

# 석회석 미분말의 함유율 변화에 따른 고유동 모르터의 특성

## The Properties of High Flowing Cement Mortar with the Content of Limestone Grain

조 중 동\*    전 충 근\*\*    조 병 영\*\*\*    장 기 영\*\*\*\*    한 천 구\*\*\*\*\*  
Cho, Joong Dong    Jun, Chung Keun    Cho, Byung Young    Jang, Gi Young    Han, Cheon Goo

### ABSTRACT

In this paper, the application of limestone grain, which produced by being gathered electrically in the process of manufacturing of cement, to high fluidity concret are investigated. High fluidity mortar is used for this experiment. According to the experimental results, especially, high viscosity and the loss of air content are accomplished by applying limestone grain as the partial substitution of fine aggregates. In case of hardened mortar, high strength development at early age can be achieved by using limestone grain. But excessive dosage of limestone grain can cause high drying shrinkage.

### 1. 서 론

최근, 자원 고갈과 환경오염에 대한 관심이 집중되면서 산업폐기물이나 산업부산물을 건축재료로써 재활용하는 방안이 다각적으로 검토되고 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 산업부산물의 일종으로 시멘트의 제조과정중 원료의 분쇄공정에서 발생하는 비산분진을 전기집진기로 집진한 미세한 입자(EP-dust 혹은 Kiln dust라고 칭하는 경우도 있지만, 주성분이 석회석 미분말로서 본 연구에서는 석회석 미분말이라 칭함)를 분체계의 고유동 콘크리트에 적용하는 방안을 기초적으로 검토하고자 한다.

석회석 미분말은 분말도가 매우 크므로 고유동 범위의 콘크리트에서 점성확보에 의한 재료분리의 감소, 공극충진 효과에 의한 공기량 저감과 강도 증진 등으로 고유동 콘크리트의 품질을 크게 향상시킬 수 있을 것으로 추측된다.

그러므로 본 연구에서는 석회석 미분말을 잔골재의 치환율로 변화시켜 굳지 않은 모르터 및 경화 모르터의 제반 특성을 분석하여 궁극적으로 산업부산물로 발생하는 석회석 미분말을 효율적으로 재활용하는 방안에 한 참고자료로 제시하고자 한다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1 실험계획

석회석 미분말을 사용한 고유동 모르터의 특성 파악을 위한 본 연구의 실험계획은 표 1과 같다.

\* 정회원, 청주대 대학원, 석사과정  
\*\* 정회원, 청주대 대학원, 박사과정  
\*\*\* 정회원, 한국건설자재시험연구원, 청주대 대학원, 박사과정  
\*\*\*\* 정회원, 아세아시멘트공업(주), 이사  
\*\*\*\*\* 정회원, 청주대 건축공학과 교수, 공학박사

표 1. 배합 및 실험사항

배합사항										실험사항		
배합비	혼입율 (%)	W/C (%)	유동화제 사용량 (%/C)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	중량배합(kg/m <sup>3</sup> )			용적배합(ℓ/m <sup>3</sup> )			굳지 않은 모르터	경화 모르터
					단위시멘트량	석회석 미분말	강모래	단위시멘트량	석회석 미분말	강모래		
1:3	0	52	0 1.3	258	496	0	1488	157	0	575	· 슬럼프** · 슬럼프플로우** · 모르터플로우 · 공기량 · 단위용적중량 · 응결시간	· 압축강도 (1,3,7,28일) · 길이변화
	5				496	74	1415	158	28	546		
	10*				497	149	1342	158	56	518		
	15				497	224	1268	158	84	490		
	20				498	299	1195	158	112	462		
	30				498	449	1047	158	168	406		

\*는 고유동 모르터의 기준배합으로 설계한 석회석 미분말 혼입율임

\*\*는 고유동 모르터에만 적용함

먼저, 배합사항으로 모르터 배합비는 1:3에 대하여 W/C를 52%로 고정한다. 모르터의 종류를 고유동 및 보통 모르터의 2 수준으로 하고, 석회석 미분말의 치환율은 0~30%까지 6수준을 잔골재에 대한 혼입율로 실험계획 한다. 고유동 모르터의 목표 슬럼프 플로우는 석회석 미분말 혼입율 10%에서 600±100mm의 범위로 배합설계한 후, 각 모르터 배합에 동일하게 적용한다.

실험사항으로는 굳지 않은 모르터에서 모르터 플로우(고유동 모르터에서는 슬럼프 및 슬럼프 플로우 시험을 실시), 공기량, 단위용적중량 및 응결시간을 측정하는 것으로 하고, 경화 모르터에서는 재령 경과에 따른 압축강도와 길이변화를 실시하는 것으로 한다.

### 2.2 사용재료

본 연구의 사용재료로써 시멘트는 국내산 H사의 1종 보통포틀랜드 시멘트(비중: 3.15, 분말도: 3,415cm<sup>2</sup>/g)와 잔골재는 충북 청원군 부강면 미호천산 강모래(비중: 2.59, 조립율: 2.64)를 사용한다. 석회석 미분말의 화학성분은 표 2와 같고, 유동화제는 폴리칼본산계 유동화제이며, 물리적 성질은 표 3과 같다.

표 2. 석회석 미분말의 화학성분

성분	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	Na <sub>2</sub> O
합량(%)	35.66	11.06	4.13	1.44	43.80	1.42	0.30	1.02	0.18

\* 분말도: 8000~10000cm<sup>2</sup>/g, 비중: 2.67

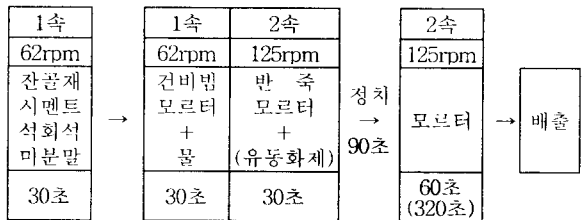
표 3. 유동화제의 물리적 성질

성상	색상	비중(20℃)	점도(mPas)	표준사용량(C×%)
액상	암갈색	1.050±0.050	15.0±5.0	0.5~3.0

### 2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 모르터의 혼합은 그림 1과 같이 유동화제의 효과를 충분히 나타낼 수 있도록 비빔시간을 연장하는 것으로 한다.

굳지 않은 모르터의 실험과 공시체의 제작 및 경화 모르터의 시험은 각각 KS 규정 및 기타 표준적인 시험방법에 의거 실시한다.



( )는 고유동 모르터에만 적용

그림 1. 모르터의 혼합방법

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1 굳지 않은 모르터의 특성

그림 2는 석회석 미분말 혼입율 변화에 따른 굳지 않은 모르터의 플로우, 공기량 및 단위용적중량

을 고유동 및 보통 모르터로 구분하여 나타낸 그래프이다.

먼저, 슬럼프 플로우 및 모르터 플로우의 특성으로 석회석 미분말을 혼입하지 않은 경우의 슬럼프 플로우는 점성부족으로 작게 나타났고, 모르터 플로우는 재료분리에 의한 시멘트 케이스트 유출로 플로우치가 약간 큰것으로 나타났으나 혼입율이 증가함에 따라 슬럼프 플로우 및 모르터 플로우는 공히 재료분리 감소에 의한 유동성 향상으로 플로우가 증가하다가 10%이상의 혼입율에서는 오히려 점성이 증가하여 유동성이 감소한 것으로 나타났다.

공기량의 경우는 석회석 미분말의 혼입율 10%까지는 급격하게 감소하다가 그 이상의 혼입율에서는 완만히 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 미세한 입자인 석회석 미분말의 공극충전 효과에 기인한 것으로 분석된다. 또한, 고유동 모르터의 공기량은 보통 모르터보다 크게 나타났는데 이는 유동화제의 AE제 성분의 영향인 것으로 사료된다.

단위용적중량은 석회석 미분말의 혼입율 증가에 따라 약간 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 공기량 분석에서와 같이 공극충전에 의한 공기량 감소에 기인된 결과로 판단된다.

그림 3은 시간경과에 따른 프록타시험의 관입저항치를 석회석 미분말의 혼입율별로 구분하여 나타낸 그래프이다. 전반적으로 석회석 미분말의 혼입율이 증가함에 따라 응결시간(초결 및 종결)이 크게 단축되는 것으로 나타났고, 보통 모르터에 비하여 고유동 모르터의 경우 200~550분 정도 지연되는 것으로 나타났다.

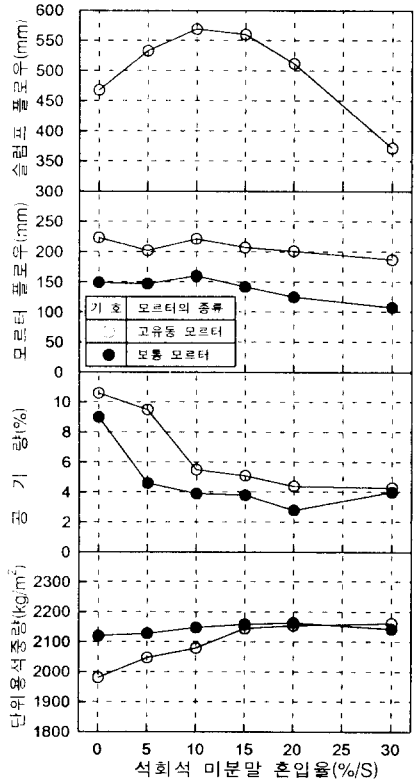


그림 2. 석회석 미분말의 혼입율 변화에 따른 굳지 않은 모르터의 특성

### 3.2 경화모르터의 특성

#### (1) 압축강도

그림 4는 석회석 미분말의 혼입율변화에 따른 압축강도를 각 재령별에 따라 구분하여 나타낸 그래프이다.

전반적으로 석회석 미분말을 혼입한 경우와 혼입하지 않은 경우의 강도차는 재령 3일에서 혼입율 0%에 대한 각 혼입율간

의 강도비는 보통 모르터의 경우 168~225%, 고유동 모르터의 경우 200~258%로 매우 크게 나타났고, 그 이후의 재령에서도 꾸준한 강도차를 나타내고 있는데, 이는 공기량 분석에서도 지적된 바와 같이 공극충전 효과에 의하여 강도가 크게 증가한 결과로 판단된다.

또한, 모르터 종류별로 재령경과에 따른 압축강도 증진 경향은 재령 3일에서 보통 모르터에 대한 고유동 모르터의 강도비는 109~132%로 초기재령에서 고유동 모르터가 약간 큰 것을 나타냈으나, 7일 이후의 재령에서는 보통 모르터와 유사한 경향으로 나타났다.

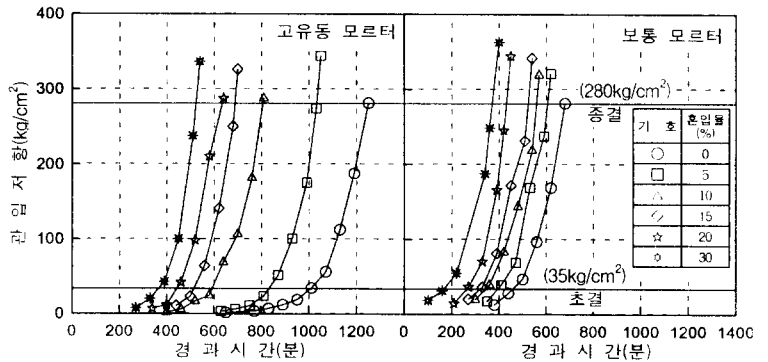


그림 3. 석회석 미분말의 혼입율 변화에 따른 응결시간

(2) 길이변화

그림 5는 모르터 종류 및 석회석 미분말의 혼입율별 재령 경과에 따른 모르터의 길이변화를 나타낸 그래프이다.

전반적으로 석회석 미분말의 혼입율이 증가할수록 수축이 커지는 경향으로 나타나, 석회석 미분말을 다량 혼입할 경우에는 건조수축 균열에 특히 유의해야 할 것으로 분석된다.

4. 결 론

석회석 미분말의 혼입율 변화에 따른 고유동 및 보통 모르터의 제반특성에 관한 실험연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 석회석 미분말의 혼입율이 증가하면 모르터 플로우는 작아지고 공기량은 급격히 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 석회석 미분말에 의한 점성증가와 공극충진 효과에 기인된 결과로 사료된다.

2) 응결시간은 석회석 미분말의 혼입율이 증가할수록 빨라지는 것으로 나타났는데, 단, 고유동 모르터의 경우는 보통 모르터보다 응결시간이 크게 지연되는 것으로 나타났다.

3) 경화 모르터의 강도특성은 석회석 미분말의 혼입율이 증가함에 따라 크게 나타났고, 고유동 및 보통 모르터 공히 초기재령에서 급격하게 강도가 증진되는 경향을 나타내고 있었다. 이는 공기량의 감소와 공극충진 효과에 기인된 결과로 사료된다.

4) 길이변화는 석회석 미분말의 혼입율이 증가할수록 건조수축에 기인하여 커지는 것으로 나타났다.

종합적으로 석회석 미분말을 잔골재에 대하여 적정량 혼입으로 고유동 모르터에 활용한 경우는 굳지 않은 모르터에서 매우 양호한 점성으로 유동성 향상과 공기량 저감효과를 얻을 수 있었으며, 경화 모르터에서는 높은 강도증진을 나타내었으나 건조수축은 크게 증가함에 해결해야 할 문제점으로 지적되었다.

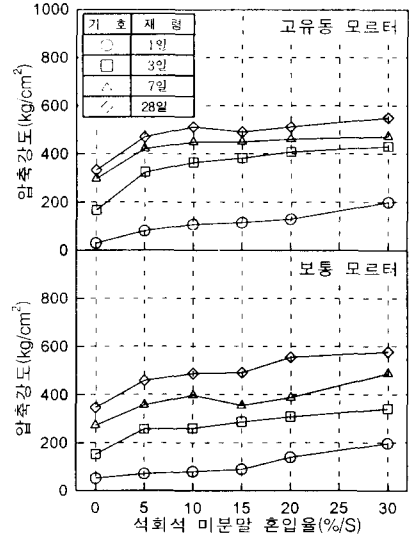


그림 4. 석회석 혼입율 변화에 따른 모르터의 재령별 압축강도

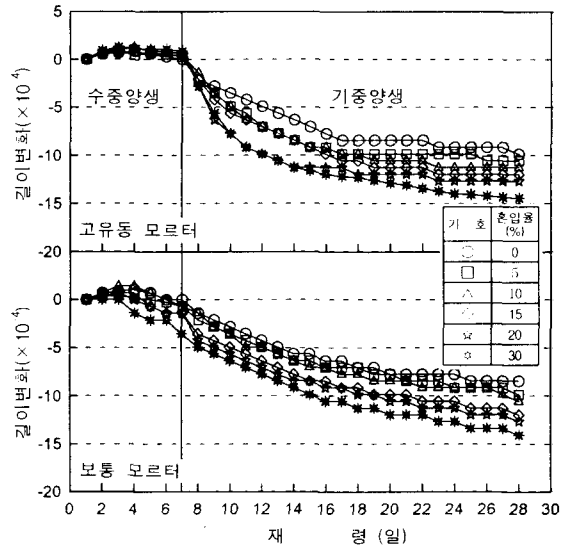


그림 5. 석회석 혼입율 변화에 따른 모르터의 길이변화

참 고 문 헌

1. 조중동, 조병영, 한민철, 장기영, 한천구 「EP-dust를 사용한 시멘트 모르터의 특성에 관한 기초적 연구」 한국콘크리트학회 학술발표 논문집, 제 10권 2호 p.p. 117~120 1998. 11
2. 社団法人 日本コンクリート工學協會; 石灰石微粉末研究委員會報告書, 石灰石微粉末の特性とコンクリートへの利用に關するシンポジウム