

OF4) 도시생활쓰레기 소각재를 이용한 인공경량재의 품질특성

김진영*, 김대용, 정연화¹, 정인철¹, 김재홍², 김정권³, 성낙창
 동아대학교 환경공학과, ¹부산광역시 환경시설공단,
²한국화학시험연구원, ³동의대학교 환경공학과

1. 서 론

우리나라뿐만 아니라 세계적으로 급속한 산업화와 더불어 인류 문명의 발달에 따른 도시화에 따라 생활폐기물 발생량이 급증하고 있는 추세이다. 국내의 경우 이러한 생활폐기물의 처리를 주로 매립에 의존하고 있으나, 넓은 부지를 필요로 하기 때문에 국토의 효율적 이용면에서 한계가 있는 것으로 보인다. 이에 대해 생활폐기물의 처리방법으로 소각을 실시하고 있으며, 소각 후 배출되는 소각재는 생활폐기물 소각량의 10~15% 정도가 배출되고 이들 대부분은 매립에 의존하고 있는 실정이다. 소각재 중 대부분의 바닥재(Bottom Ash)는 중금속 용출시험결과 기준이하로 검출되어 일반폐기물로 매립하고, 비산재(Fly Ash)는 중금속 용출시험결과 기준이상으로 검출되어 지정폐기물로 관리형 매립시설에 매립하거나, 안정화·고형화 처리 후 매립되고 있다.

본 연구는 환경적·경제적으로 문제가 되고 있는 비산재를 초음파 조사를 통해 안정화/무해화하고 소각재의 자원화를 위하여 바닥재와 초음파 전처리한 비산재에 시멘트를 첨가하여 인공경량골재를 제조한 후 골재의 품질특성과 환경 안전성을 파악하여 소각재를 보다 안전하고 친환경적으로 처리하고자하는데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 실험 방법

본 실험에 사용된 소각재는 P시 A 소각처리시설에서 발생하는 바닥재와 비산재를 이용하였다. 채취된 바닥재는 105~110℃에서 24시간 건조하고 2.36 mm의 mesh를 통과한 ash를 사용하였고 비산재는 24시간 건조한 후 28 kHz 주파수, 조사강도 70 W/L, pH 7로 조정, 조사시간 5 min으로 전처리된 비산재를 이용하였다.

Table 1. Mixing ratio of artificial light-weight aggregate

Incinerator ash		Addition
Bottom ash	Pretreated fly ash	Cement
500	500	500
300	700	500
-	1,000	500

Table 2. Forming conditions

Items	Unit	Conditions
Pressure	ton	1, 2
Burning temperature	℃	1,000
Burning time	min	10

본 실험에서 초음파 전처리된 비산재와 바닥재를 결합제와 혼합하여 동일한 중량의 시료를 압축기에 넣고 성형압력(1.0, 2.0 ton)을 변화시키면서 시편을 제조하였다. 결합제는 국내 H사의 보통 포틀랜드 시멘트(OPC)를 사용하였다. 시편 제조시 초음파 전처리된 비산재와 바닥재의 혼합비율과 결합제의 첨가율을 Table 1에 나타내고 있으며, 압축강도, 소성온도, 소성시간 등의 성형조건을 Table 2에 나타내고 있다.

제조된 인공경량골재 시편의 최대하중 및 압축강도는 UTM(Model LIT2100A, Labtron Co., Ltd. Korea)을 이용하여 KS F 2405에 따라 측정하였다. 제조된 인공경량골재 시편의 단위용적질량 및 흡수율은 KS F 2534와 KS F 2503에 따라 시험하였다. 제조된 골재 내부에 중금속 성분들의 안정화 여부를 평가하기 위해 골재의 입경을 0.5~5 mm로 분쇄하여 pH 5.8~6.3인 용매와 1 : 10의 비율로 혼합한 후 상온상압 하에서 진폭이 4~5 cm인 교반기를 사용하여 200 회/분으로 6시간 연속 교반한 후 여과하여 그 여액 중의 중금속의 함량을 ICP 및 AA기기 등을 이용하여 분석함으로써 각각 중금속량의 허용기준치와 비교하여 그 안정성을 평가하는 것이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 압축강도

Table 3은 인공경량골재의 제조 조건을 나타냈었으며, Fig. 1과 Table 4는 Table 3의 조건으로 제조된 인공경량골재 시편을 각각 3개씩 압축강도를 UTM(Universal Testing Machine)으로 분석한 결과이다. 본 실험의 경우 FBC-3에서 평균 압축강도가 가장 높은 23.36 MPa로 나타났다.

인공경량골재의 압축강도 기준은 18 MPa인데, 본 실험에서는 평균 압축강도는 기준에 만족하고 있으나 FBC-2, 4, 5, 6에서 한 개의 시료가 기준강도에 미치지 못하는 강도를 나타냈으나, 대체적으로 소각재를 활용한 인공경량골재를 제조가 가능할 것으로 판단된다.

Table 3. Conditions of artificial lightweight aggregate

Abbreviation	Mixing ratio (Pretreatment fly ash : Bottom : Cement)	Compacting pressure(ton)
FBC-1	10 : 0 : 5	1.0
FBC-2	10 : 0 : 5	2.0
FBC-3	7 : 3 : 5	1.0
FBC-4	7 : 3 : 5	2.0
FBC-5	5 : 5 : 5	1.0
FBC-6	5 : 5 : 5	2.0

Table 4. Compressive strength of artificial lightweight aggregate

		Correction factor	Is(50) Standard	Point load factor	Compressive strength(MPa)
FBC-1	1st	0.56	0.876	214.4	21.01
	2nd	0.56	0.894	218.9	21.45
	3rd	0.56	0.899	220.1	21.57
	Aver.	-	0.890	217.8	21.34
FBC-2	1st	0.56	0.593	145.2	14.23
	2nd	0.56	0.880	215.5	21.12
	3rd	0.56	0.885	216.6	21.23
	Aver.	-	0.786	192.4	18.86
FBC-3	1st	0.56	1.156	283.0	27.73
	2nd	0.56	0.880	215.5	21.12
	3rd	0.56	0.885	216.6	21.23
	Aver.	-	0.974	238.4	23.36
FBC-4	1st	0.56	0.590	144.4	14.15
	2nd	0.56	0.885	216.6	21.23
	3rd	0.56	0.894	218.9	21.45
	Aver.	-	0.790	193.3	18.94
FBC-5	1st	0.56	1.174	287.3	28.16
	2nd	0.56	0.590	144.4	14.15
	3rd	0.56	0.890	217.8	21.34
	Aver.	-	0.884	216.5	21.22
FBC-6	1st	0.56	0.890	217.8	21.34
	2nd	0.56	1.180	288.8	28.30
	3rd	0.56	0.584	142.9	14.00
	Aver.	-	0.884	216.5	21.22

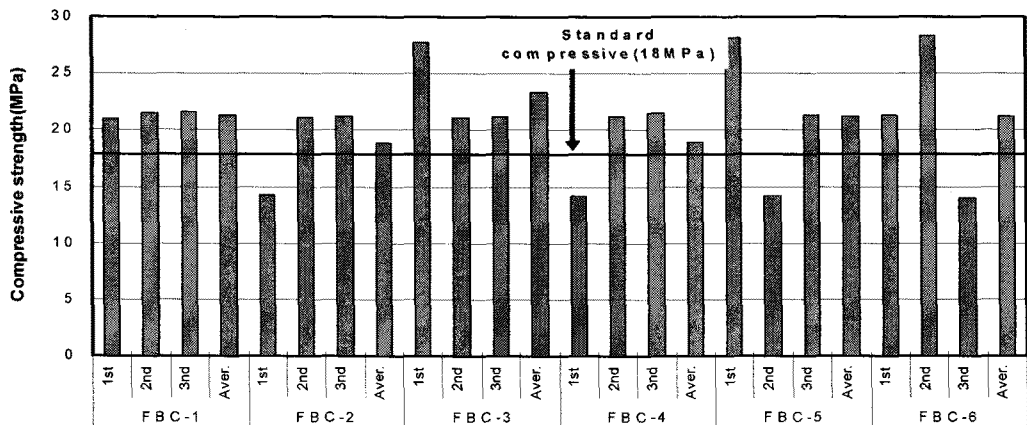


Fig. 1. Compressive strength of artificial lightweight aggregate.

3.2. 흡수율

Fig. 2는 인공경량골재의 흡수율을 측정한 결과를 나타낸 그림이다. 인공경량골재 시편의 흡수율을 측정한 결과 FBC-1~6까지 각각 35.0, 32.5, 36.5, 24.3, 28.0, 26.0%로 나타나 바닥재의 함유량이 증가할수록 흡수율을 감소하고 있으며, 또한 성형강도가 1.0ton일때에 비해 2.0ton에서의 흡수율이 낮은 것을 알 수 있다. 인공경량골재의 KS 규격은 KS F 2534에 규정되어 있는데, 흡수율에 대한 규격은 없는 실정이다. 그러나 일본의 인공경량골재인 메라사이트는 24시간 용침시 흡수율이 12% 이하로 규정하고 있다.

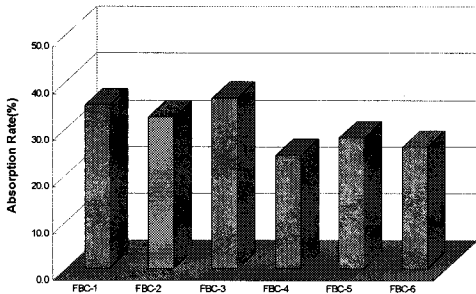


Fig. 2. Comparison of absorption rate of artificial lightweight aggregate.

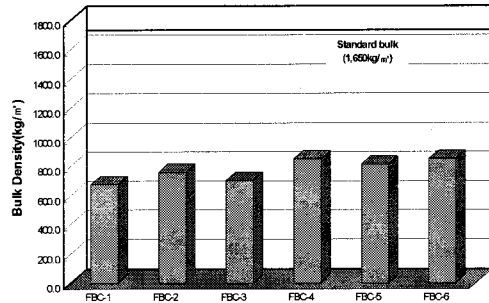


Fig. 3. Bulk density of artificial lightweight aggregate.

3.3. 단위용적중량

인공경량골재의 KS규격은 구조용 경량골재(KS F 2534)에 규정되어 있는데 굵은골재와 잔골재가 혼합되어 있을 때의 단위용적중량이 1,040 ton/m³이다. Fig. 3은 인공경량골재의 단위용적중량을 측정한 결과이다. 인공경량골재 시편의 단위용적중량 측정결과 FBC-1~6까지 각각 676.0, 759.8, 701.4, 849.3, 814.1, 849.3 kgf/m³으로 나타났다. 본 연구에서의 단위용적중량 측정결과 국내 인공경량골재 기준에 만족하지만 비교적 낮은 단위용적중량을 나타내었다. Fig. 3에서 바닥재 함유량이 많을수록 단위용적중량이 증가하였는데, 이는 비중이 큰 바닥재 함유량이 증가하기 때문에 증가하는 것으로 판단된다.

3.4. 중금속 위해성 평가

Table 5는 제조된 인공경량골재의 중금속 용출시험결과를 나타내어 준 것으로 모든 골재

Table 5. Heavy metal concentration of artificial lightweight aggregate in KSLT

(unit : ppm)

Item	Standard	FBC-1	FBC-2	FBC-3	FBC-4	FBC-5	FBC-6
Cr	1.5	0.388	0.020	0.032	0.034	0.018	0.028
Cu	3.0	0.108	0.094	0.095	0.227	0.092	0.100
Cd	0.3	0.001	0.001	0.003	0.016	0.002	0.001
Pb	3.0	0.017	0.017	0.068	0.076	0.146	0.077
As	1.5	0.005	0.023	0.015	0.006	0.032	0.005
Zn	-	0.050	0.113	0.197	0.197	0.356	0.191

에서 매우 저농도로 나타나 환경에의 위해성은 미미할 것으로 판단된다.

4. 요약

28 kHz 주파수, 조사강도 70 W/L, pH 7로 조정, 조사시간 5 min으로 전처리된 비산재를 사용하여 인공경량골재의 시편을 제조하여 압축강도, 흡수율, 단위용적중량을 분석하였다. 분석 결과 압축강도는 평균 18 MPa 이상으로 측정되어 기준인 18 MPa를 만족하였으며, 흡수율은 국내 기준은 없지만 일본의 기준인 12% 이하보다 매우 높은 흡수율을 나타내었다. 단위용적중량은 기준(1650 kgf/m³ 이하)에는 만족하지만 비교적 낮은 값을 보였으며, 중금속 용출시험결과 측정항목에서 매우 저농도로 나타나 환경상 위해성은 매우 미미할 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

- 이수구, 1999, 도시폐기물 소각재 처리현황 및 관리방안, 소각재 적정처리 대책마련을 위한 공청회, 서울특별시의회.
- 권영진, 이기강, 2004, 다공체 소지의 기공 특성 분석-경량골재에서의 기공지수 I_c 와 I_s 에 대하여, Journal of the Korean Ceramic Society, Vol. 41, No. 2, pp. 176~181.
- Y. J. Kim, K. G. Lee, et al., 2003, Effects of Additives and Sintering Method on the Properties of Light Aggregate Prepared from EAF Dust/Clay, J. Kor. Ceram. Soc., 40(3), 309-316.