

# 현장 적용을 위한 3성분계 콘크리트의 조기강도 특성

## The Properties of Early Strength of Concrete Containing Slag and Fly-ash for In-situ Application

정철희\*      김경민\*      이진우\*      배연기\*\*      이재삼\*\*\*  
Jung Chul-Hee      Kim Kyoung-Min      Lee Jin-Woo      Bae Yeon Ki      Lee Jae-Sam

### ABSTRACT

This study was performed to evaluate the characteristics which are slump, air content and time of set in fresh concrete and compressive strength of hardened concrete containing slag powder and fly-ash. Replacement rate of FA is fixed on 10% and replacement rate of slag powder are 0%, 20% and 30%. Also AE water-reducing agents(standard type, accelerating type) are used.

The results were as follows. (1)Slump flow of concrete using AE water-reducing agents is similar. Flowability is increased when replacement rate of slag powder is increased due to slag powder's ball bearing reaction.(2)Time of set of concrete using accelerating type agent is more faster than that of concrete using standard type agent because of ettringite generation that promote setting.(3)Early strength of three-component concrete using accelerating type agent is higher than that using standard type agent. Therefore cumulative pore is reduced due to ettringite

### 1. 서론

기존의 3성분계 콘크리트에 관한 연구는 상승하는 레미콘의 제조단가를 절하하기 위해 이루어져왔다. 하지만 최근에는 3성분계 콘크리트에 혼입되는 잠재수경성을 가진 고로슬래그미분말과 포졸란반응을 하는 플라이애시의 우수한 내구성능으로 인하여 레미콘의 품질 향상 측면에서 많은 연구가 진행 중에 있다. 특히 해양 콘크리트 구조물이 증가하고 있는 가운데 해수에 대한 저항성이 우수한 혼화재료를 사용한 3성분계 콘크리트 연구가 많은 주목을 받고 있다. 하지만 이러한 3성분계 콘크리트를 사용하였을 경우에 현장 공기 단축에 크게 영향을 미치는 거푸집 탈형 속도와 관련된 초기재령에서의 압축강도 발현이 상대적으로 저하될 가능성이 높은 것으로 보고되고 있다. 따라서 본 연구에서는 플라이애시와 고로슬래그 미분말을 혼합한 3성분계 콘크리트를 현장에 적용시키기 위해 일반강도인 21~27MPa인 콘크리트를 대상으로 AE감수제 표준형과 촉진형을 사용함으로써 콘크리트의 경시변화에 따른 슬럼프 유지 성능 및 조기강도발현 특성을 검토하는데 그 목적이 있다.

\* 정희원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 전임연구원

\*\* 정희원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 과장

\*\*\* 정희원, 두산산업개발(주) RC연구개발팀 팀장

## 2. 실험개요

### 2.1 실험계획

본 실험은 표 1과 같고 배합사항은 표 2와 같다. 실험요인으로는 강도 규격 3수준(21, 24, 27MPa)에 목표 슬럼프 15±2.5, 목표 공기량 4.5±1.5%, 고로슬래그미분말을 3수준(0, 20, 30%)으로 치환하여 플레인 배합을 정하고 혼화제 종류(표준형, 촉진형)에 따라 18배치를 배합계획하였다. 실험사항으로는 굳지 않은 콘크리트에서 슬럼프, 공기량, 응결시간 시험을 실시하였고, 경화콘크리트에서는 재령별(1.5, 3, 7, 28일) 압축강도를 측정하였다.

표 1. 실험계획

실험요인		실험수준	
배합사항	규격(MPa)	3	21, 27, 27
	목표슬럼프(cm)	1	15±2.5
	목표공기량(%)	1	4.5±1.5
	혼화제 종류	2	AE감수제 표준형, 촉진형
	BS(%)	3	0, 20, 30
실험사항	굳지않은콘크리트	3	슬럼프, 공기량, 응결시간
	경화 콘크리트	1	압축강도(1.5, 3, 7, 28일)

표 2. 콘크리트 배합표

Types	Items		G <sub>max</sub> (mm)	Slump (cm)	Air (%)	W/B (%)	S/a (%)	AD (%)	Unit Weight (kg/m <sup>3</sup> )												
	FA	BS0%							W	C	F.A	B.S	S	G	AD						
A (25-21-15)	10%	BS0%	25	15±2	4.5±1.5	54.2	49.0	0.5	176	283	42	-	881	926	1.63						
		BS20%							176	227	33	65	881	926							
		BS30%							176	194	33	98	881	926							
B (25-24-15)	10%	BS0%				25	15±2	4.5±1.5	49.3	48.1	0.6	174	307	46	-	855	934	2.12			
		BS20%										174	247	35	71	855	934				
		BS30%										174	212	35	106	855	934				
C 25-27-15	10%	BS0%							25	15±2	4.5±1.5	45.9	47.4	0.7	173	328	49	-	835	936	2.64
		BS20%													173	264	38	75	835	936	
		BS30%													173	226	38	113	835	936	

### 2.2 실험재료

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 H사의 보통포틀랜드시멘트(NPC)를 사용하였으며 혼화재료로는 보령산 플라이애시와 V사의 고로슬래그미분말을 사용하였다. 플라이애시와 고로슬래그미분말의 화학성분 및 물리적 성질은 표 3에 나타내었다. 잔골재로서는 인천산 세척사, 굵은골재는 최대크기 25mm의 부순골재를 사용하였으며 혼화제로는 AE감수제 표준형과 촉진형을 사용하였다.

표 3. 혼화재의 화학성분 및 물리적 성질

구분	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 (%)	Specific Gravity	Surface Area(cm <sup>2</sup> /g)
고로슬래그 미분말	26.16	8.42	2.20	47.50	6.51	2.55	0.62	2.85	4,635
플라이애시	57.41	28.99	6.46	7.92	1.44	0.09	5.09	2.20	3,569

### 2.2 실험방법

굳지않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프시험(KS F 2402), 공기량시험(KS F 2421), 관입저항침에 의한 콘크리트의 응결시간(KS F 2436) 및 경과시간에 따른 슬럼프 손실값을 측정하였다. 또한 경화된 콘크리트의 시험으로서 압축강도 시험은 KS F 2405에 따라 초기재령별(1.5일, 3일, 7일, 28일) 압축강도를

측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

##### (1) 슬럼프 및 공기량

그림 1은 압축강도별 혼화제 종류 및 고로슬래그 미분말 치환율에 따른 슬럼프 결과를 나타낸 것이다. 본 실험은 현장에 적용을 목적으로한 실험으로써, 현장 도착시간을 고려하여 60분 경과후의 슬럼프를 목표로 하였다. 먼저 AE감수제 표준형 및 촉진형을 비교해볼 때, 경과시간에 따른 슬럼프는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한, 고로슬래그 미분말 치환율이 증가할수록 유동성은 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 고로슬래그 미분말의 둥근입형에 의한 볼베어링작용에 기인한 것으로 사료된다.

또한, 공기량은 목표로 하였던  $4.5 \pm 1.5\%$ 의 범위를 모두 만족하는 것으로 나타났다.

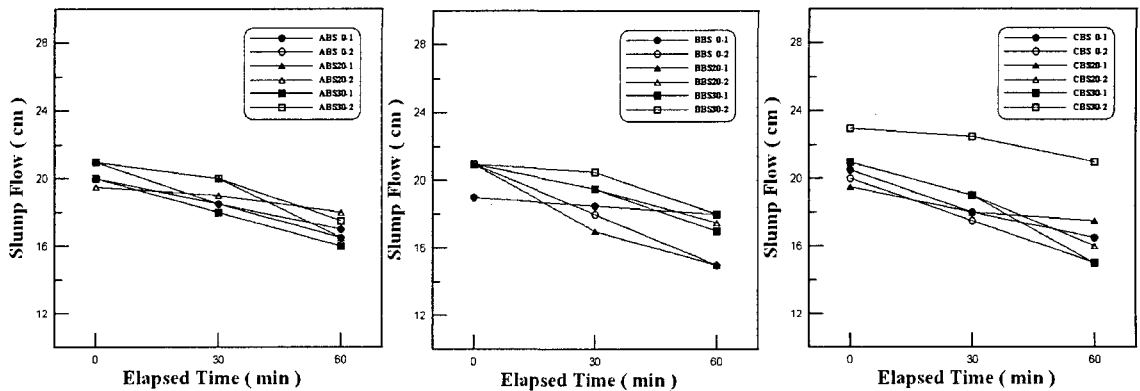


그림 1. 경과시간에 따른 슬럼프

##### (2) 응결특성

그림 2는 압축강도별 혼화제 종류 및 고로슬래그 미분말 치환율에 따른 응결시간을 나타낸 것이다. 먼저, AE감수제 촉진형을 사용한 경우 플레인과 비교해 볼때 약 35분~90분 정도 응결이 촉진되는 것으로 나타났는데, 이는 촉진형속의 유기염기 유도체가 시멘트와 반응하여 초기 수화반응시 에트링가이트를 다량 생성함으로써 응결을 촉진하는 것으로 사료된다. 또한 고로슬래그미분말의 치환율이 증가할수록 응결시간이 조금씩 지연되는 걸 볼 수 있는데 이는 포졸란 재료가 시멘트의 대체재로 사용되는 경우 응결이 지연되는 것으로 고찰한다.

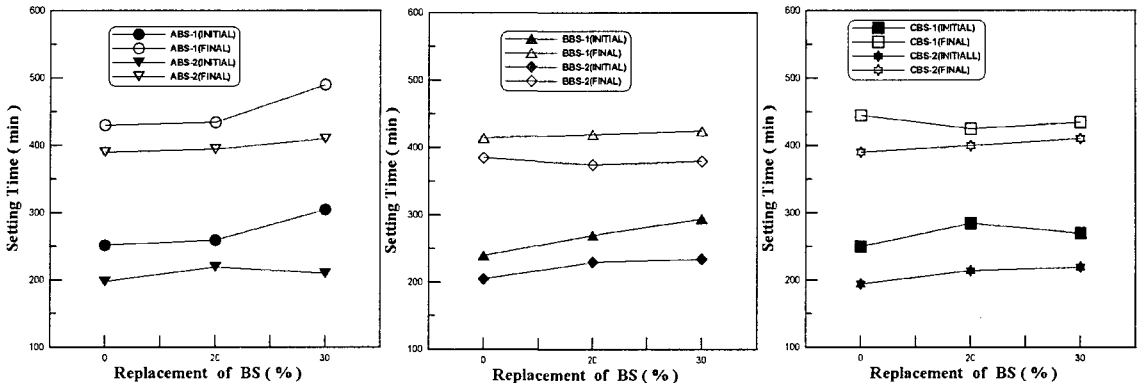


그림 2 혼화제 종류에 따른 응결시간

### 3.2 경화한 콘크리트의 특성

#### (1) 압축강도

그림 3은 고로슬래그미분말의 치환율 및 혼화제의 종류에 따른 압축강도를 재령별로 나타내고 있다. 먼저 축진형을 사용한 콘크리트의 초기 강도가 표준형을 사용한 플레인에 비해 1.3~4.2MPa 정도 높은 결과를 보이고 있다. 이는 위에서 언급한 것처럼 유기염기 유도체가 시멘트와 반응하여 초기 수화반응시 에트링가이트를 다량 생성함으로써 누적기공률이 적어져서 초기강도 증진에 기여한 것으로 판단된다. 또한 고로슬래그 미분말의 양이 증가함에 따라 생기는 강도 경향은 특별히 보이지 않고 있다. 하지만 포졸란재료의 잠재수경성으로 인한 장기강도의 축진이 요구되어진다. 마지막으로 3성분계 콘크리트를 현장에 적용하기 위해 검토한 초기강도 문제는 AE감수제의 축진형을 사용함으로써 충분히 해결 할 수 있을 것이라 사료된다.

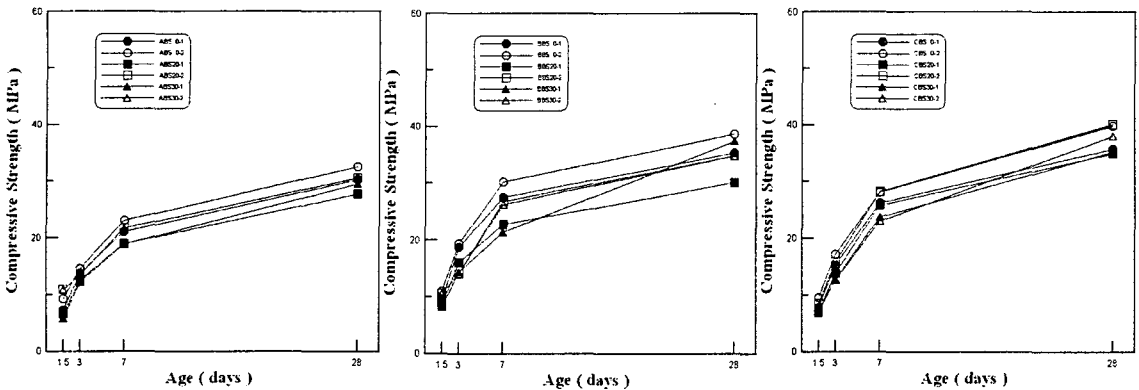


그림 3. 혼화제 종류에 따른 압축강도

#### 4. 결론

(1) 축진형을 사용한 콘크리트의 슬럼프는 플레인에 비해 큰 차이가 없었고 고로슬래그미분말의 치환율이 증가함에 따라 미분말의 볼베어링 작용으로 인한 유동성이 증가하였다. 또한, 공기량은 목표로 하였던  $4.5 \pm 1.5\%$ 의 범위를 모두 만족하는 것으로 나타났다.

(2) 축진형을 사용한 경우 플레인과 비교해 불베 약 35분~90분 정도 응결이 촉진되는 것으로 나타났는데, 이는 축진형 속의 유기염기 유도체가 시멘트와 반응하여 초기 수화반응시 에트링가이트를 다량 생성함으로써 응결을 촉진하는 것으로 사료된다.

(3) 축진형을 사용한 콘크리트의 초기 강도가 표준형을 사용한 플레인에 비해 1.3~4.2MPa 정도 높은 결과를 보였다. 이는 대량생산된 에트링가이트로 인해 누적기공률이 적어져서 초기강도 증진에 기여한 것으로 판단된다. 따라서 3성분계 콘크리트를 현장에 적용하기 위해 검토했던 초기재령에서의 낮은 강도발현으로 인한 문제는 AE감수제의 축진형을 사용함으로써 충분히 확보 할 수 있을거라 사료된다. 또한 3성분계 혼합 콘크리트의 내구성능에 대한 평가(해수에 대한 저항성)가 추후 이루어져야 한다는 결론을 지었다.

#### 참고문헌

1. 박찬규의 2인, "결합재 종류에 따른 응결과 수화발열 특성", 한국콘크리트학회 2002년도 가을학술 발표논문집 제14권 2호, pp. 369~374, 2002.
2. 콘크리트 혼화재료, 한국콘크리트학회.
3. 황인성의 5인, "콘크리트의 초기 강도발현에 미치는 혼화제의 영향", 콘크리트학회춘계학술발표 논문집, 제15권 1호, pp. 741~744, 2003. 5.