

재생골재의 입도분포에 따른 특성 연구

공경록, 안성열, 강헌찬
동아대학교 지구환경공학부

The Characteristic Study by Particle size and Distribution of Recycled Aggregates

Kyoung-Rok Kong, Sung-Yul An, Heon-Chan Kang
Department of Geo-Environmental Engineering, Dong-A University

1. 서론

일반적으로 재생골재는 부착된 시멘트 페이스트 및 모르타르로 인해 천연골재에 비해 흡수율, 비중, 마모율 등 골재로서의 일반적인 특성이 낮으며, 이러한 재생골재를 사용한 재생 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 단위수량이 증가하여 내구성을 나타내는 동결융해저항성, 건조수축, 화학저항성 등이 저하하는 것으로 보고되고 있다. 따라서 재생골재를 콘크리트 구조체에 전량 또는 부분적으로 치환했을 경우, 천연골재에 비해 취약하여 콘크리트 구조체의 역학적 성능과 내구성이 저하되는 문제점이 발생할 것으로 예상된다.

천연골재의 경우 강자갈이나 강모래의 채취는 이미 거의 끝이 난 상태에서 바다모래와 천연자원을 훼손시키면서 산을 깎아 골재를 채취해야 하는데, 신도시 건설, 재개발, 재건축 등 건설공사의 증가에 따른 천연 골재의 수요 급증으로 2003년도 골재 수요량이 2억 4천만^m을 기준으로 할 때 천연골재 채취로 인해 연간 여의도 면적의 103배에 달하는 산림과 자연환경이 파괴되는 결과를 가져오고 있다. 그러므로 앞으로 천연골재의 생산에 큰 어려움이 예상된다. 따라서 건설폐기물을 재생골재로 활용할 수 있는 기술의 개발은 매립지의 수명 연장 과 산림과 자연환경파괴를 줄일 수 있는 의미 있는 일이라 할 수 있다. 따라서 정부에서는 건설폐기물의 재활용 촉진법을 제정하는 등 많은 노력을 기울이고 있으나 국내에서 생산되는 건설폐기물의 재생골재의 품질이 대부분 등급 이하의 저급 수준으로 실제 수요자들이 쓸 수 없는 실정이다.

따라서 본 연구자들은 재생골재와 재생잔골재를 사용하기 위한 재생골재와 재생잔골재의 특성조사와 물리적 특성 개선을 위한 기초연구를 진행하였다.

2. 실험재료 및 방법

부산시 다대포의 장림공단 내에 있는 건설폐기물 처리업체인 S사에서 시료를 채취하였다. Fig. 2.1. 은 S사의 생산공정도이며, Fig. 2.1.에서 ①~⑩의 번호는 각각의 시료를 채취한 곳을 표시한 것으로 번호에 해당하는 각각의 공정은 Table. 2.1과 같다.

Table 2.1.에서 ①~⑩까지의 시료들을 체가름 하였으며 이후 파쇄기에 따른 입도분포의 변화를 확인하여 알아보았다. 그리고 13~45mm 재생골재와 0~30mm 토분을 KS F 2573(콘크리트용 재생골재)에 따라 최종 생산된 재생골재를 규격과 비교하였으며, 파쇄과정을 거침에

따라 폐콘크리트가 파쇄되는 과정을 알아보았다.

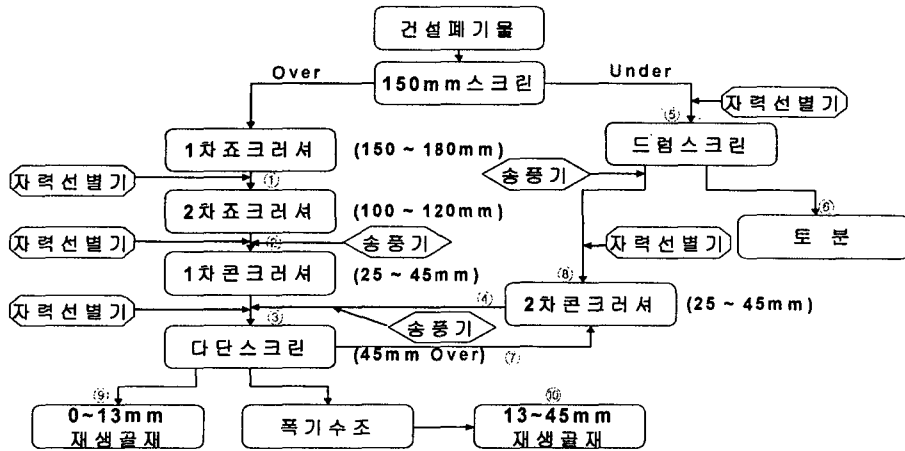


Fig. 2.1. Producing process of recycled aggregates in 'S' company

Table 2.1. List of samples by producing process

No.	Sample name	size(mm)
①	1차 조크러셔 후 시료	150~180
②	2차 조크러셔 후 시료	100~120
③	1차 콘크러셔 후 시료	25~45
④	2차 콘크러셔 후 시료	25~45
⑤	150mm 체 under size 시료	150
⑥	드럼스크린 선별 후 over size 시료(0~30mm 토분)	30
⑦	다단스크린 선별 후 over size 시료	13, 45
⑧	드럼스크린 선별 후 under size 시료	30
⑨	0 ~ 13 mm 재생골재	최종산물
⑩	13 ~ 45 mm 재생골재	최종산물

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 1차 및 2차 조크러셔의 파쇄특성

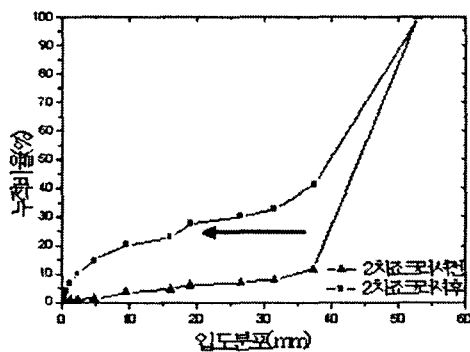


Fig. 3.1. Variation of size by second Jaw crusher(before·after)

Fig. 3.1.은 조크러셔 후의 입도분포를 나타낸 것이다. 우선 1차 조크러셔의 입도변화는 Fig. 2.1.에서 보면 알 수 있듯이 150mm스크린의 oversize로서 이들이 파쇄되어 Fig. 3.1.과 같이 53mm size이상의 것들은 88.17%로 되었고, 그 이하 size에 약간 분포하는 것을 알 수 있다.

2차 조크러셔 전과 후를 비교하면 53mm size이상 시료의 경우 88.17%에서 58.55%로 29.62%가 감소하는 것을 볼 수 있다. 이 때 S사에서 실제 재생골재로 생산하고 있는 0~13mm의 시료와 13~45mm 시료의 함량변화를 살펴보면 1차 조크러셔 후 1.27%와 6.69%의 함량이었던 것이 2차 조크러셔 후 14.57% 및 18.27%로 13.3%와 11.58%씩 증가 되었다.

3.2. 1차 및 2차 콘크리셔의 파쇄특징

Fig. 3.2.는 1차 콘크리셔 이후의 입도분포의 변화를 나타내었다. 1차 콘크리셔에서 53mm size 이상 시료의 변화는 58.55%에서 3.29%로 54.63%가 감소되는 것을 볼 수 있으며 0~13mm의 시료와 13~45mm 시료의 함량변화는 2.04%와 21.4%에서 25.73%와 70.35%로 각각 5.69%, 48.95%로 증가하는 것을 알 수 있다.

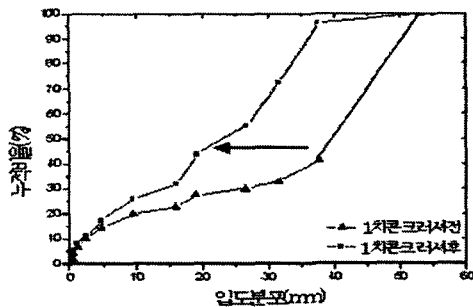


Fig. 3.2. Variation of size by first cone crusher(before·after)

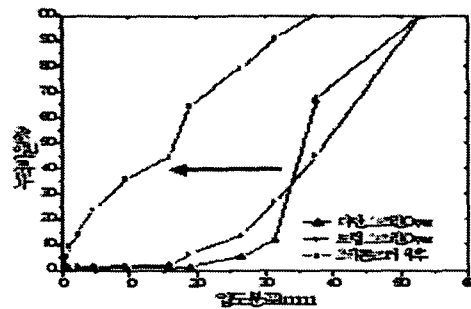


Fig. 3.3. Variation of size by second cone crusher(before·after)

Fig. 3.3.은 2차 콘크리셔 이후의 입도분포의 변화를 나타낸 것으로 Fig. 2.1.에서 알 수 있듯이 투입 시료가 드럼스크린 Oversize와 다단스크린 Oversize, 2가지이며 이들의 53mm size 이상의 입도변화는 31.19%와 53.88%가 53mm이하 size로 전부 파쇄된 것을 알 수 있다. 드럼스크린 Oversize의 경우 0~13mm의 시료와 13~45mm 시료의 함량변화는 0.82%, 64.06%에서 35.72%, 63.9%로 증가하였고 다단스크린 Oversize의 경우는 1.49%와 43.35%에서 35.72%, 63.9%로 각각 증가하는 것을 알 수 있다.

또한 드럼스크린 Oversize의 경우 19~53mm 이상의 입도구간에서 시료의 함량이 무려 96.92%에 달하며 그 중 53mm이상의 시료는 53.88%가 존재하고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 2차 콘크리셔의 파쇄에 의한 입도변화를 살펴보면 37.5mm이상의 시료들은 파쇄되어 그 함량이 감소하고 그 이하의 시료들의 함량은 증가하는 경향을 확인 할 수 있었다.

3.3. 파쇄에 의한 시멘트페이스트 분리 효과

재생골재의 생산공정에서 폐콘크리트 덩어리가 호퍼에 투입되어 파쇄 되면 원골재와 시멘트페이스트 덩어리 및 원골재에 시멘트페이스트가 붙어있는 골재가 생산되며, 그와 함께 모래와 시멘트페이스트 가루가 잔골재로 생산된다. 따라서 본 연구자는 각각의 공정에서 채취한 시료들을 시멘트페이스트가 거의 묻지 않은 것부터 100%시멘트페이스트 만으로 이루어진 골재들을 육안 선별하여 5단계 - 0%, 20%, 50%, 80%, 100%로 선별하였다. 여기서 %는 원골재 : 시멘트페이스트의 함유량의 비이며 이는 본 연구자들이 육안으로 선별하였다. 단, 선별작업 중 9.5mm size미만의 것들은 육안 선별이 어려워 9.5mm size이상의 것들만 선별하였다.

Fig. 3.4.는 육안으로 선별한 시료들 중에서 시멘트페이스트의 함량이 50%이하의 것들의 함량비를 나타낸 것이다. 이를 보면 투입호퍼에 폐콘크리트 덩어리가 투입되어 파쇄과정을 통과하는 동안의 변화를 보면 1차 조크리셔 → 2차 조크리셔 → 1차 콘크리셔 → 다단스크린 → 13~45mm 재생골재의 과정을 거칠 때 8.35% → 12.68% → 13.76% → 23.61% → 23.67%로 점차 높아지는 것을 알 수 있다.

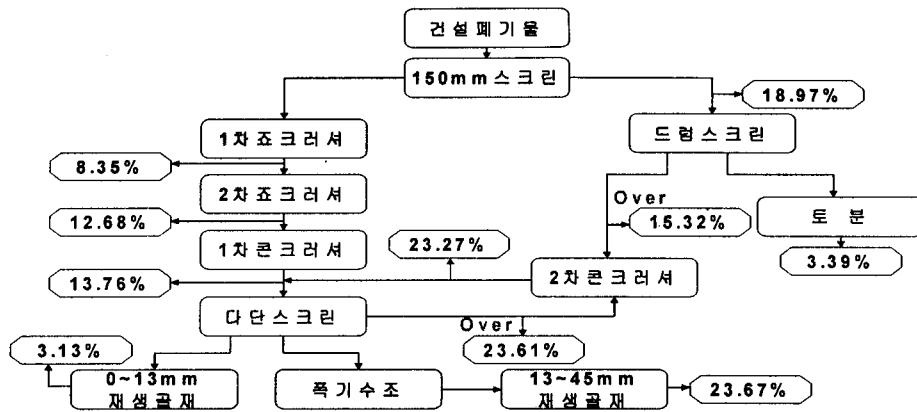


Fig. 3.4. Separation effect of cement paste by crushing

그리고 1차 콘크러셔에서 다단스크린을 통과하고 13~45mm 재생골재로 가는 공정과 1차 콘크러셔에서 다단스크린 oversize로 가는 경우 그 함량이 13.76%에서 23.67%와 23.61%로 되어 각각 약 10%정도 증가한 것을 볼 수 있다. 이는 폐콘크리트 덩어리가 파쇄 되는 과정에서 9.5mm size이하의 시멘트페이스트가 많이 생겨나서 13mm스크린을 통과하기 때문에 시멘트페이스트 함량이 50%이하의 것들이 13~45mm 재생골재와 다단스크린 oversize에서 급격히 늘어난 것이라 사료된다.

3.4. KS F 2573에 따른 재생골재 Size의 비교

Table 3.2. Comparison of recycled aggregates size by KS F 2573

재생굵은골재				재생잔골재			
체의 크기 (mm)	KS F 2573 (%)	체의 크기 (mm)	13~45mm 재생골재 (%)	체의 크기 (mm)	KS F 2573 (%)	체의 크기 (mm)	0~13mm 재생골재 (%)
5	0~5	5	5.14	0.15	2~10	0.15	3
10	10~30	10	10.93	0.3	10~30	0.3	22.63
20	35~70	20	50.16	0.6	25~60	0.6	48.77
40	95~100	40	94.83	1.2	50~85	1.2	71.59
50	100	50	100	2.5	80~100	2.5	89.02
.	.	.	.	5	95~100	5	98.97
.	.	.	.	10	100	10	100

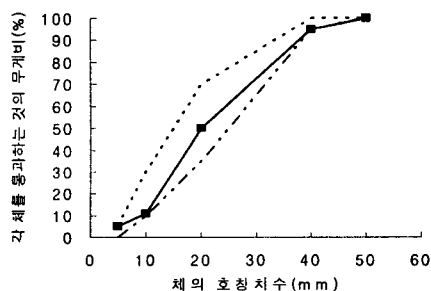


Fig. 3.5. Standard of coarse recycled aggregates size(13~45mm)

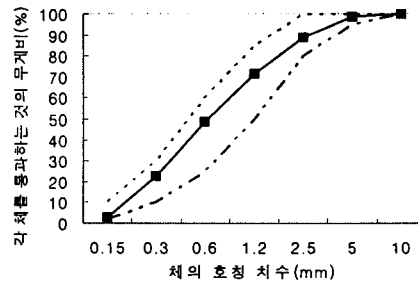


Fig. 3.6. Standard of fine recycled aggregates size(0~13mm)

이상에서 파쇄기에 따른 입도변화를 살펴보았는데 실제로 재생골재 생산공정에서 시료의 최종산물인 0~13mm의 재생골재와 13~45mm의 재생골재가 KS F 2573(콘크리트용 재생골재)에 명시되어 있는 재생골재 및 재생잔골재의 규격에 적합한지 분석하여 Table 3.1.과 Fig. 3.5. 및 Fig. 3.6.에 나타내었다.

Fig 3.5.과 Fig. 3.6.는 최종 생산물 중 13~45mm 재생골재와 0~13mm 입도를 KS규격과 비교한 것으로 그래프에서 볼 수 있는 바와 같이 규격의 범위 내에 존재하고 있음을 확인할 수 있다.

4. 결론

건설폐기물의 품질확보와 재생골재의 수요를 촉진할 수 있는 방안에 대한 기초자료를 확보하는 차원에서 현재 생산되고 있는 재생골재의 파쇄기에 따른 입도분포 변화 및 폐콘크리트가 파쇄되는 과정을 분석해본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 파쇄기에 의한 입도변화에서 S사에서 생산하고 있는 재생골재의 입격인 0~13mm 시료와 13~45mm 시료의 함량변화는 1차 조크러셔 파쇄 후 1.27%와 6.69% 이었던 것이 2차 조크러셔 후 14.57% 및 18.27%로 증가되었고 1차 콘크러셔 파쇄 후 16.93% 및 55.34%로 증가되어 파쇄기에 의한 파쇄증감은 각각 15.66% 및 48.65%가 증가됨을 알 수 있었다.

2. 본 연구자가 육안으로 식별하여 시멘트페이스트 함량에 따라 선별하였을 때 함량이 50%이하의 시료들은 1차조크러셔 → 2차조크러셔 → 1차콘크러셔 → 다단스크린 → 13~45mm 재생골재의 과정을 거칠 때 8.35% → 12.68% → 13.76% → 23.61% → 23.67%로 점차 높아지는 것을 알 수 있다.

3. S사의 생산공정에서 시료의 최종산물인 0~13mm의 재생골재와 13~45mm의 재생골재가 KS F 2573(콘크리트용 재생골재)에 명시되어 있는 재생골재 및 재생잔골재의 규격에 적용 하였을 때 규격에 적합하다는 결론을 얻었다.

5. 참고문헌

- 1) 코오롱건설외, 폐콘크리트의 재활용기술개발 방안에 관한 연구, 한국자원재생공사, 1996.
- 2) 연세대학교, 폐콘크리트를 이용한 재생골재의 표준화 및 품질평가시스템, 국립기술품질원, 1998.
- 3) T.C.Hansen, Recycling of demolished concrete and masonry, report of technical committee 97-DRC demolition and reuse of concrete, E&FN SPON, 1992.
- 4) Ravindrarajah, R.S. and Tam, C.T., Method of improving the quality of recycled aggregate concrete, Ibid. 135, pp 575 ~ 584.
- 5) Hasaba S., Kawamura M., Toriik K., et al., Drying shrinkage and durability of concrete made of recycled concrete aggregate translation of Japan Concrete Institute, 3, pp 55 ~ 60, 1981.