

# 소성벽돌의 콘크리트 재생골재 사용 가능성에 관한 실험 연구

## An Experimental Study on the Use of the Recycled Thick Aggregate Using Ceramic Bricks

권기혁\*                      김형준\*\*                      유혜란\*\*\*  
 Kwon, Ki-Hyuk              Kim, Hyoung-Jun              Yu, Hye-Ran

### ABSTRACT

Recently, the Ceramic Bricks are getting increased due to demolishing aged buildings. But, disposal of the waste ceramic bricks has been relied on just burying into the ground. Regardless they can be used with recycled thick aggregate. Therefore the range of this study includes the experiment of slump test, compression, strength test and stress-strain analysis to the concrete the recycled thick aggregate with made by ceramic bricks. The reducing method of fine aggregate will be reviewed stand on analysis of this experimental result.

*Keywords : recycled aggregate, compression strength, tension strength, the reducing ratio of fine aggregate, revelation rate of compression strength*

### 1. 서론

현재 콘크리트 혼합 골재 중에서 주로 굵은 골재를 대체하는 것에 대부분의 연구가 진행되고 있는 추세이다. 이와 같이 천연골재 부족현상이 심한 상황에서 대체골재에 관한 연구가 진행되는 것은 바람직하지만, 굵은 골재보다는 잔골재의 부족난이 훨씬 큰 이 시점에서는 잔골재 대체골재에 관한 연구가 보다 활발히 진행되어야 한다. 이러한 추세에 맞추어, 2005년 현재 재생 잔골재에 관한 연구(이세현외, 대한건축학회, 2005.02)가 진행되고 있는 상황이며, 본 연구에서는 대체 굵은 골재의 입도를 조정하여 잔골재율을 줄이는 방안에 관하여 연구하고자 한다. 따라서 본 연구는 콘크리트 폐기물 다음으로 많은 비율을 차지하고 있는 조적조 폐기물(벽돌)의 재생골재로써의 사용가능성을 검토하고, 특히 부족현상이 심각한 잔골재의 대체 가능성을 모색하는 것을 목적으로 한다.

### 2. 연구 방법

표 1 배합인자 및 수준

구 분	대체 굵은 골재 입도(mm)	W/C (%)	대체 굵은 골재 치환율(%)	AE 감수제
배합인자	25, 15, 7, 25~15, 15~7	45	0, 30, 60	1%
배합수준	5	1	3	1

표 2 재생 굵은 골재 최소 입도 산정 실험

기 호	굵은 골재 입도(mm)				사용유무판단
	20	15	10	7	
A	20				유
B	20	15	10	7	유
	20%	50%	30%	10%	
C	15				유
D	20	15	10	7	유
	20%	20%	50%	10%	
E	10				유
F	7				유

\* 정회원, 서울시립대학교 건축공학과 교수

\*\* 정회원, 한국건설기술연구원

\*\*\* 정회원, 서울시립대학교 건축공학과 석사과정

시험 배합의 슬럼프 테스트를 통해 요구슬럼프에 도달하는지의 유·무를 판단하여, 최종 실험 배합비를 산정한다. 최종 배합비에 따른 공시체를 제작하여, 압축·인장 강도를 측정함으로써 요구 성능의 도달 유·무를 고려하고, 사용성 유·무를 분석하며, 활용가능성에 대한 검토를 실시한다. 또한, 잔골재율을 줄이는 것을 목적으로 체가름 실험을 통해 골재의 입도를 조정한 후, 배합비를 산정하여 요구 강도에 도달하는지를 확인하고 각 변수의 탄성계수를 산정하여 대체 골재 사용 가능성을 검토한다. 재생골재콘크리트에 사용된 벽돌의 배합인자 및 수준은 표1과 같다.

## 2.1 재생 골재 입도 및 체가름 실험

### 2.1.1 재생 굵은 골재 최소 입도 산정

본 실험에서 사용하는 벽돌은 소성 벽돌로 입도가 작아질수록, 본래의 성질인 점토의 성질로 돌아갈 우려가 있으므로, 골재 최소 입도에서 골재가 점토성으로 변화하는가에 대한 실험을 실시하였다. 각각의 골재를 입도별로 파쇄 하여, 입도별로 수중에 침전시켜서 그에 따른 입도변화 유·무 여부를 측정하였으며, 실험 결과 20~7mm 골재 입도에서는 입도 변화가 없는 것으로 판단할 수 있었다.

### 2.1.2 체가름 실험 결과

60% 치환한 대체골재와 천연 굵은 골재를 혼합한 굵은 골재의 체가름 실험을 실시한 결과 그림1과 같은 결과를 얻었다. 전체적인 분포의 경향은 표준 굵은 골재 입도 분포와 유사한 경향을 나타내었다.

### 2.1.3 실험 배합비 산정

표 3 콘크리트의 설계 배합표

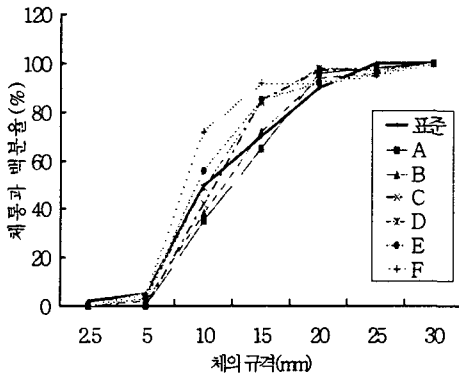


그림1 혼합 굵은 골재 체가름 실험

▶ SA 0 / 0 — 대체골재 치환율  
Substitute Aggregate — 골재 입도

시험체 번호	골재 입도	대체 굵은 골재 치환율(%)	중량배합 (kg/m <sup>3</sup> )				
			시멘트	천연 잔골재	굵은 골재	대체 굵은골재	단위 수량
SA - 0	A	0	480	593	1088	0	216
SA A/30		30	480	593	762	326	216
SA A/60		60	480	593	435	653	216
SA - 0	B	0	480	593	1088	0	216
SA B/30		30	480	564	762	355	216
SA B/60		60	480	564	435	682	216
SA - 0	C	0	480	593	1088	0	216
SA C/30		30	480	534	762	385	216
SA C/60		60	480	534	435	712	216
SA - 0	D	0	480	593	1088	0	216
SA D/30		30	480	504	762	415	216
SA D/60		60	480	504	435	742	216
SA - 0	E	0	480	593	1088	0	216
SA E/30		30	480	493	762	426	216
SA E/60		60	480	493	435	753	216
SA - 0	F	0	480	593	1088	0	216
SA F/30		30	480	475	762	444	216
SA F/60		60	480	475	435	771	216

콘크리트 시험 배합비와 슬럼프 실험, 골재 입도 체가름 실험을 통해 얻은 자료와 표준 배합비를 바탕으로 본 실험의 콘크리트 최종 설계 배합비를 산정하였다. 설계 기준강도를 24Mpa로 정하였으며, 배합강도는 실험 변수에 따른 오차를 줄이기 위하여 할증을 포함한 31.2Mpa(배합강도 추정식:  $0.85F_c + 3s$ )로 결정하였다. 본 실험의 표준편차는 실험초기에는 추정하기 불가능하므로  $0.15F_c$ 를 적용하였다. 기온에 의한 강도 교정값은 본 실험에서의 온도 범위가 15도 이상인 경우에 행하였으므로 강도 보정은 실시하지 않았다. w/c비는 기존연구(윤석천외, 대한건축학회, 1997.04)를 참조하여 45%로 고정하였다.

## 3. 실험 결과 및 분석

### 3.1 슬럼프 실험

대체 굵은 골재의 입도를 일정하게 하고, 대체 굵은 골재의 치환율을 30%씩 단계적으로 증가 시켜 그에 따른 슬럼프의 변화를 측정하였다. 대체 골재의 치환율이 증가 할수록 그에 따른 슬럼프 값이 감소하는 경향을 나타내며, 대체 골재의 입도가 감소할수록 슬럼프의 값이 감소하는 경향이 있다. 그림 3은 시간 경과에 따라 타설 직후, 30분, 60분, 90분 후 되비빔 하여 측정한 슬럼프 값의 입도별 슬럼프 경시 변화이다. 대체골재 최대 직경 입도에 따른 슬럼프 경시 변화는 그림 3과 같이 골재 입도와 대체율에 따라 정도의 차이는 있지만, 30~60분 정도 까지는 대체 골재 치환율의 증가에 따라 슬럼프의 경시 변화 정도가 커지고, 그 이후에는 작아지는 경향을 나타낸다.

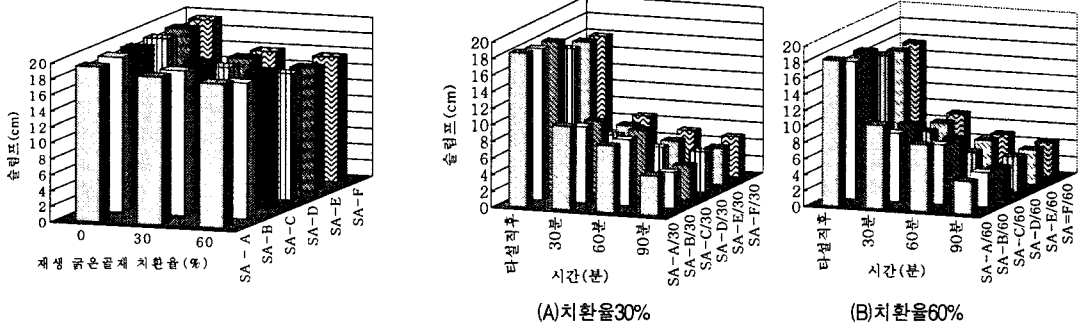


그림 2 재생굵은골재 치환율에 따른 타설직후 슬럼프

그림 3 대체골재의 치환율 변화와 시간경과에 따른 슬럼프 변화

### 3.2 입도별 대체골재 치환율에 따른 압축 강도

전반적으로 압축강도의 변화는 대체 굵은 골재 치환율이 커질수록 점차 낮아지는 경향을 나타냈으며, 재령 7일일 경우의 강도 발현율은 대체골재 치환율이 증가할수록 저하되는 것으로 나타났고, 재령14일일 경우엔 30%치환율에서 강도 발현율이 가장 적은 것으로 나타났다. 골재 입도 B에서는 대체 굵은 골재 치환율이 커질수록 점차 압축 강도가 낮아지는 경향을 나타내었으며, 골재 입도 C에서 재령일에 따른 압축강도의 변화는 대체 굵은 골재 치환율이 커질수록 점차 낮아지는 경향을 나타내었으며, 골재 입도 D에서의 재령일에 따른 압축강도의 변화는 대체 굵은 골재 치환율이 커질수록 점차 낮아지는 경향을 나타냈다. 골재 입도 E에서 재령일에 따른 압축강도의 변화는 대체 굵은 골재 치환율이 30%인 경우에 가장 낮아지는 경향을 나타내었으며, 나머지 실험체들은 타 골재 입도 실험체와 유사한 강도 발현율을 나타냈다. 골재 입도 F에서의 재령일에 따른 압축강도의 변화는 대체 굵은 골재 치환율이 커질수록 점차 낮아지는 경향을 나타내었으며, 초기 강도 발현율은 다른 입도의 실험체보다 약 10~15%정도 크게 발현되는 것으로 나타났.

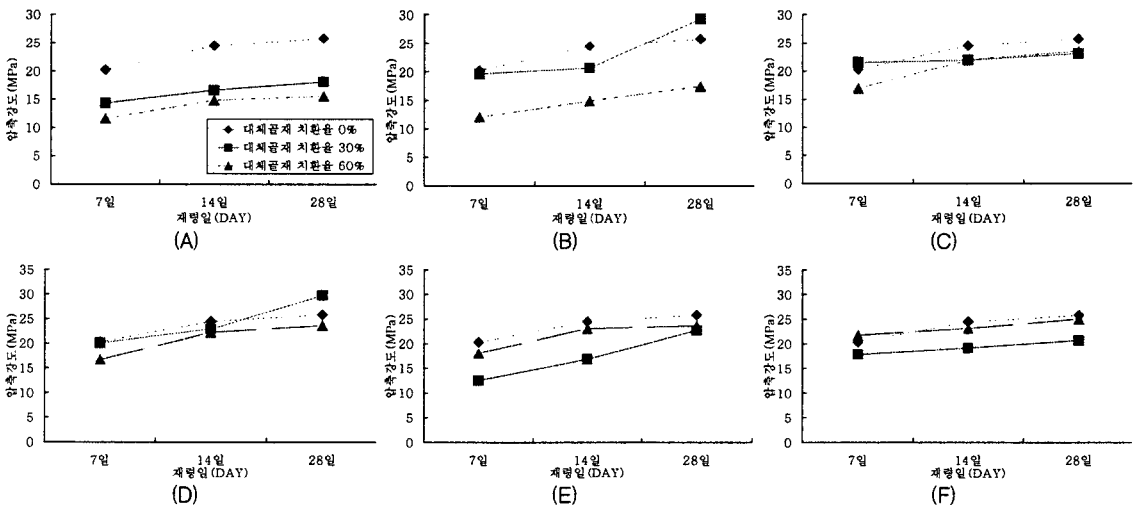


그림 4 골재의 입도별 치환율에 따른 압축강도의 변화

### 3.3 압축응력 - 변형률 관계

모든 실험체에서 대체골재를 치환한 콘크리트 실험체는 평균적으로 일반 콘크리트의 변형율의 범위 보다 크게 나타나는 것으로 판단되며, 탄성계수는 일반콘크리트보다 낮게 측정되었다. 다만, 골재 입도 F에서 SA A/60 실험체는 일반 콘크리트의 탄성계수에 거의 근접하는 것으로 나타났다. 안정성 한계 상태인 대체골재 치환율에 상관없이 변형율 0.003을 초과한 골재 입도는 A, B, C, D 이며, 상대적으로 작은 골재 입도가 분포된 E, F는 안정성 한계 변형율을 넘지 않았다. 이는 골재 입도가 작아질수록 공극이 줄어들어 공기체의 강도가 증진되고, 변형이 줄어드는 것으로 판단된다. 가장 큰 변형율을 보인 실험체는 SA D/30으로 0.0035까지 변형이 진행되며, 가장 낮은 변형율을 보인 실험체는 SA F/60으로 약 0.0028정도 변형이 생긴다. 탄성 계수는 SA D/30 실험체가  $E_c = 2.89 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$  로 가장 크게 나타났으며, SA B/60 실험체는  $E_c = 1.854 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$  로 가장 작게 나타났다.

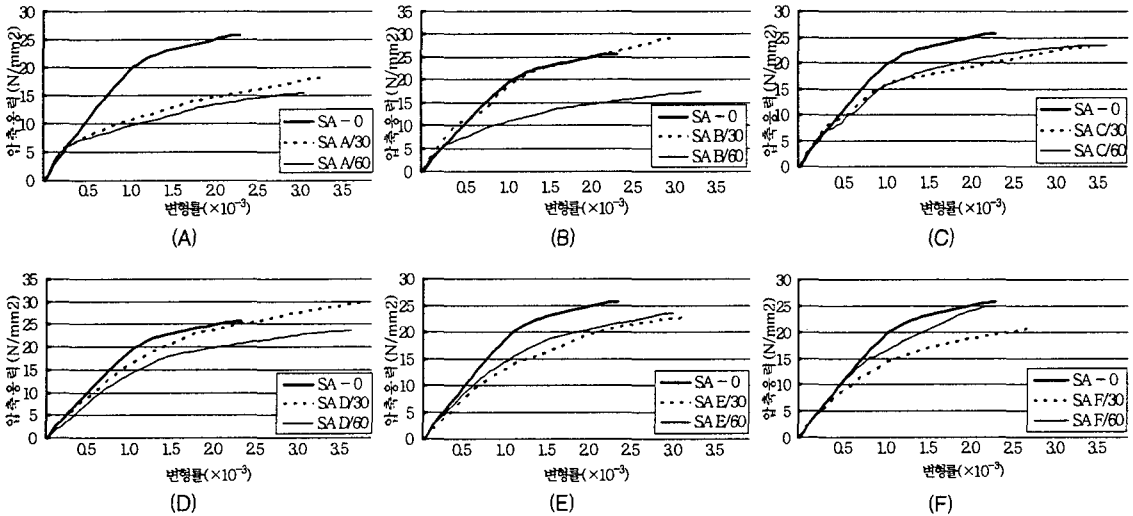


그림 5 골재의 입도별 압축응력

### 4. 결론

본 실험에서는 소성 벽돌을 사용한 재생 대체골재의 입도를 조절하여 잔골재 양을 줄이는 방안에 관한 연구를 실시하였다. 잔골재 감소에 따른 압축강도의 실험결과를 분석한 결과, 압축강도 기준으로 대체골재 치환율 30%에서는 잔골재가 약 15% 감소되고, 대체골재 60%에서는 98%의 강도가 발휘되며, 골재 입도를 C, D, E로 조절할 경우 약 17.5% 감소시킬 수 있었다. 압축응력과 탄성계수의 분석을 통해 소성벽돌을 이용하여 잔골재 사용량을 감소시키는 콘크리트의 제작이 가능한 것으로 판단된다.

향후 소성벽돌을 대체골재로 사용한 콘크리트의 실용화를 위해서는 장기적 내구성의 평가와 철근과의 관계에 대한 연구가 필요하다.

#### 감사의 글

본 연구는 2005년도 산·학·연 컨소시엄사업의 일부로 이루어졌습니다.

#### 참고문헌

- 1) 이문환 외, 싸이클론 건식공정으로 생산된 재생 잔골재가 콘크리트의 기초특성에 미치는 영향, 대한건축학회 논문집 구조계 21권2호, 2005.2.
- 2) 홍성욱 외, 건설폐기물로 배출되는 폐 콘크리트 재활용의 실태분석 및 효율화 방안에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계 20권 2호, 2004.2.
- 3) 이세현 외, 싸이클론 건식공정으로 생산된 재생 잔골재가 콘크리트의 기초특성에 미치는 영향, 대한 건축학회 논문집, 2005.2.
- 4) Ravindrarajah, R.S. 외, Properties of concrete made with crushed concrete as coarse aggregate, Magazine of concrete Research, pp37 NO130, 1985