

고강도콘크리트의 특성에 미치는 고로슬래그 미분말의 분말도 영향에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Influence of Fineness of Blast Furnace Slag Powder on the Properties of High Strength Concrete

김 주 상* 박 규 연* 김 재 환** 이 상 수*** 송 하 영*** 김 을 용***
Kim, Jong-Hyun Park, Gyu-Yeon Kim, Jae-Hwan Lee, Sang-Soo Song, Ha-Young Kim, Eul-Yong

ABSTRACT

In this study, the experiment was carried out to investigate and analyze the influence of fineness of blast furnace slag powder on the properties of high strength concrete. The main experimental variables were water/binder ratio 27.5, 31.5, 35.5(%) water content 165kg/m³ and mineral admixtures such as blast furnace slag powder. Even in a case where the ratio of blast furnace slag powder is 70%, using a fineness of 8000 grade afforded a higher strength development than using a plain concrete, which indicates the potential of high utilization in the future. Although it has been pointed out that the concrete using blast furnace slag powder has a problem of yielding relatively low rate of strength development in the early age, it is demonstrated that this can be resolved by using a powder with fineness greater than 6000 grade. It is considered necessary that powder fineness should be upgraded for the applications such as high performance concrete to be used in high strength required areas by considering hydration heat control and early strength requirements in the future.

1. 서론

최근, 콘크리트의 고품질화 및 고성능화를 달성하기 위하여 콘크리트용 혼화재료의 활용성이 증대되고 있는 실정이다. 특히, 경제성이 우수한 플라이애쉬의 사용이 급격히 증가되고 있는 것에 반해서 고로슬래그 미분말의 활용성은 그다지 높지 않은 형편이다. 그러나 플라이애쉬 보다는 품질관리차원에서 우수한 성능을 갖고 있기 때문에 고로슬래그 미분말을 고성능콘크리트의 혼화재료로서 활용하기 위한 방안이 모색되어야 할 것으로 여겨진다. 지금까지 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 배합설계는 일부 학교 및 기업연구소에서 실험실적으로 연구되어 왔으나 그의 활용실적은 거의 없는 실정이라고 해도 과언이 아니다(일부 고로슬래그 미분말의 치환율 30%범위는 적용실적이 있음). 특히, 이웃 일본만 해도 고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 시공지침(안)을 만들 정도로 수십 년부터 연구를 수

* 정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 대학원 석사과정

** 정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 겸임교수, 공박

*** 정회원, 한밭대학교 공과대학 건축공학과 교수, 공박

본 연구는 포항산업과학연구원 (고로수재슬래그 수요촉진을 위한 고성능콘크리트 개발)에 의한 것으로 연구비 지원에 감사드립니다.

는 20±3℃, RH 60%의 실내에 24시간 존치한 후 탈형하여 20±3℃의 수중에서 재령 28일간 수중양생을 실시하였다. 굳지않은 콘크리트에 대한 슬럼프플로우 시험은 KCI CT-103, JASS 5T-503, ○형 유하시험은 일본토목학회 콘크리트 기술시리즈 No. 15의 시험방법에 따라서 실시하였다. 또한 고강도콘크리트의 재령별 압축강도를 측정하기 위하여 압축강도 측정용 $\Phi 10 \times 20$ cm 공시체를 제작하였다. 한편, 고강도콘크리트의, 탄성계수는 압축강도 시험시 컴프레시미터를 이용하여 측정하였다.

표3. 콘크리트의 배합

물-결합재비 (wt.%)	단위수량 (kg/m ³)	슬래그 치환율 (%)	단위질량 (kg/m ³)			
			시멘트	잔골재	굵은골재	슬래그 미분말
27.5	165	0	600	742	925	0
		30	420	737	918	180
		50	300	733	913	300
		70	180	730	909	420
31.5	165	0	524	788	943	0
		30	367	783	937	157
		50	262	780	933	262
		70	157	776	929	367
35.5	165	0	465	834	958	0
		30	326	829	953	140
		50	233	826	950	233
		70	140	823	946	326

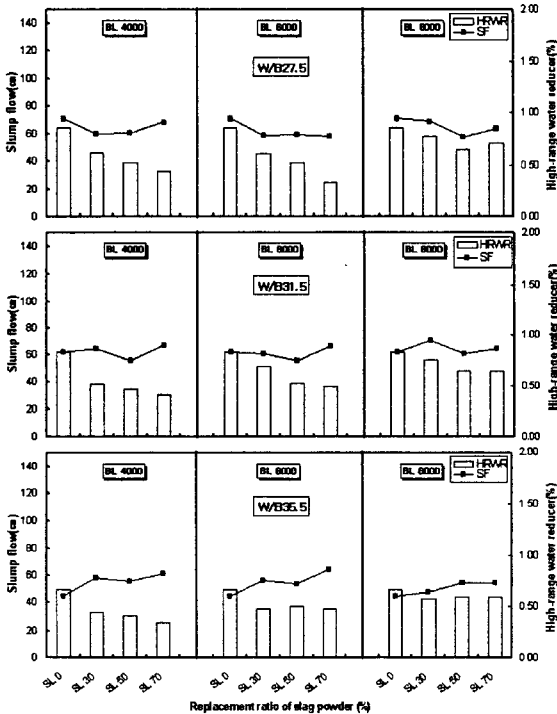


그림 2. 슬럼프플로우의 변화

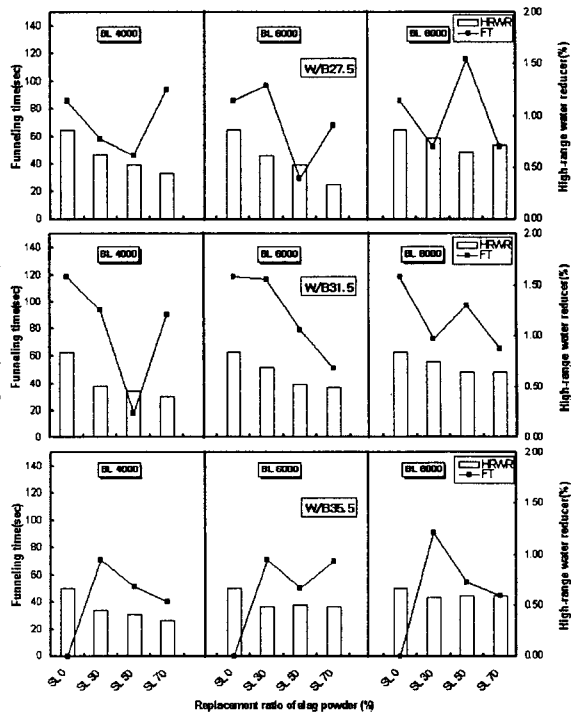


그림 3. 유하시간의 변화

3. 실험결과 및 고찰

3.1 굳지않은 콘크리트의 성상

그림 2는 고강도콘크리트의 특성에 미치는 고로슬래그 미분말의 분말도에 따른 슬럼프플로우-고성능감수제의 변화를 나타낸 것이다. 각 물-결합재비별로 목표 슬럼프플로우값을 만족하는 고성능감수제의 치환율이 분말도가 높을수록 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 고로슬래그 미분말의 입자크기가 작아 상대적 비표면적이 높고 접촉하여 반응하는 단위수량 및 고성능감수제의 사용량을 많이 요구하고 있기 때문으로 판단된다. 그림 3은 고강도콘크리트의 특성에 미치는 고로슬래그 미분말의 분말도에 따른 유하시간-고성능감수제의 변화를 나타낸 것이다. 각 배합조건별로 상이한 결과를 나타내고 있다. 고로슬래그 미분말을 사용한 고강도콘크리트가 유동성측면에서 양호한 결과를 보이고 있지만 소요의 자기

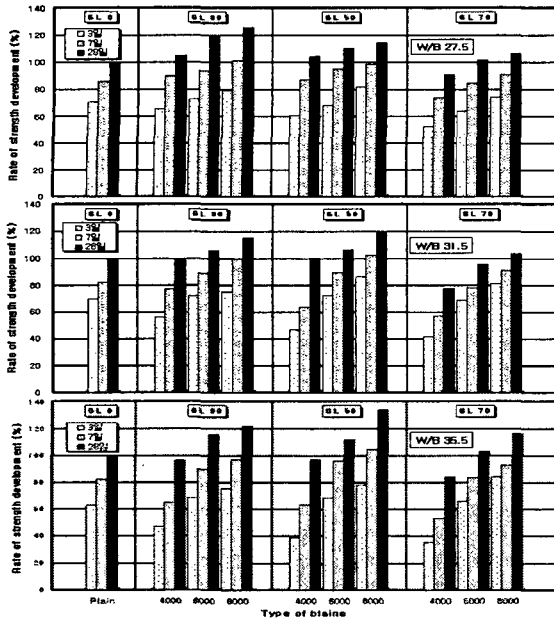


그림 4. 압축강도의 발현비율 성장

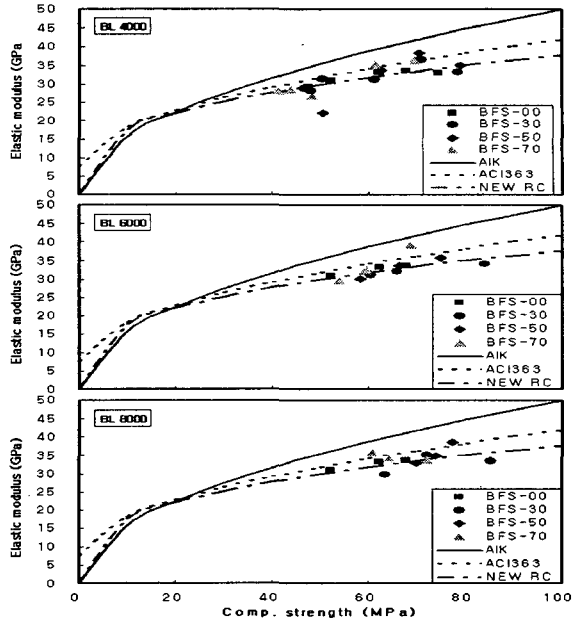


그림 5. 탄성계수와 압축강도의 관계

충전성을 확보하기 위해서는 유동성의 확보 및 적절한 점성의 확보도 중요하다고 할 수 있다. 한편, 공기량은 0.9~3.0% 범위로 나타내고 있어 일반적으로 고강도영역 콘크리트의 범주내의 값을 나타내었다.

3.2 경화 콘크리트의 성장

그림 4는 압축강도의 발현비율 성장으로 고로슬래그 미분말의 치환율이 50%까지는 분말도가 증가할수록 플레인콘크리트에 비하여 강도발현 비율이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 비표면적의 차이에 따른 영향으로 판단된다. W/B 27.5%인 경우, SL 50% 및 분말도 8000급에서 20% 정도, W/B 31.5%인 경우, SL 30% 및 분말도 8000급에서 25% 정도, W/B 35.5%인 경우, SL 50% 및 분말도 8000급에서 플레인콘크리트(SL 0%)에 비해 35% 정도 증진효과를 나타내고 있다. 그림 5는 탄성계수와 압축강도의 관계로서 치환율 및 분말도의 종류에 따른 탄성계수의 변화는 그다지 영향이 없는 것으로 나타났으며, 미국 ACI 363 및 국내 AIK에서 제시한 식은 다소 과대평가를 하고 있어 본 연구범위에서는 만족하지 않는 것으로 나타났으며, 이런 결과를 토대로 앞으로 고강도콘크리트의 탄성계수식은 일본건축학회의 New RC식을 적용하여도 문제가 없을 것으로 판단된다.

4. 결론

고로슬래그 미분말을 사용한 고강도콘크리트의 유동특성은 슬래그 미분말의 분말도가 높을수록 저하되는 경향을 보였으나, 고성능감수제를 사용하여 목표값을 얻을 수 있었다. 또한, 강도특성은 초기재령시 강도발현율이 상대적으로 낮은 것이 문제점으로 대두되어 왔지만 분말도 6000급 이상을 사용하면 충분히 해결 가능하다는 연구결과를 도출하였다. 앞으로 고강도영역 고성능콘크리트를 제조하기 위해서는 수화열 제어 및 초기강도 확보 등을 고려하여 치환율 및 분말도를 상향조정하여 적용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 김무한 외, "고로슬래그미분말을 사용한 고유동 고강도 콘크리트의 잔골재 조립율에 따른 유동특성", 대한건축학회, pp.439-442
- 2) 이상수 외, "고로슬래그 미분말을 사용한 콘크리트의 공학적 특성에 관한 연구", 한국콘크리트학회 논문집, 제12권 4호, 2000. 8, pp. 49-58