

프리텐션 콘크리트 구조물의 디텐셔닝 거동

The Detensioning Behavior of Pretensioned Concrete Structures

지 광 습* 김 장 호** 김 규 선***
Zi, Goangseup Kim, Jang Ho Kim, Kyu Seon

ABSTRACT

This paper presents the detensioning behavior of pretensioned concrete structures experimentally. Both single strand and multi-strand are considered. The variables of single strand experimentation are diameters of tendon, stirrup, cutting type, width of specimen and debonding. The multi-strand specimen experimentation is carried out on the top and bottom slab of a PSC box girder. The cutting order of the top slab is investigated primarily.

요 약

본 논문은 프리텐션 콘크리트 구조물의 긴장재를 디텐션닝 하였을 때 거동을 실험적으로 측정하였다. 실험은 단긴장재 부재 실험과 다긴장재 부재 실험을 하였다. 첫 번째로 단긴장재 부재 실험은 긴장재가 디텐션닝을 할 때, 긴장재의 직경, 구속철근의 유무, 절단방식, 실험체 폭, 비부착 길이 따라 각 부재가 받는 영향을 측정하였다. 두 번째로 다긴장재 부재 실험은 PSC 박스거더의 모형실험으로 하부슬래브 모형 실험과 상부슬래브 모형 실험을 하였다. 이 실험은 실제 PSC 박스 거더에서 하부슬래브와 상부슬래브가 받는 영향을 모형화한 실험체를 통해 측정하였으며, 특히 상부슬래브 모형 실험에서는 긴장재의 절단 순서에 따라 실험체가 받는 영향을 중점적으로 측정하였다.

* 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 조교수
** 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학과 석사과정
*** 정회원, 한국시설안전기술공단 진단 1본부 교량실 차장

1. 서론

인천국제공항과 송도국제도시를 연결하는 인천대교는 주경간장 800m인 국내 최대, 세계 5위 규모의 사장교로 건설되고 있다. 이는 교량 공사의 세계적 추세인 장대화와 급속 시공에 부합하는 것으로 이를 위해 여러 대형 장비를 이용한 시공을 하고 있다. 이러한 기계화시공으로 진행되고 있는 인천대교 중에서 고가교 구간은 세계 최대 규모의 FSLM(Full Span Launching Method)공법으로 설계 및 시공 중에 있으며 세계 최초로 종횡방향 프리텐션 프리스트레싱이 동시에 도입되었다. 이와 관련하여 본 실험에서는 고가교 상부구조인 PSC 박스 거더의 제작 과정 중 긴장재를 디텐션닝 하였을 때 단부거동의 변화를 실험적으로 측정하였다.

2. 실험

본 실험에서는 긴장재와 철근에 1mm 스틸 게이지를 부착하여 측정하였고, 부착된 게이지의 데이터 측정은 동·정적 데이터 측정을 하였다. 동적 데이터 측정은 부재 내부의 긴장재의 동적 변형을 측정하였고, 정적 데이터 측정은 콘크리트 변형률과 하중 변화를 측정하였다. 또한, 단긴장재 부재 실험의 콘크리트 표면에 데멕 게이지를 부착하여 전달길이를 측정하였다.

2.1. 단긴장재 부재 실험

단긴장재 부재 실험에서는 디텐서닝을 할 때, 긴장재의 직경, 구속철근의 유무, 절단방식, 실험체 폭, 비부착 길이 따라 각 부재가 받는 영향을 알아보았다. 각 부재의 길이는 4m이며 실험 변수는 표 1과 같다. 그림 1은 실험체이다.

표 1 단긴장재 부재 실험 변수

번호	긴장재	긴장재 직경 (mm)	구속 철근	절단 방식	실험 체 폭 (cm)	비부착 길이 (cm)	
	실험체 명						
1	C2-N1	12.7	×	용접	15	·	
	C2-N2						
2	C2-S		○	용접	15	·	
3	C5-N1		15.2	×	용접	15	·
	C5-N2						
4	R5-N			×	지연	15	·
5	R5-D			×	지연	15	20
6	C5-D			×	용접	15	20
7	C5-SD	○		용접	15	20	
8	C5-W	×		용접	20	·	



그림 1 단긴장재 실험체

2.2. 하부슬래브 모형 실험

PSC 박스 거더의 하부슬래브는 종방향 프리텐션이 작용하며, 유압잭의 유압을 제거하는 지연 절단 방식으로 디텐서닝이 된다. 이를 모형화한 실험체는 그림 2와 같고, 실험 변수는 표 2와 같다.

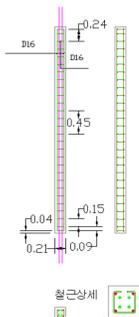


그림 2 하부슬래브 설계도

표 2 하부슬래브 모형 실험 변수

긴장재 직경 (mm)	긴장재간 간격 (mm)	절단 방식	철근 배근 및 비부착 등 기타조건
15.2	60	지연 절단	현장과 동일

2.3. 상부슬래브 모형 실험

PSC 박스 거더의 상부슬래브는 횡방향 프리텐션이 작용하며, 용접 절단에 의해 디텐서닝이 된다. 이 때, 절단 순서에 따라 구조체가 받는 영향을 알아보기 위해 그림 3과 같이 절단 순서를 다르게 하여 실험을 하였고, 그 외의 실험 변수는 표 3과 같다. 그림 4는 상부슬래브 모형 실험체이다.

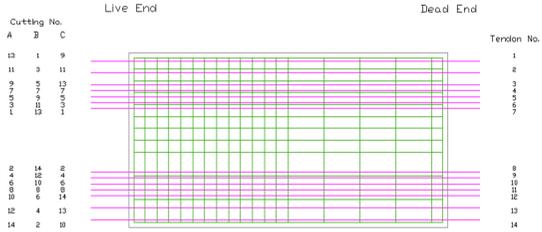


그림 3 상부슬래브 모형 실험 절단 순서 및 긴장재 번호



그림 4 상부슬래브 모형 실험체

표 3 상부슬래브 모형 실험 변수

긴장재 직경 (mm)	긴장재간 간격 (mm)	절단 방식	철근 배근 및 비부착	비부착 등
12.7	75 / 150	용접 절단	박스 중앙 단면 상부슬래브 철근 상세와 동일	현장과 동일

3. 실험 결과

현재 실험에 대한 데이터 정리가 진행 중에 있으며, 본 논문에서는 실험을 통해 얻은 데이터 중 정적 데이터 측정에 의한 하중 변화와 데멕 게이지를 사용하여 얻은 전달길이를 도시하였다.

3.1. 단긴장재 및 하부슬래브 모형 실험 결과

3.1.1. 긴장재 작용 하중

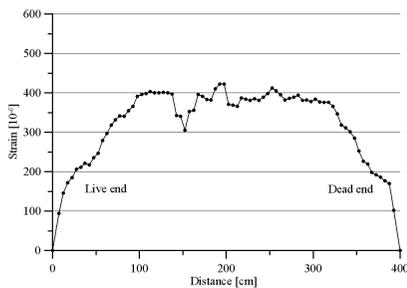
각 부재의 긴장재에 작용한 하중은 부재 외부에 부착한 게이지의 변형을 변화로 측정하였으며, 변형을 변화 결과는 표 4와 같다.

표 4 단긴장재 부재 외부 변형을 변화

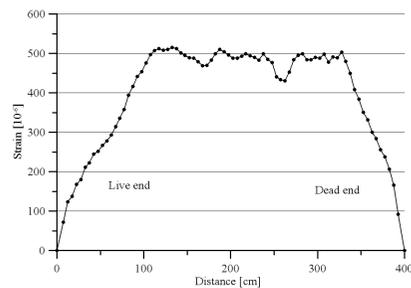
	C2-N1	C2-N2	C2-S	C5-N1	C5-N2	R5-N	R5-D	C5-D	C5-SD	C5-W	Slab
초기값	35	-303	-61	19	436	-19	-18	-7	-42	-17	30
최종값	-5652	-6134	-5498	-6039	-5481	-5462	-5585	-5815	-5576	-5928	-5581

3.1.2. 전달 길이

부재의 전달길이는 C2-N2와 C5-N2에 표면 데멕 게이지를 사용하여 측정을 하였으며 그 데멕 게이지의 변형을 변화 결과는 그림 5와 같다.



(a) C2-N2



(b) C5-N2

그림 5 전달길이 측정 결과

3.2. 상부슬래브 모형 실험 결과

상부슬래브 모형 실험체의 긴장재 외부에 부착한 게이지의 변형을 변화로 알아본 각 긴장재의 하중 작용은 그림 6과 같이 나타났으며, 절단 순서에 따라 다른 거동을 보였다.

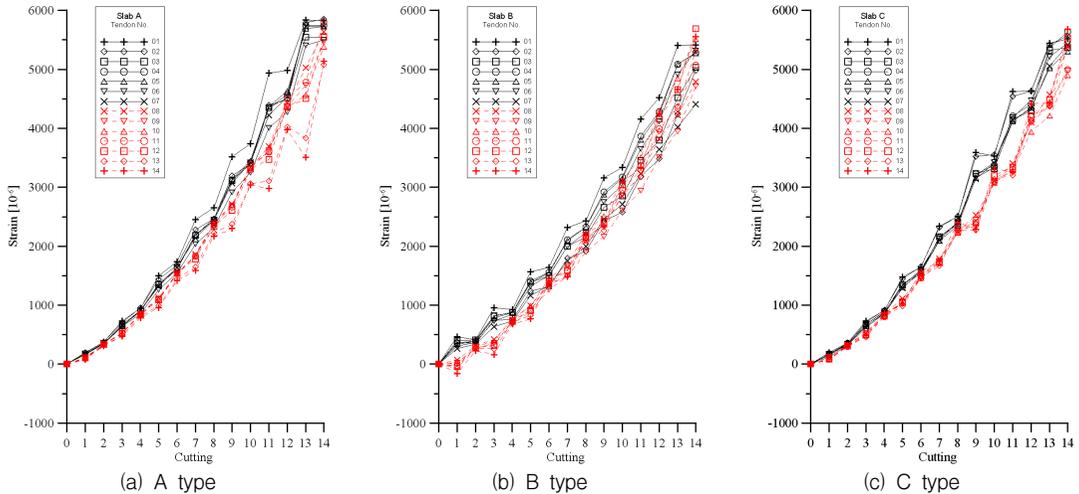


그림 6 상부슬래브 작용 하중

4. 결론

프리텐션 단긴장재 부재 실험과 다긴장재 부재 실험을 통해 측정된 실험 결과 중 정적 데이터 측정에 의한 하중 변화와 데벡 게이지를 이용한 전달 길이 측정에 대한 결론은 다음과 같다.

- 1) 12.7mm 긴장재에는 약 15톤까지의 하중이 가해질 수 있는 반면 15.2mm 긴장재에는 약 20톤까지의 하중이 가해질 수 있다. 하지만 정적 데이터 측정에서 확인한 바에 따르면 12.7mm 긴장재와 15.2mm 긴장재에 작용하는 응력은 거의 비슷한 값을 갖는다. 이는 두 긴장재의 단면적의 차이로 인해 15.2mm 긴장재에 더 큰 하중이 가해질 수 있는 것으로 사료된다.
- 2) 데벡 게이지로 15.2mm 부재의 변형률을 측정된 결과, 포물선 형태를 보인 12.7mm 부재의 변형률 측정 결과에 비해 선형에 가까운 이상적인 형태를 보여주었다. 15.2mm 부재의 최대 변형률은 12.7mm 부재의 최대 변형률에 비해 약 100×10^{-6} 정도 더 크게 측정되었다.
- 3) 상부슬래브는 긴장재의 절단 순서에 따라 다른 거동을 보였다. 슬래브의 중앙 부분을 기준으로 좌·우 부분의 거동이 서로 다른 형태를 보인다. 슬래브의 중앙 부분을 절단할 때에는 좌·우 부분이 거의 같은 거동을 하였다. 하지만 가장자리 부분을 절단할 때 절단한 부분에서는 거동을 크게 하고 반대쪽 부분에서는 거동을 하지 않거나 절단한 부분과 상반되는 거동을 한다.

감사의 글

본 연구는 한국시설안전기술공단에서 위탁 수행한 ‘프리텐션 구조물의 Detensioning에 따른 단부거동평가’ 용역 및 05첨단융합 B01의 지원으로 수행되었으며, 실험을 지원해주신 (주)삼성물산 건설부문 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 신현양, 히로시 오카모토, 박경래, 이충희. “인천대교 FSLM 콘크리트 대블럭 박스 거더 제작 및 가설”, 한국콘크리트학회지, Vol.19, No.3, pp.31-37, 2007.
2. Byung Hwan Oh and Eui Sung Kim, “Realistic Evaluation of Transfer Lengths in Pretensioned, Prestressed Concrete Members”, ACI Structural Journal, Vol.97, No.6, pp.821-830, 2000.
3. Bruce W. Russell and Ned H. Burns, “Measurement of Transfer Lengths on Pretensioned Concrete Elements”, Journal of Structural Engineering, Vol.123, No.5, pp.541-549, 1997.