

케이블 구조 시스템을 이용한 철도교량의 압출 Launching of Railway Bridges by Cable-Stayed Structure

양인환* 이재찬** 이재식*** 조서경****
Yang, In-Hwan Lee, Jae-Chan Lee, Jae-Sik Cho, Seo-Kyung

ABSTRACT

In this paper, a realistic launching method for railway bridge is developed. When bridge is launched, it might experience the excessive deflection. Launching method with cable-stayed scheme is developed to control the deflection. The developed method was applied to the launching of an actual bridge. This study results show that bridges can be launched with favorable deflection by the proposed method.

1. 서론

철도 노선의 복선화 또는 개량화 사업으로 인하여 기존의 노후화된 철도교의 해체 및 신설 철도 교량의 건설이 증가하고 있는 추세이다. 철도 노선의 하부에 도로가 교차하는 도심지에서 철도 교를 해체 또는 신설하는 경우 교량의 하부 공간에 영향을 최소화하여 차량 통행을 원활히 하는 방법의 개발이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 도심지에서의 철도 교량 공사시 교량 하부 공간에 영향을 미치지 않도록 하기 위해서 교량 상부 구조물에 케이블(stayed-cable)을 설치하여 교량을 순차적으로 압출하는 기법을 연구하였다. 교량의 효율적 압출과 처짐관리를 위한 케이블에 도입되는 장력을 결정하는 기법을 제시한다. 실제로 본 연구에서 제시한 기법을 노후 철도교의 해체에 적용하여 제안 기법의 효율성을 입증한다.

2. 대상 교량

대상 교량은 중앙선 청량리~원주간 복선 전철화 사업의 1단계인 청량리~덕소 구간 중에 있는 기존 철도교량이다(그림 1). 구조물은 단순교 형식으로써 2경간으로 구성되어 있다. 각 경간의 길이는 19.08m 및 18.66m이다. 교량 하부로는 왕복 6차로의 차량 통행이 빈번한 도로가 지나가고 있다. 복선화 전철 사업을 위한 신교를 가설하기 위해 기존의 구교 철거를 계획하였다. 구교 철거 계획시, 각 경간 중앙에 가교각을 설치하고 크레인에 의한 분할 철거를 고려하였으나, 이에 따른 교통 체증이 우려되어 상부구조물을 압출하는 방법을 고안하였다. 또한, 교량압출시 교량 상부 구조물에 케이블 시스템을 설치한 압출방법을 선택하였다.

-
- * 대림산업 기술연구소, 선임연구원, 정회원
 - ** 대림산업 청량리-덕소 전철 현장, 차장
 - *** 대림산업 청량리-덕소 전철 현장, 소장
 - **** DM엔지니어링, 상무

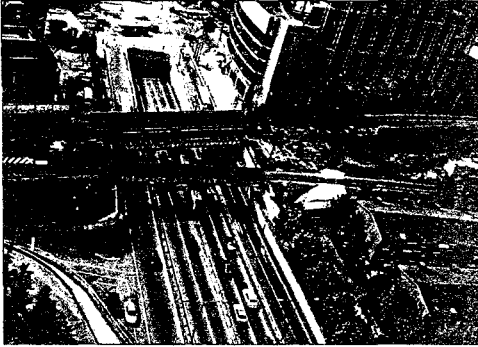


그림 1. 교량 전경

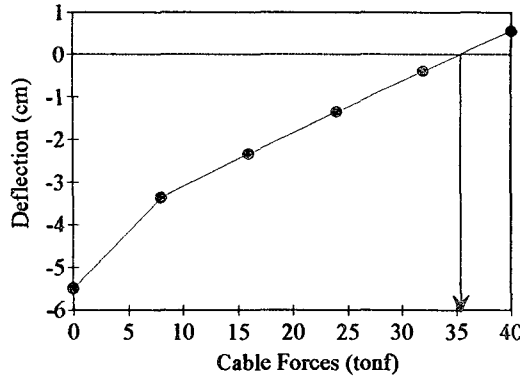


그림 2. 케이블 긴장력에 따른 처짐 예측량

3. 압출 방법

교량 압출시 구조물의 단면력 또는 처짐을 제어하기 위해 교각 중간에 가교각을 세우거나, 케이블 구조 시스템을 적용하는 경우가 있다^{1,2)}. 교각 중간에 가교각을 설치할 경우 하부 공간에 영향을 미치므로 가교각을 세우지 않고 케이블 구조 시스템을 이용하여 교량을 압출하는 것이 하부 공간 활용 측면에서 유리하다. 그림 3에 본 연구에서 제안한 교량 압출의 개념도를 나타내었다. 압출시 구조물이 지점 A를 이탈할 때, 캔틸레버 상태에서 캔틸레버 끝단에 과도한 처짐량이 발생하거나, 갑작스런 처짐과 함께 구조물에 충격이 가해질 수 있다. 본 연구에서는 캔틸레버 끝단에서 이러한 현상을 방지하기 위하여 구조물이 지점 A를 이탈할 때 과도한 처짐이 발생하지 않도록 하기 위해서 거더의 양단에 사장 케이블을 설치하여 긴장력을 도입하는 방법을 적용한다. 또한, 지점 A 이탈시의 거더 끝단의 처짐이 0으로 되는 상태를 관리 기준으로 하여 케이블 긴장력의 크기를 결정하였다. 구조물이 지점 A를 이탈할 때 케이블에 도입되는 긴장력에 대한 구조물의 처짐량을 그림 3에 나타내었다. 케이블에 도입되는 긴장력이 0일 때 즉, 케이블을 설치하지 않았을 때의 처짐량은 하향으로 5.5cm 발생하는 것으로 예측되었다. 처짐량이 0일 때 케이블 긴장력은 35tonf으로 산정되었으며, 실제 압출시에는 40tonf을 케이블에 도입하였다.

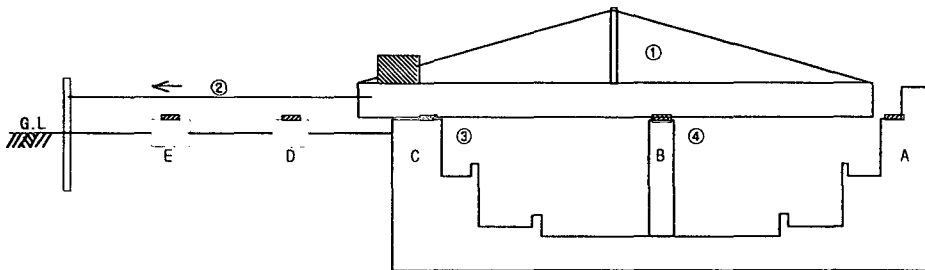


그림 3. 교량 압출 개념

4. 압출절차

교량의 압출 절차는 다음과 같다.

- (1) 단계 1 : 원래 분리되어 가설되어 있던 2개의 거더를 일체화시켜 2경간 연속 구조체로 만든다. 가운데 교각 쪽으로 2개의 거더를 근접시킨후 용접하여 일체화시킨다.
- (2) 단계 2 : 케이블 설치를 위한 포스트(post)를 설치한다. 연결 거더의 중앙에 포스트를 설치하

며, 각각의 포스트를 횡방향 브레이싱으로 지지한다.

- (3) 단계 3 : 포스트 상단과 거더 끝단을 연결하는 케이블을 설치한다. 케이블은 7연선 스트랜드 5가닥을 사용하였다.
- (4) 단계 4 : 압출을 위한 반력대 및 반력장치를 설치한다. 압출전방에 강관 말뚝에 의한 반력대를 설치하고 거더의 전면에 강연선을 연결하여 pulling 준비를 한다.
- (5) 단계 5 : 압출 방향 거더의 앞쪽에 counter-weight를 설치한다.
- (6) 단계 6 : 케이블에 긴장력을 도입한다. 거더 끝단의 들림량을 점검하면서 케이블에 40톤의 긴장력을 도입하였다.
- (7) 단계 7 : 거더 끝단에서의 상향 들림량을 확인한다.
- (8) 단계 8 : 반력대에서 유압 장비에 의해 압출을 수행한다. 압출시 거더 하면과 지점부 사이에 슬라이딩 패드로써 PTFE를 설치하였으며, 압출시 당기는 힘 P 는 다음과 같이 산정하였다.

$$P = \mu W$$

여기서, μ 는 거더 하면과 지점부의 마찰계수로써 0.1을 가정하였으며, W 는 구조물의 자중이다. 반력대에서 7연선 스트랜드 한가닥을 사용하여 구조물을 당겼다. 교량을 육상으로 완전히 인출한 후 소분할하여 교량을 해체 반출한다.

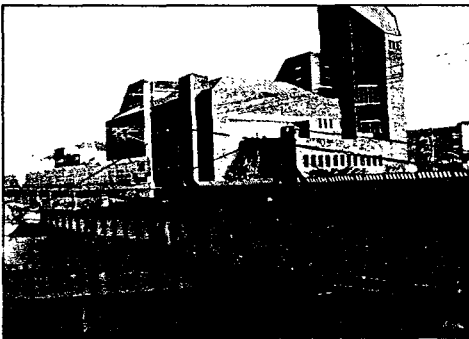


그림 4. 교량의 케이블 설치

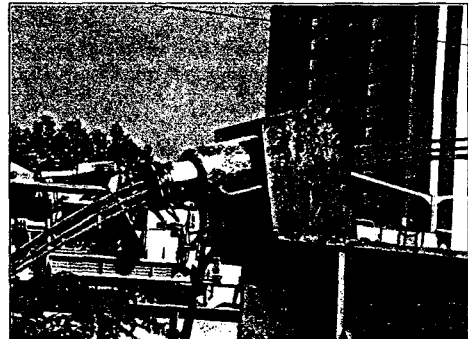


그림 5. 케이블의 긴장

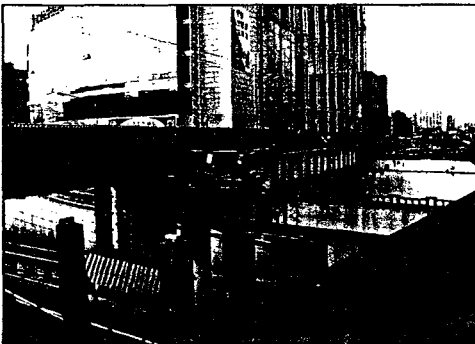


그림 6. 교량 압출



그림 7. 압출시의 지점부

5. 압출 단계 구조 해석

압출 단계에 따라 구조물의 구조적 거동은 계속해서 변화한다. 압출 초기의 구조물은 3지점 상

태이나, 압출이 진행되면서 2지점 상태로 변화한다. 구조해석을 위한 유한요소 모델을 그림 8에 나타내었다. 거더는 39개의 뼈대요소로 모델링하였으며, 케이블을 모델링하기 위하여 케이블 요소 2개를 사용하였다. 해석은 사장교의 시공단계 해석을 위해 개발된 STAGE 프로그램³⁾을 사용하여 수행되었다. 압출단계는 1m 압출되었을 때를 기준으로 19단계로 구분하여 각 단계별 단면력을 검토하여 구조물의 안전성을 검토하는 방법으로 진행되었다. 거더의 최대전단력은 압출직후 발생하며 25.8tonf으로 나타났다. 또한, 거더의 최대모멘트는 교량이 9m정도 압출되었을 때 162tonf-m정도 발생하는 것으로 예측되었으며, 이에 대해 구조물의 안전성 검토를 수행하였다(그림 10).

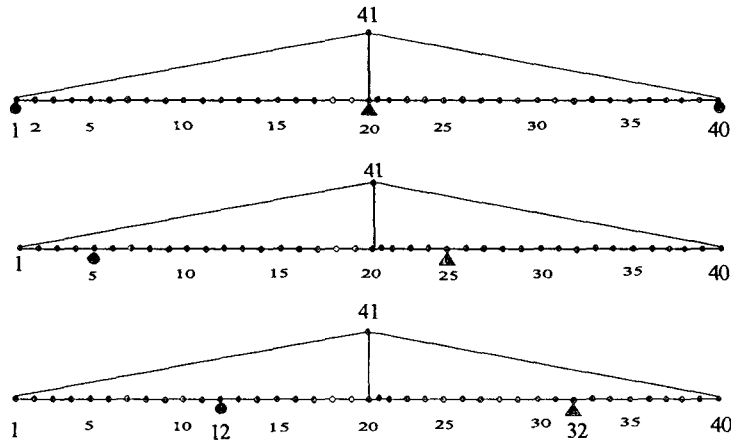


그림 8. 압출 단계 유한요소해석 모델링

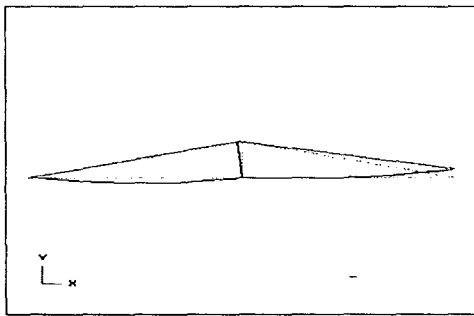


그림 9. 압출초기단계의 처짐 형상

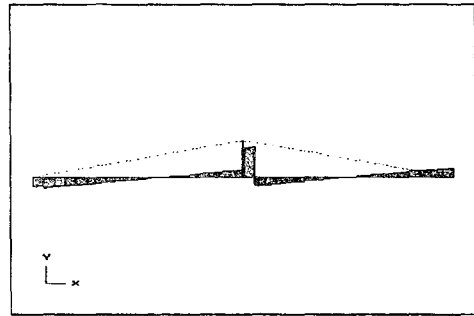


그림 10. 압출초기단계의 전단력도

6. 결론

본 연구에서는 차량 통행이 빈번한 조건하에서 소규모의 철도교량을 효율적으로 압출할 수 있는 기법을 제안하였다. 압출시 과도한 처짐을 제어하기 위하여 구조물 상부에 케이블을 설치하고 구조물을 점진적으로 압출하는 기법을 적용하였다. 제안 기법은 소규모의 철도교의 해체 또는 가설에 유효하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Rosignoli, M., *Launched Bridges*, ASCE Press, 1998.
2. Gohler, B. and Pearson, B., *Incrementally Launched Bridges-Design and Construction*, 2000.
3. STAGE Version 2.0, 사용자 매뉴얼