廢콘크리트의 再生 및 再活用 方案

裵 圭 雄
〈韓國建設技術硏究院 · 構造硏究室 先任硏究員〉

1. 序 論

최근 건설분야에서 발생하는 産業廢棄物의 처분이 환경보호 및 자원절약 차원에서 새로운 문제로 부각되고 있다. 특히 건축적, 구조적 수명이 다한 콘크리트 구조물의 解體시 발생하는 막대한 양의 廢콘크리트는 그 처분장 부족 및 처분비의 증가로 심각한 문제로 부각되고 있다. 또한 良質의 天然骨材가 부족하고 환경오염 문제가 심각한 현시점에서 廢콘크리트의 재생 및 재활용은 자원절약 및 공해방지 차원에서 볼때 그 필요성은 점차 높아지고 있다.

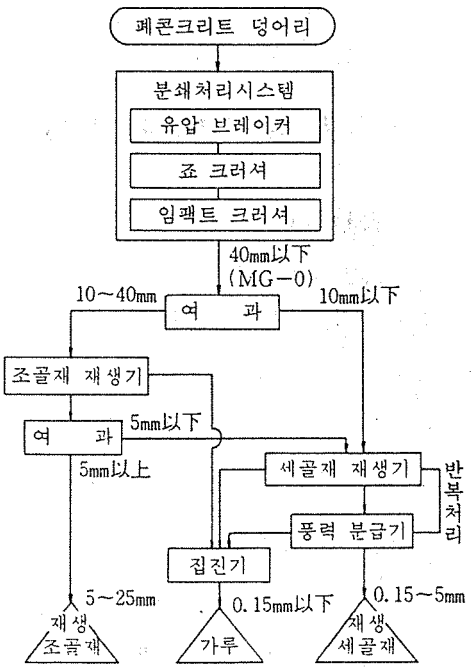
廢콘크리트의 발생량은 일본의 경우 수도권에서만도 89년 기준으로 약 759만톤(전체 건설산업 폐기물의 27%)에 이르고, 95년경에는 약 1,031만톤(29%), 2000년에는 약 1,200만톤(30%)으로 계속 증가될 것이 분명하지만 해당 해정구역내에서의 처분장의 부족은 날로 심각해지고 있는 실정이다.[8] 향후 국내 사정도 이와 다르지 않으리라고 본다.

기존의 廢콘크리트 처리는 단순히 대지조성재, 기초 매립재, 노반재, 아스팔트 혼합재로 이용하는 것이 대부분이었으나 최근에는 廢콘크리트 덩어리를 분쇄한 후 소요 굵기에 따라 분리 수거한 粗骨材, 細骨材, 콘크리트 가루를 다시 콘크리트 구조물에 사용하는 방안이 연구되고 있으며 실용화 단계에 있다. 또한 콘크리트 구조물 해체시 부재상태에 가깝게 해체하여 그대로 구조부재로 재이용하거나 판모양으로 절단하여 깔판이나 붙임판으로 재이용하는 방안도 고려하고 있지만 실용화 되기에는 더 많은 연구가 선행되어야 한다. 本稿에서는 이러한 廢콘크리트의 處理 및 骨材活用 방안에 대한 국내외 연구동향을 소개하고자 한다.

2. 廢콘크리트의 再活用 現況

2. 1 廢콘크리트의 粉碎

건축물 해체시 발생하는 폐콘크리트 덩어리의 분쇄는 중간처리시설에 있는 粉碎機로 운반한 후 분쇄하는 방법과 이동식 분쇄기를 解體 現場에 반입하여 분쇄하는 방법이 있다. 대규모의 해체 공사를 제외하고는 대부분 중간처리시설을 이용하며, 이 시설은 도심지의 해체 현장과 가까운 대도시 근교에 설치되는 경우가 많다. 분쇄 과정은 〈그림 1〉과 같으며, 해체 현장에서 브레이커를 이용하여 500mm정도 크기로 거칠게 분할한 후 죠 크러셔(Jaw Crusher) 등으로 다시 150mm정도 크기로 깬다. 그후 분쇄물에 섞여 있는 흙, 나무조각, 쇠부스러기, 플라스틱 등을 골라내고 나서 20~40mm체로 분류한다. 임팩트 크러셔(Impact Crusher) 등으로 분쇄한 후 다시 체가름을 한다.

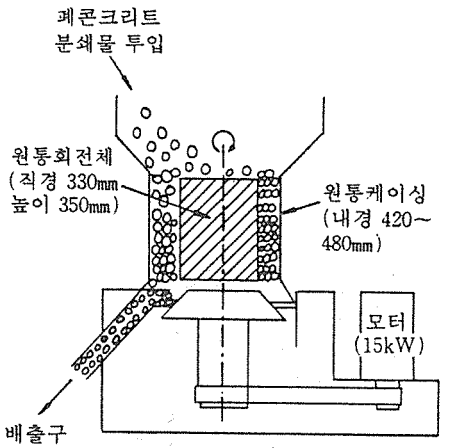


〈그림 1〉 골재 재생시스템의 흐름도

폐콘크리트 덩어리는 모르터 부분의 강도가 골재부분 보다 작기 때문에 크러셔로 분쇄할 때는 모르터 부분부터 깨어진다. 일반적인 쇄석생산에 비해서 작은 동력으로도 재생골재의 생산이 가능하고 임팩트 크러셔의 周速을 조정하면 골재의 粒度분포도 쉽게 변경할 수 있어서 유리하다. 그러나 철근 등과 같은 금속조각과 나무조각과 같은 불순물의 제거에는 불리하기 때문에 쇄석생산에 비해서 생산원가면에서 불리하다. 또한 현재의 재생골재 생산규모는 일반 쇄석생산 규모에 비해서 아주 작기 때문에 생산성이 낮아서 생산원가가 비싸다.[1)]

2. 2 廢콘크리트 粉碎物의 用途

폐콘크리트 분쇄물의 용도는 주로 土地造成을 위한 埋立材 및 盛土材, 구조물의 기초 및 뒷채움재, 도로의 路盤材 및 아스팔트 혼합물용 골재와 콘크리트용 골재로 사용되고 있다. 그중 콘크리트용 骨材로서의 이용방안은 선진외국에서는 많은 연구가 진행되어 「再生骨材利用 方案」 등을 제시하고 있다. 국내에서는 콘크리트 압축강도 공시체 실험 후 파괴된 공시체를 분쇄하고 재생골재로 회수하여 이를 신선한 골재와 일정비율 혼합·사용하여 제작한 공시체에 대해서 압축강도를 포함한 여러가지 재료실험을 통한 기초연구가 수행중이다.[5),6)]



〈그림 2〉 재생조골재의 형상

(1) 토지조성재

흙, 모래 대신 사용하는 것으로 조성후 토지이용에 지장이 없는 크기로 분쇄하지만 附加價値는 낮다.

(2) 아스팔트 혼합물용 골재

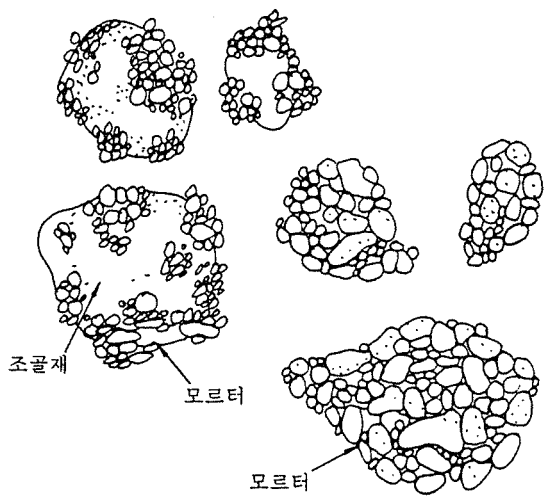
도로건설시 이용하는 것으로 다음 4가지로 구분된다. ① 크러셔로 분쇄한 그대로 이용 ② 粒徑분포를 조정한 粒度調整碎石을 이용 ③ 좁은 범위의 粒徑으로 체가름한 單位度 쇄석을 이용 ④ 2.5mm의 단입도 쇄석이용

(3) 기초 및 뒷채움재

일반적으로 크러셔로 분쇄한 그대로 이용하거나 단입도 쇄석을 많이 이용한다. 입경이 비교적 큰것이 좋다.

(4) 노반재

폐콘크리트 분쇄물의 용도가 노반재라고 하여도 과언이 아닐 정도로 재생골재의 대부분이 노반재로 이용되고 있다. 노반재는 크러셔로 분쇄한 그대로 이용하는 경우와 이를 2~3 종류로 체가름한 후 일정 입도 분포가 되도록 배합하고 최적함수비로 加水하여 혼합하는 입도조정 노반재로서 이용하는 경우와 시멘트 등의 결합재를 첨가해서 재생 안전처리 노반재로서 이용하는 경우가 있다. 재생노반재는 모르터 부분을 포함하고 있기 때문에 일반 쇄석에 비해서 비중은 작고 흡수율과 마모 감소량은 크지만 도로용 쇄석의 기준치를 만족하고 있다.[1)]



〈그림 3〉 조골재 재생장치

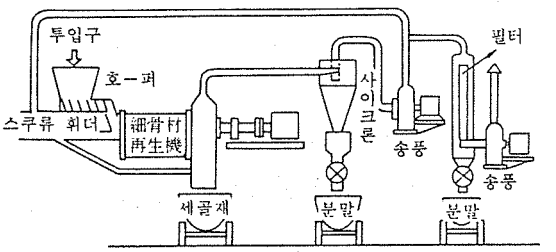
(5) 콘크리트 골재

폐콘크리트 분쇄물 그대로를 규준상의 쇄석 및 쇄사와 동등하게 사용할 수 없는 것으로 연구결과 밝혀졌기 때문에, 콘크리트를 골재로 재이용하려면 저강도 콘크리트의 경우에 한해서만 이용하거나 규준에 맞는 신선한 재료에 혼합하여 사용하도록 제안하고 있다.[1),3),6)]

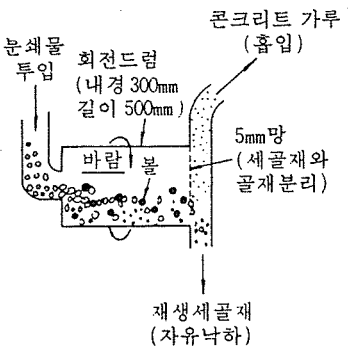
3. 再生方法 및 再生骨材의 特性

3. 1 骨材 再生方法

폐콘크리트로부터 골재를 재생하기 위해서는 먼저 폐콘크리트 덩어리를 분쇄하여야 한다.



(a) 장치전체



(b) 본체

〈그림 4〉 세골재 재생장치

분쇄 순서는 전술한 2.1의 내용과 같다. 폐콘크리트 덩어리에는 흙, 쇳조각, 나뭇조각 등의 불순물이 섞여있기 쉽기 때문에 분쇄하기 전에 이들 불순물을 제거하여야 한다. 양질의

재생골재를 만들기 위해서는 분쇄기의 機種 選定이 중요하며, 성능은 가능한 한 폐콘크리트 내의 골재를 손상시키지 않고 시멘트풀과 모르터 부착량을 적게 할 수 있는 것이 좋다(〈그림 2〉 참조). 충격력에 의한 분쇄보다 압축력에 의한 것이 바람직하며, 磨耗機를 이용해서 재생골재의 입자형상을 개선할 수도 있다.

〈그림 3〉은 粗骨材 再生機를 나타낸 것으로 원통내에 偏心回轉體를 설치하고 그 사이에 폐콘크리트 분쇄물을 투입한 후 회전 가속하여 소요굵기의 粗骨材를 회수한다. 1시간에 약 3톤 정도의 분쇄물을 처리하는데 그 중 약 70%를 흡수율이 1~2%인 콘크리트용 쇄석 규격에 맞는 재생골재로 회수할 수 있다. 〈그림 4〉는 세골재를 재생하는 장치를 나타낸 것으로 공기중에 떠있는 분말가루를 배풍기로 배출시킨 후 필터를 이용하여 분리·회수한다(〈그림 1〉 참조). 여기에서 얻은 재생세골재는 흡수율이 4%정도로 규격에 미달되지만 규격에 가까운 성질의 재생골재를 50~60% 정도는 회수할 수 있다. 또한 골재 재생 과정에서 회수되는 콘크리트 가루성분은 포틀란트시멘트에 가까운 것으로 포틀란트 또는 특수 시멘트의 원료로 재활용할 수 있다.[3]

3. 2 再生骨材의 特性

(1) 품질

재생골재의 품질은 폐콘크리트의 처리 정도에 따라서 크게 달라진다. 품질을 개선할수록 경비가 많이 소요되기 때문에 실용적으로 처리하면서 비교적 양질의 골재를 얻는 것이 중요하다. 재생골재는 〈그림 2〉와 같이 모르터가 붙어 있는 조골재와 조골재 크기로 분쇄된 모르터로 구성되어 있고 재생 세골재는 이같은 모르터가 다시 분쇄된 것이다. 재생골재의 품질은 폐콘크리트의 품질, 모르터 부착량, 제조 공정, 입도 조제법, 섞여 있는 불순물 등에 영향을 받는다. 〈표1〉은 재생골재의 품질 및 품질규준안을 수록한 것이고[1] 〈표2〉는 재생골재의 종류를 나타낸 것이다.[3] 〈표3〉은 재생조골재의 입도분포를 나타낸 것이고 〈표4〉는 불순물이 섞이지 않은 보통 콘크리트의 강도에 대해서 85%의 강도를 발현할 때의 불순물의 종류와 그 양을 수록한 예이다.[1),2),3)]

〈표1〉 재생골재의 품질 및 품질규준안

재생골재 종류		절건비중	흡수율 (%)	단위용적질량 (kg/L)	실적율 (%)	세척손실량 (%)	안전성 (%)	마모감소량 (%)	40t 분쇄값 (%)	유기불순물 (%)	조립율 F.M	모르터 부착량 (%)
조골재	최대	2.43	8.41	1.50	62.9	2.3	38.5	—	33.4	—	7.36	67.6
	최소	2.13	3.60	1.23	53.3	0.1	18.2	—	23.0	—	6.06	35.5
	평균	2.28	5.94	1.36	57.9	0.9	27.6	29.5	27.8	—	6.77	46.7
세골재	최대	2.14	14.40	1.55	72.0	8.6	17.3	—	—	—	3.81	—
	최소	1.89	8.30	1.32	60.1	2.0	7.4	—	—	—	2.71	—
	평균	2.03	11.20	1.38	64.2	5.7	12.2	—	—	양호	3.32	—
품질 규준안	조골재	2.2이상	7이하	—	53이상	1이하	—	—	—	—	—	—
	세골재	2.0이상	13이하	—	—	8이하	—	—	—	—	—	—

(2) 특성

1) 비중 : 모르터 부착량이 많을수록 비중은 작아진다. 보통 골재에 비해 재생 조골재는 약 10%, 재생 세골재는 약 25% 정도 작게 된다.

2) 흡수율 : 모르터 부착량이 많을수록

〈표2〉 재생골재의 종류

종류 / 항목	재생조골재			재생세골재	
	1종	2종	3종	1종	2종
흡수율 (%)	3이하	5이하	7이하	5이하	10이하
안정성	12이하	12이하	—	10이하	—

(건설성 토목구조물 분과위원회 지침(안))

커진다. 재생 조골재에서 약 6%, 재생 세골재에서는 약 10% 이상 커진다.

3) 단위 용적 질량 : 재생 세골재 · 조골재 모두 거의 같으며 약 1.35kg/L정도이다.

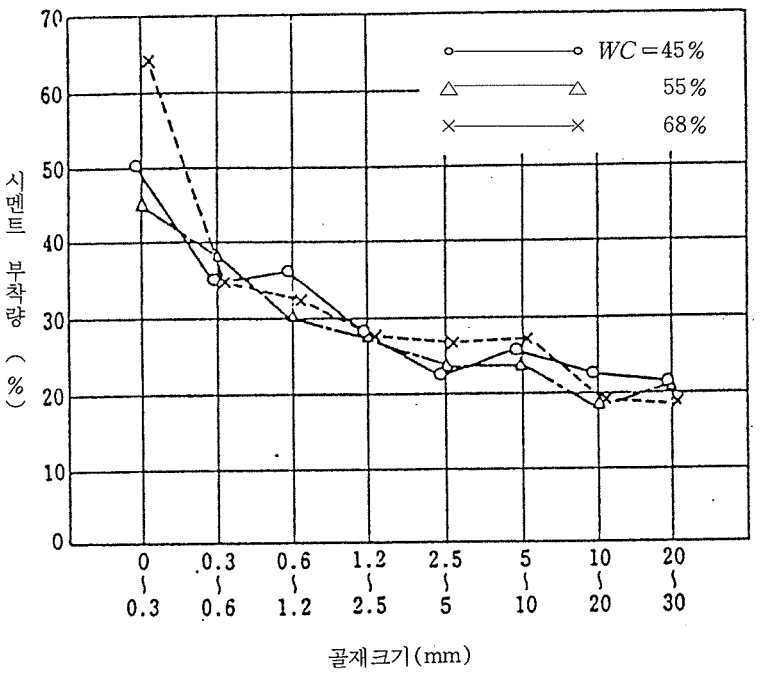
4) 實積率 : 재생 조골재에서 약 58%, 재생 세골재에서 약 64%정도이지만 변동이 크다.

5) 세척 손실량 : 세척 시험에 의해서 손실되는 0.074mm 이하의 微粉量은 재생 조골재에서 약 1%, 재생 세골재에서 약 6%정도이다.

6) 안전성 : 안전성에 의한 손실 질량 백분율은 재생 조골재에서 약 30%, 재생 세골재에서 약 12%정도로 큰 값이다.

7) 모르터 부착량 : 재생 조골재 중에 포함된 모르터 부착량은 35.5~67.6%(평균 46.7%)로 광범위하게 분포하고 있다.

8) 시멘트 부착량 : 입자가 굵어지면 작게 되고 잘아지면 많게 된다. 〈그림 5〉는 재생골재에 부착되어 있는 시멘트량과 골재 굵기의 관계를 나타낸다.



〈그림 5〉 골재 크기에 따른 시멘트 부착량[9]

9) 불순물 : 재생골재중에는 흙, 나뭇조각, 섯부스러기 등과 같이 주로마감재에서 혼입된 불순물이 있고 이것이 콘크리트에 섞이면 강도 등에 나쁜 영향을 준다. 불순물이 섞이지 않은 신선한 콘크리트의 강도에 비해서 85%의 강도가 발현되는 불순물이 포함된 재생골재 사용 콘크리트에서의 불순물의 종류와 혼입량은 〈표3〉과 같다.

〈표3〉 재생조골재의 입도분포

체의 호칭 치수(mm)		체를 통과한 것의 중량 백분비(%)					
		30	25	20	10	5	2.5
재 생 조골재	(25)	100	90~100	50~90	10~60	0~15	0~5
	(20)	—	100	90~100	10~60	0~15	—

〈표4〉 불순물의 종류 및 양

불순물	플라스터 석고 이외	흙	모래	석고 수화물	아스팔트	도료
혼입량 (%)	6	5	4	3	1	1

(신선한 보통 콘크리트 강도에 대해서 85% 강도 발현실)

4. 再生骨材 사용 콘크리트

4. 1 種類

(1) 재생골재만을 사용하는 콘크리트

세골재는 모두 보통의 것을 사용하고 조골재는 일정비율의 재생골재를 사용하여 제조한 콘크리트는 재생조골재의 혼합비율에 따라 〈표5〉와 같이 A, B, C의 3종류로 분류한다[2)·3)]. 이러한 방식은 일본 건설성 건축 연구소가 제안하는 「재생골재를 사용한 콘크리트의 사용기준(안)에 따른 것이다. 재생조골재만을 사용한 콘크리트는 조골재의 종류, 조합 및 혼합비율에 따라 특성이 다르기 때문에 사용부위의 요구성능을 잘 검토한 후 최적이라고 생각되는 종류를 선택한다.

1) A종 콘크리트

50%이상의 재생 조골재를 사용한 것으로 설계기준강도 최대치를 150kg/cm²로 하며 목조건축물의 기초 등 간이 콘크리트에 적용한다.

2) B종 콘크리트

30% 초과~50%미만의 재생 조골재를 필요에 따라서 사용한 것으로 그 특성은 조합비율에 따라 달라지며 설계기준강도 최대치는 180kg/cm²로 한다. 재생 조골재의 혼합비율이 50%에 가까운 것에 대해서는 A종 콘크리트의 사용도 고려할 수 있다.

3) C종 콘크리트

〈표5〉 재생조골재만을 사용한 콘크리트의 종류

콘크리트 종류	세골재 모래 (%)	조골재 재생조골재 혼입율(%)	설계기준강도 (kgf/cm²)	용도
A	100	50이상	150 이하	간이 콘크리트 (버림 콘크리트 등)
B	100	30 초과~50미만	180 이하	
C	100	30이하	210 이하	일반구조용 콘크리트

*일본 건설성 건축물분과위원회에 의한 「재생조골재를 사용한 콘크리트 사용기준(안)」

30%이하의 재생조골재를 사용하며 보통 콘크리트에 가장 가까운 특성을 갖지만 재생조골재를 사용하기 때문에 설계기준강도 최대치는 210kg/cm²로 한다.

〈표6〉 재생골재와 세골재를 사용한 콘크리트의 종류

콘크리트종류	조 골 재	세 골 재	설계기준강도 (kg/cm²)	용 도
Ⅰ	재생골재 1종	보통골재	210이상 (철근콘크리트)	저층 집합주택, 단독 주택
Ⅱ	재생골재 2종	보통골재 혹은 재생골재 1종	160이상 (무근콘크리트)	블록조의 기초
Ⅲ	재생골재 3종	재생골재 2종	160이하 (버팀콘크리트)	목조의 기초, 문, 담

(2) 재생조골재와 세골재를 사용하는 콘크리트

조골재와 세골재를 모두 재생골재를 이용하여 제조하는 콘크리트로서 혼합비율에 따라 〈표6〉과 같이 Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ의 3종류로 분류한다. 이러한 방식은 일본 건축업협회 폐기물처리 재이용 위원회가 제안하는 것이다.

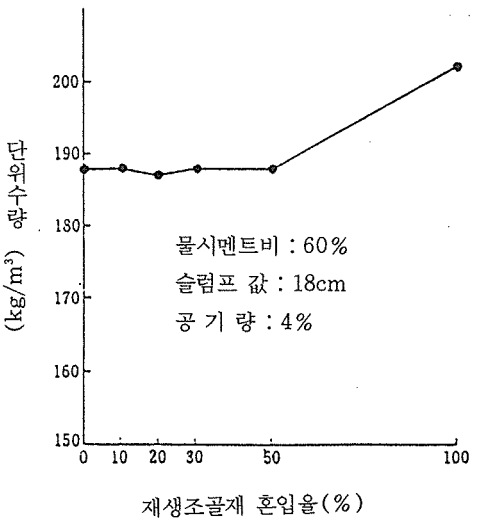
4. 2 特性

(1) 배합설계시 주의사항

1) 골재준비 : 재생골재는 흡수율이 크기 때문에 사용전에 필히 살수하여 함수율을 높인다.

2) 單位水量 : 재생골재의 사용량이 증가할 수록 단위수량이 많아진다(〈그림6〉 참조). 재생콘크리트 Ⅰ종과 Ⅲ종은 보통 콘크리트에 비해서 각각 약 7%와 14%정도 단위수량이 많아진다. 재생조골재와 세골재를 30%이하의 비율로 혼합하면 단위수량의 증가는 3~10kg/m³정도이고 거의 같은 단위수량으로 동일한 슬럼프 값을 얻을 수 있다.

3) 세골재율 : 재생콘크리트 Ⅰ종은 보통 쇄석콘크리트와 거의 같지만 Ⅱ종은



〈그림 6〉 재생조골재 혼입율과 단위수량[1)]

1%, Ⅲ종은 2.8%정도 크게하여야 한다.

4) 공기량 : 재생콘크리트 Ⅰ종은 1.5%, Ⅱ종과 Ⅲ종은 2~2.5%정도 많지만 골재수정계수로 보정을 하면 0.5~1%

정도 증가한다.

5) 單位容積質量 : 재생콘크리트의 반죽 후 굳을 때의 단위용적 중량은 보통 콘크리트에 비해서 골재의 비중이 작은 만큼 작아진다. Ⅰ종은 100kg/m³, Ⅱ종은 200kg/m³, Ⅲ종은 300kg/m³ 정도 작아진다.

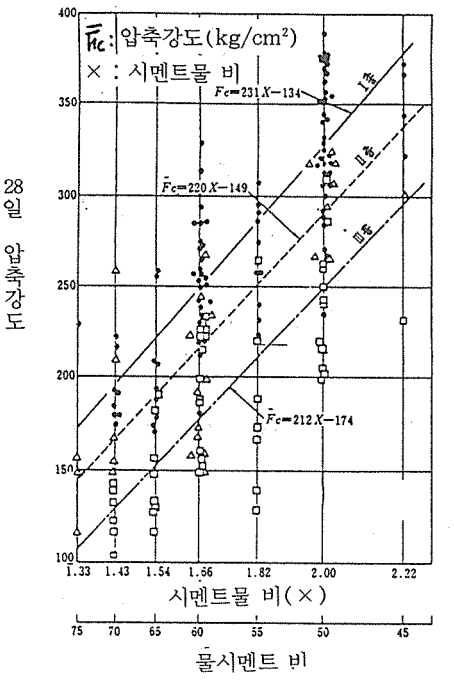
(2) 굳기 전의 특성

재생골재 콘크리트의 제조는 보통 콘크리트와 마찬가지로 건축공사 표준시방서에 준하나, 운반시간, 운반방법, 타설방법과 응결에 충분한 배려가 필요하다. 타설할 때나 굳을 때에 브리딩수(bleeding Water)가 생기면 이를 제거한 후 콘크리트를 타설한다. 펌프 압송시에는 보통 콘크리트에 비해 슬럼프 저하가 약간 커서 사용전 충분히 물을 뿌려 함수율을 높인 재생골재를 사용하고 필요에 따라서 시험압송을 할 수도 있다. 응결속도는 보통 콘크리트에 비해서 시작과 종료 모두 1−2시간 정도 빠르다.

(3) 굳은 후의 특성

1) 압축강도 : 재생골재의 혼입율이 30% 이하인 경우에는 동일한 물시멘트비의 보통 콘크리트와 같거나 10%정도 저하한다. 〈그림7〉은 재생 콘크리트의 물시멘트비와 28일 압축강도 F_c와의 관계를 나타낸 것이다. 물시멘트비가 같더라도 재생콘크리트의 종류에 따라서 강도는 많은 차이가 있고 물시멘트비가 작을수록 그 차이는 커진다. Ⅰ종은 350kg/cm², Ⅲ종은 300kg/cm²가 한계강도로 나타나지만 재생골재를 보통골재의 30%이내 비율로 혼합하여 제조한 콘크리트는 450kg/cm²까지 가능하다. 재생골재 콘크리트의 재령증가에 따른 압축강도의 발현은 보통 콘크리트와 거의 같다.

2) 인장·휨강도 : 재생골재 콘크리트의 인장·휨강도를 압축강도에 대한 비로 표시하면 보통 콘크리트와 거의 같거나 약간 작은 값을 보인다.



〈그림7〉 재생콘크리트 종류별 물시멘트비와 압축강도의 관계[9]

3) 靜彈性係數 : 재생골재의 사용량이 증가하면 작게 되고 건조시에 현저하다. 재생골재의 혼입율이 보통골재의 30% 이하인 경우에는 정탄성계수의 저하는 10%정도이다. Ⅰ종은 20~25%, Ⅲ종은 40% 정도 저하한다.

4) 건조수축 : 재생골재의 사용량이 증가하면 건조수축이 커지고 장기간에 걸쳐서 증가하는 경향이 있다. 재생 골재의 혼입율을 30%이하로 한 경우는 보통 콘크리트보다 10%이하정도 증가한다. Ⅰ종은 10~30% 정도 증가하고, Ⅲ종에서는 45~55%정도까지 증가하기도 한다.

5) 透水性 : 재생골재의 사용량이 증가하면 커지고, 수압이 3kg/cm² 또는 12kg/cm²일 때 물의 침투깊이는 세골재·조골재 모두를 재생골재로 사용한 경우 보통 콘크리트에 비해서 2~6배 정도이다. 그러나 재생골재의 혼입율을 30%이하로 하면 보통 콘크리트와 거의 같다.

6) 中性化 : 재생골재의 사용량이 많고 사용한 재생골재가 중성화되고 있을수록 진행속도가 빠르며, 특히 초기 중성화 속도가 빠르다. 그러나 재생골재의 혼입율을 30%이하로 하면 보통 콘크리트와 거의 같다(〈표7〉 참조).

〈표7〉 중성화 시험결과(40℃, 40%, CO_2 10%)[10]

사용골재		W/C	중성화깊이(mm)		
세골재	조골재	%	1개월 경과	2개월 경과	3개월 경과
강모래	쇄석	50	6.8	8.0	8.7
		60	12.7	14.9	17.7
		70	14.9	18.8	22.4
강모래	쇄석 70% + 재생골재 I *30%	50	8.4	8.9	11.1
		60	13.1	15.2	17.4
		70	15.8	19.3	22.0
강모래	쇄석 70% + 재생골재 II **30%	50	7.2	6.4	9.2
		60	12.4	14.6	17.2
		70	15.8	18.6	21.7

*일부 중성화된 콘크리트 해체재로부터 분리수거

**아직 중성화되지 않은 실험용 콘크리트로부터 분리수거

7) 동결융해 : 재생콘크리트의 耐동결 융해성은 보통에 비해서 나쁘고 특히 III종은 劣化가 현저하지만 혼입율을 30%이하로 하면 충분한 내구성을 기대할 수 있다(〈표8〉 참조).

8) 부착강도 : 부착강도를 압축강도에 대한 비로 표시하면 보통 콘크리트와 거의 같다.

〈표8〉 동결융해 시험결과[11]

사용골재				300회 이후의 상대動탄성계수 (%)
세골재		조골재		
강모래	재생	쇄석	재생	
100	0	100	0	99
100	0	90	10	100
100	0	80	20	98
100	0	70	30	94
90	10	70	30	90
100	0	50	50	94
100	0	0	100	66

(배합조건 : 물시멘트=60%, 슬럼프 값=18cm, 공기량 4%)

9) 흡수율 : 재생골재의 사용량이 증가할수록 크게 된다. 보통콘크리트에 비해서 I종은 1.6배, III종은 2.5배정도이다.

10) 크리프 : 보통 콘크리트에 비해서 I종은 약간 크지만 III종에서 단위크리프 변형도는 약 3배, 크리프 계수는 약 2배 정도로 커진다.

5. 結 言

재생골재는 보통골재보다 품질이 나쁘고 이를 사용한 콘크리트 역시 재생골재 사용량이 증가할수록 품질이 저하한다. 그러나, 재생골재를 보통골재의 30%이하의 범위로 혼합 사용하면 보통 콘크리트와 물성이 거의 같은 것으로 연구결과 나타났다. 따라서 혼입율이 30%이하인 경우에는 일반 구조용 콘크리트로 사용할 수 있다. 간이 콘크리트에만 사용할 경우에는 재생골재의 혼입율을 30%이상으로 증가시킬 수 있다.[1),3)]

향후 도심 재개발시 구조물 해체과정에서 발생하는 폐콘크리트를 100% 재활용하기 위

해서는 경제적인 골재재생 방법, 재생골재품질개선 방법, 최적혼합비율 등에 대해서 많은 연구가 수행되어야 한다. 이러한 연구 결과를 토대로 규준 및 시방서도 보완하거나 새로 제정되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 日本建設産業調査會, "最新 コンクリート材料・工法ハントブシク", 1986. 2
2. 堅野紀元, "廢棄物の建築用コンクリートへの再利用", コンクリート工學 Vol.25, No.5, 1987.
3. 山田優, コンクリート廢材をコンクリートに再利用する". セメント・コンクリート, 1992. 6.
4. 本多淳裕, "新しいコンクリート廢材再生技術の概要", 土木施工 Vol.31, No.12, 1990.
5. 金武漢, "굵은 골재로서 폐기 콘크리트를 사용한 콘크리트에 관한 기초적 연구(역학적 특성)", 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, 1985. 9.
6. 金武漢, "잔, 굵은 골재로서 폐기 콘크리트를 사용한 콘크리트에 관한 실험적 연구(역학적 성질)", 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 1986. 4.
7. S. F. Yannas, "Waste Concrete as Aggregate for New Concrete", ACI Journal, August, 1977.
8. 日本 日刊工業新聞, 1992. 1. 24, 1992. 8. 6
9. 財團法人建築業協會廢棄物處理再利用委員會, "再生骨材 コンクリートに關する 研究", コンクリート 工學, 1978. 7.
10. 川瀨清孝, "再生骨材を混合使用レたコンクリートの物性に關する 實驗的研究", 日本建築學會關東支部研究報告集, 1985.
11. 川瀨清孝, "再生骨材を混合使用レたコンクリートの物性に關する 研究", 日本大學理工學術講演論文集, 1983.