

마쇄공정에 따른 순환골재의 품질 특성

Quality properties of Recycled fine Aggregate according to method of Trituration

선정수* 김하석* 곽은구** 한기석*** 이도현**** 김진만*****
Sun, Joung Soo Kim, Ha Seok Kawg, Eun Gu Han Ki-Suk Lee Do-heune Kim, Jin Man

ABSTRACT

The production of recycling aggregate is used to process in the crushing that recycling aggregate isn't perfect the concrete aggregate in Korea. This study is examine to the properties of recycling aggregate used method of trituration. Test item is the fineness, density and percent of absorptance, solid volume percentage of aggregate.

The result is that first, the method of trituration is excellent to increase the time of trituration and steel ball but decrease washing water. Second, method of trituration is improve to the properties of recycling aggregate but aggregate of production is irregularity. And method of trituration have to study of the many test items.

1. 서론

최근 도시 재개발 및 재건축과 건물 해체공사의 증가로 건설 폐기물이 1996년에 약 1천만톤에서 2004년 약 4천만톤으로 증가하고 있다. 이중 90%가량을 차지하는 폐콘크리트를 재활용하기 위하여 현재 국내 300여개 건설폐기물 중간처리업체에서는 파쇄기를 이용한 단순 파쇄법을 이용 폐콘크리트를 순환골재로써 생산하고 있지만 저조한 품질로 인한 사용의 제약으로 재활용 용도는 낮은 실정이다.¹⁾²⁾

기존 크러셔의 파쇄 메카니즘은 압축력과 충격력을 이용한 것으로서 순환골재 품질에 있어 가장 큰 비중을 차지하는 밀도와 흡수율에 크게 영향을 미칠 수 있는 구모르터르 제거에 한계가 있다. 또한 파쇄 메카니즘은 골재를 편평세장형으로 생산, 입형이 고르지 못한 단점을 지니고 있다. 현재 일본에서는 이러한 파쇄의 한계를 극복하기 위하여 가열마쇄법을 개발하여 현재까지의 기술 중에서 가장 고품질의 순환골재를 생산하는 것으로 평가되고 있다. 이 가열마쇄 시스템은 폐콘크리트 내부의 골재와 그 주변을 둘러싸고 있는 모르타르의 계면이 취약하다는 점과 골재 및 시멘트페이스트의 선팡창계수가 다르고, 콘크리트를 가열하면 시멘트페이스트 내부의 수분이 탈수되고 수화물이 분해되어 취약해진다. 이는 콘크리트의 특성을 잘 이용한 방법이다. 그러나 이 시스템은 연료소비가 많고, 원료의 장시간 가열로 생산량이 저조하여 비경제적으로서 국내 도입, 적용하기에는 어려운 실정이다.³⁾

이에 본 연구는 가열마쇄법이 아닌 국내 적용이 가능하고 경제적인 습식 마쇄를 통하여 순환골재의 밀도 향상과 흡수율 저하, 편평세장형 골재의 입형개선의 변화를 연구 검토하여 순환골재의 마쇄조건에 따른 순환골재 품질향상에 관한 기초적 자료를 제시하고자 하였다.

* 정회원, 공주대학교 대학원 건축공학과, 석사과정

** 정회원, 공주대학교 RRC/NMR 전임연구원

*** 정회원, (주)하이셈텍 기술이사

**** 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 연구위원

***** 정회원, 공주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 실험 계획은 Table 1과 같이 실험인자로는 골재와 피분쇄물, 골재와 세척수양에 따른 비율과 마쇄시간이며 각 인자별 수준에 대해 실험을 실시한 후 골재의 물리적 특성을 검토하였다.

Table 1. Experiment plan

실험 인자			구분	측정항목
골재 : 쇄분 (중량대체)	골재 : 세척수 (중량대체)	시간(분)		
원 골재			B	입도 밀도 흡수율 입자모양 판정실적률
8 : 1	1 : 0.5	5	1	
		10	2	
	1 : 1.0	5	3	
		10	4	
	1 : 2.0	5	5	
		10	6	
8 : 2	1 : 0.5	5	7	
		10	8	
	1 : 1.0	5	9	
		10	10	
	1 : 2.0	5	11	
		10	12	

2.2 사용재료

본 실험적 연구에서 사용한 순환골재는 충남 천안시에 위치한 G사에서 생산되고 있는 것으로 물리적 특성Table 2에 나타내었다.(G사에서 생산되는 순환골재로 이후 원골재로 칭함.)

Table 2. The Physical property of aggregate

구분	밀도(g/cm ³)		흡수율(%)	조립률(FM)	실적률(%)	단위용적중량(kg/m ³)
	표건	절건				
원골재	2.42	2.27	6.56	3.40	63.5	1443

2.3 실험방법

실험방법으로는 Fig 1과 같이 마쇄기로 사용할 가정식믹서에 각수준별로 저품질 순환골재, 강구, 세척수를 투입 후 시간별로 마쇄를 실시하였다. 사용한 가정식믹서는 120ℓ 용량으로 40 RPM 회전속도로 속도는 고정하여 사용하였다.

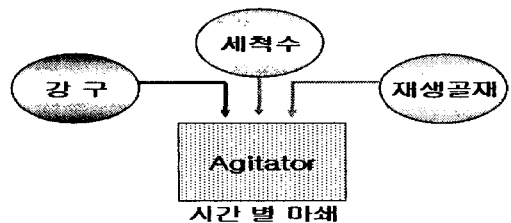


Fig 1. Experiment Process

2.4 시험 항목

순환골재의 품질 시험은 순환골재 품질기준안(콘크리트용 순환골재에 한함)의 규정 항목을 대상으로 하였으며, 품질기준안에서 제시하고 있는 물리적 특성 중 Table 3과 같이 필요한 항목만을 검토하였다.

Table 3. The recycling aggregate regulation

항 목	시험 및 검사방법	순환 잔골재
절대 건조 밀도(g/cm ³)	KS F 2504	2.2 이상
흡수율(%)	KS F 2504	5.0 이하
입자모양판정실적률(%)	KS F 2505	53 이상
체가름 시험(%)	KS F 2502	-

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 중량 변화량

Fig 2에 나타낸 바와 같이 5mm와 2.5mm크기의 굵은 입자는 중량이 감소하고 1.2~0.6mm 이하 크기의 골재는 그 양이 증가하는 것으로 나타났다. 특히 골재와 강구 비율이 2:1, 골재와 세척수 비는 1:0.5, 마쇄 시간은 10분일 경우 마쇄효율이 뛰어난 것으로 나타났다. 이는 마쇄 시 투입되는 강구의 양이 많을수록 사용골재의 충질, 마찰기회가 더욱 빈번해져 마쇄효율이 증가하기 때문인 것으로 판단된다. 또한 사용되는 세척수에 경우 사용량이 많을수록 골재가 회전 후 낙하 시 충격을 완화시키는 완충작용을 하여 충격력을 감소시키게 되며 이로 인한 마쇄 효율을 저감 시키는 작용을 하는 것으로 판단된다.

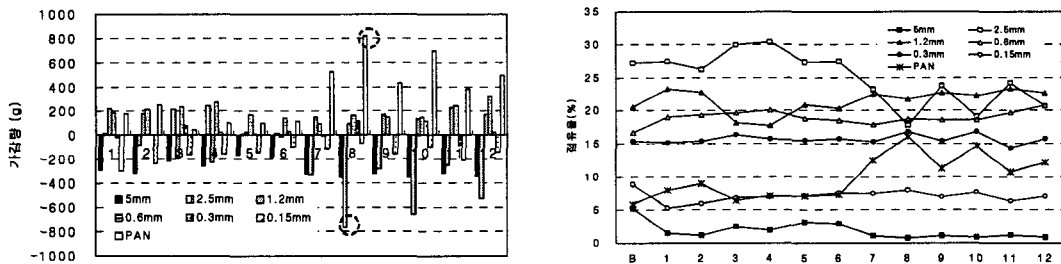


Fig. 2. Variation of weight amount according to each sieve

3.2 조립율 및 입자모양판정실적률

Fig 3과 Fig 4는 마쇄 후 조립률과 실적률을 나타낸 것으로 8번의 실험결과가 가장 미립 하고 충전성이 뛰어난 것으로 나타났다. 이는 중량변화량에서 나타난바와 같이 비교적 굵은 입자들이 마쇄과정을 거치는 과정 중에 미립해지고 전체 골재에 미세립분의 양이 많아져 조립율은 낮아지고 실적률은 높아진 것으로 판단된다.

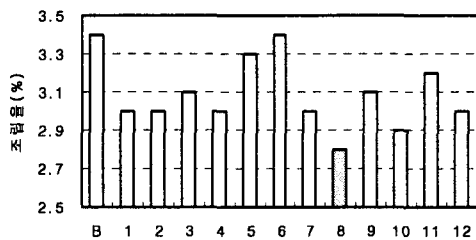


Fig. 3. FM ratio according to trituration

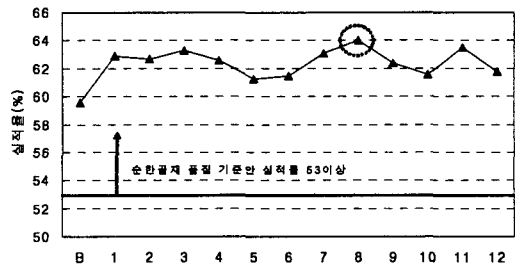


Fig. 4. Percentage of absolute volume of aggregate according to trituration

3.3 밀도 및 흡수율

Fig 5와 Fig 6은 각 조건에 따른 골재의 밀도 및 흡수율 실험을 실시한 결과로, 골재와 강구 비율 2:1, 골재와 세척수비 1:0.5, 마쇄시간이 10분인 8번 조건이 타 조건에 비해 밀도와 흡수율이 향상되는 것으로 나타났다. 이는 순환골재 생산 시 골재에 품질을 저하시키는 구모르타르 성분이 마쇄공정에 의해 골재에서 탈착되고 천연골재 성분이 미립화 되어 골재의 품질이 향상되었기 때문인 것이다. 그림과 같이 마쇄시간이 길어질수록 강구가 많을수록 사용세척수가 적을수록 마쇄환경을 개선시키는 것으로 나타났다.

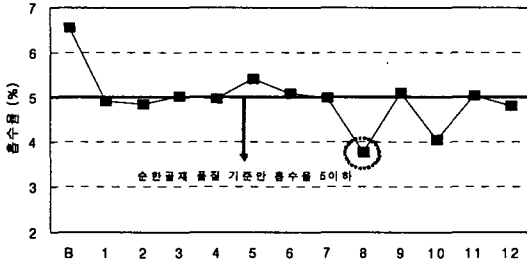


Fig. 5. Absorption ratio according to trituration

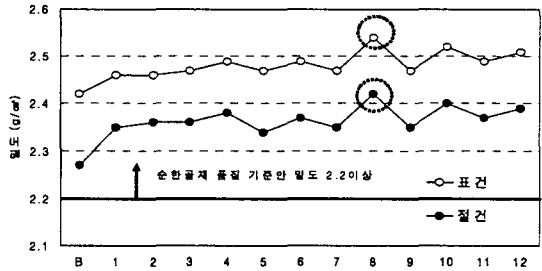


Fig. 6. Density according to trituration

4. 결론

마쇄 공정에 따른 순환골재 품질 개선에 관한 실험을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 일반적인 방법에 의해 생산되는 순환골재는 순환골재품질기준안에서 제시하고 있는 밀도에는 적합한 것으로 나타났지만, 흡수율은 매우 높은 것으로 나타났다. 이런 순환골재를 마쇄시킬 경우 밀도와 흡수율이 순환골재 품질 기준안에 적합하게 되는 것으로 나타났다.
- 2) 순환골재품질기준안에서 제시하고 있는 항목별로 분석하며 밀도는 마쇄 공정이 끝나면 약 0.1 g/cm³ 이상 상승하는 것으로 나타났으며, 흡수율은 약 1%에서 최대 2%로 일반 골재에는 미치지 못하지만 기준 원골재에 비해 매우 낮은 것으로 나타났다. 또한 실적율은 순환골재품질기준안에서 제시하고 있는 53% 이상으로 나타나고 있으며 마쇄를 통한 결과 약 4%이상이 증가하는 것으로 나타났다.
- 3) 순환골재의 마쇄시킬 경우 순환골재품질기준안에서 제시하는 항목은 만족하는 것으로 나타났지만, 실용성과 경제성 그리고 최적의 마쇄 조건을 검토하기 위해서는 추가적인 검토가 필요한 것으로 판단된다.

감사의글

본 연구는 건설교통부 05건설핵심기술연구개발사업(과제번호:05건설핵심D02)의 지원에 의하여 대한주택공사와 공주대학교 자원재활용소재 연구센터(RIC/NMR)가 공동으로 수행한 연구의 일부이며 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 「2단계 BK21사업」의 지원비를 받은 것으로 관계 기관에 감사의 말씀을 올립니다.

참고문헌

- 1) 환경부, 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2002
- 2) 환경부, 건설폐기물의재활용촉진에관한법률안, 2003
- 3) 건설폐기물 및 순환골재 생산과 활용기술, 한국건설순환자원학회 기술강좌, 2006
- 4) 이세현, 재생골재의 정책 및 품질인증방안, 한국콘크리트학회 전문위원회 연구발표집, pp217~226, 2004
- 5) 김진만 외, 폐콘크리트의 재활용, 한국콘크리트학회지 제15권2호, pp14~20, 2003