

활성도를 부여한 회수수 슬러지의 콘크리트 혼화재 활용

Practical Use of Activated Recycling Water Sludge for Admixture of Concrete

김 호 수* 백 철 우* 박 조 범* 전 준 영** 류 득 현***
Kim, Ho-Su Baek, Chul-Woo Park, Cho-Bum Jeun, Jun-Young Ryu, Deug-Hyun

ABSTRACT

There were some attempt to reuse water with sludge combinative water for ready mixed concrete. But recycling water consist of cement, aggregate and chemical admixture. So it caused deterioration of concrete. The object of this study was to search for recycling method of the recycling water sludge as mineral admixture.

This experiment dealed with the effect of 2.5~12.5% range of the recycling sludge which can be used for admixture binder(BFS, FA, BFS+FA) on properties of activated recycling water sludge for admixture of concrete. As a result, Although the slump levels reduced and air contents increased as sludge replacement levels increased, it didn't change highly. The compression strength of concrete slightly increased with an increasing amount of recycling water sludge replacement.

요 약

레미콘공장에서 발생하는 회수수는 대부분 재활용되고 있으나, 회수수 슬러지에는 시멘트, 골재, 혼화제 등이 포함되어 있어, 콘크리트 제조시 성능을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다. 본 연구에서는 회수수에 포함되어 있는 슬러지를 콘크리트용 혼화재료로서 활용하고자 기존의 연구를 참고하여 슬러지를 하소하여 활성도를 부여하였다.

활성도를 부여한 슬러지를 콘크리트용 혼화재로 사용한 특성을 분석하기 위하여 기본배합을 고로슬래그 미분말 대체, 플라이애시 대체, 고로슬래그 미분말과 플라이애시를 혼합 대체한 3가지 수준으로 하였으며, 기본배합에 대하여 활성 슬러지를 결합재의 2.5%씩 12.5%까지 대체하였다. 그 결과, 슬러지 대체율이 증가할수록 슬럼프는 다소 감소하였으며, 공기량은 증가하였으나, 큰 변화는 보이지 않았다. 콘크리트의 압축강도는 슬러지의 대체율 증가에 따라 소폭으로 증가하는 경향이였다. 이러한 결과를 바탕으로 레미콘 공장에서 발생하는 회수수 슬러지에 활성도를 부여하면 콘크리트 품질에는 큰 변화가 없을 것으로 판단되며, 회수수의 슬러지 농도를 저감시켜 레미콘 품질향상에도 기여할 것으로 전망된다.

*정회원, 유진기업 기술연구소, 연구원

**정회원, 유진기업 기술연구소, 연구개발팀장

***정회원, 유진기업 기술연구소, 소장

1. 서 론

레미콘 공장에서 발생하는 슬러지를 제거하지 않은 슬러지수에는 시멘트, 골재, 혼화제 등이 포함되어 있으며, 이를 사용하여 콘크리트를 제조할 경우에는 유동성 저하, 응결지연, 건조수축 유발 등의 콘크리트 성능을 저하시키는 요인으로 작용하고 있다. KS에서는 회수수에 포함되어 있는 슬러지를 침강시켜 고형분을 3% 이하로 제한하고 있으나, 슬러지의 처리문제가 발생되어 일부 슬러지수로서 사용되고 있으며 고형분율도 기준값 이상인 것으로 알려지고 있다.

본 연구에서는 이러한 슬러지수에 포함되어 있는 슬러지를 콘크리트용 혼화재료로서 활용하고자 하는 방안을 모색하였다. 기존의 연구를 바탕으로 슬러지에서 얻은 고형분을 하소시켜 활성도를 부여한 후에 이를 콘크리트 혼화재료로 사용하고자 하였으며 시멘트, 고로슬래그 미분말, 플라이애시를 혼합한 기준배합에 대하여 슬러지 하소물을 결합재 대체재로 사용한 콘크리트의 특성을 검토하여 회수수 슬러지의 활용방안을 제시하고자 한다.

2. 실험계획

2.1. 사용재료

본 실험에 사용한 콘크리트 재료로서 결합재는 KS 기준을 만족하고 있는 보통포틀랜드시멘트, 고로슬래그 미분말 3종, 플라이애시 2종을 사용하였다. 그리고 결합재 대체재로 사용한 슬러지는 회수수를 105℃에서 건조시켜 얻은 고형분에 수화성을 부여하기 위하여 하소하는 과정을 거쳤다. 또한 회수수 고형분을 760℃에서 2시간동안 하소하여 물과 이산화탄소를 제거하여 수화성을 갖도록 하였다. 표 1은 회수수를 건조시켜 얻은 고형분과 760℃로 가열하여 얻은 하소물의 화학성분을 나타낸 것이고, 밀도는 2.78g/cm³으로 측정되었다.

표 1. 회수수 슬러지의 화학성분

성분 종류	LOI	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O
고형분	25.79	29.51	8.42	2.11	29.68	1.88	1.57	1.04
하소물	3.28	38.95	11.05	2.76	38.11	2.45	2.03	1.38

2.2. 실험방법

콘크리트 실험은 KS에서 제시하는 방법에 따라 실시하였으며, 강제식 팬믹서에 재료를 일괄 투입 후 물과 혼화제를 투입하여 2분간 혼합하여 제조하였다. 콘크리트 제조 후 슬럼프와 공기량을 측정하였으며, 강도시험용 공시체를 제작하여 재령 3일, 7일, 28일, 91일에 압축강도 시험을 실시하였다. 재령 28일에는 강도측정용 시험체를 대상으로 초음파속도와 단위용적질량을 함께 측정하였다.

2.3. 콘크리트 배합

배합은 W/B 0.55, S/a 0.47로 하였으며, 기준배합을 3가지로 선정하였다. 시멘트에 고로슬래그 미분말 50% 대체, 플라이애시 25% 대체, 그리고 시멘트, 고로슬래그 미분말, 플라이애시를 3:2:1의 비율로 대체한 배합을 각각의 기준배합으로 하였다. 이러한 기준배합에 대하여 슬러지 하소물을 결합재에 대하여 2.5%씩 증가시켜 12.5%까지 대체하여 각 계열에서 6수준으로 배합을 설정하였다.

기준배합의 목표 슬럼프는 18.0±2.5cm, 공기량은 4.5±1.5%의 범위를 갖도록 AE감수제 표준형을 0.5% 사용하였다.

표 2. 콘크리트 기준배합

W/B (%)	S/a (%)	절대 질량 (kg/m ³)						
		W	C	BFS	FA	S	G	Ad
55	47	178	169	155	-	822	934	B×
		178	263	-	61	817	928	0.5
		178	175	108	41	816	928	(%)

3. 실험결과

3.1. 유동성

슬러지 대체율에 따른 콘크리트의 슬럼프는 그림 1과 같이 대체율이 증가할수록 기준배합에 관계없이 모두 감소하는 경향을 보였다. 기준배합에서는 평균 19.0cm의 값을 보였으나, 회수수 슬러지 사용량이 증가하면서 지속적으로 감소하여 대체율 12.5%에서는 8.5cm로 측정되어, 회수수 슬러지가 2.5%씩 증가함에 따라서 평균 2.1cm씩 감소하였다. 이러한 경향은 회수수 슬러지 하소물이 밀도는 높으나, 다공질로 구성되어 있어 단위수량을 상대적으로 많이 흡착한 것에 그 원인이 있는 것으로 판단된다.

그림 2는 콘크리트의 공기량을 나타낸 것으로서 기준배합에서는 4.5~4.8%의 목표 공기량을 만족시켰다. 그러나 회수수 슬러지 대체율이 증가할수록 콘크리트의 공기량은 4.1~6.1%까지 지속적으로 증가하는 경향을 보였으나, 대체율 5%이상에서는 반대로 감소하여 슬러지 대체율에 따른 공기량의 뚜렷한 변화는 없었다.

슬러지 하소물은 분말도가 약 2,000cm²/g로 다른 결합재에 비하여 낮기 때문에 대체율이 증가할수록 공기량이 증가할 것으로 예상되었으나, 슬러지 대체율 5% 이상에서 공기량이 감소하는 것은 품질 특성이 서로 다른 결합재들의 조합으로 인하여 발생한 현상으로 판단된다.

3.2. 압축강도

다음 그림 3은 재령별로 측정된 콘크리트의 압축강도를 나타낸 것이다.

재령 3일에서는 9.1~12.6MPa의 범위로 측정되었으며, 배합별로 뚜렷한 변화는 나타나지 않았다. 다만, 플라이애시 계열에서 가장 높은 압축강도를 보였고, 고로슬래그 미분말, 그리고 BFS와 FA의 혼합계열 순서로 높았으며, 슬러지 대체율의 증가에 따른 강도변화는 뚜렷하지 않았다.

재령 7일에서 콘크리트의 압축강도는 13.8~19.0MPa의 범위를 보였으며, 고로슬래그 미분말 계열과 플라이애시 계열에서는 거의 유사하게 측정되었고, 혼합계열에서 가장 낮았다. 재령 3일과 유사하게 슬러지 대체율에 따라 소폭 증가하였으나 큰 변화는 없었다. 재령 28일의 압축강도는 25.3~34.3MPa의 범위로서, 3가지 계열별로 변화가 뚜렷하게 나타나서 고로슬래그 미분말 계열이 가장 높게 나타났으며, 다음으로 혼합계열, 그리고 플라이애시 계열이 가장 낮은 값으로 측정되었다. 재령 7일의 초기재령에서는 각 배합별로

단위 시멘트량의 차이에 따라 압축강도 변화가 나타난 것이고, 28일에서는 플라이애시와 고로슬래그 미분말의 포졸란 반응이나 잠재수경성 반응 등으로 인하여 강도변화를 보인 것으로 판단된다.

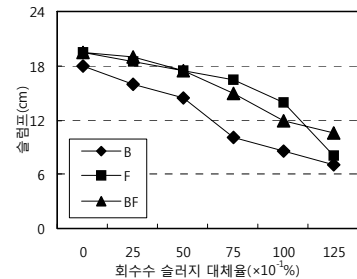


그림 1. 슬럼프

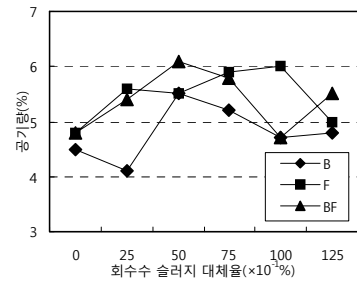


그림 2. 공기량

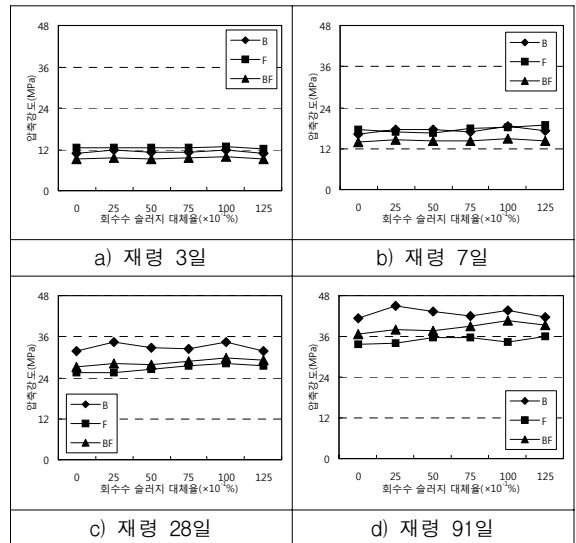


그림 3. 재령별 압축강도

재령 91일에는 재령 28일과 압축강도 증진 경향은 동일하였으며, 콘크리트의 압축강도가 33.9~45.0MPa의 범위로 강도 변화폭이 더욱 크게 나타나 콘크리트 강도 측면에서는 하소된 회수수 슬러지 사용시 고로슬래그 미분말과 함께 사용하는 것이 강도발현에 유리한 것으로 판단된다.

그림 4는 계열별로 기준배합에 대하여 회수수 슬러지 대체율에 따른 강도발현율을 나타낸 것이다. 전체적으로 강도발현율이 100% 이상으로 기준배합보다는 강도가 높게 측정되었다.

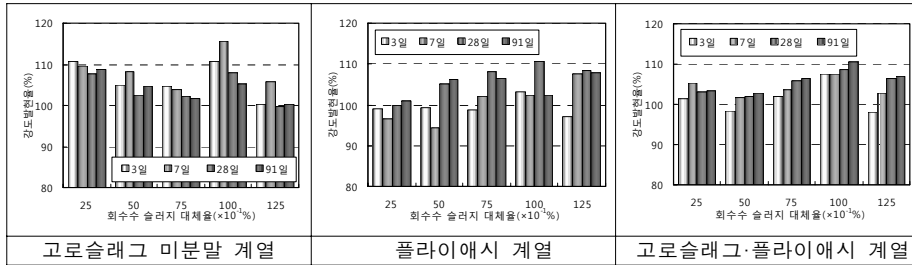


그림 4. 강도발현율

고로슬래그 미분말 계열에서는 슬러지 대체율에 따라 강도발현율이 감소하는 경향이었으나, 슬러지 대체율 10%에서 가장 높은 발현율을 보였다. 그리고 재령이 7, 28, 91일로 경과함에 따라서는 강도발현율이 감소하는 경향이었는데, 이는 기준배합의 강도가 증가하여 나타난 결과로 판단된다. 또한 플라이애시 계열과 고로슬래그 미분말, 플라이애시 혼합계열에서는 반대로 슬러지 대체율이 증가함에 따라 압축강도가 증가하여 강도발현율도 전체적으로 증가하는 경향을 보였고, 재령경과에 따라서 적은 폭으로 증가하였다. 이러한 원인은 고로슬래그 미분말 계열에서는 슬러지 대체율 증가에 따라 강도변화가 거의 없었으나, 플라이애시 계열과 혼합계열에서는 기준배합에 비하여 강도가 증가한 것에 그 원인이 있는 것으로 판단된다.

따라서 활성 슬러지를 혼화재료와 함께 사용한 콘크리트의 강도는 기준배합에 비하여 소폭 증가하는 것으로 나타났으며, 플라이애시 계열 배합과 혼합계열 배합에서 슬러지를 혼합하여 사용할 경우에 강도가 증진되는 것으로 판단된다.

4. 결 론

회수수 슬러지를 콘크리트용 혼화재료로 활용하기 위하여 활성도를 부여한 슬러지를 콘크리트 혼화재료로 사용하여 얻은 결과는 다음과 같다.

- (1) 슬러지 대체율이 2.5%씩 증가함에 따라 콘크리트의 슬럼프는 약 2.1cm씩 감소하였으며, 공기량은 대체율 5%까지는 증가하였으나, 그 이후에는 감소하여 뚜렷한 경향은 없었다.
- (2) 활성 슬러지를 사용한 콘크리트의 압축강도는 기준배합에 비하여 증가하였으며, 고로슬래그 미분말과 함께 사용하는 것보다 플라이애시 또는 고로슬래그 미분말, 플라이애시 혼합의 3성분계 콘크리트에서 강도증진 효과가 있었다.
- (3) 활성도를 부여한 회수수 슬러지는 콘크리트 압축강도 증진 효과는 있으나, 유동성을 다소 감소시키는 것으로 나타나, 보다 다양한 조건에서의 특성에 대한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 조규재, “슬러지수 혼입에 따른 콘크리트 성능변화에 관한 실험적 연구”, 석사학위논문 강릉대학교, 2006.
2. 정창주 외, “레미콘 공장에서 발생하는 콘크리트 슬러지의 재활용에 관한 연구”, 한국폐기물학회지, 제 13권 제1호, 1996, pp. 89~95.
3. 한천구, “회수수를 사용한 레미콘의 품질 및 설비관리”, 콘크리트학회지 제14권 4호, 2002.