

高分子 複合材料의 接着强度에 關한 研究(Ⅲ)  
Fiberglass Reinforced Polypropylene 의 强度向上效果

金 源 澤 · 金 商 郁 · 盧 時 台

漢陽大學校 工科大學 工業化學科

(1977년 9월 8일 접수)

Studies on Adhesive Strength of Polymer Composites(Ⅲ)  
The Effect of Strength Improvement of Fiberglass  
Reinforced Polypropylene

Won Taik Kim, Sang Wook Kim, and Si Tae Nho

*Department of Industrial Chemistry, College of Engineering, Hanyang University  
Seoul 133, Korea*

(Received September 8, 1977)

**要約:** 二成分系 複合材料로서 Polypropylene-fiberglass 의 複合素材를 가지고 Hollister 의 理論을 實驗的으로 밝히고 理論値와 比較했다. discontinuous fiber 로 複合되었을 때 는 그 强度가 理論値에 50 % 程度이고 continuous fiber 의 경우는 85 % 程度임을 보여준다. 한편 여러가지 coupling agent 가운데 aminofunctional silane 과 methyl vinyl dichlorosilane 으로 함께 處理했을 때 强度가 뛰어난 複合 polypropylene 을 얻었다.

**Abstract:** The role of fiberglass in reinforced plastics composite has been experimentally investigated. Polypropylene composites filled with fiberglass of two forms were used for the studies.

The results indicated that the tensile strength of polypropylene composite filled with continuous fiberglass was almost 85 % of the theoretically predicated strength values, and those filled with discontinuous fiberglass showed one half of them.

When the surface of discontinuous fiberglass was pretreated by aminofunctional silane and methylvinylchlorosilane, we obtained high strength.

1. 緒 論

Low density polyethylene (LDPE)과 high density polyethylene(HDPE) 및 polypropylene (PP), 그리고 unsaturated polyester(UP)를 base polymer 로 하여 fiberglass 와 각각 複合시켜 製造하고 이러한 composites 의 物性を 가장 많이

支配하는 諸因子 및 强度特性을 檢討하여 報告한 바 있다<sup>1~3</sup>.

本研究에서는 PP를 base polymer 로 使用하여<sup>4~6</sup> 强度向上에 關해 考察하였다.

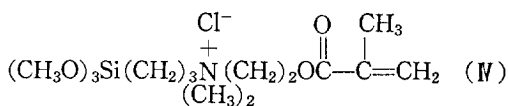
著者は 前報에서 밝혔던 Hollister 의 二相理論을 PP 의 경우 얻은값들과 比較하고 向上된 物性を 얻을 수 있는 coupling agent, 제조상 제반

조건등 fiberglass reinforced PP의 接着強度向上에 關係 考察한 것을 研究報告한다.

## 2. 實 驗

### 試料 및 試藥

PP는 日本 Chisso 製品(Grade K1014, density 0.90)을 使用했고 fiberglass는 直徑 10 $\mu$ 인 前報의 sample B<sup>1</sup>를 使用했다. coupling agent는 아래의 6種을 使用했다.



### 器 具

本實驗에서 使用한 器具는 4 ton press(Shimadzu Seisakusho Co., 가열판부착)와 同社의 製品인 Cutter(No. 51539)와 CM-10 Type의 Thickness tester, 그리고 Universal testing instrument model TM-SM을 使用하였다.

### 實 驗

#### PP plate

Pellet 狀態의 PP를 175°C에서 100 kg/cm<sup>2</sup>로 3分間 加壓하여 두께가 1.9~2.1 mm 되게 成形했다.

#### Fiberglass의 表面處理

Coupling agent (I)과 (IV)는 증류수를, (II)와 (III)은 acetone, 그리고 (V)와 (VI)은 benzene을 溶媒로 하여 1% 溶液으로 各各 만든 다음 fiberglass를 各各의 coupling agent 溶液에 一夜間 침지시켰다가 꺼내어 105°C에서 15分間 건조시킨 다음 使用했다.

#### Fiberglass reinforced PP의 製造

Virgin fiberglass와 6種의 coupling agent로

表面處理시킨 fiberglass를 PP plate 사이에 적층시켜 230°C에서 10分間 100 kg/cm<sup>2</sup>로 加壓하여 成形시켜 얻었다.

### 強度測定

試驗片은 各各 5個씩 만들어 1週동안 恒溫室에 放置시킨 후에 使用하였고 引張強度는 引張 strain 速度 50 mm/min로 引張하여 測定했다.

## 3. 結果 및 考察

### Continuous fiber와 discontinuous fiber

Hollister<sup>7</sup>의 composites 理論式은

$$\sigma_c = \sigma_f V_f + \sigma_m (1 - V_f) \quad (1)$$

$$\sigma_c = \sigma_f \left(1 - \frac{l_c}{2l}\right) V_f + \sigma'_m (1 - V_f) \quad (2) \text{인데}$$

(1)式은 continuous fiber를 複合시킬때이고 (2)式은 discontinuous fiber를 複合시킬때이다. (여기서  $\sigma_c$ 와  $\sigma_f$ ,  $\sigma_m$ 은 composite와 fiberglass 및 polymer matrix의 引張強度이고  $V_f$ 는 fiberglass의 容積함유율,  $l$ 은 길이이고  $l_c$ 는 한계섬유길이이며  $\sigma'_m$ 은 섬유파단 strain 때 matrix의 stress를 나타낸다).

Table 1. Properties of PP and Fiberglass

Material	PP	Fiberglass
Tensile strength	3.5 kg/mm <sup>2</sup>	110 kg/mm <sup>2</sup>
Density	0.90	2.53

continuous fiber를 複合시켰을때 (1)式에 Table 1의 값을 代入하여 計算한 理論値와 實驗値를 比較하면 理論値의 85%에 달하고 있다. (Figure 1)

Discontinuous fiber를 複合시켰을 때의 應力 分布는 continuous fiber 때와는 다르다. critical length<sup>7,8</sup>는 實驗에 依해 9.17 mm 이므로 fiberglass를 10 mm, 15 mm, 25 mm, 35 mm로 切斷하여 一方向으로 하여 各各 複合시켰는데 얻어진 값들은 計算된 값들과 比較하여 大略  $\frac{1}{2}$ 을 조금씩 상회하고 있다. 10 mm 때와 15 mm 때는 그 값이 서로 비슷하고 (Figure 2) fiberglass의 volume fraction이 15%일때 continuous fiber 때와 比較하여 대략 50%를 나타내고 있는 반면

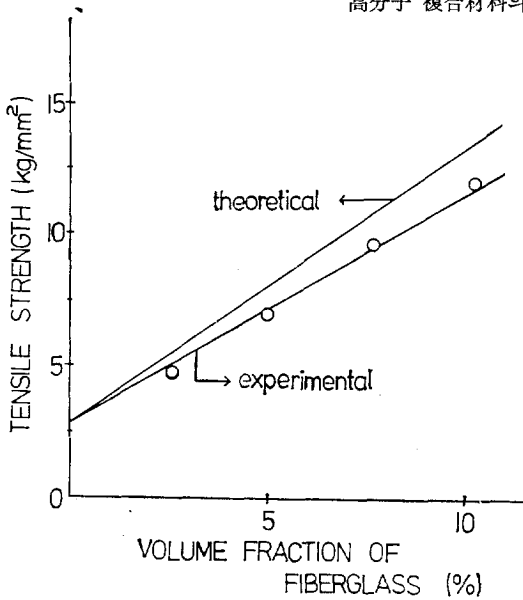


Figure 1. Theoretical and experimental data for the tensile strength of continuous fiber glass reinforced PP

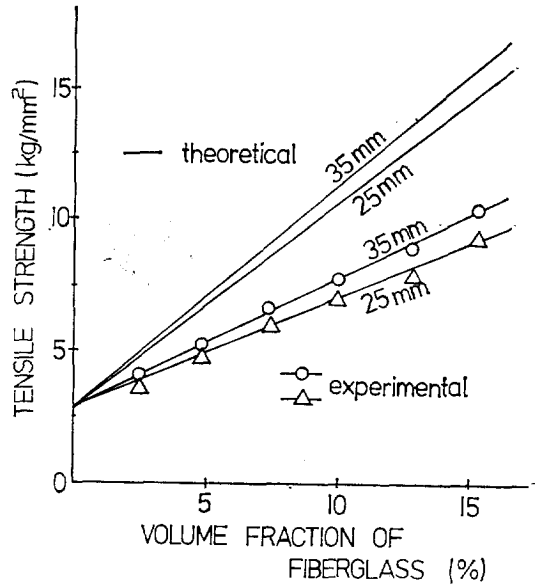


Figure 3. Theoretical and experimental data for the tensile strength of discontinuous fiberglass (25mm, 35mm) reinforced PP

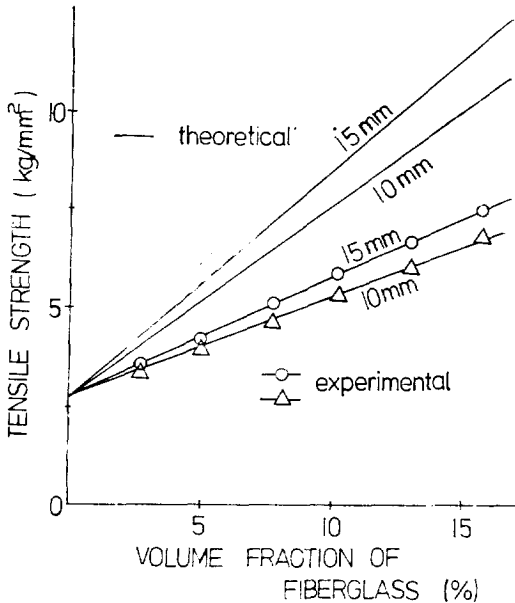


Figure 2. Theoretical and experimental data for the tensile strength of discontinuous fiberglass (10mm, 15mm) reinforced PP

에 25 mm 와 35 mm 때 는 continuous fiber 일 때 의 값 에 각각 80 %, 90 % 를 나타 내 고 있 어 (Figure 3) 뚜렷 한 強度 向上 을 보 이 고 있 음 을

알 수 있 다. discontinuous fiber 를 複合 시켰 을 때 이 critical length 가 屢 에 도 불 구 하 고 計算 된 값 에 비 해 그 強度 가  $\frac{1}{2}$  을 상 회 하 고 있 어 (Figure 2, Figure 3) HDPE 때 와 는 대 조 를 이 루 고 있 다.

#### Coupling agent 의 處理 效果

10mm 의 discontinuous fiber 로 複合 시켰 을 때 coupling agent I > II > III > V 의 順 으 로 線型 을 나타 내 고 있 는 데 어 것 은 HDPE 때 와 잘 一 致 하 고 있 지 만<sup>2</sup> 역 시 計算 된 값 에 는 미 치 지 못 하 고 있 다 (Figure 4). 그 러 나 (I) 과 (V) 로 함 께 處 理 했 을 때 는 더 욱 좋 은 값 을 나타 내 고 있 음 을 보 여 주 나 (Figure 5~7). 이 것 을 보 면 計算 值 에 거 의 근 접 해 가 고 있 는 데 이 는 좋 은 값 을 나타 내 고 있 다 고 생 각 된 다.

그 러 나 計算 된 값 을 능 가 하 는 더 욱 좋 은 값 을 나타 내 주 지 못 하 는 理 由 는 critical length 가 크 고  $\alpha$  값 ( $l/l_c$ ) 이 작 기 때 문 에 本 實 驗 에 선  $\alpha$  값 에 비 하 여 얻 은 값 들 은 좋 은 것 으 로 생 각 되 지 만, PP 를 polymer matrix 로 사 용 할 때 는 이 coupling agent 에 많 은 고 찰 이 필 요 할 것 같 다.

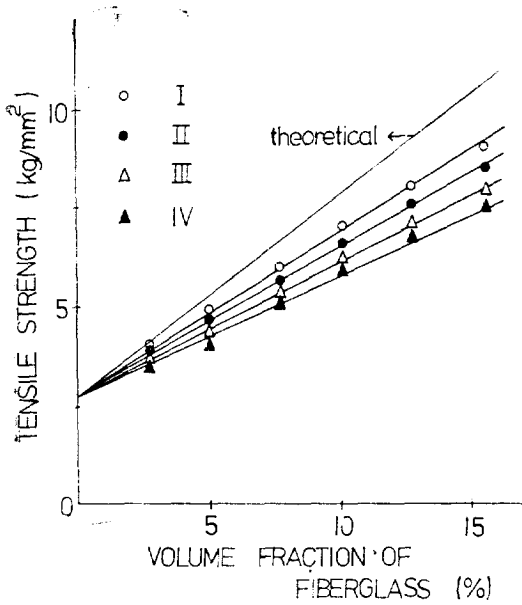


Figure 4. Theoretical and experimental data for the tensile strength with treated discontinuous fiberglass (10mm) reinforced PP

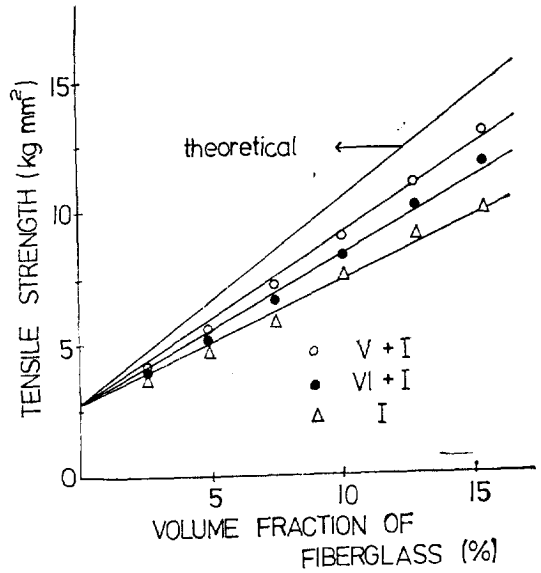


Figure 6. Theoretical and experimental data for the tensile strength with treated discontinuous fiberglass (25mm) reinforced PP

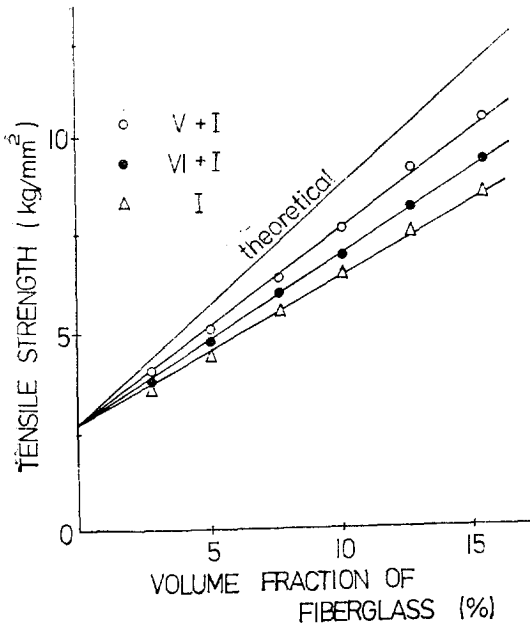


Figure 5. Theoretical and experimental data for the tensile strength with treated discontinuous fiberglass (15mm) reinforced PP

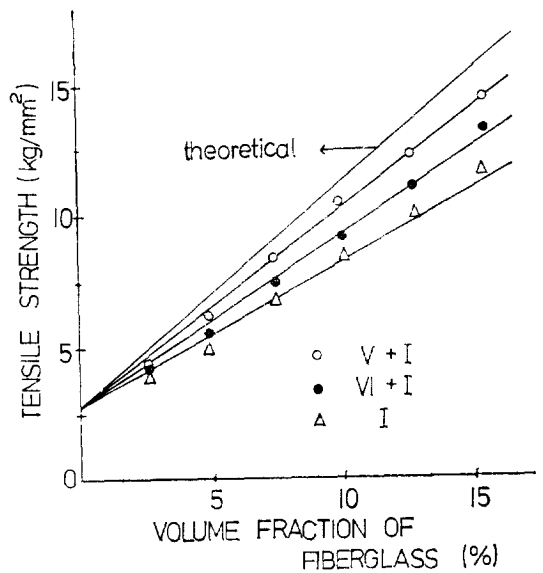


Figure 7. Theoretical and experimental data for the tensile strength with treated discontinuous fiberglass (35mm) reinforced PP

4. 結 論

PP-fiberglass의 二成分系 composite 強度에 對해 Hollister의 理論과 比較하여 다음의 結果를 얻었다.

(1) 10mm~35mm의 discontinuous fiber를 複合시켰을 때 fiberglass의 길이가 짧을때는 理論值에 훨씬 못미치나 fiberglass의 길이가 길어갈 수록 거의 비슷해 감을 알 수 있다. 즉  $\alpha$  값이 커짐에 따라 強度가 커감을 알 수 있다.

(2) continuous fiber를 複合시켰을 때는 強度가 理論值에 못미치고 있음을 알았고

(3) coupling agent로써는  $V + I > VI + I > I > II > III > IV$ 의 順으로 處理했을때 좋은 強度를 보여 주고 있다.

引 用 文 獻

1. W. T. Kim and S. W. Kim, *J. of KICHE*, **14**, 77 (1976)
2. W. T. Kim and S. W. Kim, *Polymer(Korea)*, **1**, 37 (1977)
3. W. T. Kim and S. W. Kim, *ibid.*, **2**, 31 (1978)
4. G. J. Fallick et al, *Modern Plastics*, **45**, 143 (1968)
5. L. E. Cessna et al., *SPE J.*, **25**, 35(1969)
6. R. C. Hartlein, *I & EC Prod. Res. Develop.*, **10**, 92 (1971)
7. G. S. Hollister, "Fibre Reinforced Materials", Elsevier, 14~116 (1966)
8. 山口章三郎, 天野晋武, "高分子計論會要旨集" **1-385**, 1973-11.