

재생골재의 활용방안

— 생산시스템 및 재활용 사례를 중심으로 —

이 중 열 (쌍용양회공업(주) 기술연구소장)

양 승 규 (쌍용양회공업(주) 기술연구소 콘크리트연구실)

1. 서 언

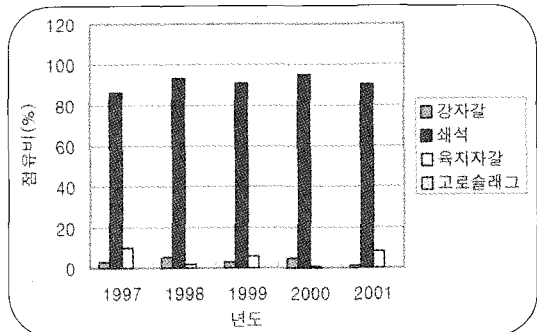
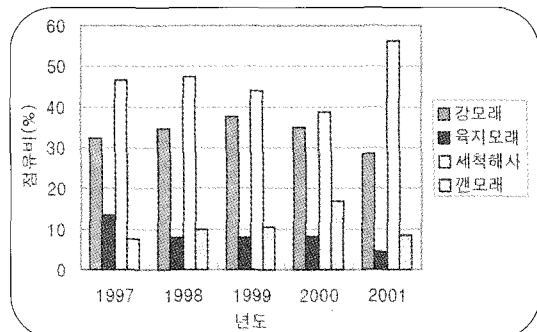
콘크리트에서 골재가 차지하는 비중은 양(量)적으로나, 질(質)적으로나 매우 중요하다. 골재란 콘크리트를 만들 때 골격역할을 하는 모래, 바순모래, 자갈, 부순자갈, 부순돌 그밖의 이와 비슷한 재료를 말하며, 콘크리트 부피의 약 65~80%를 차지하고 있으므로 골재가 콘크리트의 여러 성질에 미치는 영향은 매우 크다.

콘크리트 산업의 경우, 건설수요의 증가에 비례하여 막대한 양적 증가를 유발하였으며, 특히 골재의 경우는 천연자원에 의존하여 왔음에 따라 양질의 천연골재 자원의 고갈현상이 발생하게 되었고, 또한

사회·문화의 발전과 더불어 환경의 중요성이 재인식되면서 하천의 유지관리, 도시미관 및 자원절약 등의 이유에서 골재채취 제한구역이 날로 확산되는 등 콘크리트 재료 측면에서는 심각한 골재난을 겪게 되었다.

현재, 굵은골재는 대부분 쇄석에 의존하고 있으며, 잔골재의 경우는 강사, 해사에 의존하고 있지만(〈그림-1〉 참조), 강사 또는 해사의 채취는 하천의 미관을 악화시키거나 수중환경을 파괴하는 등 사회·환경적인 측면에서 많은 제한이 뒤따르고 있다.

한편, 건물의 노령화와 사회적 변화 때문에 매년 많은 콘크리트 구조물이 해체되고 새로운 구조물이 건설되고 있다. 콘크리트 구조물이 해체될 때에는



〈그림-1〉 연도별 골재사용량 추이(좌 : 잔골재, 우 : 굵은골재)

〈표-1〉 건설폐기물 발생량

(ton/day)

| 구분 연도 | 총 계 | 가 연 성 | | | | | 불 연 성 | | | | | | | | | |
|----------|---------|-------|-------|-------|-----------|-------|-----------|--------|---------|---------|--------|--------|-------|-----|-------|--|
| | | 소 계 | 중 이 류 | 나 무 류 | 합 수 지 성 류 | 기 타 | 건 설 폐 기 물 | | | | | 금 속 류 | 유 리 류 | 기 타 | | |
| | | | | | | | 계 | 토 사 | 콘 크 리 트 | 아 스 팔 트 | 기 타 | | | | | |
| 1996 | 28,425 | 2,991 | 546 | 1,064 | 833 | 548 | 25,434 | 23,557 | 3,954 | 14,981 | 3,398 | 1,244 | 1,170 | 192 | 495 | |
| 1997 | 47,777 | 3,792 | 455 | 1,848 | 811 | 678 | 43,985 | 42,320 | 6,990 | 25,469 | 7,489 | 2,372 | 719 | 159 | 787 | |
| 1998 | 47,693 | 3,148 | 348 | 1,547 | 655 | 598 | 44,545 | 42,445 | 4,881 | 28,165 | 7,867 | 1,532 | 818 | 127 | 1,155 | |
| 1999 | 62,221 | 4,425 | 613 | 2,063 | 968 | 781 | 57,796 | 56,212 | 4,727 | 39,819 | 9,317 | 2,849 | 661 | 174 | 749 | |
| 2000 | 78,777 | 5,207 | 591 | 2,367 | 1,310 | 938 | 73,570 | 71,063 | 5,579 | 49,352 | 11,388 | 4,744 | 1,087 | 182 | 1,239 | |
| 2001 | 108,520 | 6,749 | 557 | 3,111 | 1,821 | 1,260 | 101,771 | 98,660 | 8,210 | 66,051 | 13,700 | 10,699 | 1,316 | 304 | 1,491 | |

많은 폐자재가 생긴다. 폐콘크리트의 최대 발생원에 대해서 현재 정확한 통계는 없으나, 선진국과 비교하여 상대적으로 사회간접자본이 미비한 우리나라의 실정으로 볼 때, 부실하게 건설된 토목·건축구조물이 아니라면 대규모로 해체되는 콘크리트 구조물은 거의 없다고 할 수 있으므로, 대부분의 폐콘크리트 발생은 공동주택, 빌딩, 공장, 교량, 도로 등의 재건축·재건설로 인한 해체현상이라고 볼 수 있다. 특히, 재건축 대상수로 볼 때 상대적으로 많은 공동주택의 재건축이 최대의 폐콘크리트 발생원이라고 사료된다.

우리나라는 건설폐기물 중 약 50% 이상이 폐콘크리트이므로 앞으로 더욱 그 처리의 심각성이 대두되고 있는 실정이다. 〈표-1〉은 1996년부터 2001년까지 환경부가 발표한 건설폐기물 발생량에 대한 자료이다.

위와 같이 건설폐기물의 발생량이 해가 갈수록 급증하고 있는데, 건설폐기물은 노후건물의 해체 등 주로 재개발·재건축 과정에서 대량으로 배출되는 특성을 가지고 있다. 일반적으로 건설구조물은 60년 이상의 수명을 가지고 있으나, 경제적·사회적 요인과 내구성의 저하로 20년이 지난 대부분의 건축물에서 재건축 수요가 나타나고 있어, 건설폐기물은 앞으로 더욱 크게 증대할 것으로 전망된다. 또한 신축공사 현장에서도 건설업체의 인식부족, 자재손실

률의 과다 등에 기인하여 다량의 폐기물이 발생하고 있다.

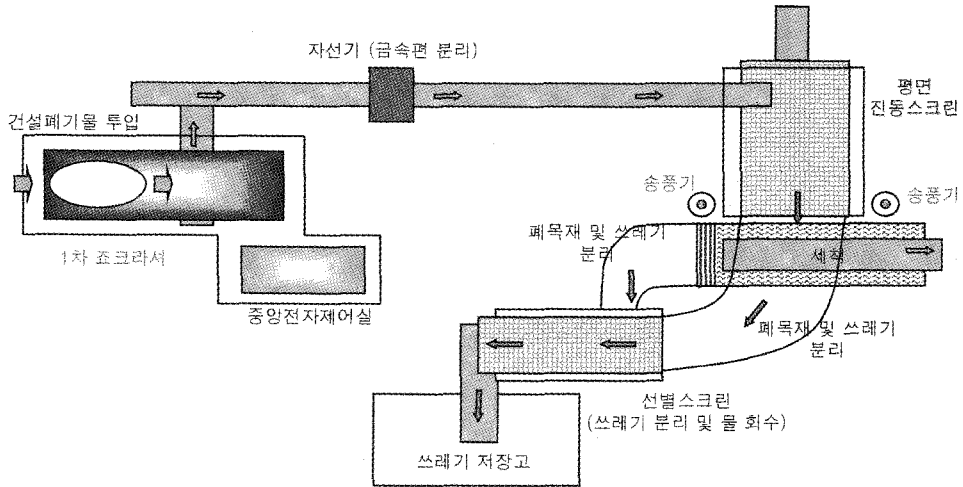
더욱이 최근 매립지 용량이 한계에 다다르고 있고, 최종처분장의 신설도 곤란한 실정이어서 건설폐기물의 효율적인 재활용은 시급한 과제가 되고 있다. 또한 건설폐기물은 구성성분의 특성상 Recycling이 용이하며, 특히 콘크리트폐재를 재활용한 재생골재(Recycled Aggregate)는 골재자원의 부족에 대처하고, 골재채취에 따른 환경문제의 저감에도 기여할 수 있다.

따라서 본고에서는 건설폐기물의 50% 이상을 차지하고 있는 폐콘크리트를 부족한 콘크리트 골재자원으로 재활용하기 위한 방안을 모색하기 위하여, 현재 국내·외에서 적용되고 있는 재생골재 생산시스템을 분석하고, 재생골재의 재활용 실태 및 용도를 중심으로 재생골재의 재활용성 방안에 대하여 기술하였다.

2. 재생골재 생산시스템 분석

가. 국내 재생골재 생산업체의 생산시스템

본 절에서는 국내에 분포하고 있는 많은 재생골재 중간처리업체들 중 활발하게 재생골재 및 생산시스템에 신기술을 적용하고, 이를 가동중이라고 판단되



<그림-2> 평면스크린 낙하지점에서 쓰레기 분리를 위한 송풍 방식

는 I업체의 생산공정 및 신기술의 개요를 소개하여, 재생골재 생산업체에 참고자료를 제시하고자 한다.

(1) 기술 개요

건설폐기물 중 재활용이 불가능한 쓰레기 등 이물질은 평면스크린의 낙하지점에서 쓰레기 분리 송풍을 위한 설비 및 물속에서 부력과 비중차의 원리를 이용한 수중폭기조를 사용하여 완벽하게 분리하고, 재활용이 가능한 폐콘크리트 등 유용한 폐자원을 콘크래셔를 이용하여 멧돌 방식을 파쇄함으로써 입형이 개선된 고순도의 재생골재를 생산하는 기술로서 평면스크린 낙하지점에서 쓰레기 분리 송풍기술, 수조탱크를 이용한 재생골재 세척 및 불순물 자동분리 기술, 콘크래셔를 이용한 재생골재의 입형 개선 기술로 이루어져 있으며, 자세한 내용은 다음과 같다.

(2) 평면스크린 낙하지점에서 쓰레기 분리를 위한 송풍 방식의 원리

기존에 사용되어지던 풍력선별 상식의 문제점을 해결하기 위하여 컨베이어 낙하지점에서 송풍하는 방식을 새로이 고안하여 컨베이어 대신 평면 진동스크린을 대체 설치하고 재생골재 및 혼합폐기물이 평

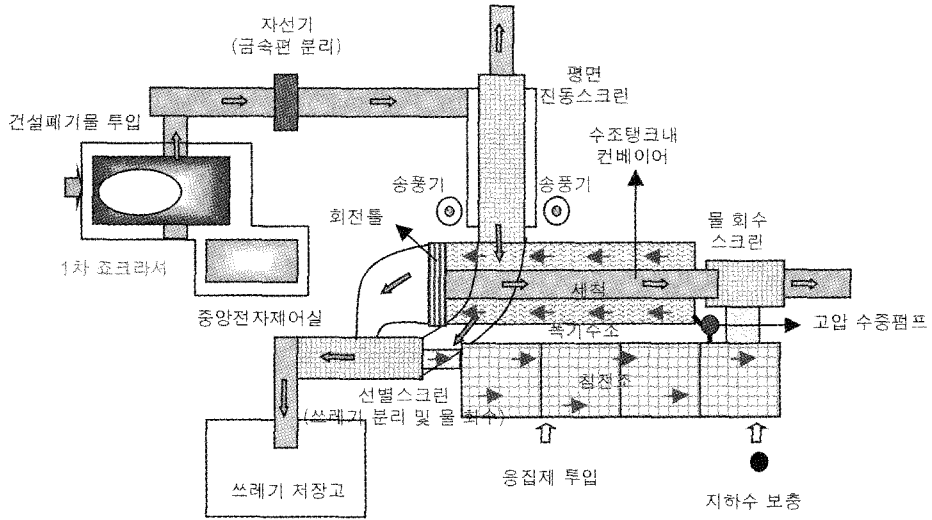
면 진동스크린에서 완전하게 퍼진 상태로 낙하되도록 하는 한편, 평면스크린 낙하지점에 양방향의 송풍기를 설치하여 풍력의 세기를 일정하게 유지하면서 바람을 불어 각종 쓰레기 및 불순물을 분리하는 방식인 평면스크린 낙하지점 쓰레기 분리 송풍 방식을 채택한 것이다.<<그림-2>>

(3) 수조탱크를 이용한 불순물 자동분리 및 세척 방식의 원리

수조탱크를 이용한 재생골재 세척 및 불순물 자동분리 방식은 평면스크린 낙하지점에서 쓰레기 분리를 위한 송풍 방식에 의해 1차로 분리된 재생골재를 수조탱크에 투입하여 물질간의 비중 차이에 따라 물속에서의 부력으로 쓰레기와 골재 및 기타 부유물을 재차 분류하고 재생골재를 세척하는 방식이다.<<그림-3>>

(4) 콘크래셔를 이용한 재생골재 입형 개선 공법의 원리

콘크래셔는 재생골재의 입형을 개선하기 위한 멧돌방식의 파쇄 장치로서 재생골재가 호퍼입구에서 파쇄실내 원추방향으로 균일하게 투입되며 맨들의



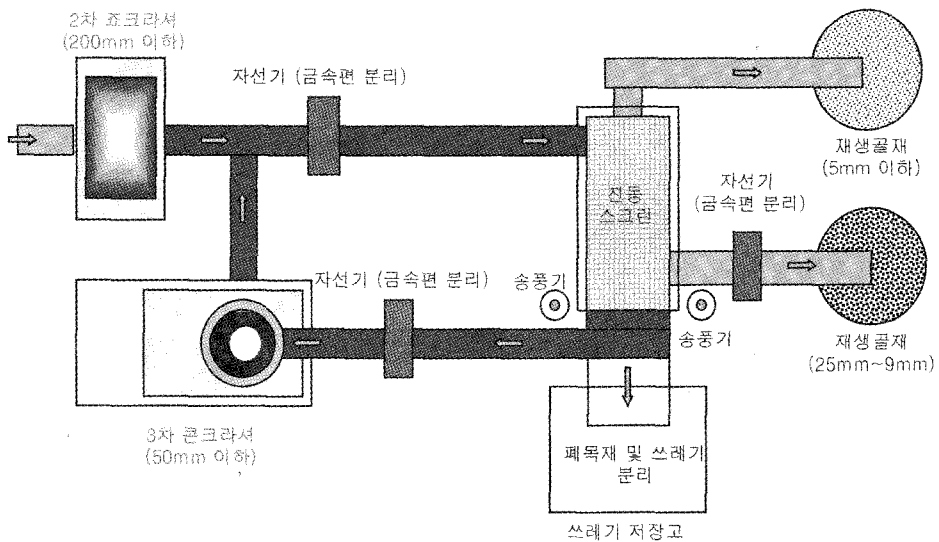
〈그림-3〉 수조탱크를 이용한 불순물 자동분리 및 세척 방식

스윙에 의해서 맨틀과 콘케이브의 좁은 틈새에서 콘크라셔의 특징인 편심회전 운동에 의해 마찰작용, 굽힘작용, 전단작용, 압축작용 등이 동시에 이루어짐으로서 골재 입형이 개선되는 복합 파쇄기이다. (〈그림-4〉)

나. 일본의 재생골재 생산 시스템

(1) 일본 K사의 페콘크리트 재생골재 생산시스템

일본의 K사에 의해 개발된 생산시스템으로 모두



〈그림-4〉 콘크라셔를 이용한 재생골재 입형 개선 공법

8단계를 거쳐 재생골재를 생산하게 되어 있다. 1단계에서 4단계까지는 폐콘크리트를 해체현장에서 K사의 재생 플랜트로 반입하기 위한 사전조치이고, 5단계에서 8단계까지는 재생플랜트에서 이루어지는 공정이다.

각 단계를 대략 설명하면 다음과 같다.

- 1단계 : 구조물을 해체하는 현장에서 이루어지는 작업으로 Breaker를 이용하여 해체시 발생하는 큰 덩어리를 운반·처리작업에 맞게 파쇄하는 공정.

- 2단계 : 폐콘크리트 덩어리속에 혼합되어 있는 토사 등 기타 불순물을 제거하는 공정.

- 3단계 : Jaw Crusher를 이용하여 폐콘크리트 중 크기가 큰 것을 파쇄하는 공정.

- 4단계 : 자선기를 이용하여 철근류를 분리·제거하는 공정.

- 5단계 : 1차 파쇄공정으로 1~4단계를 거쳐 불순물이 제거되고 어느 정도 파쇄된 폐콘 크리트를 Impact Crusher에 투입하여 파쇄한 후 스크린을 이용하여 크기에 따라 3종류(0~10mm, 10~40mm, 40mm 이상)로 체가름하는 공정.

여기서 40mm 이상의 덩어리는 Impact Crusher로 보내서 다시 파쇄.

- 6단계 : 1차 파쇄공정을 통해 생산된 입경 10~40mm의 골재를 굵은 골재 재생기에 투입하여 가공 및 재생하고 스크린을 이용하여 5mm 이상의 굵은 골재를 생산하는 공정.

- 7~8단계 : 1차 파쇄공정과 굵은골재 재생기를 거치면서 생산된 골재 중 입경 10mm 이하의 골재를 잔골재 재생기에 통과시켜 가공한 후 풍력 분급기를 이용하여 0.15mm 이하의 미분과 0.15~5mm의 재생 잔골재를 생산 분류하는 공정.

(2) 日鐵鑛業의 재생골재 생산시스템

이 재생골재 생산시스템은 여러 공정을 거치지 않고 단순화된 일련의 단위공정으로 구성된 플랜트를 통해 재생골재를 효과적으로 생산할 수 있는 시스템이다.

먼저 해체 현장에서 반입해온 폐콘크리트 덩어리들을 호퍼에 투입시켜 40mm 이하의 작은 골재를 선별·분리한다. 40mm 이상의 큰 덩어리들은 파쇄기에서 파쇄한다. 이 파쇄기는 일철광업에서 생산한 것으로 400mm까지의 큰 덩어리는 물론이고 철근 콘크리트 덩어리도 직접 파쇄할 수 있다. 따라서 통상적으로 1차 파쇄용으로 사용되는 Jaw Crusher를 거칠 필요가 없다. 파쇄기에 의해 생성된 40mm 이하의 폐콘크리트는 콘베이어로 이송되며 이 과정 중 자선기에 의해 철근을 분리 제거한다. 마지막으로 진동스크린에 의해 5~40mm의 골재와 0~5mm 골재로 분리한다.

다. 국내에 적합한 재생골재 생산시스템

재생골재용 폐콘크리트의 경우 분리·선별되어야 할 이물질의 종류가 많고 다량이라면 파쇄처리 전 후에 이물질 특성에 알맞은 분리·선별 처리 공정이 있어야 하며, 재생골재 생산시스템 투입 이전에 철저하게 유해물질이 분리수거 된다면 특별한 공정없이 파쇄처리 공정에 넘어갈 수 있을 것이다. 목표로 하는 재생골재의 치수가 레미콘 생산용이거나 25mm 이하라면 사용될 파쇄장비의 특성과 골재 생산비용을 고려하여 2차 파쇄 정도로 하는 것이 일반적인 방법이다.

성토재·뒷채움재·되메움재의 골재는 1차 파쇄로도 만족할만한 치수와 품질의 골재가 생산 될 수도 있으며 필요에 따라서는 보조기층용 골재도 생산 가능하다. 하지만 임팩트 크러셔의 경우, 1차 파쇄만으로도 파쇄장비의 특성에 따라 레미콘용이나 25mm 이하의 작은 치수의 골재가 생산될 수 있으며, 1차 파쇄하여 레미콘용으로는 쓸 수 없는 큰 치수의 굵은 골재가 생산되었다 할지라도 체가름을 통하여 적정한 치수의 골재를 얻을 수 있다. 따라서 생산될 재생골재의 치수와 혼입되어 있는 이물질에 따라 일방적으로 생산시스템을 일정하게 구성하기는 곤란하며, 혼입되는 이물질의 성상과 양, 골재생산

장비의 특성, 재생골재 소요처와 용도, 생산시스템 설치 장소 및 여러가지 주변 여건 등에 따라 검토하여 설치하여야 할 것이다.

보통의 파쇄시스템은 1차 파쇄로 압축력을 이용한 Jaw Crusher가 사용되며, 2차 파쇄로 충격력을 이용하는 Impact Crusher나 압축력을 이용하는 Cone Crusher를 사용하는 것이 일반적이다. 그러나, 국내의 중간처리업체의 대부분은 영세성으로 인하여 두 개 이상의 파쇄기를 연결한 조합시스템보다는 하나의 파쇄기만을 운용하는 경우가 많다. 현재 국내의 건설폐기물 재활용 실태를 감안할 때, 재생골재의 수요가 매우 소량에 지나지 않고 있기 때문에 경제성 면에서 이러한 현상은 당연시 될 수밖에 없다.

따라서, 우리나라 재생골재 생산업체의 상황을 감안하여 다음의 2가지 생산시스템이 현재 실정에 맞는 생산시스템이라 판단된다. 첫째, 재생골재보다는 재생굵은골재의 생산에 초점을 맞추고 있기 때문에 중간처리업체의 대부분이 Jaw Crusher를 사용하고 있다. 따라서, 소규모 중간처리업체의 경우 소요량의 대부분을 차지하는 재생굵은골재의 생산에 주력하면서 양질의 재생굵은골재를 생산할 수 있도록 Jaw Crusher를 변형개발 또는 개선시켜 나가는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

둘째, 최적의 재생골재 생산시스템을 1차 파쇄기로 Jaw-Crusher, 2차 파쇄기로 Impact-Crusher, 그리고 3차 파쇄기를 Cone-Crusher로 하는 파쇄시스템이 가장 이상적인 것으로 판단된다.

Jaw-Crusher만으로 파쇄할 경우 소모량은 거의 없지만 편석이 많고, Impact-Crusher로 파쇄한 제품의 특성이 비교적 우수하지만 소모량이 많으며, Cone-Crusher로 파쇄하면 제품의 모양이 둥글둥글해져 편석이 없어지지만, 커다란 폐콘크리트를 파쇄하기가 용이하지 않다.

따라서, 위의 시스템을 최적으로 하며, 그렇지 못할 경우 1, 2차 파쇄를 Jaw-Crusher로 하며, 3차 파쇄를 제품의 용도에 맞게 Impact-Crusher나

Cone-Crusher로 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3. 폐콘크리트의 재활용 현황 및 방안

가. 폐콘크리트의 재활용 현황

(1) 국내의 폐콘크리트 재활용 현황

(가) 일반 현황

선진국에서는 환경과 자원 고갈에 대한 우려속에 콘크리트 재활용에 대한 기초연구는 물론 실용화를 위한 연구가 이미 진행되고 있으며, 이를 위해서 제반규정의 제정 및 법제화, 강도 증진을 위한 연구, 철근 콘크리트에의 사용, 콘크리트 뿐만 아니라 벽돌의 재활용과 함께 이미 시범사업으로의 현장타설 및 그 성능 판정의 단계에 들어가 있다. 국내의 경우에는 1990년 초반이후 관심의 증가와 함께 1994년 1월 환경처와 건설부 통합 고시에 의해 공사비 250억 이상 대형 공사에서 콘크리트 등 건설폐기물 재활용이 의무화되면서 폐콘크리트의 재활용에 대한 연구가 현재까지 활발하게 이루어지고 있다. 폐콘크리트 및 재생골재와 관련하여 최근의 국내 연구 동향을 살펴보면 다음의 <표-2>와 같다.

그러나, 위와 같은 연구성과에도 불구하고 아직까지는 콘크리트용 구조용 골재로 재활용되기보다는 대부분 매립용 막석 대용이나 도로의 기층 또는 보조기층 등 저급재료로 사용될 뿐, 나머지는 사토장에 버려지거나 매립되고 있는 실정이다. 폐콘크리트의 사용에 있어서 가장 적용이 용이하다고 할 수 있는 도로포장 노반재로서의 활용조차도 공사용 임시 도로나 주차장 공간, 공장부지내의 일부 도로에서 간혹 실시되고 있으며, 공공도로의 경우에도 시험포장용 등으로 저급용도에 한정되어 이루어지고 있을 뿐, 콘크리트용 골재로서의 활용 등은 거의없는 실정이다.

(나) 건설폐기물 사용 계획

2002년 마련한 '건설폐기물 적정처리 및 재활용

〈표-2〉 폐콘크리트 관련 국내 연구 현황

| 연구자 | 연도 | 연구내용 |
|-------|------|---|
| 송하원 외 | 2000 | 폐콘크리트로부터 재생된 골재의 합리적 평가에 관한 연구 |
| 구봉근 외 | 2000 | 강섬유를 혼입한 굳지 않은 재생 콘크리트의 특성에 관한 연구 |
| 최영준 외 | 2000 | 재생골재를 사용한 폴리머콘크리트 경계블록의 개발 연구 |
| 한천구 외 | 2000 | 재생골재를 이용한 식재용 콘크리트의 물리적 특성 |
| 구봉근 외 | 2000 | 폴리프로필렌을 혼합한 재생골재콘크리트의 내구성에 관한 연구 |
| 구봉근 외 | 2000 | 재생골재를 이용한 폴리프로필렌 섬유보강콘크리트의 강도 및 휨인성 특성 연구 |
| 박승범 외 | 2001 | 재생골재를 사용한 포러스 콘크리트의 수질정화 특성에 관한 실험적 연구 |
| 박우철 외 | 2001 | 재생골재를 사용한 고강도 철근콘크리트 보의 전단성능에 관한 실험적 연구 |
| 문한영 외 | 2001 | 재생골재를 사용한 콘크리트의 내동해성 |
| 신윤섭 외 | 2001 | 재생골재를 사용한 콘크리트의 수밀성과 기포조직에 관한 연구 |
| 문대중 외 | 2001 | 재생골재를 사용한 콘크리트의 강도에 미치는 포졸란 시멘트 효과 |
| 이세현 외 | 2001 | 고강도 영역의 재생골재 콘크리트의 물리적 특성 |
| 구봉근 외 | 2001 | 플라이애쉬를 혼합한 재생골재 콘크리트의 내구성 |
| 이명규 외 | 2001 | 재생 잔골재를 이용한 호안블럭의 재료특성에 관한 실험적 연구 |
| 이상태 외 | 2001 | 재생골재를 이용한 옥상식재용 콘크리트의 잔디생육과 열환경조정 효과 |
| 신성우 | 2003 | 재생골재를 활용한 고성능 콘크리트의 개발 |
| 김부한 외 | 2003 | 재생콘크리트의 특성 |

(한국콘크리트학회 보고논문에 한함)

축진 종합대책'의 지속 추진의 일환으로 정부주도로 재생골재사용 의무화 고시 제정, 하수도 시설 설치사업처리지침 개정, 재생골재 품질인증기관 지정, 건설폐기물 중간처리업 시설·장비기준 강화 등 다각적인 노력을 펼치고 있다.

또한, 재생골재 사용 시범사업 실시 및 그 결과를 토대로 하수처리시설 건설, 하수관거 정비, 도로공사 등 공공기관이 시행하는 공사에 재생골재 사용을 의무화함으로써 재생골재 수요처를 확보하고, 장기적으로 민간부분으로 확대 적용하기 위하여, 다음의

4개 구조물을 재생골재 사용 시범사업 대상으로 선정하여 재생골재의 적용을 추진하고 있으며, 2007년까지 건설폐기물 재활용 목표율을 90%로 설정하였다.〈표-3〉)

- ㉠ 경기 고양시 원능하수처리장
- ㉡ 인선 ENT(주) 부설연구소
- ㉢ 경기 남양주시 진건하수처리장
- ㉣ 팔당상류 하수관거 정비사업

(2) 일본의 재활용 현황

(가) 일반 현황

콘크리트구조물의 해체에 의해 발생하는 콘크리트는 건설부산물의 1/3 이상을 차지하며, 「재생자원의 이용 촉진에 관한 법률」(리사이클법)의 지정부산물의 한가지로 지정되어 있다.

건설성의 '리사이클플랜21'에서는 목표리사이클률을 90%〈표-4〉 참조)로 설정하고, 재자원화와

〈표-3〉 건설폐기물 재활용 목표

| 구분 | 2001년 | 2004년 | 2005년 | 2006년 | 2007년 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 건설폐기물 재활용률 | 85% | 87% | 88% | 89% | 90% |
| 고부가가치 재활용률 | - | 16% | 20% | 25% | 30% |

〈표-4〉 건설폐기물의 리사이클 실적과 목표치

| | 1990년 실적(%) | 1995년 실적(%) | 2000년 목표(%) |
|------------------|----------------|----------------|----------------|
| 아스팔트·콘크리트 덩어리 | 50 | 81 | 90 |
| 콘크리트 덩어리 | 48 | 65 | 90 |
| 건설오니 | 21 | 14 | 60 |
| 건설혼합 폐기물 | 31 | 11 | 50 |
| 건설발생 목재 | 53 | 40 | 90 |
| 건설발생토 | 36 | 32 | 80 |

건설분야에서의 더욱 적극적인 활용을 요구하고 있다. 리사이클법에서는 공사현장에서 40km의 범위 내에 재자원화시설이 있는 경우에는 원칙적으로 건설부산물은 재자원화시설로 반입하고, 나아가 생산된 재생자재를 이용하는 것을 요구하고 있다.

또, 〈표-5〉에 제시하는 것처럼 콘크리트괴의 발생량 및 재이용률은 해마다 증가하고 있으나, 현장에서의 이용형태는 거의 대부분이 노반재로서의 이용에 머물고 있어, 재이용률을 높이기 위해서는 콘크리트용 골재로서의 활용방법의 개발이 요구되고 있다.

(나) 재생골재의 재활용 사례

재생골재콘크리트를 본격적으로 사용한 예는 적으며, 건설성의 모델사업, 시험시공 현장내에서의 소규모 이용에 그치고 있다. 이하는 적용사례를 나타낸다.

① 주택도시정비공단의 단지내 리사이클

단지내 철근콘크리트구조물의 해체에 수반하여 발생한 콘크리트폐재를 이용하여 프리팩트콘크리트로서 이것을 단지내의 옹벽에 적용하였다.

② 건설성의 리사이클 모델공사

近畿기술사업소에서는 파쇄 후의 처리방법을 바꾼 재생골재를 이용한 콘크리트로 옹벽을 실험적으로 시공했으며, 1993년에 전국에서 처음으로 재생콘크리트를 이용한 콘크리트 2차제품(경계블럭)을 현장에 시공하였다.

〈표-5〉 페콘크리트 발생량 및 재이용률

| 년 도 | 1990년도 | 1995년도 | 2000년도 (목표) |
|--------------------|----------|----------|----------------|
| 발 생 량 | 2,500 만톤 | 3,700 만톤 | - |
| 건설부산물에서 차지하는 비율 | 34% | 37% | - |
| 재이용률 | 48% | 65% | 90% |

③ 참의원 국정의원(麴町議員) 증축공사
재생굼은골재를 100% 사용한 강도 24N/mm²의 콘크리트를 165m³ 타설했다.

④ 세계도시박람회 - 동경프론티어
잔·굼은골재 모두 재생골재를 이용한 콘크리트 3,345m³를 기초 및 상판 등에 타설하였다.

(3) 독일의 재활용 현황

일본과 함께 건설폐기물의 재활용이 잘 추진되고 있는 나라가 독일이다.

독일의 경우도 일찍부터 건설폐기물에 대한 재활용 촉진대책을 마련하여 시행하였다. 1951년에는 폐벽돌 재활용 기준을 고시하여 폐벽돌을 콘크리트 골재로 재활용하는데 기여하였다.

서독의 연방통계국의 발표에 따르면 1987년 발생한 산업 및 특수폐기물(Special Waste)은 약 2억 600백만톤이고 이중 건설업과 관련한 토사, 건설폐기물이 1억 2,000만톤으로 가장 많아 전체의 60% 정도를 점유하고 있었다. 산업별 폐기물 발생량에서 건설업이 차지하는 비율은 1977년 54.2%, 1982년 59.3%, 1987년 53% 등으로 항상 50% 이상이었다.

1989년 통독 후에는 구동독지역의 개발과 함께 이 지역으로부터의 건설폐재 발생량이 급격히 증가하였다. 통일 후 독일 연방정부는 1990년 [건설폐기물억제를 위한 목표결정안]을 마련하여 건설폐기물의 재활용대책을 강구하였다. 재활용의 촉진을 위하여 시공사, 건설업자, 관청 등에서 해체 및 건설공사가 체계적으로 연계되도록 하였으며, 폐기물의 감량화 목표를 설정하여 이들의 달성에 역점을 두어

추진하고 있다.

(4) 기타 국가들의 재활용 현황

건설폐기물의 재활용은 영국, 미국, 덴마크 등에서도 활발히 추진되고 있다.

영국은 매년 2,000만톤 이상의 건설폐재가 발생되고 있으며, 그중 콘크리트가 50~55%, 폐벽돌이 30~40%에 달하고 있다. 영국의 경우, 대부분의 건설폐기물이 재생골재로 재활용되고 있으며, 천연골재의 고갈, 자원 및 에너지 절약의 중요성이 재인식되면서 건설폐기물의 재활용이 증가되고 있다. 덴마크는 폐콘크리트를 1929년에 도로포장, 1959년에는 공항에서의 도로포장, 1969년에는 자동차용 도로포장에 활용하였다. 최근 건설폐기물의 발생량이 증가되면서 폐콘크리트의 재활용에 대한 다양한 연구가 추진되고 있다. 프랑스는 1976년 파리근교의 자동차도로 보조기층과 노반재에 사용된 이후 현재 파리지역에서는 일상적으로 사용되고 있으며, 미국의 경우도 연방도로국(FHWA) 주도하에 건설폐기물의 재활용시범사업을 적극 추진하고 있다.

이상에서 언급한 바와 같이 주요 선진국의 경우도 건설폐기물의 재활용이 도로의 보조기층재와 노반재 등 토목공사에 주로 사용하고 있음을 보여주고 있다. 또한, 노반재 중에서도 고급의 기층재 용도로 사용하는 방안에 대한 연구가 활발히 추진되고 있으며, 건축자재의 부족과 함께 고도선별처리 후 건축자재로의 이용방안이 활발히 추진되고 있다.

재활용 기술개발에 대해 국가적 차원에서 연구가 활발히 추진되고 있으며, 앞으로 건축분야에서도 재생부산물인 재활용 골재가 활용될 수 있을 것으로 전망된다. 이러한 연구는 우리나라와 같이 인구밀도가 조밀하고 건축자재의 부족이 심각한 일본, 스위스, 네덜란드 등에서 더욱 활발히 전개되고 있다.

나 재생골재 재활용 방안

산업폐기물중 건설폐기물인 콘크리트의 재활용은

일반적으로 토사나 유기불순물 등을 제거 후, 일정 크기로 파쇄하여 골재의 용도에 맞게 파쇄하여 다시 사용된다. 입경분포를 조정하면 포장의 상층노반에도 활용할 수 있을 뿐만 아니라, 시멘트페이스트를 적절히 제거 처리하여 골재를 회수하면 다시 콘크리트용 골재로서도 활용할 수 있다. 이때, 파쇄되는 시멘트분을 함유한 미분말은 특수시멘트의 재료나 포틀랜드시멘트의 원료, 또는 토질개량제로서 충분히 활용할 수 있다.

건축공사에서 폐콘크리트의 콘크리트용 골재로서의 일반적인 활용은 기초공사 및 쇄석의 대용품으로 사용할 수 있으며, 응벽의 뒤채움재료로 활용할 수 있다. 그러나, 재생골재가 콘크리트용 골재로서의 평가가 낮은 것은 파쇄된 폐콘크리트는 높은 흡수율을 지니고 있기 때문에 이러한 골재를 사용할 경우, 배합시 물을 많이 필요로 하고, 경화 후 강도가 낮아지며, 동결융해를 반복할 때에는 구조물의 내구성의 저하를 초래하게 된다. 따라서, 구조물용 콘크리트 골재로서 활용하기 위해서는 보통골재에 소량만을 배합하여 사용하거나, 보통골재와 동등한 정도의 품질로 개량하여 사용하는 방법이 있다. 이와 같은 방법을 고려하여 배합한다면 충분히 재생골재의 콘크리트용 골재로서의 활용이 가능하다고 판단된다.

이와 같이 폐콘크리트는 파쇄 및 체조상태, 품질 관리 등에 따라 다양한 용도, 다양한 품질의 골재로서 사용될 수 있으며, 이에 대한 활용성을 <표-6>에 나타내었다.

위에 소개한 재활용 분야 외에도 특수한 용도로 재생골재의 사용이 가능하며, 그 이용분야를 소개하면 다음과 같다.

① 재생골재미분말의 이용

콘크리트폐재에서 양질의 재생골재를 제조한다면, 2차부산물로서 재생골재미분말이 대량으로 발생한다. 재생골재미분말을 시멘트원료로서 이용할 때에는 시멘트 크렁카의 전 알카리량의 상한치가 0.75%로 규정되어 있기 때문에, 미분말에 포함되는 알칼리량에 주의해야 한다. 또, 재생골재미분말은 소성

〈표-6〉 페콘크리트의 재활용 방법

| 이용형태 | 형태 | 용도 | 제조방법 및 재활용 방법 | |
|------------|-------------|--------------------------|---------------|--|
| | | | 제조법 | 재활용 방법 |
| 콘크리트 이용 | 덩어리 | 어초 바닥돌 | 제조법 | 원 콘크리트 구조물 절단 |
| | | | 이용법 | 원재료의 특징을 살려 재이용하는 것으로 받침대 등을 절단한 그대로 어초로서 재이용하며 두께가 얇은 재료는 절단 가능한 후 바닥다짐 등에 이용 |
| 파쇄골재 이용 | 파쇄골재 | 도로용재료 (매립재, 노반재 등) | 제조법 | 30~50cm 정도로 분할 |
| | | | 이용법 | 파쇄재료를 그대로 이용하는 것으로 도로용에 이용 매립재, 노반재, 기타 불량토와 파쇄골재를 혼합한 후 유용토로서 이용 |
| | 굵은골재 | 아스팔트용 골재 | 제조법 | 30~50cm 정도로 분할 |
| | | | 이용법 | 콘크리트 파쇄 후의 굵은골재를 아스팔트용 골재로서 이용 |
| | 콘크리트용 골재 | 콘크리트용 골재 | 제조법 | 원 콘크리트를 잘게 분할한 후 파쇄기로 분쇄 |
| | | | 이용법 | 5mm 이상의 굵은골재로서 이용 |
| | 잔골재 | 콘크리트용 골재 | 제조법 | 30~50cm 정도로 분할 |
| | | | 이용법 | 콘크리트 파쇄 후의 잔골재를 콘크리트 및 공작제품의 재료로서 재이용 |

반응을 나쁘게 하는 SiO₂를 주성분으로 하는 거친 입자를 포함하고 있기 때문에, 시멘트 원료로서 사용할 경우에는 비표면적 값을 6,500cm²/g 이상으로 할 필요가 있다. 한편, 시멘트의 혼화제로서 사용할 경우에는 비표면적 값은 8,000cm²/g 이상, 혼합량은 5% 이하로 한다. 이밖의 이용방법으로서 고로슬래그를 첨가하여 소성한 재생시멘트, 지반개량재, 고유동 콘크리트용 혼화제 등을 들 수 있다.

② 프리팩트 콘크리트에의 이용

재생골재를 프리팩트 콘크리트에 이용하면 주입물탈과 재생굵은골재와의 계면에서의 부착력이 작고, 재생굵은골재의 파쇄치가 크다는 것 등에서 큰 압축강도를 얻기는 어렵다. 앞으로 재생굵은골재의 품질을 높이는 것과 주입물탈의 강도를 높이는 것 등의 검토가 필요하다.

③ 전압 콘크리트에의 이용

전압 콘크리트에는 재생잔골재, 재생굵은골재 모두 전량 이용될 수 있는데, 휨강도가 보통의 골재를 사용하는 경우에 비해 낮아지기 때문에, 물-시멘트비를 작게 하는 것이 필요하다. 또, 흡수율이 높은 재생골재를 사용하면 경시변화에 수반하는 콘시멘트의 변화가 커지기 때문에 이에 대한 연구가 필

요하다.

④ 포러스 콘크리트에의 이용

재생골재를 포러스 콘크리트에 이용한 경우의 압축강도는 쇄석을 이용한 경우보다 약간 저하하지만 페이스트의 충전율을 증가시킴으로서 동일한 정도의 강도가 얻어진다. 투수계수에는 재생골재의 입경과 품질이 영향을 미치고, 투수계수와 압축강도 및 공극률과의 사이에는 상관성이 확인된다. 또, 식물을 포러스 콘크리트에 식생했을 때 보통골재를 사용한 경우와 현저한 차이는 없다.

4. 맺음말

건설폐기물은 산업폐기물의 약 40%를 차지하고 있으며, 이중 페콘크리트가 차지하는 비율은 60~70%에 이른다. 더욱이 도시 재개발의 증가로 해마다 배출량이 증가하는 추세에 있기 때문에 페콘크리트에 대한 재활용이 사회적 과제로 대두되고 있는 것이 현실이다. 그러나, 국내 건설폐기물의 자원화는 일반 폐기물이나 다른 사업장에서 발생하는 산업폐기물에 비하여 아직까지는 재활용에 대한 사회적 관심이나 부족한 상태이다. 이러한 측면에서 재생

골재를 주로 하는 학회 등의 창립에 대한 움직임은 매우 고무적인 일이라 생각된다.

폐콘크리트의 재활용은 범국가적으로 반드시 정착되어야 하고, 폐콘크리트를 매립하지 않고 적절한 리사이클링 시스템을 구축하여 재활용할 경우 환경적 측면 이외에도 경제적·사회적 측면에서 상당한 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

폐콘크리트 재활용의 경제성은 폐콘크리트의 수송 및 생산에 드는 비용과 단순매립에 소요되는 비용을 고려한다면 매립이나 투기가 유리할 것으로 판단할 수도 있다. 그러나, 폐콘크리트의 효율적인 재활용이 가능할 경우, 경제적으로 천연골재의 대체에 따른 비용 절감, 매립지 수명연장 및 매립비용 절감 등의 효과가 있다. 또한, 사회적 측면에서는 국내 콘크리트용 골재가 부족한 현실에서 새로운 골재원으로서 그 역할이 기대되고, 자연으로부터의 골재채취 억제효과로 자연환경 훼손을 방지하는 효과가 있을

것이며, 건설폐기물을 건설자재로 재활용함으로써 사용이 유한한 천연자원의 고갈을 방지하고 자연자원을 효과적으로 유지·관리하여 자연의 파손이나 파괴로부터 환경을 보존할 수 있을 것이다.

건설폐기물 중 폐콘크리트의 재활용은 환경·사회적으로 필수적인 과제임에도 불구하고 재생골재가 저급용도에 한정되어 있는 것은 사용자들의 인식부족 및 국가적 지원이 부족한 것에 기인한 것으로 생각된다. 향후, 건설폐기물의 처리는 폐기물의 운반에서부터 매립처분 또는 투기까지의 매립 및 수집운반비용의 상승과 매립지 확보난, 환경영향 평가의 강화 등으로 상당한 어려움이 뒤따를 것으로 예상되며, 유한한 콘크리트용 골재자원의 확보난으로 인한 천연골재의 가격 상승이 심화될 것은 자명하다. 따라서, 부족한 콘크리트용 골재로써 재생골재의 재활용에 관한 범국가적 인식전환이 필요하다. ▲

시사 용어 해설

▶ 부동산담보신탁

부동산의 관리와 처분을 부동산신탁회사에 신탁한 후 수익증권을 발급하여 이를 담보로 금융기관에서 자금을 빌리는 제도를 말한다. 즉 부동산신탁회사는 신탁수수료를 받고 신탁자산을 담보력이 유지·보존되도록 관리하다가 금융기관에서 대출받은 사람이 대출금을 갚으면 신탁계약을 해지하고 대출금을 갚지 못하면 부동산을 처분하여 그 대금으로 금융기관에 채무를 대신 갚아주게 된다. 따라서 부동산담보신탁에는 부동산신탁회사와 금융기관간의 협약체결이 선행되어 있다. 국내에는 성업공사가 출자한 대한부동산신탁과 한국감정원이 출자한 한국부동산 신탁이 신탁업무를 맡고 있다.