

압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 고강도 경량 콘크리트 부착-슬립 거동의 설계기준과의 비교

Comparison of Bond-Slip Behavior and Design Criteria of High Strength Lightweight Concrete with Compressive Strength 50 MPa and Unit Weight 16 kN/m³

이동균¹ · 이도경² · 오준환² · 유성원^{3*}Dong-Kyun Lee¹ · Do-Kyung Lee² · Jun-Hwan Oh² · Sung-Won Yoo^{3*}

(Received May 30, 2022 / Revised June 8, 2022 / Accepted June 16, 2022)

With the recent development of nanotechnology, its application in the field of construction materials is continuously increasing. However, until now, studies on the bond characteristics of concrete and rebar for applying high-strength lightweight concrete with a compressive strength of 50 MPa and a unit weight of 16 kN/m³ to structural members are lacking. Therefore, in this paper, 81 specimens of high-strength lightweight concrete with a compressive strength of 50 MPa and a unit weight of about 16 kN/m³ were fabricated and a direct pull-out tests were performed. The design code for the bond strength of ACI-408R and the experimental results are shown to be relatively similar, and as a result of the CEB-FIP and modified CMR bond behavior models through statistical analysis, it is shown to describe well on average.

키워드 : 고강도, 경량, 부착거동, 직접인발시험

Keywords : High strength, Lightweight, Bond behavior, Direct pull-out test

1. 서론

과거의 나노기반 재료는 경제성 및 제조기술의 부족으로 다양한 분야로의 응용이 어려웠지만 최근 나노기술의 발달로 건설재료 분야에 탄소나노튜브 등의 적용이 지속적으로 증가하고 있다(Sim and Yang 2011). 또한 구조물의 장대화로 인하여 지속적으로 고강도 경량 재료의 요구가 빈번해지고 있는 실정이다(Sim and Yang 2010).

이러한 고강도 경량 구조물을 제작하기 위해서는 고강도 경량 콘크리트의 제조가 필수적이다. 일반적으로 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트는 팽창혈암 등을 이용한 고급 경량골재와 콘크리트 조직의 치밀화를 위해서 소량의 탄소나노튜브의 사용으로 제조가 가능한 것으로 알려져 있다

(Balázs 1993). 그러나 Jung(2010)에 의하면 압축강도 80 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트는 제작할 수 있는 고강도 경량골재의 한계치로 제시하고 있으며, 경량골재 외에도 솔리드 버블 등의 다량의 나노 재료 도입이 필수적인 것으로 제시하고 있다. 이러한 기존 연구 결과 등을 바탕으로 본 연구에서는 우선적으로 일반적인 재료로 제작이 가능한 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트의 성능을 평가하고자 하였으며, 향후 추가 연구에서는 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트의 성능평가를 계획 중이다. 하지만 고강도 경량 콘크리트를 구조재료로 사용하기 위해서는 철근의 사용이 필수적이며 콘크리트의 경량화 및 고강도화에 따른므로 그 부착특성에 대한 연구가 매우 중요하다고 할 수 있으나, 아직까지는 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고

* Corresponding author E-mail: imysw@gachon.ac.kr

¹가천대학교 토목환경공학과 박사과정 (Dept. of Civil & Environmental Engineering, Gachon University, Gyeonggi-do, 13120, Korea)

²가천대학교 토목환경공학과 석사과정 (Dept. of Civil & Environmental Engineering, Gachon University, Gyeonggi-do, 13120, Korea)

³가천대학교 토목환경공학과 교수 (Dept. of Civil & Environmental Engineering, Gachon University, Gyeonggi-do, 13120, Korea)

강도 경량 콘크리트를 구조부재에 적용하기 위한 정확한 기준이나 콘크리트와 철근의 부착 특성에 관한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 이 논문에서는 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트 81개의 시편을 제작하고 직접 인발 시험을 수행하여 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트의 부착특성을 파악하고, 실험에서 얻어진 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트의 부착강도와 현행 설계기준의 근간이 된 기존 연구결과를 비교하여 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트의 부착특성을 평가하였다.

2. 실험 계획

2.1 사용재료

본 연구에서는 결합재로 국내 S사에서 제조된 1종 보통포틀랜드 시멘트, KS 기준에 적합한 플라이 애쉬와 고로슬래그 미분말을 사용하였다. 잔골재로는 밀도가 2.56 g/cm³인 강모래와 밀도가 0.75 g/cm³인 팽창점토 잔골재를 사용하였고 굵은 골재로는 밀도가 2.65 g/cm³인 쇄석과 밀도가 0.92 g/cm³인 팽창점토 굵은 골재를 사용하였으며, 팽창점토 골재의 비중은 약 1.0 수준이다. 한편 탄소나노튜브(CNT)의 효과를 파악하기 위하여 35 수용액 형태를 일부 배합에 결합재 중량의 0.115 %정도 첨가하였다.

한편 철근은 국내 H사에서 제조된 SD400 제품으로 KS 기준에 적합한 것을 선정하여 사용하였다.

2.2 콘크리트 및 철근

콘크리트의 목표 압축강도는 50 MPa, 목표 단위중량은 16 kN/m³으로 정하였으며, 콘크리트의 유동성을 확보하기 위하여 PC계 고성능 감수제를 사용하였고, 배합비는 Table 1과 같다. 실험에 사용된 콘크리트의 28일 압축강도, 탄성계수 및 단위중량 실험 결과를 Table 2에 나타냈으며, 탄소나노튜브를 첨가한 경우 콘크리트 압축강도 및 탄성계수가 15 %정도 감소하는 것으로 나타났으나, 단위중량 감소에는 도움이 되는 것으로 나타났다.

실험에 사용된 철근은 SD400으로 직접인장시험 결과 평균 항복강도는 426.5 MPa이었다.

2.3 실험계획 및 부재 형상

압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 고강도 경량 콘크리트의

부착거동을 평가하기 위한 실험변수로는 콘크리트 배합 3수준(팽창점토 골재 및 CNT사용 여부), 철근 직경 3수준(13, 19, 25 mm) 및 철근의 묻힘길이 3수준(철근 직경의 2, 5, 8배)이다. 이러한 실험변수를 가진 실험시편은 총 81개(3 × 3 × 3=27개, 3회 반복)이며, 실험 변수들은 Table 3에 정리되어 있으며, 실험시편들의 형상은 Fig. 1에, 하중 재하장치 형상은 Fig. 2에 나타냈다.

Fig. 2에 보인 것처럼 제작된 시편은 2,000 kN 용량의 UTM을 이용하여 직접인발시험을 수행하였으며, 이때 철근과 콘크리트에 LVDT를 설치하고 0.5 mm/min의 속도로 하중을 재하하면서 둘 사이의 상대변위를 측정하고 데이터 로거를 이용하여 재하 하중과 변위를 저장하였다.

Table 1. Concrete mix proportion

ID	W/B (%)	Unit weight (kg/m ³)									
		W	C	FA	GGBS	SF	CNT	S		G	
								N	EC	N	Ec
NC		102					-	475	-		-
EC+C	20	91	306	77	77	51	12	-	434	86	582
EC		102					-				

NC : normal concrete, EC : lightweight concrete,
+c : including CNT, W : water, C : cement, FA : fly ash,
SF : silica fume, S : sand, G : gravel

Table 2. Concrete properties

ID	Compressive strength at 28 days (MPa)	Elasticity modulus (MPa)	Unit weight (kN/m ³)		
			Moisture	Saturate	Dry
NC	65.1	30,462	21.1	21.5	20.8
EC+C	42.2	18,381	16.8	17.2	16.1
EC	50.7	20,078	16.9	17.4	16.5

Table 3. Test variables

ID	Lightweight aggregate	CNT	Reinforcement diameter	Embedded length (× diameter)
NC	-	-	D13, D19, D25	2, 5, 8
EC+C	Use	Use	D13, D19, D25	2, 5, 8
EC	Use	-	D13, D19, D25	2, 5, 8

3. 실험결과 및 분석

$$U = \frac{1}{l_d \pi} \frac{F_a}{d_b} \tag{1}$$

3.1 부착강도, 파괴 형상

제작된 실험시편에 대해 재령 28일에 직접 인발실험을 수행하여 부착특성을 파악하였으며, 그 결과를 Table 4에 나타냈다. Table 4에 나타난 부착강도는 실험을 통해 얻은 파괴하중 값으로부터 식 (1)을 사용하여 산정되었다.

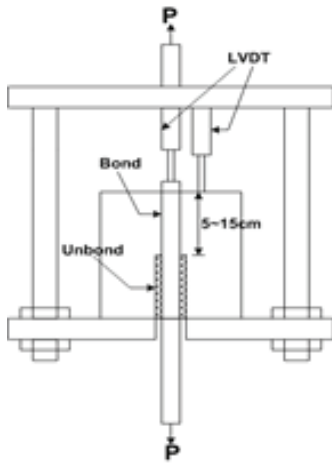


Fig. 1. Shape of specimen

여기서 U는 부착강도, F_a 는 파괴하중, d_b 는 철근의 직경, l_d 는 철근의 묻힘길이이다.

대부분의 실험 시편에서는 철근 직경, 콘크리트 압축강도 수준의 차이와 상관없이 철근뺨힘 파괴현상이 일어났다. 다만 철근의 직경 19 mm 이상이며, 부착길이 5 d_b 이상에서는 Fig. 3과 같이 콘크리트 파괴가 일어났다.

즉, 직경이 작은 철근의 경우 콘크리트의 압축강도에 상관없이 부착파괴에 의한 뺨힘 파괴가 일어났으며, 철근의 직경이 크고 부착길이가 큰 경우에는 철근과 콘크리트의 부착이 유지되며, 콘크리트 구체 파괴가 발생하였다. 이러한 현상은 기존 연구결과에서도 유사하게 나타났다(Orangun et al, 1977).

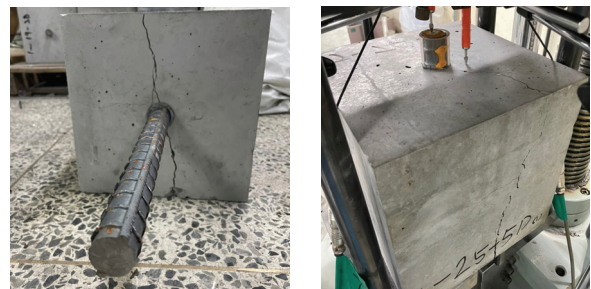


Fig. 3. Failure pattern of specimen



Fig. 2. Test setup

3.2 압축강도, 단위중량, 탄성계수-부착강도 관계

고강도 경량 콘크리트의 압축강도에 따른 28일 재령에서의 부착강도는 Fig. 4~6에 보인 것처럼 압축강도, 탄성계수 및 단위중량이 증가함에 따라 부착강도가 증가하는 경향을 보였다. 이러한 현상은 일반콘크리트의 거동과 유사하게 압축강도, 탄성계수 및 단위중량이 부착강도는 비례한다는 사실을 확인할 수 있었다.

또한 압축강도가 증가함에 따라 고강도 경량 콘크리트의 인장

Table 4. Results of ultimate load and failure pattern

ID	Embedded length (× diameter)									Remark
	2 d_b			5 d_b			8 d_b			
	Reinforcement			Reinforcement			Reinforcement			
	D13	D19	D25	D13	D19	D25	D13	D19	D25	
NC	29.9	33.9	27.3	25.3	29.3*	22.4	27.3*	22.7*	16.8*	* Concrete failure and the others are reinforcement slip failure
EC+C	29.8	28.4	19.1	26.3	25.8*	13.1*	19.1*	13.1*	13.0*	
EC	31.2	31.5	21.3	27.8	26.1*	16.3*	21.5*	16.7*	13.9*	

강도가 증가하여 시험체에 횡방향 구속효과를 주어 균열의 발생을 억제한 것으로 판단된다. 탄성계수 및 단위중량 역시 압축강도 만큼 높은 수준은 아니지만 영향이 각 성분들과 부착강도는 비례한다는 사실을 확인할 수 있었다.

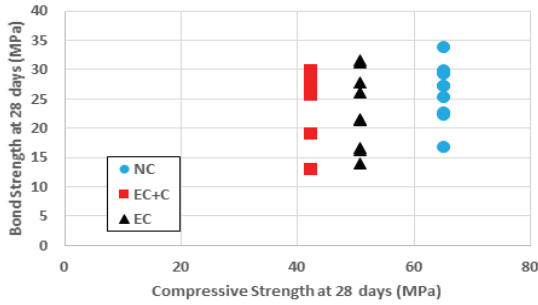


Fig. 4. Compressive strength-bond strength relationship

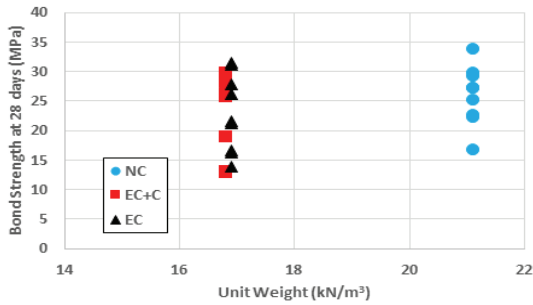


Fig. 5. Unit weight-bond strength relationship

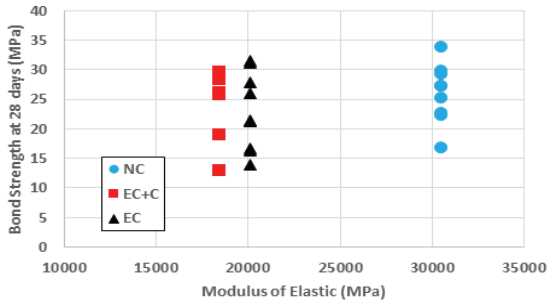


Fig. 6. Modulus of Elasticity-bond strength relationship

3.3 철근 직경-부착강도 관계

고강도 경량 콘크리트의 철근 직경에 따른 부착강도는 Fig. 7와 같다. 철근 직경이 13 mm일 때 평균 26.5 MPa의 부착강도가 나타나며 철근 직경이 19 mm일 때 25.3 MPa, 철근 직경이 25 mm의 부착강도의 평균은 18.2 MPa이다.

이러한 결과를 고찰해보면 이형철근의 직경이 증가함에 따라 부착강도가 감소하는 경향을 확인할 수 있다.

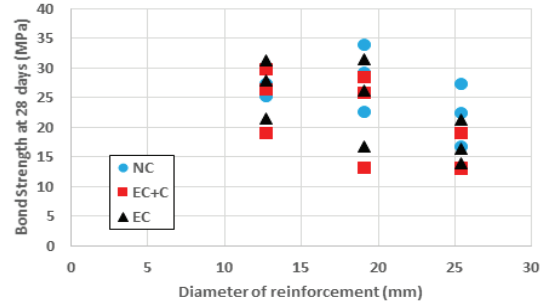


Fig. 7. Reinforcement diameter-bond strength relationship

3.4 매입길이-부착강도 관계

고강도 경량 콘크리트의 철근 부착길이에 따른 부착강도는 Fig. 8에 나타내었다. 변수에 상관없이 매입길이가 증가할수록 부착강도가 감소하는 경향을 확인할 수 있다. 이는 문힘길이가 길어짐에 따라 철근의 부착면적이 커지게 되어, 부착면적과 반비례하는 부착강도 특성상 감소효과가 적용된 것으로 확인된다.

4. 설계기준과의 비교

4.1 ACI-408R (2003)

Orangun et al.(1977)은 현재 설계기준으로 사용되고 있는 ACI-408R(2003)의 콘크리트의 부착강도 산정식의 근간이 되는 연구자로 부착강도에 영향을 미치는 콘크리트의 압축강도, 피복두께, 철근의 직경, 부착 길이 등을 고려한 인발 실험을 통해서 식 (2)와 같은 부착강도 산정식을 제안하였다.

$$\frac{U}{\sqrt{f_c}} = 0.1 + 0.25 \frac{C_{min}}{d_b} + 4.15 \frac{d_b}{l_d} \quad (2)$$

여기서, $U/\sqrt{f_c}$ 는 부착강도계수, U는 부착강도(MPa), f_c 는 콘크리트의 측정된 압축강도(MPa), C_{min} 은 최소 피복두께(mm), d_b 는 철근의 직경(mm) 및 l_d 는 문힘길이(mm)이다.

Fig. 9과 Table 5에서 나타낸 바와 같이 문힘길이가 작을수록 실험결과가 식 (2)에 의한 예측값과 차이가 크게 나타났다.

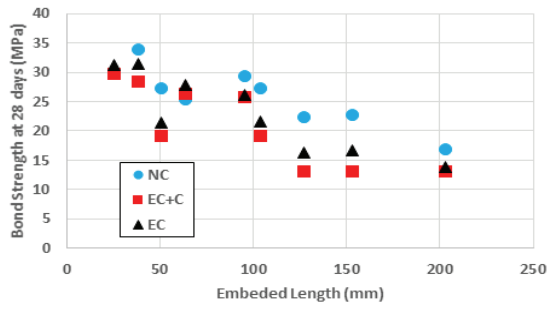


Fig. 8. Embedded length-bond strength relationship

4.2 CEB-FIP Model Code (2010)

콘크리트 내 배근된 철근의 부착거동을 묘사하기 위해 CEB-FIP Model Code 2010에서는 철근의 부착응력과 슬립의 관계를 식 (3) 및 Fig. 10로 제안하고 있다.

$$\tau_b = \tau_{b,max} \left(\frac{s}{s_1}\right)^\alpha \text{ for } 0 \leq s \leq s_1 \quad (3-a)$$

$$\tau_b = \tau_{b,max} \text{ for } s_1 \leq s \leq s_2 \quad (3-b)$$

$$\tau_b = \tau_{b,max} - (\tau_{b,max} - \tau_{b,f}) \frac{s - s_2}{s_3 - s_2} \text{ for } s_2 \leq s \leq s_3 \quad (3-c)$$

$$\tau_b = \tau_{b,f} \text{ for } s_3 \leq s \quad (3-d)$$

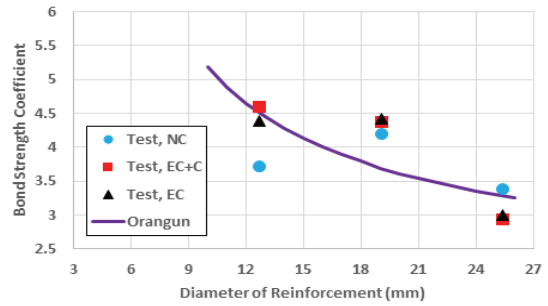
여기서, $\tau_{b,f}$ 는 마찰에 의한 부착응력이고, s_1 은 최대부착응력 도달시점에서의 미끌림값, s_2 및 s_3 는 부착특성에 대한 각각의 미끌림 값, α 는 실험을 통해 얻은 매개변수 값이다.

4.3 Modified CMR

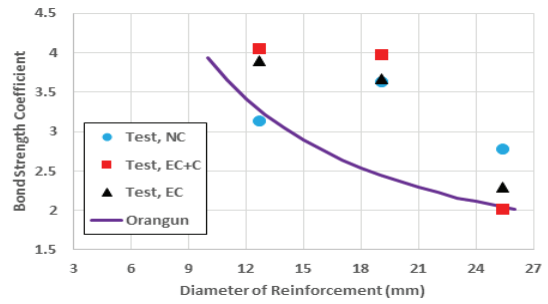
기존의 모델들과 다르게, Modified CMR Model에서는 부착 응력 구간을 최대 부착 응력까지만을 고려하여 부착응력과 슬립의

관계를 식 (4)로 제안하였다.

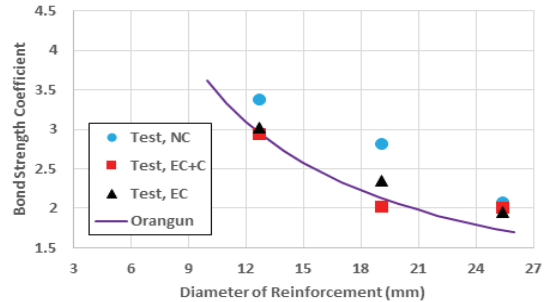
$$\frac{\tau}{\tau_{max}} = [1 - \exp(-\beta s/s_1)]^\alpha \quad (4)$$



(a) Bonded length = 2d



(b) Bonded length = 5d



(c) Bonded length = 8d

Fig. 9. Comparison between tests and results by Orangun

Table 5. Comparison between tests and existing research results by Orangun et al. 1977

(unit : MPa)

ID	Embedded length (mm)																	
	2d						5d						8d					
	D13		D19		D25		D13		D19		D25		D13		D19		D25	
Test	Eq(2)	Test	Eq(2)	Test	Eq(2)	Test	Eq(2)	D19	Eq(2)	D25	Eq(2)	D13	Eq(2)	D19	Eq(2)	D25	Eq(2)	
NC	29.90	36.39	33.90	39.74	27.30	26.47	25.30	26.35	29.30	19.70	22.40	16.42	27.30	23.74	22.70	17.18	16.80	13.91
EC+C	29.80	29.30	28.40	23.95	19.10	21.31	26.30	21.21	25.80	15.86	13.10	13.22	19.10	19.11	13.10	13.84	13.00	11.20
EC	31.20	32.12	31.50	26.25	21.30	23.36	27.80	23.25	26.10	17.38	16.30	14.49	21.50	20.95	16.70	15.17	13.90	12.28

여기서, s_1 은 최대 부착 응력 도달 시점에서의 미끄러짐 값, α 및 β 는 실험을 통해 얻은 매개변수 값이다.

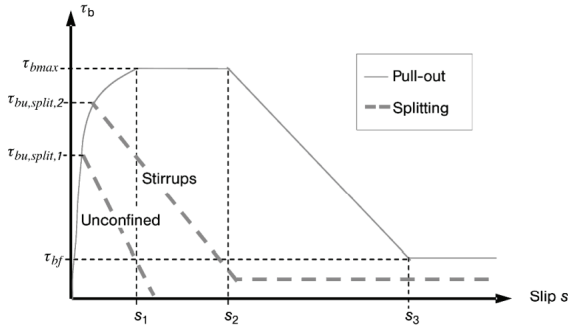
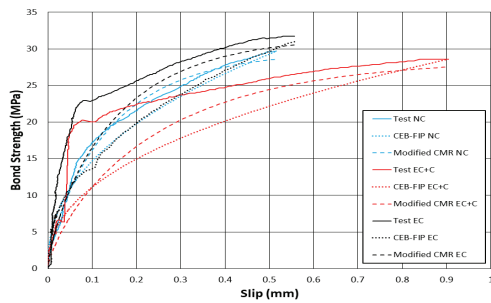


Fig. 10. Analytical bond stress-slip relationship

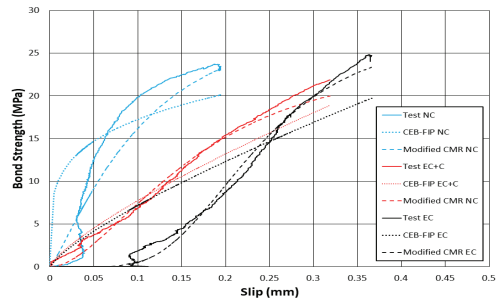
4.4 부착-슬립 거동의 실험치와 설계기준 비교

실험을 통해 산출된 부착 응력 및 슬립 결과를 상용 통계 패키지 (Statistical Package for the Social Sciences : SPSS)의 비선형 회귀분석 수행을 통해 CEB-FIP Model Code 2010과 Modified CMR Model이 제안한 식 (3-a)와 식 (4)에 제시된 매개변수를 산출하였다.

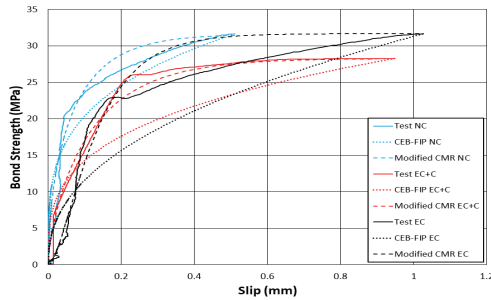
Fig. 11와 Table 6에서 나타난 바와 같이 산출된 매개변수 및 실험결과와 각 부착강도-슬립 모델을 비교하면, 초기 상승 부분에서는 CEB-FIP Model Code 2010 보다 Modified CMR Model이 실험결과와 더 유사한 것을 확인할 수 있다. 그러나 실험결과와 제안된 모델과의 편차가 존재하여도, 부착거동이 국부적인 거동임을 감안할 때, 고강도 경량 콘크리트의 부착거동을 제안 모델이 전반적으로 잘 묘사하는 것으로 판단된다.



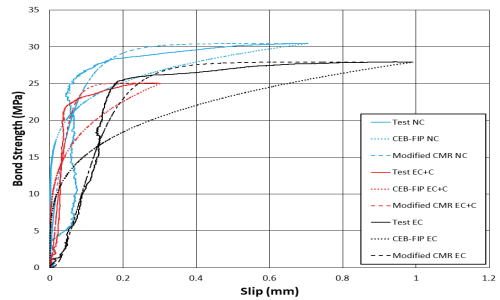
(a) D13 Bonded Length = 2d



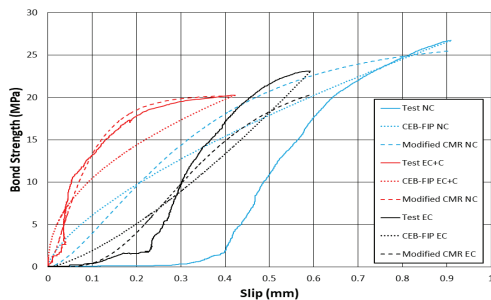
(d) D13 Bonded Length = 5d



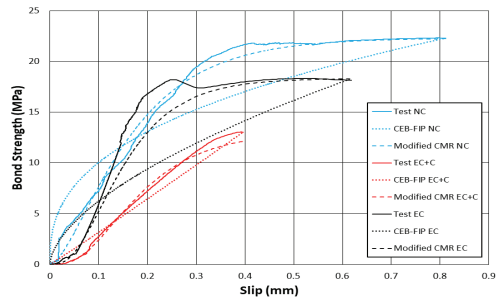
(b) D19 Bonded Length = 2d



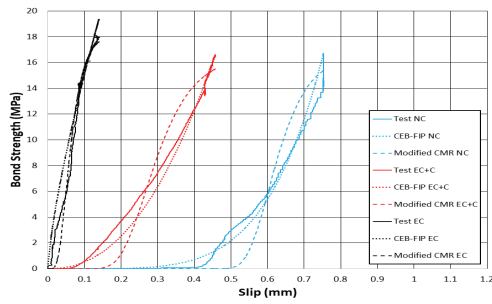
(e) D19 Bonded Length = 5d



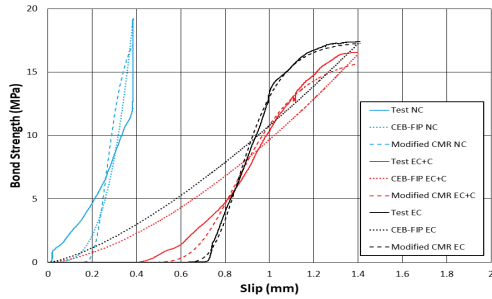
(c) D25 Bonded Length = 2d



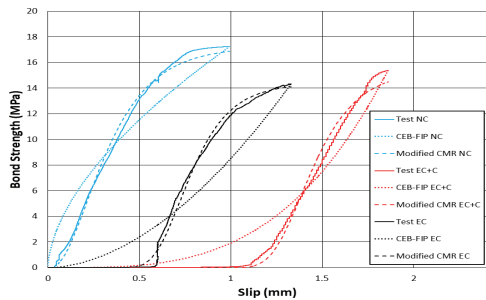
(f) D25 Bonded Length = 5d



(g) D13 Bonded Length = 8d



(h) D19 Bonded Length = 8d



(i) D25 Bonded Length = 8d

Fig. 11. Comparison of tests with design code

5. 결론

본 논문에서는 직접인발시험을 수행하여 16 kN/m³, 50 MPa급 고강도 경량 콘크리트의 부착거동을 확인하였으며, 부착특성을 설계기준과 비교하였다. 본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 고강도 경량 콘크리트의 직접 인발 시험 결과, 압축강도와 부착 강도간의 비례관계, 이형철근의 직경, 문힘길이와 부착강도간의 반비례관계 등을 확인할 수 있었다.
2. ACI-408R의 부착강도 산정식과 실제 실험결과와의 비교를 통해 문힘길이가 클수록 예측값과 차이가 작게 나타났으며, 예측

Table 6. Comparison between tests and existing research results by CEB-FIP Model Code 2010 & Modified CMR Model

ID	Test	τ (MPa)	s_1 (mm)	CEB-FIP Model Code 2010			Modified CMR Model				
				α	R^2	τ	α	β	R^2	τ	
NC	2d	D13	29.9	0.52	0.34	0.86	29.9	0.55	2.78	0.88	29.0
		D19	33.9	0.65	0.30	0.84	33.9	1.17	9.22	0.95	33.8
		D25	27.3	0.66	0.74	0.70	27.3	1.89	3.43	0.73	25.6
	5d	D13	25.3	0.79	0.21	0.68	27.6	0.97	7.32	0.91	27.6
		D19	29.3	0.70	0.16	0.40	29.2	0.46	5.79	0.46	28.5
		D25	22.4	0.49	0.37	0.71	22.4	3.99	10.7	0.99	22.4
	8d	D13	27.3	0.06	0.52	0.27	17.2	2.17	3.41	0.34	16.1
		D19	22.7	4.09	0.45	0.88	19.3	0.85	4.69	0.89	19.0
		D25	16.8	0.47	0.40	0.60	16.8	6.23	7.79	0.79	16.8
EC + C	2d	D13	29.8	0.69	0.30	0.68	29.8	0.45	3.23	0.70	29.1
		D19	28.4	0.63	0.47	0.84	28.6	5.22	33.4	0.84	28.3
		D25	19.1	0.64	0.38	0.71	19.4	1.17	6.62	0.84	19.3
	5d	D13	26.3	0.53	0.46	0.79	24.8	1.53	8.60	0.97	24.0
		D19	25.8	0.59	0.31	0.59	25.8	44.5	19.7	0.94	25.8
		D25	13.1	0.20	0.48	0.78	13.1	3.36	8.79	0.97	13.1
	8d	D13	19.1	0.11	1.08	0.93	17.3	33.3	6.70	0.96	16.6
		D19	13.1	0.41	0.66	0.80	15.1	13.8	8.95	0.97	15.0
		D25	13.0	0.16	0.57	0.56	12.9	1.62	3.21	0.61	11.9
EC	2d	D13	31.2	0.61	0.31	0.85	31.2	0.94	10.3	0.97	31.2
		D19	31.5	1.07	1.01	0.75	31.6	6.74	11.8	0.98	31.5
		D25	21.3	0.79	0.91	0.87	21.5	4.18	6.52	0.98	20.1
	5d	D13	27.8	0.79	0.50	0.69	27.8	9.04	11.3	0.99	27.6
		D19	26.1	0.60	0.37	0.71	25.7	2.16	8.81	0.90	25.4
		D25	16.3	0.44	0.59	0.66	16.7	10.5	11.4	0.95	16.9
	8d	D13	21.5	0.11	1.09	0.91	17.3	79.1	6.55	0.96	16.5
		D19	16.7	0.43	1.08	0.83	16.1	153	7.90	0.98	15.8
		D25	13.9	0.63	1.21	0.74	13.8	71.6	6.50	0.84	13.4

값을 잘 묘사하는 것으로 판단된다.

3. 통계분석을 통해 각 시험체의 부착거동 모델을 산정하였다. 실험결과와 제안 모델간의 편차가 존재하기는 하지만, 평균적으로 잘 묘사하는 것으로 판단된다.

Conflicts of interest

None.

감사의 글

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원(과제번호 22NANO-C156177-03) 및 2019년도 가천대학교 교내연구비 지원(GCU-2019-0307)으로 수행되었음.

References

- ACI 408R-03. (2003). Bond and Development of Straight Reinforcing Bars in Tension, ACI Committee 408, **49**.
- Balázs, G.L. (1993). Cracking Analysis Based on Slip and Bond Stresses, ACI Materials Journal, **90(4)**, 340-348.
- Cosenza, E., Manfredi, G., Realfonzo, R. (1995). Analytical modelling of bond between FRP reinforcing bars and concrete, non-metallic(FRP) reinforcement for concrete structures, In Proceedings of the Second International RILEM Symposium (FRPRCS-2), University of Naples, Naples, Italy, 165-171.
- Eligehausen, R., Popov, E., Bertero, V. (1983). Local bond stress-slip relationships of deformed bars under generalized excitations, University of California, Berkeley, Calif, **83(23)**.
- Jung, S.W. (2010). Standardization Technology for The Environmental-Friendly Utilization of Pond Ash Technical Report, R-2007-2-151, Korea Conformity Laboratories, Seoul, 1-15 [in Korean].
- Orangun, C., Jirsa, J., Breen, J. (1977). A reevaluation of test data on development length and splices, ACI Structural Journal, **74(3)**, 114-122.
- Sim, J.I., Yang, K.H. (2010). Air content, workability and bleeding characteristics of fresh lightweight aggregate concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, **22(4)**, 559-566.
- Sim, J.I., Yang, K.H. (2011). Mechanical properties of lightweight aggregate concrete according to the substitution rate of natural sand and maximum aggregate size, Journal of the Korea Concrete Institute, **23(5)**, 551-558.
- Taerwe, L., Matthys, S. (2013). Fib Model Code for Concrete Structures 2010, The International Federation for Structural Concrete(fib), Lausanne, Switzerland, 244.

압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 고강도 경량 콘크리트 부착-슬립 거동의 설계기준과의 비교

최근 나노기술의 발달로 건설재료분야에 이의 적용이 지속적으로 증가하고 있는 실정이다. 하지만 현재까지는 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트를 구조부재에 적용하기 위한 콘크리트와 철근의 부착 특성에 관한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 압축강도 50 MPa, 단위중량 16 kN/m³ 정도의 고강도 경량 콘크리트 81개의 시편을 제작하여 직접 인발 부착실험을 수행하였고, 실험결과와 현행 설계기준과 비교하여 부착특성을 평가하였다. ACI-408R의 부착강도 산정식과 실험결과는 비교적 유사한 것으로 판단되며, 통계분석을 통해 CEB-FIP, 수정된 CMR 부착거동 모델을 산정한 결과, 평균적으로 잘 묘사하는 것으로 판단된다.