

건축 폐기물을 활용한 기능성 인공경량골재의 제조와 활용방안

전경무¹⁾* · 박옥분²⁾

서론

최근 산업화의 급속한 발전으로 환경 문제가 사회적인 이슈로 부각됨에 따라 건축 폐기물의 처리 문제에 많은 관심과 연구가 진행되고 있다. 또한 현대의 콘크리트 구조물의 거대화, 고층화와 더불어 그 하중도 계속 커지고 있으므로 구조물을 경량화 하려는 노력과 개발이 계속 진행되어 왔다. 구조물의 주재료로 사용되고 있는 콘크리트는 강도 및 내구성에 비해 하중이 크다는 결점을 가지고 있으므로 강하고 가벼운 고강도의 경량골재 콘크리트 개발이 행해져 왔다. 주된 방법으로는 콘크리트 중량의 많은 비중을 차지하는 골재를 가볍고 강한 골재로 바꾸는 인공경량골재의 개발이 오래 전부터 개발되어 활발히 제조 및 사용되고 있는 실정이다.

골재는 생산방식에 따라 천연골재와 인공골재(쇄석, 쇄사, 인공경량골재), 부산물골재(고로슬래그)로 분류되고, 채취장소에 따라 하천골재와 육상골재, 산림골재, 바다골재로 분류된다. 크기에 따른 분류로는 4.76mm체의 크기를 기준으로 이 체를 85%이상 통과하는 골재를 세골재, 이 체를 85%이상 남는 골재를 조골재라고 한다. 비중 2.0 이하의 골재를 경량골재와 초경량골재로 분류하고, 2.0~2.6 사이의 골재를 보통골재, 그 이상의 것을 중량골재와 초중량골재로 분류한다. 경량골재를 세분하자면 비중 1.1~1.4의 팽창혈암, 팽창점토, 소성 fly ash 등의 구조용 인공경량골재와 비중이 0.5~0.8의 소성규조토, 팽창진주암 등의 비구조용 인공경량골재, 부산물경량골재(팽창슬래그), 천연경량골재(화산석), 가공골재로 분류된다.

본 연구에서는 건축구조물의 하중을 줄이는 방안과 건축 폐기물인 콘크리트 구조물을 재활용하는 방안으로 구조용 조립형 인공 경량골재의 제조를 실시하였다. 또한 골재가 갖는 물리적 및 화학적 특성을 밝혀 구조용 골재로서의 타당성을 검증하고 중금속 흡착기능을 통한 광해지역 또는 중금속 오염지역의 오염제거용으로의 활용 방안을 고찰하였다.

연구방법 및 경량골재의 제조

본 연구에서 사용된 폐콘크리트는 건물 보수작업에서 철거되어 버려진 콘크리트 구조재를 사용하였고 고온 열처리용 발포제로는 음성의 흑색 세일을 사용하였다. 음성의 팽창성이 뛰어난 흑색 세일의 분포지역을 추적한 결과, 최소 지층의 두께가 150m, 연장이 1.5km, 개발가능 예상심도가 평균 50m 이상으로서 예상 매장량이 3000만 톤을 상회할 것으로 추정되기 때문에 발포제로서의 팽창성과 매장량 면에서 양호한 음성의 흑색 세일을 선정하였다.

시료는 X-선 형광 분석을 실시하여 주성분 원소의 화학성분을 분석하였다.

발포제와 폐콘크리트의 최적의 배합비율과 열 반응 조건을 확립하기 위하여 시료를 비율별로 나누어 고온열처리 팽창실험을 진행하였다.

고온열처리 전기로(Box furnace)에서의 실험결과는 폐콘크리트와 발포제의 배합비율이 9:1인 시료를 1125℃에서 팽창시킨 경우 기공의 크기가 미세한 것에서 1.68 mm까지 분포하나 주

주요어: 인공경량골재, 폐콘크리트, 중금속오염, 고온열처리, 흡수율

1) 충남대학교 지구환경과학과 (quanqw@cnu.ac.kr)

2) 충남대학교 지구환경과학과 (qkrdhrqnsz@hanmail.net)

로 0.24~0.68 mm의 것이 대부분이다. 그 비율이 8:2인 시료를 1130℃에서 팽창시킨 경우 기공은 미세한 크기에서 1.76 mm에 걸쳐 분포하며, 0.16~0.68 mm의 것이 우세하다. 7:3 시료를 1140℃에서 팽창시킨 경우 기공은 미세한 크기에서 0.96 mm에 걸쳐 분포하며, 0.24~0.48 mm의 것이 우세하다. 1:1인 시료를 1150℃에서 팽창시킨 경우 기공은 미세한 크기에서 1.12 mm에 걸쳐 분포하며, 0.24~0.56 mm의 것이 우세하다.

각각 부동한 열처리 과정을 거쳐 기공의 형태가 비교적 규칙적이며 분포가 비교적 균일하고 인공경량골재의 물리적 특성에 부합되는 최적의 열처리 과정은 배합비율이 1:1로, 열처리 온도는 1150℃이다.

인공경량골재의 양산은 채취된 시료를 분쇄와 성형과정을 거쳐 로타리 킬른(rotary tube kiln)에서 소성하여 제조하였다. 로타리 킬른은 예열부와 소성부, 냉각부로 구성되며, 각 시료의 소성 조건에 따라 시료의 투입 속도와 각 구간에 가해지는 온도, tube의 회전 속도가 부동하다. 시료는 페콘크리트와 흑색 세일을 1:1의 비율로 배합하여 24 inch pan type pelletizer에서 물과 polyvinyl alcohol 혼합액을 고결제로 사용하여 직경이 7~10mm의 pellet을 제작하여 24시간 동안 자연건조 하였다. 건조된 pellet을 1262℃, 회전속도 5RPM, 경사각을 1.6°로 하여 초당 pellet 4개의 투입 속도로 로타리 킬른에서 소성하였다.

인공 경량골재의 비중 및 흡수율은 KS F2533과 구조 재료 실험 방법에 따라 아래의 식과 같이 측정하였으며 각각의 시료를 5개의 평균값으로 비중 및 흡수율을 정량하였다.

$$\text{비중} = A(B-C), \quad \text{흡수율} = [(B-A)/A] * 100$$

A: 대기중 시료의 노건조 무게(g)

B: 대기중 시료의 표면 건조 포화상태의 무게(g)

C: 물속에서의 시료의 무게(g)

중금속 중에서 Cr⁶⁺를 선택하여 흡착실험을 진행하였다. 100mesh의 시료 5g를 채취하여 증류수와 1:300 비율로 희석하여 실험 액을 준비 하였다. 1ppm의 Cr⁶⁺측정을 위하여 0.084g의 K₂Cr₂O₇(potassium dichromate)을 준비하여 증류수와 1:300 비율로 취해진 비커에 magnetic stir와 함께 넣고, stir에 올려 magnetic stir가 용액을 잘 섞을 수 있도록 하여 실험을 시작하였다. 용액의 채취간격은 1, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 60, 120(2h), 360(6h), 720(12h), 1441(24h)분으로 하였고 정해진 시간 간격으로 용액을 채취하고 채취 시 0.45µm membrane 필터를 사용하여 용액을 걸렀다. 채취한 시간별 용액의 Cr⁶⁺의 흡착량 정량은 토양오염공정시험법에 기록된 1,5-Diphenylcarbohydrazide Method에 통해 크롬의 발색시료와 채취한 용액을 혼합하여 8분동안 발색시킨 후 540nm 파장으로 분석하여 흡착량을 측정하는 UV-spectrophotometer (Hack, DR-4000u)를 사용하였다.

토의 및 결론

1.인공경량골재 제조 원료의 특성

시료 제조시의 입도와 발포의 관계에서 입도가 80mesh 이하인 분말을 성구하여 건조시켰을 경우 pellet이 단단하지 못하여 전기로에 시료를 투하하는 과정에서 시료가 부서지는 경우가 발생하며 입도가 140mesh 이상일 경우 전기로에서 골재를 꺼내어 공기중에서 냉각시키는 과정에 균열이 발생한다.

따라서 페콘크리트와 세일시료를 분쇄기에서 파쇄하여 입도를 80-140mesh 사이로 선택하

여 비율별로 배합하여 제작한다.

2. 고온열처리 실험결과

고온열처리실험 결과 팽창온도는 세일과 페콘크리트의 배합 비율에 따라 1125~1150°C 범위를 보이며 1:1 배합 비율의 최적 온도는 1150°C이다. 골재의 기공은 형태가 비교적 규칙적이며 미세 크기에서 1.12 mm까지 분포하며 0.24-0.56mm 의 것이 우세하다. 페콘크리트는 SiO₂의 함량이 비교적 높아 제조된 골재의 내부까지 유리질화 되어 있고 금속광택과 어두운 회색을 띤다.

3.인공경량 골재의 물리적 특성

인공경량골재는 비중1.47g/cm³, 흡수율은 3.2%이고, 골재의 강도는 팽창후 냉각속도를 조절하여 용도에 따라 120~420kg/cm² 범위로 다양하게 제작가능하다. 이것은 KS F2523 경량골재의 규격에 부합되며 구조용 골재로서의 활용이 가능하다.

4. 중금속 흡착특성

Cr⁶⁺의 흡착성실험에서는 실험 시작 당시의 1ppm에서 60분경과 후 0.8ppm의 최소치를 보이는 것으로 평균 15% 이상의 흡착율을 보였다. 따라서 광해지역 및 중금속 오염지역에서의 중금속 오염 제거를 위한 용도로 활용가능 하다.

5. 투수성 도로포장재로서의 활용

페콘크리트 인공경량골재로 투수성 포장블록을 제조하여 활용함으로써 빗물의 효율적인 투수에 의한 우천시 쾌적 보행이 가능하며, 지하수 고갈화, 도시형 홍수 및 도시의 열섬화 현상을 저감할 뿐만 아니라 하수처리 시설의 부담을 경감시킬 수 있다.

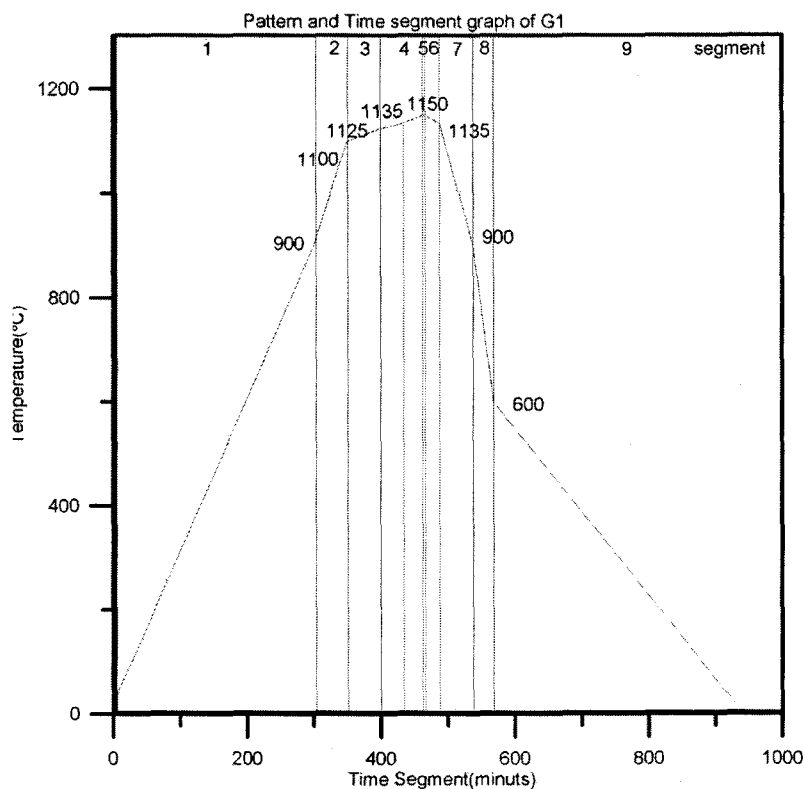


Fig.1 pattern and Time segment graph in bloating process