

순환잔골재를 치환한 철근콘크리트 기둥의 압축거동 특성

Uniaxial Behavior of Reinforced Concrete Column with Recycled Fine Aggregate

장 광 수* 김 윤 수* 윤 현 도** 최 기 선*** 유 영 찬**** 김 긍 환****

Jang, Gwang soo Kim, Yun su Yun, Hyun do Choi, Ki sun You, Young chan Kim, Keung hwan

ABSTRACT

The use of recycled aggregates is increasing due to problems of lack of natural aggregates. But there are no appropriate design recommendations and basic data for structural members using recycled fine aggregate concrete. This paper is to evaluate compression behavior of reinforced concrete column with displacement level of recycled fine aggregate. For these purpose, four recycled fine aggregate replacement levels (0%, 30%, 60%, 100%) were considered in this paper. Four columns with 400mm×400mm in cross section are tested under axial load. Experimental results were compared using current code(KCI2007). Compressive strength of reinforced concrete columns with recycled fine aggregate showed higher than that provided in KCI 2007. The KCI provision were conservative and subsequently can be used for design of reinforced recycled fine aggregate concrete column.

요 약

경제 발전에 따라 천연골재의 부족과 수급의 불안정으로 인하여 순환잔골재의 사용은 증가되고 있으나 순환잔골재를 사용한 구조부재에 대한 기초자료와 설계방법에 관한 연구가 미비한 실정이다. 본 연구는 순환잔골재의 치환율에 따른 철근콘크리트 기둥의 압축 거동 특성을 평가하기 위해 수행되었다. 이러한 목적에서 순환잔골재의 치환율을 변수(0%, 30%, 60%, 100%)로 하여 400mm×400mm 크기의 단면을 갖는 실물모형 기둥 실험체를 각각 제작하여 축하중하에서 실험을 진행하였다. 실험값과 현행 기준(KCI2007)과의 비교 결과, 순환잔골재를 사용한 철근콘크리트 기둥의 압축 응력은 KCI2007에서 규정하고 있는 기준 압축 응력 값을 만족하는 것으로 나타나 KCI 기준식은 순환잔골재를 사용한 철근콘크리트 기둥 설계에서도 적용 가능할 것으로 판단된다.

* 정회원, 충남대학교, 고지능 콘크리트 구조연구실, 석사과정

** 정회원, 충남대학교, 건축공학과, 교수, 공학박사

*** 정회원, 한국건설기술연구원, 연구원

**** 정회원, 한국건설기술연구원, 책임연구원, 공학박사

1. 서론

경제 발전에 따라 지속적으로 증가되고 있는 건설폐기물의 재활용은 국내 골재 수요량의 상당 부분을 분담할 수 있을 것이며, 특히 순환골재의 경우 고갈되어가는 강모래와 법적인 규제 및 수급이 불안정한 바다모래의 대안으로 자원의 고갈 및 환경파괴를 최소화하여 경제적, 환경적 이익을 가져올 수 있을 것으로 보인다. 현재 재활용된 건설 폐기물의 용도가 대부분 성토 및 복토, 뒤메우기, 뒷채움용 등에 국한되어 있고 순환골재를 사용하기 위한 기존의 연구는 대부분 순환골재를 사용한 콘크리트의 재료적 특성 및 성능 규명 분야에 집중되었다. 특히 순환골재에 대해서는 품질관리의 어려움과 관련 연구의 미비 등을 이유로 구조부재로서의 활용에 대한 검토가 부족한 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 실물모형 실험체를 통해 순환골재의 치환율에 따른 철근콘크리트 기둥의 중심 축력에 대한 역학적 특성을 분석함으로써 순환골재를 사용한 철근콘크리트 구조부재의 현장적용 가능성과 구조설계 기준의 구축을 위한 기초적인 자료를 마련하고자 하였다.

2. 실험

2.1 실험계획 및 사용재료

본 연구에서는 순환골재의 치환율에 따른 중심 축력을 받는 철근콘크리트 기둥의 압축거동 특성을 평가하기 위해 순환골재의 치환율을 변수로 하여 시험체를 제작하였다. 철근배근은 콘크리트의 압축기여분 특성을 정량적으로 평가하고자 KBC2007에서 규정하는 횡보강근의 최소철근량을 배근하였으며 순환골재 품질성능의 하한치를 보장하기 위해 흡수율 및 절건밀도의 반복시험을 통하여 표2와 같은 성능을 가진 순환골재를 선정하였다. 시험체 계획 및 강도특성은 표3에 나타내었다.

2.2 실험방법

기둥에 작용하는 축력은 10,000kN 용량의 만능재료시험기(UTM)를 이용하여 기둥 중심부를 변위제어방식으로 가력하였으며 가력시 횡방향 팽창응력으로 인한 기둥단부의 파괴를 방지하기 위하여 실

표1. 콘크리트 배합계획

순환골재 치환율(%)	W/C (%)	S/a (%)	단위중량(kg/cm ³)					
			W	C	G	S1 (천연)	S2 (순환)	AD
0	43.6	46.0	166	392	968	799	0	2.94
30						559	203	
60						320	405	
100						0	675	

표2. 골재의 물리적 성질

골재종류	최대치수 (mm)	절건밀도 (g/cm ³)	흡수율 (%)	조립율
천연굵은골재	25	2.68	0.59	6.66
천연잔골재	5	2.65	1.5	2.53
순환잔골재	5	2.29	5.83	2.90

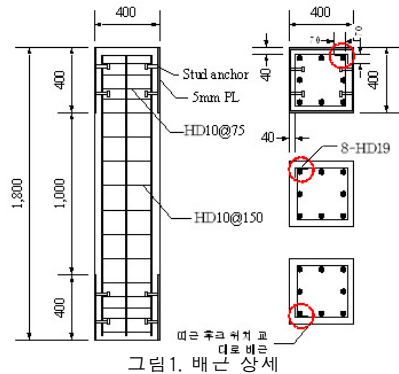


표3. 시험체 계획 및 강도특성

시험체명	치환율 (%)	f _{ck} (MPa)	주근 (철근비)	단면크기 (mm)	횡보강근		압축강도 (MPa)	변형률 (mm/mm)	탄성계수 (GPa)
					철근간격	횡보강근비			
C-A0	0	27	8-HD19 (0.014)	400×400	HD10@150	0.0018	31.51	2242	21.27
C-A30	30						29.88	1980	23.07
C-A60	60						31.04	1924	23.55
C-A100	100						27.40	1957	20.85

6 구조실험

험구간을 제외한 기둥의 상하부 400mm 구간을 플레이트를 이용하여 구속하였다. 가력시 축방향 변위를 측정하기 위하여 기둥 4면의 중앙에 다이얼 게이지를 설치하였고 철근의 변형률 측정을 위해 주근의 중앙부와 중앙부에서 400mm 상·하부면과 실험구간내 4개의 횡보강근에 철근 변형률 게이지를 부착하였다. 또한 실험상의 오차를 최소한으로 줄이기 위해 실험초기에 편심 여부를 확인하였다.

3. 실험결과

3.1 하중-변위 관계

그림2는 하중-변위 관계곡선을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이 기둥 상부의 가력플레이트 편차에 따라 모든 시험체에서 가력면과 시험체의 상부면이 완전히 밀착되는 시점까지 하중은 지속적으로 증가하였으나 변위의 증가를 나타내지 않았다. 이는 상부 콘크리트가 하중의 증가에 따라 수직방향으로 변형을 나타내어 가력면과 기둥 상부 플레이트가 밀착되면서 플레이트를 가력방향으로 밀어내어 슬립이 발생한 것으로 판단된다. 이후 하중이 증가함에 따라 최대하중시까지 모든 시험체에서 유사한 경향을 나타내었으며 최대하중 이후 급격한 내력저하 없이 연성적인 파괴특성을 나타내었다. 또한 C-A60시험체에서 최대강도가 5055.5kN으로 다소 높게 나온 것을 제외하고 다른 시험체에서는 4726.98~4800.12kN으로 강도차이가 거의 나타나지 않아 최대강도의 순환잔골재 치환율에 따른 영향은 적은 것으로 판단된다.

3.2 KCI2007과의 비교

표4에서는 실험체의 실험결과값을 통해 설계기준강도 및 각각의 재료시험의 결과로 산정한 강도감소계수를 고려한 KCI2007에 의한 계산값을 비교하여 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 설계기준강도와 실험값의 비교시 C-A0실험체에서 1.16으로 가장 낮은 값을 보였으나 모든 실험체에서 1.16~1.29의 값을 보여 순환잔골재의 치환율에 관계없이 KCI2007의 값을 만족하는 것으로 나타났다. 또한 재료시험의 압축강도를 이용하여 산정한 설계기준강도에 의한 계산값도 모든 시험체에서 1.30~1.39의 값을 보여 KCI2007의 값을 만족하는 것으로 나타났다.

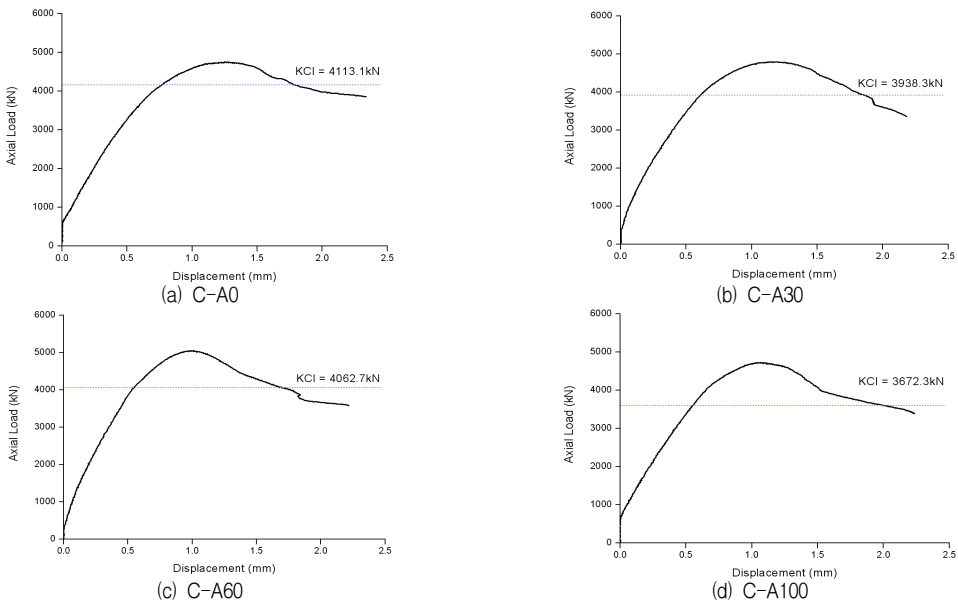


그림2. 하중-변위 관계곡선

표4. 실험 결과

시험체명	실험값				KCI2007		비교			
	f _{cu} (MPa)	최대하중		σ _{Max} (MPa)	ε _{EXP}	설계강도 (kN)(1)	재료강도 (kN)(2)	실험/ (1)	실험/ (2)	실험/ (3)
		P(kN)	δ(mm)(3)							
C-A00	31.51	4758.96	1.258	29.74	2097	3629.44	4113.10	1.16	1.31	0.94
C-A30	29.88	4800.12	1.188	30.00	1979		3938.29	1.22	1.32	1.00
C-A60	31.04	5055.50	0.995	31.59	1658		4062.69	1.24	1.39	1.02
C-A100	27.40	4726.98	1.065	29.54	1775		3672.34	1.29	1.30	1.08

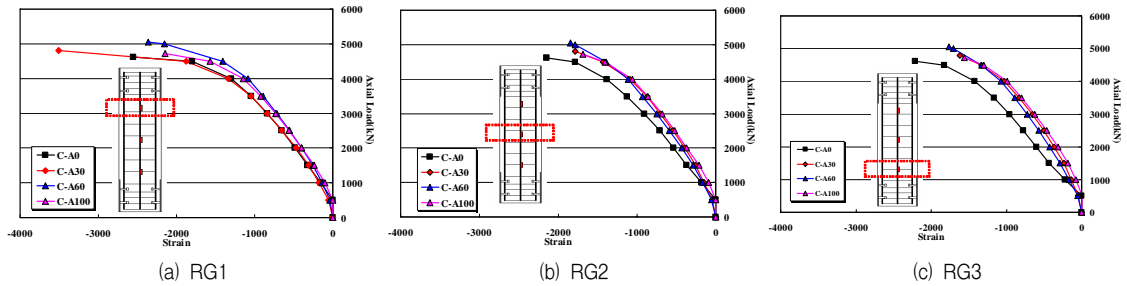


그림3. 주근의 하중-변형률 곡선

3.3 주근의 하중-변형률 곡선

그림3은 하중 증가에 따른 주근의 위치별 하중-변형률 곡선을 나타낸 것이다. C-A0시험체는 주근의 모든 위치에서의 변형률이 다른 시험체 보다 높게 나타났으며 이는 상대적으로 품질이 좋은 천연 잔골재의 응력 분산 능력으로 실험구간 전반에 걸쳐 균열이 진전된 것으로 판단된다. 또한 모든 시험체에서 최대하중 이후 균열이 급격히 진전되어 콘크리트의 박락이 나타났던 가력면과 근접한 실험구간 상부의 주근에서 가장 높은 변형률을 나타내었다.

4. 결론

- 1) 모든 시험체의 최대강도와 최대강도 이후 내력 및 강성저하에서 유사한 경향을 나타내었으며, 이후 연성적인 거동특성을 나타내는 등 순환잔골재의 치환율에 따른 철근콘크리트 기둥 부재의 내력 및 강성에 대한 영향은 크지 않은 것으로 판단된다.
- 2) 모든 시험체에서 실험에 의한 최대내력이 설계기준강도 및 재료압축강도를 기준으로 한 설계기준값을 만족하는 것으로 나타났으며 순환잔골재를 사용한 철근콘크리트 기둥의 강도특성치 평가에 KCI규준의 적용이 가능할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출원하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 2005 건설핵심기술연구개발사업 05건설핵심D07 “건설폐기물 재활용 기술 개발”의 지원비로 수행된 연구의 일부이고, 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김무한, (1998), “건설폐기물 및 재생골재 콘크리트”, 한국콘크리트 학회지, 제10권 6호 p.52~60
2. 변장배, 윤현도, 최기선, 유영찬, 김광환, (2006), “중심 축력을 받는 순환골재 콘크리트 기둥의 압축거동 특성”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제27권 1호 p.157~160
3. 김윤수, 변장배, 윤현도, 최기선, 유영찬, 김광환, (2007), “순환골재를 치환한 철근콘크리트 기둥의 압축거동 특성”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제27권 1호 p.203~206