

# 시공단계를 고려한 U-Channel Bridge의 슬래브 설계

## Slab Design of U-Channel Bridge Considering Construction Sequence

최 동 호\*      김 성 재\*\*      전 성 용\*\*\*      김 용 식\*\*\*\*      김 성 원\*\*\*\*\*  
Choi, Dong Ho      Kim, Sung Jae      Jun, Sung Yong      Kim, Yong Sik      Kim, Sung Won

### ABSTRACT

In this paper behavior of U-Channel Bridge (UCB) and the slab design considering construction sequence was studied. The segments of UCB are produced in the factory and transported to the site by trailers, and the segments are fabricated in the construction field. In this sequence the supporting conditions are changed. Four steps that were the segment precasting step, the segment carrying step, the segment placed on the erection beam step, and the completion step were chosen by supporting condition. In each step model using the frame and plate elements was proposed and structural analysis was performed. Four construction steps were to be considered in the process of slab analysis. The design method of slab was proposed considering construction sequence.

### 요 약

본 논문에서는 새로운 교량 형식인 U-Channel Bridge(UCB)의 시공단계를 고려하여 그 거동 및 슬래브의 설계방법에 대한 연구를 수행하였다. UCB는 각각의 세그먼트를 공장에서 제작하여 현장에서 조립하여 시공하므로 각 시공단계별로 지지 조건에 변화가 발생한다. UCB의 시공단계를 지지 조건이 변화하는 제작, 운반, 가설빔 거치, 완공의 네 단계로 구분하여 각 단계마다 프레임 요소와 판 요소를 적용하여 적합한 구조해석 모델을 제시하였으며, 구조해석을 수행하고 그 결과를 검토하였다. 검토 결과 슬래브의 해석은 네 단계를 모두 고려하여 수행되어야 하는 것으로 나타났으며 구성된 모델을 적용하여 타당한 슬래브의 설계방법을 제안하였다.

\*정회원, 한양대학교 토목공학과 교수

\*\*정회원, 삼표이앤씨(주) 과장

\*\*\*정회원, 롯데건설(주)기술연구소 차장

\*\*\*\*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.

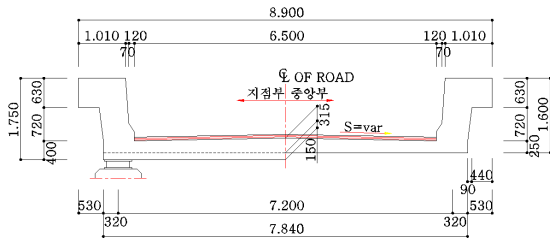


그림 1 UCB의 횡단면도

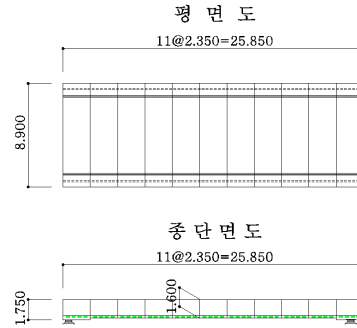


그림 2 UCB의 평면도, 종단면도

본 논문에서는 새롭게 도입, 개량된 UCB 슬래브의 구조 해석 및 설계를 수행하기 위하여 기존의 해석 방법을 적용하였고, 그에 대한 검증을 수행하여 슬래브 응력이 가장 크게 발생하는 시공 단계를 확인하였으며, 시공 단계를 고려하여 구조 해석을 수행하는 설계 방법을 제시하였다.

## 2. 시공단계를 고려한 UCB의 해석모델

조립식 프리캐스트 세그먼트 공법으로 시공되는 UCB는 다음과 같은 시공단계를 가지게 된다. 먼저 현장에서 철근을 조립한 후 콘크리트를 타설하고, 횡방향 강연선을 긴장한다. 이후 제작된 세그먼트를 현장까지 운반하여 가설 빔 위에 거치하고, 모든 세그먼트를 거치 시킨 후 종방향 강연선을 긴장하여 완공된다. 이러한 시공단계에서 UCB의 슬래브는 지지 조건이 계속 변경되며, 변경되는 각 단계는 공장에서 제작 중인 경우의 전 바닥면이 거치된 상태, 운반 차량에 적재하기 위해 측보의 상단만을 지지한 상태, 가설 빔 위에 거치된 상태, 완공상태의 네 단계로 구분할 수 있다. 각 단계를 그림 3-그림 6에 나타내었다.

각각의 시공단계는 다음과 같은 방법으로 모델링하여 해석하였다. 첫 번째로 그림 3과 같은 바닥면이 완전 거치된 상태는 하면의 폭을 연장으로 하고 슬래브의 두께를 높이로 하는 전체가 지지된 형태의 보로 해석하였고, 두 번째로 세그먼트 운반 단계는 슬래브의 두께를 높이로 하는 보를 실제 지그가

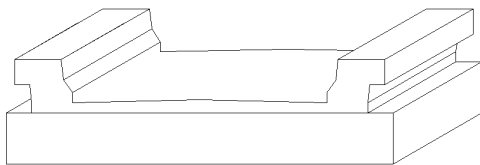


그림 3 콘크리트 타설 및 횡방향 강연선 긴장 단계

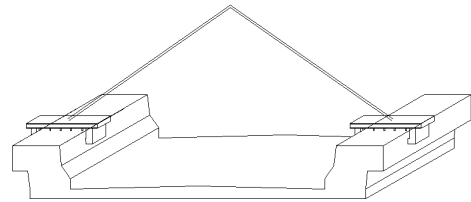


그림 4 세그먼트 운반 단계

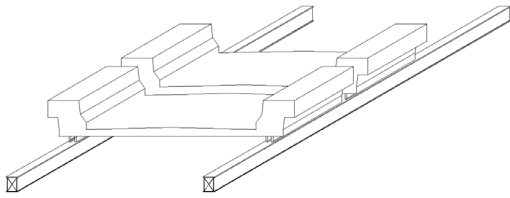


그림 5 가설 빔위에 거치 상태

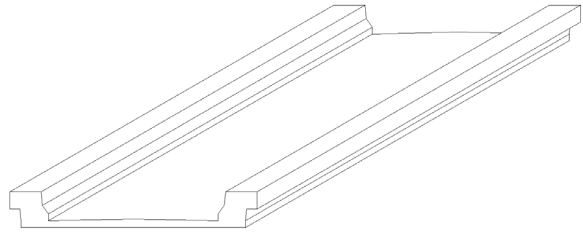


그림 6 완공 상태

지지하는 부분을 단순지지 형태로 가정하여 해석하였다. 세 번째로 가설 빔위에 거치된 상태는 슬래브의 두께를 높이로 하는 보를 가설 빔이 지지하는 부분을 단순지지 형태로 가정하여 해석하였고, 마지막으로 완공 상태에서의 해석은 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 모델을 사용하여 해석하였다.

완공 상태 해석시 사용되는 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 모델은 구조물 전체를 솔리드 요소로 구성한 모델과 축보의 응력을 비교하여 검토하였으며, 두 모델의 응력분포는 매우 유사하며, 응력 값의 오차율은 최대 6%인 것으로 나타났다.

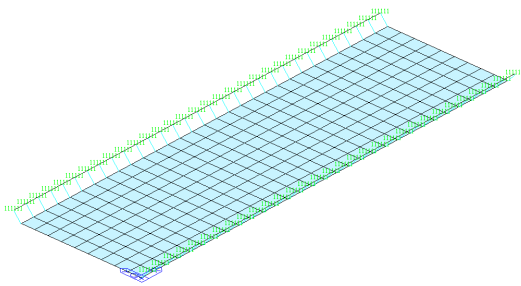


그림 7 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 UCB 모델링

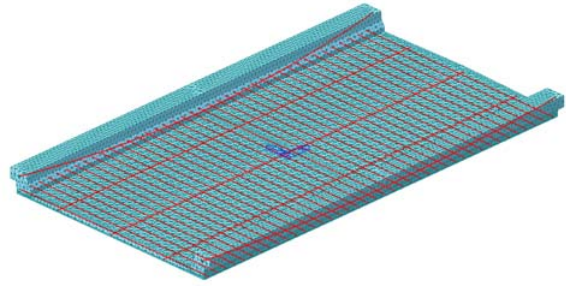


그림 8 솔리드 요소를 이용한 UCB 모델링

### 3. 시공단계별 UCB의 거동

UCB의 시공단계별 슬래브의 응력상태는 지지 조건이 변함에 따라 다양한 분포를 보이게 된다. 본 논문에서는 전 바닥면이 거치된 상태를 단계 1, 운반 차량에 적재하기 위해 축보의 상단만을 지지한 상태를 단계2, 가설 빔 위에 거치된 상태를 단계 3, 완공상태를 단계 4로 정의하였다. 단계 1의 경우 하면의 전체가 지지되어 있기 때문에 큰 응력이 발생하지 않았으며, 단계 2의 경우 지그의 장착 위치가 축보의 상단이므로 단계 3의 가설 빔위에 거치된 경우보다 계산되는 지간이 길어져 단계 3보다 더 큰 응력을 발생하는 것으로 나타났다. 단계 4의 경우 기존의 해석방법을 따르려면 단순지지 또는 고정 지지 형태로 가정하거나 임의의 스프링 계수를 산정하여 해석할 수 있지만 슬래브의 폭이 매우 넓어 지지조건을 명확하게 묘사할 수 없었다. 또한 지지조건을 묘사하더라도 교량의 연장과 폭이 바깥에 따라 지지조건이 되는 스프링 계수도 계속 바뀌어 해석 조건에 따라 스프링 계수를 재산정해야 하는 불합리함이 있었다. 따라서 본 연구에서는 실제의 상태를 정확하게 묘사하기 위하여 단계 4의 해석에는 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 해석 모델을 사용하였다.

해석에 사용된 모델은 내측 폭원이 5m, 9m인 경우로 하였으며, 단계 4의 해석에 이용된 판 요소와 프레임 요소를 혼용한 모델에 대해서는 같은 폭원에 대해 연장 20m-연장 45m를 5m 간격으로 나누어

총 12개의 해석 결과 중 가장 큰 값을 나타내는 해석 모델의 결과를 이용하였다.

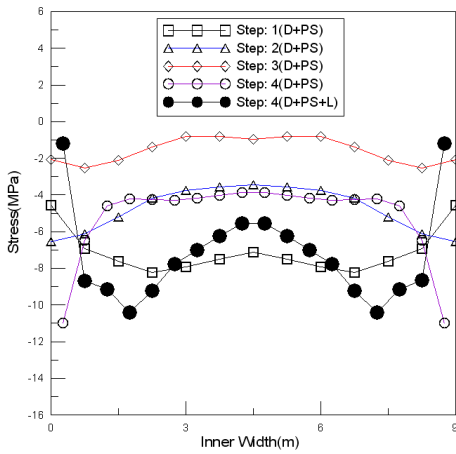


그림 9 시공단계별 슬래브 상면 응력

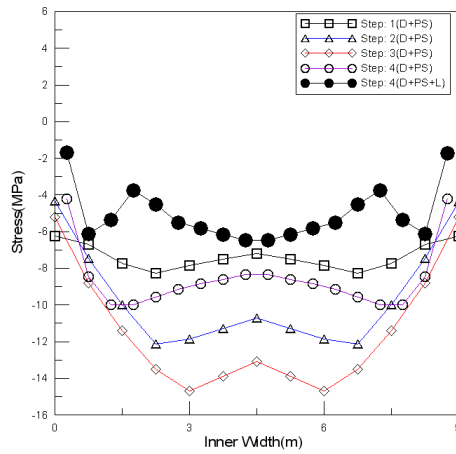


그림 10 시공단계별 슬래브 하면 응력

내측 폭원 9m인 해석 모델에 대해 각 단계별로 슬래브의 상면, 하면 응력을 비교한 결과를 그림 9, 그림 10에 나타내었다. 그래프의 횡축에는 내측 폭원을, 종축에는 발생 응력을 나타내었다. 상면 응력의 경우 최대 인장 응력은 단계 3에서 발생하였으며, 최대 압축 응력은 단계 4에서 발생하였다. 하면 응력의 경우 최대 인장 응력은 단계 4의 활하중 재하시 발생하였고, 최대 압축 응력이 단계 3에서 발생하였다. 해석 결과로부터 응력 분포가 일정하지 않으며, 최대 응력 발생 위치도 일정치 않은 것을 알 수 있었으며 각 단계별로 인장, 압축에 대한 해석 및 설계를 수행해야 할 것으로 사료된다.

#### 4. 결 론

조립식 프리캐스트 세그먼트 공법을 적용하는 UCB는 시공단계별 해석 결과로부터 시공단계별로 응력의 값 및 분포가 큰 차이를 보인다. 이는 한 가지 해석단계만 적용하여 해석할 경우 그 현상을 모두 반영하지 못하며, 이를 설계에 반영할 경우 잘못된 설계를 유발하게 된다. 이를 고려하기 위해 각 단계별 결과를 해석 및 설계에 모두 고려하여야 한다.

#### 참고문헌

1. 대한토목학회, "도로교 설계기준," 2005.
2. AASHTO, "LRFD Bridge Design Specifications," 2007.
3. ABSI, "Construction Practices Handbook for Segmental Concrete Bridges," 2005.
4. M. A. Shahawy and M. Arockiasamy, "Analytical and Measured Strains in Sunshine Skyway Bridges," Journal of Bridge Engineering, Vol. 1, No. 2, 1996.