

# 바닥용 Mortar 물성(팽창성)에 미치는 혼화재의 영향

김 성 수 · 연 영 훈\*

〈아세아시멘트(주)〉

## 1. 서 론

몰탈이나 콘크리트의 경화시 발생하는 여러 형태의 수축현상과 이에 따른 균열발생은 몰탈이나 콘크리트가 갖는 취약점의 하나로 알려져 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 적절한 팽창으로 수축을 보상하는 팽창재의 사용기술이 점차 확대되는 추세에 있으며, 일반적으로 사용되고 있는 팽창재로는 CSA계와 석회-석고계가 있다. 최근, 팽창재의 이용범위가 확대되어 일반 바닥용 몰탈에의 사용예가 증가하고 있으며, 이러한 팽창재의 효과는 그 종류나 첨가량 외에도 각종 혼화재의 사용에 따라서도 큰 차이를 나타내고 있다.

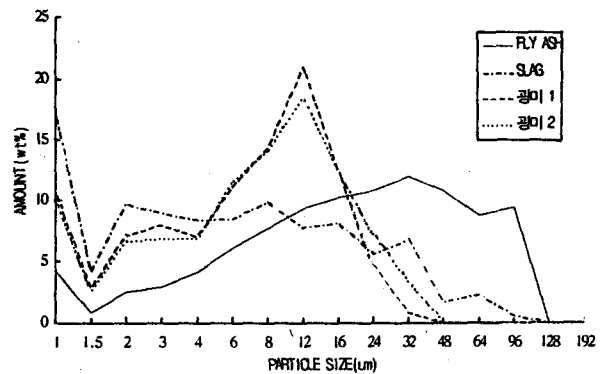
본 연구에서는 석회-석고계 팽창재를 첨가한 일반 바닥용 몰탈에서 첨가 혼화재의 종류와 치환량이 그 물성에 미치는 영향을 압축강도, 팽창량, 수화반응을 중심으로 비교하였다.

## 2. 실험방법

### 2-1. 사용재료

사용재료로는 1종 보통포틀랜드시멘트와 모래, 팽창재를 기본재료로 하고, 첨가 혼화재로 플라이애쉬, 미분슬래그, 광미 2종을 사용하였다. 모래는 몰탈용 세척사로서 조립율을 2.85로 조정하였으며, 고로수쇄슬래그를 분리분쇄하여 미분슬래그로 사용하였다.

〈표 1〉에 사용재료의 화학성분, 〈그림 1〉에 혼화재의 평균입경과 입도분포곡선을 각각 표시하였다.



〈그림 1〉 혼화재의 입도분포곡선

사용재료의 화학성분 및 평균입경

〈표 1〉

	LOI	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	평균입경 (μm)
시멘트	1.43	21.55	5.43	3.35	61.94	2.77	2.15	1.23	17.3
팽창재	2.43	10.77	2.56	1.91	65.36	0.84	16.10	0.02	
플라이애쉬	3.42	63.30	18.19	3.54	8.05	1.00	0.05	0.64	4.4
미분슬래그	-0.90	34.75	13.03	0.45	41.52	6.73	1.77	0.44	6.5
광미 1	-2.65	43.79	17.09	30.05	1.49	6.27	tr.	tr.	6.8
광미 2	36.75	10.69	3.84	1.44	44.28	1.62	0.24	1.06	

2-2. 재료배합

모래와 결합재(시멘트+팽창재+혼화제)는 중량비 7:3으로 하였으며, 팽창재를 시멘트 내할 10% 첨가한 기준물탈에 각각의 혼화제를 시멘트 내할 10%, 17%, 23% 치환하여 혼합하였다.

2-3. 물리성능시험

Flow시험은 물/결합재 비를 0.45로 고정하고 KSL 5111(시멘트시험용 플로우테이블 시험방법)에 준하였다.

압축강도시험은 flow값이  $100 \pm 5\%$ 를 유지하도록 혼합수량을 조정하였고, KSL 5105(시멘트 압축강도 시험방법)에 준하였다.

길이변화 시험은  $4 \times 4 \times 16\text{cm}$  몰드에 성형한 후, 1일 습공후 탈형하여 6일간 수중에서 양생하고 이후, 기건양생(23°C, R.H. 80%)을 실시하여 각 재령에서의 길이변화를 측정하였다.

2-4. XRD 분석

XRD 분석은 SIMENS사의 X선 회절분석기를 사용하여 탈형 후 2일간 수중양생한 시료를 분석하였다.

2-5. 수화열 분석

수화열은 CILAS사의 수화열 측정기를 사용하여 주수후 12시간 동안의 반응을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 강도 특성

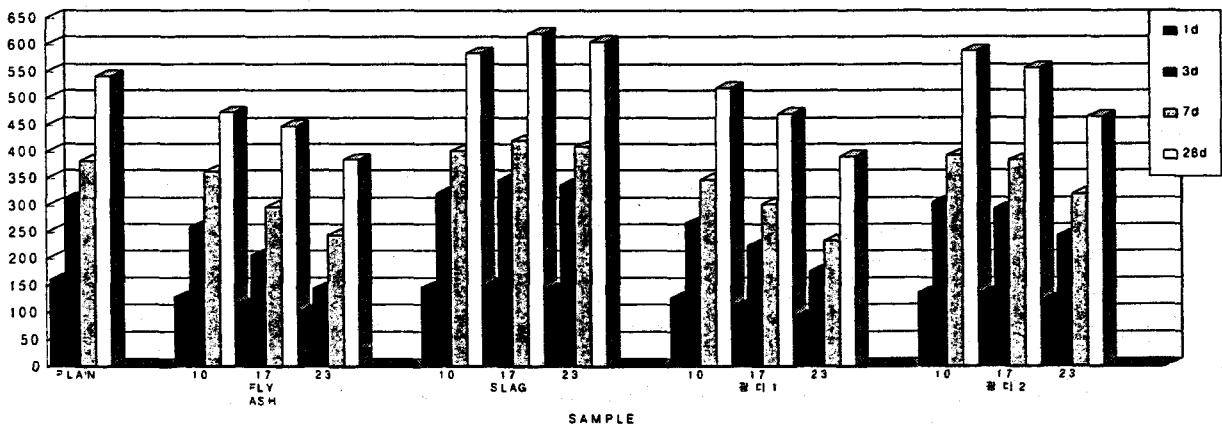
각 혼화제 사용에 따른 압축강도 변화를 <그림 2>에 나타내었다.

압축강도 시험결과, 플라이애쉬와 광미 1은 전 재령에서 혼화제의 치환량이 증가함에 따라 압축강도가 하락하고 있으나, 미분슬래그와 광미 2의 경우에 있어서는 약간 상이한 강도발현 특성을 나타내고 있었다. 즉, 미분슬래그의 경우, 치환량과 거의 무관하게 강도발현성이 양호하였으며, 3일 이후의 재령에서는 오히려 plain보다 상회하는 강도값을 나타냈다.

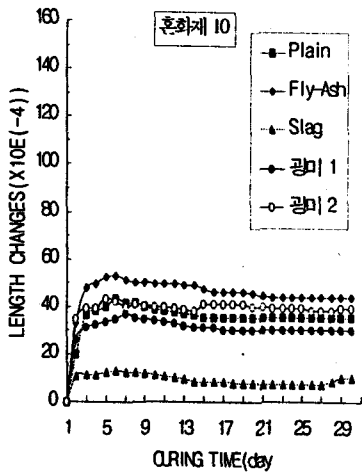
일반적으로, 시멘트를 혼화제로 치환·혼합한 경우에 있어서 그 치환량이 증가할수록 압축강도는 하락하는 경향<sup>1)</sup>을 나타내고 있는데, 이는 단위 시멘트량이 감소하여 결합력을 저하시키기 때문으로 생각된다. 즉, 단위 시멘트량의 감소로 동일 팽창재량에 의한 팽창성능이 증가하기 때문으로 생각된다.

3-2. 길이변화 특성

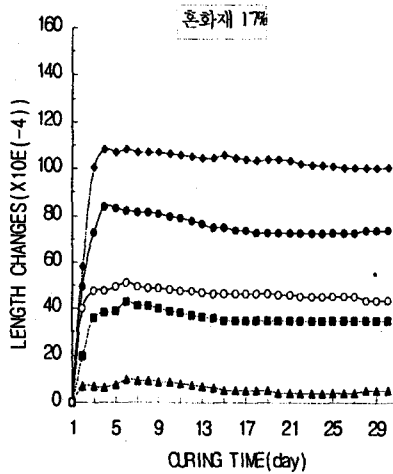
각 혼화제의 치환량에 따른 길이변화 특성을 <그림 3>, <그림 4>, <그림 5>에 나타내었다. 플라이애쉬를 사용한 경우, 치환량이 증가할수록 길이변화율은 현저한 증가를 보이고 있으나, 미분슬래그를 사용한 경우에 있어서는 현저히 낮은 길이변화율을 나타내었다. 또한, 광미 1의 경우에



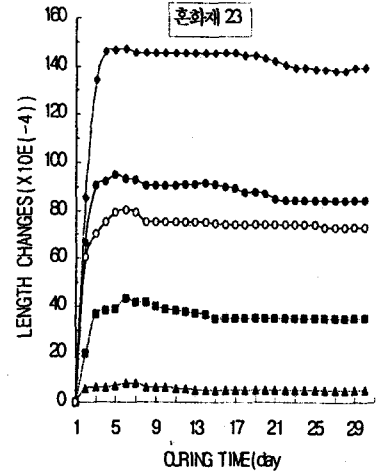
<그림 2> 혼화제 치환에 따른 압축강도 변화



<그림 3> 혼화재 10% 치환에 대한 길이변화율



<그림 4> 혼화재 17% 치환에 대한 길이변화율

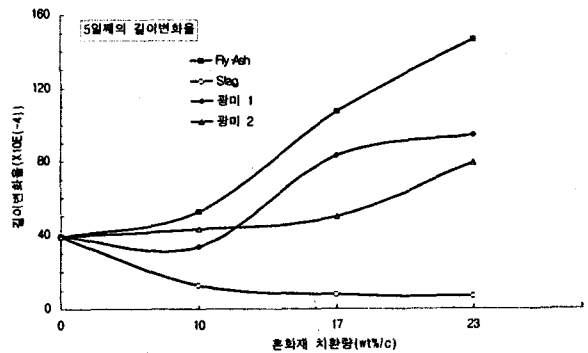


<그림 5> 혼화재 23% 치환에 대한 길이변화율

는 10% 치환 시료에서 0%를 치환한 공시체와 비슷한 정도의 길이변화율을 보였으나, 그 이상을 치환한 공시체에서는 길이변화율 값이 현저한 차이를 나타내고 있었다. 그리고, 광미 2에서는 10%, 17%를 치환한 공시체가 0% 치환한 것보다 약간 높은 길이변화율을 나타내고 있었으며, 23%를 치환한 경우에는 그보다 현저히 큰 길이변화율을 나타내었다.

<그림 6>에 각 혼화재의 치환량에 따른 5일째의 길이변화율을 나타내었다.

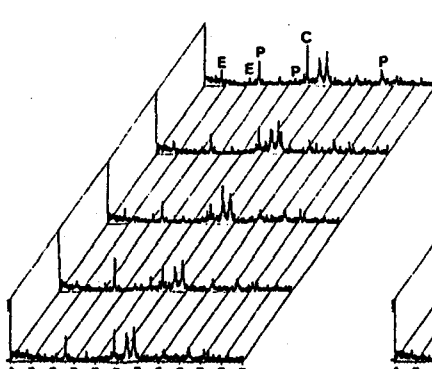
그림에서 알 수 있듯이 혼화재의 종류에 따라 매우 상이한 길이변화 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이러한 특성은 각 혼화재의 분말도 차이와 초기재령에서의 수화반응성에 의존한다고 생각된다.



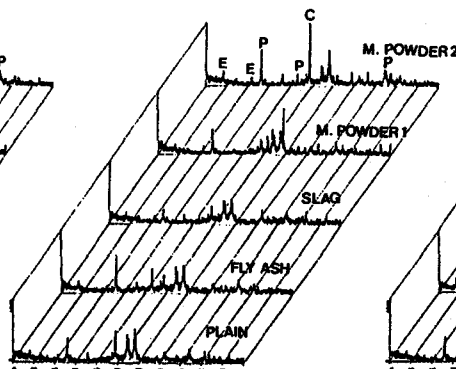
<그림 6> 각 혼화재 치환량에 따른 5일째의 길이변화율

### 3-3. 수화 특성

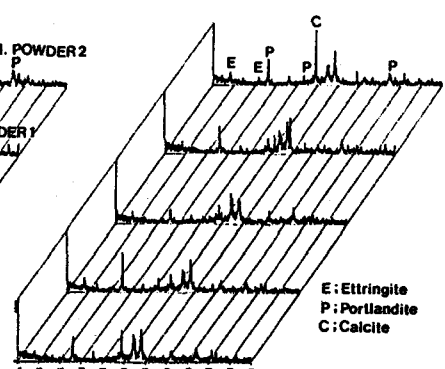
탈형 후 2일간 수증양생한 시료의 X선 회절 분



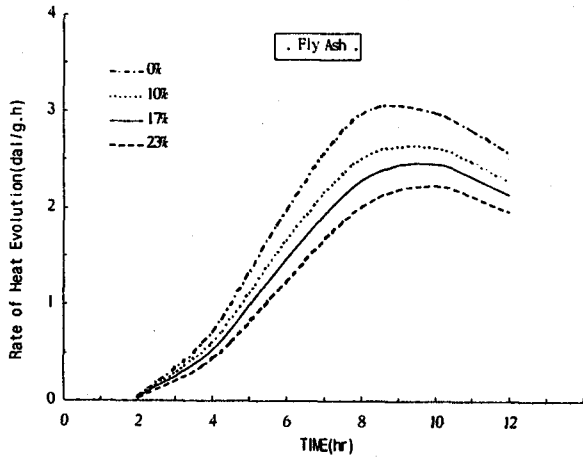
<그림 7> 10% 치환시료의 XRD



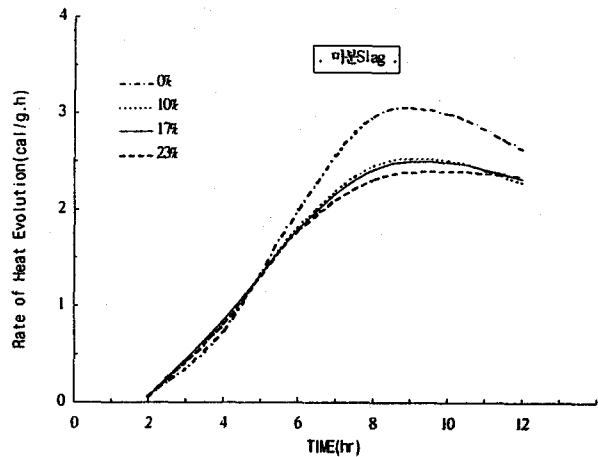
<그림 8> 17% 치환시료의 XRD



<그림 9> 23% 치환시료의 XRD



〈그림 10〉 Fly-Ash 치환시료의 수화발열곡선



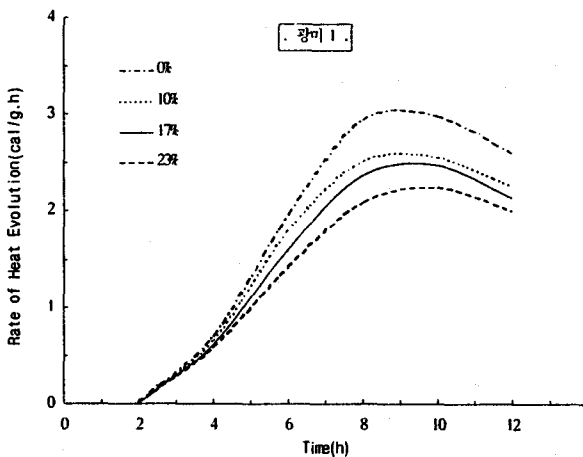
〈그림 11〉 미분Slag 치환시료의 수화발열곡선

석결과를 〈그림 7〉, 〈그림 8〉, 〈그림 9〉에 나타내었다. 각각의 혼화제를 시멘트 내할 10% 치환한 경우, 〈그림 7〉에서 볼 수 있듯이 플라이애쉬에서 팽창의 주요인인 portlandite의 생성 피크가 높게 나타남을 볼 수 있었다. 이것은 플라이애쉬의 길이변화율이 다른 혼화제를 치환한 경우보다 높게 나타난 결과와 일치하는 것이다. 혼화제를 17% 치환한 경우의 X선 회절 분석결과는 〈그림 8〉에 나타난 것처럼 플라이애쉬, 광미 1, 광미 2와 plain 및 미분슬래그의 순으로 portlandite의 생성 피크가 높게 나타나고 있었다. 이것 역시 위의 길이변화 결과에서 나타난 것과 일치하고 있었다. 즉, portlandite의 생성이 많을수록 길이변화율도 크게 나타나는 것으로 확인되었다. 그러나, 수화반응으로 생성된 또 다른 수화물이나 혼화제의 종류에 따른 물리적인 충전성에 의해

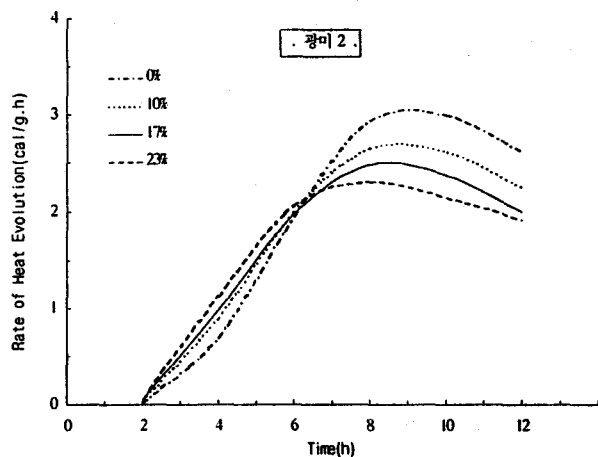
강도발현 특성은 반드시 이에 준하여 발현되는 것은 아니다.

특히, 미분슬래그 치환 시료에서, portlandite의 피크가 낮게 나타나는 것은 팽창에 기여할 portlandite가 미분슬래그의 치환으로 인하여 초기의 수화반응에서  $Ca^{++}$ 의 부족과 물리적 충전성으로 팽창기구의 발현성이 현저히 떨어지기 때문으로 생각된다. 이것은 강도특성 및 길이변화 그리고, 수화발열곡선의 결과로 추론이 가능하다.

또한, 이러한 시료의 수화발열속도 측정 결과를 〈그림 10〉, 〈그림 11〉, 〈그림 12〉, 〈그림 13〉에 나타내었다. 〈그림 10〉은 혼화제로서 플라이애쉬를 10%, 17%, 23% 치환한 시료의 수화발열곡선으로, 2차 피크는 플라이애쉬의 치환량이 증가할수록 수화발열 피크가 낮게 나타났으며, 가속기의 수화도 지연되고 있음을 알 수 있었다. 미



〈그림 12〉 광미 1 치환시료의 수화발열곡선



〈그림 13〉 광미 2 치환시료의 수화발열곡선

분슬래그를 치환한 시료의 수화발열곡선인 <그림 11>에서는 혼화재의 치환량이 증가함에 따라 가속기의 수화가 촉진되고 있음을 볼 수 있었으며, 감속기의 수화도 지속성을 나타낼 것으로 보여진다.

<그림 12>는 혼화재로서 광미 1을 치환한 시료의 수화발열곡선으로, 2차 수화발열곡선은 플라이애쉬를 치환·혼화한 시료와 비교해 볼 때, 정도의 차이는 있으나 유사한 경향을 나타내고 있었다. <그림 13>은 광미 2를 치환한 수화발열곡선으로 수화 개시후 약 6시간을 전후로 피크가 역전되는 현상을 나타내고 있었다. 즉, 혼화재의 치환율이 증가할수록 가속기의 수화가 활발해지고, 감속기의 수화도 지속성을 유지하는 것으로 나타났다. 이것은 미분슬래그와 같은 경향으로, 혼화재 내에 calcium carbonate가 갖는 수화촉진 특성에 의한 것으로 생각된다.<sup>2, 3, 4, 5, 6)</sup>

#### 4. 결 론

플라이애쉬, 미분슬래그와 광미 1 및 광미 2를 시멘트 내할 10%, 17%, 23% 치환·혼화하여 이것이 바닥용 모르타르의 물성(팽창성)에 미치는 영향을 검토하고자한 실험에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 각 혼화재의 치환에 따른 압축강도 특성은, 초기재령에서는 Plain과 비교해 볼 때 비슷하거나 약간 저하하는 것으로 나타났으나, 28일 이후의 재령에서는 미분슬래그나 10%의 광미 2를 치환한 시료는 plain보다 우수한 강도 특성을 나타내었다.
- (2) 각 혼화재의 치환에 따른 길이변화 특성은, 플라이애쉬를 치환한 것이 가장 큰 팽창성을

나타내었으며, 17% 이상을 치환한 경우 광미 1, 광미 2, 미분슬래그의 순으로 큰 팽창특성을 보이고 있었다. 특히, 미분슬래그의 경우에는 상대적으로 낮은 팽창성능을 보였다.

- (3) 각 혼화재의 치환에 따른 수화발열 특성은, 미분슬래그와 광미 2는 alite의 수화가 촉진되는 것으로 나타났으며 특히, 광미 2는 슬래그보다 큰 수화촉진성을 보이고 있음을 알 수 있었다.

이러한 결과로 미루어 볼 때, 팽창재가 첨가된 몰탈에서 혼화재의 첨가여부 및 첨가량은 ① 혼화재의 분말도, ② 혼화재의 수화활성도, ③ 혼화재의 수화반응성 등을 충분히 고려하여 선택·첨가하여야 할 것이다. 또한, 단일 혼화재 이외에도 2종·3종의 혼합혼화재 사용도 고려할 수 있을 것이다.

#### <참 고 문 헌>

1. 坂井 悦郎, 中川 晁次, 三原 敏夫, 大門 正機, わかりやすいセメント化學, pp. 54~61 (1993).
2. 内川 浩, 宇智田俊一郎, 岡村 隆吉, セメント技術年報 41(昭62), pp. 42~45.
3. W. Fajun, M. W. Grutzeck and D. M. Roy, Cem. Con. Res. Vol. 15(1), pp. 174~184(1985).
4. H. Takemoto and H. Uchikawa, 7th ICCO, I, VI-2/1~2/29(1980).
5. J. C. Maso, 7th ICCO, I, VII-1/3~1/15(1980).
6. J. Grandet and J.P. Ollivier, 7th ICCO, III, VII-63(1980).