

재활용플랜트에서 생산되는 재생골재의 품질현황에 관한 기초적 연구

A Fundamental Study on the Quality of Recycled Aggregate Produced in Recycling Plant

강 희 관* 박 선 규* 신 흥 철* 김 규 용** 김 무 한***
Kang, Hee Kwan Park, Sun Gyu Shin, Hong Chol Kim, Gyu Yong Kim, Moo Han

ABSTRACT

The reuse of waste concrete may settle the problems of environmental pollution and critical shortage of good natural aggregate. But recycled aggregate particles consist of substantial amount of relatively soft cement paste component. These aggregates are more porous, and less resistant to mechanical actions than natural aggregate. And the source of supply for manufacturing recycled aggregate is generally composed of different types of original aggregate and strengths of original mortar. The properties of recycled aggregate exhibit a considerable variation due to the properties of original concrete.

This paper is an experimental study on the fundamental properties of recycled aggregates sampled from processing plant in the suburbs of TaeJeon

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

폐기콘크리트를 콘크리트용 골재로 재활용하는 것은 자원 및 에너지 절약, 폐콘크리트의 불법 매립 및 투기에 따른 건설공해의 방지 측면에서 매우 중요하다. 그러나 폐기콘크리트를 이용하여 제조한 재생골재는 일반적으로 천연쇄석의 형상과 유사하지만 비중, 흡수율, 세척손실량 및 불순물의 함유량 등에서 상대적으로 불리하다. 또한, 파쇄기의 종류, 파쇄횟수 및 원콘크리트의 물성에 따라 재생골재의 물성 및 품질의 변동 폭이 천연골재에 비하여 매우 크다. 따라서, 폐기콘크리트를 파쇄하여 제조한 재생골재를 콘크리트용 골재로 재이용하는 기술을 개발하기 위하여는 재생플랜트로부터 실제 출하되고 있는 재생골재의 품질을 조사·파악하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 재생세·조골재를 1996년 9월부터 1997년 4월까지 재생골재 제조현장에서 주 1회 정도의 간격으로 채취하여 실험을 행하여 재생골재의 각종 기초물성 및 품질을 기존의 문헌을 통하여 비교·분석하여 재생골재의 품질변동수준을 파악함으로써 재생골재의 이용가능성 검토 및 재활용에 있어서의 문제점을 분석한 후, 건설산업폐기물의 효율적인 재활용방안을 제시하고자 한다.

- 1) * 정회원, 충남대학교 대학원 석사과정
- 2) ** 정회원, 충남대학교 대학원 박사과정
- 3) *** 정회원, 충남대 건축공학과 교수, 공학박사

2. 사용재료 및 실험방법

2.1 재생골재의 제조

재생골재의 제조 플로우는 그림 1과 같고, 제조 플로우 과정은 대략 다음과 같다.

- ① 해체현장에서 브레이커를 이용하여 500mm 정도의 크기로 거칠게 분쇄한 후, 재생플랜트로 운반한다.
- ② 분쇄물에 섞여있는 흙, 목재, 금속류, 플라스틱 등의 이물질을 분리·제거한다.
- ③ 임팩트크러셔(Impact Crusher)로 파쇄하고 자선기 등으로 철근조각을 제거한 후, 각 체의 치수별 체분석을 행하여 재생골재를 생산한다.

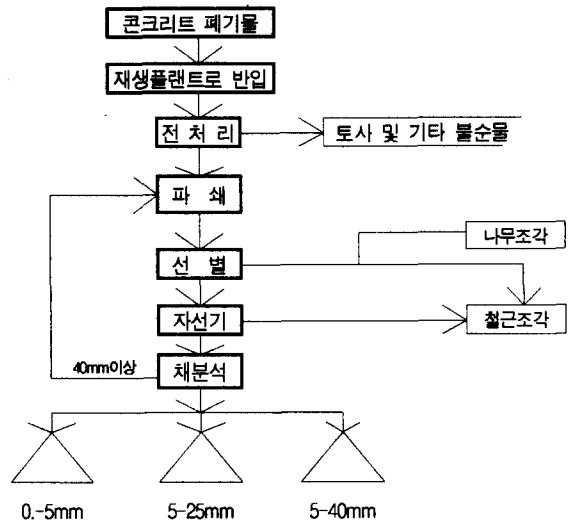


그림 1 재생골재의 제조과정

2.2 시료의 채취

매회 실험에 필요한 시료는 그날에 제조한 재생골재를 조골재는 70kg, 세골재는 50kg을 채취하여, 불순물(목편, 종이, 철근 플라스틱 등)을 제거하고 사용하였다. 불순물은 목편이 대부분이었고 그 양은 미소하였다.

채취한 재생조·세골재는 체분석 실험 및 씻기실험을 행하는 것 이외의 시료는 물로 세척을 행하고, 건조기에서 절건을 하여 사용하였다.

2.3 실험항목 및 실험방법

실험항목은 콘크리트용 골재의 품질을 평가하는 시험중에서 골재의 입도, 비중, 흡수율, 씻기손실량, 단위용적중량, 파쇄율 등을 행하였고, 실험방법은 표 1과 같이 KS에 준하여 행하였다. 또한 재생세·조골재의 품질규준은 표 1 및 표 2와 같이 日本建設省建築研究所의 「再生骨材品質規準(案)·同解説」에 근거하였다.

표 1 재생골재의 실험항목 및 품질기준

실험항목	실험방법	항목	재생세골재	재생조골재
골재의 입도 및 조립율시험	KS F 2502	절건비중	2.2 이상	2.0 이상
굵은골재의 비중 및 흡수율 시험	KS F 2503	흡수율(%)	7.0 이하	13.0 이하
잔골재의 비중 및 흡수율 시험	KS F 2504			
골재의 단위용적중량 및 실적을 실험	KS F 2505	씻기손실량(%)	1.0 이하	8.0 이하
골재의 씻기손실량 시험	KS F 2511			
골재의 파쇄율 시험	KS F 2541	실적율(%)	53.0이상	-

표 2 재생골재의 입도분포

골재의 종류 및 최대치수		체의 치수 및 체 통과 중량백분율 (%)									
		30	25	20	10	5	2.5	1.2	0.6	0.3	0.15
재생 조골재	25mm	100	90~ 100	50~ 90	10~ 60	0~ 15	0~ 5	-	-	-	-
재생세골재		-	-	-	100	90~ 100	60~ 100	30~ 90	15~ 65	5~ 30	0~ 20

3. 실험결과와 분석 및 검토

재생세·조골재의 기초물성에 관한 실험결과는 표 3, 4와 같다.

표 3 재생세골재의 각종 품질시험결과

표 4 재생조골재의 각종 품질시험결과

평가항목 로트수	질 건 비 중	흡수율 (%)	단위용적 중량(kg/l)	실적율 (%)	셋기손 실량(%)
1회	2.10	8.90	1.50	65.30	7.00
2회	2.20	5.02	1.41	63.86	5.90
3회	2.36	6.50	1.42	60.08	4.50
4회	2.29	7.50	1.44	62.88	7.00
5회	2.16	6.82	1.34	62.04	10.50
6회	2.05	10.52	1.32	64.39	6.20
7회	2.32	5.60	1.38	59.48	4.60
8회	2.38	5.50	1.48	62.18	8.40
9회	2.30	6.00	1.46	63.48	7.30
10회	2.35	5.20	1.44	61.28	5.60
11회	2.10	7.50	1.52	64.21	5.60
12회	2.03	11.28	1.32	60.55	7.90
13회	2.05	8.00	1.48	66.97	9.50
14회	2.30	6.50	1.39	60.43	11.80
15회	2.39	6.28	1.38	57.74	6.70
16회	2.35	11.28	1.37	58.30	5.90
17회	2.33	10.26	1.38	59.23	1.70
18회	2.38	8.00	1.48	69.40	9.50
19회	2.36	6.50	1.39	67.50	11.80
20회	2.33	6.28	1.38	59.23	7.00
21회	2.32	11.28	1.44	62.23	5.20
22회	2.33	10.26	1.37	58.96	6.50
23회	2.37	8.78	1.37	57.96	6.70
24회	2.33	10.26	1.38	59.26	1.75
25회	2.34	11.33	1.52	64.74	11.90
최고치	2.39	11.33	1.52	69.40	11.90
최저치	2.05	5.02	1.32	57.74	1.70
평 균	2.29	8.05	1.41	62.07	7.06
표준편차	0.10	2.13	0.06	3.10	2.65
변동율(%)	2.23	1.83	8.53	3.81	37.58

평가항목 로트수	질 건 비 중	흡수율 (%)	단위용적 중량(kg/l)	실적율 (%)	셋기손 실량(%)	파쇄율 (%)
1회	2.38	5.73	1.39	58.40	0.80	27.50
2회	2.34	5.00	1.39	59.27	0.58	27.70
3회	2.39	5.49	1.40	58.37	0.50	27.20
4회	2.26	5.73	1.32	58.41	1.00	28.10
5회	2.23	6.14	1.28	57.40	1.28	30.10
6회	2.33	5.11	1.38	59.23	2.50	28.40
7회	2.30	5.80	1.36	59.13	0.90	29.20
8회	2.37	4.90	1.39	58.65	0.52	28.00
9회	2.34	5.20	1.38	58.97	0.75	27.40
10회	2.28	6.02	1.32	57.89	1.80	29.60
11회	2.32	6.05	1.40	60.50	2.40	27.80
12회	2.34	5.78	1.42	60.82	3.04	26.80
13회	2.21	6.80	1.35	61.09	1.90	29.40
14회	2.25	5.80	1.25	55.56	1.50	30.55
15회	2.33	6.05	1.36	58.37	2.75	26.82
16회	2.33	5.78	1.35	57.94	1.78	28.26
17회	2.33	6.57	1.34	57.51	0.39	27.54
18회	2.34	6.05	1.35	57.50	1.90	30.11
19회	2.33	5.78	1.33	56.80	1.50	29.33
20회	2.34	6.57	1.38	59.23	2.75	28.95
21회	2.33	5.91	1.36	58.12	0.54	28.55
22회	2.33	6.56	1.37	58.80	0.33	30.51
23회	2.32	6.80	1.36	58.62	2.74	29.88
24회	2.34	5.80	1.35	57.88	0.39	29.44
25회	2.34	5.98	1.49	63.68	1.30	28.55
최고치	2.39	6.80	1.49	63.68	3.04	30.55
최저치	2.21	4.90	1.25	55.56	0.33	26.80
평 균	2.32	5.90	1.36	58.73	1.43	28.86
표준편차	0.04	0.50	0.05	1.55	0.86	1.12
변동율(%)	4.26	26.47	4.02	1.84	60.06	3.91

3.1 입도

그림 2는 재생세·조골재의 입도분포곡선을 나타낸 것으로 재생세골재의 경우 대체로 표준입도분포곡선에 만족하는 성상을 보이고 있으며, 주로 표준입도곡선의 하단부분에 분포되고 있다. 재생조골재의 경우에는 전반적으로 표준입도곡선에서 벗어나는 경향을 보이고 있어 표준입도에 드는 골재를 제

조하기 위해서는 파쇄장비의 파쇄간극 조정이나 파쇄횟수 및 정밀한 체가름 과정의 수행이 필요할것으로 판단된다.

3.2 비중 및 흡수율

일반적으로 재생골재의 절건비중은 원콘크리트에 사용된 골재의 비중보다 작고 재생조골재는 콘크리트의 비중에서, 재생세골재는 모르타르의 비중에 가깝다. 재생세·조골재의 비중을 나타낸 그림 3에서 보는 바와 같이 재생세골재는 대체로 2.0~2.4의 분포를 보이고 있으며, 재생조골재는 2.2~2.4로

서 재생골재의 품질기준인 재생세골재 2.0이상, 재생조골재 2.2이상에 모두 만족하는 수준이다. 그러나, 재생세골재의 경우 로트에 따른 편차가 크게 나타나 품질관리에 주의하여야 할것으로 사료된다.

흡수율의 변화는 그림 4에서 보는 바와 같이 재생세골재의 경우 5.0~12.0%의 분포를 보여 기준치인 13.0%에 만족하는 수준이며, 재생조골재는 5.0~7.0%내외로 기준치인 6%를 다소 상회하는 경우도 있으나 그의 변동폭이 적게 나타났다. 이와같이 재생조골재가 재생세골재의 경우보다 변동폭이 적게 나타나는 이유는 재생골재중의 모르타르분이 재생세골재에 많이 함유되어 있기 때문으로 사료된다.

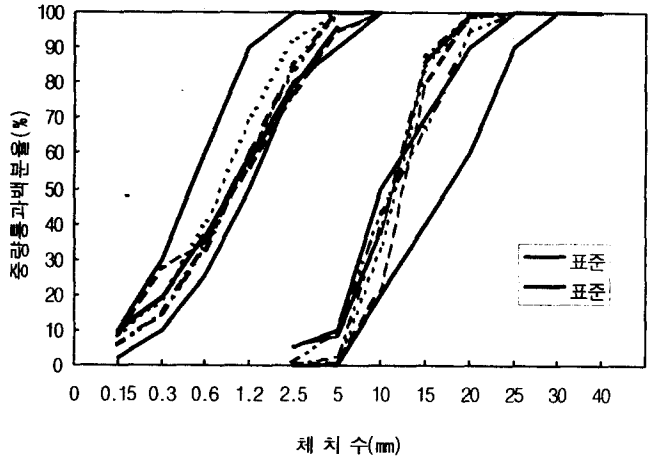


그림 2 재생세·조골재의 입도분포곡선

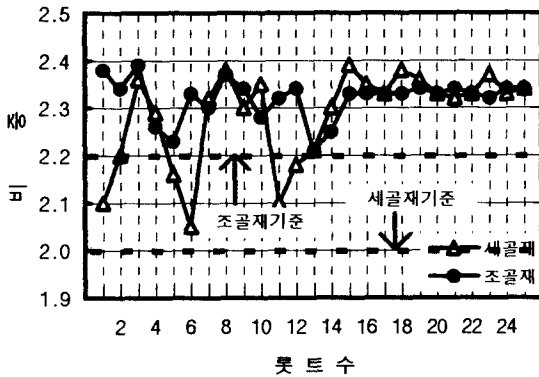


그림 3 재생세·조골재의 비중 시험결과

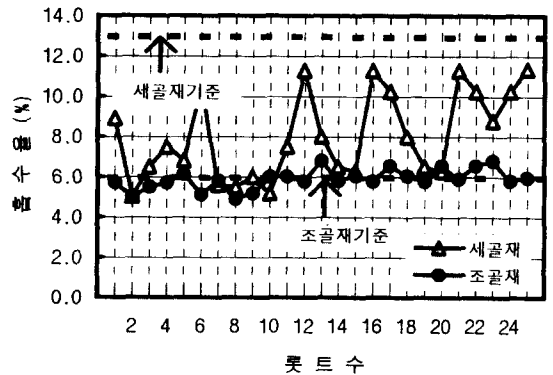


그림 4 재생세·조골재의 흡수율 시험결과

3.3 단위용적중량 및 실적율

재생골재의 단위용적중량을 나타낸 그림 5에서 보는 바와 같이 재생세골재의 경우 1.30~1.50kg/l로서 재생조골재 1.25~1.45kg/l 보다 다소 높게 나타나고 있는데 이는 그림 6 재생골재의 실적율에서 보는 바와 같이 재생세골재의 실적율이 58~69%로 재생조골재의 56~63%보다 다소 높았기 때문으로 사료된다. 또한 재생골재의 실적율은 기준치인 53%보다 높은 성상을 보이고 있다.

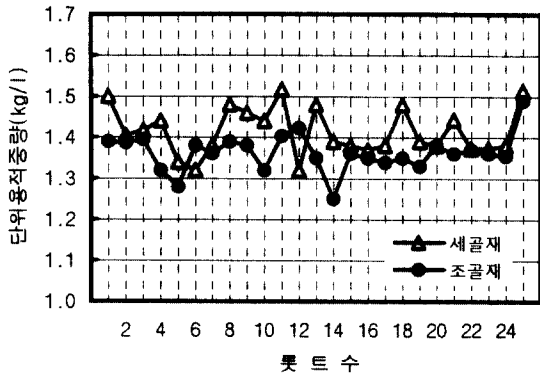


그림 5 재생세·조골재의 단위용적중량 시험결과

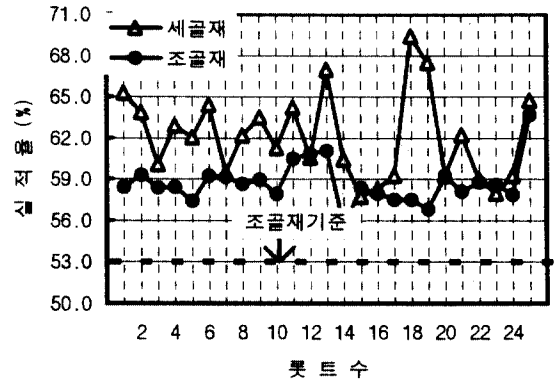


그림 6 재생세·조골재의 실적용 시험결과

3.4 씻기손실량

재생세·조골재의 씻기손실량을 나타낸 그림 7에서 보는 바와 같이 재생세골재의 경우 2.0~12.0%의 범위를 보이고 있으며, 재생조골재의 경우 0.4~3.0%의 범위에 분포하고 있다. 이는 재생세골재의 씻기손실량 8.0%이하, 재생조골재 1.0%이하의 기준치를 벗어나는 경우도 보이고 있다. 또한 재생세골재의 경우 로트에 따른 편차가 크기는 10%까지 보이고 있어 재생골재의 품질관리를 위해서는 폐기콘크리트의 반입시 혼입되는 건설토사를 비롯한 미·세립분에 대하여 선별채취 및 살수, 미립분의 제거 등이 요구된다.

3.5 파쇄율

재생골재의 모암강도를 간접적으로 알아보기 위한 골재의 40 ton 파쇄율 시험을 행한 후 그의 결과는 그림 8에 나타내었다. 기존의 연구보고에 따르면, 일반천연쇄석은 17~20%, 인공경량골재는 35~40%정도이며, 재생조골재는 25~35%의 범위이나 본 연구에서는 약 27~31%의 범위에 분포하고 있다. 즉, 천연쇄석 보다 약 10%정도 높고, 인공경량골재보다는 약 10%정도 낮은 수준을 보이고 있다.

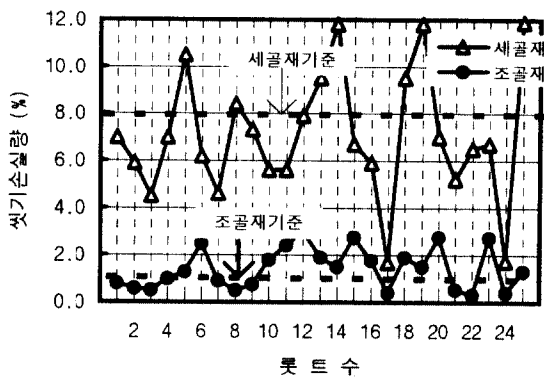


그림 7 재생세·조골재의 씻기손실량 시험결과

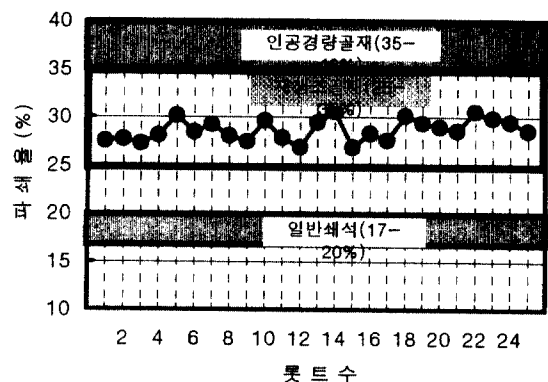


그림 8 재생세·조골재의 파쇄율 시험결과

3.6 변동율

그림 9는 재생세·조골재의 물성시험에 대한 변동율을 나타낸 것이다. 비중, 단위용적중량, 실적율, 파쇄율 등에서는 변동율이 5% 미만으로 안정적인 반면에 재생세골재의 흡수율은 26.5%, 재생세·조골재의 씻기손실량은 각각 37.5, 60%로 매우 높게 품질의 변동율을 보이고 있다. 따라서 재생골재의 제조에 이용되는 폐기콘크리트의 선별체취 및 살수 등을 통한 토사 및 미립분의 제거가 필요할 것으로 사료된다.

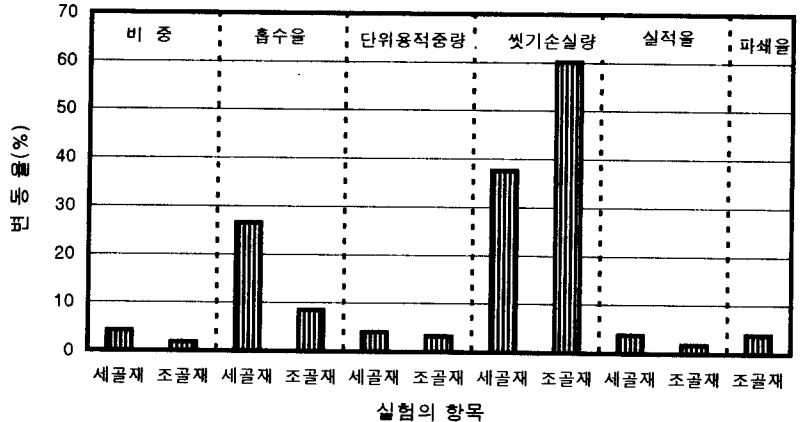


그림 9 재생세·조골재의 각종 물성시험의 변동율

4 결 론

실제 플랜트에서 폐기콘크리트를 재활용하여 제조한 재생세·조골재의 각종 기초물성을 비교·분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 재생골재의 입도분포는 재생세골재의 경우에는 표준입도곡선에 만족하는 성상을 보이고 있으나, 재생조골재는 다소 벗어나는 경향을 보이고 있어, 파쇄장비의 파쇄간극 조정이나 파쇄횟수 및 정밀한 체가름 등을 통한 조정이 필요한 것으로 나타났다.
- 2) 재생세·조골재의 비중, 흡수율, 단위용적중량, 실적율 및 파쇄율의 변동율은 5% 미만으로 안정적이지만, 흡수율 및 씻기손실량에서는 매우 높은 변동율을 보이고 있다..
- 3) 씻기손실량 시험은 재생조·세골재 모두 기준치에서 벗어나는 경향을 보이고 있으며, 품질의 변동이 심하여 재생골재의 제조시 폐콘크리트의 선별 및 살수 등을 통하여 토사 및 미립분의 제거가 필요할 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 建設省建築研究所：『廢棄物の建設事業への再利用技術に関する研究』1987.3, pp.117-167
2. (財)國土開發技術研究センター：『再生コンクリートの 利用技術の 開發』 1994.3, pp.351-369
3. 飛坂基夫 外：『實機プラントにおける再生コンクリートの 製造・工程管理』日本建築學會大會學術講演梗概集, 1996.9, pp 389-392
4. 道正泰弘 外：『原コンクリートの性質が再生コンクリートの品質に及ぼす影響』日本建築學會構造系論文集, 第 485号. 1996.7 pp1-10
5. 金 武韓：構造材料實驗方法論, 學文社