

목 집

신기능 콘크리트

건설폐기물 및 재생골재 콘크리트

The Construction Wastes and Recycled Aggregate Concrete



김무한*

1. 서 론

건설폐기물은 연간발생량이 2,000만톤으로 추정되는 등 최근 발생량이 급격히 증가하고 있어 현재 당면하고 있는 폐기물 처리문제를 더욱 어렵게 만드는 요인으로 등장하고 있다. 그러나 건설폐기물은 심각한 환경오염성과 유해성을 갖지 않기 때문에 발생한 상태 또는 비교적 적은 중간 처리과정을 거쳐 재활용 될 수 있는 특징을 갖고 있다. 따라서 정부에서는 관련 법규 및 지침의 제정을 통하여 재활용을 활성화시켜 건설폐기물 문제의 해결을 시도하고 있지만 건설폐기물은 발생 및 이용 현상이 불특정적이고 수급 시기 및 양의 불일치, 관련정보의 부족 등으로 활성화되지 못하고 있는 실정이다

특히, 각종 연구결과에 따르면 콘크리트가 구조재료로서 사용된 이후 콘크리트 부산물의 재활용을 순조롭게 추진하지 못하고 폐기된다면 장차

누적된 폐기콘크리트의 양은 건설활동 및 도시활동에 큰 장애요소가 될 수 있다. 따라서 현재와 미래에도 계속 건설되는 콘크리트 구조물로부터 발생하는 폐기콘크리트덩이의 처리문제와 한정된 석회석 자원의 고갈문제가 이미 현실적인 문제로 인식되어지고 있어 이의 재활용 문제는 지극히 중요하다고 할 수 있다.

이러한 배경 하에서 최근 사회적으로 자원절약 및 유효이용이라는 용어가 중요시되고 있으며, 일상생활에서부터 각종 산업분야에 이르기까지 재활용과 자원절약에 대한 관심이 날로 심화되고 있기 때문에 향후 매우 중요한 부분으로 부상될 것으로 예상된다. 즉, 콘크리트는 생산량이 많을 뿐만 아니라 골재의 채취, 해체재의 처분 등에 의해 환경의 영향도 크기 때문에, 향후 자원절약 및 유효이용에 관한 기술개발과 이에 대한 응용기술이 요구되고 있다.

따라서, 본 고에서는 콘크리트 폐기물에서 콘크

* 정회원, 충남대학교 공과대학 건축공학과

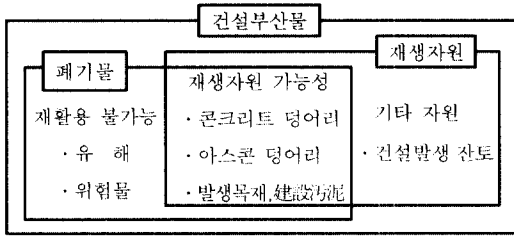


그림 1 건설부산물의 재생자원 개념도

리트 부산물로서의 가치부여 및 인식전환의 필요성을 기술하고, 콘크리트부산물의 재활용 용도 및 재활용시책 제시, 재생골재콘크리트의 각종 특성에 대하여 소개한 후, 재생골재콘크리트의 품질기준 작성 및 재활용동향에 대하여 기술하고자 한다.

2. 폐기물로부터 부산물로의 가치부여

건설폐기물의 배출현장에서부터 최종처리까지의 적정관리에 필요한 사항을 정하여 불법처리방지 등 폐기물관리법에 의한 적정처리와 재활용을 활성화 하기 위한 폐기물관리법 건설폐기물관리 지침(폐관 67510-411, '96.4.25)에서는 건설폐기물과 건설폐재류를 다음과 같이 정의하고 하고 있다.

□ 건설폐기물

건설공사 등과 관련하여 배출되는 모든 폐기물 가운데 폐유·폐페인트 등 지정폐기물과 건설현장에 작업인력이 생활하면서 배출시키는 음식물쓰레기 등을 제외한 폐기물을 말하며, 레미콘 또는 시멘트관련 제조공정에서 배출되는 폐콘크리트등은 건설폐기물에 해당되지 않음

□ 건설폐재류

건설공사등과 관련하여 공작물의 제거 또는 신축에 따라 배출되는 토사, 폐콘크리트, 폐아스팔트콘크리트, 폐벽돌류, 폐블럭류, 폐타일류, 폐기와, 탈수건조된 건설오니 및 기타 비금속광물 자재류 등을 포함함.

이와 같이, 건설구조물의 해체에 의해 발생되는 폐콘크리트를 건설폐기물 중에서 재활용성이 높은 건설폐재류로 분류하여 그림 1에 나타난 바와 같이 콘크리트의 부산물은 건설업이라는 특정업종의 자원 재활용을 촉진하기 위한 지정부산물

로 건설업에서 발생하는 흙, 아스팔트 콘크리트 덩어리, 목재 등과 함께 지정하였다.

따라서, 콘크리트 덩어리를 재활용하기 위한 전제로 콘크리트 폐기물로부터 "콘크리트 부산물"이라는 용어를 사용하도록 한다. 또한, "처리"와 "처분"이라는 용어도 전자의 경우 재활용을 전제로 한 조치이며, 후자의 경우 투기 및 매립 등과 같이 이미 재활용을 고려하지 않는 최종처분이라는 의미로 사용한다.

3. 콘크리트 덩이 및 각종 부산물의 재활용 용도

콘크리트 덩이의 재활용 및 유효이용법의 예를 나타낸 표 1과 같이 위로 갈수록 콘크리트 부산물의 원형에 가깝고 처리에 필요한 비용을 절감할 수 있지만 용도는 제한적인 것을 알 수 있다. 일반적으로 콘크리트 부산물을 작게 파쇄하는 경우가 광범위한 용도로 사용된다. 따라서, 비용 및 유통, 또는 현장의 구조물에 따라 합리적인 사용방법을 선정할 필요가 있다.

콘크리트의 큰 덩어리를 하천제방의 바닥기초재나 안정재와 같은 재료로 사용하면 강자갈(호박돌)의 대체재가 될 수 있다. 강자갈(玉石)은 하천의 상류에서 채취하는데, 이리인해 상류부의 하천바닥이 크게 파손되는 것이 문제가 된다. 따라서, 콘크리트의 부산물을 玉石의 대체재로 활용하면 一石二鳥의 효과를 얻을 수 있다.

비교적 작은 입자의 콘크리트 덩이는 도로 포장용 바닥재료와 콘크리트용 골재로 사용된다. 현재, 도로 포장용 바닥재료를 포함한 골재는 천연모래의 이용율이 감소되고 있는 반면에 부순모래나 부순돌의 이용율이 증가되고 있다. 골재의 사용량이 크게 변화한 것은 채석장의 부족과 운

표 1 콘크리트 해체재의 재활용 사례

이용 형태	용 도	
콘크리트 부재 이용	어초, 부식 등	
20~40cm 덩어리	한석, 바닥지정재 등	
파쇄재	굵은 덩어리	마당 기초재료, 동일용도에 재사용, 기초재료 등
	굵은골재 산 골재	콘크리트용 바닥 기초재료 아스팔트용으로 재이용
처리과정에서 발생하는 분말	지반개량, 충전재(filler) 등	

송의 長距離化 및 環境汚染 등의 문제점이 제시되었기 때문이며, 따라서 재생골재를 이용할 경우에는 일석이조의 효과를 얻을 수 있다. 현재, 재생골재의 재활용 용도는 구조물의 품질에 대한 문제발생 등을 고려하여 도로 포장의 바닥재 사용에 국한되어 있는 실정이다.

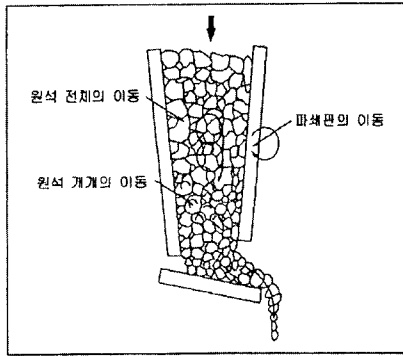


그림 2 재생골재의 부착모르타르 제거방법

콘크리트 부산물의 파쇄에는 일반적으로 부순돌(쇄석)용 파쇄기를 사용하는 경우가 많다. 그러나, 도로바닥 포장용 및 콘크리트 혼합용으로 사용되는 골재는 처리방식을 다르게 할 필요가 있다. 도로바닥 포장용의 경우에는 콘크리트 덩어리의 굵은입자가 필요하므로 분쇄할 때 발생하는 미분을 처리해야 한다. 따라서, 미분이 발생하지 않는 Jaw Crusher 또는 Impact Crusher 등과 같은 분쇄기를 사용하는 것이 바람직하다.

콘크리트용 골재는 품질이 우수한 골재를 확보해야 하기 때문에 골재에 골재에 부착된 시멘트-페이스트와 모르타르를 제거하는 것이 중요하다. 지금까지는 콘크리트용 골재에 대해서도 일반 파쇄기가 사용되었지만, 최근에는 콘크리트용 골재에 파쇄된 콘크리트 덩어리를 마모시켜 다듬는 기능을 갖춘 기계류도 개발되었다. 그림 2는 이와 같은 원리를 나타낸 사례이다. 재래식 방법의 경우 여러번 파쇄기로 처리하면 콘크리트용 재생골재를 얻을 수 있지만, 새로운 기계를 사용하면 비교적 단시간에 양질의 골재를 얻을 수 있고 가격도 절감할 수 있다.

또한, 각종 부산물의 종류와 재생처리 방법 및 재활용을 위한 용도는 표 2와 같다. 이러한 자원을 골재 및 혼화재로 유효하게 재활용할 경우에

표 2 콘크리트용 골재 또는 혼화재로 재활용 가능성

구분	각종 부산물	재생처리방법	개발용도		
콘크리트용 재활용 가능성 있는 기종 폐기물	無 機 質	기와, 벽돌, 도기	破 碎	잔·굵은골재	
		유리병	燒 結	굵은골재	
		주물가루(Dust)	選 別	잔골재, 혼화재	
	廢 棄 物	구사층	燒 結	잔·굵은골재	
		산자갈, 汚泥	燒 結	잔·굵은골재	
		쇄석석분	選 別	혼화재	
		建設汚泥	燒 結	잔·굵은골재	
		有 機 質	下水汚泥	燒却灰	잔·굵은골재 혼화재
				燒却灰의 燒結	잔·굵은골재
				燒却灰의 熔融固化	破 碎 水 碎
廢 棄 物	도시 쓰레기 (燒却灰 상태)	熔融固化	破 碎 水 碎	잔·굵은골재 잔골재	
		燒却灰	粉 碎	혼화재	
	廢植物 (사탕수수, 왕겨)	燒却灰	粉 碎	혼화재	
	제지필트 슬러지	燒却灰	粉 碎	혼화재	
	FRP	粉 碎	혼화재		

는 自然破壞의 抑制 및 地球環境의 保全에 이바지할 수 있을 것이다. 다만, 여기서 분쇄상태의 재생재료가 잔골재의 일부로 사용된다라도 시멘트와의 반응성에 관계없이 원칙적으로는 混和材로 취급하도록 한다.

이와 같이 각종 부산물로부터 골재 또는 혼화재로 재활용하는 방법을 구분하면 다음과 같다.

- ① 그대로 사용한다.
- ② 기계적으로 파쇄·분쇄하여 사용한다.
- ③ 燒結·熔融後 그대로 또는 가공하여 사용한다.

3가지 방법중에서 ①의 경우에는 재활용을 위한 가공비 및 에너지가 필요하지 않기 때문에, 재활용에 필요한 비용은 비교적 저렴하다. 또한, ②의 경우에는 약간의 설비가 필요하며, 粉砕일 경우에는 약간의 에너지가 필요하지만 ①과 마찬가지로 2차 폐기물(폐가스, 폐열을 포함)이 발생하지는 않는다.

그러나, ③의 경우에는 폐기물을 감량화시키고 나쁜 영향이 없도록 처리하는 단계에서 사용되는 열에너지를 그대로 이용할 수 있을 경우에는 큰

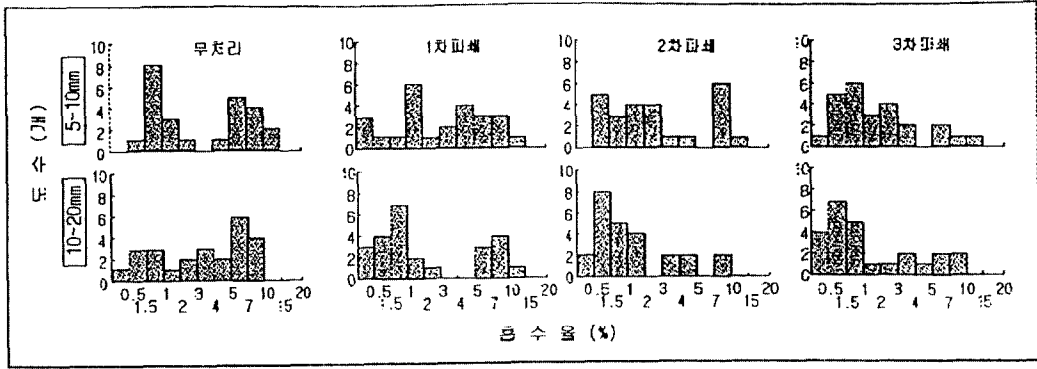


그림 3 다핵회수의 중에 따른 재생 굵은 골재의 흡수율 변화

문제가 없으나, 燒却處理한 후에 殘滓, 燒却灰, 飛灰 등을 재가열하여 燒結·熔融하는 경우에는 재활용재 1톤당 60만~120만kcal 정도의 열에너지를 필요로 한다. 더구나, 폐가스(이산화탄소, 이산화질소), 폐열을 다량으로 발생시키기 때문에, 에너지 자원의 대량소비는 물론 대기오염, 지구온난화에도 영향을 주게 된다.

이러한 관점에서 폐기물을 재활용하여 자원으로 사용할 때는 자원절약 및 환경보전을 충분히 배려하는 기술이 필요하다. 그러나, 본장에 언급된 대부분의 폐기물은 燒結 및 熔融단계를 걸치지 않으면 간단하게 骨材化할 수 없을 뿐만 아니라 발생량도 많다.

4. 재생골재 및 재생콘크리트의 특성

4.1 재생골재의 특성

콘크리트는 골재와 시멘트-페이스트로 구성되어 있다. 시멘트-페이스트는 시간이 경과함에 따라 서서히 初期性能을 소실하게 되지만, 골재는 알칼리-골재반응 또는 軟石의 Pop out 현상을 제외하면 대부분 초기의 품질을 유지할 수 있다는 측면에서 건설구조물에 보존된 골재를 再活用해야 하는 필요성을 제시한 것으로 사료된다.

또한, 콘크리트 구조물은 거의 半永久的인 耐久性을 갖는 것으로 인식하고 있지만, 구조물의 기능적인 수명에 비해 의외로 짧은 기간에 해체되고 있는 실정이다. 따라서, 구조물의 解體로 인하여 발생하는 콘크리트 덩어리는 해마다 증가

되고 있으며, 처리시설 및 장소의 확보가 점점 어려워지고 있다.

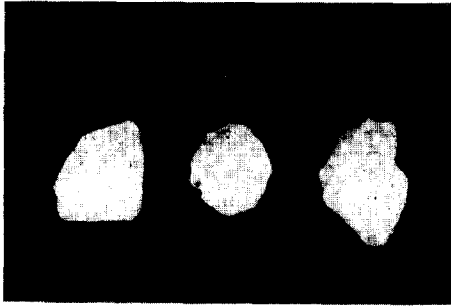
한편, 건설재료로서 양적으로 가장 많은 비율을 차지하는 자원은 콘크리트용 골재이며, 이처럼 골재의 사용량이 너무 방대하기 때문에, 골재를 채취할 때 환경에 미치는 영향도 매우 크다. 따라서, 지금부터는 가능하면 환경에 영향을 적게 미치는 상태로 골재를 공급할 필요가 있다.

콘크리트 덩어리는 耐久性을 갖고 있기 때문에 영구히 소실되지 않고, 구조물의 형태에서 廢棄物의 형태로 변화되어 폐기장에 계속 축적되어 진다. 따라서, 콘크리트 덩어리를 처분할 경우에도 환경에 나쁜 영향을 주지 않도록 대책을 세워야 한다. 이러한 관점에서 보면, 콘크리트 덩어리를 再活用한다는 것은 자원의 유효이용을 도모하기 위한 필연적인 해결책의 하나로 사료된다. 따라서, 현재는 도로용 골재로 재활용하는 것을 시작으로 향후 콘크리트용 골재로 활용범위를 확대해 나가길 기대한다.

4.1.1 입자의 구성

콘크리트 덩어리를 粉碎·分級하여 제조한 재생골재는 사진 1과 같이 원콘크리트를 구성하고 있는 골재(原骨材), 시멘트-페이스트 및 모르타르가 부착된 골재, 시멘트-페이스트 및 모르타르 입자로 구별된다.

재생 굵은골재에 대한 구성입자의 비중·흡수율 분포 등이 조사되었는데, 모르타르의 입자량이 재생 굵은골재의 품질을 좌우하는 요인으로 분석되었다. 즉, 콘크리트 덩어리를 간단히 파쇄하여



원골재 원골재 + 모르타르 모르타르

사진1 재생 굵은골재의 입자

분급한 재생 굵은골재는 원골재에 대한 모르타르 입자의 비율이 높지만, 그림 3에 나타난 바와 같이 분쇄 또는 연마처리를 반복할 경우에는 흡수율이 큰 모르타르 입자의 비율이 감소되는 것으로 확인되었다.

또한, 이로부터 재생 굵은골재의 品質改善은 분쇄 또는 연마하는 기술보다 비중을 선별하는 방법이 효과적인 것으로 판명되었다. 왜냐하면, 분쇄는 모르타르 입자의 제거에는 효과적이지만 原骨材를 파쇄시킬 염려가 있으며, 연마는 모르타르가 부착된 입자에서 모르타르를 갈아낼 수는 있지만, 모르타르 입자를 제거하는 효과는 없기 때문이다. 최근에 재생 굵은골재의 비중을 선별하는 기술개발이 새롭게 시도되고 있다.

4.1.2 입자의 치수와 품질

재생골재의 경우, 입자의 치수가 작을수록 재생골재의 품질은 저하된다. 이러한 원인은 재생 굵은골재의 경우 모르타르의 비율이 높기 때문이며, 재생 잔골재의 경우 시멘트-페이스트의 비율이 높기 때문이다. 따라서, 굵은골재의 비중·흡수율 시험은 5~10mm의 시료에 대해 실시할 필요가 있다.

JIS에서 10mm이상으로 한 것은 천연골재의 경우 5mm이상 및 10mm이상에서 실제로 문제가 될 정도의 차이가 없기 때문이지만, 재생골재의 경우에는 그림 4와 같이 명확한 차이가 있기 때문에 배합을 선정할 때 굵은골재의 실적율, 중량법에 따른 공기량 산정 등에 오차가 발생하게 된다.

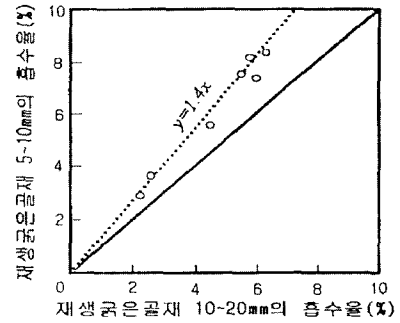


그림 4 재생굵은골재의 입경에 따른 흡수율 차이

4.1.3 불순물

도료 및 마감재와 같은 접착제 등은 해체전·후에도 제거하기 어려울 뿐만 아니라, 목재, 종이, 斷熱材, P타일 및 방수용 아스팔트 등과 같은 불순물은 재생골재의 품질에도 큰 영향을 끼친다. 이에 비해 Glass, 석재, 타일 및 벽돌 등은 골재품질에 큰 영향을 주지는 않는다. 또한, 철근과 같은 금속재료는 재생골재의 처리공정에서 파쇄·분급하기 어렵다.

지금까지 콘크리트 구조물중에서 특히 건축물의 경우에는 해체할 때에 콘크리트 외에 기타 재료가 많이 혼입되는 것으로 알려져 있으나, 현재에는 일괄적으로 해체하는 방법은 줄어들고 있는 반면에 分別(選別)해체 방법이 확산되고 있다. 따라서, 폐콘크리트에서 불순물이 차지하는 양은 중량의 1%이하 정도이다.

4.1.4 재생잔골재의 粒度·微粒分

재생 잔골재의 입도분포는 일반적으로 하부에凸 형태를 나타내며, 특히 2.5~5mm입자의 비율이 증가되는 경향이 있다. 따라서, 일반 잔골재와 유사한 입도분포를 만족하기 위해서는 2.5~5mm 입자를 어느 정도 제거해야 한다.

또한, 재생 잔골재는 微粉이 많이 포함되어 있기 때문에, 乾式製法の 경우에는 空氣式 分級機를 사용하여 미립분을 제거할 필요가 있다. 습식분급의 경우에는 건식분급에 비해 미분량을 감소시킬 수 있지만, 씻은 후에 배수처리의 문제가 지적되고 있다. 기술적으로는 Thickener를 사용하여 해결하는 방안이 있지만, 남은 덩어리의 처리는 건식의 경우와 마찬가지로 향후 해결해야 할 과제이다.

4.2 재생골재 콘크리트의 특성

재생골재 콘크리트의 특성은 사용하는 재생골재의 품질에 따라 결정된다. 폐콘크리트를 分別解體 方法으로 재생골재를 생산할 경우에는 주로 골재에 부착된 모르타르 량에 따라 재생골재의 품질이 결정된다. 양호한 콘크리트는 시멘트-페이스트 및 골재와 같은 二相材料로 구성되지만, 재생골재 콘크리트는 재생골재 자체가 원골재와 경화시멘트-페이스트로 구성되어 있기 때문에 약간 복잡한 二相材料라고 할 수 있다. 따라서, 굳지않은 콘크리트 및 굳은 콘크리트 특성에 대하여 재생골재 콘크리트의 사용방법과 관련해서 다음과 같이 서술하고자 한다.

4.2.1. 워커빌리티와 배합

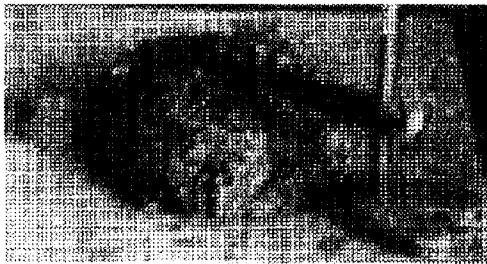
굵은골재 단위용적 및 슬럼프가 동일한 경우, 재생 굵은골재 + 모래를 사용한 콘크리트의 워커빌리티와 깎자갈을 사용한 일반 콘크리트의 워커빌리티를 비교해 보면, 재생골재를 사용한 콘크리트

트가 약간 粘性이 높게 되고, 이러한 차이는 물/시멘트비가 클수록 현저하다.

이는 재생 굵은골재에 함유된 미분 및 비빔에 의해 재생 굵은골재에 부착되어 있는 모르타르가 분리되어 재생 굵은골재와 시멘트-페이스트의 부착이 충분해지기 때문으로 사료된다. 이러한 이유때문에 재생 굵은골재를 사용할 경우에는 쇄석을 사용한 콘크리트보다 굵은골재의 단위용적을 증가시킬 수 있다.

재생골재 콘크리트의 굵은골재 단위용적을 변화시키면서 깎자갈 콘크리트와 같은 수준의 워커빌리티를 갖는 배합을 산정하고자 한 그림 5에 나타난 바와 같이 물/시멘트비가 55%인 경우, 굵은골재의 단위용적이 0.62m³/m³인 깎자갈 콘크리트는 굵은골재의 단위용적이 0.66m³/m³인 재생골재 콘크리트와 거의 유사한 수준을 나타내었으며, 물/시멘트비가 65%인 경우에도 거의 같은 경향이다.

따라서, 재생골재를 사용한 콘크리트는 쇄석을



깎자갈 콘크리트



재생골재 콘크리트

사진 2 깎자갈 및 재생골재 콘크리트의 워커빌리티 비교

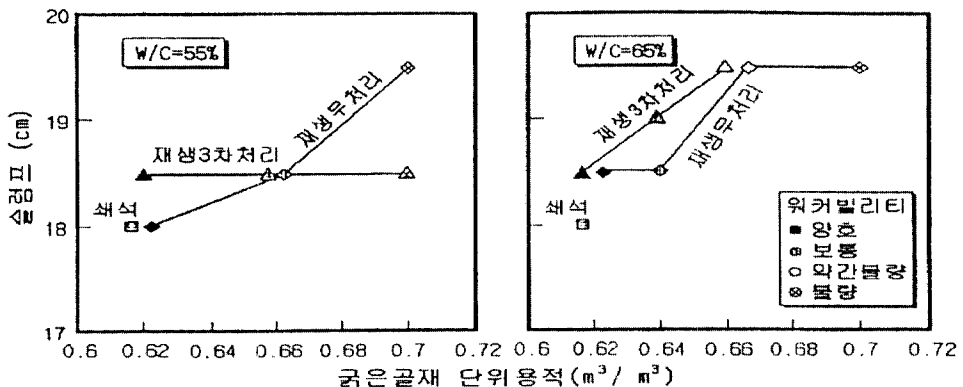


그림 5 굵은 골재의 단위용적과 슬럼프와의 관계

사용한 콘크리트보다 굵은골재의 단위용적이 0.04m³/m³까지 증가되는 것으로 나타났다.

단위수량은 그림 6과 같이 켄자갈과 마찬가지로 재생 굵은골재의 실적율에 따른 보정으로 추정할 수 있다. 재생 굵은골재의 경우에도 形狀이 불량한 것, 즉 處理程度가 낮은 골재는 단위수량이 증가하게 된다. 반면에 形狀이 양호한 것, 즉 處理程度가 높은 골재는 단위수량이 감소한다.

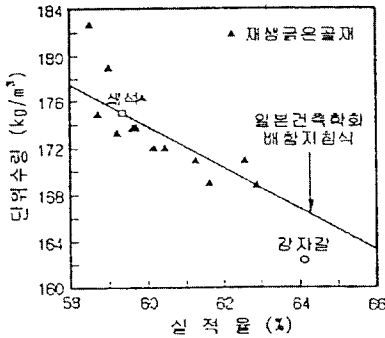


그림 6 재생 굵은골재의 실적율과 단위수량 관계

4.2.2 블리딩

재생골재를 사용한 콘크리트의 블리딩은 그림 7에서 보듯이 켄자갈을 사용한 콘크리트에 비해 적다. 이는 재생 굵은골재에 함유된 미분 및 모르타르의 保水性에 따른 것으로 사료된다. 따라서, 재생골재를 사용한 콘크리트에서 물배합의 콘크리트는 문제가 없지만, 된배합 콘크리트는 표면마감이 곤란할 수 있기 때문에 주의해야 한다.

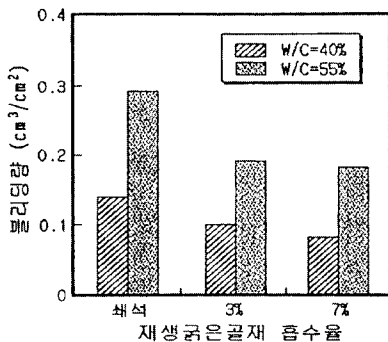


그림 7 굵은 골재의 종류에 따른 블리딩량의 관계

4.2.3 압축강도

그림 8과 같이 저장도 범위일 경우, 재생골재를 사용한 콘크리트의 압축강도는 재생골재의 품질에 큰 영향을 받지 않지만 高強度 領域으로 갈수록 재생골재의 품질에 따른 차이가 증대하며, 콘크리트 덩어리를 간단히 파괴한 것일수록 강도 발현은 낮다.

이러한 영향으로 아직까지 재생골재를 사용한 콘크리트에서 설계기준강도의 범위를 어느 단계까지 선정해야 하는지를 판정할 수 있는 방법은 정하지 못한 실정이다.

따라서, 인공경량골재에 대해 사용하고 있는 방법(建設省 住宅局 建築指導課長 調達方法), 즉 물/시멘트비가 40%인 플레인 콘크리트의 4주 압축강도로 판정하는 방법에 따른다. 그림 8은 AE 콘크리트이기 때문에 안전측으로 판정된다.

흡수율이 5%이하인 재생골재의 경우에는 400 kg/cm²이상의 압축강도를 얻을 수 있기 때문에 설계기준강도를 270kg/cm²로, 흡수율이 7%인 재생골재도 설계기준강도 240kg/cm²까지 사용할 수 있을 것으로 판단된다. 다만, JASS 5에서는 일반품질의 골재에 대해서도 설계기준강도 240kg/cm²까지 사용하도록 하고 있기 때문에, 현재로서는 이러한 강도범위에서 사용하는 것이 타당할 것으로 본다.

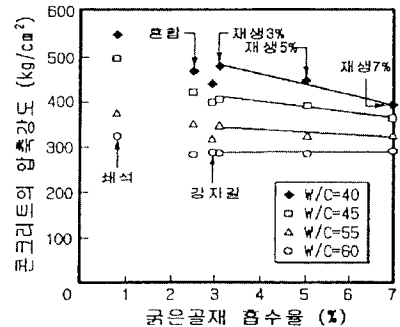


그림 8 굵은 골재의 흡수율과 압축강도 관계

4.2.4 탄성계수

콘크리트를 구성하는 시멘트-페이스트와 골재의 탄성계수를 비교해 보면, 시멘트-페이스트의 탄성계수가 작다. 따라서, 재생 굵은골재에 함유된 모르타르 성분이 많을수록 콘크리트의 전체에서 차지하는 시멘트-페이스트 양이 증가하기 때문에 탄성계수는 작아진다. 이러한 요인은 콘크리트 部材

에서의 휨 및 크리프를 증대시킬 뿐만 아니라, 後述하게 될 건조수축을 증대시키는 원인이 된다.

콘크리트의 비중과 압축강도 및 탄성계수에 의한 建築學會의 탄성계수 산정식으로부터 계수를 逆算하여 산정해 보면, 그림 9에서 보듯이 재생 굵은골재의 흡수율이 5%를 초과할 경우에는 현행의 탄성계수($2.1 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$)보다 낮다는 것을 알 수 있다.

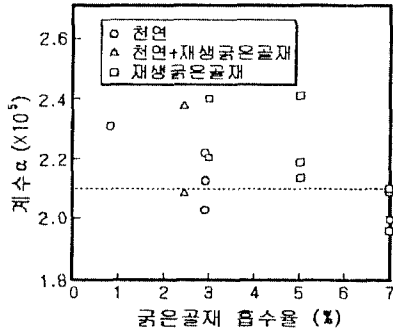


그림 9 굵은 골재의 탄성계수 평가식의 계수 α 의 관계

4.2.5 동결융해 저항성

일반 콘크리트의 동결융해 저항성은 공기량에 의해 좌우되지만, 충분한 공기량이 연행된 경우에도 골재의 품질이 나쁘면 동결융해 저항성이 저하된다. 따라서, 강자갈의 경우에는 흡수율을 3%이하, 쇠석은 이외에 안정성을 12%이하로 규정하고 있다.

재생골재 콘크리트는 재생 굵은골재에 함유된 모르타르 성분이 많을수록 동결융해 저항성에 나쁜 영향을 미친다. 다만, 그림 10에서 보듯이 재생 굵은골재의 흡수율이 5%이상이면 동결융해 저항성

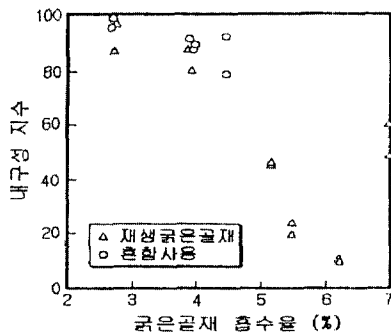


그림 10 굵은 골재의 흡수율과 내구성 지수

은 급격히 나빠지지만, 5%이하에서는 비교적 양호한 상태를 나타낸다. 따라서, 재생 굵은골재의 경우에는 일반골재보다 약간 吸水率을 증대시킬 필요가 있다.

4.2.6 건조수축

시멘트-페이스트가 건조수축을 하면 골재는 이에 저항한다. 재생 굵은골재에 함유된 모르타르는 일반골재에 비해 탄성계수가 낮기 때문에, 시멘트-페이스트의 건조수축에 대한 저항이 약하다. 따라서, 재생골재를 사용한 콘크리트의 건조수축은 일반 콘크리트에 비해 약간 증대된다.

흡수율이 1%인 쇠석, 흡수율이 3%인 강자갈 및 재생골재를 각각 사용한 콘크리트의 건조수축은 그림 11과 같다.

즉, 재생골재의 흡수율이 7%인 경우에는 콘크리트의 건조수축이 매우 높게 나타나지만, 흡수율이 5%인 경우에는 강자갈을 사용한 콘크리트와 거의 유사한 값을 보이고 있다.

또한, 이 실험에서는 건조수축을 저감하기 위하여 일반적으로 사용되는 AE감수제 외에 고성능 AE감수제를 사용하는 것도 검토하였지만, 명확한 효과는 확인되지 않았다. 따라서, 건조의 영향을 받는 구조물에 재생골재 콘크리트를 사용할 경우에는 사용되는 재생골재의 품질 및 수축 저감 대책을 검토해야 한다.

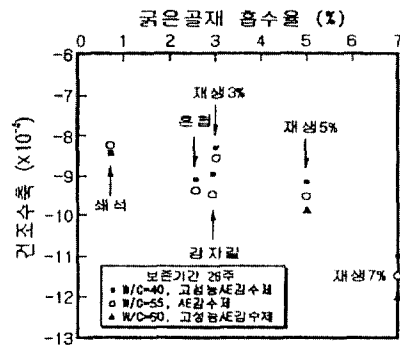


그림 11 굵은 골재의 흡수율과 건조수축률 관계

4.2.7 暴露에 의한 품질변화

일본 建設省 總合技術開發 프로젝트로서 『建設副産物の 發生抑制・再生利用技術의 開發』의 연구 프로젝트에서 사진 3과 같이 제작한 벽체에 대해 材齡 10년동안에 걸쳐 品質檢査를 실시하였다.

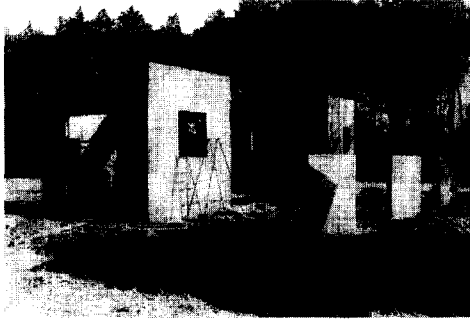


사진 3 재생콘크리트로 제작된 벽체

品質檢査 結果에 따르면, 中性化도 일반 콘크리트와 유사한 정도이며, 벽면의 균열도 거의 발생되지 않았다. 또한, 코아의 압축강도는 재령 3개월부터 증가하고 있지만, 탄성계수는 약간 저하되는 경우도 있기 때문에 향후의 품질변화에 주목해야 할 것이다.

5. 재생골재 콘크리트의 이용상 주의점

앞에서 서술한 재생골재 콘크리트의 실험결과를 고려할 때, 재생골재 콘크리트를 활용하기 위해서는 재생골재의 處理程度를 증대시켜 일반 콘크리트에 근접하도록 하는 방안과 재생골재 콘크리트의 특성에 따라 사용부위를 한정하는 방안을 고려할 수 있다.

전자의 경우에는 현재의 레미콘 플랜트에 따른 제조 시스템으로 비교적 쉽게 활용할 수 있지만, 후자의 경우에는 현재의 시스템으로 실제 재생콘크리트를 제조하고 시공할 수 있을 것인가? 아니면 별도의 시스템을 구축해야 하는가? 검토해야 하는 점이 많을 것으로 사료된다. 전자를 따르더라도 재생골재의 規準化라는 절차 또는 이에 적합한 품질을 인지할 필요가 있다.

經濟性 측면에서 輸送費를 고려할 때, 재생골재를 제조하는 공장과 재생골재로 콘크리트를 생산하는 공장이 가까이 인접해 있는 것이 바람직하다. 또한, 구조물을 해체하는 현장에서 재생골재를 제조한 후에 이를 콘크리트로 제조하는 방안도 기술적으로 가능할 것으로 사료되지만, 재생골재의 저장방법, 현장에 설치해야 하는 복잡한 콘크리트 제조 플랜트, 재생골재 및 재생골재 콘크리트의 품질관리 등에 있어서 많은 검토가 필요할 것으로 사료된다.

6. 결론

이상과 같이 재생골재와 재생골재를 사용한 콘크리트에 대해 서술하였다. 재생골재를 콘크리트에 활용하기 위해서는 아직 검토해야 할 과제가 있지만, 폐콘크리트 덩어리는 향후 계속적으로 증가할 것은 확실하다. 따라서, 향후 폐콘크리트를 재활용하지 않는 건설활동은 있을 수 없다는 것을 고려해야 할 것이다. 본 연구를 통해 재생골재의 재활용 촉진에 도움이 되길 바란다.

참고문헌

1. 建設副産物對策研究會., “建設副産物對策ハンドブック-建設副産物の再資源化に向けて”, JACIC, 1991.11
2. 特輯-建設産業副産物對策の展開, 建設月報, No.551, 1995.5
3. 建設省., 1990年建設副産物センサス(’92), 1993年建設副産物センサス(’95)
4. 高橋泰一, 何部道彦., “再生骨材のコンクリートへの適用の現状と將來”, 콘크리트工學, Vol.33, No.2, 1995.2
5. 河野廣隆., “リサイクル材料”, 콘크리트工學, Vol.31, No.3, 1993.3
6. 河野廣隆., “コンクリート副産物の再利用促進に向けて”, セメント・コンクリート, No.572, 1994.10
7. 吉兼 亨., “セメント・コンクリート廢材の再資源化”, 骨材資源, Vol.19, No.72, 1989.
8. 建設省., “指定課題-建設副産物の發生制御・再生利用技術の開発”, 第46, 47, 48回建設省技術研究會, 1992, 1993, 1994
9. 友澤史紀., “コンクリートの完全リサイクル化に向けて”, セメント・コンクリート, No.575, 1995.1
10. 玉田浩一., “再生コンクリートの塊を利用した蓄熱システムについて”, セメント・コンクリート, No.575, 1995.1
11. 菊池雅史, 道正泰弘., “コンクリート廢材”, 콘크리트工學, Vol.33, No.3, 1995.
12. 本多淳裕, 山田 俊., “建設副産物・廢棄物のリサイクル”, 省エネルギーセンター, 1994.8
13. 건설교통부, 건설산업폐기물의 리사이클링시스템 및 재활용 기술개발에 관한 연구, 1997년, 충남대학교/동아건설(주)
14. 김부한 외 : 폐기콘크리트를 활용한 재생 골재의 각종 물성에 관한 실험적 연구 - A Fundamental Study on the properties of Recycled Aggregate using Waste Concrete -, 한국폐기물학회지, 제15권 제3호, 1998년 5월, pp. 203~209