

건설폐기물 처리 현장에서 파쇄기에 따른 입도분석

강진구, Ganbileg Gayabazar, 강헌찬
 동아대학교 지구환경공학부

Analysis of size distribution by crusher in construction wastes

Kang Jin-Gu, Ganbileg Gayabazar, Kang Heon-Chan
 Department of Geo-Environmental Engineering, Dong-A University

1. 서론

국내에서 발생되고 있는 건설폐기물은 2001년 현재 약 40,000천톤으로 추정되며 1일 평균 약 110천톤의 건설폐기물이 발생되고 있는 실정으로 이중 폐콘크리트의 양은 연간 18,000천톤 규모가 발생되고 있고 이를 재생하여 13,000천톤 규모의 재생골재를 생산하는 것이 가능한 것으로 추정되고 있다. 그리고 2001년 현재 국내의 골재 소비량은 3억 4천만톤에 달하는 것으로 추산되고 있으며 따라서 재생골재의 생산 가능량은 총 골재 소비량의 4%에 해당하는 규모이나, 건설현장에서 재생골재의 사용을 기피하고 있어 수요 확대에 많은 문제점이 있다.

또한 현재 생산되고 있는 재생골재는 천연골재에 비하여 비중이나 흡수율, 내구성 등의 품질 측면에서 다소 열악하기 때문에 도로용 기층재 등으로는 사용이 가능하나, 레미콘 등 콘크리트 제조용 골재로는 아직까지 사용하는 것이 부적절한 것으로 평가되고 있다.

따라서 현재 재생골재에 대한 연구는 대부분 레미콘이나 콘크리트 제조시 재생골재의 사용이 가능한지 아닌지에 대한 것에 국한되어 있어 실제로 파쇄에 따른 특성 및 공정에 따른 입도의 변화와 그에 대한 효율문제에 관한 연구는 전무한 실정이다.

그러므로 본 연구자들은 건설폐기물의 품질확보와 더불어 재생골재의 수요를 실질적으로 촉진할 수 있는 방안에 대한 기초자료를 확보하는 차원에서 현재 생산되고 있는 재생골재의 생산공정 및 파쇄기 종류에 따른 입도분포 및 비중, 흡수율을 분석하여 보았다.

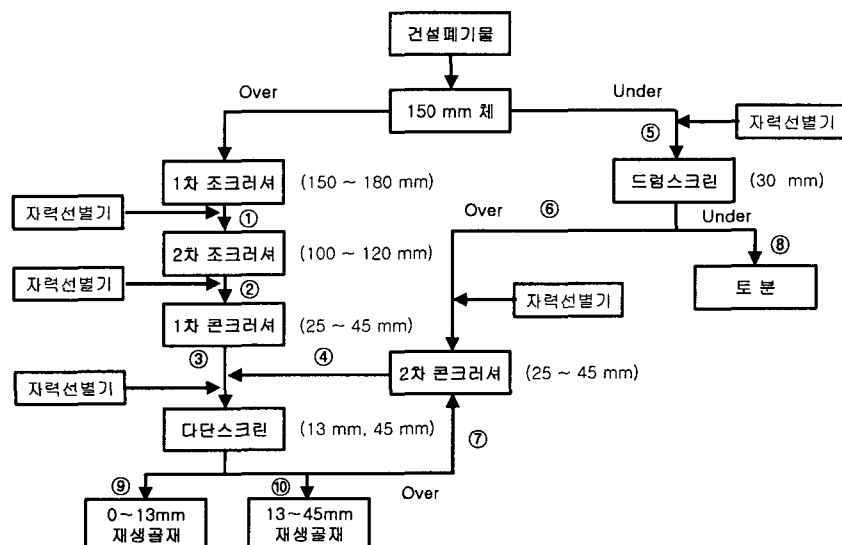


Fig. 2.1. Producing process of recycled aggregates in 'S' company

2. 실험방법 및 재료

본 연구에서 사용한 실험재료는 부산시에 위치하고 있는 S사에서 생산되는 재생골재를 대상으로 하였으며 실험방법은 KS F 2501(골재의 시료 채취 방법)에 따라 우선 S사에 설치되어 있는 생산공정 및 제품으로 생산되는 재생골재에 대해 시료를 채취하였다. 그리고 KS F 2502(골재의 체가름 시험 방법) 및 KS F 2573(콘크리트용 재생골재)에 따라 채취된 시료의 입도분석과 또한 파쇄기의 종류에 따른 입도분석을 하였으며 그 과정에서 각 공정별로 시료를 sampling하여 KS F 2503(굵은 골재의 밀도 및 흡수율 시험 방법)과 KS F 2504(잔골재의 밀도 및 흡수율 시험 방법)에 따라 시료들의 비중 및 흡수율을 분석하였고 KS F 2576(재생 골재의 이물질 함유량 시험 방법)에 따라 최종 생산된 재생골재 내에 포함되어 있는 불순물의 부피를 측정하여 이물질의 함유량을 측정하였다.

S사의 재생골재 생산공정도는 Fig. 2.1.와 같으며 채취된 시료는 Table 2.1.에 나타내었다.

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	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. 생산공정 및 생산된 재생골재의 입도분석

재생골재의 입도분포는 원 콘크리트의 품질, 파쇄기의 종류 및 파쇄방법 등 다양한 요소에 의해 영향을 받는다. 따라서 먼저 S사에서 생산되고 있는 재생골재 및 각 생산공정에 따

Table 3.1. Size distribution in the individual producing process(wt%)

구간(mm)	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
0-0.15	0.05	0.26	0.40	0.24	2.78	0.13	0.09	7.20	1.29	0.08
0.15-0.3	0.07	0.69	0.39	0.94	3.91	0.20	0.08	7.20	1.71	0.52
0.3-0.6	0.09	1.00	2.09	2.11	5.46	0.26	0.10	12.21	19.63	1.01
0.6-1.18	0.14	2.05	2.19	2.10	5.63	0.20	0.09	13.65	26.14	0.92
1.18-2.36	0.29	2.73	2.56	3.72	5.59	0.15	0.09	13.06	22.82	0.57
2.36-4.75	0.33	3.24	3.39	5.11	7.98	0.13	0.09	16.27	17.43	0.99
4.75-9.5	0.30	4.60	5.91	9.37	8.86	0.14	0.15	19.61	9.95	5.79
9.5-16	2.26	5.47	8.80	12.13	5.68	0.28	0.13	8.59	1.03	24.01
16-19	1.03	2.70	6.04	8.79	4.46	0.31	0.00	1.18	·	15.22
19-26.5	1.50	4.97	11.67	19.75	6.61	4.46	0.25	1.03	·	23.97
26.5-31.5	0.67	2.46	11.68	14.61	4.51	7.21	3.94	·	·	12.18
31.5-37.5	1.21	2.67	17.15	11.82	3.18	13.07	5.36	·	·	8.52
37.5-53	3.65	8.60	23.81	8.93	6.51	18.30	54.51	·	·	5.17
53이상	88.17	58.55	3.92	·	27.20	53.88	31.19	·	·	·

라 채취된 시료의 입도를 분석하여 보면 Table 3.1.과 같다.

여기서 우선 생산공정을 간략히 2 part로 분리하여보면 150mm over size 시료와 150mm under size 시료로 나누어지는데 150mm over size의 시료를 파쇄하는 공정을 A공정이라고 하고 150mm under size 시료를 sieving 하는 공정을 B공정으로 할 때 A공정은 “1차 조크러셔 → 2차 조크러셔 → 1차 콘크러셔 → 다단스크린 (feed back)→ 2차 콘크러셔 → 다단스크린” 으로 설명할 수 있고 B공정은 “드럼스크린 → 2차 콘크러셔 → 다단스크린 (feed back)→ 2차 콘크러셔 → 다단스크린”으로 설명할 수 있다.

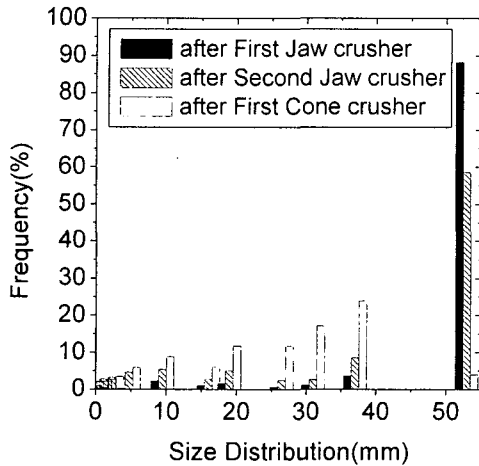


Fig. 3.1. Variation of size by first Jaw crusher, second Jaw crusher and first Cone crusher

우선 A공정에서 파쇄기에 의한 입도변화를 살펴보면 Fig. 3.1.와 같다.

Table 3.1.과 Fig. 3.1.에서 볼 수 있는 바와 같이 파쇄기에 의한 입도변화 특성은 53mm size 이상의 시료의 감소와 그 이하 size 시료의 증가이다. 53mm size 이상(즉 53mm 체에 남는)의 시료의 변화를 자세히 살펴보면 1차 조크러셔의 경우 88.17%가 2차 조크러셔에서는 58.55%로 29.62% 감소되는 것을 볼 수 있고 1차 콘크러셔에서는 3.92%로 54.63% 감소되는 것을 볼 수 있으며 이 과정에서 총 84.25%가 파쇄되어 under size가 되는 것을 확인할 수 있다. 그리고 그 이하의 size에서는 19~53mm의 입도범위에서 시료의 함량이 약 10~20% 정도가 증가되었으며 0~16mm의 입

도범위에서는 약 2~6% 정도가 증가되는 것을 확인할 수 있다.

이때 S사에서 실제 재생골재로 생산하고 있는 0~13mm의 시료와 13~45mm의 시료의 함량변화를 살펴보면 1차 조크러셔 파쇄 후 각각 1.27%와 6.69%의 함량이었던 것이 2차 조크러셔 후 14.57% 및 18.27%로 13.3%와 11.58%씩 증가되었으며 1차 콘크러셔 후는 16.93% 및 55.34%로 2.36% 및 37.07%씩 증가되어 실제 0~13mm의 시료의 증가량은 15.66%이고 13~45mm의 시료의 증가량은 48.65%인 것을 확인할 수 있다.

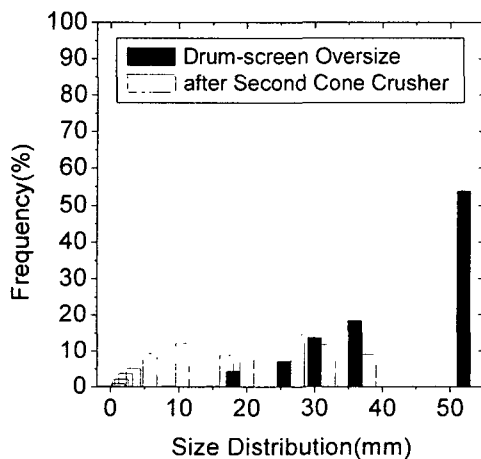


Fig. 3.2. Variation of size after second Cone crusher about oversize of Drum-screen

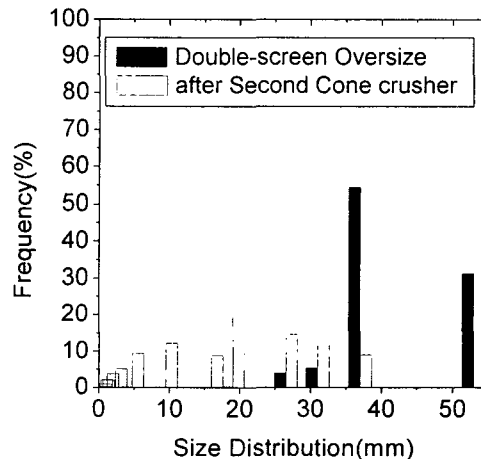


Fig. 3.3. Variation of size after second Cone crusher about oversize of Double-screen

또한 B공정에서 드럼스크린 및 다단스크린 선별 후 over size에 대한 2차 콘크리셔의 파쇄에 따른 입도변화를 살펴보면 Fig. 3.2. 및 Fig. 3.3.과 같다.

먼저 Fig. 3.2.를 살펴보면 드럼스크린 over size 시료의 경우 19~53mm 이상의 입도구간에서 시료의 함량이 무려 96.92%에 해당하는 것을 볼 수 있으며 그중에서 특히 53mm 이상의 시료는 53.88%가 존재하고 있는 것을 볼 수 있다. 따라서 2차 콘크리셔의 파쇄에 의한 입도변화를 살펴보면 31.5mm 이상의 시료들은 파쇄되어 함량이 감소하고 그 이하의 시료들의 함량은 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 이를 좀더 자세히 살펴보면 53mm 이상의 시료의 경우 2차 콘크리셔에 의해 모두 파쇄되어 파쇄후 잔여함량은 0%가 되며 이때의 감소량은 53.88%임을 알 수 있고 37.5mm 이상의 시료함량은 18.30%에서 8.93%로 9.37% 줄어들었음을 알 수 있다. 그리고 그 이하의 함량에서의 입도변화는 4.75~31.5mm 입도범위에서는 약 9~15% 정도가 증가되는 것을 알 수 있고 0~4.75mm 입도범위에서는 약 0.1~5%가 증가되는 것을 확인할 수 있다.

그리고 재생골재로 생산되고 있는 0~13mm 범위의 시료는 1.21%에서 23.59%로 22.38% 증가되는 것을 알 수 있고 13~45mm 범위의 시료는 25.33%에서 67.1%로 41.77%가 증가되는 것을 알 수 있다.

이어서 다단스크린 over size에 대한 2차 콘크리셔의 파쇄효과는 Fig. 3.3.에서 볼 수 있는 바와 같고 여기서도 드럼스크린의 경우와 유사하게 31.5mm 이상의 시료들은 대폭 감소되고 그 이하의 시료들은 증가하는 경향을 확인할 수 있다.

마찬가지로 좀 더 자세히 살펴보면 53mm 이상의 시료의 경우는 31.19%가 파쇄되어 그 이하의 size가 됨을 알 수 있고 특히 37.5mm 이상의 시료의 경우 드럼스크린에서는 54.51%나 존재하고 있으나 2차 콘크리셔에 의해 45.58%가 파쇄되어 8.93%만 남아있는 것을 확인할 수 있다. 그리고 그 이하의 입도범위에서는 4.75~37.5mm 에서 약 6~20%정도 증가되는 것을 볼 수 있고 0~4.75mm에서는 약 0.1~5%정도가 증가되는 것을 볼 수 있다.

또한 0~13mm 입도범위의 시료함량의 경우는 2차 콘크리셔에 의해 9.68%에서 23.59%로 증가되어 13.91%가 증가되는 것을 알 수 있고 13~45mm의 입도범위에서는 0.69%에서 67.1%로 증가되어 66.41%가 증가되는 것을 알 수 있다.

이상에서 각 생산공정 및 파쇄기에 따른 입도변화를 살펴보았는데 실제로 재생골재 생산 공정에서 시료의 최종산물인 0~13mm의 재생골재와 13~45mm의 재생골재가 KS F 2573(콘크리트용 재생골재)에 명시되어 있는 재생굵은골재 및 재생잔골재의 규격에 적합한지 분석하여 Fig. 3.4. 및 Fig. 3.5.에 나타내었다.

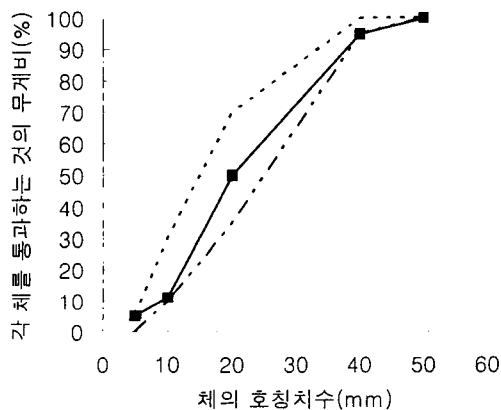


Fig. 3.4. Standard of thick recycled aggregates size

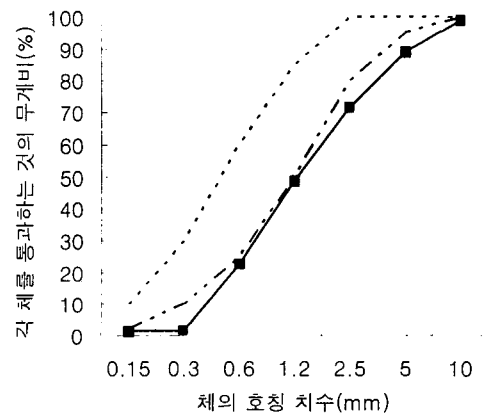


Fig. 3.5. Standard of thin recycled aggregates size

Fig. 3.4.는 최종생산물 중 13~45mm 재생골재의 입도를 KS규격과 비교한 것으로 그래프에서 볼 수 있는 바와같이 비교적 규격의 범위내에 존재하고 있어 어느정도 활용이 가능할 것으로 보이나 재생골재의 경우인 Fig. 3.5.의 경우는 0~13mm 재생골재의 체 크기별 통과율이 KS규격에 비해 적게 통과하고 있는 것을 볼 수 있어 재생골재 입도규격에 부적합한 것을 확인할 수 있어 선별이 더 필요할 것으로 판단되어 진다.

3.2. 각 생산공정 및 최종산물의 비중 및 흡수율 측정

일반적으로 재생골재의 절건비중은 원 콘크리트에 사용된 골재의 비중보다 작고 재생굵은골재는 콘크리트의 비중, 재생골재는 모르타의 비중에 가깝다고 보고되어져 있다.

따라서 S사에서 생산되고 있는 재생골재 및 각 생산공정별로 채취된 시료의 비중 및 흡수율을 측정해본 결과 Table 3.2.와 같다.

Table 3.2. Specific gravity under oven dry condition and water absorption ratio of sample by in the individual producing process

구분	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
절건비중	2.15	2.01	2.05	1.87	2.05	2.08	2.03	2.13	2.01	2.14
흡수율(%)	8.35	8.43	9.28	9.32	9.61	8.46	9.65	8.86	14.48	8.65

KS F 2573에 규정되어있는 바와 같이 비중은 재생굵은골재 및 재생골재 모두 2.2 이상이어야 하며 흡수율은 재생굵은골재의 경우 1종 3%이하, 2종 5%이하, 3종 7%이하 이어야 하며 재생골재의 경우 1종 5%이하, 2종 10%이하 이어야 한다.

따라서 Table 3.2.에서 볼 수 있는 바와 같이 각 생산공정 및 최종산물의 경우 비중은 모두 2.2 이하임을 알 수 있고 흡수율의 경우도 각각 8.35~14.48%임을 알 수 있어 KS규격에 적합하지 않은 것을 확인할 수 있었고 또한 최종산물의 경우는 0~13mm 재생골재의 경우 비중이 2.01, 흡수율이 14.48%, 13~45mm 재생골재의 경우 비중이 2.14, 흡수율이 8.65% 임을 알 수 있어 실제 재생골재로 상품화했을 경우 문제가 있는 것으로 판단되어지며 따라서 몇가지의 처리가 추가로 필요할 것으로 사료된다.

4. 결론

건설폐기물의 품질확보와 재생골재의 수요를 촉진할 수 있는 방안에 대한 기초자료를 확보하는 차원에서 현재 생산되고 있는 재생골재의 생산공정 및 파쇄기에 따른 입도분포 및 비중, 흡수율을 분석해본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 최종생산물에 대한 KS F 2573에 따른 재생골재의 입도 비교에서 13~45mm 시료의 경우 체 크기별 통과율을 KS규격과 비교해 보았을 때 비교적 재생굵은골재의 입도규격 범위내에 존재하고 있음을 확인할 수 있었으나 0~13mm 시료의 경우는 체 크기별 통과율이 재생골재의 입도규격에 비해 적게 통과하고 있는 것을 볼 수 있어 재생골재 입도규격에 부적합한 것을 확인할 수 있었다.

2. 각 생산공정 및 재생골재의 비중 및 흡수율을 측정해본 결과 비중은 1.87~2.15, 흡수율은 8.35~14.48%임을 알 수 있었고 0~13mm 시료의 경우 비중은 2.01, 흡수율은 14.48%, 13~45mm 시료의 경우 비중은 2.14, 흡수율은 8.66%임을 알 수 있어 재생골재 규격에 적합하지 않은 것으로 확인되었다.