

중액선별에 의한 재생골재의 분리 특성

공경록, 박경섭, 강헌찬
동아대학교 지구환경공학부

Separation Characteristic of recycled aggregates by heavy-liquid separation

Kyoung-Rok Kong, Kyoung-Sub Park, Heon-Chan Kang
Department of Geo-Environmental Engineering, Dong-A University

1. 서론

2004년을 기준으로 우리나라의 재생골재 생산업체는 약 320여 곳이 있다고 보고되어져 있으며 재생골재 생산업체에서 생산된 재생골재들의 대부분이 천연골재와 비교하여 물성이 낮아서 성토재나 노반재로 일부만이 쓰일 뿐 대부분이 매립이나 야적이 되는 것이 현실이다. 이러한 원인으로는 생산된 재생골재에 부착된 시멘트페이스트 및 모르타르로 인한 이류와 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리 등이 혼재되어 있기 때문이라고 보고되고 있다.

생산된 재생골재 내에는 원골재에 부착되어 있는 모르타르의 양에 따라 모르타르가 거의 묻지 않은 재생골재로부터 모르타르만으로 이루어진 재생골재까지 그 성상이 다양하며 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리가 혼재된 상태로 되어있다. 이 중에서 모르타르가 거의 묻지 않은 재생골재는 천연골재와 비슷한 수준의 물성(밀도, 흡수율)을 가져 구조용으로 쓸 수 있을 것이란 판단에서 이들만을 분리·선별하는 것을 연구목표로 두고 그 기초연구로서 원골재에 모르타르가 묻은 양에 따라서 밀도차이가 나는 성질을 이용하여 비중선별 방법 중 중액을 이용한 방법과 의중액을 이용한 방법에 대한 연구를 진행하였다. 그리고 그 과정에서 재생골재에 혼재되어있는 불순물인 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들의 분리·선별 방법에 대한 연구도 함께 진행해 보았다.

2. 실험재료 및 방법

부산시 다대포의 장림공단 내에 있는 건설폐기물 처리업체인 S사에서 시료를 채취하였으며 S사에서 최종적으로 생산되는 13~45mm 재생골재를 이용하여 실험을 진행하였다.

재생골재의 밀도와 흡수율을 측정하여 재생골재의 원골재에 모르타르가 묻은 양에 따른 특성을 파악하였으며 그러한 성상에 따른 밀도차이를 이용하여 비중이 2.964인 중액을 사용하여 비중을 점차 희석시켜 나갈 때의 거동을 살펴보았다. 그리고 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들과 모르타르가 거의 묻지 않은 재생골재를 분리·선별하기 위하여 중액에서의 거동을 확인하였으며 비중이 5.1인 적철석(Fe_2O_3)분말을 이용하여 의중액을 제조하여 의중액에서의 거동도 확인하였다.

실험방법으로는 중액선별의 경우는 밀도차이에 의해서 분리한 재생골재의 상태(절건상태,

표건상태)를 달리하여 중액에 넣고 중액을 점차 희석시킬 때의 거동을 살펴보았으며 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들도 동일한 방법으로 진행하였다. 의중액을 이용한 방법으로는 물을 넣고 거기에 Fe_2O_3 를 넣는 방법으로 의중액을 제조하여 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리의 분리·선별에 관한 실험을 진행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 재생골재의 밀도

본 연구자들은 중액선별에 사용하기 위한 시료로 4.75~9.5mm의 체에 남는 시료를 모르타르가 묻어 있는 양에 따라서 육안으로 선별한 후 이들의 밀도를 측정하였다. 시료의 size가 작고 재생골재 하나만의 밀도를 측정하기 위하여 비중병을 이용하여 이들의 겉보기비중을 측정하였으며 그 결과를 Table 1.에 나타내었다. 그리고 재생골재 내에 혼재되어 있는 불순물인 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들은 13~45mm 재생골재에서 선별하여 이들의 밀도와 흡수율은 KS F 2503(굵은 골재의 밀도와 흡수율 측정)에 따라 측정하였으며 Table 2.에 나타내었다.

Table 1. Absolute density of recycled aggregates

시료번호	절건밀도 (g/cm ³)	시료번호	절건밀도 (g/cm ³)
1	2.80	13	2.31
2	2.75	14	2.30
3	2.72	15	2.28
4	2.61	16	2.26
5	2.58	17	2.24
6	2.53	18	2.20
7	2.48	19	2.19
8	2.44	20	2.18
9	2.38	21	2.16
10	2.40	22	2.12
11	2.36	23	2.10
12	2.33		

Table 2. Density and absorption of ASCON, tiles, cement mortars and red bricks

	표건밀도 (g/cm ³)	절건밀도 (g/cm ³)	진밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)
재생골재	2.69~2.62	2.64~2.56	2.79~2.74	2.05~2.60
아스콘	2.33~2.28	2.27~2.22	2.43~2.36	2.07~2.97
타일	2.21~2.12	2.10~2.02	2.35~2.21	5.13~6.21
모르타르 덩어리	2.16~2.05	1.98~1.92	2.37~2.28	9.26~9.89
적벽돌	2.17~2.13	1.94~1.90	2.42~2.39	9.96~9.66

3.2. 중액을 이용한 비중선별

골재는 골재의 내부공극에 수분을 함유하고 있는 상태에 따라서 절건상태, 표건상태, 기건상태로 나눌 수 있으며 이러한 상태에 따라서 골재의 밀도가 달라지며 본 연구자들은 재생

골재를 중액으로 선별할 때에 절건상태와 표건상태에 따라서 어떠한 차이가 있는지를 조사하기 위하여 Table 1.에서 나타난 23개의 재생골재를 최초 비중이 2.964인 중액에 넣은 후 점차 희석시켜 나갈 때의 거동을 살펴보았으며 그 결과를 Table 3.에 나타내었다.

Table 3. Heavy-liquid separation of recycled aggregates by oven-dry condition and Saturated surface dry condition

표건상태		절건상태	
중액의 비중	침강하는 재생골재 (시료번호)	중액의 비중	침강하는 재생골재 (시료번호)
2.78	1	2.80	1, 2, 3, 4
2.76	2	2.76	5, 6
2.72	3	2.70	7, 9
2.64	4	2.68	8, 10
2.62	5	2.66	11, 12
2.59	6	2.64	13
2.54	7	2.62	14
2.51	9	2.57	15, 16, 17
2.49	8, 10	2.52	18
2.48	11	2.51	19
2.45	12, 13, 14	2.44	20, 21
2.43	15, 16	2.34	22
2.40	17	2.33	23
2.38	18		
2.34	19		
2.32	20		
2.31	21		
2.26	22, 23		

Table 3.을 보면 표건상태, 절건상태에 따라서 중액에서의 가라앉는 비중이 다른 것을 볼 수 있으며 대체적으로 표건상태에 비해서는 절건상태에서 보다 높은 비중에서 가라앉는 것을 알 수 있다. 일반적으로 표건상태의 경우 절건상태에 비해서 내부의 공극에 수분을 함유하고 있기 때문에 좀 더 높은 밀도를 가진다. 그러나 절건상태 재생골재들의 경우 중액내에서 침강하거나 부유할 경우 내부공극으로 무거운 중액을 흡수하게 되어서 표건상태 보다도 더 높은 비중에서 가라앉게 되는 것을 볼 수 있었다.

그리고 재생골재 내에 혼재되어 있는 불순물인 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들과 모르타르가 거의 묻지 않은 재생골재들도 중액을 이용한 선별을 행하였고 골재들이 가라앉는 중액의 비중을 Table 4.에 나타내었다.

Table 4. Heavy-liquid separation of ASCON, tiles, red bricks, cement mortars

중액의 비중	비고(표건상태)
2.70~2.50	재생골재 침강
2.45~2.30	타일 침강
2.40~2.25	모르타르 덩어리 침강
2.30~2.20	적벽돌 침강
2.25~2.10	아스콘 침강

Table 4.에서 볼 수 있는 바와 같이 모르타르가 거의 묻지 않은 재생골재는 중액의 비중이 2.70~2.50에서 가라앉았으며 나머지 불순물들은 중액의 비중이 2.45이하에서 모두 가라

않는 것을 볼 수 있다. 따라서 중액의 비중을 2.5정도로 맞추면 재생골재는 가라앉히고 타일, 아스콘, 모르타르 덩어리들은 띄워서 이들 간에 분리·선별이 가능할 것으로 사료된다.

중액을 이용한 비중선별 방법을 통해서 모르타르가 거의 묻지 않은 재생골재만의 분리 가능성을 확인할 수 있었으나 이 방법을 현장에 적용시키기에는 골재의 상태에 따라서 목표하는 재생골재를 가라앉히기 위해 중액을 이용한 방법의 경우 경제성이 없으므로 본 연구자들은 의중액을 이용한 선별 방법에 대하여 생각해 보았다.

3.2. 의중액을 이용한 비중선별

우선 의중액이라 함은 비중이 낮은 물이나 다른 용액에 비중이 높은 매질을 섞은 후 잘 분산시키면 매질을 섞은 용액의 겉보기 비중이 올라간다. 이 때 매질이 분산되어 있는 상태의 용액을 의중액이라 하며 매질로는 고체입자를 사용하는 것을 말한다.

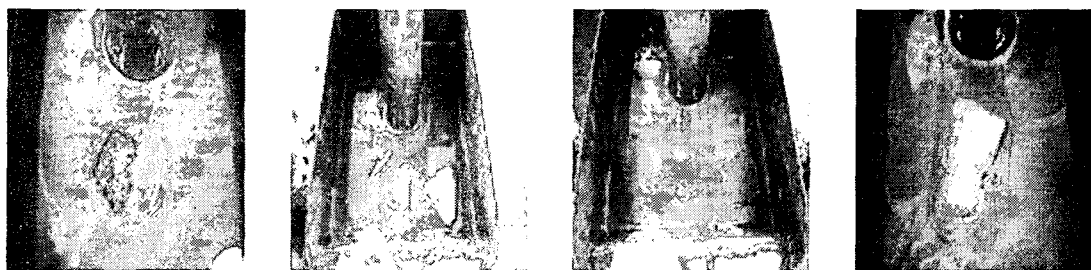
본 연구자들은 Fe_2O_3 (비중 : 5.17)를 중액재로 사용하고 용액으로는 물(비중 : 1)을 사용하여 의중액을 제조하였으며 의중액에 매질을 잘 분산시키기 위하여 일정한 속도로 회전하는 텐버 부선기를 사용하였다. Table 2.에서 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들의 절건밀도를 살펴보면 아스콘 $2.27\sim 2.22g/cm^3$, 타일 $2.10\sim 2.02g/cm^3$, 적벽돌 $1.94\sim 1.90g/cm^3$, 모르타르 덩어리 $1.98\sim 1.92g/cm^3$ 의 절건밀도를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 따라서 이들 중에서 모르타르가 거의 묻지 않은 재생골재만을 분리·선별할 수 있는 가능성을 확인하고자 의중액의 목표비중을 2.3으로 맞추어서 비중이 2.3보다 높은 재생골재는 침강시키고 비중이 2.3보다 낮은 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들은 부상시키기 위한 실험을 진행하였다.

그리고 의중액의 목표비중인 2.3을 맞추기 위해서 Fe_2O_3 의 양과 물량의 결정은 (1)식을 이용하여 결정하였다.

$$R = \frac{100W}{A + (100 - A)W} \quad (1)$$

(단, R : 의중액의 목표비중, W : 매질의 비중, A : 의중액 100g 중의 매질의 g수)

비중이 2.3인 의중액을 만들기 위해서 Fe_2O_3 를 매질로 이용하여 의중액을 제조하였다. 이 때 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리를 분리하기 위해서 이들의 상태를 절건상태로 만들어서 의중액에 넣어 보았을 때의 모습을 Fig. 1.에 나타내었다.



a. ASCON b. Tile c. Red bricks d. Cement mortar

Fig. 1. Heavy-medium separation of ASCON, tiles, red bricks, Cement mortar

Fig 1.은 비중이 2.3인 의중액에 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들을 넣었을 때의 모습이며 모두가 의중액의 상부에 가라앉지 않고 떠있는 것을 확인할 수 있었다. 이는 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리 모두가 의중액의 비중인 2.3보다는 낮기 때문에 이러한 결과를 나타내는 것이다. 그러나 모르타르가 거의 묻지 않은 재생골재의 경우는 의중액의

비중인 2.3보다는 높기 때문에 가라앉는 것을 확인할 수 있었다.

의중액의 경우는 절건상태로 재생골재, 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리를 투입하였고 중액을 이용한 선별과는 달리 내부공극에 물은 들어갈지라도 물보다 무거운 매질은 들어가지 않아서 실제 골재들의 침강과 절건비중에는 큰 차이가 없는 것으로 사료된다.

의중액을 이용한 비중선별 실험을 통해서도 모르타르가 거의 묻지 않은 재생골재와 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들의 분리·선별이 가능함을 확인 할 수 있었으며 의중액을 이용한 비중선별에 대하여 보다 많은 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결론

중액과 의중액을 이용한 비중선별 실험을 통해 다음의 결과를 얻을 수 있었다.

- (1) 재생골재, 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리의 밀도를 비교해 볼 때 밀도는 재생골재, 아스콘, 타일, 모르타르 덩어리, 적벽돌의 순으로 낮아진다는 것을 알 수 있었다.
- (2) 중액을 이용한 비중선별시 재생골재의 상태가 절건상태일 때 재생골재의 내부공극으로 중액을 흡수하여 표건상태보다 높은 비중에서 가라앉는 것을 알 수 있었다.
- (3) 중액을 이용하였을 때에는 중액의 비중이 2.70~2.50에서 재생골재가 가라앉았으며, 중액의 비중이 2.45~2.30에서는 타일이 가라앉았으며, 2.40~2.25에서는 모르타르 덩어리가, 2.30~2.20에서는 적벽돌이 가라앉았으며, 2.25~2.10에서 아스콘이 모두 가라앉는 것을 알 수 있었다.
- (4) 아스콘, 타일, 적벽돌, 모르타르 덩어리들의 절건밀도는 2.3이하이며 비중이 2.3인 의중액에서는 모두 의중액의 상부에 가라앉지 않고 떠있는 것을 확인할 수 있었다.

5. 참고문헌

- (1) Von P. Grubl, M.Ruh, "Use of Recycled Concrete Aggregate", German Committee for Reinforced Concrete, 11~12 November 1998.
- (2) S. HU, B. FIRTH, A. VINCE and G. LEES, "Prediction Of Dense Cyclone Performance From Large Size Density Tracer Test", Minerals Engineering, Vol. 14, No. 7, pp. 741-751 2001.