시멘트 物理性能이 Slate 製造工程 및 品質에 미치는 影響

崔 升 煥
<大韓洋灰 聞慶工場>

1. 序 論

抄造라 함은 石綿, 펄프, 시멘트를 충분한 均質로 혼합시킨 Slurry를 抄造機의 Vat 內로 공급시켜 Vat와 Cylinder 內의 水位差에 의한 濾過壓을 이용 Wire cylinder 표면에 薄層을 부착시켜 이를 Felt로 運搬, Making roll에서 所定의 두께로 積層시켜 生板을 제조하는 것을 말한다.

抄造條件으로서는 Felt의 速度, 水位差, Cylinder의 數, 濾水性, 原料濃度 등이 있으나 여기서는 原料 Slurry의 濃度를 중심으로 시멘트의 物理性能 즉 Blaine値 粒度分布, 膨脹度, 水和速度 등이 스레이트 製造工程 및 품질에 미치는 영향을 검토하였다.

2. 實驗方法

2-1 시멘트 粉末度가 工程에 미치는 영향

1) Blaine値와 排水濃度와의 關係

시멘트, 石綿, 再生 펄프의 동일 配合比에서 시멘트 Blaine値에 따른 排水濃度(容量法)의 변화를 측정하였다.

2) 粒度分布와 排水濃度와의 관계

동일 配合比 條件下 시멘트 Blaine値가 동일할 때 粒度組成이 排水濃度에 미치는 영향을 측정하였다. 粒度組成 시험은 Blaine値 測定 및 風篩裝置(JIS R 5201——1964 日本시멘트協會 標準試驗方法 JCEAS K-01-1962)를 이용하였다.

3) Blaine値와 濾水速度와의 관계

각각 Blaine値가 다른 시멘트 試料를 사용하여 시멘트 120g, 石綿 20g을 물에 혼합시켜 60 Mesh의 金網을 사용, 濾過 速度를 측정하였다.

2-2 膨脹度 및 乾燥收縮度가 품질에 미치는 영향

1) Autoclave expansion(KSL 5107)에 따른 養生時 水中에서의 體積變化와 乾燥收縮度의 (ASTM C 569-70) 관계를 試驗하였다.

2) 1次 養生(24h Steam), 2次 養生(1, 500°)을 거쳐 野積時 시멘트 Autoclave expansion 上

昇에 따른 제품의 龜裂狀態를 측정하였다.

2-3 시멘트 微粒分의 繼續 순환에 의한 水和反應의 영향

시멘트 試料를 일정 시간 水和反應 시킨 후 壓縮強度 試驗을 행하여 시멘트가 水硬性을 잃는 한계를 측정하였고 동일 時間下에서도 온도에 대한 영향을 검토하였다.

3. 實驗結果 및 檢討

3-1 시멘트 粉末度가 工程에 미치는 영향

1) Blaine値와 排水濃度와의 관계

<表-1> **Blaine値와 排水濃度와의 관계**

Blaine value / 시 료 No.	3,050cm²/g	3,075cm²/g	3,260cm²/g	3,245cm²/g	3,522cm²/g	비 고
1	73	99	95	112	184	排水濃度(容量法)
2	69	93	121	118	157	
3	85	80	100	101	171	unit : ml
4	86	82	107	114	165	측정시간 : 2h
5	72	89	104	125	153	
$\bar{x}$	77	91	105	114	166	

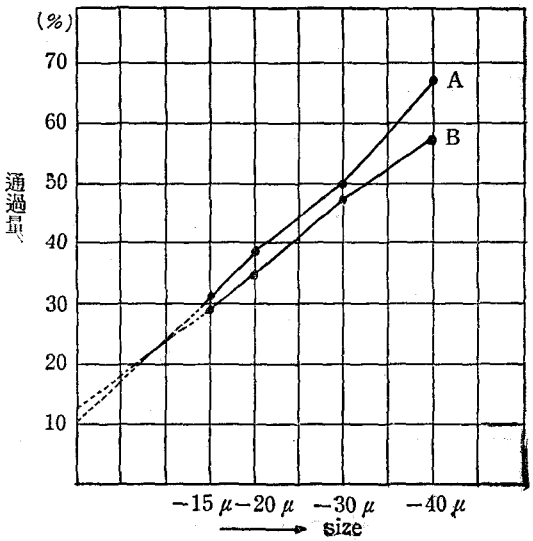
<表-2> **粒度分布와 排水濃度와의 관계**

Sample No.	Blaine value	排水濃度	+88μ	+44μ	−40μ	−30μ	−20μ	−15μ
A	3,014	$\bar{x}$=76	5.8	19.8	67.0	49.9	38.6	30.8
B	3,053	$\bar{x}$=92	7.8	32.7	56.4	47.1	35.5	29.2

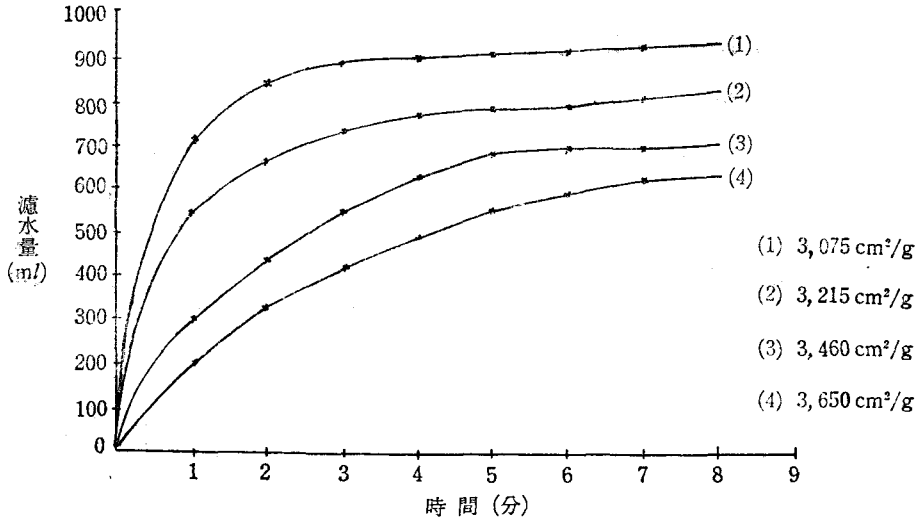
<表-1>의 實驗結果와 같이 Blaine値가 上昇함에 따라 排水濃度가 비례적으로 상승함을 알 수 있다.

2) 粒度分布와 배수 농도와의 관계(同一 Blaine値일 경우)

① <表-2>의 試料 A, B와 같이 同一 Blaine値일 경우라도 試料의 경우 排水濃度가 상승한다. 이는 試料 B가 +88μ, +44μ 標準 체의 殘渣量이 많은 반면 <그림-1>에서 試料 A, B의 粒度分布를 추정할 때 試料 B가 오히려 15μ 이하에서 通過量이 증가하는데 그 원인이 있는 것으로 생각된다. 試料 B의 경우 粗粒分이 많으나 아울러 極微粒分도 많으므로 이 極



<그림-1> 試料別 粒度分布



<그림-2> **Blaine値와 濾水速度와의 관계**

微粒分에 의한 영향으로 排水濃度가 상승함을 알 수 있다.

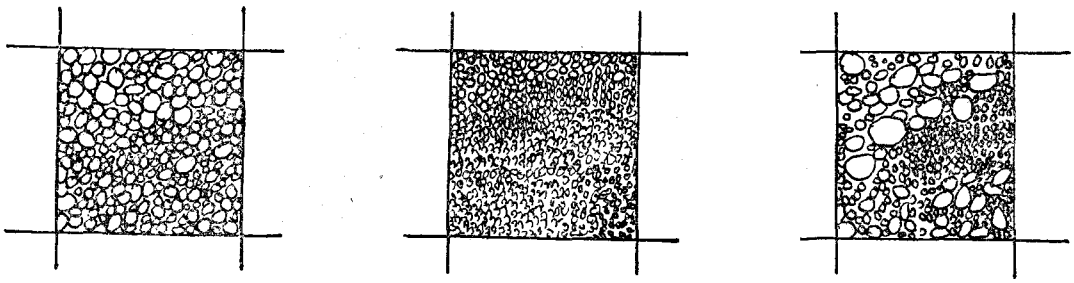
② 따라서 스레이트 原料로서 시멘트 粉末度는 동일 Blaine値일 경우라도 +88μ, +44μ 殘渣量을 제한하여야 된다. 환언하면 이는 極微粒分을 최소한으로 감소시켜야 된다는 결론이다.

③ Blaine値와 濾水速度와의 관계

<그림-2>와 같다.

抄造過程에서 濾水性은 石綿等級, 使用比率, 比表面積 및 再生 펄프 등에 영향을 많이 받으나 同一條件下에서 시멘트의 比表面積 증가에 따라 濾水速度가 늦어짐을 알 수 있다.

抄造過程에서 시멘트 粒子가 纖維質組織內 또는 薄層狀態로 充塡될 때 시멘트 粒度分布에 따라 <그림-3>과 같이 구분될 것으로 생각된다.



(a) 시멘트 粒度組成이 均一할 경우
- i) 濾水性이 良好하다
- ii) 組織이 強하다
- iii) 排水濃度가 적다

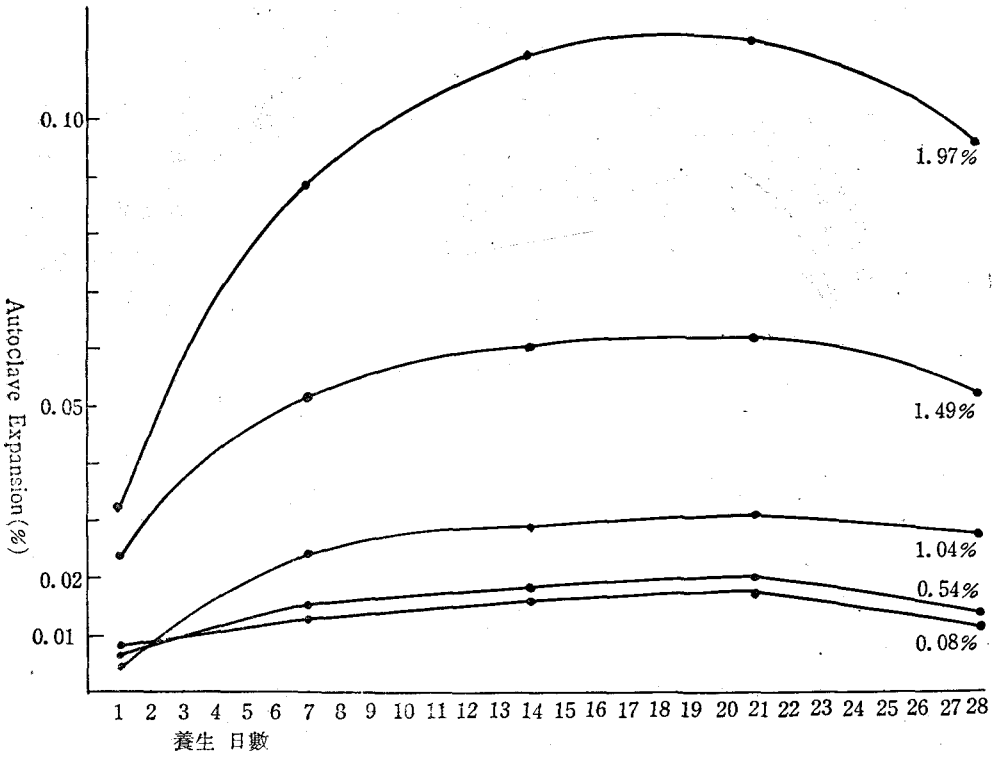
(b) 시멘트 粒度組成이 均一하나 微粒일 경우
- i) 濾水性이 不良하다
- ii) 排水濃度가 높다

(c) 시멘트 粒度組成이 不均一할 경우
- i) 濾水性이 局部的으로 不良하다
- ii) 微粒分은 排水된다

<그림-3> **시멘트 粒子가 纖維質組織內 또는 薄層狀態로充塡될 때의 시멘트 粒度分布**

3-2 Autoclave 膨脹度와 龜裂과의 관계

1) Autoclave 膨脹度와 水中養生時 體積變化는 <그림-4>와 같다.



<그림-4> Autoclave 膨脹度와 水中養生時의 體積變化

2) Autoclave 膨脹度와 乾燥收縮度(4週水中養生値)와의 관계는 <表-3>과 같다.

<表-3> Autoclave 膨脹度와 乾燥收縮度(4週 水中養生)

건조일자 / Auto	28 日	29 日	30 日	9 주	비 고
0.54	−0.015	−0.001	−0.003	−0.093	시료는 <表-3>과 同一
1.04	−0.026	−0.008	−0.006	−0.163	4주 水中養生後 건조 수축도 시험
1.49	−0.050	+0.023	−0.023	−0.041	
1.97	−0.088	+0.044	+0.035	−0.192	
0.08	−0.036	−0.036	−0.040	−0.110	

① 일반적으로 Autoclave 膨脹度가 상승함에 따라 水中養生時 體積變化(水分 吸收에 의한 Gel의 膨脹)가 비례적으로 상승하며 4週前後에서 둔화된다.

Autoclave 膨脹度 1% 이상에서는 體積變化가 현저하게 상승하며 1週內에서 급상승함을 알 수 있다.

② <그림-4>에서와 같이 4週 水中養生後의 乾燥收縮度 試驗結果 Autoclave 膨脹度 0.08%,

0.54%에서는 별다른 차이가 없으며 역시 1% 이상에서는 乾燥收縮度가 상승하는 경향을 나타내고 있다(Capillary tension, Surface sorption 등에 의함).

③ 따라서 스레이트 原料用 시멘트의 Autoclave 膨脹度는 최소한 0.8% 이하를 유지하면 膨脹 및 收縮에 의한 龜裂 발생에는 별다른 지장은 없을 것으로 추정되며 특히 乾燥收縮度는 단위 水量에 의한 영향이 크므로 이는 공정에서 半製品의 含水率을 관리하여야 될 것이다.

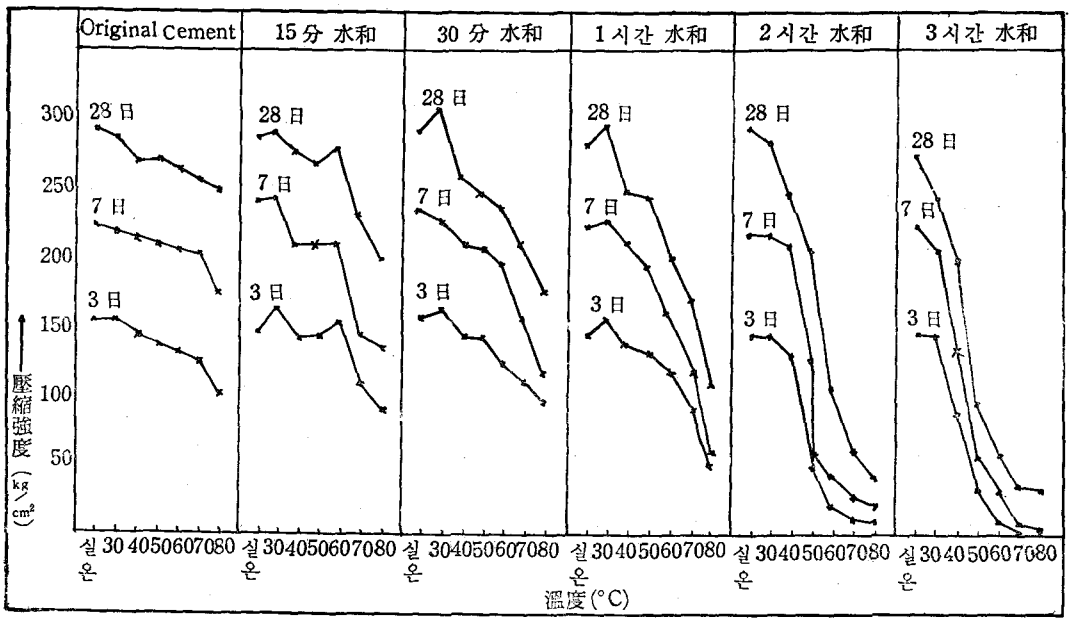
<表-4>

팽창도 (%)	0.03	0.67	1.20
균열에 의한 불량률	0.5	0.5	0.9

<表-5> **스레이트 原料用 시멘트의 Autoclave 膨脹度**

區分 \ 試驗日字		Hair cracking					
		3 日	7 日	14 日	21 日	28 日	50 日
半製品 試料 20×10cm 팽창도 0.03%	직 사	無	無	無	無	1/10	1/10
	그 늘	無	無	無	無	無	無
二次養生後 試料 20×10cm 팽창도 0.72%	직 사	無	無	無	無	1/10	1/10
	그 늘	無	無	無	無	無	無

<表-5>에서와 같이 膨脹度 0.8% 이하에서는 不良率이 적은 편이나 1% 이상에서는 증가하는 경향을 보이고 있다. 膨脹度 0.8% 이하에서 大氣中의 直射光線下 3週까지 Hair cracking이 생기지 않는 것은 試片의 관계도 있으나 纖維質에 의한 구속력에 기인한 것으로 본다. 특히 野



<그림-5> **시멘트 溫度變化에 따른 水和速度**

積場에서 直射光線에 의한 龜裂發生은 Corrugating 과정에서 생긴 취약 부분에 주로 균열이 발생하므로 골 形成時 Corrugating machine의 V-Belt의 Roller 간격 및 Tension을 적의 조절하여야 한다.

3-3 시멘트 微粒分의 繼續循還에 의한 水和反應의 영향

시멘트 溫度에 따른 水和速度를 보면 <그림-5>와 같다.

① 水和時間 30분까지는 強度의 변화가 없으나 1時間以後 시멘트 溫度 40°C 이상이 되면 강도가 急下降한다.

② 시멘트 水和試驗結果 3시간 이상이면 완전히 水硬性을 상실하여 급격한 強度低下를 초래한다.

③ 抄造過程中 시멘트 微粒分에 의한 排水濃度의 上昇沈澱에서의 계속 순환 등으로 시멘트는 점차로 水硬性을 잃게 되어 Loss 增加, 品質 및 生産性 저하를 초래한다.

4. 結 論

① 시멘트 粉末度는 Blaine値 2,950±100, 88μ 殘渣 45% 以下, 44μ 殘渣 23% 이하가 적절하며 특히 15μ 以下에서의 極微粒分이 적어야 한다. 微粒分의 排水를 방지하기 위해서 되도록이면 石綿은 比表面積이 큰 것을 사용하여야 한다.

② 시멘트의 Autoclave 膨脹度는 KS規格 이내이면 제조에 별다른 영향은 없는 것으로 思料되고 乾燥時 收縮에 의한 영향을 방지하기 위해서 3~4週까지의 급격한 水分乾燥를 피하여야 한다. 龜裂에 의한 不良을 억제하기 위해서는 시멘트 水和에 의한 強度低下를 줄임으로써 龜裂係數 $\left(\frac{\text{乾燥收縮率}\times\text{動彈性係數}}{\text{引張強度}}\right)$를 줄이고 Press의 成型壓力을 높여 半製品의 含水量을 다소 증가시키고 長纖維의 石綿을 사용하는 것도 龜裂을 방지하는 방법은 되나 이는 製造原價 상승을 초래하므로 Corrugating machine의 V-Belt의 Roller 간격 및 Tension 調整으로 工程에서의 生板의 실금 發生을 제거시켜야 될 것이다.

③ 시멘트가 Slurry 狀態로 3시간 이상 순환되면 시멘트의 水硬性은 거의 상실되므로 Cylinder에서 排水되는 Slurry를 최대한 原料混合時 또는 原料 Slurry에 再投入시킴은 물론 沈澱 Tank에서 沈澱을 촉진시킴으로써 시멘트의 水和에 의한 強度低下를 방지하여야 되며 夏節에는 Slurry 溫度上昇(40°C 이하)도 억제하여야 될 것이다.

〔參 考 文 獻〕

1. 日本스레이트協會 技術論文集
2. 시멘트技術年報(昭和 44年) p. p. 287
3. The Chemistry of Cement & Concrete, F.M Lead & C. H. Desch