

# Meta kaolin 및 Silica fume을 이용한 고성능 · 고강도 시멘트 Grout재 특성에 관한 연구

이 재 환 · 정 민 철\*

(한일시멘트(주) 대전연구소)

## 1. 서 론

Grout재란 틈새를 채워주는 충전재란 의미이며 기계 기초용으로 상당히 많이 사용되고 있다. Grout는 기계의 Bed plate와 기초 Concrete 사이의 공간을 메워 기계를 지지함은 물론 그 위치를 정확히 유지하고, 기계운전에 의하여 발생하는 여러가지 힘을 기초에 전달하는 역할을 한다.

Grout재가 갖추어야 할 조건으로는 무수축성, 고유동성 및 고강도의 특성이 요구된다. 무수축성은 Grout재에 요구되는 기본조건중 가장 중요한 특성으로 다른 기타조건이 아무리 우수하더라도 수축을 일으키는 Grout재는 보통의 시멘트 Grout재와 비교하여 하등의 변동도 없는 결과가 된다. 이러한 무수축성은 팽창재 사용으로 특성부여를 하였다. 또한 고유동성은 복잡한 형을 가진 Base plate나 밑면에 공간을 다소 가진 Base plate의 하측을 Grout재로 채우는데 있어서 상당한 유동성과 재료분리가 되지 않는 Grout재가 필요하다. 이러한 고유동성은 유동화제 사용으로 만족시킬 수 있다. 마지막으로 고강도 특성은 포졸란 물질의 사용으로 내부구조의 치밀성 및 충전성으로 강도증진을 기하는데 있다.

## 2. 무수축 고강도 Grout재의 정의

Grout재란 틈새를 채워주는 충전재란 의미이며, 특히 기계 기초용으로 상당히 많이 사용되고 있다.

즉, Grout는 기계의 Bed plate와 기초 Concrete사이의 공간을 메워 기계를 지지함은 물론 그 위치를 정확히 유지하고, 기계운전에 의하여 발생하는 여러가지 힘을 기초에 전달하는 역할을 한다.

## 3. 무수축 고강도 Grout재의 조건

- ① 무수축성
- ② 유동성
- ③ 조기강도 및 최종강도

## 4. 원재료 기초시험

### 4-1 팽창재 (CSA계)

#### 1) 화학분석

CSA계 팽창재의 화학분석결과를 <표 1>에 표시하였다.

CSA계 팽창재의 화학분석

<표 1>

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>	Ig. Loss
2.06	16.19	0.71	51.59	0.81	26.70	1.51

<표 1>에서 보는바와같이 CSA계 팽창재의 팽창성을 부여해 주는 주성분은 CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 SO<sub>3</sub>로 이루어진 C<sub>4</sub>A<sub>3</sub>S임을 알 수 있다.

### 4-2 강도 증진재 (포졸란 물질)

Meta kaolin과 Silica fume 화학분석결과

〈표 2〉

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	C	Ig. Loss
Meta Kaolin	97			0.5	1.0	-	-	-	-	1.0
Silica fume	88.6	2.44	2.56	-	0.2	0.5	0.2	0.6	3	1.5

1) 화학분석

〈표 2〉는 강도증진제로 사용한 포졸란 물질로 Meta kaolin과 Silica fume에 대한 화학분석 결과이다.

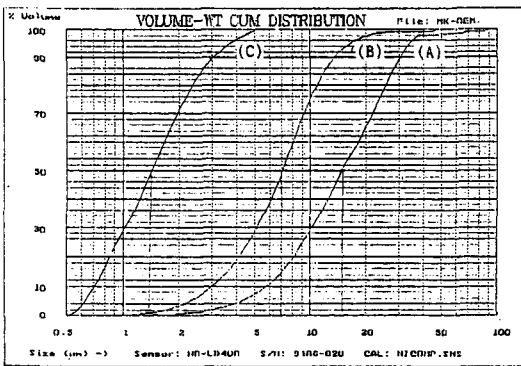
〈표 2〉에서 Meta kaolin과 Silica fume의 주성분은 SiO<sub>2</sub> 이며, 이 물질은 시멘트 수화시 생성되는 Ca(OH)<sub>2</sub> 성분과 반응하면서 C-S-H를 생성하고 시멘트의 강도 및 내구성 향상에 기여하는 물질로 작용하고 있다.

2) 입도분석

Meta kaolin과 Silica fume에 대한 입도분석을 〈그림 1〉에 나타내었다.

〈그림 1〉에서 알 수 있듯이 Silica fume이 가장 미세한 입도를 나타내고 있다. 이는 적정 첨가시 포졸란 반응성이 가장 활발하게 나타날 수 있다는 것을 예시하여 주고 있다.

5. 실험 및 고찰



〈그림 1〉 Meta kaolin과 Silica fume의 입도분석 (A) Cement (B) Meta kaolin (C) Silica fume

유동특성 부여로는 나프탈렌계 유동화제와 멜라민계 유동화제를 cement량에 1% 혼합첨가 사용하였고, 무수축특성을 위해 CSA계 팽창재를 cement량에 8% 치환첨가 사용하였다.

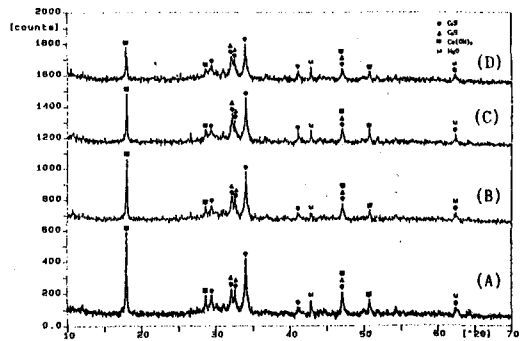
5-1 강도증진제 첨가량 변화에 따른 재령별 XRD 분석결과

1) Meta kaolin 첨가량 변화에 따른 재령별 XRD 분석결과

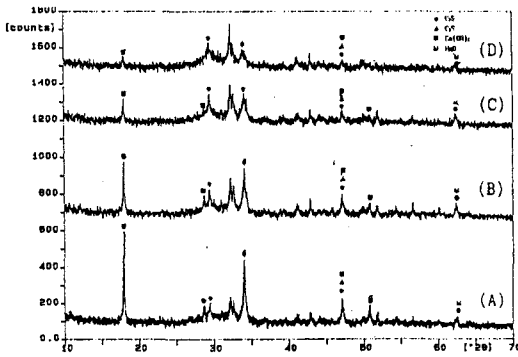
〈그림 2〉에서 알 수 있는바와 같이 재령 90일에 있어서 Meta kaolin 첨가량증가에 따른 포졸란반응 활성화로 Ca(OH)<sub>2</sub> 생성 peak가 감소함을 알 수 있었다.

2) Silica fume 첨가량 변화에 따른 재령별 XRD 분석결과

〈그림 3〉에서 알 수 있듯이 첨가량 증가 및 재령경과에 따라 Silica fume과 시멘트와의 포졸란반응의 활성화로 Ca(OH)<sub>2</sub>의 생성 peak가 점차 감소되고 있



〈그림 2〉 Meta kaolin 첨가량 변화에 따른 XRD분석결과(재령 90일) (A) Cement paste(plain) (B) Meta kaolin(M.K):C X 5% 치환첨가 (C) M.K : C X 10% 치환첨가 (D) M.K : C X 15% 치환첨가



〈그림 3〉 Silica fume 첨가량 변화에 따른 XRD 분석결과(재령 90일)  
 (A) Cement paste (plain) (B) Silica fume(S.F): CX 5% 치환첨가  
 (C) S.F: CX 10% 치환첨가 (D) S.F: CX 15% 치환첨가

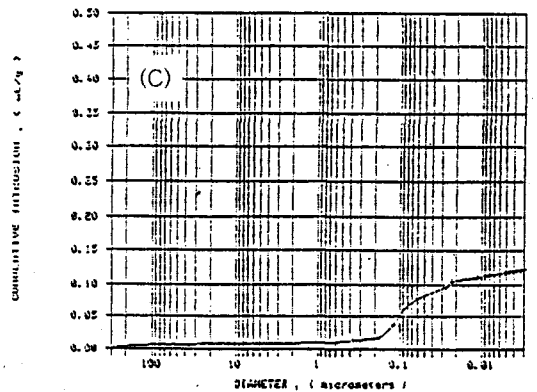
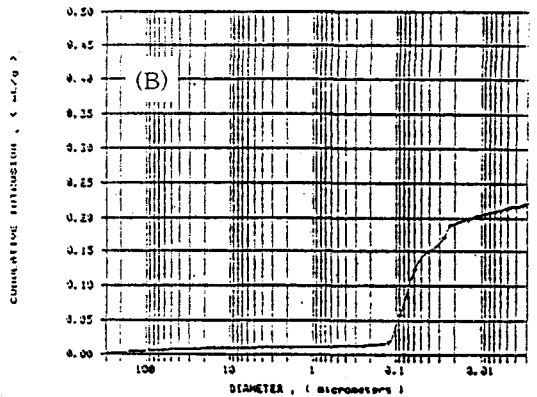
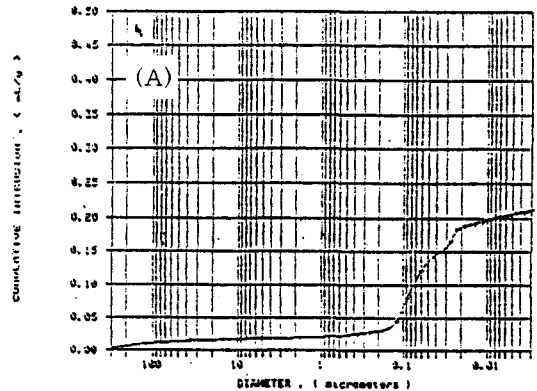
음을 알 수 있다. 이는 비정질  $\text{SiO}_2$ 와  $\text{Ca(OH)}_2$ 의 반응으로 C-S-H를 생성하기 때문이며 더우기 Silica fume은 초미립이기 때문에 Meta kaolin과 비교하여 90일 재령에 있어서는  $\text{Ca(OH)}_2$  peak가 거의 생성되지 않을 정도로 포졸란 반응이 진행되었음을 알 수 있었다. 이러한 특성으로 시멘트 경화체의 내구성 및 조직의 치밀도면에서  $\text{Ca(OH)}_2$ 가 상대적으로 많이 발생하는 보통 포틀랜드 시멘트보다 우수한 특성을 나타낸다.

5-2 강도증진재 첨가량 변화에 따른 재령별 기공율 시험

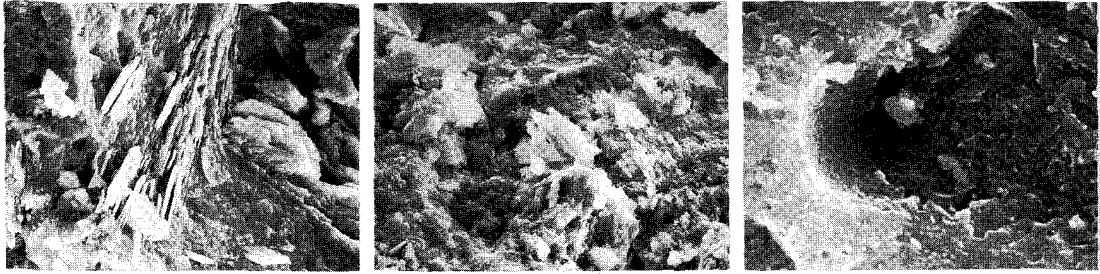
〈그림 4〉에서 알 수 있는바와같이 cement paste만 시험한 (A)의 경우 기공을 분포결과 100-10 $\mu\text{m}$ 사이의 거대기공이 존재함을 알 수 있었고, Meta kaolin 및 silica fume을 시멘트량에 10%치환첨가한 경우 포졸란반응의 활성화로 기공을분포에 있어서 적은 기공분포쪽으로 분포되어 있음을 알 수 있다.

5-3 강도증진재 첨가량 변화에 따른 SEM사진결과

〈그림 5〉의 SEM사진결과에서도 알 수 있듯이 Meta kaolin을 첨가한 경우 Meta kaolin과 시멘트 중의  $\text{Ca(OH)}_2$ 와의 반응으로 calcium silicates 및 aluminates를 생성시켜 시멘트수화물내의 기공을 감



〈그림 4〉 강도증진재 첨가량 변화에 따른 기공율 시험결과(재령 90일)  
 (A) Cement paste(plain) (B) Meta kaolin(M.K):CX 10% 치환첨가  
 (C) Silica fume : CX 10% 치환첨가



〈그림 5〉 강도증진재 첨가량변화에 따른 SEM사진결과(재령 90일)

소 및 충전성 증진으로 조직의 치밀도를 유도하여 강도증진을 꾀하고 있고, silica fume 또한 포졸란반응의 활성화로 조직의 치밀도를 유도하고 있다.

5-4 강도증진재 첨가량 변화에 따른 재령별 압축강도비 시험결과

Meta kaolin 및 Silica fume 첨가량 변화에 따른 재령별 압축강도비 시험결과로서 〈그림 6〉은 Meta kaolin 및 Silica fume 첨가량 변화에 따른 재령별 압축강도비이다.

〈그림 6〉에서 알수 있듯이 재령 90일 경과이후부터 첨가량 10%에서 강도증진효과가 가장 우수하게 나

타났다. 이는 Meta kaolin 및 Silica fume이 시멘트와 포졸란 반응이 가장 안정적으로 이루어져 경화체의 치밀도 증진 및 내구성 증진으로 강도 증진이 이루어졌으리라 생각된다.

6. 결 과

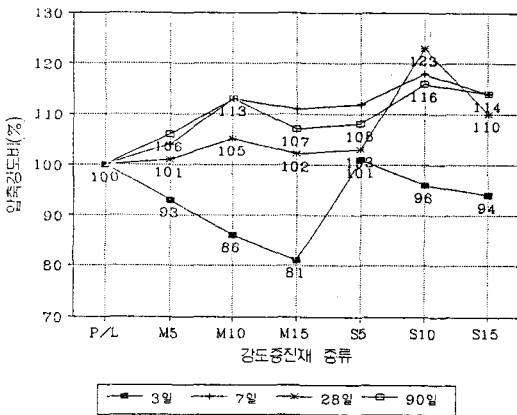
Cement paste를 이용한 무수축 고강도 Grout재에 대한 시험결과는 다음과 같다.

(1) 강도증진재료 Meta kaolin과 Silica fume을 사용한 XRD 분석결과 재령 90일에서 Meta kaolin과 Silica fume을 cement량에 10% 치환 첨가시 Ca(OH)<sub>2</sub>의 감소 peak가 가장 뚜렷하게 나타나고 있다.

(2) 강도증진재료 Meta kaolin과 Silica fume을 사용한 기공율시험결과 재령 90일에서 Meta kaolin과 Silica fume을 cement량에 10% 치환첨가시 적은 기공쪽으로 기공이 분포되어 있음을 확인할 수 있었다.

(3) SEM 사진결과 재령 90일에서 강도증진재료 Meta kaolin과 Silica fume을 cement량에 10% 치환첨가시 포졸란반응에 의한 C-S-H 수화물이 상당량 생성되어 있음을 알 수 있다.

(4) 압축강도비 결과, 재령 28일 및 90일에서 Meta kaolin과 Silica fume을 각각 cement량에 10% 치환첨가시 가장 높은 강도비를 나타내었다. 이는 포졸란반응에 의한 충전성 및 내구성 증진으로 생각된다.



〈그림 6〉 Meta kaolin 및 Silica fume 첨가량 변화에 따른 압축강도비