

철근의 잔류변형이 고려된 PC터널 세그먼트의 휨거동 해석

Flexural Behavior Analysis of PC Segment Considering Residual Deformation Reinforcement

○나 규 현* 이 득 행**
Na, Gyu-Hyeon Lee, Deuckhang

키워드 : 세그먼트, 잔류변형, 휨거동, 굽힘, 탄성계수

Keywords : Segment, Residual deformation, flexural behavior, Bending, Elastic modulus

이 논문은 ESG 경영(Environment Social Governance)의 일환으로써 프리캐스트 콘크리트(Precast concrete, PC) 산업이 탈현장 건축의 중요한 부분으로 발전하고 있으며 이에 따라 건설 시장에서는 PC 공법이 광범위하게 적용되고 있다. PC 공법은 공장에서 제작한 부품들을 현장에서 조립하여 시공하는 방식으로 철근 콘크리트 공법과 비교하여 가설 공사와 같은 임시 작업을 크게 줄이며 경제적인 이점을 제공하고 시공 인력을 감소시켜 시간을 단축하는데 도움이 되는 우수한 공법이다. 이 중 PC 터널 세그먼트는 터널 라이닝뿐만 아니라 다양한 지하 구조물에도 사용되고 있다.

철근에 굽힘을 가하면 처음에는 일정 수준까지 철근의 응력-변형률 곡선이 선형적인 탄성 행동을 보이다가 일정 항복점을 넘으면 소성 거동이 발생한다. 그 후 하중이 제거되고 초기 상태로 돌아갈 때, 철근의 탄성 계수에 따라 잔류 변형이 나타난다. 이것은 냉간 가공의 한 형태로 철근의 항복 강도가 증가한다. 이러한 가공 경화 현상은 PC 터널 세그먼트 제작 시 불가피하게 발생하며 이 논문에서는 이를 고려한 초기 변형률을 포함하여 PC 라이닝 세그먼트의 휨 거동을 해석했다.

굽힘 후 철근의 기계적 특성 및 응력-변형률 모델(Description of stress-strain curves for cold-formed steels)과 같은 철근의 잔류 변형을 고려한 응력-변형률 곡선을 유한요소해석 프로그램에 적용하여 PC 라이닝 세그먼트의 휨거동을 검증하고자 한다. 그림1과 그림2는 Chun, Gardner의 선행 연구 결과에서 제시하는 철근의 재료적 성질을 탄성해석 프로그램을 사용하여 모사하였다.

* 충북대학교 건축공학과 학사과정

** 충북대학교 건축공학과 부교수

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Chungbuk National University, dk@cbnu.ac.kr)

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. RS-2023-00209647)

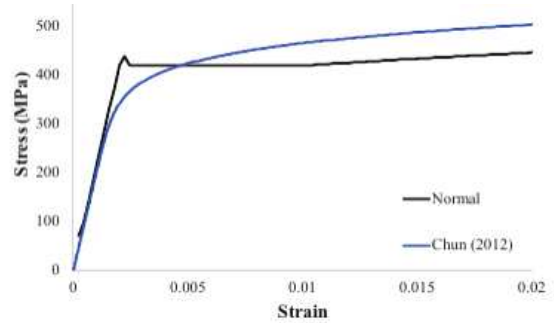


그림1. 굽힘 후 편 철근 모델의 응력-변형률 곡선 (chun)

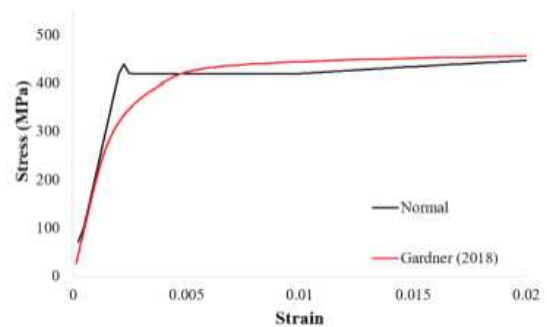


그림2. 냉간성형된 철근 모델의 응력-변형률 곡선 (Gardner)

탄성해석 프로그램을 사용하여 앞서 언급한 이전 선행 연구 결과에서 제시된 응력-변형률 모델을 적용한 결과가 실험에서 관찰한 균열 양상과 일치했다. 이는 응력-변형률 모델이 철근의 실제 거동을 모사할 수 있는 것으로 판단되며, 철근의 잔류 변형을 고려한 응력-변형률 모델을 적용한 해석이 PC 터널 세그먼트의 휨 거동을 매우 정확하게 예측함을 보여준다. 또한 이러한 잔류 변형을 고려한 해석은 세그먼트의 파괴 모드를 적절하게 나타내며, 특히 Gardner가 제시한 응력-변형률 모델을 적용한 경우에는 가장 정확한 해석 결과가 나타났다.