

무연탄 Bottom-ash를 적용한 저강도 고유동 충전재의 성능 평가

Evaluation of the Efficiency of Controlled Low-Strength Material Applied Bottom Ash of Anthracite Coal

김 성 수^{*} 김 동 현^{**} 박 광 필^{**}
Kim, Seong Soo Kim, Dong Hyun Park, Kwang Pill

ABSTRACT

In this study, the physical and dynamic characteristics of Bottom-ash produced at steam power plants were compared and considered. The comparative objects were Bottom-ash in which a lot of powder contained and that in which less than that relatively contained. The difference in quantity of powder showed different effect on the character of flow. This study was undertaken on the use of Bottom-ash as a fine aggregate, and showed the durability and the character of strength according to each rate.

1. 서 론

국내 지리적 여건상 수력발전소보다는 화력발전소가 많은 것은 주지의 사실이다. 이에 따라 화력발전소에서 사용되는 석탄의 사용량이 증가함에 따라 석탄재의 발생량도 늘어나고 있는 실정이다. 이러한 석탄재는 정제하여 콘크리트용 광물질혼화재로 사용이 가능하였으나 발생량의 10~20%를 차지하는 Bottom-ash는 발전소 주변에 매립됨으로 인해 발생하는 발전소 주변의 매립용지 부족현상은 환경과 피영향으로 이어지고 있는 실정이다. 따라서, 이러한 Bottom-ash를 적용하고자 선진외국에서는 도로용 노반골재, 채움재 및 충전재로의 적용성검토가 활발히 수행되고 있다. 저강도 고유동 충전재(controlled low-strength material, CLSM)란 입상토 채움재로는 시공 및 다짐이 어려운 현장에 고유동 모르타르와 같은 물성을 가지는 유동성을 가진 저강도의 충전재를 말한다. 기본물성은 흐름값

* 정희원, 대전대학교 토목공학과 교수
** 정희원, 대전대학교 토목공학과 석사과정

200mm 이상, 압축강도 4kg/cm²에서 83kg/cm²사이의 값을 유지하는 간단한 재료이다.

본 연구에서는 저장도 고유동 충전재의 환경과 경제적 이윤이라는 두 가지 효과를 지향하고자 무연탄 Bottom-ash를 사용한 저장도 고유동 충전재의 내구성능 및 적용성을 검토하였다.

2. 실험개요

2.1. 사용재료

(1) Bottom-ash

서천화력발전소와 영월화력발전소에서 배출되는 무연탄 Bottom-ash를 사용하였으며, Bottom-ash의 기본물성은 다음 표 1과 같다.

표 1 Bottom-ash의 물리적 성질

생산지	비중	조립율
서천화력발전소	1.9	2.12
영월화력발전소	2.2	3.2

서천 및 영월화력발전소에서는 무연탄을 사용하지만, 두 Bottom-ash의 물성은 서로 다르며, 주된 요인은 미분말 함유량의 차이에 따라 서로 다른 물성을 보인다.

(2) 시멘트 : 비중 3.14 및 비표면적 3,112cm²/g인 S사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 시멘트의 조성광물과 표준모르타르의 압축강도를 나타낸 것이 표 2이다.

표 2 시멘트의 조성광물 및 압축강도

조성광물(%)				압축강도(kgf/cm ²)		
C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	3일	7일	28일
50	21	10	10	225	351	430

(3) 플라이 애쉬 : 비중 2.1 및 비표면적 3,600cm²/g인 서천화력발전소에서 생산되는 플라이 애쉬를 사용하였으며, 플라이 애쉬의 화학성분은 표 3에 나타내었다.

표 3 플라이 애쉬의 화학성분(%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
52.0	27.01	3.93	7.85	1.92	0.58	0.73	0.13

2.2. 실험방법

(1) 저장도 고유동 충전재의 배합

Bottom-ash 첨가량에 따라 0%, 50%, 100%의 대표적인 배합을 사용하였으며, 배합표는 표 5에 나타내었다. Bottom-ash의 첨가량은 잔골재의 부피 비로 하였으며, 잔골재와 Bottom-ash의 비중이 서로 다르므로 무게에서는 차이가 났다.

표 4 실험배합표

No.	W (kg)	C (kg)	FA (kg)	S (kg)	BA (kg)	AD (×B %)	비고
Control	330	60	260	1414	0	0.015	plain
Y50	350	60	260	707	609	0.4	영월산
Y100	370	60	260	0	1218	0.4	
S50	400	60	310	651	517	0.4	서천산
S100	425	55	330	0	827.2	0.96	

(2) 저장도 고유동 충전재의 투수성능시험

흙의 투수시험에 사용되는 3축압축 시험기를 사용하여 정수위 투수시험을 실시하여, 위의 배합들을 비교 측정하였으며, 측정된 투수량 측정결과로부터 식(1)에 준하여 투수계수를 구하였다.

$$K = \frac{Q \cdot L}{h \cdot A \cdot t} \text{ ----- (1)}$$

- 여기서 K : 투수계수 (cm/sec)
- t : 투수시간 (sec)
- Q : t 시간의 투수량 (cm^3)
- L : 시료의 길이 (cm)
- A : 시료의 단면적 (cm^2)
- h : 수위차 (cm)

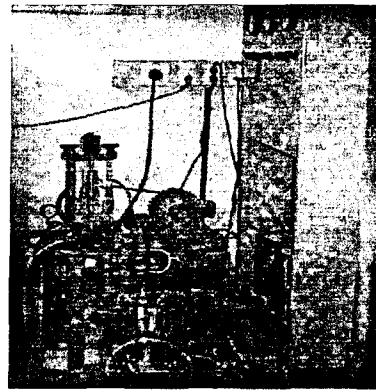


그림 1 투수시험기계

(3) 화학약품 침지시험

위의 5종류배합의 충전재를 H_2SO_4 5%수용액과 $MgCl_2$ 10%수용액에 침지하여 재령 1일, 3일, 7일, 28일의 중량감소량과 압축강도 변화를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 저장도 고유동 충전재의 투수성능

점성토의 일반적인 투수계수는 10^{-7} cm/sec 이하로서 투수가 용이하지 못한 지반으로 사질토로의 치환을 고려한다. 사질토의 일반적인 투수계수는 $10^{-3} \sim 10^{-7}$ cm/sec로서 투수가 용이하여 지반의 강도를 살리는 효과를 기대할 수 있다. 저장도 고유동 충전재의 투수계수 목표값은 사질토와 같은 $10^{-3} \sim 10^{-7}$ cm/sec를 목표로 한다.

각각의 배합에 따라 재령 28이후의 시

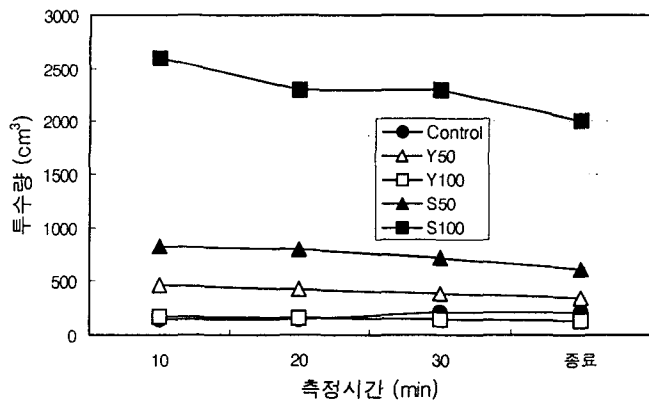


그림 2 투수측정 결과 시간에 따른 투수량의 변화

료의 투수량과 투수계수의 변화를 보여 주는 것이 다음 그림 2와 3이다. 그림 2는 각 배합의 투수측정 경과시간에 따른 투수량의 변화를 나타낸 것이다. Control을 제외한 나머지 배합은 시간이 경과할수록 투수량이 감소하는 경향을 보이는 반면 Control의 Bottom-ash가 첨가되지 않은 배합의 투수계수는 초기보다 증가하여 종료하였다.

그림 3은 각 배합의 최종 투수계수를 나타낸 것으로서 영월산 Bottom-ash가 첨가된 충전재의 배합 Y50 및 Y100의 경우 Bottom-ash가 100%첨가된 배합보다 50%첨가된 배합의 투수계수가 큰 경향을 보이는 반면 서천산 Bottom-

ash가 첨가된 충전재의 배합 S50 및 S100의 경우 Bottom-ash가 50%첨가된 배합의 투수계수가 100%첨가된 배합보다 투수계수가 큰 값을 보이는 서로 반대되는 결과를 나타내었다.

이는 서천산 Bottom-ash보다 영월산 Bottom-ash에 미분말이 많이 함유되어 투수 유효 공극이 적어짐에 기인한다고 생각된다.

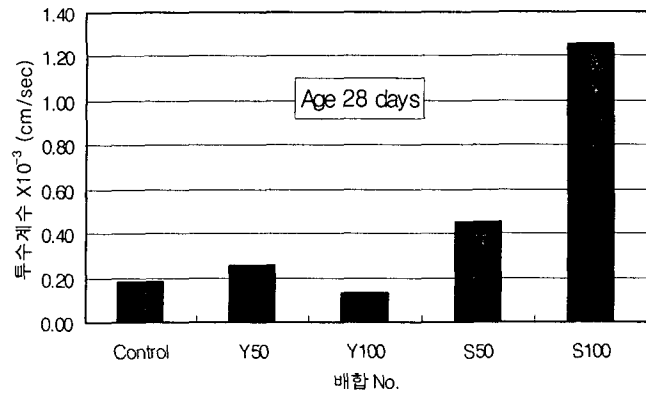


그림 3 저장도 고유동 충전재의 투수계수

3.2. 저장도 고유동 충전재의 화학약품에 대한 저항성

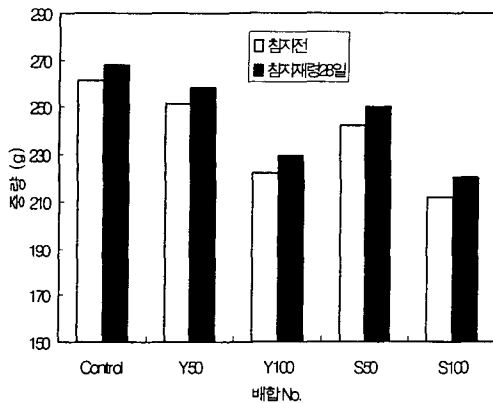


그림 4 화학약품에 침지한 시료의 재령 28일에 대한 중량변화

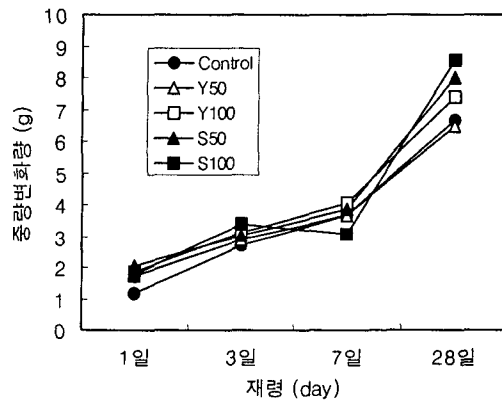


그림 5 화학약품에 침지한 시료에 대한 각 배합에 따른 중량변화

각각의 침지재령에 따라 중량변화를 나타낸 것이 그림 4와 그림 5이다. 그림 4의 X축은 배합 No.를 Y축은 중량을 나타내어 그림에서 보는 바와 같이 각각의 배합에 따라 서로 다른 중량변화를 보이고 있으며 배합 S100의 중량변화량이 가장 큰 것을 알 수 있었다. 그림 5는 재령에 따른 중량변화량을 나타낸 것으로 각각의 배합의 재령에 따라 중량변화량이 비슷하게 증가하는 경향을 보이는 것을 알 수 있었다.

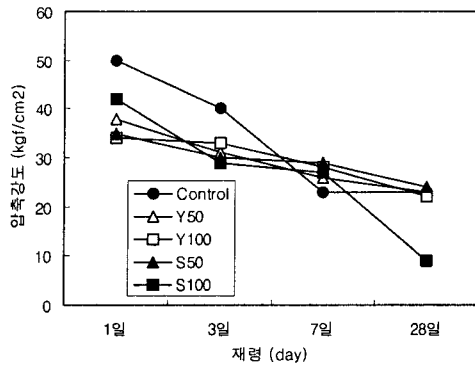


그림 6 H₂SO₄에 침지한 시료의 강도변화

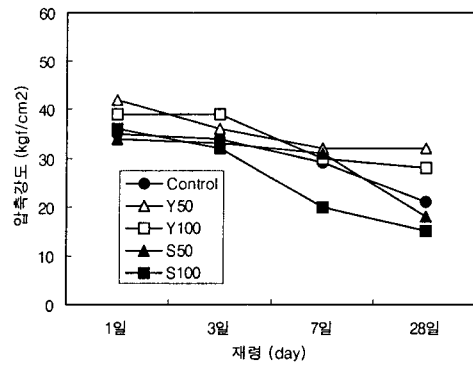


그림 7 MgCl₂에 침지한 시료의 강도변화

다음 그림 6과 7은 각각의 화학약품의 침지재령과 배합에 따른 강도변화를 나타낸 것이다. 그림 6은 H₂SO₄ 5%수용액에 침지한 충전재의 압축강도로서 강도 감소의 폭이 큰 것을 알 수 있었다. 그림 7은 MgCl₂ 10%수용액에 침지하여 측정된 압축강도로서 황산에 침지한 충전재의 강도 감소 폭보다는 작게 나타나는 것을 알 수 있었다.

4. 결론

1) Bottom-ash를 첨가한 충전재의 투수계수가 점토의 평균 투수계수인 $10^{-5} \sim 10^{-7}$ cm/sec보다 크고 모래와 자갈이 섞인 지반의 평균 투수계수인 $1 \sim 10^{-2}$ cm/sec보다 작으므로 충전재의 투수능력이 충전재의 시공현장 주변의 배수에 탁월한 효과를 보이는 것을 알 수 있었다.

2) 화학약품침지에 따른 중량변화와 강도감소의 결과에서 보는 바와 같이 Bottom-ash의 첨가와 큰 차이 없이 변화하는 결과를 보여줌으로 충전재에 Bottom-ash의 적용이 유효하다고 사료된다.

3) 상기 시험결과로 미루어 Bottom-ash를 적용한 충전재의 사용가능성이 효과적으로 증명되었다고 사료된다. 선진외국보다 매립면적과 환경적, 경제적 여건이 열악한 국내사정에 Bottom-ash의 지속적인 재활용에 대한 연구가 필요하다 생각된다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 에너지자원기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참 고 문 헌

1. 김성수, 김동현 (2001) "Bottom-ash(무연탄)를 적용한 고유동 충전재의 물리·역학적 성능 비교" 한국 콘크리트학술발표논문집 pp263~268
- 2.. Report by ACI Committee 229, "Controlled low strength materials, Concrete International", July 1994. pp55~64