

# 이형 철근의 콘크리트 부착 모델 수립을 위한 Micro-CT 활용 단조가력 시험

## Micro Computer Tomography Applied Monotonic Pullout Test for Deformed Rebar Bonding Model

장 인 동\*                      조 정 현\*\*                      이 종 구\*\*\*  
Jang, Indong                      Cho, Junghyun                      Yi, Chongku

### Abstract

In reinforced concrete adhesion studies, the demolition of the specimen is inevitably involved, and the studies conducted are limited to the macro load-displacement analysis. In order to establish an elaborate model for concrete bonding reinforced rebars, it is necessary to observe the rebar bonding behavior in the in-situ state. In this study, specially manufactured reinforcing bars, micro-UTM and  $\mu$ -computer tomography ( $\mu$ CT) are used to observe reinforcing bars in the in-situ state. As a result of the monotonic pullout test of the processed reinforcing bar, maximum bond stress were shown to be 16.7MPa, which is slightly higher than the existing 10 to 12 MPa, and then the empty space inside the specimen in which the pullout test was conducted using  $\mu$ CT was confirmed. Through additional research, the fracture phenomenon of concrete excluding voids will be studied.

키 워 드 : 컴퓨터 단층촬영, 철근 콘크리트, 철근 부식  
Keywords :  $\mu$ -computer tomography, reinforced concrete, steel corrosion

## 1. 서 론

철근 콘크리트는 이형 철근과 콘크리트가 화학적/물리적 메커니즘에 의해 부착된 상태로, 콘크리트 내 철근의 부착 모델은 Eligehausen 등에 의해 수립되었다. 부착 모델은 썬기 형태의 이형철근에 대한 것으로, 부착 균열이 발생하며 부착 응력이 급격하게 증가하는 초기 단계(그림 1a), 변위 (Slip)이 증가하며 콘크리트 지압 파괴가 나타나는 단계(그림 1b), 대부분의 철근 조직이 콘크리트로부터 분리되어 마찰에 의한 응력만 남는 단계(그림 1c)로 이루어져 있다.

하지만, 철근 콘크리트 부착 연구에서는 필연적으로 시편의 파괴가 수반되며, 수행된 연구들은 Macro-state의 하중-변위의 영역에 한정되어 있다. 철근의 콘크리트 부착에 대한 정교한 모델 수립을 위해 In-situ 상태의 철근 부착 거동에 대한 관찰이 필요하며, 이를 위해 본 연구에서는 in-situ 상태의 철근을 관찰하기 위해 특수 제작한 철근과 micro-UTM 및  $\mu$ -computer tomography( $\mu$ CT)를 활용한 실험 세팅을 도입하였다.

## 2. 실험방법

### 2.1 실험 재료 및 시편 준비

본 연구에 사용된 시멘트는 국내 A사의 시멘트를 사용하였고, 모래는 ISO 표준사, 수돗물을 사용하였다. W/C= 0.5, S/C=3.0인 배합비를 KS L5105에 따라 믹스하였다. 철근은 항복강도가 400MPa인 D10 SD400 철근을 그림 2(a)와 같은 입면을 갖도록 가공하였다. 부착길이는 2대의 리브(마디)를 포함하도록 하여 10mm로 설정되었다.

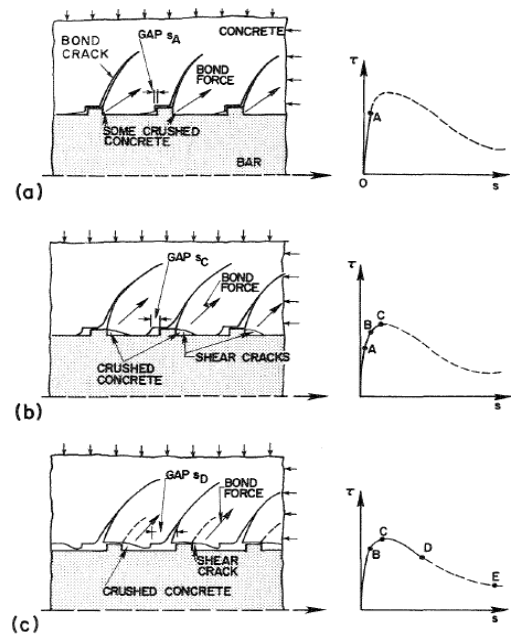


그림 1. Eligehausen의 부착 모델

\* 고려대학교 건축사회환경공학과, 석박사통합과정  
\*\* 국민대학교 건설시스템공학부, 공학박사  
\*\*\* 고려대학교 건축사회환경공학과 교수, 교신저자(chongku@korea.ac.kr)

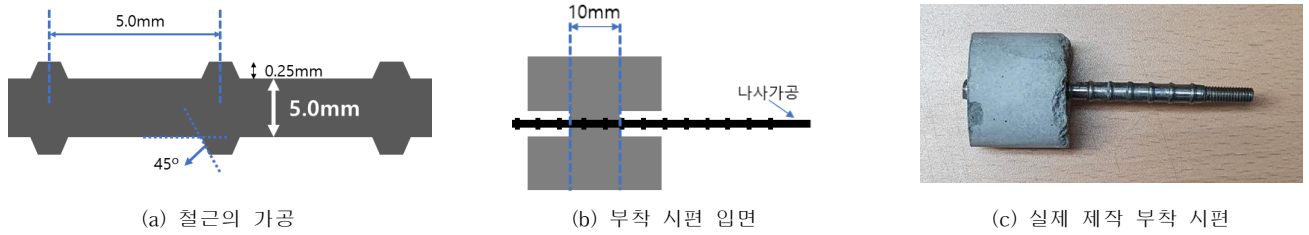


그림 2. 부착 시편

### 2.2 단조 가력 시험 및 uCT 촬영

수돗물에 7일간 양생된 부착 시편을 Micro-UTM에 탑재한 후, 0.01mm/s의 속도로 인발하였다. 인발을 완료한 시편은  $\mu$ CT 촬영하였으며, uCT의 촬영은 Bruker 사의 Skyscan 1172 기기를 활용하였다. 촬영된 x-ray 단면 사진은 Binary image로 변환된 후 적절한 범위 설정을 통해 공극을 표현할 수 있도록 하였다.

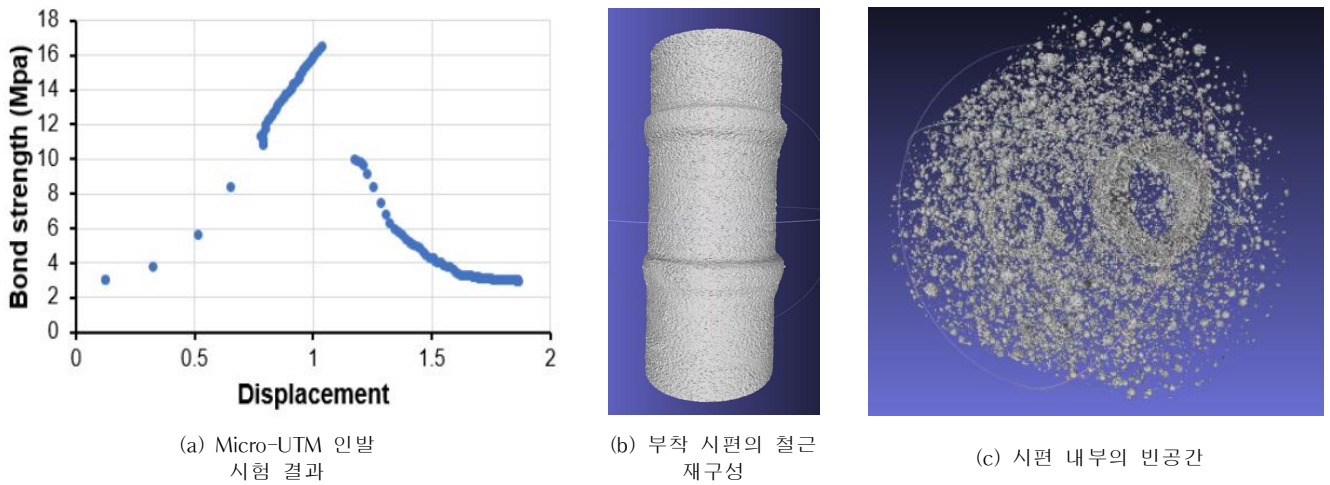


그림 3. 부착 시편의 시편 내 빈 공간 확인

### 3. 결과 및 결론

기존에 사용되는 철근을 가공하여 만든 가공 철근의 인발 실험 결과, 기존의 10~12Mpa보다 다소 높은 16.7MPa로 나타났으며, 이후  $\mu$ CT를 활용하여 인발시험을 진행한 시편 내부의 빈 공간을 확인하였다. 추후 추가적인 연구를 통해 공극을 제외하고 콘크리트의 파괴 현상을 볼 수 있도록 할 것이며, 또한 철근의 부식이 부착에 미치는 영향을 연구할 예정이다. 본 연구자료는 철근의 부착모델 수립을 위한 기초자료로 사용될 것이다.

### Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 건설기술연구사업의 연구비지원(20SCIP-B146946-03)에 의해 수행되었습니다.

### 참 고 문 헌

1. Zhou, Y., Zheng, B., Sui, L., Xing, F., Li, P., & Sun, H., Effects of external confinement on steel reinforcement corrosion products monitored by X-ray microcomputer tomography. Construction and Building Materials, Vol.222, pp.531~543, 2019