

## 직접인발시험과 보-단부 시험을 이용한 에폭시 도막 철근의 부착특성

# Bond Behavior of Epoxy Coated Reinforcement Using Direct Pull-out Test and Beam-End Test

김지상<sup>1\*</sup> · 강원혁<sup>2</sup>

Jee-Sang Kim<sup>1\*</sup> · Won Hyeak Kang<sup>2</sup>

(Received August 30, 2019 / Revised September 16, 2019 / Accepted September 16, 2019)

The corrosion of reinforcements embedded in concrete causes severe deterioration in reinforced concrete structures. As a countermeasure, epoxy coated reinforcements are used to prevent corrosion of reinforcements. When epoxy coated bars are used, the resistance of corrosion is excellent, but epoxy coating on the bars have a disadvantage of reduction in bond capacity comparing to that of normal bars. Therefore, it is necessary to confirm the bond performance of epoxy coated reinforcements through experimental and analytical methods. Bond behaviors of epoxy coated bars for various diameters of 13 and 19mm and thicknesses of cover concrete of 3 types(ratio of cover to bar diameter) are examined. As the diameters of the epoxy coated bars increase, the difference of bond strength between epoxy coated and uncoated bars also increases and damage patterns showed pull out failure. In addition, finite element analysis was performed based on the bond-slip relationship obtained by direct pullout test and compared with the flexural test results. It is considered that flexural member test is more useful than pullout test for simulating the behavior of actual structure.

**키워드** : 에폭시 도막 철근, 부착-미끄림 거동, 직접인발시험, 보-단부 시험, 부착응력

**Keywords** : Epoxy coated bar, Bond-slip behaviour, Direct pull-out test, Beam-end test, Bond stress

## 1. 서론

철근 콘크리트 구조물의 안전성 및 내구성에 심각한 영향을 미치고 있는 철근 부식 문제에 대한 대책으로 에폭시 도막철근의 사용에 대한 수요가 증대되고 있다(Choi 1990; Oh et al. 1992; Choi et al. 1994). 에폭시 도막철근을 사용하는 경우 철근 부식에 대한 저항성능은 우수하나 철근에 에폭시 도막을 씌움으로써 콘크리트와의 부착력이 일반철근에 대비하여 감소하는 단점이 있다. 따라서 부착성능에 대한 실험적 및 해석적인 확인이 필요하여 이에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 대표적인 실험 방법으로는 ACI 408R에 의하면 힘 부재를 통하여 부착거동을 연구할 수 있는 보-단부 test와 직접인발을 통해 부착 특성을 분석하는 Pullout test등이 있다(Jung 2003).

기존 연구들은 대부분 직접인발시험을 근거로 철근과 콘크리트 사이의 부착특성을 검토하였다. 직접인발시험은 보와 기둥 또는 슬래브와 보의 접합부분에 부착특성을 검토할 경우 적합하지만, 슬래브, 보와 같이 힘 부재의 균열과 균열사이의 부착특성을 검토할 때는 직접인발시험보다는 힘 인장 부착 테스트가 적합한 실험 방법이라 할 수 있다. 직접인발시험의 부착응력은 힘 인장 부착 시험보다 높게 평가하는 경향이 있는 것으로 보고되고 있다(ACI 408R-03).

Lee(2018)는 콘크리트의 압축강도 및 부착길이 등을 변수로 하여 Euro code2의 RILEM시험법을 바탕으로 직접 인발 시험을 수행하였다. 실험 결과로부터 에폭시 도막에 따른 철근의 부착 특성에 대한 영향을 파악하였고, 현행설계기준의 정착 길이에 관한 식과 비교함으로써 사용성을 검토하여 현행설계기준의 정착길이 보

\* Corresponding author E-mail: zskim@skuniv.ac.kr

<sup>1</sup>서경대학교 토목공학과 교수 (Department of Civil Engineering, Seokyeong University, Seoul, 02713, Korea)

<sup>2</sup>서경대학교 도시기반방재안전공학과 석사과정 (Department of Urban Infrastructure and Disaster Prevention Engineering, Seokyeong University, Seoul, 02713, Korea)

정계수를 예폭시 도막 철근에 적용할 경우 부착성능의 과소평가로 인해 과도한 정착길이를 필요로 하는 것을 확인하였다.

Jung(2003)은 철근 콘크리트 휨 부재에서 콘크리트 압축강도의 영향과 도막두께의 영향이 고려된 철근 겹침이음길이의 변화에 따른 거동을 파악하기 위해 도막두께와 압축강도를 변수로 이음길이를 변화시켜 보-단부 시험을 실시하였고, 현 설계기준에 따라 최소 겹침이음길이를 갖는 시험체의 경우 보통강도 콘크리트의 최소 도막두께  $2d_b$  이상, 고강도 콘크리트에서 최소 도막두께  $3d_b$  이상 확보 되어야 한다는 실험결과를 얻고, 콘크리트 강도 특성과 도막두께의 영향이 고려된 겹침이음길이 식을 제안하였다.

Choi et al.(1994)은 일반 철근과 예폭시 도막철근의 보통강도 콘크리트와의 부착강도 특성을 비교분석하고, 고강도 콘크리트내에서 철근의 예폭시 도막에 의한 강도 저감 경향을 파악하였다. 즉, 도막 되지 않은 철근과 고강도 콘크리트와의 부착특성에 대해 연구한 기존연구결과를 이용하여 대표적인 실험변수에 대해 실험을 하고 예폭시도막철근의 부착특성을 비교, 분석하여 현행 우리나라 콘크리트 기준에서 제안하고 있는 상부철근의 보정계수를 평가하였다.

이 논문에서는 예폭시 도막 철근과 콘크리트의 부착성능을 평가하기 위한 시험법에 대한 비교를 하기 위해 일반적으로 사용되는 직접인발시험과 휨 부재 부착실험을 수행하여 일반철근 대비 예폭시도막철근의 부착력을 비교하였다. 또한 직접인발시험의 실험 결과로부터 얻은 부착-미끌림 관계를 이용하여 유한요소해석을 수행하고 실제 실험값과 비교분석을 진행하였다. 이를 통하여 실제 구조물에서의 예폭시 도막 철근의 부착 성능을 확인하는 합리적인 방법을 제시하고자 하였다.

## 2. 부착 성능 평가 방법

철근 콘크리트 구조물의 설계는 철근과 콘크리트 사이의 효율적이고 신뢰성 있는 하중 전달을 통하여 두 재료가 일체로 거동하는 완전부착을 가정하고 있다. 철근에서 주변 콘크리트로의 하중 전달은 철근과 콘크리트 사이의 화학적 부착력, 점점의 조도에 따라 발생하는 마찰력, 철근 표면으로 횡 방향으로 가해지는 힘, 철근과 주변 콘크리트 사이의 상대 미끌림 등의 영향을 받는다. 예폭시 도막은 마찰계수를 낮추고 부착강도를 감소시켜 예폭시 도막 철근의 부착특성에 영향을 주는데, 특히 마찰은 부착-미끌림 관계에 중요한 역할을 한다(ACI 408R-03). 이 절에서는 철근과 콘크리트의 부착성능을 평가하는 대표적인 시험법인 직접인발, 보-단부 시험 및 부재시험을 비교하였다.

## 2.1 직접인발시험

철근콘크리트 부재는 철근이 인장 상태가 되면 철근을 감싸고 있는 콘크리트 또한 인장 상태가 되는데 직접인발실험체의 응력 상태는 보통의 철근 콘크리트 부재와 매우 다르다. 즉, 철근이 인장력을 받고, 철근 표면은 철근의 콘크리트에 대한 상대적 이동으로 인해 압축력을 받는다. 따라서, 인발 시험에서 철근 표면에 발생하는 압축력의 영향으로 이 결과를 구조 해석에 직접 적용하기가 어렵다. 그러나 직접인발실험은 시험체 제작의 용이성과 시험의 단순성 때문에 널리 사용되고 있다(ACI 408R-03). 직접인발 시험체에 철근이 인장력을 받을 때 쪼개지는 것을 막기 위해 횡방향 철근을 보강하는데 이 연구에서 진행한 시험 방법의 개념은 Fig. 1에 나타나 있다.



Fig. 1. Pull out test(ACI 408R-06)

## 2.2 보-단부 시험

보-단부 시험체는 실제 구조물에서 부착강도를 보다 현실적으로 측정하는 방법으로 그 개념은 Fig. 2에 나타나 있다. 고정단에서 철근을 잡아주고 하단부에 회전단을 두어 반력을 주면서 실험을 진행하는 방법이다. 일반적으로 철근 콘크리트 부재에서 발생하는 응력상태와 같이 철근 및 주변 콘크리트가 동시에 인장 상태로 된다. 이 때 원하는 응력 상태를 달성하기 위해 철근의 부착길이는 뒤로 나와 있는 철근의 길이와 거의 동일하게 배치되어야 한다. 쪼갬파괴 발생을 막기 위해서 힘 방향보강철근을 배치하고 진행한 시험으로 얻어진 이때 부착강도는 철근 콘크리트 부재를 실제로 설계되어진 구조물에서 얻어진 강도와 거의 일치한다.

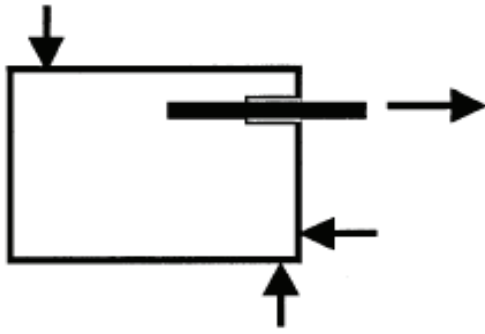


Fig. 2. Beam-end test(ACI 408R-06)

### 2.3 휨 부재 시험

겹침이음 및 Beam anchorage 시험은 실제 크기의 부착 강도를 직접 측정하도록 설계된 대규모 시험으로서 그 개념을 Fig. 3에 나타내었다. 이 시험체는 하중에 의해 발생하는 철근 표면의 수직 응력이 증가하여 부착 응력이 증가할 수 있다는 것에 근거하여 하중이 휨 부재의 중심선에서 축 방향으로 변형되도록 설계되었다. 겹침이음 시험체는 보통 일정한 모멘트 영역에서 제작되며 Beam anchorage 시험체에서 얻은 강도와 유사한 부착 강도를 나타낸다. 실제적인 응력 상태의 모사 가능성과 철근 조립의 상대적 단순성 때문에 ACI 318에서 이음길이에 대한 현재 설계 규정을 수립하는데 사용된 대량의 데이터를 얻은 실험법이다 (ACI 408R-03).

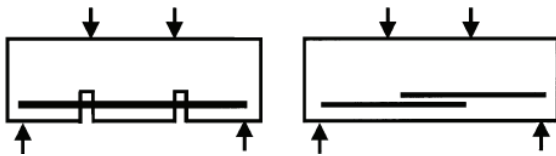


Fig. 3. Beam anchorage and splice specimens

전술한 바와 같이 철근과 콘크리트 사이에 부착성능을 확인하는 다양한 실험들이 있는데, 직접인발시험의 경우 실험이 비교적 간단하고 간편하여 실험을 많이 진행 하지만 실제 구조물에서의 철근콘크리트의 거동을 모사하기 어려운 방법이다. 따라서 이 논문에서는 보다 현실적이고 효율적인 방법인 휨 부재시험으로 일반 철근과 에폭시 도막철근의 상대적인 부착성능을 파악하고자 보-단부 시험을 함께 진행하였다.

## 3. 실험 방법

### 3.1 시험체 제작

철근콘크리트 부재의 보-단부 시험과 Pull-out 시험을 통하여 에폭시 도막 철근과 일반철근의 부착강도와 미끌림 관계의 차이를 알아보고자 하는 목적에 부합한 시험체를 제작하기 위해서 철근 지름에 대한 도막두께의 비( $c/d_b$ )는 3으로 고정하고, 철근의 지름( $d_b$ )을 주요 변수로 실험을 진행하였다. 철근은 D13 및 D19를 사용하였고 직접인발시험체는 RILEM의 Pull-Out 시험법을 기준으로 에폭시 도막 철근의 지름별에 따라 수정을 진행한 방법을 사용하였다(RILEM 1970). 시험체의 크기 및 부착길이는 Fig. 4에 보인 것과 같이 한 변의 길이는  $10d_b$ 로, 부착길이는  $2d_b$ 를 적용하여 제작하였다.

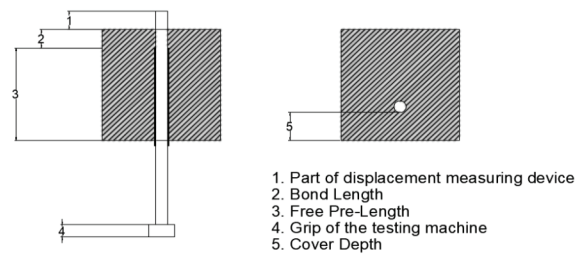


Fig. 4. Pull-out specimens

보-단부 시험체는 Pull-out 시험체와 동일한 조건을 적용하기 위해 철근 지름에 대한 도막두께의 비( $c/d_b$ )를 3으로 고정하고 철근비를  $\rho=0.006$ 으로 일정하게 유지하여 D13과 D19의 철근을 사용하여 실험을 진행하였다. 도로교설계기준(MOLIT 2016)의 겹침이음길이 산정식을 바탕으로 Fig. 5에 보인 것과 같이 철근의 지름에 맞게 구멍을 뚫어 철근을 조립하였으며, 일반철근 및 에폭시 도막철근의 이음길이 차이를 150mm씩 주어 제작하였다. 에폭시 도막철근의 겹침이음길이는 현 설계기준(KCI 2017)의 규정에 따라 일반철근의 1.2배를 적용하였다.

### 3.2 실험 절차

#### 3.2.1 직접인발 시험

Pull-out 시험은 Fig. 6에 보인 것처럼 제작된 시편을 500kN의 UTM에 배치한 후 철근과 콘크리트에 LVDT를 설치하고 변위제어를 통해 하중을 재하하면서 두 재료 사이의 상대변위를 측정하고 재하 하중과 철근의 미끌림량을 측정하였다.

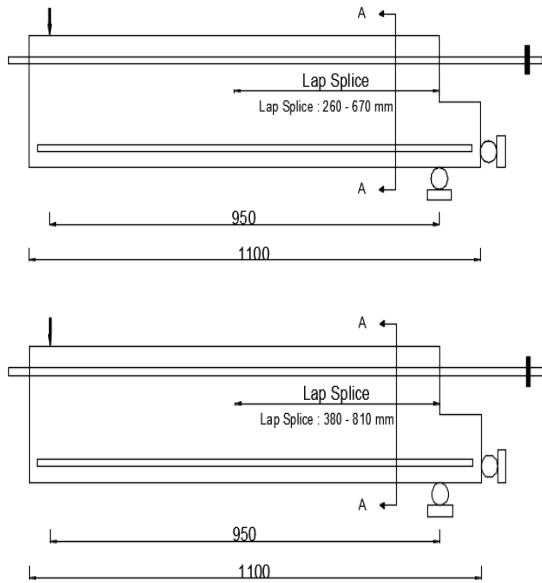


Fig. 5. Beam-end specimens



Fig. 6. Pull out experimental setup

### 3.2.2 보-단부 시험

보-단부 시험은 Fig. 3에 보이는 것처럼 제작된 시편을 1,000kN 용량의 유압잭을 이용하여 진행하였다. 유압펌프를 가압하는 형식으로 하중을 재하하였으며 콘크리트 자유단과 고정단 철근부분 LVDT를 설치하고 콘크리트의 변위량과 철근의 미끌림량을 측정하고 재하 하중과 철근의 미끌림량을 분석하였다.



Fig. 7. Beam-end experimental setup

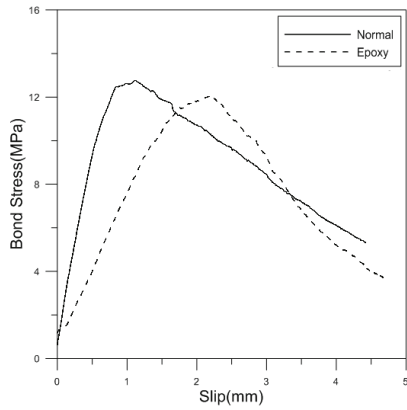
## 4. 실험 결과 및 분석

### 4.1 직접인발시험

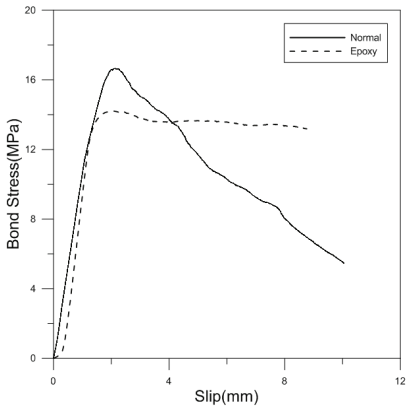
도막두께는 설계기준(KCI 2017)에서 제시하는 값 이상이었으므로 쏘갠파괴가 일어나지 않고 부착이 유지되었으며 하중이 더 이상 오르지 않을 때를 부착파괴로 정의하고 그 때의 응력을 부착강도로 산정하였다. 에폭시 도막철근과 일반철근의 콘크리트와의 부착강도와 미끌림량을 비교한 결과는 Table 1과 같고 3개 시험체에 대한 실험값의 평균을 구하여 부착응력과 미끌림량의 관계를 Fig. 8에 나타냈다. D13의 경우 에폭시 도막 철근의 부착강도는 일반철근 대비 94%의 성능을 가지고 있었고, D19의 경우는 85%의 부착 성능을 가지고 있었다.

Table 1. Summary of pull out tests(MPa)

Surface condition	Uncoated bars		Epoxy coated bars		Ratio of bond strength(2)/(1)
	$c/d_b$	Bond strength (MPa)(1)	$c/d_b$	Bond strength (MPa)(2)	
13	3	12.91	3	12.28	0.95
		12.76		12.05	0.94
		12.61		11.82	0.94
19	3	16.17	3	13.83	0.86
		16.65		14.22	0.85
		17.13		14.61	0.85

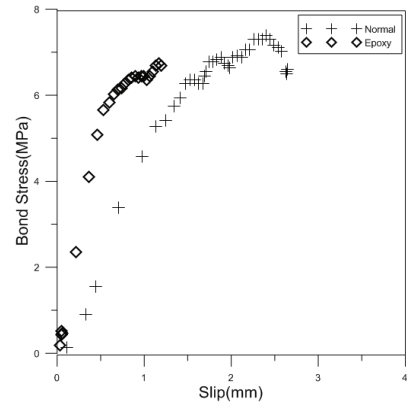


(a) D13

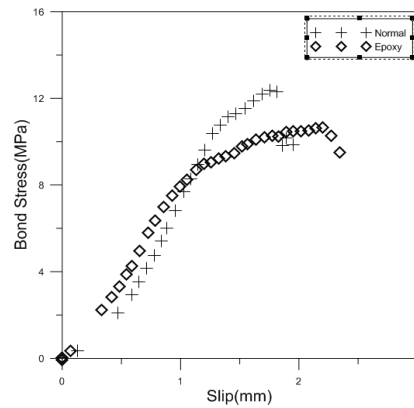


(b) D19

Fig. 8. Bond stress-slip relationship of pull out test



(a) D13



(b) D19

Fig. 9. Bond stress-slip relationship of beam-end test

## 4.2 보-단부 시험

직접인발시험과 마찬가지로 모든 시험체에서 부착파괴가 일어나고 부착강도와 미끌림량을 비교하여 평균 결과는 Table 2 와 Fig. 9와 같으며 D13의 경우 에폭시 도막 철근의 부착강도는 일반 철근에 대비하여 93%의 부착성능을 가지고 있었고, D19의 경우는 86%의 부착성능을 가지고 있었다.

Table 2. Summary of beam-end tests(MPa)

Surface condition	Uncoated bars		Epoxy coated bars		Ratio of bond strength (2)/(1)
	Diameter (mm)	Bond strength (MPa)(1)	Diameter (mm)	Bond strength (MPa)(2)	
13	3	7.13	3	6.61	0.93
		7.85		7.33	0.94
19	3	11.9	3	10.1	0.85
		13.3		11.5	0.86

## 4.3 직접인발시험과 보-단부 시험의 비교

직접인발시험과 보-단부 시험으로부터 얻은 부착응력-미끌림 결과를 비교한 내용을 Fig. 10에 정리하였다. D13 철근의 경우 일반철근과 에폭시 도막 철근 모두 Pull Out 시험이 보-단부 시험에 비해 58%이상 부착강도가 높았고 D19 철근의 경우 30%이상 부착강도가 높은 결과를 보였다. 이는 단순 인발 시험으로 얻은 부착응력은 양단 인장 부착테스트 보다 20~40%정도 높게 평가하는 경향이 있다는 연구결과(Lee et al. 2011)와 유사한 결과이다. 두 시험법으로부터 얻어진 부착강도 차이는 시험체의 단면의 크기 및 길이와 힘을 주는 방향의 차이에 의해서 발생하는 것으로 판단된다.

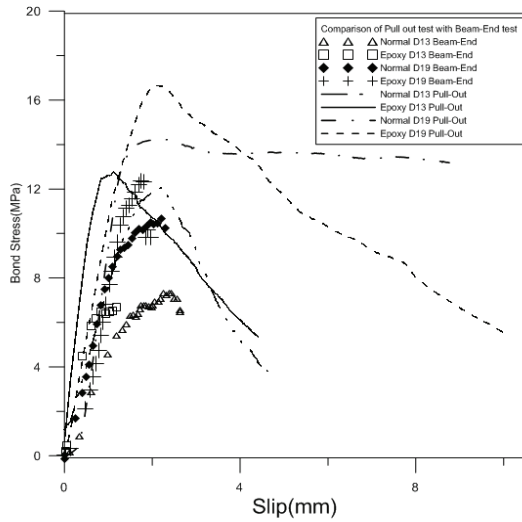


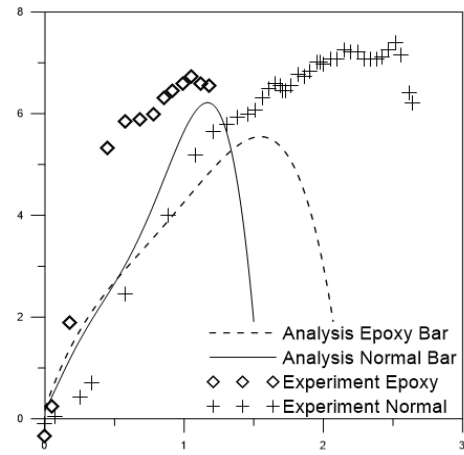
Fig. 10. Comparison of pull out test and beam-end test

### 5. 부착 유한요소 해석

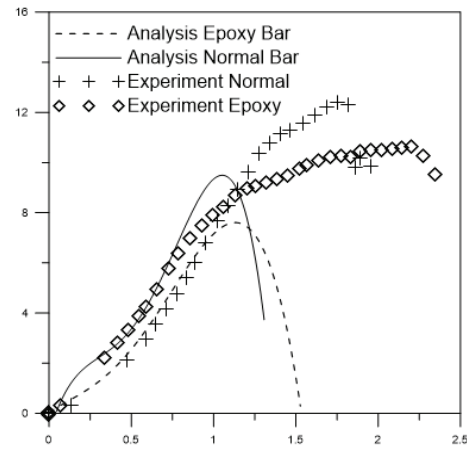
직접인발시험 및 보 단부 시험으로부터 얻은 부착응력-미끌림 관계식을 철근 콘크리트 구조물의 해석 및 설계에 적용하는 방법을 모색하기 위하여 유한요소해석을 수행하였다. 철근과 콘크리트의 부착은 Interface Multi linear 모델링을 적용하여 범용 구조해석 프로그램(Midas it 2008)을 사용하여 유한요소해석을 하였다. 실험결과와 해석결과를 비교하면 Fig. 11과 같으며 그 값들은 Table 3과 같다. 해석상의 에폭시 도막 철근 부착응력 차이는 D13의 경우 10%, D19의 경우 15%의 차이를 일반철근의 D13은 14%, D19는 16%의 차이를 보였다. 이는 구조해석 프로그램에서 제공하는 데이터 베이스를 사용하여 모델링을 하여 실험에 사용된 철근과 콘크리트의 물성치에 대한 차이에서 비롯된 것으로 판단된다. 해석결과에 따르면 직접인발 시험으로부터 얻은 부착응력-미끌림 곡선을 이용하여 구조해석을 수행할 수 있을 것으로 판단되며, 추후 이에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

Table 3. Comparison of bond stress

Surface condition	Uncoated bars		Epoxy coated bars	
	Experiment	Analysis	Experiment	Analysis
Diameter (mm)				
13	7.49	6.53	6.97	5.94
19	12.6	10.81	10.8	9.42



(a) D13



(b) D19

Fig. 11. Comparison of bond slip curve

### 6. 결론

이 연구에서는 시험법에 따른 에폭시 도막철근과 일반철근의 부착강도와 상대 미끌림량을 관계를 알아보기 위해 직접인발 시험과 보-단부 시험을 사용하여 실험을 수행하였다. 이 논문의 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 두 실험 모두 콘크리트 도막이 설계기준에서 제시한 값보다 큰  $3d_b$ 로 제작되어 실험 결과 모든 파괴는 뽕힘 파괴가 발생하였다.
2. 직접인발시험과 보-단부 시험의 부착강도차이는 부착 길이와 부재의 크기 및 시험체가 힘을 받는 방향에 차이로 인해

발생하는 콘크리트와 철근의 인장 및 압축력의 차이 때문에 발생한다고 판단된다.

3. 부착성능평가는 간편하고 간단한 직접인발시험으로 많이 진행하지만 실제 구조물에서의 철근콘크리트의 거동과는 상이하기 때문에 보-단부 시험으로 부착성능을 평가하여 유한요소해석을 통해 비교분석 하였다. 유한요소해석과 실제 실험의 부착강도의 차이가 났지만 그 비율은 유사하게 나타났고 그 이유는 철근을 감싸고 있는 에폭시 도막에 대한 데이터베이스가 정확하지 않아 철근의 물성치 값에서 비롯된 차이와 하중을 수동으로 가력하여 일정한 힘을 시험체에 가하지 못하여 발생한 것으로 판단된다.
4. 일반철근과 에폭시 도막철근의 부착성능에 대한 추가적인 실험을 통하여 추후 사용성능 및 이음길이에 대한 실험을 하여 이에 대한 비교 분석이 필요할 것으로 판단된다.

### Conflict of interest

None.

### 감사의 글

이 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 건설기술연구사업(18SCIP-C120791-02)의 연구비지원에 의해 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

### References

ACI 318. (2014). Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI318-14).

ACI 408R-03 (2003). Bond and Development of Straight Reinforcing Bars in Tension, ACI Committee 408, 6-8.

ASTM A775/A775M. (2014). Standard Specification For Epoxy-Coated Steel Reinforcing Bars ASTM international.

CEP-FIP. (2000) Bond of Reinforcement in Concrete, fib, Bulletin 10, Switzerland.

CEB-FIP. (1991). "CEB-FIP model code 1990," Comite Euro International Du Beton, Paris, 87-109.

Choi, O.C. (1990). Bond of epoxy-coated reinforcing bars—an update, Journal of the Architectural Institute of Korea, **10(2)**, 539-542.

Choi, O.C., Kim, C.H., Shin, Y.S., Hong, G.S. (1994). Performance

tests of epoxy-coated reinforcing bars: mechanical properties, Journal of the Korea Concrete Institute, **6(3)**, 173-179 [In Korean].

Jang, H.G., Kim, S.H., Hong, C.W., Yun, K.K. (2003). Characteristics of bond strength with measuring methods of concrete, Journal of the Korea Concrete Institute, 597-600.

Jung, C.G., Jung, H.Y., Kim, J.S., Shim, S.P., Shim, J.A. (2018). An improvement of quality standard and construction quality control for field application of epoxy-coated reinforcing bars, Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute, **6(3)**, 190-198.

Jung, K.O. (2003). Study on The Calculation of Lap Splices Length in High-Strength Concrete Flexural Members, Chonnam University [In Korean].

Kim, J.S., Lee, S.H., Choi, J.W. (2017). "An experiment on bond-slip behavior of epoxy coated rebar made by IGBT method," 2nd International Conference On Functional Materials and Steel, 241-245.

Korea Concrete Institute (2017). KCI Design Code for Concrete Structures.

KS D 3629 (1995). Fusion Bonded Epoxy Coated Reinforcing Steel Bars [In Korean].

Lee, M.S., Seo, T.S., Roh, Y.S. (2011). Experimental study on bond properties of high strength RC flexural member at stabilized crack stage, Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, **27(9)**, 37-44 [In Korean].

Lee, S.H. (2018). Quality Assessment and Bond Characteristics of Epoxy Coated Reinforcements, Seokyeong University [In Korean].

Midas it. (2008). Midas FEA On-Line Manual, Advanced Nonlinear and Detail Analysis Program.

Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2016). Korean Highway Bridge Design Code(Limit State Design), MOLIT [In Korean].

Oh, B.H., Um, J.Y., Kwon, J.H. (1992). An experimental study on corrosion resistance of epoxy coated reinforcements, Journal of the Korea Concrete Institute, **4(4)**, 161-170 [In Korean].

RILEM (1970). Technical Recommendations for the Testing and Use of Construction Materials: RC 6, Bond Test for Reinforcement Steel, 2, Pull-out Test.

Seo, T.S., Ha, S.S., Lee, M.S. (2009). Study on bond properties of RC flexural member at stabilized crack stage, Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction, **25(5)**, 113-120 [In Korean].

Yoo, K.S., Lee, S.H., Kim, J.S. (2018). "Bond strength of epoxy

coated reinforcements for various compressive strength of concrete using direct pull-out test,” 6<sup>th</sup> Annual International Conference on Architecture and Civil Engineering (ACE 2018), 180-184.

#### 직접인발시험과 보-단부 시험을 이용한 에폭시 도막 철근의 부착특성

철근 콘크리트 구조물에서 철근의 부식은 내구성 문제를 발생시키고 있으며, 이에 대한 대책의 하나로 에폭시 도막철근이 사용되고 있다. 그러나 에폭시 도막철근을 사용하는 경우 철근 부식에 대한 저항성능은 우수하나 철근에 에폭시 도막을 함으로써 콘크리트와의 부착력이 일반철근에 비하여 감소하는 단점이 있다. 따라서 부착성능에 대한 실험적인 확인이 필요하여 ACI 408R에서 제시하는 대표적인 실험 방법인 힘 부재를 통하여 부착거동을 연구할 수 있는 보-단부 test와 직접인발을 통해 부착 특성을 분석하는 Pullout test를 통하여 부착성능을 평가하였다. 에폭시 도막 철근의 부착실험은 힘 부재실험과 직접인발 실험 모두 지름 13, 19mm의 철근에 대한 콘크리트 도막두께를 철근 지름의 3배로 하여 수행되었다. 실험 결과 에폭시 도막철근의 부착강도는 철근의 지름이 증가할수록 에폭시 도막 철근과 일반철근의 부착강도차이가 증가하였고 파괴형상은 모두 뿔힘 파괴를 나타내었다. 또한, 직접인발시험으로 구한 부착-미끌림 관계에 근거하여 유한요소해석을 수행하고, 힘 실험결과와 비교하였다. 부착성능을 평가하는 방법으로 실제 구조물에 거동을 모사를 위해서 직접인발시험보다 힘 부재시험이 보다 유용한 것으로 사료된다.