

순환골은골재 철근 콘크리트 보의 전단강도 분석

An Analysis of the Shear Strength of Reinforced Concrete Beams with Recycled Coarse Aggregates

지 상 규* 윤 현 도** 송 선 화* 최 기 선*** 유 영 찬**** 김 금 환****
Ji, Sang Kyu Yun, Hyun Do Song, Seon Hwa Choi, Ki-Sun You, Young Chan Kim, Keung Hwan

ABSTRACT

Using the recycled aggregate not only saves landfill space but also reduces the demand for extraction of natural raw material for new construction activity. However few investigations have been carried out to study the shear behaviors of RC beams with recycled aggregates such as low absorption of recycled aggregate and full-scale specimens. In this study, six reinforced concrete beams were tested to evaluate the effects of shear strength, and shear behavior on the replacement level (0, 30, 60, and 100%) of recycled coarse aggregate and different amounts of shear reinforcement. The results showed that the beams with recycled coarse aggregates present the similar shear strength and deflections as the beam with natural aggregate on an equal amount of shear reinforcement. the reinforced concrete beams with recycled coarse aggregates present the Influence of shear span-to-depth ratio, effective depth, tension reinforcement ratio and compressive strength as the beams with natural aggregate. Shear strength were compared with the provisions in current code (KCI2007) and the equation proposed by Zsutty. The KCI equations were conservative and subsequently can be used for the shear design of recycled aggregate concrete beam.

요 약

순환골재의 사용은 매립을 줄이고 고갈되어 가는 천연골재의 대체자원으로 사용할 수 있어 친환경적인 방법이다. 그러나 기존연구에서는 낮은 품질의 순환골재를 사용하거나 작은 크기의 부재만을 연구하였다. 본 연구에서는 순환골재의 치환율(0, 30, 60, 100%)과 전단보강근에 따른 철근콘크리트 보의 전단거동을 파악하기 위하여 총 6개의 보를 실험하였다. 실험결과 순환골재를 사용한 실험체는 전단보강근의 사용 유무에 관계없이 천연골재를 사용한 실험체와 대등한 전단강도를 나타내었다. 또한 본 연구와 기존 연구의 실험값을 전단경간비, 압축강도, 단면크기, 유효깊이에 따른 전단강도특성을 비교한 결과 순환골재 콘크리트는 천연골재 콘크리트와 유사한 전단강도특성을 나타내었다. 순환골재를 사용한 구조물의 순환골재를 사용한 구조물의 적용성을 검토하기 위하여 현행 KCI2007 규준식 및 Zsutty의 전단강도 계산 값을 실험결과와 비교한 결과 현행 규준식은 전단강도를 안전측으로 평가하고 있어 순환골재를 사용한 실험체에도 적용 가능 할 수 있는 것으로 판단된다.

* 정회원, 충남대학교 대학원, 석사과정

** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

*** 정회원, 한국건설기술연구원, 연구원

**** 정회원, 한국건설기술연구원, 책임연구원, 공학박사

1. 서 론

순환골재는 점차 늘어나고 있는 건설폐기물을 친환경적으로 처리할 수 있고 고갈되어가는 천연골재의 대체자원으로 사용할 수 있다. 과거 수년간 많은 연구자들에 의해 천연골재의 대체자원으로서 순환골재를 사용하기 위한 연구가 수행되었으나, 기존의 순환골재를 적용한 현행 「순환골재 품질기준」¹⁾ 및 KS F 2573에서 요구하는 콘크리트용 순환골재의 품질기준에 미치지 못하는 순환골재를 사용한 결과이며, 대부분 실험실에서 소량의 배합을 통한 축소모형 실험체로 제작되어 실 구조부재에서 발생할 수 있는 다양한 변수를 고려하지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서는 순환골재의 실용화 및 실구조부재에 적용하기 위해서는 현행 순환골재 품질기준을 만족하는 재료와 현장조건과 동일한 레미콘에 의해 생산된 순환골은 골재 콘크리트를 사용하여 실규모 보부재의 전단거동을 파악하고자 한다. 또한 본 연구와 기존 연구²⁻⁵⁾의 실험값을 구조설계기준식 및 전단경간비, 압축강도, 단면크기에 따른 전단강도 특성을 비교·검토함으로써 순환골재 콘크리트를 사용한 철근콘크리트 보의 구조적 적용 가능성을 검토하고자 한다.

2. 실험 방법 및 사용재료

순환골은골재의 치환율(0, 30, 60, 100%)과 전단 보강근을 변수로 하여 전단스팬비 5인 실규모 철근콘크리트 보를 총 6개 제작하였으며 실험체의 일람 및 상세는 표 1 과 그림 1에 나타난 바와 같다. 전단보강되지 않는 실험체의 실험구간에서 전단 파괴를 유도하기 위하여 비 실험경간에 전단보강근을 배근하였다. 「순환골재 품질기준」을 만족하는 순환골은골재를 제작 사용하였으며 사용된 골재의 물리적 성질 및은 표 2에 나타내었다. 사용된 콘크리트는 설계기준 압축강도 21MPa를 기준으로 표 3와 같이 배합 설계하였다. 콘크리트 재료실험결과는 표 4에 나타난 바와 같다. 실험체는 회전단을 사용하여 단순지지 하였으며 하중재하는 4점 가력하였다.

3. 실험 결과

3.1 하중-처짐 관계

그림 2는 순환골은골재 치환율에 따른 실험체의 하중-처짐 관계곡선을 비교하여 나타난 것으로 그림에 나타난 바와 같이 모든 실험체에서 최대 내력의 7~10% 범위에서 초기 휨균열이 발생하였으며

표 1 실험체 일람

실험체명	b×h(d) (mm)	a/d	설계압축강도 f _{ck} (MPa)	인장철근비, ρ _w	전단보강근 [SPAN S150]	전단보강근 [SPAN S270]	순환골은골재 치환율 (%)
BSN-A0	400×600 0 (525)	5	27	10-HD25 (0.0241)	SD300 D10@150	-	0
BSN-A30							30
BSN-A60							60
BSN-A100							100
BSVM-A0						SD300	0
BSVM-A70						D10@270	100

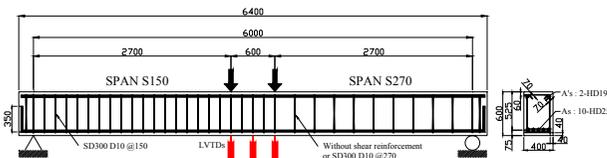


그림 1 실험체 형상 (mm)

표 2 골재의 물리적 성질

구분	입경 (mm)	절건밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)
천연골은골재[G1]	25	2.69	0.57
순환골은골재[I]		2.59	1.59
순환골은골재[C]		2.26	6.28
순환골은골재[G2] 2.5[I] : a[C]		2.48	3.01

표 3 콘크리트의 배합조건

순환골은골재 치환율 (%)	W/C (%)	s/a (%)	단위중량(kg/m ³)					AD
			W	C	S	G1	G2	
0	51	47.8	177	347	827	937	0	2.43
30						655	265	
60						375	529	
100						0	882	

표 4 콘크리트의 강도특성

순환골은골재 치환율 (%)	28일 압축강도, f_{cu} (MPa)	탄성계수 E_c (GPa)	조강강도 f_{sp} (MPa)
0	23.56	17.57	1.81
30	22.46	17.55	1.94
60	23.82	16.88	2.11
100	22.70	17.56	1.89

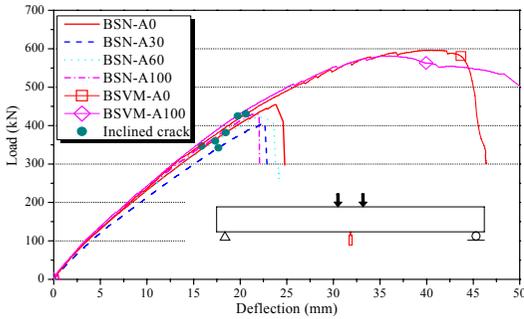


그림 2 하중-변위 관계

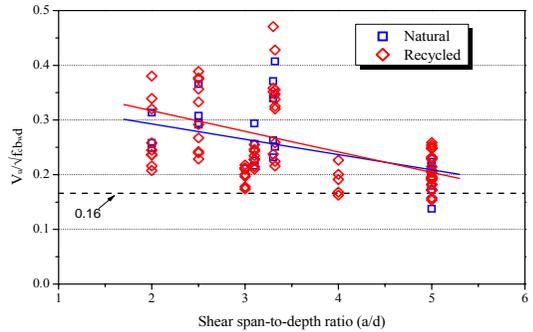


그림 3 전단경간비에 따른 전단강도

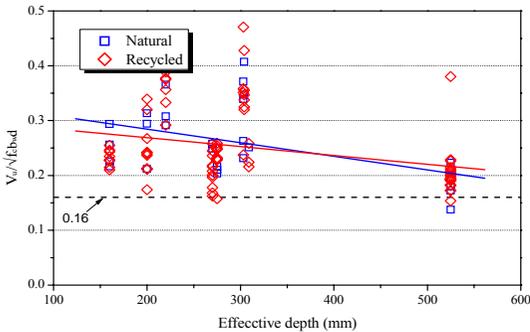


그림 4 유효깊이에 따른 전단강도

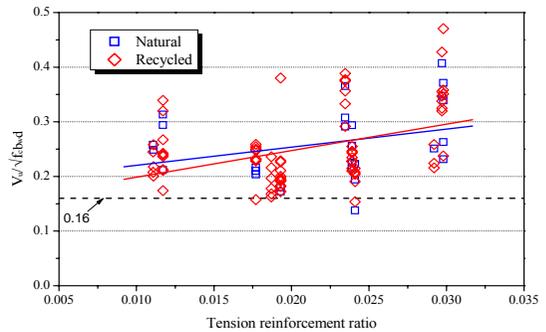


그림 5 인장철근비에 따른 전단강도

순환골은골재 치환율이 증가함에 따라 사인장균열 발생하중이 다소 감소하였지만 5% 내외로 크지 않은 것으로 나타났다. 전단보강근이 없는 모든 실험체는 사인장 균열이후 하중범위 406.36~464.70kN에서 최종파괴 되었다. 전단보강근이 있는 실험체는 BSVM-A0, BSVM-A100 시험체가 각각 595.88, 581.22kN에서 최종파괴 되었다. 전단보강근의 유무와 관계없이 순환골은골재 사용에 따른 철근콘크리트 보의 사인장균열발생, 최대하중은 특별한 차이가 나타나지 않았다.

3.2 전단강도 분석 및 기준식과 비교

그림 3은 철근콘크리트 보의 전단경간비에 따른 전단강도를 평가하기 위하여 본 연구와 기존연구를 압축강도 및 단면의 영향을 무차원하여 비교하여 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 본 연구 및 기존 연구결과로부터 사용 골재에 관계없이 철근콘크리트 보의 전단강도는 전단경간비가 감소함에 따라 전단강도가 증가하는 것으로 나타났으며 전단경간비 감소에 따른 전단저항기구의 기여도 증가의 영향으로 인한 것으로 판단된다. 그림 4는 유효깊이에 따른 전단강도를 무차원하여 나타낸 것으로 유효깊이가 증가함에 따라 전단강도가 감소하는 것으로 나타나 전단력을 받는 철근콘크리트 보의 유효깊이와 전단강도는 반비례 관계를 갖는 것으로 나타나는 기존연구와 유사한 경향을 나타낸다. 그림 5는 인장철근비에 따른 전단강도를 무차원하여 나타낸 것으로 인장철근비가 증가함에 따라 천연골재콘

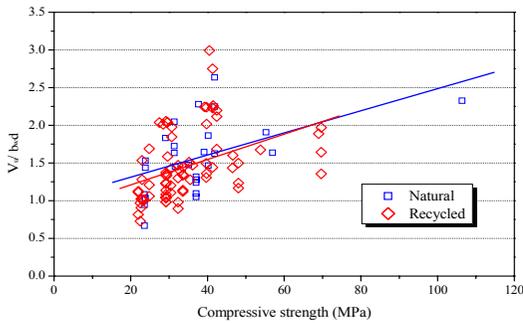


그림 6 콘크리트 압축강도에 따른 전단강도

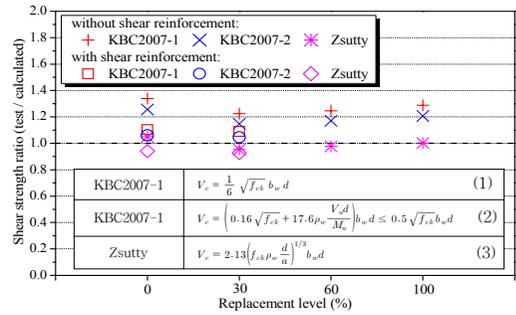


그림 7 실험값과 기준식 비교

크리와 순환골은골재 콘크리트의 전단강도가 증가하는 경향을 나타내고 있어 철근콘크리트 보의 전단 설계시 인장철근비를 고려해야할 것으로 판단된다. 그림 6은 압축강도에 따른 전단강도를 평가하기 위해 단면의 영향을 무차원화하여 본 연구 및 기존연구 결과를 나타낸 것이다. 순환골은골재와 천연골재를 사용한 각 실험체들은 콘크리트 압축강도가 증가함에 따라 전단강도가 증가하는 것으로 나타났으며 콘크리트의 압축강도에 따른 전단강도에 미치는 영향은 천연골재 콘크리트와 유사하게 나타났다. 그림 7은 순환골은골재 치환율에 따른 실규모 보 실험체로부터 얻어진 전단강도 실험값을 현행 설계 기준식(KCI2007)⁶⁾에 의한 기준식 및 Zsutty⁷⁾의 제안식과 상호 비교하여 나타낸 것이다. 그림에 나타난 바와 같이 순환골은골재의 치환율에 관계없이 전단내력에 대한 현행 설계기준을 만족하는 것으로 나타났다. Zsutty의 제안식은 5% 이내의 오차를 보이며 전단보강근 유무에 관계없이 좋은 예측을 나타내고 있다.

4. 결론

- 1) 전단보강근의 유무에 관계없이 순환골은골재를 사용한 실험체의 전단거동 및 전단강도는 천연골재를 사용한 실험체와 대등하게 나타나 순환골은골재의 사용은 본 연구에서 수행된 전단과괴형 철근 콘크리트 보의 내력저하에 영향이 없는 것으로 판단된다.
- 2) 본 연구와 순환골은골재를 사용한 기존 연구의 실험값을 전단경간비, 압축강도, 단면크기, 유효깊이에 따른 전단강도특성을 비교한 결과 천연골재와 유사한 전단강도특성을 나타내었다.
- 3) 각 실험체에서의 최대내력을 현행 설계기준 및 제안식에 의한 계산 값과 비교한 결과, 순환골은골재 치환율에 관계없이 전단내력에 대한 현행 설계기준을 만족하는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(05건설핵심D07)에 의해 수행되었으며, 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부, 순환골재 품질기준, 2005
2. 이원석, 윤현도, 김선우, 최기선, 유영찬, 김공환, 순환골은골재 치환율에 따른 전단보강되지 않은 철근콘크리트 보의 전단강도특성, 대한건축학회 논문집, 23(10), pp.3-10, 2007
3. 이명규, 김광서, 이근호, 윤건호, 정상화, 재생 골은골재를 사용한 철근 콘크리트 보의 거동에 관한 실험연구, 한국건축시공학회지, 4(3), pp.133-141, 2004
4. Etxeberria M., Marí A. R., Vázquez E., Recycled aggregate concrete as structural material, Materials and Structures, 40(5), pp.529-541, 2007
5. González B, Martínez F, Shear strength of concrete with recycled aggregates, Proceeding of the International RILEM Conference, Barcelona, Spain, 8-11, pp.619-628, 2004
6. 콘크리트구조설계기준, 한국콘크리트학회, 2007
7. Zsutty T.C., Shear strength prediction for separate categories of simple beam test, ACI Journal, 68(02), 138-143, 1971