

시멘트 분쇄조제로서 Sorbitol의 유효성 검토

장봉규·유익수*

〈동양시멘트 삼척공장〉

1. 서 론

시멘트 분쇄공정에서 tube mill의 분쇄효율은 약 1~2% 정도에 불과하며, 그 개선방안으로 분쇄매체 및 피분쇄물(크링카, 석고) 외에 제3의 물질(분쇄조제)을 첨가하여 분쇄성 향상을 도모하고 있다.

1970년대까지는 글리콜류와 트리에탄올 아민 등이 사용되었으나 가격이 고가여서 최근에는 화학공장의 폐액이나 부산물을 이용한 리그닌계 및 아민계 복합물의 사용이 늘고 있다. 국내 시멘트 업계에서 clinker 분쇄용으로 주로 사용하고 있는 DEG와 HEA-2 등은 가격이 400~800원/kg으로 고가여서 가격이 저렴하고 성능이 우수한 분쇄조제로의 대체 및 최적사용이 요청되고 있다.

당사에서는 현재 DEG를 분쇄조제로 사용하고 있으며 화학적 특성 때문에 보관 및 취급에 각별히 주의를 요하며 소방법규에도 적용되어 사용상 문제점이 있다.

이러한 여러가지 문제점을 해결할 수 있는 분쇄조제로서 식품첨가제로서 제과, 식품, 수산물, 의약품 공업 등에 광범위하게 사용되고 있고 담배, 치약, 화장품 등에 습윤조정제 및 유연제로서 사용되고 있는 sorbitol의 사용을 검토하였다.

솔비톨은 자연계 특히, 과실을 갖는 식물계에 널리 분포하고 있다. 즉, 많은 과실류, 해조류, 담배 등에 존재하고 그 함유량은 1~2%에서 많은 것은 10% 정도를 가지고 있다. 2차 세계대전 시 벨기에의 루-광대학 생리화학 교실의 H.G. Hers는 동물체내에 있어서 glucose보다 fructose로의 변환 중간 생성물로서 솔비톨이 면양의

태아내에 다량 존재하며, 이것이 동물의 어떤 조직중에 fructose와 동일한 정도로 함유되어 있는 정상 물질로서 존재한다는 것을 밝힌 바 있다.

솔비톨은 분자량이 182.18인 6가 당알콜로서 D-sorbitol 또는 D-glucitol이라고 불리워지며 포도당을 환원하여 얻어진다. Sorbitol 제법 및 DEG와의 성분 차이를 <표-1>에 나타내었다. 한편, 솔비톨은 에틸렌 글리콜, 글리세린, 펜타에리트리톨 등의 다른 다가 알콜과 비슷한 성질을 지니고 있으나 분자의 비대칭성에 의하여 수많은 유도체를 형성할 수 있으므로 시멘트 분쇄에 있어서 alite와 석고 결정의 내부 파괴에 의해서 생성되는 반응 site에 쌍극자 결합을 하면서 정전하를 띄게 하여 응집(agglomeration)을 방지할 수 있는 분쇄조제로서의 역할도 할 수 있다.

이에 sorbitol이 분쇄조제로서 사용되어질 때 시멘트 품질에 미치는 영향을 DEG와 비교 실험하여 그 유효성을 검토하였다.

2. 시험조건

1) 분말도

- (1) 분쇄조제 첨가량별 5수준(시간 일정)
- (2) 분쇄시간별 9수준(분쇄조제 첨가량 일정)
- (3) 분쇄조제 첨가량별 2수준(분쇄조제 0.02~0.04%, 시간일정)

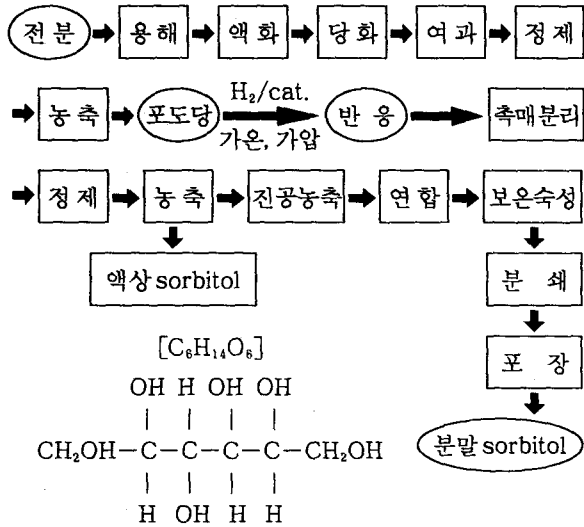
2) 압축강도 : 분쇄조제 첨가량별 2수준(분쇄조제 0.02~0.04%, 시간일정)

3) 응결시험 : 분쇄조제 첨가량별 4수준

<표-1>

1) Sorbitol 제법

주원료 : 전분(옥수수 및 타피오카 등 곡류)



2) 성 질

- 무색, 무취의 투명한 용액
- 물에 쉽게 용해
- 화학적으로 안정
- 유기용매에는 잘 용해되지 않는다.

3) 성분함량

시험 항목	Di-ethylene glycol	Sorbitol
함 량(%)	99.9 min	70 ↓ ±1
환원당(%)	-	0.2 이하
당 류(%)	-	5 이하
중금속(ppm)	0.5	5 이하
비 소(ppm)	-	0.3 이하
닉 켈(ppm)	-	1 이하
수 분(%)	0.2 max	30 ± 1
pH	6.8	4.5~7
비 중	1.117~1.120	1.300 ± 0.010
증발잔유물(%)	0.0005	0.02 이하

3. 시험결과

1) 분쇄조제 첨가량별 시험

분쇄시간을 40분으로 일정하게 하고 크링커에

분쇄조제 비율을 증가시키며 분쇄를 하였다.

분말도 첨가량	DEG			Sorbitol		
	90μm	45μm	Blaine	90μm	45μm	Blaine
0.02%	0.3	8.5	3,407	0.3	8.4	3,486
0.03%	0.2	5.9	3,486	0.4	10.0	3,512
0.04%	0.2	5.4	3,486	0.3	9.1	3,512
0.05%	0.1	4.6	3,380	0.3	9.0	3,512
0.06%	0.1	4.3	3,486	0.2	9.7	3,512

2) 분쇄시간별 시험

1) 항에서 분쇄조제 첨가량이 0.02%일 때 분말도 수준이 같으므로 크링커에 0.02%의 분쇄조제를 첨가하여 test mill에서 일정한 시간으로 분쇄한 후 분말도 시험을 하였다.

분말도 분쇄시간	DEG			Sorbitol		
	90μm	45μm	Blaine	90μm	45μm	Blaine
10분	17.0	44.8	1,593	21.0	45.0	1,649
15분	5.8	32.4	1,997	10.4	33.9	1,997
20분	1.7	23.3	2,371	4.4	24.7	2,409
25분	0.6	16.5	2,727	1.7	18.2	2,727
30분	0.3	11.5	3,011	0.8	14.4	3,011
35분	0.3	8.6	3,299	0.7	10.3	3,326
40분	0.3	6.3	3,588	0.6	7.8	3,588
45분	0.3	4.5	3,809	0.5	6.3	3,856
50분	0.3	3.8	4,062	0.5	5.0	4,062

3) 분쇄조제 첨가량별 물리성능

실공정에서 분쇄조제를 사용하는 범위 0.02~0.04%를 감안하여 첨가량 2종류, 분쇄시간 40분으로 동일하게 분쇄하여 물리시험을 하였다.

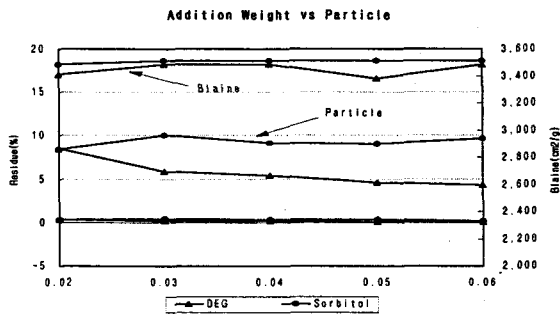
첨가량	분쇄조제	45μm (R%)	Blaine (cm ² /g)	압축강도(kg/cm ²)		
				3일	7일	28일
0.02%	DEG	8.5	3,407	228	272	333
	Sorbitol	8.4	3,486	216	261	315
0.04%	DEG	5.4	3,486	245	285	327
	Sorbitol	9.1	3,512	221	270	320

4) 분쇄조제 첨가량별 응결시험

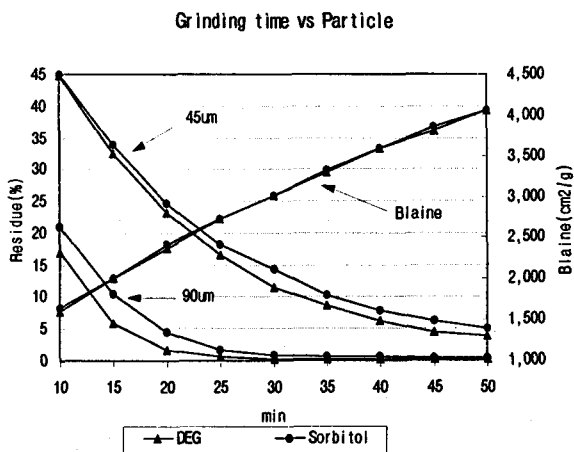
항 목		응 결 시 간		
		주도(%)	초결(hr)	종결(hr)
첨가량				
단 미		23.0	3 : 08	5 : 16
0.02%	DEG	23.0	2 : 52	5 : 06
	Sorbitol	23.0	3 : 12	5 : 21
0.04%	DEG	23.5	3 : 15	5 : 20
	Sorbitol	23.5	3 : 45	5 : 55
0.04% + AE (0.02%)	DEG	23.0	3 : 38	5 : 43
	Sorbitol	23.0	4 : 26	6 : 38

4. 고 찰

1) 분쇄조제 첨가비별로 시험한 결과 DEG는 첨가량이 증가하면 분말도가 향상되나 sorbitol은 분말도가 향상되지 않는다. <그림 1>

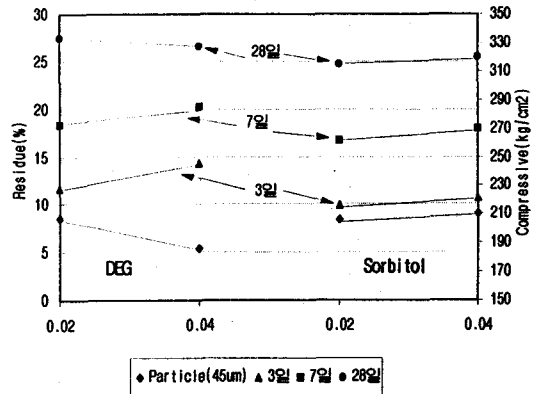


<그림 1> 분쇄조제 첨가량 vs 분말과 Blaine



<그림 2> 분쇄시간 vs 분말과 Blaine

Compressive Strength/Particle



<그림 3> 분쇄조제 첨가량 vs 물리성능

2) 분쇄조제 첨가량을 0.02%로 동일하게 하고 분쇄시간을 증가시킨 경우 sorbitol이 blaine은 비슷한 수준이나 잔사율이 증가하였다. <그림 2>

3) 분쇄조제 첨가량을 0.02%, 0.04%로 하여 28일 압축강도 시험결과 sorbitol을 첨가한 경우 0.02%에서는 약 10kg/cm², 0.04%에서 약 20 kg/cm²이 감소하였다. <그림 3>

4) 응결시간은 DEG 첨가 경우보다 sorbitol 첨가량 0.02%에서는 약 20분, 0.04%에서는 약 30분이 더 길어지고 이것에 AE제를 첨가한 경우는 약 40분이 더 길어진다. 시멘트의 응결은 당 분이 있으면 길어지며 이러한 점을 고려하지 않고 콘크리트 제조에서 응결지연제를 사용할 경우 콘크리트의 경화불량을 일으킬 수도 있으므로 시멘트 분쇄공정에서 sorbitol 사용은 항상 위험성을 내포하고 있다고 판단된다.

5. 결 론

Sorbitol은 취급 및 보관이 용이하나 본 시험 결과 DEG 첨가시보다 sorbitol 첨가시 시멘트 물리성능(분말도, 압축강도, 응결)이 대체적으로 떨어지는 경향을 보여주고 있으며, 분쇄시 steel ball에 크링커가 붙는 현상으로 볼 때 sorbitol이 계면활성제로 충분히 작용하지 못하는 것으로 판단되므로 시멘트 분쇄조제로서 부적당하다고 판단 된다.