

도석을 점결제로 사용한 하수슬러지 인공경량골재의 개발에 관한 실험적연구

An Experimental Study on the Development of Sewage Sludge Artificial Light-weight Aggregate Using Pottery Stone

정 의 승* **사 순 현**** **지 석 원***** **서 치 호******
 Jeong, ui-seung Sa, soon-heon Ji, suk-won Seo, chee-ho

Abstract

The purpose of this study is to produce artificial lightweight aggregate. The properties of aggregate are deducted by analysing the plasticity of aggregate according to the additive contents of CaCO₃ and Al₂O₃ on constant plastic temperature(1150℃~1160℃) and the specific gravity, the percentage of water absorbtion.

The density on the temperature of 1150℃~1160℃ which results from that the plastic temperature of pottery stone is decreased by increasing the additive contents of CaCO₃ and Al₂O₃ manufacturing artificial light weight aggregate using pottery stone is included in the arrange of light weight aggregate density. And the percentage of water absorbtion is 4.2~14% which is similar to or lower than existing artificial light weight aggregate. The unit volume weight is in inverse proportion to density and to increase additive contents of flux.

키 워 드 : 하수슬러지, 도석, CaCO₃, Al₂O₃, 인공경량골재,
Keywords : swadge sludgy, pottery stone, CaCO₃, Al₂O₃, artificial lightweight aggregate

1. 서 론

하수슬러지를 이용한 인공경량골재 개발은 환경적 측면과 기존
 의 고가에 수입되는 인공경량골재를 대체할 수 있는 고부가성적
 인 측면, 그리고 경량골재 제조 시 하수 슬러지를 혼입할 경우 유
 기물 성분의 발열에 의한 내부 가스 발생으로 순간적인 용융·발
 포로 기존 경량골재에 비해 비중과 소성에너지를 낮춰주는 등의
 효과로 인해 최근 많은 연구가 진행되고 있는 실정이다.

또한 본 연구에서 점결제로 사용하는 도석은 석영을 주 광물로
 하여 견운모와 점토광물 또는 알칼리 장석을 수반하는 광물로서
 그 화학성분은 광범위하지만 일반적으로 80%내외의 SiO₂와 4%
 내외의 알칼리 함유량과 함께 내화도 14~27정도를 갖는 광물로
 내화도가 낮은 도석의 경우 비교적 낮은 온도에서 소결되고, 그에
 따른 유리상의 출현으로 골재의 흡수율을 떨어뜨리고 강도를 높
 이는 효과를 가지고 있다

이에 본 실험에서는 폐기물인 하수슬러지와 도석을 이용하여
 일정한 온도(1150℃~1160℃)하에서 CaCO₃와 Al₂O₃의 첨가양

의 변화를 통한 경량골재의 기본 물성을 파악하고자 한다.

2. 재료의 특성

2.1 도석

도석은 국내 광업법상 법정광물의 하나인 고령토에 속하는 일
 종의 비공식 광석명이다. 이러한 도석은 내화도에 따라 그 성질이
 달라진다고 할 수 있는데, 비교적 내화도가 낮고 알칼리 성분이
 높은 장식질 도석과, 내화도가 높은 점도질 도석으로 분류된다.

본 실험에서 사용하는 충청도석은 비교적 낮은 내화도와 함께
 Na₂O의 함량이 2.2%로 장식질 도석에 속한다. 이러한 성분으로
 인해 충청도석은 1,200℃ 부근에서부터 melting 현상이 시작되
 어 소성온도가 올라갈수록 유리상이 다량 관찰되는 특징이 있어
 골재의 코팅효과로 흡수율을 낮게 할 수 있는 장점이 있다.

표 1. 충청도석의 화학적 구성성분

재료	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	TiO ₂	LOI
도석	78.7	10.98	0.19	0.34	3.61	2.2	0.14	0.06	12.8

* 건국대학교 건축공학과 석사과정
 ** 건국대학교 건축공학과 박사과정
 *** 인덕대학교 건축공학과 교수
 **** 건국대학교 건축공학과 교수

2.2 하수슬러지

본 실험에서 사용한 하수슬러지는 서울시 강남구 일원동에 위치한 T사의 하수처리장에서 탈수케 상태로 채취한 것으로 함수율 80%의 상태의 것을 사용하였다.

하수슬러지는 경량골재의 제조 시 높은 유기물 함량으로 인해 외부에서의 급열과 동시에 내부의 유기물질의 발열에 의해 골재 내부로의 열전달이 이루어져 소성 시간의 단축 및 소성온도를 낮출 수 있는 효과를 가져다 준다. 또한 유기성분의 발열에 의한 내부 가스발생으로 하수 슬러지의 혼입 양으로 골재의 밀도 감소에 영향을 미칠 것으로 기대된다.

표 2. 하수슬러지의 화학적 구성성분

재료	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	TiO ₂	MnO
슬러지	52.0	20.9	4.06	8.98	3.11	1.30	2.21	0.94	0.12

2.3 CaCO₃

골재의 발포 효과를 보는 발포제로는 일반적으로 CaCO₃, FeO₃, Graphite 등이 사용되는데, 이 중 CaCO₃는 소성과정 중 CO₂의 발생으로 인한 골재의 경량화에 도움이 된다. 또한 이한백 등의 골재개발 실험에 의하면 상대적으로 Fe₂O₃와 Graphite에 비해 많은 양의 기공이 생성되고, 폐기공이 많은 외각영역의 두께가 커서 소성 시 수축이 되는 성질의 도석을 사용하는 본 실험에서 팽창제로서 적합하다고 판단되었다.

2.4 Al₂O₃

골재 제조 시 하수 슬러지의 혼입은 그 양이 증가되면 소결과 정에서 과도한 액상이 생성되어 제품 불량률의 우려가 생길 수 있다. 또한 고온의 소성 시 기공 벽의 붕괴 및 이에 따른 기공의 병합현상이 일어나게 되는데, 이는 골재 강도에 영향을 미칠 뿐 아니라 개기공의 형성으로 단열이나 흡음성 등에도 좋지 않은 결과가 생길 수 있다. 이러한 현상에 대한 대책으로 Al₂O₃의 첨가는 과도한 액상현상을 막아주고, 점도를 높여주어 시편 형상이 고온에서도 무너지지 않게 해주는 역할을 해준다. 또한 기계적 강도의 상승과 폐기공 형성에도 영향을 미칠 것으로 판단된다.

3. 실험방법

3.1 골재의 배합 및 성형

인공경량골재 제조방법은 도석과 함수량 80%상태의 하수슬러지를 1:1 중량비에, CaCO₃와 Al₂O₃를 각각 3%~9%, 5%~15%를 첨가하여, 쟁기식 믹서기로 혼합 후, 절단하여 회전 드럼에서 굴러 구형으로 성형하였다. 그 후 성형체를 105℃±5℃에서 24

시간 건조하였으며, 건조된 성형체는 온도 850℃에서 투입하여 1,150℃가 될 때까지 승온 시키고 1,150℃~1,160℃에서 10분간 소성하였다. 경량골재 배합비는 다음 표 3과 같고, 배합과정은 다음 그림 1과 같다.

표 3. 경량골재 배합비

재료	도석(%)	하수슬러지(%)	CaCO ₃ (%)	Al ₂ O ₃ (%)
배합비율	100	100	3	0
				5
				10
				15
			6	0
				5
				10
				15
			9	0
				5
				10
				15

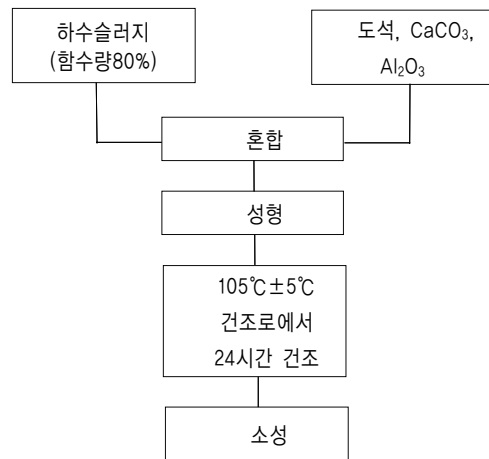


그림 1. 인공경량골재 제조과정

3. 결과 및 고찰

3.1 흡수율

CaCO₃의 첨가량에 따라 흡수율은 낮아지는 현상을 보였다. 특히 CaCO₃가 9%에서의 골재는 2.8~5.8%로 낮은 흡수율을 보였다. 이는 도석의 소성점 이하인 1150℃부근에서 CaCO₃의 양이 9%일 때 소성되어 골재 표면이 melting되기 때문이라고 판단된다.

한편, Al₂O₃의 첨가량이 흡수율에 미치는 영향은 C₃타입에서는 14~11.5%로, C₆타입에서는 12.3~10.9%로 첨가량이 증가할수록 다소 감소하는 경향을 보였고, C₉타입에서는 5% 첨가 시에 가장 낮은 2.8%의 흡수율을 나타내었으며, 이후 4.7%로 흡수율이 증가하는 것을 보였다.

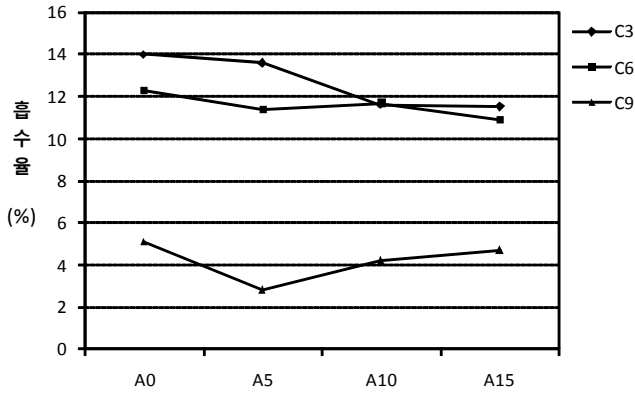


그림 2. 흡수율

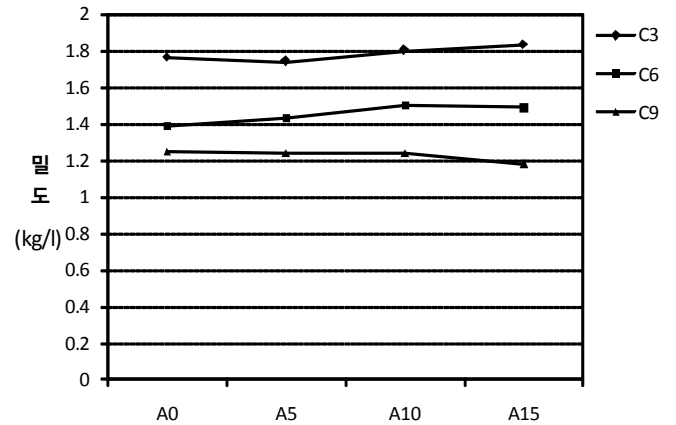


그림 4. 밀도

3.2 부피변화율

부피 변화율은 흡수율과는 반대로 CaCO₃의 첨가량이 증가할수록 부피변화가 커지는 것을 아래 그림 2.를 통해 알 수 있고, 이는 CaCO₃가 팽창제로써의 역할을 한 것에 원인이 있다 할 수 있다. 또한 Al₂O₃의 첨가에 따른 영향은 C₆타입에서는 부피변화가 소폭 상승하였으나, C₃과 C₉타입에서는 첨가량의 증가에 따라 평균적으로 부피 변화가 감소하는 경향을 보였다.

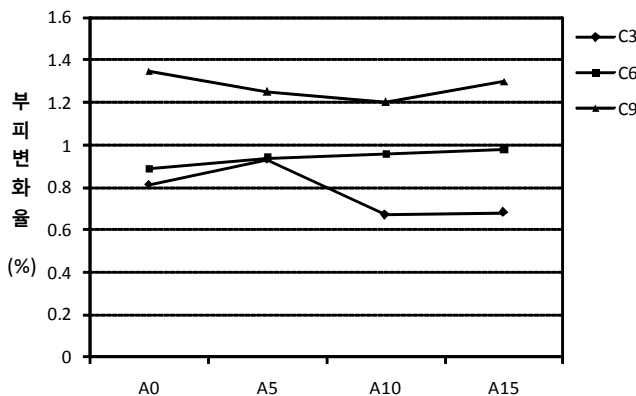


그림 3. 부피변화율

3.3 밀도

밀도는 CaCO₃의 첨가량이 증가할수록 낮아지는 경향을 보였다. 일반적으로 흡수율이 증가할수록 밀도는 낮아지는 경향을 보이나, 본 실험에서는 흡수율과 밀도가 같이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 CaCO₃의 첨가량에 따른 도석의 팽창과 소성정도에 따른 것으로 판단된다. 또한 Al₂O₃의 첨가량에 따른 밀도는 C₉타입에서는 골재의 밀도가 1.25~1.18kg/l 로 소폭 감소하는 경향을 보였으나, C₃와 C₆타입에서는 밀도가 증가하는 것을 보였다.

3.4 단위용적질량

단위용적질량 역시 CaCO₃의 첨가량에 따라 감소하는 경향을 보였다. 특히 C₉타입에서는 확연한 감소를 보였는데, 이는 CaCO₃의 혼입율에 따른 부피팽창에 기인한 것으로 판단된다.

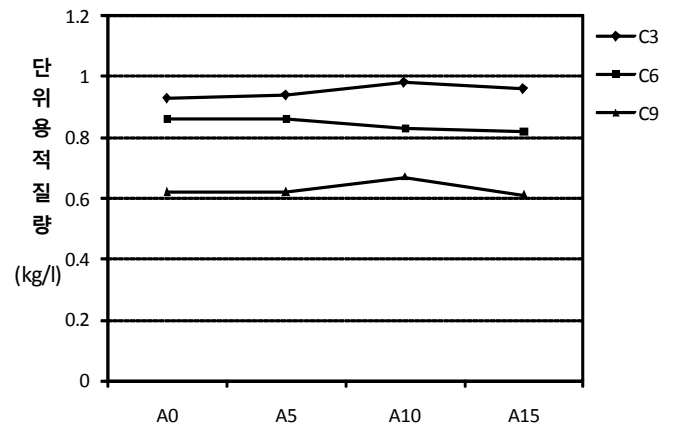


그림 5. 단위용적질량

4. 결론

일정한 온도 (1,150°C~1,160°C)에서의 도석을 활용한 하수슬러지의 인공경량골재 제조를 한 본 실험에서는 첨가된 CaCO₃와 양의 증가에 따라 도석의 소성점이 낮아지는 것에 기인하여, 흡수율은 4.2%~14%로 시중의 인공경량골재와 비슷하거나 낮은 흡수율을 나타내었고, 밀도는 1.18~1.83을 나타내어 경량골재에서 요구되는 밀도 안에 포함되었다.

또한 용제의 첨가량을 따른 골재의 melting 현상으로 추후 골재의 흡수율을 낮추기 위한 코팅 작업에 드는 경제적 시간적 노력이 감소할 것으로 사료되며, 이번 실험을 통하여 일정 소성온도에서 도석을 점결제로 한 하수슬러지 인공경량골재의 밀도, 단위용

적질량, 흡수율 등을 용제로 조절하여 구조용 골재로써의 활용과 비구조용으로써의 골재활용을 할 수 있으리라 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2005년도 건설기술혁신 연구개발사업(과제번호: 05건설핵심기술D-11)의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 경북지역의 도자기용 도석의 원광·소성특성. 세라미스트 제2권 제4권 1999.8
2. 김광수, 강승구 Clay/EAF dust계 시편의 소결과정 중 액상거동 제어.
3. 문경주 외, 하수 슬러지를 이용한 비구조용 초경량골재의 개발 한국콘크리트학회 봄 학술발표회논문집 제14권 제1호 pp619~624, 2002
4. 중공경량골재콘크리트의 특성에 관한 연구. 대한건축학회논문집: 계획계79('95.5)pp.209~215 1225~1674 KCI등재
5. Journal of Korean Growth and Crystal Technology Vol,15, No.2, pp.68~74, 2005