

# 프리캐스트 세그먼트 거더의 비선형거동 특성에 관한 연구

## A Study on Nonlinear Behavior Characteristics of Precast Segmental Gider

홍성남\*      고병순\*      김광수\*\*      박선규\*\*\*  
Hong, Sung Nam   Koh, Byung Soon   Kim, Kwang Soo   Park, Sun Kyu

### ABSTRACT

Precast Segmental method was developed in germany 1950's. This method has been adopted 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 rectangular 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

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 분절형으로 제작하여 시공단계별 요구되는 긴장력을 나누어 도입하였다. 또한, 1차긴장시 접합부에 에폭시를 도포하지 않고 순수 접합부의 거동을 파악하고자 하였으며, 이후 하중재하실험을 실시하였고, 실험결과로서 파괴형태, 균열하중 항복하중 및 극한하중을 파악하여 일체형과 분절형의 비선형 거동 차이를 분석하고자 한다.

### 2. 실험

#### 2.1 개요

본 실험에서 사용된 콘크리트의 설계강도는 거더의 경우  $400\text{kgf/cm}^2$ 이고, 바닥판의 경우  $270\text{kgf/cm}^2$ 인 제품을 사용하였다. 재령 28일에서 측정된 압축공시체의 평균강도를 기준으로

\* 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 석사과정  
\*\* 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 박사수료  
\*\*\* 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 교수

하였으며, 압축강도는  $\Psi 100\text{mm} \times 200\text{mm}$  크기의 원통형 공시체를 제작하여 습윤양생한 후 실험하였다. 슬럼프는 12cm, 공기량은 4.5%, 28일 압축강도는 거더의 경우  $420\text{kgf/cm}^2$ , 바닥판의 경우  $223\text{kgf/cm}^2$ 이다. 시험체에 배근된 철근은 설계항복응력이  $4000\text{kgf/cm}^2$ 인 철근을 사용하였다. 강연선은 SWPC 7B인 표준지름 12.7mm의 제품을 사용하였다.

## 2.2 시험체제작

시험체는 각각 일체형과 분절형으로 제작하였다. 일체형의 경우 4m경간의 거더를 일체로 제작하였고 분절형은 0.8m길이의 세그먼트를 5개 제작하였다. 긴장재는 1차 긴장재 1개 2차 긴장재 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 형상과 하중재하도는 그림1~2에 각각 나타내었다.

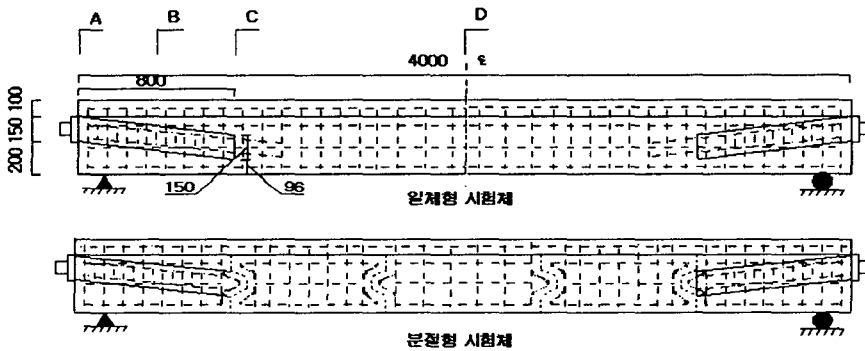


그림 1. 시험체 형상 및 제원(mm)

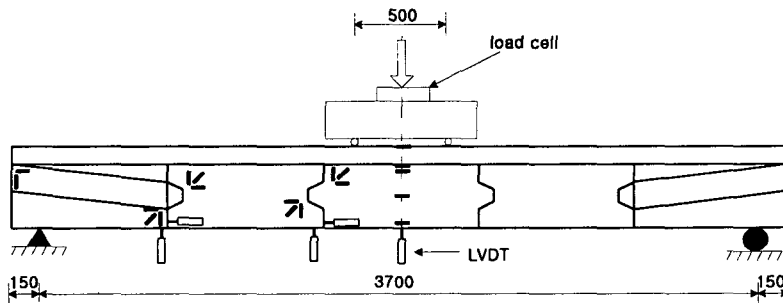


그림 2. 하중재하 및 게이지 위치

### 3. 유한요소 해석

종합적인 유한요소 모델을 구성하기 위해서는 콘크리트 모델, 철근 모델 등의 기존 PSC 콘크리트 보의 해석 시 필요한 모델과 부가적으로 전단키부분의 접합부를 계면요소를 이용하여 구성하였다. 본 연구에서는 DIANA를 사용하여 유한요소해석을 수행하였으며, 콘크리트 모델은 압축축의 Drucker-Prager 모델을 사용하였으며, 콘크리트 인장부 모델은 인장의 항복값을 지정하는 tension cut-off, 항복이후의 항복값의 감소를 표현하는 인장연화(tension softening), 그리고 균열면의 전단력 전달정도를 표현하는 전단감소(shear retention)로 구성된 smeared crack 모델을 적용하였다(그림 3 참조).

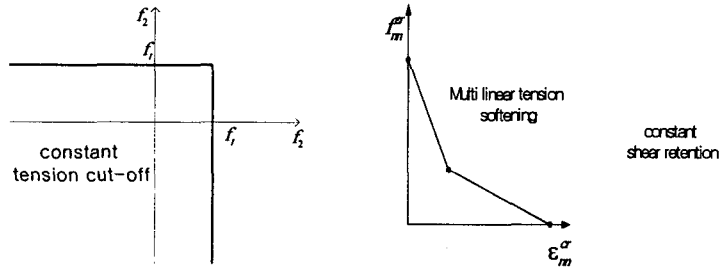


그림 3. 콘크리트 인장부의 적용 모델

철근과 강연선의 경우 Von Mises 항복조건을 갖는 탄소성 모델을 적용하였으며, 분절부 접합면에서는 계면(Interface)요소를 사용하였다. 재료모델로 본드-슬립모델을 적용하였는데, 시험체의 경우 순수 분절의 영향을 파악하기 위해 예폭시를 도포하지 않았기 때문에 본드-슬립 모델의 파괴에너지를 0에 가깝도록 적용하였다.

### 4. 해석결과 및 고찰

- 1) 일체형 시험체의 경우 실험값과 해석값이 거의 일치하고 있는 것을 알 수 있었으며, 이것은 인장철근과 강연선이 외력에 대해 효과적으로 저항하고 있는 것을 나타낸다.
- 2) 분절형-1의 경우 일체형 시험체와 동일한 긴장량을 도입한 시험체이며, 결과에서 보듯 초기 해석결과는 실험결과보다 초기 강성이 증가하고 이후 낮은 값을 나타내고 있으며, 일체형 시험체에 비해 대략 70%정도의 하중에 저항하고 있다. 이것은 하중이 증가함에 따라서 처짐이 발생하고 추가적으로 분절부의 이격거리가 증가함으로써 강연선이 외력에 저항하기 때문에 강연선의 항복이 분절형 시험체의 거동에 결정적인 역할을 하는 것으로 나타났다.
- 3) 분절형-2의 경우 일체형 시험체와 비교해서 분절형 시험체의 급격한 처짐과 분절부의 이격거리를 제어하기 위해서는 추가적인 긴장재 배치가 필요하고, 실험을 통해 얻어진 하중과 변형률 데이터의 분석을 통해 적절한 긴장량을 유추하여 보강한 시험체이다. 실험결과에서 나타나듯 초기강성과 항복구간은 일체형과 유사한 거동을 보이다가 이후 낮은 하중저항능력을 나타내었다. 이것은 분절부에서의 기하적으로 발생하는 처짐과 이격거리에 기인하는 것

으로 파악되며, 보다 엄밀한 해석을 위해서는 재료적인 접근보다는 기하적인 비선형성에 더욱 의존하는 거동특성을 감안하여 추후연구에서는 이부분에 더욱 초점을 맞추어야 할 것으로 사료된다.

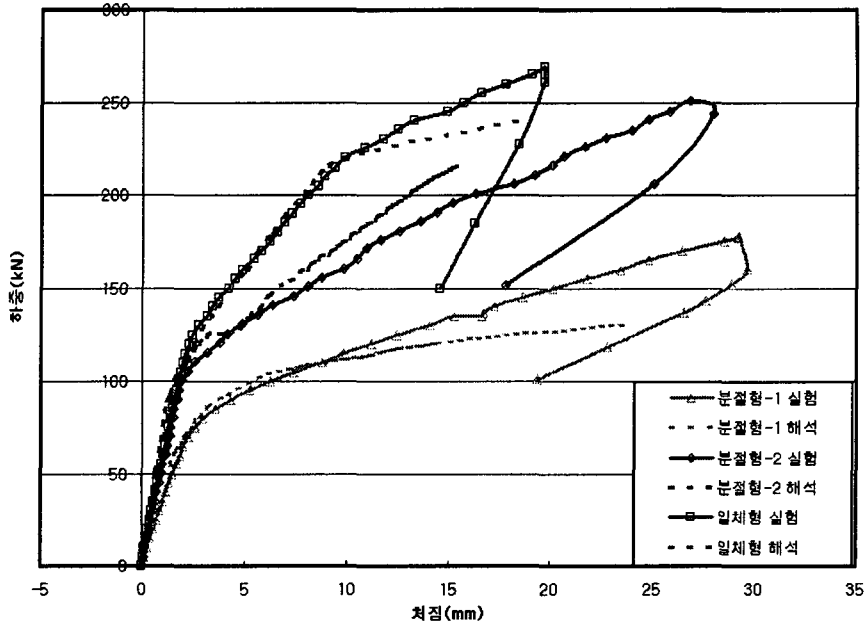


그림 4. 시험체별 하중-처짐 곡선

#### 참고문헌

1. 심종성 (1999), 국내 지방 규정에 적합한 Bulb-Tee 거더의 사용가능성에 대한 연구, 연구보고서, 한양대학교 공학기술연구소, pp 46~47.
2. 이현호 (2002), "IPC거더교의 분절화에 관한 연구", 아주대학교 석사학위논문
3. Basile G. Rabbat (1987), "Testing of Segmental Concrete Girders With External Tendons", PCI Journal, Mar-Apr, pp86~100
4. Jessie B. Fitzgerald (1996), "Spliced Bulb-Tee Girders Bring Strength and Grace to Pueblo's Main Street Viaduct", PCI Journal, Nov-Dec, pp40~48
5. William B. Caroland (1992), "Spliced Segmental Prestressed Concrete I-Beams for shelby Creek Bridge", PCI Journal, Sep-Oct, pp22~33