

Bottom ash를 함유한 저강도 고유동 재료의 내구성능

Durability Characteristics of Controlled Low-Strength Materials using Bottom Ash

원 종 필* 이 용 수**
Won Jong-Pil Lee Yong-Su

ABSTRACT

The main intent of this research is to determine the feasibility of utilizing bottom ash as CLSM(Controlled Low-strength Materials). The durability tests including permeability, repeated wetting and drying, freezing and thawing for bottom ash CLSM were conducted. Laboratory test results indicated that CLSM using bottom ash has acceptable durability performance.

1. 서 론

본 연구에서 다룬 저강도 고유동 재료는 일반적으로 시멘트, 플라이애쉬, 잔골재, 물로 구성되어지는 재료로서 산업부산물인 플라이애쉬를 다량 사용 할 수 있다는 점과 레디믹스트 콘크리트 트럭의 사용을 증대시킬 수 있다는 점에서 개발되었다.⁽¹⁾⁽²⁾ 본 재료는 기존의 입상토 충전재를 대신하여 우수한 시공성(셀프레벨링성, 자가다짐성)을 발휘하는 장점을 가지지만, 물리, 화학적인 침식이나 동결융해 등에 저항하도록 설계되지는 않는다. 이러한 이유로 구조적인 부재에 적용되기 보다는 지중 공극의 되메움재 등과 같은 비구조분야에 사용되어왔다.⁽¹⁾⁽²⁾ 그러나 도로의 노반재료 등으로 사용되어질 경우는 동결융해에 영향을 받아 도로에 영향을 줄 우려가 있으며 저강도 고유동 재료가 표면에 노출될 경우는 여름철 건조습윤반복에 따른 재료성능의 평가가 필요할 것으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 bottom ash를 첨가한 최적배합들을 도출하였으며 이러한 배합들의 외부환경에 대한 영향 정도를 알기 위해서 내구성능을 평가하였다.

2. 사용재료

1) 시멘트 및 골재

시멘트는 보통 포틀랜드시멘트(Type I)를 사용하였으며 잔골재는 표면건조포화상태 비중 2.61의 강사를 사용하였다.

* 정희원, 건국대학교 농공학과 조교수

** 정희원, 건국대학교 농공학과 석사과정

2) 플라이애쉬 및 bottom ash

플라이애쉬와 bottom ash는 유연탄을 사용하는 태안화력발전소에서 취득하였으며 플라이애쉬는 KS L 5405를 만족하였고 bottom ash는 분말도와 강열감량 등에서 기준안을 초과하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

저강도 고유동 재료의 28일 강도를 기준으로 인력에 의해 굴착가능한 강도 7 kgf/cm^2 이하, 백호와 같은 장비에 의한 굴착가능한 강도 $7 \sim 14 \text{ kgf/cm}^2$, 굴착이 불가능한 강도 22 kgf/cm^2 이상으로 목표강도를 나누었으며 이러한 강도범위를 만족하는 배합은 Table 1과 같이 도출하였다.⁽²⁾

내구성실험에서 재료의 성질이 저강도임에 따라 기준안 그대로 적용하는데 어려움이 있어 실험방법을 약간 변형하여 실시하였다.

Table 1 Optimum Mix proportions using bottom ash

| Type | Unit weight (kg/m^3) | | | | | Flow (mm) | Compressive Strength - 28 days (kgf/cm^2) |
|--------------------|---------------------------------|---------|------------|-------|------|-----------|--|
| | Cement | Fly ash | Bottom ash | Water | Sand | | |
| hand excavation | 30 | 280 | 70 | 340.0 | 1264 | 256 | 6.23 |
| machine excavation | 60 | 280 | 140 | 371.3 | 1065 | 245 | 10.39 |
| non excavation | 120 | 280 | 280 | 451.4 | 622 | 247 | 41.55 |

2.2 실험방법

2.2.1 투수시험

본 연구에서는 투수계수를 측정하기 위해서 압력식 정수위 투수시험을 실시하였다. 시험은 압력기를 이용하여 물을 압송함으로써 cell내로 압력을 가해지도록 하였고 시료가 포화될 때까지 계속적으로 압력을 가한 후 메스실린더를 이용하여 정해진 시간내에 흘러나오는 양의 수량을 측정하였다.

2.2.2 동결융해시험

대부분의 저강도 고유동 재료의 적용분야에서는 동결융해에 저항하도록 설계되지 않는다. 그러나 겨울철 동결과 융해가 반복되는 환경에서 적용되어질 경우는 재료가 열화가 되기 쉬울 것으로 판단되어 동결융해 저항성을 시험하였다. 시험은 KS F 2456(급속 동결 융해에 대한 콘크리트의 저항 시험 방법)중 B법(공기 중에서 급속 동결하여 수중에서 융해시키는 시험방법)을 이용하여 시험을 실시하였다. 시험 공시체는 저강도 고유동 재료의 저강도 특성상 기준안 크기의 각주형 공시체를 적용하기에는 어려움이 있어 압축강도용 공시체($50 \times 50 \times 50 \text{ mm}$)를 다량 제작하여 동결융해 공시체로 사용하였다. 일반적으로 재령 14일에 동결융해 시험을 실시하는데 본 연구에서는 저강도 특성상 28일 재령에 실시하였으며 또한 KS 규정인 주파수를 이용한 상대 동탄성계수를 측정하지 않고 본 연구에서는 5 사이클마다 공시체 3개의 일축압축강도를 측정하여 사이클에 대한 강도 변화율로 동결융해 저항성 정도를 나타내었으며 중량변화를 측정하였다.

2.2.3 건조-습윤반복시험

건조-습윤반복시험은 저장도 고유동 재료가 여름철 건조와 습윤이 반복되는 환경에 노출되었을 경우 수분 함유에 의한 팽창과 건조상태에서 수분 손실로 인한 수축에 의한 열화정도를 알아보기 위해서 실험을 실시하였다.

본 실험은 현재 규정된 실험방법이 없어 28일 습윤양생한 공시체를 12시간동안 23±2℃의 물속에서 포화시킨 후, 12시간동안 60℃의 오븐에서 건조시키는 것을 1사이클로 하여 총 25사이클을 수행하였으며 압축강도 시험을 실시하였다.

3. 실험 결과 및 분석

3.1 투수시험

Bottom ash를 첨가한 저장도 고유동 재료의 압력식 정수위 투수시험 결과는 Fig. 2와 같다. 시험결과는 재료의 강도가 증가할수록 투수계수가 작아지는 경향을 나타냈으며 모든 배합에서 실트질이나 점토질의 투수계수 범위를 나타냈다. non 굴착배합에서는 거의 불투수성의 투수계수를 나타냈다.

3.2 동결융해시험

저장도 고유동 재료의 상대 압축강도는 Fig. 3과 같이 사이클이 증가할수록 크게 저하하였으며 5 사이클 이내에 모든 배합의 상대 압축강도가 60%이하로 떨어졌다. Hand 굴착의 상대강도는 표면의 박리현상에 의한 부서짐 정도가 커서 강도측정 조차 어려웠다. Fig. 4의 중량변화는 재료의 박리에 의한 중량손실정도를 나타내는 것으로 강도가 증가할수록 변화율이 적었다.

3.3 건조-습윤반복시험

재료의 건조-습윤 반복시험결과는 Fig.5와 같으며 사이클이 증가할수록 처음에 정한 굴착가능성별 강도를 초과하지 않았다. 이러한 실험결과는 재료의 중요한 성질 중 하나인 장래의 굴착성을 고려해 보았을 때 좋은 결과라 할 수 있겠다. 그러나 사이클이 증가할수록 hand굴착배합에서는 표면의 부서짐이 나타났다.

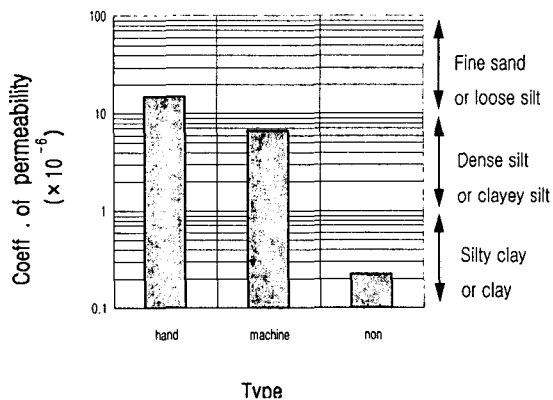


Fig. 2 Permeability of CLSM

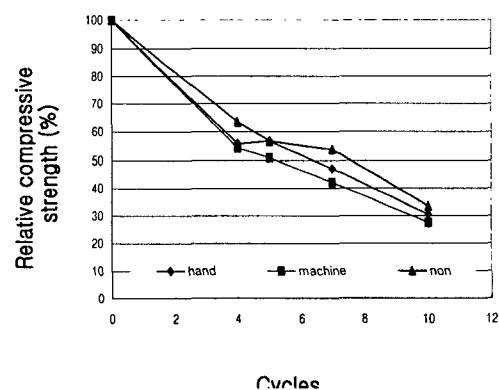


Fig. 3 Relative compressive strength after freezing and thawing of bottom ash CLSM

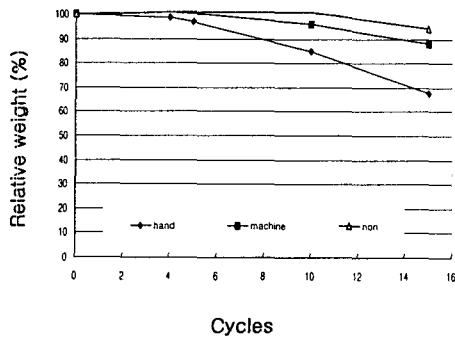


Fig. 4 Relative weight after freezing and thawing of bottom ash CLSM

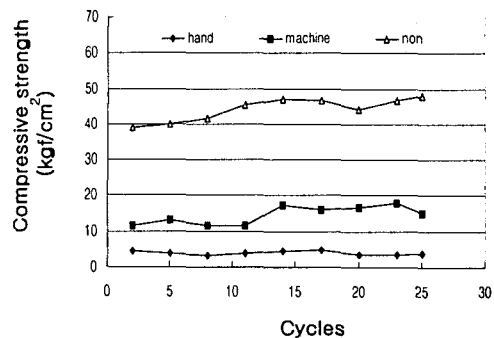


Fig. 5 Compressive strength after repeated wetting and drying of bottom ash CLSM

4. 결 론

본 연구는 산업부산물인 플라이애쉬와 bottom ash를 다량으로 사용한 저강도 고유동 재료의 내구성능을 평가한 연구로서 연구결과는 다음과 같다.

(1) 투수계수 시험결과는 모든 배합에서 기존 연구들의 결과인 점토와 실트질의 투수계수 $10^{-5} \sim 10^{-7}$ cm/sec의 범위를 나타내었으며 강도가 증가할수록 투수계수는 감소하였다.

(2) 동결융해 저항성시험결과는 저강도로 인하여 동결융해에 대한 저항성은 좋지 않았다. 저강도 고유동 재료의 모든 배합에서 5 사이클 이전에 처음 강도의 60% 이내로 강도가 저하되었으며 중량변화 측정결과와 육안 관찰결과 표면 스케일링으로 인하여 강도가 작을수록 부서짐 정도가 더 크게 나타났다.

(3) 건조-습윤 반복실험결과 각 배합에서 사이클이 증가하여도 강도의 증진정도가 적어 요구되어지는 굴착성의 강도를 넘어서지 않는 결과가 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 에너지관리공단 에너지자원기술개발사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. Report by ACI Committee 229(1994), Controlled low strength materials, Concrete International, July, pp. 55~64.
2. 원종필, 이용수, "Bottom ash를 혼합한 저강도 고유동 충전재의 특성," 한국콘크리트학회 논문집 제13권 2호 pp. 294~300.
3. Christine A. Langton, N. Rajendran, and Stanley E. Smith(1998), "Use of Pond Ash in CLSM," Concrete International, December, pp. 58~62.