분리형 거더의 역학적 거동 특성에 관한 실험

An Experimental Study for Mechanical Behavior of Multi-Segment Girder

서 봉 원* 김 광 수** 박 선 규*** 김 수 만**** 이 종 은*****
Seo, Bong Won Kim, Kwang Su Park, Sun Kyu Kim, Su Man Lee, Jong Eun

ABSTRACT

Precast Segmental method was developed in germany 1950s. This method has been adoptted in long span girder mainly owing to easy construction effect. But, so far, The limit exists that this method is constructed in a portion of span and hard conveyance and foundation. This study was performed to analysis behavior difference of two rectanglar section girder, spliced girder that was jointed 5-sliced 0.8m segment and monolithic girder that was produced in one body 4m span

1. 서론

프리캐스트 세그먼트 공법은 1950년대에 독일에서 개발된 현장타설 프리스트레스 세그먼트 공법이 확대 적용되면서 PSC교의 시공 효과까지 극대화시킬 수 있는 방법으로 각광을 받고 있다. 현재 외국 경우에는 여러 형태의 세그먼트 교량 공법이 실용화되어 이용되어 지고 있다. 그러나 기존의 PSC교의 세그먼트 교량 공법들은 상판이나 아니면 경간의 일부만을 프리캐스트 부재를 이용할 뿐이지 상부 구조 전체를 조립화하는 공법은 중경간(20~40m)이상의 교량에서는 운반 및 설치 등의 문제로 이용되지 못하고 있는 실정이다. 또한 국내에는 프리캐스트 세그먼트 공법으로 시공되는 교량은 30m이상의 장경간 교량으로 대부분 PSC box형 단면에 대해서 이루어지고 있다. 본 연구에서는 PSC I형 거더의 축소 모델로서 4m 경간의 직사각형 단면의 거더와 바닥판을 각각 일체형과 5분절형으로 제작하여 시공단계별 요구되는 긴장력을 나누어 도입하였다. 이후 하중재하실험을 실시하였고, 실험결과로서 파괴형태, 균열하중 항복하중 및 극한하중을 파악하여 일체형과 분절형의 거동 차이를 분석하고자 한다.

*정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 석사과정
**정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 박사과정
***정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 교수
****정회원, 수원대학교 토목공학과 교수
*****정회원, 두산건설 상무이사

2. 실험계획

2.1 실험재료

본 실험에서 사용된 콘크리트의 설계강도는 거더의 경우 400kg/cm^{2}이고, 바닥판의 경우 270kg/cm^{2}인 제품을 사용하였다. 재령 28일에서 측정된 압축공시체의 평균강도를 기준으로 하였으며, 압축강도는 Ψ100mm×200mm 크기의 원통형 공시체를 제작하여 습윤양생한 후 실험하였다. 슬럼프는 12cm, 공기량은 4.5%, 28일 압축강도는 거더의 경우 420kg/cm^2, 바닥판의 경우 223kg/cm^{2}이다. 시험체에 배근된 철근은 설계항복응력이 4000kg/cm^{2}인 철근을 사용하였다. 강연선은 SWPC 7B인 표준지름 12.7mm의 제품을 사용하였다. 콘크리트 및 철근의 물성치는 다음의 표1~표3에 각각 나타내었다.

표 1 콘크리트의 물성치(kgf/cm^2)

종류	설계기준강도	탄성계수
거더	400	28000
바닥판	270	277344

표 2 철근의 물성치(kgf/cm^2)

철근 종류	인장응력	항복응력	연신률(%)
SD40 D10	6500	4170	20
SD40 D16	6130	4940	22.3

표 3 강연선의 물성치

종류		기호	호칭명	표준지름 (mm)	공칭단면적 (mm^2)	인장하중 (kgf)	연신률(%)
7연선	B종	SWPC7B	7연선 12.7mm	12.7	98.71	18,700	3.5이상

2.2 시험체 제작

시험체는 각각 일체형과 분절형으로 제작하였다. 일체형의 경우 4m경간의 거더를 일체로 제작하였고 분절형은 0.8m길이의 세그먼트를 5개 제작하였다. 긴장재는 1차 긴장재 1개 2차긴장재 2개를 배치하였으며, 2차 긴장재의 설치와 긴장을 위해 양단부의 좌우에 브라켓을 설치하였다. 분절형의 경우 각 세그먼트의 접합을 위해 접합부에 사다리꼴 모양의 전단키를 설치하였다. 거더는 21일간의 양생을 거친 후에 1차 긴장재를 7tonf의 긴장력을 도입하였고, 바닥판을 타설한 후에 다시 14일간의 양생 후 다시 2차 긴장재를 각각 10tonf로 긴장하였다. 시험체의 단면은 그림1~2에 각각 나타내었다.

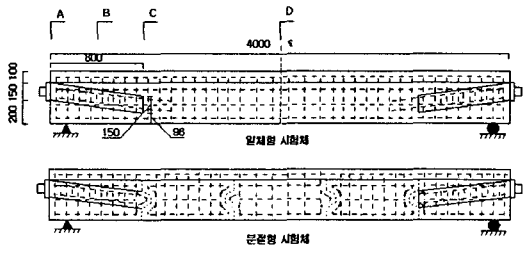

그림 1 시험체의 형상 및 제원 (단위:mm)

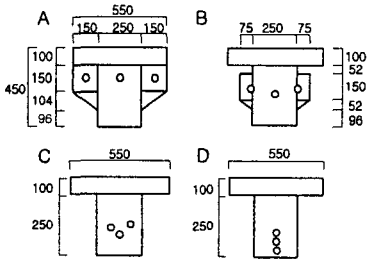

그림 2 단면 형상

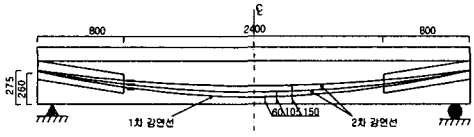

그림 3 강연선의 배치

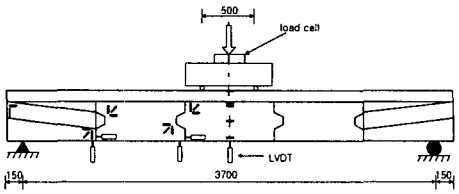

그림 4 하중재하 및 게이지 측정위치

2.3 하중 재하 및 측정 방법

재하시험은 100tonf 용량의 U.T.M을 사용하여 2점 재하방식에 의하여 지지점을 부재에 맞추고 그 위에 보 시험체를 설치한 후 각 시험체의 정해진 양의 외부 긴장력을 가한뒤 하중제어 방식으로 하중재하를 수행하였다. 처짐과 분절부위 이격거리를 측정하기 위해 LVDT를 중앙부와 접합부에 설치하였고, 그림3, 4와 같이 철근, 콘크리트, 강연선에 gauge를 설치하여 Data Logger에 의하여 각 실험 데이터를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 파괴 양상

일체형 시험체는 전형적인 휨균열 양상을 나타내었다. 초기 균열은 13tonf에서 거더 중앙 하단에서 발생했으며 하중이 증가할수록 균열길이가 길어지고 항복한 이후에는 균열폭이 증가하는 일반적인 현상을 나타냈었다. 극한 하중은 27tonf로 하중재하를 중지하였다. 분절형 시험체의 경우 초기 균열은 13.8tonf에서 전단키 상단에서 발생하였다. 하중이 증가할수록 균열은 바닥판으로 이어지고 바닥판에서의 균열이 증가하였다. 분절부의 이격거리가 크게 증가하였고, 17.75tonf에서 일부 강선의 파단으로 인하여 하중재하를 중지하였다.

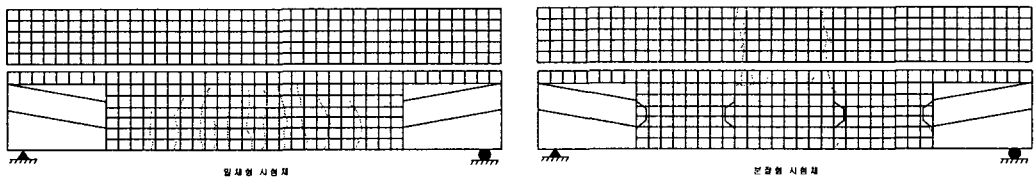

그림 5 균열도

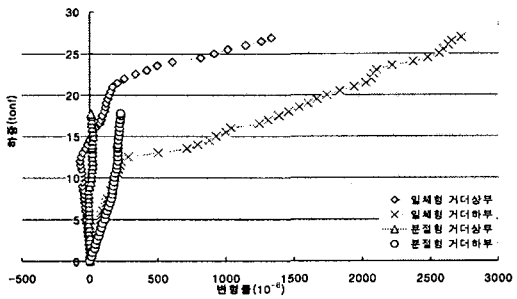

그림 6 하중-철근 변형율 곡선

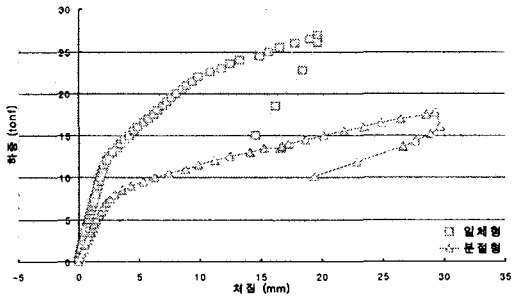

그림 7 하중-처짐 곡선

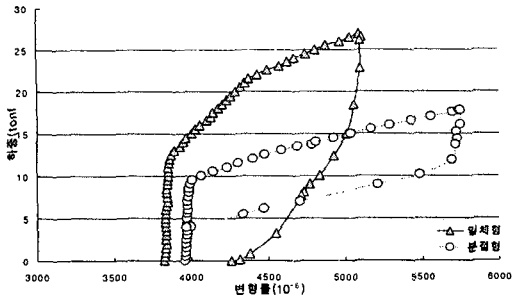

그림 8 하중-강연선 변형율 곡선

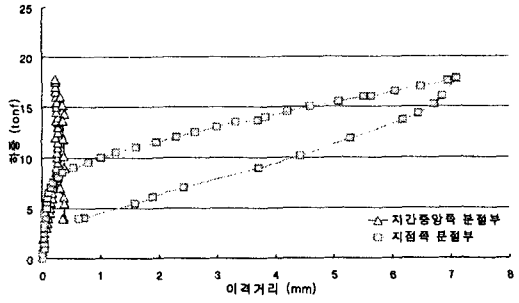

그림 9 하중-분절부 이격거리

3.2 하중 변위 관계

그림 7은 하중-처짐 관계를 일체형과 분절형을 비교한 그래프이다. 일체형의 경우 13tonf를 기점으로 처짐이 급격하게 증가하여 26.9tonf에서 최대 처짐 19.8mm가 발생한 것에 비해, 분절형의 경우 9tonf을 기점으로 처짐이 급격하게 증가해서 최대 처짐은 하중 17.75tonf에서 30mm정도 발생하였다. 그림 8에서 일체형의 강연선은 하중 13tonf를 기점으로 분절형의 경우 9tonf에서 각각 강연선의 변형율이 급격히 증가함을 알 수 있다.

4. 결론 및 추후계획

1) 일체형 시험체의 경우 인장철근과 강연선이 외력에 대해 효과적으로 저항하는데 비해 분절형 시험체는 주로 강연선이 외력에 저항하기 때문에 강연선의 항복이 분절형 시험체의 거동에 결정적인 역할을 하는 것으로 나타났다.
2) 긴장량이 동일하다는 조건에서 분절형 시험체는 일체형 시험체에 비해 70%정도의 하중에 저항하는 것으로 나타났다.
3) 일체형 시험체와 비교해서 분절형 시험체의 급격한 처짐과 분절부의 이격거리를 제어하기 위해서는 추가적인 긴장재 배치가 필요하고, 실험을 통해 얻어진 하중과 변형률 데이터의 분석을 통해 적정한 긴장량을 유추해 낼 수 있었다.

참고 문헌

1. 박준범, 한만엽, "프리스트레스를 단계적으로 도입하는 IPC 거더의 설계 이론 연구", 콘크리트학회 논문집, 제12권 제4호, 2000, pp.121-130.
2. 오홍섭, 심종성, "장경간 Spliced PSC 거더교량의 개발", 한국콘크리트학회 가을학술발표대 회 논문집, 1998, pp.680-685.
3. 이현호, "IPC거더교의 분절화에 관한 연구", 아주대 대학원 석사학위논문, 2002.
4. Basile G. Rabbat, Koz Sowlat, "Testing of Segmental Concerte Girders With External Tendons," PCI Journal, March-April, 1987, pp.86-107.