

# Cement 原料로서의 Shale(점토질) 使用 價値性 檢討

李 錫 根

〈東洋세멘트 三陟工場〉

## I. 序 論

Cement 제조용 부원료로서 粘土, 海砂, 鐵鑛石을 지금까지 계속 사용하여 왔으나 粘土 공급 시의 여러 가지 문제 즉, 원거리 수송에 따른 費用, 質, 量의 확보 등 粘土質原料 공급에 어려운 점이 있어 이를 해결하기 위하여 공장 주변 보유 광산 중에 石灰石 지대에 함께 부존하는 무진장하게 매장된 Shale(Slate)에 대하여 가치성을 검토하였다. 우선 試驗室的인 조사에서 가장 양호하였던 Shale을 활용, 원료에 粘土와 Shale을 混合使用(粘土와 Shale의 混合比=60:40)하여 製造工程에 使用可能性을 檢討하였다. 調查期間은 1972年 12月~1973年 2月까지 약 2個月間 이었고 基礎調查 및 準備期間은 6個月間이었다.

## II. 使用原料의 基礎調查

### II-1 化學成分

使用原料의 化學成分은 <表-1>과 같다.

<表-1>

化 學 成 分

區 分	成 分	Ig. loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Total
石 灰 石		38.90	7.35	2.10	1.17	49.00	0.85			99.37
粘 土		8.11	52.56	21.76	11.29	1.18	1.67	3.17	0.30	100.04
	Shale (A)	5.08	61.32	16.66	8.34	2.03	2.45	3.61	0.42	99.91
	Shale (B)	4.69	60.14	19.20	9.05	0.31	2.34	3.80	0.31	99.81
海 砂		1.62	81.76	8.66	2.05	2.00	0.56	2.20	1.01	99.86
鐵 鑛 石		9.00	36.60	9.07	41.38	2.06	1.80			99.91

① Shale은 (A), (B) 두 地域에서 產出한 것인데 성분상으로는 큰 차이가 없다. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 점토가 많으며(3~5%), SiO<sub>2</sub>는 Shale이 많고(10~15%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 점토가 많다(3%).

② 현재는 Shale 中の Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 많은(11~13%) 것을 활용함으로써 철광석 사용을 중지하고 있다.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O
63.04	11.54	14.81	2.67	0.37	2.50

II-2 物理性 검토

1) 粉碎効率(170Mesh 殘渣 %)은 <表-2> 및 <그림-1>과 같다.

<表-2> 粉 碎 效 率

區 分		粉碎時間(分)					
		20	25	30	35	40	45
粘 土	土	24	19	16	13	12	10
	Shale (A)	28	21	18	15	14	11
	Shale (B)	27	22	18	16	14	11

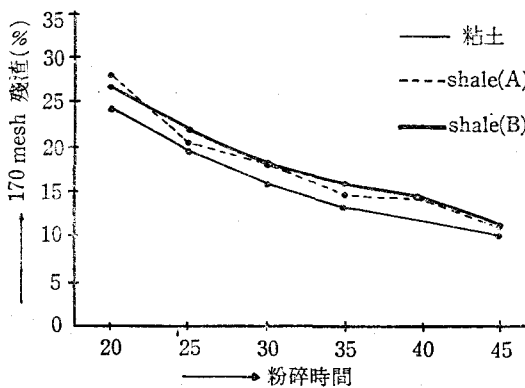
① 粉碎効率調査는 石灰石, 粘土 및 海砂와 配合한 調合原料 상태에서 비교하고 Test mill에 의거 조사하였다.

② Shale (A), (B)는 거의 비슷하며 粘土의 粉碎性은 Shale보다 조금 높다(Test mill 400m/m × 400m/m ϕ 3HP).

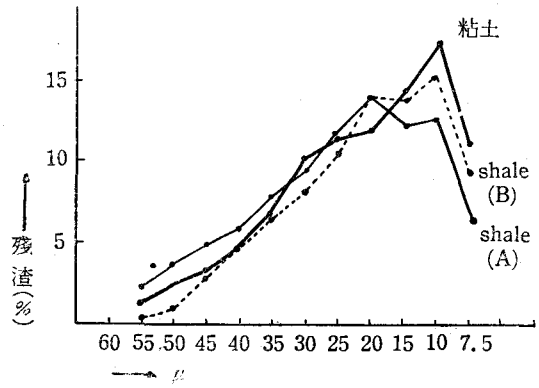
2) 粒度分布(Wagner turbidimeter)는 <表-3> 및 <그림-2>와 같다.

<表-3> 粒 度 分 布

區 分		粒度 μ												325 mesh 통과 (%)
		60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	7.5	
粘 土	個別	0	0	2.08	2.60	4.25	6.76	10.06	11.71	12.31	14.39	17.60	11.01	
	累計	0	0	2.08	4.68	8.93	15.69	25.75	37.46	49.77	64.66	81.76	92.77	92.77
Shale (A)	個別	0	1.80	2.98	4.99	7.00	8.11	9.56	11.83	13.10	12.06	12.41	6.93	
	累計	0	1.80	4.78	9.77	11.17	24.88	34.44	46.27	59.37	71.86	63.84	90.77	90.72
Shale (B)	個別	0	1.11	1.92	3.44	4.66	6.59	8.61	11.14	13.88	13.78	15.70	9.32	
	累計	0	1.11	3.03	6.47	11.03	17.62	26.23	37.37	51.25	65.03	80.73	90.05	90.05



<그림-1> 粉碎効率比較圖



<그림-2> 粒度分布比較圖

<表-4> 可 塑 性(KSF-2303, 2304)

試料名 및 混合比	액 성 한 계		
	打撃回數	含 水 量 (%)	액성指數
粘 土	17	28.24	27.5
	32	26.87	
粘 土 60% Shale (A) 40"	12	25.90	24.1
	27	23.83	
粘 土 60" Shale (B) 40"	12	25.84	24.3
	28	24.24	
粘 土 60" Shale (C) 40"	12	25.96	24.9
	35	23.98	
粘 土 60" Shale (A) 40"	16	25.15	24.8
	27	24.62	
粘 土 60" Shale (B) 40"	10	25.35	23.9
	27	23.73	
粘 土 60" Shale (C) 40"	10	25.99	24.8
	28	24.52	
粘 土 70% Shale 30"	12	26.42	24.4
	27	24.13	
粘 土 70" Shale 30"	13	26.70	25.9
	28	25.68	
粘 土 70" Shale 30"	14	26.42	25.6
	36	24.82	
粘 土 70" Shale 30"	19	25.92	25.0
	34	23.84	
粘 土 70" Shale 30"	20	25.84	25.2
	35	23.98	
粘 土 70" Shale 30"	14	26.02	25.2
	32	24.65	

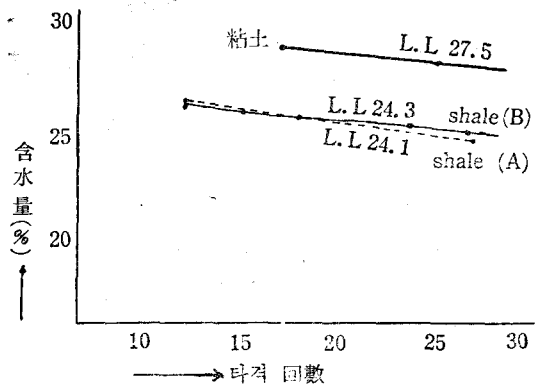
<表-5> 燒 成 度 比 較

區 分	配 合 比	遊 離 CaO			Clinker 系 數			
		1 回	2 回	平 均	HM	SM	IM	AI
가	石 灰	86.90						
	石 粘	8.9						
	土 海	5.4	3.25	3.06	3.16	2.05	2.40	1.70
	鐵 鐵 石	0.9						3.80

① 微粉試料은 前項에서 30分間 분쇄한 試料이다.

② 微細粒子는 粘土가 Shale 보다 조금 많은 傾向이나 전반적인 면에서 거의 비슷하다.

3) 可塑性(Plasticity)은 <表-4> 및 <그림-3>과 같다.



<그림-3> 可 塑 性 圖

① 可塑性은 粘土가 L.L 3.3 높다.

② 粘土의 可塑性은 Lepol kiln의 造粒工程에 문제점이 있으나 Dopol kiln에는 큰 영향이 없다.

③ Shale (A)와 (B)의 可塑性은 大同小異하다.

### II-3 燒成度比較

燒成度를 比較해 보면 <表-5> 및 <表-6>과 같다.

4 시멘트 심포지움

나	石 灰 石	87.09								
	粘 土	5.20								
	Shale (A)	3.47								
	海 砂	3.69	3.19	2.95	3.07	2.08	2.38	1.83	3.68	
	鐵 鑛 石	0.55								
다	石 灰 石	87.10								
	粘 土	5.13								
	Shale (B)	3.52								
	海 砂	3.80	2.97	2.98	2.98	2.08	2.37	1.82	3.67	
	鐵 鑛 石	0.45								

<表-6>

燒成後 化學成分

試 料	Ig. loss	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Alkali	Total
粘 土		21.97	5.76	3.39	63.80	2.70	1.27	98.99
Shale (A)		21.67	5.89	3.21	64.00	2.92	1.31	99.00
Shale (B)		21.64	5.89	3.23	63.98	2.95	1.34	99.03

- ① Shale의 成分은 大同小異하다.
- ② 試料는 系數에 의하여 임의로 조정하였다.
- ③ Free CaO는 Shale 사용시가 낮은 추세였다(0.2%).

II-4 乾燥水分比較

<表-7>

乾燥水分比較

乾燥水分을 比較해 보면 <表-7>과 같다.

- ① 粘土는 1次 건조 후 Poidometer 배합 후 2次 건조(2회 건조) (Data는 1次 건조 후의 水分 %임).

試 料	區 分	1次乾燥		2次乾燥	
		調合原料	調合原料	調合原料	調合原料
粘 土		9.6	9.0	5.6	0.26
Shale (A)		13.8	10.7	6.0	0.28
Shale (B)		12.4	11.0	7.9	0.32

- ② Shale은 Poidometer 배합 후 2次만 건조(1회 건조).
- ③ Shale은 1회 건조 후 사용하므로 건조 비용 절감.

III. 工程調査

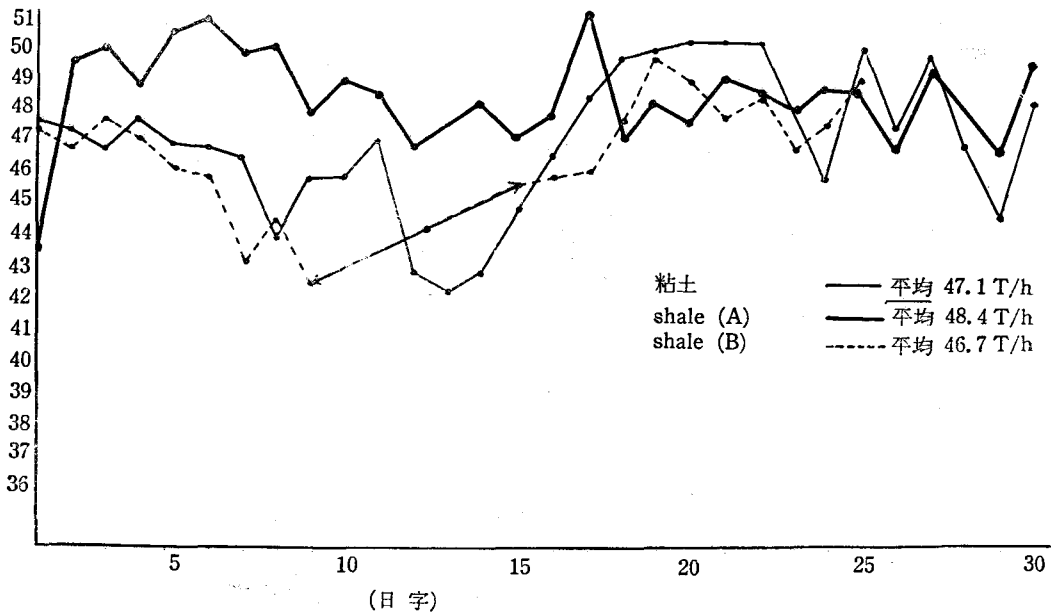
III-1 原料粉碎性 검토(Raw mill)

原料粉碎性은 <그림-4>와 같이 변화하였다.

- ① Mill : No.2 Raw mill

Capacity : 42t/h, 8m × 2.8mφ, 720kw

- ② 粉碎性은 Shale 사용시가 (A) 2.7% 증가, (B) 0.85% 감소를 보이고 있으나 전체적으로 0.85% 증가되었음.



<그림-4> 原料粉碎性 比較圖

III-2 燒成工程

1) Cottrell dust 成分 및 集塵量 比較

Cottrell dust 成分 및 集塵量을 비교해 보면 <表-8>과 같다.

<表-8> Cottrell dust 成分 및 集塵量比較

區分 試料	1K, 2K Cottrell			3K Cottrell			Grate dust 集진량 (t/h)
	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	集진량 (t/h)	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	集진량 (t/h)	
粘土	6.43	6.09	1.205	0.11	1.02	6.243	1K : 2.024 2K : 2.120
Shale (A)	6.07	6.44	0.866	0.11	1.04	4.934	1K : 2.171 2K : 2.270
Shale (B)	6.34	6.17	0.813	0.03	1.10	7.214	1K : 1.530 2K : 1.728

① SO<sub>3</sub> : 1K, 2K 및 3K의 Dust 중 SO<sub>3</sub>는 粘土, Shale 共히 큰 차이는 없다(B-C oil 중 SO<sub>3</sub><sup>(S)</sup>가 변동 없음).

② Alkali : 1K, 2K 및 3K Cottrell dust 중 Alkali 成分은 Shale 사용시가 平均 0.22% 상승.

③ Dust量 : Kiln 소성 상태에 따른 원인으로 Dust量 증가와 감소가 균일하지 못하다(1K, 2K 의 Grate dust 同一).

2) 煨燒率(Preheater, SP kiln의 Ig. loss)

煨燒率은 <表-9>와 같다.

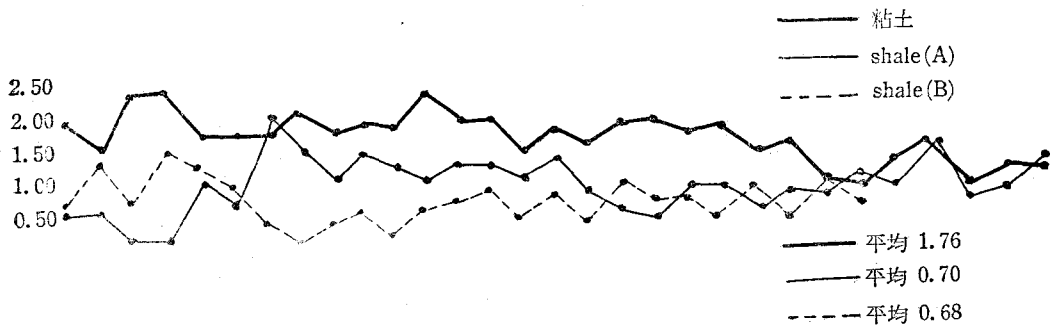
- ① 煨燒率은 Shale 사용시가 2% 効率 向上
- ② 煨燒率의 향상으로 kiln 생산성이 0.4% 증가(粘土 53.0t/h, Shale(A) 55.2t/h, Shale (B) 54.0t/h).

<表-9> 煨 燒 率

試 料	A	B
粘 土	23.83	22.91
Shale (A)	21.46	23.19
Shale (B)	21.12	21.35

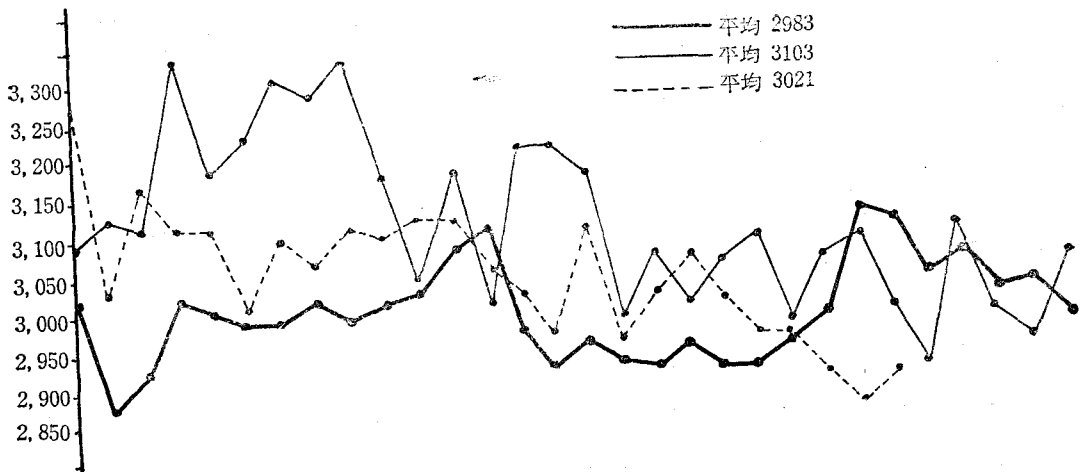
III-3 製品工程

1) Cement 遊雜 CaO 比較圖表



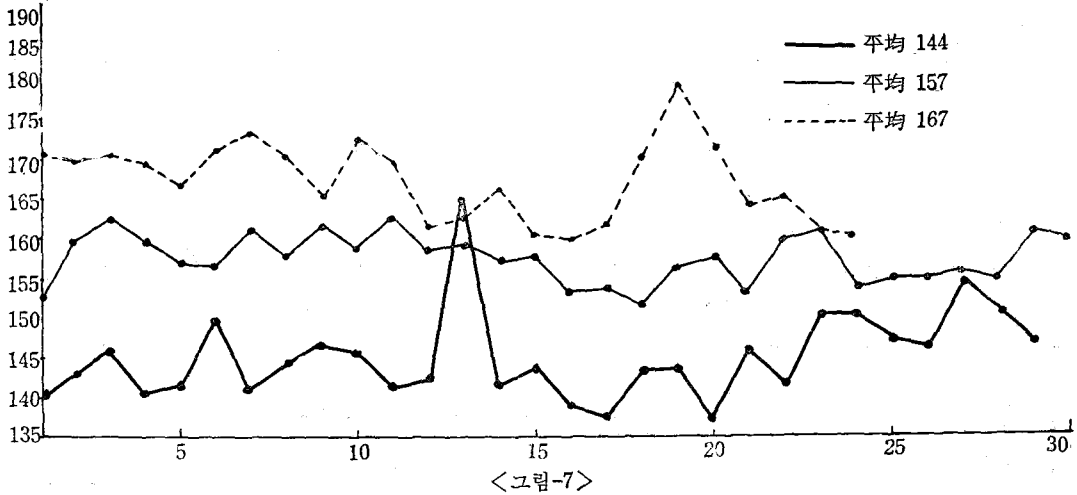
<그림-5>

2) Cement Blaine值 比較圖表



<그림-6>

3) Cement 壓縮強度(3日) 比較圖表



① Free CaO는 Shale 使用時 1~0.4%가 낮다.

② Blaine値는 거의 비슷하다.

③ 強度는 Shale 使用時 10~20kg/cm<sup>2</sup>가 높은 값이나 粘土 사용시의 強度 저하는 아직 Clinker의 使用으로 強度가 低下된 것으로 추정된다.

#### IV. 結 論

6개월간의 기초 준비와 2개월간에 걸쳐 실시한 粘土 및 Shale 混合使用 工程實驗 결과를 보면 아래와 같다.

##### 1) 原料

① 粘土質 原料의 成分 차이점은 <表-10>과 같으며 鐵鑛石은 계속 사용하여야 한다.

② 實驗期間은 冬期로 인하여 粘土質의 凍 固 및 降雪에 따른 多濕으로 粘土乾燥狀態는 不良하였다.

<表-10> 粘土質原料의 成分

種 別	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O
粘 土	52.56	21.76	11.29	3.17
Shale (A)	61.32	16.66	8.34	3.61
Shale (B)	60.14	19.20	9.05	3.80

##### 2) 燒成工程

① Cottrell dust

燒成에 영향을 주는 Dust 中 SO<sub>2</sub> 및 K<sub>2</sub>O分은 Shale 使用前後를 통해 比等하였으나 집진량은 使用前보다 적었다.

② 煨燒率

3K Preheater의 調合原料 煨燒狀態는 粘土 사용시보다 약간 양호하였고 Dust 제거 등으로 인해 Cyclone 內 Coating 形成도 없었다.

③ Clinker 成分系數

Clinker 成分 계수는 <表-11>과 같게 Shale 使用前 基準을 變更 調整方針下에 HM 및 IM 値는 높게, 反面 SM値는 낮게 관리함으로써 品質이 向上되었다.

<表-11> Clinker 成分系數

區 分	Kiln	1K			2K			3K		
		HM	SM	IM	HM	SM	IM	HM	SM	IM
粘 土		2.04	2.42	1.75	2.05	2.41	1.80	2.08	2.40	1.80
Shale		2.06	2.39	1.82	2.05	2.37	1.83	2.10	2.39	1.89

④ 遊離 CaO

Shale 使用中에는 Clinker 成分 계수를 높였음에도 不拘하고 각 Kiln clinker의 Free CaO 是 粘土 사용시보다 현저하게 좋은 成績을 나타냈다.

⑤ Clinker 生産量

Clinker 生産량은 Dopol kiln에선 增産되고 Lepol kiln에서는 減産된 실적이나 HM値의 인상 관리와 品質向上에 좋은 결과를 보게 되었다.

3) 製品工程

① Cement 遊離 CaO

Shale 使用前에 비하여 <表-14>와 같이 많은 저하로 安定度 向上에 기여하였다.

② Cement Blaine值

<表-15>와 같은 向上으로 Cement 品質向上에 기여하였다.

③ 압축 강도(3日)

11月, 12月에는 아직 Clinker를 혼합 사용한 關係로 강도가 약간 떨어진 것이다(粘土 사용시).

이상의 調査에서 장기간에 걸친(3次) 基礎準備와 實驗室的인 Test 과정을 거쳐 工程에 도입하여 만족할 만한 결과에 의하여 粘土質 原料와 鑛山開發에도 많은 도움을 주었으며 粘土 및

<表-12> Free CaO

區 分	1K	2K	3K
粘 土	2.69	1.93	1.07
Shale	1.43	1.19	0.89

<表-13> Clinker 生産量

區 分	1K	2K	3K
粘 土	30.7	33.4	53.4
Shale	29.5	32.0	54.6

<表-14> Cement 遊離 CaO

區 分	Free CaO	備 考
粘 土	1.76	
Shale	0.69	-0.7(差)

<表-15> Cement Blaine值

區 分	Blaine	備 考
粘 土	2,983	
Shale	3,062	+79(差)

<表-16> 壓縮 強度

區 分	3日 強度 kg/cm <sup>2</sup>	備 考
粘 土	144	
Shale	162	+18(差)



Shale의 混舍 사용으로 年間 420~170만원(폐기 처분 비용을 가산)의 이익과 생산성, 분쇄성(원료)을 기하였으며 이에 수반하여 品質向上에 좋은 결과를 가져다 주었다.

또한 粘土質 原料로서 Shale과 粘土는 크게 다를 바 없으며 Shale의 可塑性 때문에 Lepol kiln의 造粒 공정을 고려하여 Shale 混舍比의 증가를 기할 수는 없으나 Dopol kiln에서는 생산에 크게 영향을 주지 않는다.