

고로슬래그 미분말 치환율에 따른 콘크리트 물성검토

박정순* 윤용식 권순욱 이상배

1. 서론

고로슬래그는 고로에서 선철을 만들 때 부산물로 나오는 것으로 냉각방식에 따라 급냉슬래그, 반급냉슬래그 및 서냉슬래그로 분류할 수 있다. 이 중에 급냉슬래그는 용융상태의 고온인 슬래그를 물·공기 등에 의해서 급냉하여 유리화한 것이기 때문에 반응성이 높아 고로슬래그 시멘트로 사용하거나 콘크리트 배합시 혼합재로 사용하고 있다.

따라서 고로슬래그를 사용한 콘크리트가 OPC만들 사용한 콘크리트에 비해 다음과 같은 우수한 성질을 얻을 수 있다.

- 1) 수화발열속도의 저감으로 인한 콘크리트 단열온도 상승 억제
- 2) 보통 콘크리트에 비해 장기강도의 향상
- 3) 수밀성 향상
- 4) 염화물 침투억제
- 5) 황산염이나 해수 등에 대한 화학저항성 향상
- 6) 알카리골재반응의 억제 등의 효과가 있다. 그러나 고로슬래그 사용량 증대 및 주변여건 변동에 따라 콘크리트내의 수화반응의 속도가 느려져 초기강도가 늦게 발현되므로 工期연장 등의 문제점이 발생될 소지가 있다.

본 보고는 고로슬래그의 사용량을 단위결합재량 대비 0~40%범위에서 치환하여 대기온도 변화에 따른 콘크리트 물성검토와 사용량 증대에 따라 초기강도 하락에 대한 개선방안을 제시할 목적으로 진행된 실험적 연구이다.

2. 사용재료

본 연구에 사용된 각각의 재료에 대한 물리·화학적 특성은 아래 표1, 2, 3과 같다.

표 1. 결합재에 대한 물리·화학적 성질

구분	화학 성분(%)							물리적 성분	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Ig-Loss	비중	비표면적 (cm ² /g)
보통 시멘트	20.9	5.11	3.23	62.3	2.42	2.44	1.45	3.14	3320
1종 고로슬래그	33.22	14.59	0.33	43.74	4.64	2.42	1.02	2.92	4448

표 2. 골재의 물리적 성질

비중	흡수율 (%)	단위용중 (kg/m ³)	조립율	실적율 (%)	비고
2.56	1.8	1651	2.95	64.5	강모래
2.65	0.8	1553	6.49	58.6	25mm 채석

표 3. 혼화제의 물리적 성질

구분	적정사용량 (B×%)	색상	비중	pH	고형분 (%)
고성능AE감수제	0.6% Type	암갈색	1.22	7.08	40.5

3. 실험내용

3.1 대기온도변화에 따른 고로슬래그 사용한 콘크리트의 특성

3.1.1 실험배합비

본 실험에 사용된 실험배합비는 W/B와 S/a를 각각 55%와 48.5%로 고정하고 고로슬래그를 단위결합재량 대비 0~40%까지 치환첨가하고, 이를 대기온도 10, 20, 30℃ 별로 콘크리트의 특성을 파악하고자 하였다.

표 4. 고로슬래그 사용량에 따른 실험배합비

W/B (%)	S/a (%)	B총량 (kg/m ³)	Slag 첨가량 (B×%)	단위재료량(kg/m ³)						비고
				W	C	Slag	S	G	AD (0.6%Type)	
55	48.5	331	0	182	331	-	848	932	1.99	Plain
			10	"	298	33	"	"	"	
			20	"	265	66	"	"	"	
			30	"	232	99	"	"	"	
			40	"	199	132	"	"	"	

3.1.2 실험결과

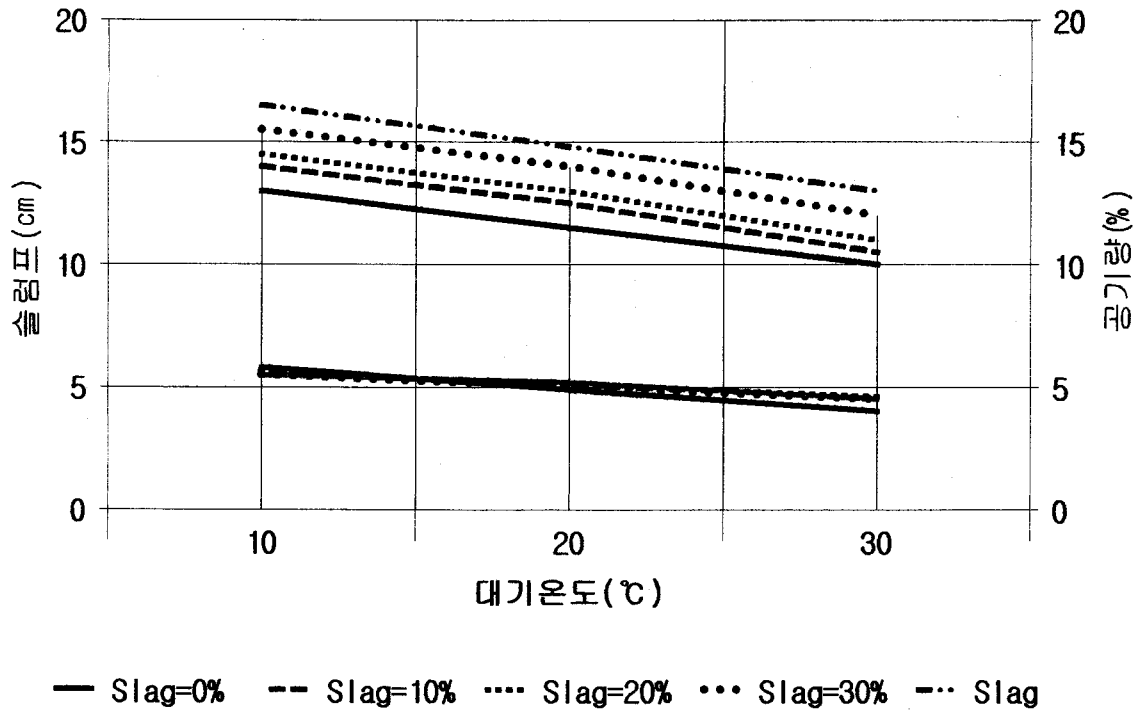


그림 1. 대기온도 변화에 따른 굳지않은 콘크리트의 물성(W/B=55%)

그림1의 결과에서 알 수 있듯이 슬럼프는 대기온도가 10°C정도 변화함에 따라 1.5~2.0cm정도 증감하는 경향을 보인다. 또한 고로슬래그의 사용량이 10% 증가할수록 약 0.5~1cm씩 슬럼프가 비례적으로 증가한다. 공기량은 고로슬래그의 사용량에 따라 특이한 경향은 없으나, 대기온도가 높아질수록 감소한다.

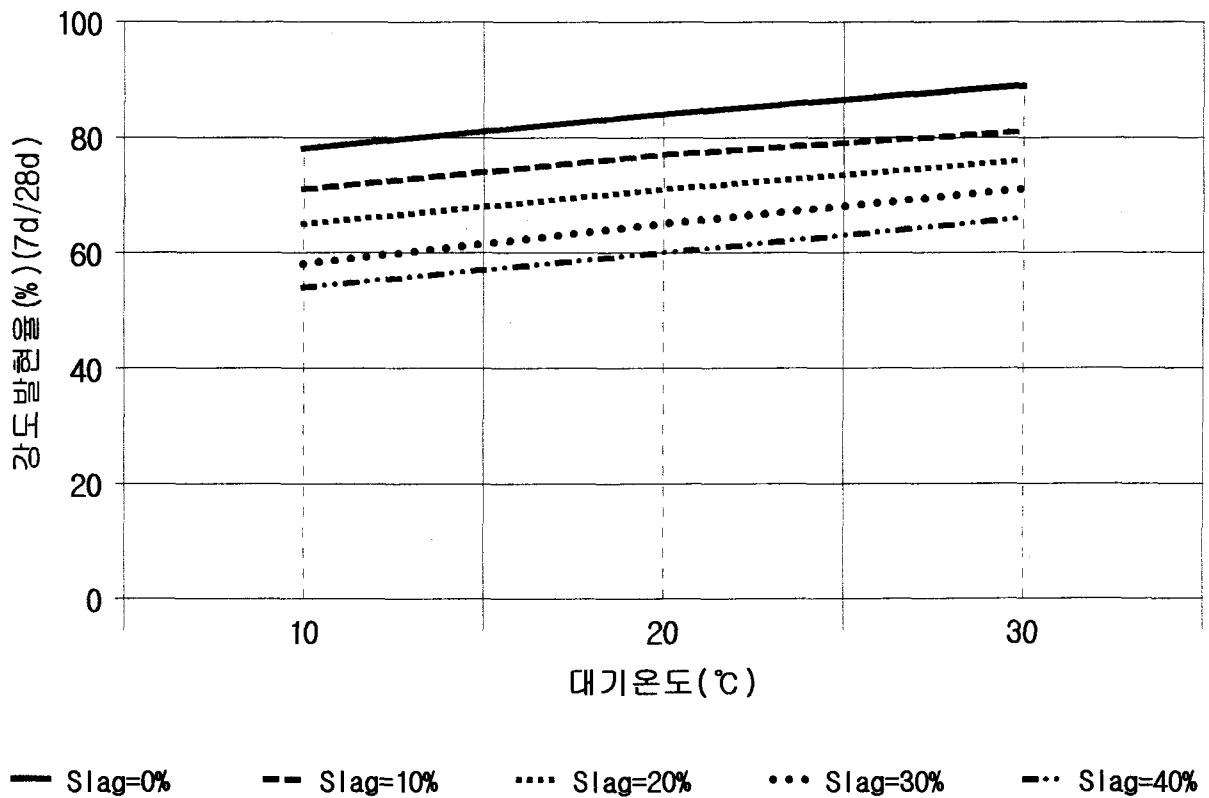


그림 2. 대기온도에 따른 초기강도 발현율(7d/28d)

그림2의 결과에서 알 수 있듯이 대기온도가 낮아지거나, 사용량이 증가할수록 초기강도 발현율(7d/28d)이 감소되는 경향을 알 수 있다. 즉 고로슬래그 사용량은 대기온도 변화에 따라 사용량이 탄력적으로 변동해야 초기강도 하락을 방지할 수 있을 것으로 사료된다.

3.2 고로슬래그 사용량 증가에 따른 초기강도 개선방안

고로슬래그는 그 자체가 수경성이 없고 시멘트의 수화생성물인 수산화칼슘과 같은 알카리의 자극에 의해서 서서히 반응하는 잠재수경성이다. 따라서 이를 콘크리트에 사용할 경우에는 초기강도가 낮아 거푸집 존치기간 및 기타 工事진행이 지연되기 때문에 단순하게 치환첨가하는 방안으로는 매우 어렵다. 본 고에서는 고로슬래그 사용량 증가에 따른 초기강도 하락에 대한 개선방안으로 W/B비, 단위결합재량, 단위수량 등 배합설계조건을 변경하여 초기강도를 개선시킬 수 있는 2Type를 선정하여 Plain콘크리트(Slag = 20%)와 비교검토 하였다.

3.2.1 실험배합비

표 5. 실험배합비

Type	W/B (%)	B총량 (kg/m ³)	Slag 첨가량 (B×%)	단위재료량(kg/m ³)						비 고
				W	C	Slag	S	G	AD	
Plain	55.0	331	20	182	265	66	848	932	1.99	
I	51.0	356	40	182	214	142	855	903	2.14	W = 고정 B = 25kg ↑
II	49.8	347	40	173	208	139	870	919	2.08	W = 9kg ↓ B = 16kg ↑

주) I Type : Plain배합에서 단위수량은 고정하고 단위결합재량을 상향조정하여 W/B를 낮추어 초기강도를 개선하는 방안임.

II Type : 슬래그 사용량 증가에 따른 슬럼프 증진효과를 이용하여 단위수량을 저감시키고 단위결합재량도 상향조정하여 W/B를 낮춘 배합 방안임.

3.2.2 실험결과

표 6. 실험결과

Type	W/B (%)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	압축강도(kgf/cm ²) / 강도비(%)				비고	
				7d	14d	21d	28d		
Plain	55.0	15.0	4.8	160	217	250	271		
개선방안	I	51.0	18.0	5.2	152 / 95	217 / 100	273 / 109	299 / 110	W = 고정 B = 25kg ↑
	II	49.8	17.5	5.7	156 / 98	225 / 104	272 / 109	292 / 108	W = 9kg ↓ B = 16kg ↑

주) * 강도비(%) = $\frac{\text{개선방안(Type)}}{\text{Plain}} \times 100$

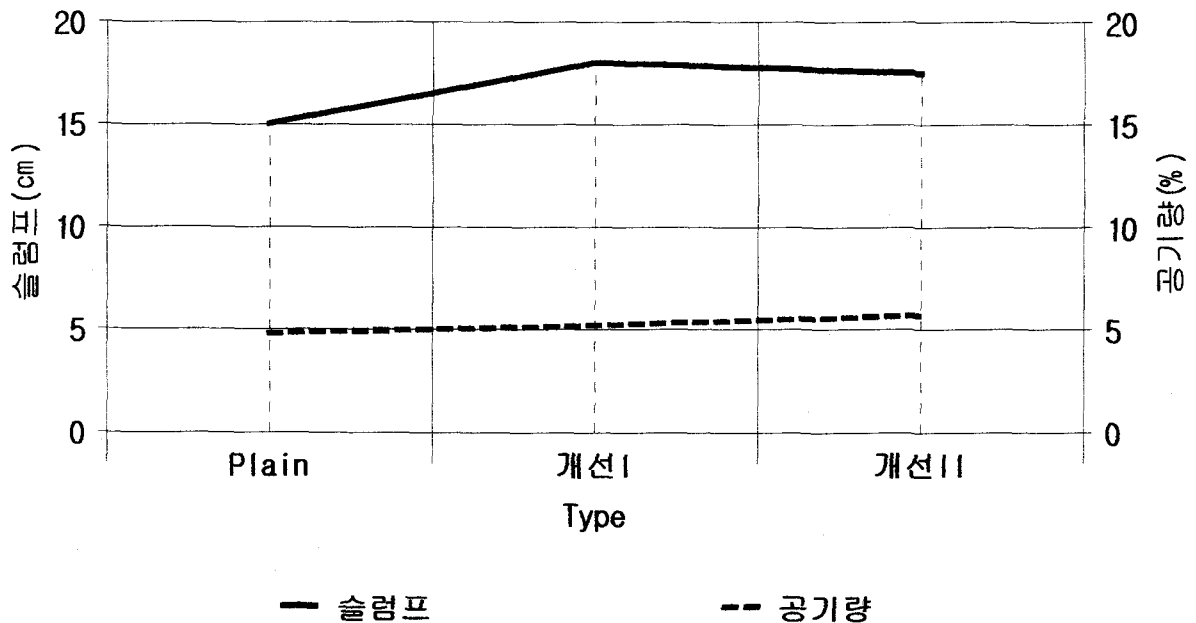


그림 3. 개선방안과 Plain콘크리트의 굳지않은 콘크리트의 특성

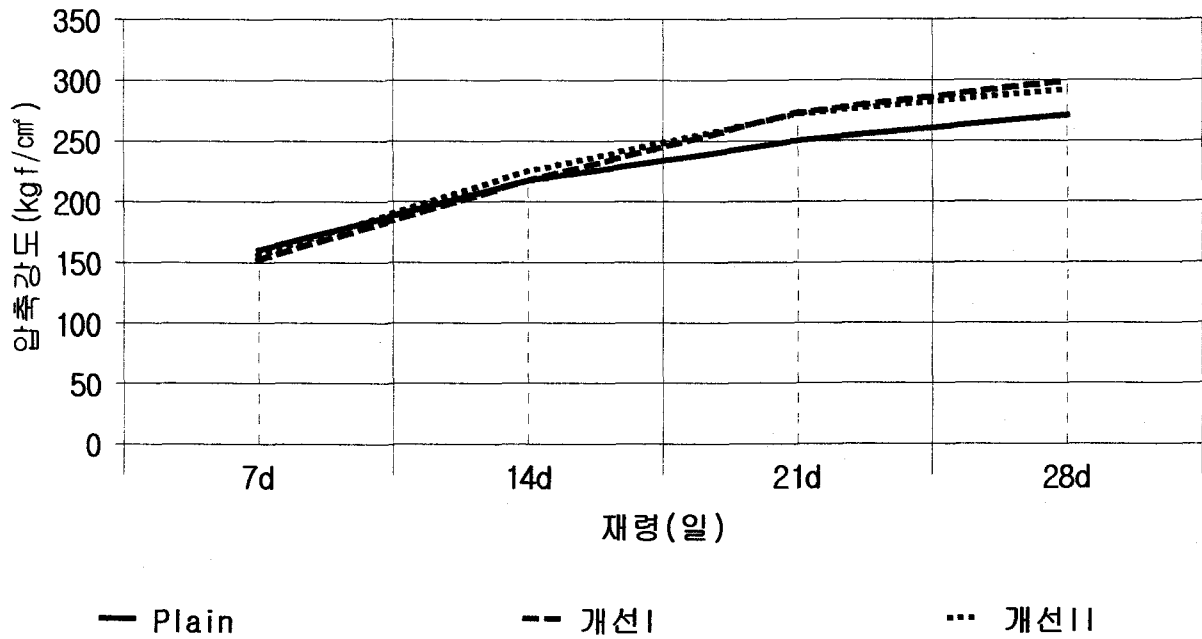


그림 4. 개선방안과 Plain콘크리트의 압축강도 관계

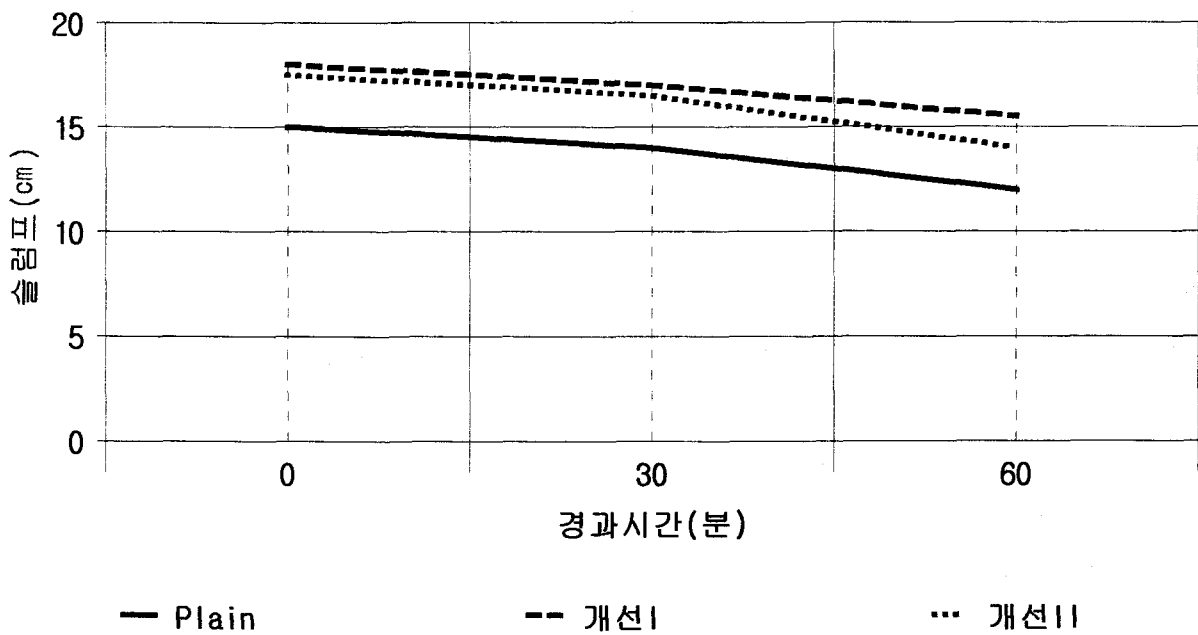


그림 5. 개선방안과 Plain콘크리트의 경시변화 관계

4. 결론 및 고찰

본 실험을 통해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 고로슬래그를 0~40%까지 치환하여 대기온도에 따른 콘크리트의 제반물성은 다음과 같은 경향을 보인다.

- ▶ 슬럼프는 대기온도가 10℃정도 변화함에 따라 1.5~2.0cm정도 증감한다.
- ▶ 고로슬래그의 사용량이 10% 증가할수록 약 0.5~1cm정도 증가한다.
- ▶ 공기량은 고로슬래그의 사용량에 따라 특이한 경향은 없으나, 대기온도가 높아질수록 감소한다.
- ▶ 대기온도 낮아지거나, 사용량이 증가할수록 초기강도 발현율(7d/28d)이 감소한다.

2) 고로슬래그 사용량 증가에 따른 초기강도 개선방안 I, II에 대한 콘크리트의 물성은 다음과 같은 경향을 보인다.

- ▶ 개선된 배합비 I, II는 Plain콘크리트(Slag=20%)에 비해 재령 7일에서는 95%이상, 재령 28일에서는 108%이상을 나타내므로 콘크리트에 대한 품질안정성이 높다.
- ▶ 시간경과에 따른 균지않은 콘크리트의 경시변화는 Plain콘크리트와 유사하거나 슬럼프 손실이 적음을 알 수 있다.