

## 低濃度 炭酸 칼시움 슬러리의 濾過抵抗에 미치는 濃도의 影響\*

朴 元 圭\*\* · 姜 錫 浩\*\*

### Effect of Slurry Concentration on the Filtration Resistances of the Dilute Calcium Carbonate Slurry

Won Kyu Park\*, Suk Ho Kang\*

\*Dept. of Chem. Eng. Chung-gu College

The Korean diatomaceous earths as a filter aid is under the research. The American Decalite Speedplus as a standard to be compared with the natives was precoated on two kinds of filter media to filter the dilute calcium carbonate slurry.

The one filter-medium, glass filter, was used, but had poor reproducibility of its glass pores. The other filter-medium, a Büchner filtering funnel covered with a kind of plain-weaved nylon cloths, was appreciable for the vacuum filtration of the slurry. The mean specific cake resistance  $\alpha$  and the filter-medium resistance  $R$  for these media were observed in the range of the slurry concentration from 0.1% to 1.0% by weight.

According to the gradual increasing of the  $\text{CaCO}_3$  slurry concentrations, the mean specific cake resistance  $\alpha$  are decreased and the filter medium resistances  $R$  are increased. As far as the thickness of the filter cake formed is of the range from 0.4cm to 1.5cm, the  $R/\alpha$  ratios for the non-precoated glass filter are varied from 0.10 to 0.30, for the non-precoated nylon cloths and Büchner funnel; from 0.05 to 0.40, and for the precoated nylon cloths and Büchner funnel; from 0.05 to 0.20, respectively.

#### 1. 緒 論

韓國의 몇 곳에서 產出되는 硅藻土의 濾過助劑로서의 開發에 대하여 研究하기 위한 基礎實驗으로서 美國 商品인 Decalite Speedplus 를 濾過助劑로 擇하여  $\text{CaCO}_3$  슬러리를 leaf test filtration 하였다.

이 實驗은 回分濾過操作이기 때문에 簡單한 leaf filter로서 日本 磐田製의 glass filter 11 G 4 type 를 使用하

였으나 이것은 濾過膜을 이루는 glass pore 의 再生性이 不良하고 長時間이 걸리기때문에 많은 回收의 實驗을 할수가 없다<sup>(1)</sup>. 따라서 再生時間이 긴 glass filter 를 使用하는 대신에 Büchner funnel 의 底面에 求하기 쉽고 價格이 싸므로 再生할 必要가 없는 市販의 Nylon 을 布地濾過膜으로 갈아서 leaf filter 에 대신하였다.

이때에 생기는 非定常的인 因子는 nylon 布地の 平面積이 바로 濾過面積이 될수 없다는 事實이다. 그러나 실제로 cake 의 堆積形態는 布地全面에 均一하게 堆積된다. 따라서 funnel 底面은 대부분이 nylon 布地와 密着되어 濾過液의 흐름에대하여 影響을 주게되지만 다

\* 1966年 2月 12日 수리  
\*\* 靑丘大學 工學部 化工科

朴, 姜; 低濃度 炭酸 칼슘 슬러리의 濾過抵抗에 미치는 濃도의 영향

른 條件의 변화가 없다면 比較實驗으로서는 이 方法을 擇하여도 無妨하다고 생각된다.

이러한 Büchner funnel—Nylon 으로된 濾過膜으로 低濃도의  $\text{CaCO}_3$  슬러리를 濾過할때, 여러사람들이 提案한 比 cake 抵抗値와 濾過膜抵抗値<sup>(2)(3)</sup>가 筆者들의 實驗結果에 의하면 슬러리의 濃도에 따라서 變함을 알았고 그中 低濃도의 範圍인 1.0%以下의  $\text{CaCO}_3$  슬러리에 대하여 그 抵抗値의 變化가 있음을 報告하며 앞으로 調査할 豫定인 韓國產硅藻土의 濾過助劑로서의 性能을 調査, 研究, 改善하는데 이 結果를 濾過助劑性能의 基準數値로 삼으려고 한다.

## 2. 實驗準備 및 方法

### i) 裝 置

〈Fig. 1〉과 같은 回分式 濾過裝置를 使用하였다<sup>(4)</sup>.

### 〈Apparatus〉

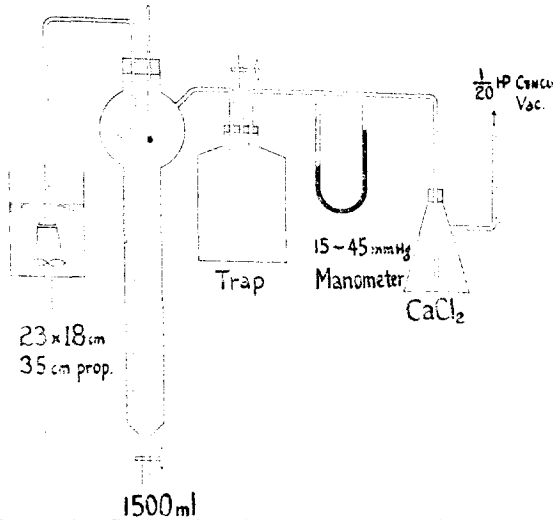


Fig. 1 The Schematic Diagram of Batch Filtration Apparatus

### ii) 濾過膜

Glass filter: 日本磐田製 11 G 4 Type

(外徑: 50 mm, 깊이 52 mm, 底面直徑 42 mm 膜두께 2.5 mm)

Büchner funnel: 美國 Coors Porcelain Büchner type filtering funnel

(外徑 51 mm, 底面直徑 41 mm, 底面에 直徑 1.5 mm의 구멍이 37個 있음)

Nylon 布地: 市販의 平織이며 平面構造의 顯微鏡寫眞은 〈Fig. 2〉와 같고 織物檢査結果는 다음과 같다. 〈Table 1〉

Table. 1 The Inspection Data of Nylon Cloths Purchased.

Weight	73.6g/m <sup>2</sup>
Thread counts per inch	90×126
Weave pattern	plain
Twist	none
Filament	multifilament yarn

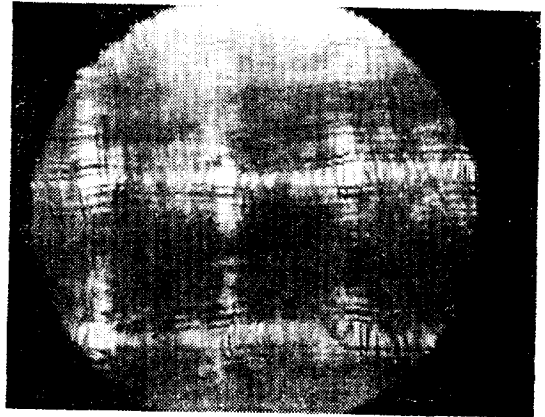


Fig. 2 Microscopic Photography of Nylon Cloths (×450)

### iii) 試 驗

$\text{CaCO}_3$  슬러리는 工業用粉末을 120~200 mesh의 것으로 分離하여 使用하였고 슬러리의 濃도는 0.1, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0%로 하였다.

濾過助劑는 美國產 Decalite Speedplus 를 그대로 使用하였고 國產硅藻土는 慶州產原鑛을 粉碎하여 150~200 mesh의 것을 6 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ 로 24時間 浸漬한뒤에 乾燥해서 900°C에서 3時間 焙燒하였다. 本實驗에서 國產硅藻土를 위와 같이 處理한 製品의 性能은 不良하기 때문에 〈Fig. 3-a〉에 “K”로서 特性曲線만 表示하였고 濾過抵抗에 대한 實驗은 하지 않았다.

濾過助劑는 一回의 實驗에 대하여 0.5 g을 물에 현탁시켜서 바로 세워둔 funnel에 옮겨 沈降시킨후 眞空 pump로 吸引하여 precoating 하여서 슬러리의 탱크속에 거꾸로 넣을수 있게 하였다.

### iv) 方 法

① 各 濃도의 슬러리를 4 l들이 4-baffled tank에서 propeller型 교반기로 현탁시키고 leaf filter (Nylon 또는 Glass系)를 濾液收集管에 연결하여 pump를 稼動한다음 filter를 슬러리속에 담근후 부터의 時間과 濾液의 부피및 壓力을 測定하였다.

② 一回의 실험에 있어서 溫度變化는  $\pm 1^\circ\text{C}$ 이고 全實驗을 통한 溫度의 變化는 10~20°C였다. 初期의 濾過는 定壓濾過도 아니고 定率濾過도 아닌 形態〈Fig. 3-a, b〉였으나 大部分의 實驗에서 濾過時間의 1/3을 經過하면 -15 mm Hg程度의 定壓이 되므로 全體實驗을

定壓濾過로 看做하였다. 減壓으로 인한 蒸發水分의 量은 無視하였고 Nylon 布地를 濾過膜으로 取한 경우에는 thread 間隔으로 인한 sludge의 流出로 생기는 turbidity<sup>(5)</sup>에 대한 考慮는 하지않았다.

③ 濾過後에 cake의 무게를 재고 wet cake와 dry cake의 무게를 잰다.

④ 混合效果, 그외의 實驗操作의 良, 不良을 判斷하기 위하여 dry cake와 總濾液부피의 比, 즉 “計算濃度”를 調査하여 良好한 結果에 對하여만 比 cake抵抗과 濾過膜抵抗을 계산하였다. 計算式은 B. F. Ruth<sup>(3)</sup>와 H. P. Grace<sup>(2)</sup>가 提案한 式을 利用하였고 實際方法은 McMillen<sup>(6)</sup>등의 것을 따랐다.

⑤ Precoating 한 경우에는 precoating 物質을 濾過膜이라고 생각하여 計算하였다.

### 3. 實驗結果 및 考察

CaCO<sub>3</sub> 슬러리의 濃度を 5種으로 定하고 各 濃度에 대하여 Nylon 布地膜, Decalite Speedplus로 precoating 한 Nylon 布地膜, 및 precoating 하지 않은 Glass filter 등 3種의 濾過膜에 대하여 施行한 結果를 (Fig. 3-a, b)에 나타냈다. 各 實驗値는 3~5回의 平均値이다.

#### ii) Precoating with D.S.P. and Native

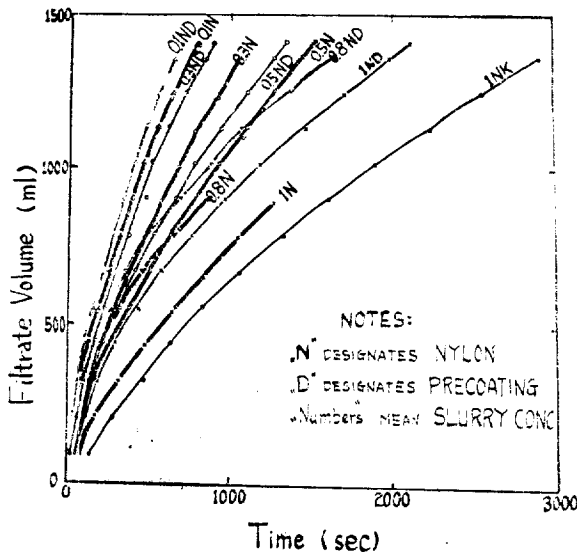


Fig. 3-a Filtration Curves Using Nylon Media.

濃度와 濾過膜의 種類에 따라서 달라지는 濾過特性 曲線(Fig. 3-a, b)을 이루는 實驗値로부터 平均比 cake抵抗이나 濾過膜抵抗値를 計算하는것은 Kozeny<sup>(7)</sup>等이 提案한 定壓濾過方程式을 利用한다. 또, 서로 다른종류의 濾過膜에대한 性能을 比較하는때는 Ehlers<sup>(8)(9)</sup>의

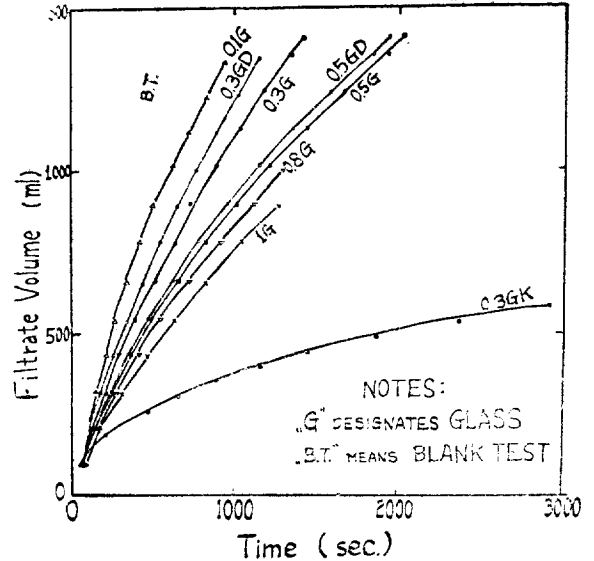


Fig. 3-b Filtration Curves Using Glass Media.

方法이 있다.

그러나 Kozeny의 方程式은 Ruth에 依하여 修正되었으며 Ruth의 解析을 따르면, 各實驗値로부터 濾過常數 C, 假想的濾液부피 V<sub>f</sub><sup>(3)</sup>, 平均比 cake抵抗 α, 및 濾過膜抵抗 R을 다음式으로 계산할수가 있다. 즉

B. F. Ruth와 H. P. Grace에 依하여

$$\alpha = \frac{2 A^2 g_c \Delta P (1 - m\omega)}{\rho \mu \omega} \frac{1}{C} \quad (1)$$

$$R = \frac{\rho \omega}{A} \times \frac{\omega \alpha V_f}{(1 - m\omega)} \quad (2)$$

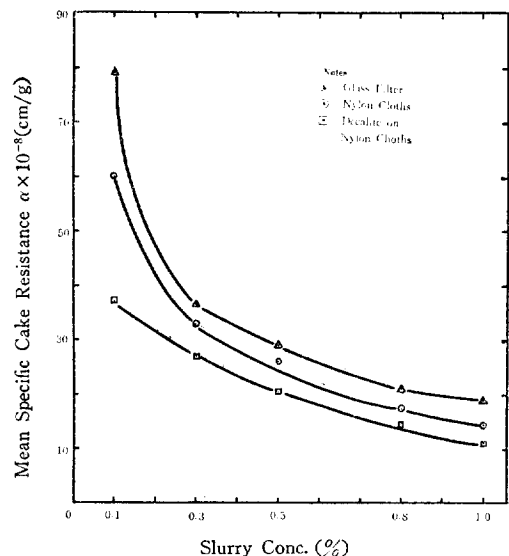


Fig. 4 The Mean Specific Cake Resistances Changing with the Slurry Concentration.

朴, 姜; 低濃度 炭酸 칼슘 슬러리의 濾過抵抗에 미치는 濃도의 영향

로 表示된다.

위의 (1), (2)에 의하여 計算된  $\alpha$ 와  $R$  값이 슬러리의 濃도에 따라서 어떻게 달라지는가를 <Fig. 4>와 <Fig. 5>에 實線으로 表示하였다.

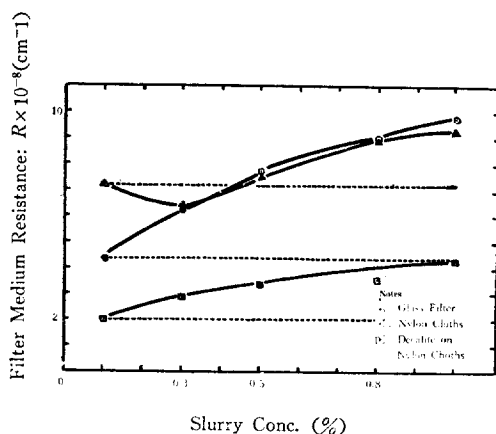


Fig. 5 The Filter Medium Resistances Changing with the Slurry Concentration.

여기서 濾過常數  $C$ 가 어떤 슬러리의 種類에 관계가 되더라도 그 濃도에는 관계가 없이 一定한 常數라고 假定하던 平均比 cake 抵抗  $\alpha$ 의 값은 濃도에만 影響을 받으며 그값은 0.1%  $\text{CaCO}_3$  슬러리의 濾過에서 決定되는 濾過常數의 값을 基準으로 할때 앞에 세운 假定의 結果로써 <Fig. 6>의 點線으로 表示된다. 그림에 表示된 點線은 3 種의 濾過膜에 대하여 앞의 假定을 利用한 計算結果이고 各各의 濾過膜에 대하여 한결 비슷

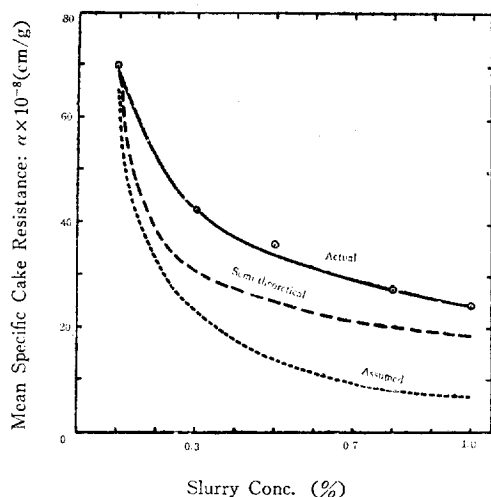


Fig. 6-a.  $\alpha$  Changing with the Slurry Concentration for the Non-precoated Nylon Cloth.

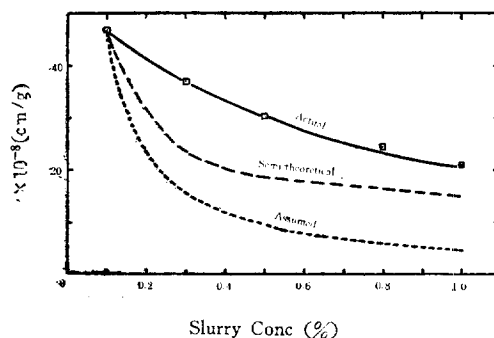


Fig. 6-b.  $\alpha$  Changing with the Slurry Concentration for the Precoated Nylon Cloths

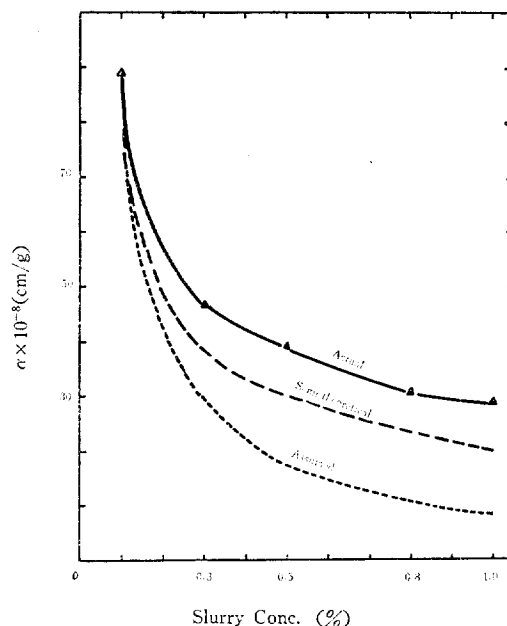


Fig. 6-c.  $\alpha$  Changing with the Slurry Concentration for the Glass Filter

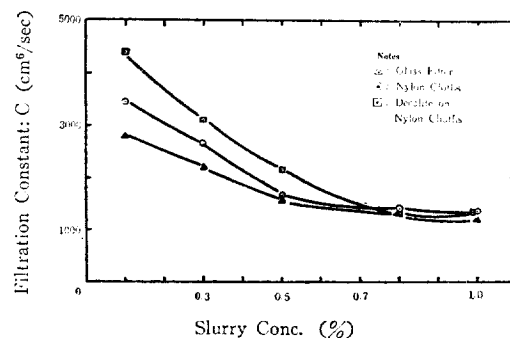


Fig. 7. Filtration Constants vs Slurry Concentration for the 3 Different Media.

朴, 姜; 低濃度 炭酸 칼슘 슬러리의 濾過抵抗에 미치는 濃도의 영향

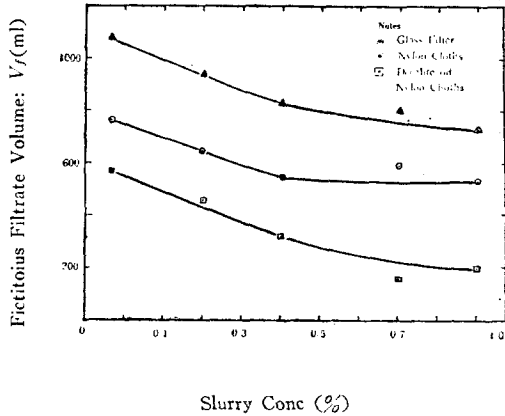


Fig. 8. Fictitious Filtrate Volume vs Slurry Concentration for 3 Different Media.

한 差異를 주고있다. 그러나 실제로 있어서, <Fig. 6-a, b, c>에 表示된 바와같이, 各슬러리濃도의 增加에 따라 濾過常數  $C$ 의 값[<Fig. 7>]이 減少하므로 앞에 세운 假定은 不當하다. 즉  $C$ 의 變化에 따라서  $\alpha$ 의 값이 影響을 받는다. 이러한 結果로부터  $\alpha$  값이  $1/C, (1-m\omega)/\omega$ 의 2項에 따라 變하고 그 變하는 程度는 <Fig. 6-a, b, c>에서 破線으로 나타낼수 있으며 실제로 測定計算된  $\alpha$  값에 더욱 近接함을 알수있다.

<Fig. 6>에 破線으로 表示된 準理論值로서의  $\alpha-\omega$  曲線은 實驗에서 決定된 濾過常數  $C$ 의 濃도에 대한 變化를 plot 한 結果인 <Fig. 7>로부터 얻어지는 값이다.

假想的 濾液부피  $V_f$  역시 슬러리濃도에 影響을 받는데 그 結果는 <Fig. 8>에 나타났으며 앞의 假定에서 濾過常數  $C$ 와  $V_f$ 가 슬러리濃도에는 關係없는 常數라던  $R$ 의 값은 濃도에 관계없는 一定한 값이되어서 <Fig. 5>에서 水平點線으로 表示되었지만 실제로는  $R$  값이  $V_f$ 와  $C$ 의 변화때문에 슬러리濃도의 增加에 따라서 增加하는 現象을 보인다.

따라서 슬러리濃도의 變化로 인한  $C$ 와  $V_f$ 의 變化가 실제의  $\alpha$  및  $R$  값에 影響을 미치므로  $\alpha$  및  $R$  값이 濃도에 따라서 變化함을 確認할수 가 있다.

各 條件에 따라서 얻어진 實驗值의 結果로부터  $R/\alpha$  值를 計算하건 <Fig. 9>와같은 結果를 얻는다. Grace에 依하던  $R$ 의 값은 壓力差의 增加에 따라서 增加한다고 하였으나 本實驗에서는 壓力差에 대한 考慮는 하지 않도록 하였고, cake의 두께는 最高 1.5 cm, 最低 0.4 cm 程度의 얇은 cake였으므로  $R/\alpha$  值의 濃도에 따르는 變化는, 低濃度 슬러리의 境遇에, 매우 커서  $R=(0.05\sim0.40)\alpha$  程度가 됨을 알았다.

끝으로 같은 Nylon 布地 濾過膜인 경우에 있어서도

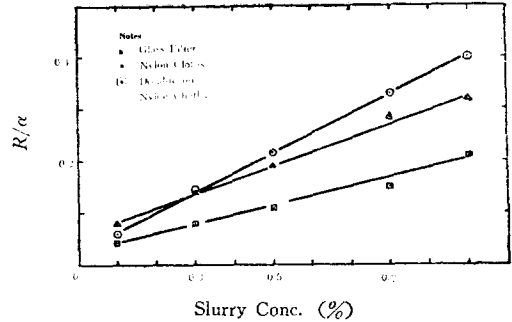


Fig. 9.  $(R/\alpha)$  Changing with the Concentration of the Dilute  $\text{CaCO}_3$  Slurry.

Decalite Speedplus를 濾過助劑로 使用한 境遇(○標)와 使用치 않은 境遇(●標)에 있어서  $R$ 值나  $\alpha$ 值 모두 差異가 있음을 알수있고 市場性이 좋은 Decalite Speedplus 만한 性能의 韓國產 硅藻土를 開發하러던 이 境遇의 濾過特性을 나타낼 정도로, 어떤 方法을 利用하더라도, 改良하여야 겠다고 믿는다. 슬러리濃도의 變化에 따라서 堆積되는 cake의 空隙率<sup>(10)</sup>의 變化에 대하여도 觀察하였으나 明白한 어떤 結果는 얻을수 없었으나 거의 一定한 값을 나타냈다.

#### 4. 結 論

以上과 같은 實驗結果로서 다음과 같은 結論을 내릴 수 있다.

i) 低濃度  $\text{CaCO}_3$  슬러리를 減壓濾過할 때에 生成되는 cake의 두께가 最高 1.5 cm 程度에 있어서 슬러리濃도의 增加에 따라 平均比 cake抵抗值  $\alpha$ 는 減少하고 濾過膜抵抗值  $R$ 는 增加한다.

ii) 低濃度  $\text{CaCO}_3$  슬러리를 市販 Nylon 布地를 덮은 Büchner Funnel로 濾過할때 計算된 濾過膜抵抗  $R$  값은 美國製 Decalite Speedplus를 precoating 한 경우에는  $\alpha$ 의 0.05~0.20 배, precoating을 아니한 경우에는 0.05~0.40 배이고, glass filter에 대하여는 0.10~0.30 배 정도로 濃도의 增加에 따라 漸次 增加한다.

#### 記號說明

$A$  : Cross-sectional area of the solid bed normal to net direction of fluid flow,  $[\text{cm}^2]$

$C$  : Filtration constant,  $[\text{cm}^6/\text{sec}]$

$g_c$  : Dimensional constant,  $[980 \text{ cm} \cdot \text{g}/\text{g} \cdot \text{sec}^2]$

$m$  : Weight ratio of wet cake to dry cake.

$\Delta P$  : Pressure difference across the solid bed,  $[\text{g}/\text{cm}^2]$

$R$  : Filter-cloth resistance to flow,  $[\text{cm}^{-1}]$

$V_f$  : Fictitious filtrate volume,  $[\text{cm}^3]$

朴, 姜; 低濃度 炭酸 칼시움 슬러리의 濾過抵抗에 미치는 濃度の 영향

$\omega$  : Weight fraction of solids in the slurry

$\alpha$  : Mean specific resistance of the cake, [cm/g]

$\mu$  : Viscosity of the filtrate, [g/cm·sec]

$\rho$  : Density of filtrate, [g/cm<sup>3</sup>]

### 參考文獻

1. 朴, 姜; 丘青大學論文輯(第8輯) (1965)
2. H. P. Grace; Chem. Eng. Progr. **49**, 367, (1953)
3. B. F. Ruth; Ind. Eng. Chem. **27**, 708, (1935)
4. 姜; 青丘大學論文輯(第7輯) pp. 159 (1964)

5. A. B. Cummins, Badollet; Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. **5**, 328, (1933)
6. E. L. Webber, E. L. McMillen; Trans. Am. Inst. Chem. Engrs. **34**, 213, (1938)
7. Badger; Banchemo; "Introduction to Chemical Engineering" pp. 579 McGraw-Hill Book Co.
8. Ehlers; Ind. Eng. Chem. **53**, 553, (1961)
9. Ehlers; Ind. Eng. Chem. **53**, 869, (1961)
10. B. F. Ruth, G. H. Montillon, R. E. Montonna; Ind. Eng. Chem. **25**, 76, (1933)