

폐콘크리트를 사용한 호안 콘크리트 블록 개발

Development of Revetment Concrete-Block Using Waste Concrete

김진만¹⁾ · 조성현²⁾ · 주지현²⁾ · 곽은구²⁾ · 한기석²⁾ · 오부영³⁾

Kim Jin Man · Cho Sung Hyeun · Joo Jee Hyeun · Kwag Eun Goo · Han Ki Suk · Oh Boo Young

¹⁾공주대학교 건축공학과 Dept. of Architectural Eng. KNU

²⁾공주대학교 자원재활용신소재 연구센터 Regional Research Center for New Material by Recycling KNU

³⁾상원개발산업(주) Sang Won Development Co. Ltd

1. 서론

폐콘크리트는 2002년 기준으로 49,352(ton/일)이 발생하여 연간 약 1,800만톤에 달하는 막대한 양이 발생하고 그 양도 매년 급격히 증대하고 있는 부산물이다. 현재까지 콘크리트의 재활용에 관해서 많은 연구가 행해졌으나, 실제의 이용은 노반재 등에 한정되고 있다. 한편 골재는 연간 2억 6000천만톤(2000년 기준)이라는 매우 막대한 량을 사용하고 있지만, 골재 채취는 자연 환경 보전과 천연 골재의 고갈로 인하여 매년 줄어들고 있다.

이러한 배경에서 많은 콘크리트 연구자들은 폐콘크리트를 콘크리트용 골재로서 사용하기 위한 노력을 기울여 왔다. 그러나, 재생골재를 사용한 재생콘크리트는 일반콘크리트와 비교하여 상대적으로 낮은 강도와 건조수축의 증대 등의 문제점을 보이고 있어 범용화에 어려움을 겪고 있다. 이러한 문제점을 보이는 것은 재생골재의 경우 필연적으로 다량의 구콘크리트 또는 구모르타르가 존재하는 것이 주 요인으로 지적되고 있다.

따라서 재생골재의 품질을 향상시키기 위한 연구는 구모르타르 및 구콘크리트의 효율적 제거에 초점을 맞추고 있다. 일본의 高橋泰一, 阿部道彦 등은 폐기콘크리트의 파쇄 횡수를 증진시켜 구 콘크리트 및 구 모르타르 부분을 제거하기 위한 연구를 수행한 결과 파쇄기를 적절히 배치하여 3차 이상 파쇄 할 경우 일반골재와 동등한 수준의 재생골재를 얻을 수 있음을 보고하고 있다. 그러나, 이 경우 재생골재의 회수율은 약 30% 정도이며, 나머지 70%는 재생세골재와 미분말로 남게 되며, 현행 재생골재 제조 방식에 의해서도 차이는 있지만 재생굵은 골재와 더불어 많은 량의 재생모래 및 미분말이 발생되고 있다.

이처럼 재생굵은골재의 경우, 고도처리를 통한 고품질화 등 재생굵은골재의 품질향상 방안 및 활용방안 등에 대하여 많은 연구가 진행되어 왔으나 동시에 발생하는 재생모래 및 재생미립분에 대한 연구 및 활용방안은 거의 이루어지지 않고 있어 이들의 용도 개발이 절실한 실정이다.

한편, 건설 분야에 사용되는 각종 콘크리트 제품을 생산하는 업체들은 최근 건설 경기 침체와 타 제품 사와의 경쟁으로 인하여 품질 향상과 경쟁력 강화를 목표로 하고 있다. 이런

시기에 폐콘크리트를 재활용한 재생골재는 기업에 경쟁력과 품질 향상을 시켜줄 수 있는 좋은 재료라 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 폐콘크리트를 재활용한 재생골재 중 재생모래의 활용방안의 하나로써 재생모래의 대체율이 콘크리트 제품의 하나인 호안 콘크리트 블록의 기초물성에 미치는 영향을 비교·분석을 통해 재생골재를 사용한 호안 콘크리트 블록을 개발하고자 한다.

2. 실험 계획 및 방법

2.1 골재의 합성입도 분석

본 연구에서는 재생모래의 대체율에 따른 실험을 실시하기에 앞서 “Driscoll의 골재 합성이론³⁾”에 근거하여 재생모래 대체율에 따른 골재의 입도분포 변화를 검토하였다.

그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 재생모래 대체율 0%에서는 해사와 부순 모래를 사용한 결과 5~10mm에서 콘크리트표준시방서에서 제시하는 골재의 범위를 벗어나고

있는 것으로 나타나고 있는데, 재생모래 대체율 50, 60%에서는 5~10mm에서 골재의 입도분포가 0%일 때보다 콘크리트 표준시방서의 입도분포 범위에 근접하는 것으로 나타났다.

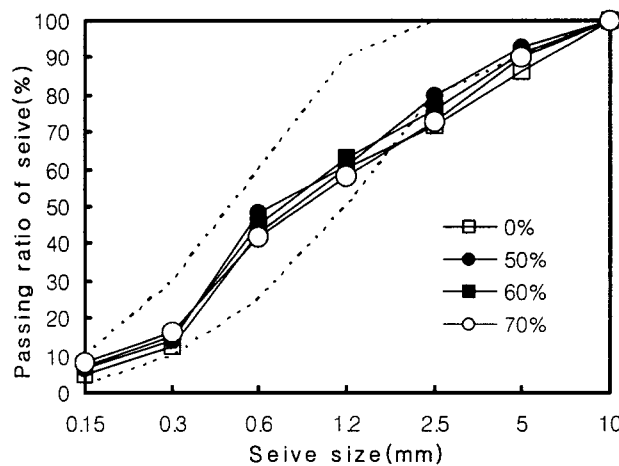


Fig. 1. Grading curve of aggregate according to Repla. pro. of recycled sand

2.2 실험계획 및 배합

본 실험의 계획 및 배합은 표 1에 나타난 바와 같이 재생골재 대체율 0, 50, 60, 70% 4수준, 물시멘트비 48%로 실험수준을 설정하여, 유동성 및 압축강도 발현성상을 검토하였다.

재생모래는 부순모래와 같이 파쇄에 의해 생산되기 때문에 입형과 미립분 함유량에서 유사한 성질을 가지고 있다. 따라서, 재생모래의 대체순서는 부순모래를 대체하고 그 다음에 해사를 대체하였다.

Table 1. Experimental plan & Mix proportions of concrete

Repla. pro. of recycled sand (%)	W/C (%)	Water (kg/m ³)	Unit weight (kg/m ³)				Measurement
			Cement	Sand	Crushed Sand	Recycled Sand	
0	48	117	244	586	879	-	· Vebe Test · Compressive strength
50	48	117	244	586	147	733	
60	48	117	244	586	0	879	
70	48	117	244	440	0	1026	

또한, 본 실험에서는 실험실 실험과 병행하여 같은 배합의 실제 현장에서 제작된 제품의 코어 채취를 통한 실증적인 검토를 실시하여 재생 모래를 사용한 친환경적인 호안 콘크리트 블록을 개발하고자 하였다.

2.3 사용재료

시멘트는 및 사용골재의 물리적 성질은 표 2와 같다.

Table 2. Physical properties of used materials

Cement		· Kinds : Ordinary portland cement · Specific gravity : 3.15
Aggregate	Sea Sand	· Specific gravity : 2.60 · Unit Weight : 1,570kg/m ² · The ratio of absorption : 0.80 · F.M : 2.54
	Crushed Sand	· Specific gravity : 2.62 · Unit Weight : 1,682kg/m ² · The ratio of absorption : 3.2 · F.M : 4.06 · Passing ratio of 0.08mm sieve : 5.3
	Recycled Sand	· Specific gravity : 2.25 · Unit Weight : 1,485kg/m ² · The ratio of absorption : 12.0 · F.M : 3.45 · Passing ratio of 0.08mm sieve : 7.0
	Crushed Stone	· Specific gravity : 2.58 · Unit Weight : 1,510kg/m ² · The ratio of absorption : 0.99 · F.M : 6.96

2.4 시험방법

(1) 반죽질기 시험

기존 콘크리트 호안 제품의 제조방식은 주로 건식 타입인 진동가압 성형방식에 의해 제조되기 때문에 콘크리트의 반죽질기를 체크할 수 있는 방식이 없고 주로 생산관리자의 경험에 의존하여왔다. 그러나, 본 제품에서는 그림 2와 같이 KS F 2427 「굳지 않은 콘크리트의 반죽질기 시험방법(VB 방법)」을 응용하여 정확한 반죽질기를 검토할 수 있는 시험방법을 제안하여 활용하였다.

VB 시험에서는 외측의 원통내에 콘크리트 슬럼프 시험용 용기(슬럼프콘)을 넣고 슬럼프 콘에 콘크리트를 채운 후 슬럼프콘을 제거한 다음 진동을 주어 콘크리트 상면이 일정한 높이까지 낙하하는 시간을 측정하는 것이지만 이 방법은 본 제품과 같이 물을 소량으로 사용하는 반건식 제품의 경우 유동성이 거의 없어 슬럼프콘 내에 밀실하게 채우기 어려울뿐만 아니라 슬럼프콘을 제거하면 원형을 유지하지 못하는 등으로 인하여 품질시험 방법으로 사용할 수 없었다.

그러므로 본 연구에서는 VB 시험을 응용하여 슬럼프 콘을 사용하지 않고 수직압력을 주지 않은 상태에서 인위적으로 콘크리트를 상면까지 채운 후 진동에 의해 콘크리트가 낙하되

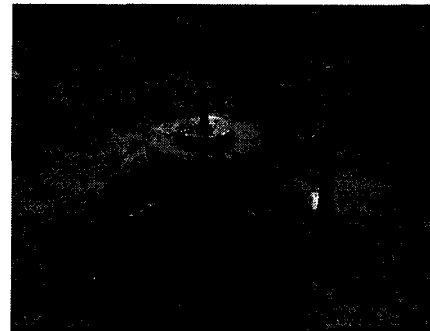


Fig. 2 Vebe test machine

도록 하고, 진동에 의해 원통내에서 콘크리트가 5cm 낙하할 때 걸리는 시간을 측정하였다. 현장에서 반죽질기 실험을 수차례 실험한 결과 성형 가능한 가소성의 수준을 구분하기 위한 시험으로 적합한 것을 확인하였다.

(2) 압축강도시험

실내 품질시험용 압축강도 시험체는 5×5×5cm 크기로 진동가압 성형기를 이용하여 제작하여 증기양생한 후, 소요의 재령까지 20±3℃에서 습윤상태로 양생한후 압축강도를 측정하였다. 또한 실제제품의 강도를 알아보기 위해 제품의 양생후 코어를 채취하여 압축강도를 측정하였다.

압축강도의 측정은 KS F 2405 「콘크리트의 압축강도 시험 방법」에 준하여 소요의 재령에서 실시하였다.

3. 실험결과

3.1 실험실 시험 결과

(1) 비비시험 결과

비비 시험기 낙하시간은 비비시험기 슬럼프 콘이 아닌 원형용기 안에 시료를 가득 채우고, 진동에 의해 5cm 낙하할 때 걸리는 시간을 측정하였다. 현장에서 반죽질기 실험을 수차례 실험한 결과 적정 시간은 20~25초 범위 안에 드는 것이 성형하는데 적정한 반죽질기로 나타났다.

실험결과 그림 3-a와 같이 재생모래 대체율에 상관없이 모든 배합에서 20~25초 범위 안에 들었으며, 재생모래 대체율이 증가할수록 다소 낙하시간이 감소하고 있으나 큰 영향을 주는 것은 아닌 것으로 나타났다.

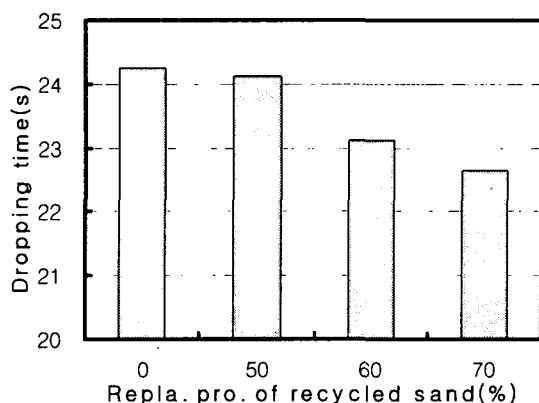


Fig. 3-a Dropping time by B.B

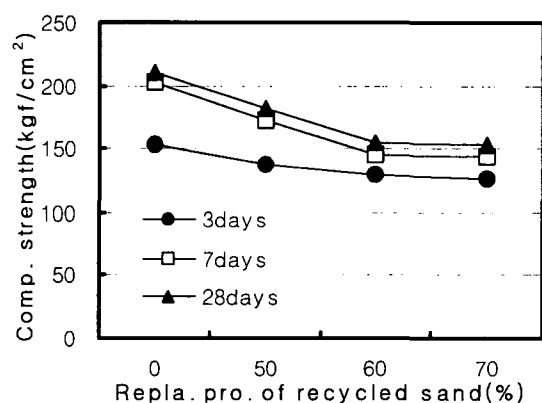


Fig. 3-b Compressive strength

Fig. 3 Test result according to replacement proportions of recycled sand

(2) 재령별 압축강도

압축강도 실험결과 그림 3-b와 같이 재생모래 대체율이 증가할수록 압축강도는 감소하는 것으로 나타났다. 모든 조합에서 재령 7일 이후의 강도 증진은 뚜렷하게 나타나지 않는 것으로 나타났다.

3.2 실제품 실험결과

실험실 실험결과를 토대로 재생모래 대체율 0, 50, 60% 3수준을 현장에서 직접 시험체를 제작하여 성형상태와 코어 압축강도를 측정하였다.

재생모래 대체율에 따른 성형상태의 문제점은 발견되지 않았으며, 양생 후 표면의 큰 공극이나 균열은 보이지 않았다.

양생 후 7일에 시험체로부터 Φ 10cm인 코어를 직접 채취하여 재령 7, 14, 28일에 압축강도를 측정하였다. 현장실험결과 실내실험과 달리 재생모래 대체율 50%와 60% 모두 재생모래를 대체하지 않은 것 보다 압축강도가 높게 나타났다. 이는 실내의 성형기보다는 현장에서 사용되는 성형기의 진동이나 가압력이 우수하며 재생모래를 사용할 경우, 표준입도 곡선에 더 근접한 입도를 가지기 때문에 보다 밀실하게 다짐이 되었을 것으로 사료된다.

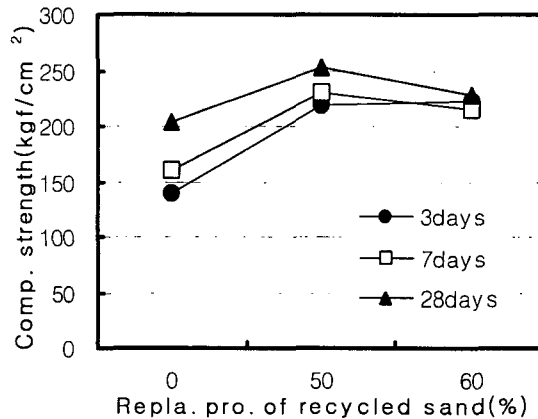


Fig. 4 Comp. strength according to replacement proportions of recycled sand

4. 결론

재생모래 대체율에 따른 호안 콘크리트 블록 제조 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) V.B 시험기 응용하여 호안 콘크리트 블록 제품의 성형에 적합한 가소성을 파악하는 것이 가능하였으며, 본 제품에 적합한 진동시간은 20~25초의 범위인 것으로 나타났다.
- 2) 재생모래 대체율에 따른 호안 콘크리트 블록 제조 실험결과, 실험실 및 현장실험 모두 재생모래를 50~60%를 대체하였을 때 골재의 입도곡선이 표준시방서에서 제시한 표준입도에 근접하는 것으로 나타났으며 압축강도도 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 재생모래를 사용하여 기존의 호안 콘크리트 블록보다 우수한 품질의 재생 호안 콘크리트 블록을 제조가 가능함을 확인하였으며, 또한 제품의 대량생산을 위해 요구되는 품질관리 시험도 제안하였다.

감 사

본 연구는 한국과학재단 지정 공주대학교 자원재활용 신소재 연구센터의 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.