

# 포틀랜드 시멘트에 添加하는 石膏의 最適量

全 宗 協  
〈太原物産蔚山工場試驗室長〉

## I. 序 言

포틀랜드 시멘트에 添加하는 石膏는 凝結을 지연하는 外에 初期強度를 높이고 水中膨脹, 乾燥收縮을 減少시키며 安定度를 向上시키는 것으로 알려져 있다. 이에 관하여는 1946年 W. Lerch (美)의 「Portland Cement Paste의 水和와 諸性質에 미치는 石膏의 影響」이라는 報文을 爲始하여 Meissner, Hausen & Hunt, Kuhs, Lea & Desch, 竹本 & 伊藤 & 鈴木, Haskell, 近藤 & 山內, 赤岩, 德竹, 原田, Kotulla, 池田, 山口 & 高木, 宮澤 & 望月 & 佐藤, 野木 & 宮澤, 長野 & 山脇 등의 報文이 各各 發表되었다. 물론 各報文에서의 SO<sub>3</sub> 最適量은 다르지만 共通點은 첫째 石膏 最適量의 決定에 있어 最高強度와 最低收縮을 나타내는 量이 있는데 이 量은 알카리와 C<sub>3</sub>A의 量에 의하여 決定되는데 이때 C<sub>3</sub>A 보다는 알카리측이 石膏 첨가량에 影響이 더 크다는 것이다. 둘째 規格의 범위를 벗어나지 않는 범위에서 石膏量이 증가하여도 不利한 點은 별로 나타나지 않는다는 것이다. 本試驗에서는 시멘트의 物理性能中 安定도와 強度面에서 본 SO<sub>3</sub> 最適량과 Haskell의 SO<sub>3</sub> 最適計算式에 의한 값을 對比하였다. 本試驗 結果로는 Haskell의 SO<sub>3</sub> 最適 계산치와 비슷하다는 것을 알 수 있다.

## II. SO<sub>3</sub> 最適量

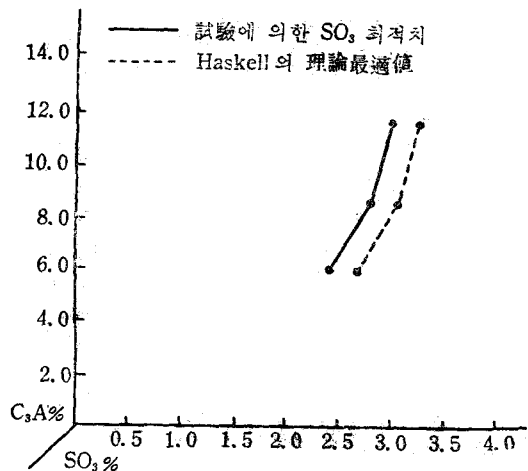
試驗에 사용한 試料는 國內 시멘트 工場中에

서 乾式 키른의 크링카를 사용하였고 石膏는 國內 「T」社의 精製化學石膏를 사용하였다. 또 크링카 및 石膏의 粉碎는 試驗 ball mill에서 비표면적 (Blaine 方法) 3,200cm<sup>2</sup>/g 程度로 粉碎하였다. 이에 대한 시멘트의 物理性能은 <表-1~3> 과 같고 SO<sub>3</sub> 最適량은 強度와 安定度面에서 우수한 것을 택하였다. 이때의 SO<sub>3</sub> %를 最適量으로 規定하여 Haskell의 SO<sub>3</sub> 最適計算値와 對比하였다.

1. C<sub>3</sub>A 변동에 따른 SO<sub>3</sub> 最適량  
〈表-1~3〉 參照.

2. 試驗에 의한 SO<sub>3</sub> 最適量과 Haskell의 SO<sub>3</sub> 理論最適量과의 對比

〈그림-1〉 參照.



〈그림-1〉 試驗에 의한 SO<sub>3</sub> 最適量과 Haskell의 SO<sub>3</sub> 理論最適量과의 比較

<表-1>

試 料 1

크링카의 化學成分 (%)			粉末度 (比表面積 cm <sup>2</sup> /g)	凝 結 時 間		壓 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )			安 定 度 (Autoclave expansion %)	SO <sub>3</sub> %	SO <sub>3</sub> % (最適值)	SO <sub>3</sub> % (Haskell의最適值)
C <sub>3</sub> A	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O		初 結	終 結	3 日	7 日	28 日				
11.4	0.29	0.41	3,180	2:20	4:25	121	214	342	+0.25	1.6	3.18~3.41 (3.30)	
"	"	"	3,210	2:40	4:30	125	224	360	+0.20	2.0		
"	"	"	3,190	2:55	4:45	127	226	367	+0.18	2.4		
"	"	"	3,160	3:25	4:50	138	231	374	+0.13	2.8 ☆2.8~3.2		
"	"	"	3,240	3:40	5:10	132	234	383	+0.10	3.2 ☆(3.0)		
"	"	"	3,220	3:45	5:10	110	216	380	+0.12	3.6		
"	"	"	3,200	3:50	5:25	102	185	370	+0.16	4.0		

Haskell의 SO<sub>3</sub> 理論最適值

$X_1 = 0.0950 \times C_3A + 1.6364 \times \text{알카리} + 1.1841 \dots\dots\dots ①$

$X_2 = 0.0933 \times C_3A + 1.7105 \times Na_2O + 0.9406 \times K_2O + 1.2288 \dots\dots\dots ②$

$X_1 = 0.0950 \times 11.4 + 1.6364 \times 8.70 + 1.1841 = 3.41\% SO_3$

$X_2 = 0.0933 \times 11.4 + 1.7105 \times 0.29 + 0.9406 \times 0.41 + 1.2288 = 3.18\% SO_3$

<表-2>

試 料 2

크링카의 化學成分 (%)			粉末度 (比表面積 cm <sup>2</sup> /g)	凝 結 時 間		壓 縮 強 度 (kg/cm <sup>2</sup> )			安 定 度 (Autoclave expansion %)	SO <sub>3</sub> %	SO <sub>3</sub> % (最適值)	SO <sub>3</sub> % (Haskell의最適值)
C <sub>3</sub> A	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O		初 結	終 結	3 日	7 日	28 日				
8.4	0.39	0.34	3,220	2:00	4:05	128	204	354	+0.36	1.6	3.00~3.18 (3.09)	
"	"	"	3,180	2:25	4:40	132	216	378	+0.18	2.0		
"	"	"	3,200	2:40	4:45	140	230	382	+0.12	2.4 ☆2.4~3.2		
"	"	"	3,210	3:05	4:55	140	238	390	+0.08	2.8 ☆(2.8)		
"	"	"	3,190	3:20	5:00	131	218	391	+0.10	3.2 ☆		
"	"	"	3,150	3:45	5:20	106	198	376	+0.14	3.6		

Haskell의 SO<sub>3</sub> 理論最適值

$X_1 = 0.0950 \times 8.4 + 1.6364 \times 0.73 + 1.1841 = 3.18\% SO_3$

$X_2 = 0.0933 \times 8.4 + 1.7105 \times 0.39 + 0.9406 \times 0.34 + 1.2288 = 3.00\% SO_3$

<表-3>

試 料 3

크링카의 化學成分 (%)			粉末度 (比表面積 cm <sup>2</sup> /g)	凝 結 時 間		壓 縮 強 度			安 定 度 (Autoclave expansion %)	SO <sub>3</sub> %	SO <sub>3</sub> % (最適值)	SO <sub>3</sub> % (Haskell의最適值)
C <sub>3</sub> A	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O		初 結	終 結	3 日	7 日	28 日				
6.2	0.22	0.41	3,190	2:05	4:05	121	212	340	+0.18	1.6	2.54~2.80 (2.67)	
"	"	"	3,230	2:25	4:30	134	220	356	+0.11	2.0 ☆2.0~2.8		
"	"	"	3,170	2:40	4:45	135	229	367	+0.15	2.4 (2.4)		
"	"	"	3,210	3:05	5:10	130	218	372	+0.13	2.8 ☆		
"	"	"	3,200	3:25	5:25	121	207	362	+0.20	3.2		
"	"	"	3,160	3:40	5:45	100	189	354	+0.26	3.6		

Haskell의 SO<sub>3</sub> 理論最適值

$X_1 = 0.0950 \times 6.2 + 1.6364 \times 0.63 + 1.1841 = 2.80\% SO_3$

$X_2 = 0.0933 \times 6.2 + 1.7105 \times 0.22 + 0.9406 \times 0.41 + 1.2288 = 2.54\% SO_3$

III. 試驗結果에 대한 考察

1) 本試驗의 結果로는 포틀랜드 시멘트에 첨가하는 石膏의 最適量은 Haskell의 SO<sub>3</sub> 最適值

보다는 적은 量으로 나타났으며 또 韓國工業標準規格에서 限定하고 있는 量보다는 다소 많은 것으로 나타났다.

(57 page 에 계속)

관한 것을 나타내었다(曲線 A). 曲線 B는 물, 石膏比의 함수 관계에 있는 유동 한계의 주도를 나타내고 있다. 比가  $W_1$ 일 때 가장 양호한 workability를 나타내며 硬化後 실제 얻을 수 있는 강도는  $\sigma_1$ 이었다.

물의 比를 감소시키면 강도가 상승하는 原因은 첫째 기공도가 떨어지며, 둘째 구조가 단단해지기 때문이다. 물의 함량이 적으면 적을수록 작은 석고 結晶이 형성되며 강도가 높아진다. 따라서 물과 石膏比를 감소시킴으로써 석고 현탁액의 강도를 개선할 수 있다. 같은 方法으로 물 대신에 Hydrosol을 사용할 수도 있다. <그림-9>의 曲線 C는 30%  $SiO_2$  Hydrosol을 사용했을 때의 물 및 半水石膏比에 따른 유동 한계를 나타내고 있다.

최적주도 ( $\theta_0$ )의 석고 paste는  $W_2 < W_1$ 이고 강도도  $\sigma_2 > \sigma_1$ 로 된다. 꼭같이 曲線 D에 50%  $SiO_2$  Hydrosol의 경우를 나타내고 있다. 물, 石

膏比가 작으면 半水石膏의 수화가 불충분하므로 曲線 E는 曲線 A의 하부에 위치하는 것이 당연하다.

$SiO_2$  粒子는 半水石膏 結晶의 表面에 흡수되어 半水石膏 현탁액을 安定시킨다. 이 效果는 流動性이 작은 석고 현탁액 제조를 가능하게 하고 결과적으로 높은 강도를 얻을 수 있도록 한다. 석고 현탁액중의 silicagel 함량은 同一 기공성으로 선 강도를 증가시키지 못하고 硬度 및 마찰 저항과 같은 물리적 特性으로 效果가 나타나며 기술적으로 상당한 의미를 갖는다.

#### [REFERENCES]

- 1) Collomb, Ch.: Zement-Kalk-Gips 17 (1964), 451.
- 2) Pièce, G.: Zement-Kalk-Gips 17(1964), 461.
- 3) Šatava, V. und Komrska, J.: Silikáty 11 (1967), 121.
- 4) Škvára, F.: Silikáty 17 (1973), 9.
- 5) Guyer, A., Böhlen, B. und Guyer, A. jr.: Helv. Chim. Acta 42 (1959), 2103.

(52 page 에서 계속)

項	K.S ( $SO_3$ %)	試驗值 ( $SO_3$ %)	Haskell ( $SO_3$ )	備 考
$C_3A$ 8.0 >	2.5 이하	2.0 ~2.8	2.54 ~2.80	Alkali 0.7~ 0.73%인 경우
" 8.0 <	3.0 이하	2.4 ~3.2	3.00 ~3.41	Alkali 0.63% 인 경우

(本試驗에서 사용한 試料는  $K_2O$ ,  $Na_2O$ 의 함량이 거의 비슷하였으므로 알카리 함량의 변동에 따른  $SO_3$  최적치는 알 수가 없었고 다만  $C_3A$ 의 변동에 따른  $SO_3$  최적치만을 알 수 있었음).

2) 國內 시멘트 業界가 1970年 以後 石炭混燒 方法에서 重油專燒 方法으로 轉換함에 따라 크링카 中の  $SO_3$  量은 增加傾向이 있기 때문에 시멘트의 全  $SO_3$  量도 增加함을 피할 수 없는 狀態가 되었다. 그러나 여기에서 그냥 보아 넘기기 어

려운 點은 重油專燒에서 생기는 크링카 中の  $SO_3$ 가 시멘트의 지연 효과 및 安定度에 미치는 영향이 아직까지는 別無한 것으로 되어 있지만 계속 검토되어야 한다는 사실이다.

#### IV. 結 言

시멘트의 規格을 벗어나지 않는 범위에서 石膏의 과잉 첨가는 不利한 點이 없으며 工場製造 原價面에서도 매우 效果的이라 생각된다.  $SO_3$  最適量의 管理面에서 유의해야 할 點은 石灰石山地 및 粘土의 山地가 변동되었을 경우 또는 燒成工程의 改修, 運轉方法의 變動 등이 있었을 경우는 適時에 알카리 함량을 체크하여 石膏의 最適量을 검토할 必要가 있을 것으로 생각된다.