

# U-Channel Bridge의 해석모델 개발

## Development of Analysis Model for U-Channel Bridge

최 동 호\*    김 양 배\*\*    이 주 호\*\*\*    박 명 균\*\*\*\*    김 용 식\*\*\*\*\*    김 성 원\*\*\*\*\*  
Choi, Dong Ho   Kim, Yang Bae   Lee, Joo Ho   Park, Myoung Gyun   Kim, Yong Sik   Kim, Sung Won

---

### ABSTRACT

In this paper behavior of U-Channel Bridge (UCB) was studied, and a new analysis model was proposed. Most of the time, permanent and traffic load actions are directly transmitted to main beams located under the carriageway, one of the most distinctive features of UCB is that the edge beams that support the bridge are above the deck, in contrast with a conventional overpass system. In This study models used with the frame elements, the frame and plate elements, and the solid elements were constructed. Assuming that the results of solid models were similar to the real behavior of UCB, results of another models was compared. The results of the models used with the frame and plate elements were similar to the results of solid models, the model used with the frame and plate elements was proposed as an analysis model.

### 요 약

본 논문에서는 새로운 교량 형식인 U-Channel Bridge(UCB)의 거동에 관해 연구하였고, 거동을 분석할 수 있는 해석 모델을 제시하였다. 바닥판의 하중을 하면에 위치한 보가 지지하는 형태의 상로 교와는 대조적으로 UCB는 바닥판 위쪽에 측보가 위치하는 특징이 있다. 본 논문에서는 프레임 요소를 이용한 모델, 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 모델, 실제 구조물과 같은 형태의 솔리드 요소를 적용한 모델의 세 가지 모델을 구성하였으며 솔리드 모델의 결과가 가장 정확하다고 가정하여, 두 가지 요소의 해석 결과를 비교하였다. 비교 결과 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 모델이 솔리드 모델과 유사한 결과를 나타내었으며, UCB의 구조해석 모델로 판-프레임 모델을 제시하였다.

---

\*정회원, 한양대학교 토목공학과 교수

\*\*정회원, 삼표이앤씨(주) 이사

\*\*\*정회원, 롯데건설(주)기술연구소 이사

\*\*\*\*정회원, (주)삼보기술단 전무이사

\*\*\*\*\*정회원, 한양대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\*\*\*정회원, 한양대학교 토목공학과 석사과정

## 1. 서론

U-Channel Bridge(UCB)는 시대적 요구에 부응하여 국내에 새롭게 도입되어 개량되는 교량 형식으로서 채널형태의 조립식 프리캐스트 세그먼트 교량이다. UCB는 거더와 방호벽의 역할을 동시에 수행하는 측보(Edge beam)와 측보를 연결하고 바닥판의 역할을 수행하는 슬래브로 구성되어 있다. 그림 1에 UCB의 횡단면도를, 그림 2에 평면도와 종단면도를 나타내었다. 또한 UCB는 기존 공법들과 달리 공장에서 각각의 세그먼트(segment)를 제작하여 현장으로 운반, 가설 및 긴장 작업만 시행하므로 현장에서의 가설기간을 최소화 할 수 있다.

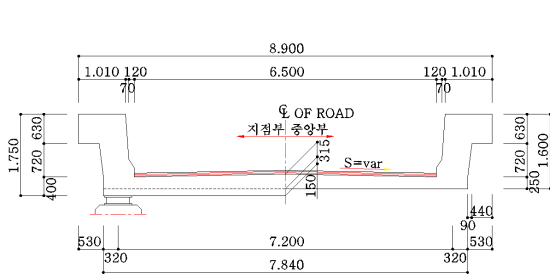


그림 1 UCB의 횡단면도

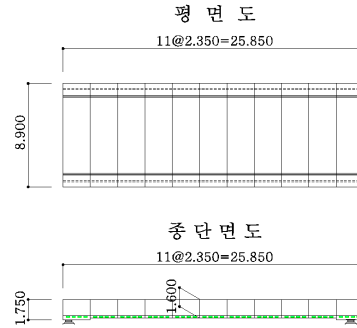


그림 2 UCB의 평면도, 종단면도

본 논문에서는 새롭게 도입, 개량된 UCB의 구조 해석 및 설계를 수행하기 위하여 기존의 해석 방법을 적용하였고, 그에 대한 검증은 수행하였으며, 정밀한 구조 해석을 수행하기 위하여 새로운 해석 모델을 개발하였다.

## 2. U-Channel Bridge의 해석모델

UCB는 하중을 지지하는 측보와 하중을 지지하는 역할과 하중을 측보로 전달하는 역할을 동시에 수행하는 슬래브로 이루어져 있다. 보통의 상로교 형식의 거더교는 하중을 전달하는 상판(바닥판)의 하면에 거더가 존재하고 바닥판은 하중을 거더로 전달하는 역할로 가정하고 횡방향 해석을 수행하며, 거더와 바닥판의 유효폭으로 부터 종방향 강성을 산정하여 종방향 해석을 수행한다. 이는 종방향과 횡방향 거동이 크게 간섭되지 않는다고 가정하여 해석하는 방법이다. 이러한 해석방법을 UCB에 적용하는 것에 대한 검증은 이루어지지 않았다. 본 논문에서는 UCB 해석 방법으로 다음의 세 가지 해석 모델을 고려하였다.

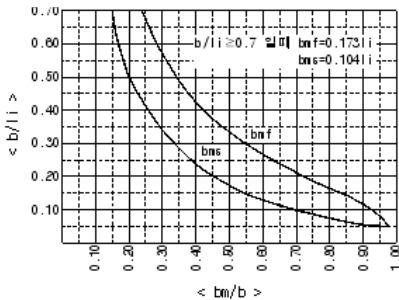


그림 3 세그먼트 교량의 유효폭 산정

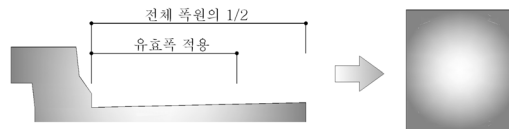


그림 4 유효폭을 적용한 프레임 해석 모델

## 2.1 프레임 요소를 적용한 UCB의 해석 모델

프레임 요소를 적용한 모델은 기존의 거더교와 같은 거동을 보인다고 가정하고, 두 가지로 모델을 구성하였다. 첫 번째 모델은 UCB의 대칭성을 이용하여 단면의 절반, 즉 하나의 측보와 슬래브의 반을 하나의 강성으로 치환하여 이 강성을 적용하는 프레임 모델이며, 두 번째 모델은 단면의 강성을 산정할 때 슬래브의 폭에 유효폭을 적용하는 프레임 모델이다. 유효폭을 적용한 모델에서 유효폭은 그림 3과 같은 도로교 설계기준의 세그먼트 교량의 유효폭 기준을 적용하였다. 그림 4에 프레임 요소를 적용한 모델의 단면 강성 산정 과정을 개념적으로 나타내었다.

## 2.2 판요소와 프레임 요소를 혼용한 UCB의 해석모델

측보 부분은 측보 단면만의 강성을 고려하여 프레임 요소로 모델링하고, 슬래브 부분은 4절점 판 요소를 이용하여 모델링하였다. 유한요소 해석에서 프레임의 위치는 단면의 도심에 위치해야 하기 때문에 측보를 모델링한 프레임 요소는 판 요소보다 상단에 위치하게 된다. 따라서 프레임 요소와 판 요소를 강결시켜 실제의 거동을 반영하도록 모델링 하였다. 그림 5에 모델링을 위한 개요도를, 그림 6에 판-프레임 모델을 나타내었다.

## 2.3 솔리드 요소를 적용한 UCB의 해석모델

솔리드 모델은 그림 7과 같이 콘크리트 전체를 솔리드 요소로 모델링하고, 내부의 강연선은 트러스 요소로 모델링한다. 이러한 솔리드 모델이 구조물의 거동을 가장 명확하게 표현할 수 있다고 판단하고, 솔리드 해석에서의 결과를 정해로 가정하였다.

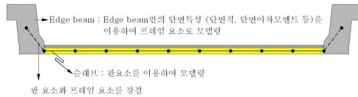


그림 5 판 요소와 프레임 요소를 적용한 모델링의 개요도

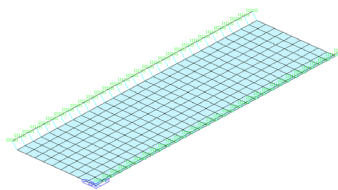


그림 6 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 UCB 모델링

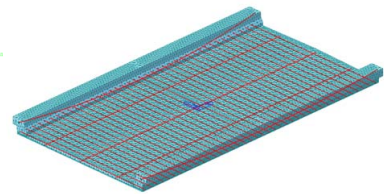


그림 7 솔리드 요소를 이용한 UCB 모델링

## 3. 해석 모델의 검증

해석 모델의 검증은 네 가지 해석 방법의 결과를 이용하였으며, 솔리드 요소를 이용한 모델이 가장 실제의 거동을 잘 반영한다고 가정하고, 단면의 반을 하나의 강성으로 치환한 프레임 모델, 유효폭을 고려하여 단면을 하나의 강성으로 치환한 프레임 모델, 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 해석 모델들의 결과를 비교하여 해석방법의 타당성을 검증하였다. 해석 모델은 내측폭원은 9m이고 경간은 20m, 30m, 40m인 세 가지 경우를 설정하여 각각 네 가지 해석을 수행하여 결과를 비교하였다. 하중은 자중, 2차 고정하중, 프리스트레스 하중만을 고려하였으며, 프리스트레스에 의한 손실은 고려하지 않았다. 해석결과는 측보의 응력을 비교하였으며, 표 1에 솔리드 요소를 적용한 모델과의 오차를 나타내었다. 해석 모델 중 경간이 20m인 모델의 고정하중, 프리스트레스 하중하에서의 상연, 하연응력을 그림 8~11에 결과를 나타내었다. 그래프의 횡축은 교축방향의 길이를 나타내며, 종축은 발생 응력을 의미한다. 해석 결과, 프레임 요소를 이용한 모델은 솔리드 요소를 이용한 모델과의 응력 값 최대 오차율이 68%로 큰 차이를 나타냈으며, 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 모델은 솔리드 요소를 이용한 모델

과의 응력 값 최대 오차율이 6%로 오차율이 작으며, 응력분포 경향이 유사한 것으로 나타났다.

표 1 솔리드 요소를 적용한 모델과 다른 모델과의 응력값 최대 오차율(%)

해석모델		L=20m, B=9m	L=30m, B=9m	L=40m, B=9m
1/2단면의 강성을 적용한 프레임 모델	고정하중	53	14	10
	프리스트레스	16	60	49
유효폭을 고려한 단면의 강성을 적용한 프레임 모델	고정하중	40	8	19
	프리스트레스	64	68	61
판 요소와 프레임 요소를 혼용한 모델	고정하중	2	3	4
	프리스트레스	1	6	6

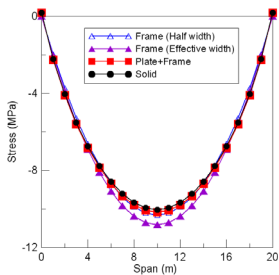


그림 8 고정하중에 의한 상연응력

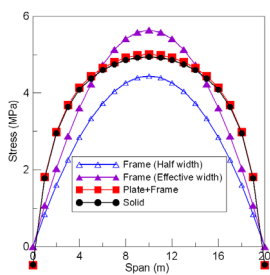


그림 9 고정하중에 의한 하연응력

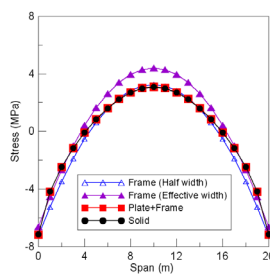


그림 10 프리스트레싱에 의한 상연응력

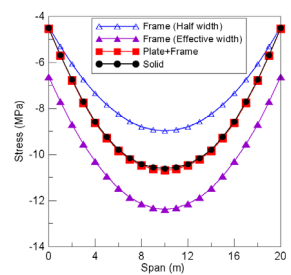


그림 11 프리스트레싱에 의한 하연응력

#### 4. 결론

본 논문에서는 UCB의 해석 모델을 개발하였고, 해석 모델의 타당성을 검증하였다. 프레임 요소를 이용한 해석 모델의 경우 유효폭을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우 모두 솔리드 요소를 이용한 모델과의 오차율이 8%~64%로 응력 값이 큰 차이를 나타내고 있으며, 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 모델의 경우 오차율이 1%~4%로 거의 같은 거동을 보임을 알 수 있었다. 현 설계기준의 유효폭을 반영하여 프레임 요소를 이용하여 해석할 경우 실제 구조물의 거동을 표현하지 못하며, 본 논문에서 개발된 모델을 사용할 경우 실제 구조물의 거동을 잘 표현하는 것으로 판단된다. 따라서 합리적인 구조 해석 및 설계를 위해서 본 논문에서 개발된 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 모델을 적용하는 것이 타당하다고 사료된다.

#### 참고문헌

1. 대한토목학회, “도로교 설계기준,” 2005.
2. AASHTO, “LRFD Bridge Design Specifications,” 2007.
3. ABSI, “Construction Practices Handbook for Segmental Concrete Bridges,” 2005.
4. Q. Z. Luo, Q. S. Li, and J. Tang, “Shear Lag in Box Girder Bridges,” Journal of Bridge Engineering, Vol. 7, No. 5, 2002.