

# 모르타르의 조기강도 발현 특성에 미치는 혼화제 종류의 영향에 관한 연구

## A Study on the Influence of Kinds of Mineral Admixture on the Properties of Early-Strength Development of Mortar

김 성 수\*      최 세 진\*      정 용\*      이 성 연\*      김 동 석\*\*  
Kim, Sung Su      Choi, Se Jin      Jeong, Yong      Lee, Seong Yeun      Kim, Dong Seok

### ABSTRACT

In this study, we compared and analysed the early strength properties of mortar according to the kinds and replacement ratio of mineral admixture to select the kinds and replacement ratio of mineral admixture of high early strength concrete. For this purpose, mortar mixtures according to the kinds(FA, MK, ZR, BFS, DM) and replacement ratio(0, 2, 4% by volume of sand) of mineral admixture were selected.

From our test data, early-age compressive strength decreased in accordance with the increase of replacement ratio of fly-ash(FA) & blast furnace slag powder(BSF) and, in case of addition admixture, early-age compressive strength of with containing ZR & BFS appeared higher compared with containing other mineral admixture.

### 1. 서론

최근, 건설물량이 증가하고 있는 주상복합과 같은 초고층 건축물은 경제성 문제와 관계하여 건설공기의 단축이 매우 중요한 과제로 대두되고 있다<sup>1)</sup>. 현재 건설공기를 단축하기 위한 방법으로 시스템 거푸집의 활용, 조립철근의 배근 등이 강구되고 있지만, 콘크리트 자체의 초기 강도발현을 촉진하여 거푸집 탈형 시기를 단축하는 방법도 중요시되고 있다.

그러나 대부분의 실제 건설 현장에서는 경제성에 중점을 두어 플라이애시 및 고로슬래그미분말을 시멘트량에 대하여 일부 치환하여 사용함으로써 초기 강도에 불리하게 작용하고 있는 실정이다.

또한, 현재 국내 잔골재의 수급현황을 살펴보면 천연잔골재 자원의 고갈로 인하여 잔골재 공급의 어려움이 발생하고 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위하여 다양한 천연모래 대체재 중 경제성이 우수하고 생산이 용이한 부순모래가 가장 일반적으로 사용되고 있는 실정이다.

본 연구에서는 부순모래를 사용한 조기강도 콘크리트의 개발을 위한 연구의 일환으로 혼화제 종류 및 치환율에 따른 모르타르의 유동 특성 및 압축강도 특성을 검토하였다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1. 실험계획

본 연구의 실험계획을 나타낸 표 1에서 알 수 있듯이 모르타르 실험은 크게 I 및 II시리즈로 구분하여 설계기준강도 24MPa의 일반콘크리트 중 W/B비 50.9%, 단위수량 174Kg/m<sup>3</sup>의 콘크리트 배합에서 굵은골

\* 정희원, (주)삼표 기술연구소

\*\* 정희원, (주)대우건설 기술연구소

표 1 실험계획 및 측정항목

시리즈	Mix	W/B (%)	혼화재 치환율		목표 플로우 (mm)	외할치환		측정항목
			FA (%)	BFS (%)		혼화재	치환율 (%)	
I	FOB0	50.9	0	0	180±10	FA	0(Base)	· 플로우(mm) · 압축강도 (MPa) -18시간, 1, 2, 3, 7, 28일
						MK		
						ZR		
						BFS		
						DM		
II	F5B0	50.9	5	0	180±10	FA	0(Base)	
						MK		
						ZR		
						BFS		
						DM		

재를 제외한 배합에 대하여 실험을 실시하였으며, 모든 배합의 목표 플로우는 180±10mm로 선정하였다. 이때 부순모래의 치환율은 수 차례의 시험비밀과 기존 부순모래를 적용한 연구를 참고하여 압축강도가 가장 높게 발현하는 50%를 본 연구의 치환율로 선정하였다<sup>2)</sup>.

I 시리즈의 경우 시멘트만을 사용한 배합, II 시리즈의 경우 플라이애시 5%를 치환한 배합에 대하여 조기강도 발현을 위한 혼화재 선정 및 적정 치환율을 결정하기 위하여 단위수량 고정 후 5종류(FA, MK, ZR, BFS, DM)의 혼화재를 외할치환한 모르타르의 유동 및 압축강도 특성을 검토하였다.

2.2. 사용재료 및 실험방법

본 실험에 사용된 재료의 물리적 성질은 표 2와 같다. 표 2에서 알 수 있듯이 시멘트는 밀도가 3.15g/cm<sup>3</sup>이고 분말도가 3,466cm<sup>2</sup>/g인 1종 보통포틀랜드시멘트(OPC)를 사용하였으며, 사용된 혼화재는 플라이애시(FA), 메타카올린(MK), 제올라이트(ZR), 고로슬래그미분말(BFS) 및 규조토(DM) 등 5종류로 각각의 물리적 특성은 표와 같다.

잔골재로는 밀도 2.61g/cm<sup>3</sup> 및 조립률 2.77인 세척사와 밀도 2.63g/cm<sup>3</sup> 및 조립률 2.86인 부순모래를 사용하였으며, 사용된 혼합사의 입도분포곡선은 그림 1과 같다. 세척사와 부순모래의 경우 모두 표준입도분포 범위를 만족하였으며, 이러한 세척사 및 부순모래를 50 : 50으로 혼합한 혼합사의 경우 대체로 표준입도곡선의 중간에 위치하는 분포를 나타냈다.

모르타르 배합은 모르타르용 믹서를 사용하여 믹싱 후 목표플로우를 만족하는 배합에 대하여 50×50×50mm의 공시체를 제작하여 양생온도 23±2℃에서 수중양생을 실시한 후 재령 18시간, 1, 2, 3, 7 및 28일 압축강도 실험을 실시하였다.

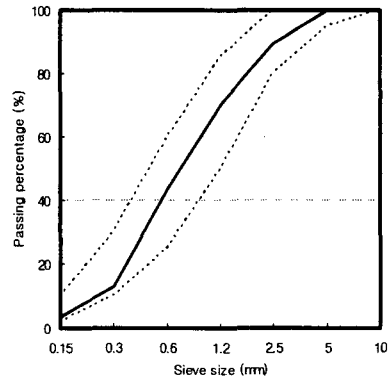


그림 1 혼합사의 입도분포곡선

표 2 사용재료의 물리적 성질

Types Items	OPC	FA	MK	ZR	BFS	DM	세척사	부순모래
밀도(g/cm <sup>3</sup> )	3.15	2.25	2.53	2.18	2.89	2.33	2.61	2.63
분말도(cm <sup>2</sup> /g)	3,466	4,478	12,110	5,833	4,668	2,153	-	-

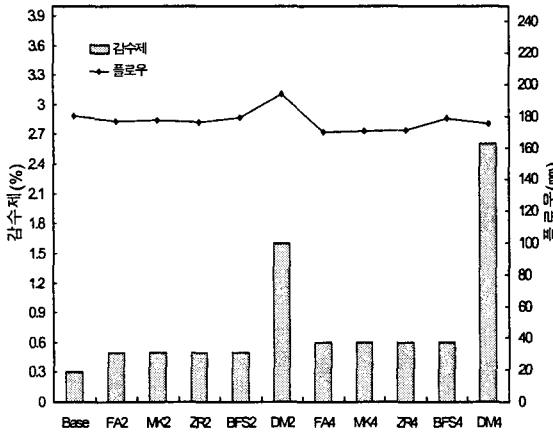


그림 2 I 시리즈 유동특성

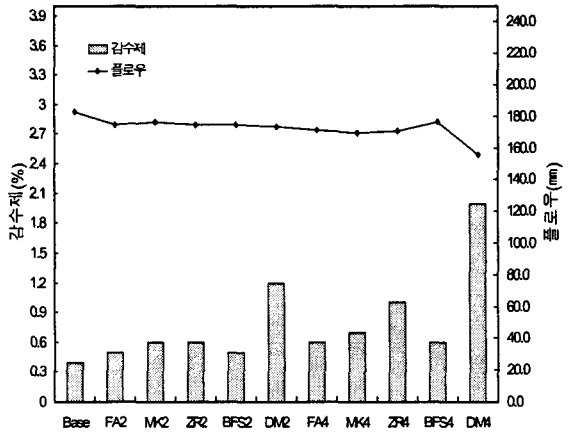


그림 3 II 시리즈 유동특성

### 3. 실험결과 및 검토

#### 3.1 모르타르 유동특성

그림 2는 I 시리즈의 외할치환에 따른 감수제 첨가량을 나타낸 것으로 OPC만을 사용한 무치환의 경우 180±10mm의 목표플로우를 만족시키기 위한 감수제 첨가량은 0.3% 였으나 혼화재(FA, MK, ZR, BFS, DM)를 2 및 4%로 외할치환함에 따라 감수제 첨가량은 조금씩 증가하는 것을 알 수 있었다. 감수제 첨가량은 OPC만을 사용한 경우와 비교하여 DM을 제외한 4종류 혼화재에서 비슷하게 증가하였으나 DM을 외할치환 할 경우 감수제 첨가량은 5~8배 정도 크게 증가하는 것으로 나타났다.

이러한 원인은 DM의 경우 공극이 많이 존재하는 다공성 물질로 모르타르 배합시 배합수 및 감수제를 흡착했기 때문으로 판단된다. 따라서 DM을 외할치환 할 경우 과도한 감수제 사용으로 인한 초기 압축강도 및 제령 28일 압축강도 발현이 크게 저하될 것으로 판단된다.

그림 3은 II 시리즈의 OPC에 대한 FA 5% 치환에 대하여 혼화재를 외할치환에 따른 감수제 첨가량을 나타낸 것이다. 목표플로우를 만족시키기 위한 감수제 첨가량은 FA 5%를 치환함에 따라 조금 더 증가하는 것을 알 수 있었으며, 이러한 원인은 FA를 치환함에 따라 FA중의 미연소탄소가 일부 감수제를 흡착하였기 때문으로 판단된다.

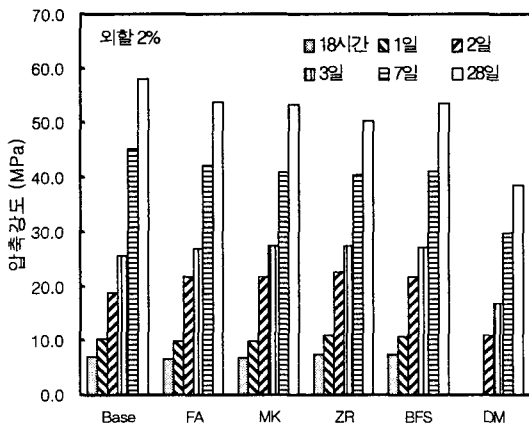


그림 4 I 시리즈 압축강도-외할2%

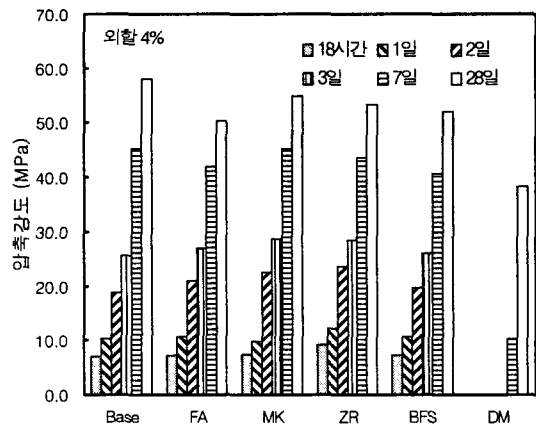


그림 5 I 시리즈 압축강도-외할4%

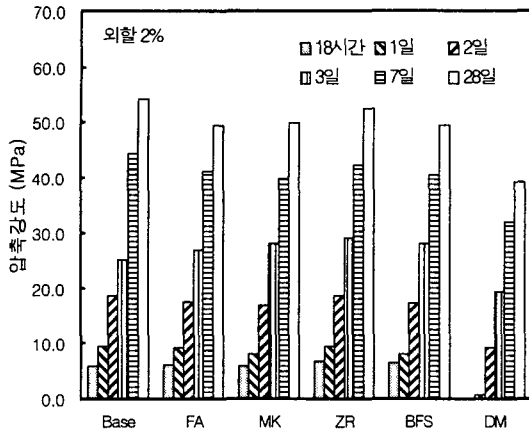


그림 6 II시리즈 압축강도-외할2%

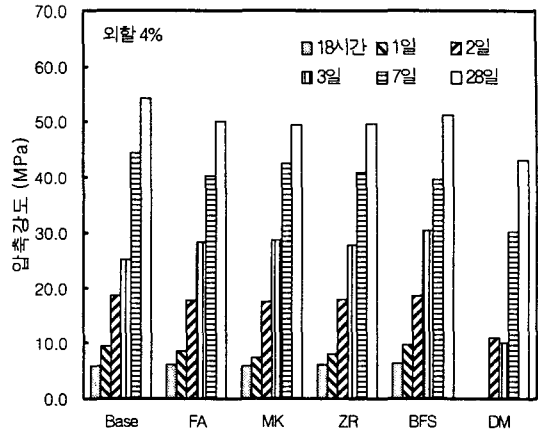


그림 7 II시리즈 압축강도-외할4%

### 3.2 모르타르 압축강도

그림 4 및 5는 I시리즈의 OPC만을 사용한 배합에 혼화재를 외할치환한 모르타르의 압축강도 측정 결과를 나타낸 것이다. 그림 4에서 알 수 있듯이 외할치환 2%의 18시간의 압축강도는 OPC만을 사용한 경우의 7.1MPa보다 ZR 및 BFS를 외할치환한 경우 모두 7.5MPa로 더 크게 나타났다. 재령 3일까지는 ZR 및 BFS를 외할치환한 배합의 압축강도가 더 크게 나타났으나 재령 28일 압축강도의 경우 OPC만을 사용한 모르타르의 압축강도가 가장 크게 나타났다.

외할치환 4%의 경우는 DM을 제외한 모든 배합에서 18시간 압축강도가 OPC만을 사용한 것에 비하여 크게 나타났으며, 특히 ZR을 외할치환한 배합이 가장 큰 압축강도 발현을 나타내었다. DM의 경우 재령 3일까지 탈형이 불가능하였는데 이는 유동성을 확보하기 위한 감수제의 과다 첨가로 인한 응결지연의 영향 때문으로 판단된다. 또한, 초기 압축강도는 DM을 제외한 배합에서 외할치환 4%가 외할치환 2%에 비하여 크게 나타났다.

그림 6 및 7는 II시리즈의 OPC에 대한 FA 5% 치환에 혼화재를 외할치환한 압축강도 측정 결과를 나타낸 것으로 FA 5%를 치환한 경우 I시리즈의 OPC만을 사용한 배합에 비하여 초기 및 재령 28일 압축강도가 낮게 나타났다. FA 5%에 혼화재를 2 및 4%로 외할치환한 경우 FA 5%만을 치환한 경우에 비하여 압축강도 발현이 저하되는 경향을 나타냈으며, 이러한 원인은 혼화재 외할치환에 따른 동일 유동성을 확보를 위한 감수제 첨가량의 증가 때문으로 판단된다.

### 4. 결론

- (1) 혼화재를 외할치환함에 따라 감수제 첨가량은 점차 증가하는 경향을 나타내었으며, 첨가량 증가는 2%에 비하여 4% 외할치환의 경우가 더 크게 나타났다.
- (2) OPC만을 사용한 배합의 압축강도에 비하여 혼화재를 2 및 4%로 외할치환함에 따라 초기 압축강도가 증가하였으며, ZR 및 BFS 외할치환의 경우가 가장 큰 압축강도 발현을 나타내었다.

### 참고문헌

1. 오성진, 유석형, 신성우, 이보형, 지석원, “콘크리트 강도증진에 따른 거꾸집 존치기간 단축효과에 관한 연구,” 대한건축학회 학술발표논문집, 제 22권 2호, 2002.10
2. 박종호, 이의배, 최세진, 이성연, 김규용, 김무한, “부순모래 대체율에 따른 콘크리트의 공학적 특성에 관한 실험적 연구,” 한국콘크리트학회 학술발표논문집, 제 17권 2호, pp739~742, 2005.11