

철근 위치에 따른 이형철근과 순환잔골재 콘크리트의 부착거동

The Bond Behavior between Deformed bars and Recycled Fine Aggregate Concrete according to Bar Position.

유 영 찬* 장 용 헌** 이 민 정** 윤 현 도*** 최 기 선**** 이 도 헌*****
You, Young Chan Jang, Yong Heon Lee, Min-Jung Yun, Hyun Do Choi, Ki-Sun Lee, Do Heun

ABSTRACT

The bond behavior between concrete and reinforcement is a important requirement for reinforced concrete constructions. For practical application, it is very important to study bond behavior of reinforcing bars in recycled fine aggregate concrete. Therefore, pull-out test in order to investigate the bond behavior between recycled fine aggregate concrete and deformed bars was performed. Recycled fine aggregate concrete replacement ratios (i.e., 0% and 100%) and positions of deformed bars (i.e., vertical and horizontal position) were considered as variables in this study. Test results were compared with the bond strength requirement recommended by CEB-FIP code. Based on the test results, It was found that the bond strength between the recycled fine aggregate concrete and deformed bars were influenced by both recycled fine aggregate concrete replacement ratios and positions of deformed bars. The reduction of bonded area at the soffit of horizontal reinforcement caused by concrete bleeding was observed in H type specimen. So, Only V type and HB specimen satisfied the bond strength requirement recommended by CEB-FIP code.

요 약

철근과 콘크리트의 부착성능 확보는 철근콘크리트 구조물의 거동에서 중요한 요구사항이다. 구조체에 순환 잔골재 콘크리트를 적용하기 위해 순환 잔골재 콘크리트와 철근의 부착거동에 대한 규명이 매우 중요하다. 이에 따라 본 연구에서는 순환잔골재를 사용한 콘크리트와 철근 상호간의 부착거동을 평가하기 위하여 직접인발 실험을 수행하였다. 연구를 수행함에 있어 실험에 사용된 변수는 0, 100%의 순환잔골재 치환율 및 철근의 위치(상단근, 중간근, 하단근)로 하였다. 실험 결과는 CEB-FIP가 규정한 부착강도와 비교하였다. 본 연구를 통하여 얻어진 실험결과를 종합해 보면, 순환 잔골재 콘크리트와 철근의 부착거동은 순환 잔골재 치환율 및 철근 위치에 영향을 받는다. H type 시험체의 경우 블리딩 현상이 일어나 V type 시험체와 HB 시험체만이 CEB-FIP가 규정한 부착강도를 만족하였다.

* 정회원, 한국건설기술연구원, 책임연구원, 공학박사

** 정회원, 충남대학교 고지능 콘크리트 구조연구실 석사과정

*** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수, 공학박사

**** 정회원, 한국건설기술연구원, 연구원

***** 정회원, 대한주택공사 주택도시연구원 선임연구위원, 공학박사

1. 서 론

천연골재 확보에 어려움을 겪고 있는 현실에 반해, 골재 수요량은 증가하고 있는 실정이다. 또한 재건축 재개발 사업의 증가로 많은 양의 건설폐기물이 발생하고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법 중의 하나로 순환골재의 활용촉진을 위한 연구가 이루어져 왔으며 정부의 정책 및 제도적 뒷받침 아래 순환골재의 생산 및 사용은 증가하고 있다. 그러나 아직까지 순환골재 콘크리트의 구조체 적용은 미흡한 실정이다. 따라서, 순환골재를 사용한 콘크리트를 구조부재에 활용하기 위해선 이형철근과 순환골재 콘크리트의 부착성능 규명이 절실히 요구된다. 본 연구에서는 순환 잔골재 치환율과 철근 위치를 변수로 이형 철근과 순환 잔골재 콘크리트의 부착성능을 평가하고자 하였으며, 이러한 실험결과를 바탕으로 규준식과의 비교를 통해 구조 부재 적용 가능성을 검토하고자 하였다.

2. 실 험

2.1 시험체 계획

본 연구에서는 철근 위치에 따른 순환 잔골재와 이형철근의 부착거동을 평가하기 위하여 표 1에 나타난 바와 같이 총 24개의 시험체를 계획 및 제작하였다. 시험체는 철근 위치(Top/Middle/Bottom)를 변수로 하였으며, V type 시험체는 150×150×150mm의 콘크리트 몰드에 철근을 수직으로 배치하고 콘크리트를 타설하였고 H type 시험체는 150×150mm 평면에 높이 450mm로 제작하였으며, 하부로부터 75mm와 225mm 375mm 위치에 철근을 수평으로 배근하고 콘크리트를 타설하였다. 배근된 철근의 길이는 810mm이며, 콘크리트 몰드의 한쪽 측면으로부터 64mm의 콘크리트 정착구간과 PVC파이프를 이용한 비부착 구간을 갖도록 제작하였다. 또한 강재몰드의 150mm 높이마다 V형 홈을 성형하여 양생 후 콘크리트가 수직 부착실험체와 동일한 크기로 분리될 수 있도록 하였다

2.2 사용재료 및 실험방법

콘크리트용 순환잔골재의 품질성능을 평가·분석하기 위해 흡수율 5.83%이하, 질건밀도 2.29g/cm³의 순환잔골재를 생산하여 사용하였다. 콘크리트의 설계압축강도는 27MPa로 설정하였으며, 철근은 HD16 철근을 사용하였다. 사용된 골재의 물리적 특성과 콘크리트 배합조건 및 콘크리트의 강도특성은 표 2에 나타내었다. 실험은 CSA S806-024 규준에 따라 실시하였고 하중은 1000kN 만능재료시험기를 이용하여 가력하였으며, 슬립은 시험체 상부에 돌출되어 있는 철근에 1개의 LVDT를 설치하여 콘크리트와 철근의 상대변위를 측정하였다.

표 1. 시험체 계획

f _{ck} (MPa)	치환율 (%)	수직	수평		
		V	HT	HM	HB
27	A0	3	3	3	3
	A100	3	3	3	3

표 2. 골재의 특성

구분	입경 (mm)	질건밀도 (g/mm ³)	흡수율 (%)	단위용적 중량 (kg/m ³)	조립율
천연굵은골재	25	2.68	0.59	1.568	6.66
천연잔골재(하천)	5	2.55	1.43	1.580	2.82
천연잔골재(강)	5	2.65	0.98	1.489	2.44
순환잔골재	5	2.29	5.83	1.114	2.90

표 3. 배합표

f _{ck} (MPa)	치환율 (%)	W/C (%)	S/a (%)	단위중량(kg/m ³)					
				W	C	G	S1 (천연)	S2 (순환)	AD
27	0	43.6	46.0	166	392	968	799	0	2.94
	42.2		0				675		



(a) 천연굵은골재



(b) 천연잔골재



(c) 순환잔골재

그림 1. 골재의 입형

3. 실험 결과 및 분석

3.1 부착응력-슬립관계

그림 2는 각 시험체의 부착응력과 슬립 관계를 철근 위치 및 치환율에 따라 나타낸 것이다. 여기서 각 시험체의 부착응력 및 슬립량은 동일한 조건의 각 3개 시험체의 평균치로 산정되었다. V타입 시험체는 철근과 콘크리트의 화학적 점착력 작용 후 철근리브(Rib)에 의한 기계적 부착력이 나타났으며 콘크리트와 철근의 맞물림 작용에 의해 부착내력이 증가되면서 균열이 발생하는 일반적인 거동을 나타내었다. 그러나, 최대부착응력 이후에는 치환율 0% 시험체는 쪼갬 파괴(Splitting failure)가 치환율 100% 시험체는 뽑힘 파괴(pull-out failure)가 나타났다. H type 시험체 중 HB 시험체는 V type 치환율 100% 시험체와 같이 초기 화학적 부착구간과 콘크리트 bearing에 의한 부착력 증가구간 이후 pull-out에 의한 부착력 감소구간이 나타난 반면, HM 시험체와 HT 시험체는 초기 화학적 부착이 상실된 후 부착응력의 증가가 거의 없으며, 콘크리트와의 마찰에 의해 큰 하중증가 없이 슬립만 증가하는 경향을 보였다.

3.2 최대부착강도

각 시험체의 실험결과 및 위치에 따른 최대부착강도를 표 4에 나타내었다. 표에 나타난 바와 같이 순환 잔골재 치환율 100%인 시험체의 경우 순환 잔골재 치환율 0%인 시험체에 비해 다소 낮은 부착부착강도를 나타냈다. 철근 위치에 따른 영향을 살펴보면 V type 시험체의 경우 부착강도를 저하시키는 블리딩의 영향이 거의 없기 때문에 순환 잔골재 치환율 0% 및 100% 모두 가장 큰 부착강도를 나타내었다. H type 시험체는 V type 시험체에 비해 대체적으로 낮은 부착강도를 나타냈으며, 철근위치에 따른 최대부착강도는 하단근으로부터 타설되는 콘크리트 높이가 증가할수록 대체적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 블리딩에 의한 영향으로 현행 KCI 및 ACI 규준에서 제시하는 것 보다는 더 낮은 높이에서도 부착강도가 감소되는 것으로 판단된다. 즉, 중간근 및 상단근에서는 부착강도가 CEB-FIP에서 제시하는 $2.0\sqrt{f_{cu}}$ 이하로 감소하므로 이에 대한 고려가 필요한 것으로 판단된다.

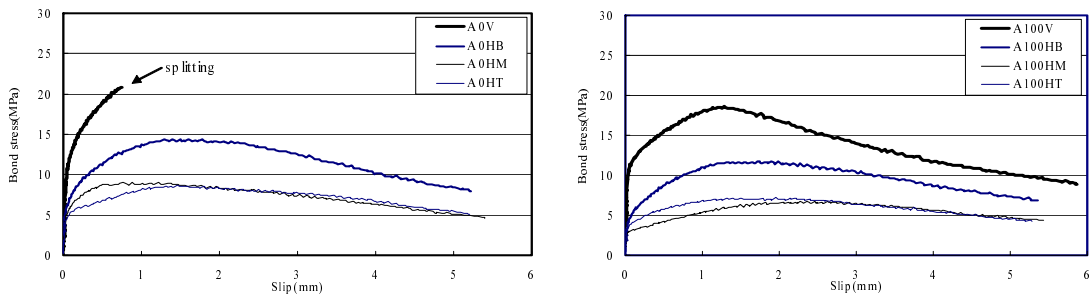


그림 2. 부착 응력-슬립 관계

표 4. 실험 결과

유형	치환율 0%						치환율 100%					
	1		2		3		1		2		3	
	τ_m (MPa)	Slip (mm)	τ_m (MPa)	Slip (mm)	τ_m (MPa)	Slip (mm)	τ_m (MPa)	Slip (mm)	τ_m (MPa)	Slip (mm)	τ_m (MPa)	Slip (mm)
V	21.85	0.74	21.31	0.95	21.44	0.78	18.74	1.23	19.27	1.21	18.17	1.28
HB	12.37	1.09	16.75	1.47	15.40	1.79	12.30	1.71	12.32	1.34	11.30	1.73
HM	14.51	0.54	7.50	1.31	7.60	2.04	6.21	2.46	5.91	2.63	8.78	1.73
HT	8.90	3.16	8.33	1.10	11.18	1.13	4.91	2.19	9.32	1.74	8.23	1.50

3.3 CEB-FIP 기준과의 비교

그림 3은 각 시험체의 부착강도를 각각의 콘크리트 압축강도에 대하여 나타낸 것으로 CEB-FIP에서 제시하고 있는 부착강도와 비교 검토하도록 하였다. 그림에서 나타난 바와 같이 순환잔골재 치환율에 관계없이 모든 V type 시험체는 CEB-FIP의 부착강도를 상회하고 있으며, 콘크리트의 압축강도의 함수($\sqrt{f_{cu}}$)로 표현하면 $3.5\sqrt{f_{cu}}$ 에 근접하는 것으로 나타났다. H type 중 HB 시험체 역시 순환골재 치환율에 관계없이 CEB-FIP에서 제시하는 부착강도를 모두 상회하고 있으나, HM 및 HT 시험체의 경우 대체로 규정 값을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

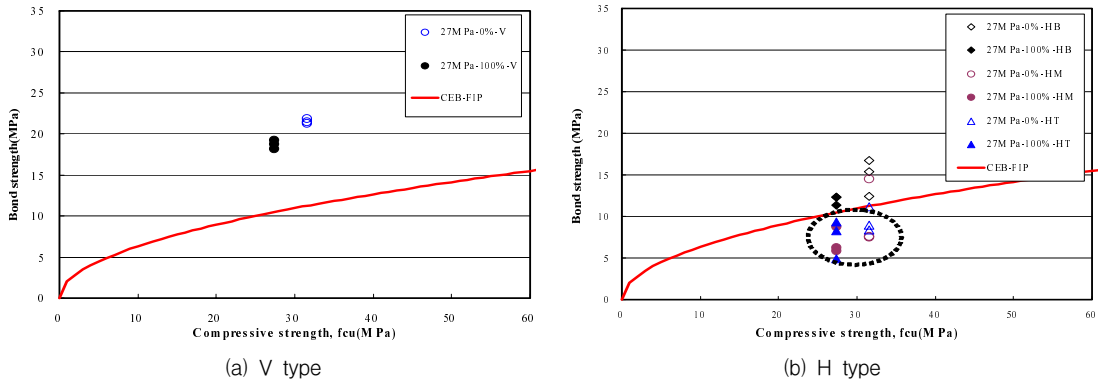


그림 3. CEB-FIP기준과의 비교

4. 결 론

본 연구에서는 순환 잔골재 콘크리트와 철근의 부착특성을 파악하기 위하여 순환 잔골재 치환율과 철근 위치를 변수로 부착 실험을 실시하였으며, 본 시험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 순환 잔골재를 사용한 콘크리트의 부착응력-슬립 관계는 순환 잔골재 치환율 및 철근 위치에 따라서 영향을 받는 것으로 나타났다.
- 2) V type 시험체는 CEB-FIP가 제시하고 있는 부착강도를 상회하고 있으나 H type 시험체의 경우 블리딩 현상으로 인해 하단근으로부터 타설 높이가 높은 HM 및 HT 시험체의 경우 CEB-FIP가 제시하고 있는 부착강도를 만족하지 못하는 것으로 나타나 이에 대한 추가적인 검토가 필요할 것으로 사료된다.

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. 건설교통부, 순환골재 품질기준, 2005
2. Comite Euro-International Du Beton, "CEB-FIP MODEL CODE 1990". Thomas Telford, 1990
3. 전수만, 이민정, 윤현도, 최기선, 유영찬, 김광환, “강도변화와 철근위치에 따른 순환골재 콘크리트와 이형철근의 부착특성”, 한국콘크리트학회 가을 학술발표회 논문집 : Vol.19 No.2, 2007