. Standard method of test for plane-strain fracture toughness of metallic materials. ASTM Desig. E399-74.
2. American Society for Testing and Materials. 1977. Standard method of evaluating the properties of wood-base fiber and particle panel materials. ASTM Desig. D1037-72.
3. Brown, W. F. J., and J. E. Srawley. 1966. Plane strain crack toughness testing of high-strength metallic materials. ASTM Spec. Tech. Publ. No. 410.
4. Brumbaugh, J. 1960. Effect of flake dimension on properties of particleboards. For. Prod. J. 10 (5):243-246.
5. Chow, C. L., and C. W. Woo. 1978. Orthotropic and mixed fracture in wood. In: Proceed. 1st Int. Conf. Wood Fracture. pp39-52, Vancouver :For-intek.
6. Ilcewicz, L. B. 1980. On the phenomena of fracture in particleboard M. S. Thesis, Oregon State Univ., Corvallis, Ore.
7. Ilcewicz, L. B., and J. B. Wilson. 1981. Fracture mechanics of particleboard using nonlocal theory. Wood Sci. 14(2):65-72.
8. Jonson, J. A. 1973. Crack initiation in wood plates. Wood Sci. 6(2):151-158.
9. Kajita, H. 1987. Oriented particleboard with thinings(*Crytomesria Japonica*) I. Effects of degree of particle alignment and board density on physical and mechanical properties. Mokuzai Gak-

- kaishi. 33(11):865-871.
10. Kawai, S., H. Suda, and H. Sasaki. 1987. Production technology for low-density particleboard IV. Effect of particle density and compaction ratio on board properties. *Mokuzai Gakkaishi*. 33(5):385-394.
 11. Laufenberg, T. 1984. Flakeboard fracture surface observations and correlation with orthotropic failure criteria. *J. of Institute of Wood Sci.* 10(2):57-65.
 12. Lei, Y. K. 1979. Fracture toughness of parallel-laminated veneer. *For. Prod. J.* 29(8):28-32.
 13. Lei, Y. K., and J. B. Wilson. 1980. Fracture toughness of oriented flakeboard. *Wood Sci.* 12(3):154-161.
 14. Lei, Y. K., and J. B. Wilson. 1981. A model for predicting fracture toughness of flakeboard. *Wood Sci.* 13(3):151-156.
 15. Leicester, R. H., and P. C. Bunker. 1969. Fracture at butt joints in laminated Pine. *For. Prod. J.* 19(2):59-60.
 16. Maloney, T. M. 1977. Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing. Miller Freeman Publ., San Francisco.
 17. Maloney, T. M. 1976. Composition board industry moves forward with new science and technology. *Wood Sci. and Tech.* Vol.10 pp.155-159.
 18. Petterson, R. W., and J. Bodig. 1983. Prediction of fracture toughness of conifers. *Wood and Fiber.* 15(4):302-316.
 19. Schniewind, A. P., and A. Pozniak 1971. On the fracture toughness of Douglas-fir wood. *Eng. Fract. Mech.* 2(3):223-233.
 20. Schniewind, A. P., and J. C. Centeno. 1973. Fracture toughness and duration of load factor I. Six principal systems of crack propagation and the duration factor for cracks propagating parallel to grain. *Wood Fiber* 5(2):152-159.
 21. Schniewind, A. P., and J. C. Centeno. 1973. A fracture mechanics approach to the tensile strength perpendicular to grain of dimension lumber. *Wood Sci. Tech.* 7(1):45-59.
 22. Smith, F. W., and D. T. Penney. 1978. Fracture mechanics analysis of butt joints in laminated wood beams. In: *Proceed. 1st Int. Conf. Wood Fracture.* pp239-257, Vancouver:Forintek.