

프리텐션 부재의 긴장재 용접 절단 순서에 따른 콘크리트 응력 고찰에 관한 연구

Concrete Stresses Induced during the Detensioning of Tendons in a Pretensioned Prestressed Members

문도영* 김장호** 지광습*** 김규선**** 윤만근***** 박경래*****
Moon, Do Young Kim, Jangho Zi, Goangseup Kim, Gyuseon Yoon, Man Geun Park, Kyoung Lae

ABSTRACT

In this paper, the effect of flame cutting order of tendons on the concrete stress was investigated experimentally. For this, the three slab specimens with 14 tendons were cast and tested. During the detensioning, the longitudinal and transversal strain were measured. Test results showed that the measured strains of transversal stirrups were varied by the cutting order.

요약

본 논문은 프리텐션 프리스트레스트 구조물의 긴장재 용접 절단에 따른 콘크리트의 응력을 실험적으로 고찰하였다. 14개의 긴장재를 1열 배치한 3개의 슬래브 실험체를 제작하여 실험을 수행하였다. 긴장력 도입 중 종방향 및 횡방향 철근에 배치된 변형률 게이지로부터 변형률의 변화를 측정하였다. 실험 결과, 횡방향 변형률이 긴장재의 절단 순서에 따라 변화되는 것을 확인할 수 있었다.

-
- * 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 BK21 연구교수
 - ** 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정
 - *** 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 조교수
 - **** 정회원, 한국시설안전기술공단 진단 1본부 교량실 차장
 - ***** 정회원, 삼성건설 토목사업본부 본부장
 - ***** 정회원, 삼성건설 토목사업본부 인천대교 설계 과장

1. 서론

최근 국내에서는 급속시공과 품질관리의 이점을 최대한 활용하기 위하여 FSLM(Full Span Launching Method) 공법과 같은 프리텐션 부재의 활용에 대한 수요가 커지고 있다.

프리텐션 부재의 제작 시 산소 용접을 이용한 순간적인 긴장력의 도입은 과도한 응력과 국부적인 손상의 우려가 있을 수 있으며, 특히 다수의 긴장재가 배치된 경우 긴장력의 도입 중 상호간의 구속은 콘크리트에 국부적인 인장 응력을 발생시킬 수 있다.^{1,2)} 따라서 본 논문에서는 상기한 바와 같은 긴장재의 절단순서가 콘크리트에 미치는 응력을 실험적으로 고찰하고자 하였다.

2. 실험 개요

실험은 슬래브 실험체를 모형화한 부재를 제작하여 수행하였다(그림 1). 횡방향 배력 철근의 변형률을 측정하여 콘크리트 부재의 응력을 고찰하였으며, 게이지 부착 위치는 그림 2와 같다. 실험체는 2.2m×0.25m×4m 크기로 좌·우 각각 7개 씩 총 14개의 긴장재를 사용했으며, 긴장재는 직경 12.7mm의 7연 강선을 사용했다.

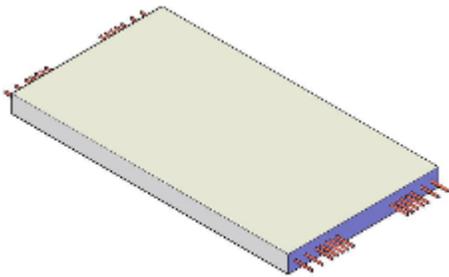


그림 1. 실험체 모형

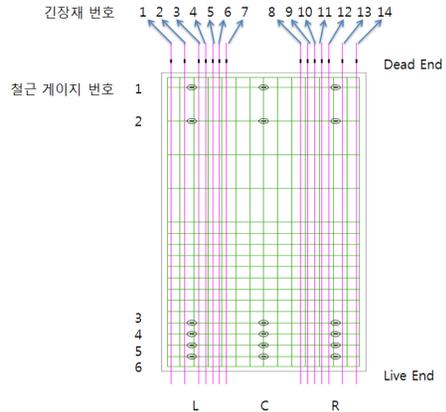


그림 2. 철근 게이지 위치

긴장재의 간격이 동일하지 않은 상황에서의 영향 확인을 위하여 긴장재 사이의 간격은 시편의 내측에서는 75mm이고 외측에서는 150mm로 중앙과 외측의 간격을 다르게 배치했다. 또한, 긴장력을 도입할 때의 절단 방식은 산소 용접 절단(Flame Cutting)에 의한 순간 전달 방식(Sudden Release)을 사용하였다. 긴장재는 용접 절단에 의해 절단이 되며, 동시에 절단하는 것이 아닌 순차적으로 긴장재를 절단하기 때문에 긴장재 상호간의 구속 영향으로 인해 긴장재 절단 시 절단 순서에 따라 부재가 받는 영향이 다를 것으로 판단된다. 따라서 그림 3과 같이 3가지 타입의 절단 순서에 따라 실험을 수행하였다. A 타입은 긴장재를 내측에서 외측으로 절단을 하였고, B 타입은 외측에서 중앙으로 절단을 하였다. C 타입은 A 타입과 B 타입을 혼합하여 내측에서 외측으로 절단 후 다시 외측에서 내측으로 절단을 하였다.

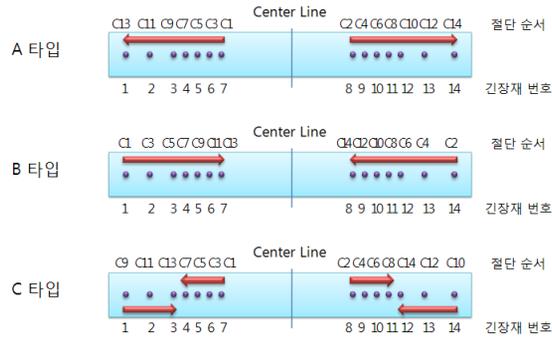


그림 3. 긴장재 절단 순서

3. 실험 결과

횡방향 배력 철근의 변형률을 측정된 결과를 구하여 그림 4~6에 나타냈다. 그림에서 볼 수 있듯 같은 철근 내에 부착한 게이지는 그 위치가 다르다 하더라도 서로 비슷한 변형을 변화를 나타내었다. 이는 절단 순서에 관계없이 동일하게 나타난 결과로 이로 보아 배력 철근은 탄성 변형을 하는 것으로 판단된다.

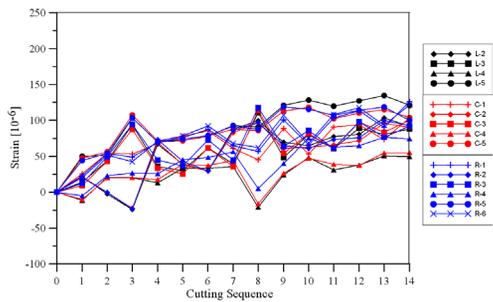


그림 4. A 타입 슬래브의 횡방향 철근 변형률 변화

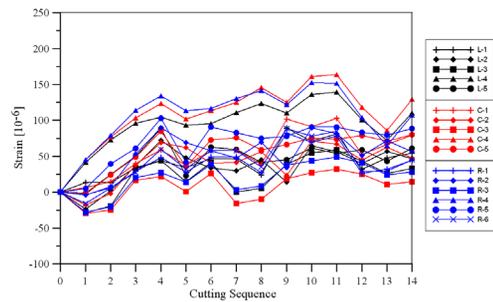


그림 5. B 타입 슬래브의 횡방향 철근 변형률 변화

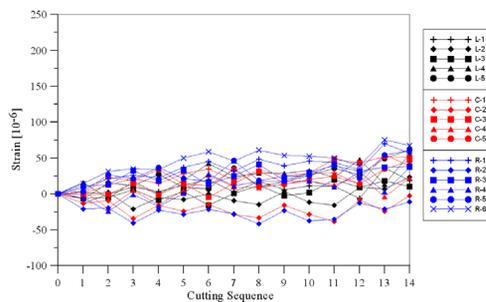


그림 6. C 타입 슬래브의 횡방향 철근 변형률 변화

각 절단 순서에 따른 변형률 변화량을 확인한 결과, 외측에 존재하는 긴장재에서 내측에 존재하는 긴장재로 절단을 한 B타입의 변형률 변화량이 가장 크고, 내측에서 외측으로 절단 후 나머지의 외측

에서 내측으로 절단을 한 C타입에서 가장 작은 값을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 B타입이 가장 위험하고, C타입이 가장 안전한 절단 순서인 것으로 확인이 되었다. C타입의 경우 최대 변형률 변화량이 $70\mu\epsilon$ 인 것에 비해 B타입에서는 약 $165\mu\epsilon$ 인 것으로 측정되었다. 이는 콘크리트 압축 최대 변형률인 0.003의 5%에 불과한 값이지만 균열 발생이 가능한 직접 인장 변형률($100\mu\epsilon$)과 휨과괴 강도에 해당하는 변형률($0.63\sqrt{f_{ck}/E_c} \approx 120\mu\epsilon$)보다 큰 값으로 이론상으로는 인장 균열이 발생한다. 그러나 실험 결과 종방향 균열이 발생하지 않았는데, 이것은 시험체에 배근된 다수의 횡방향 철근 등이 균열의 발생을 억제하였기 때문인 것으로 판단된다.

또한 배력 철근의 상대적인 양의 효과를 분석하기 위해 1번 게이지와 6번 게이지의 거동을 분석하였다. 6번 게이지가 부착된 절단 단부에 두 배의 배력 철근이 배치되었지만 1번과 6번의 거동은 거의 상호 일치하는 것으로 확인되었다. 즉, 긴장응력 도입에 의한 횡방향 응력은 탄성 범위 내에 있는 것으로 판단된다.

4. 결론

횡방향 배력 철근에 부착된 변형률로부터 절단 순서에 따른 슬래브의 횡방향 거동을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- (1) 3가지 타입의 절단 순서 중 내측에서 외측으로 절단 후 나머지의 외측에서 내측으로 절단을 한 C타입에서 변형률 변화가 가장 작게 나타났으며, 따라서 균열 발생 가능성이 가장 낮기 때문에 가장 유리한 절단 방법으로 판단된다.
- (2) 외측의 긴장재에서 내측으로 절단을 한 B 타입은 가장 위험한 절단 순서로 확인되었으며, 측정된 값이 최대 약 $165\mu\epsilon$ 으로 휨과괴 강도에 해당하는 변형률을 초과하는 값이지만, 시험체에 배근된 횡방향 철근 등이 균열의 발생을 억제함으로써 균열 발생은 없었던 것으로 판단된다.
- (3) 동일한 철근에 부착된 서로 다른 위치의 게이지가 유사한 거동을 보이는 것으로 보아 탄성 변형을 하는 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 한국시설안전기술공단에서 위탁 수행한 ‘프리텐션 구조물의 Detensioning에 따른 단부거동평가’ 용역 및 05첨단융합 B01의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 지광습, 김장호, 김규선. “프리텐션 콘크리트 구조물의 디텐서닝 거동”, 한국콘크리트학회 2007년도 가을 학술발표회 논문집, Vol.19, No.2, pp.181-184, 2007.
2. Steinberg, Beier, Sargand. "Effects of Sudden Prestress Force Transfer in Pretensioned Concrete Beams", PCI journal, Vol.46, No.1, pp.64-75, 2001.