

외부긴장재와 연속화에 의한 프리스트레스트 콘크리트 거더교의 성능평가

Performance Evaluation of Prestressed Concrete Girder Bridges by External Tendon and Continuous Beams

박 승 범* 방 명 석** 홍 석 주***
Park, Seung Bum Bang, Myung Suk Hong, Seok Joo

ABSTRACT

The development of external prestressing methods has been one of the major trends in the concrete bridge constructions over the past decades. One of the promising methods to enhance the flexural strength of a externally prestressed girder is to place the tendons with large eccentricities. The test results in this study showed that the external prestressing of a composite girder increased the range of the elastic behavior, reduced deflections, increased ultimate strength, and added to the redundancy by providing the multiple stress paths. This study was conducted on the concrete bridges reinforced by the continuous girders and the external prestressing.

1. 서론

교량은 국가경제의 중추적인 역할을 하는 중요도가 매우 큰 국가 기반시설물이지만, 중차량의 통행, 과적차량의 증가, 통행량의 증가에 따른 교량구조물의 조기 성능저하로 인한 내하력 저하 때문에 기존의 교량구조물을 보강할 필요성이 커지고 있다. 준공한지 오랜 시간이 경과한 교량구조물은 시공 당시의 품질관리 및 시공후의 유지관리의 소홀로 인하여, 구조물의 내하력이 상당히 저하된 상태이다.

콘크리트 교량의 보수공법은 주로 균열 보수, 누수방지 등의 목적으로 사용하였으며, 보강공법으로는 FRP(Fiber Reinforced Plastic)접착공법, 강판접착공법, 세로보 및 가로보 증설공법, 외부 프리스트레스트 도입공법등이 사용되고 있다. 현재까지의 내하력 증가 방법으로 가장 많이 사용된 방법은 강판접착공법이지만, 오랜시간이 경과되기도 전에 콘크리트와 분리되어 내하력 증가에 도움이 되지 않는 등 문제점이 많이 제기되어 현재는 많이 사용되지 않고 있는 실정이다. 노후된 교량의 성능향상을 위한 방법 중 가장 확실하게 내하력을 증가시키는 것으로 알려진 외부 프리스트레스트 도입공법과 빔의 연속화에 의해 내하력을 증가시키는 보강공법에 대한 연구로서, 보강개요와 특성에 대한 연구와 보강전·후의 시공상의 문제점 및 보강후의 솟음량을 측정하였다.

* 정회원, 충남대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 충주대학교 교수

*** 정회원, 충남대학교 토목공학과 대학원

2. 보강 개요

2.1 연속화와 외부 프리스트레스 도입

본 연구에서는 단순 거더로 가설된 교량을 4경간 연속화하고 외부 프리스트레스를 도입하여 보강한 교량의 보강효과를 평가하였다.

교량을 연속화시키면 내부지점부위에 부모멘트가 발생하므로 바닥판의 상부에 보강철근을 배근하여야 하며, 기존철근과 용접연결하여 일체화시킴으로서 연속보가 되도록 한다. 연속화시키는 span과 span 사이의 거더 사이에는 무근 콘크리트를 충전하여 합성후의 압축력에 대응하여야 한다.

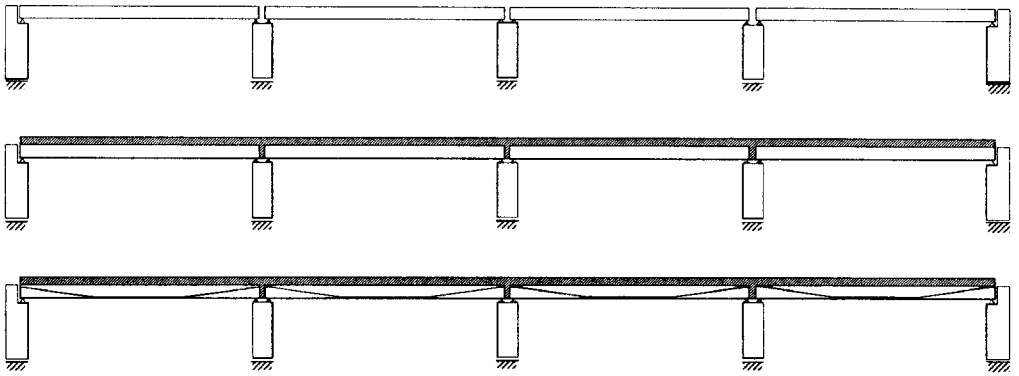


그림 1 단순 교량을 연속화와 외부 프리스트레스를 도입하여 보강한 교량

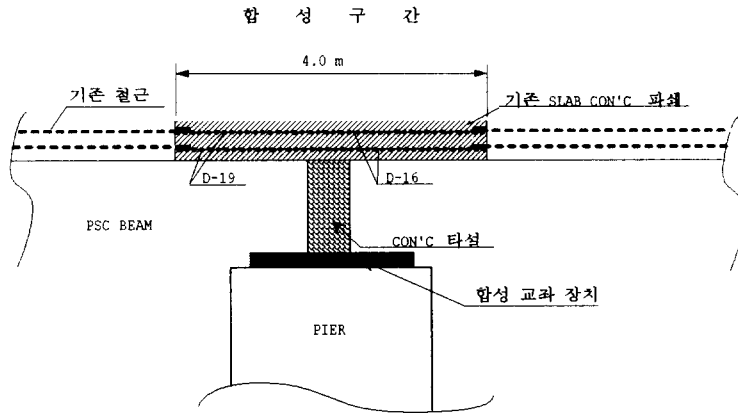


그림 2 단순교를 연속화 시키는 방법

2.2 대상교량

본 연구대상 교량의 설계하중은 DB-18이며 1974년도에 준공되었고, 공용년수가 약 25년된 교량으로서 5개의 거더로 구성된 PSC 거더교이다.

외관상태는 공용년수가 오래되어 백화, 철근노출 및 박리 등 콘크리트의 표면에 성능저하가 발생되어 있고, 제 기능을 발휘하지 못하는 반침이 있으며, 허용 기준 이내의 균열이 발생되어 있으나, 구조적인 손상은 없는 상태이다. 하지만 현재 통행되는 하중이 DB-24이고 교통량이 많은 상태이므로 보강이 필요한 교량구조물이다.

보강의 특징은 외부 긴장재를 이용하여 부족한 응력을 도입하고, 바닥판에 약 13cm의 콘크리트를 추가 타설하여 바닥판 두께를 증가시키고, 신축이음을 제거하여 교량을 연속화시키며, 교각부분을 보강한다. 교량의 시공순서를 고려한 해석단계를 표로 나타내면 다음 표 1과 같다.

표 1 교량의 시공단계를 고려한 해석단계

시 공 단 계	교량의 시공단계
Stage 1	PSC beam 거치
Stage 2	상부 슬래브 타설
Stage 3	Composite 완성 (Simple Span)
Stage 4	교면공 및 활하중 재하(DB-18) - (Simple Span)
Stage 5	상부슬래브 보강 및 연속화 (Continuous Span)
Stage 6	External Prestressing 반침 교체, 활하중 재하(DB-24)에 의한 성능평가

3. 긴장순서 및 도입력의 분배에 따른 교량의 거동분석

거더교의 경우 외부 프리스트레스를 도입하는 순서는 응력의 배분이 균등하게 이루어지도록 고려하여 긴장하여야 한다. 긴장방법은 하나의 거더에 대해서는 양쪽에 같은 양의 외부 프리스트레스힘을 주어 동시에 긴장해야 한다.

또한 각각의 거더에 프리스트레스힘을 도입하는 순서는 거더의 중앙에서부터 긴장하여 긴장력이 좌우로 배분되는 형태를 취해야 한다.

한편 도입되는 프리스트레스힘은 상당히 크기 때문에 한번에 모두 도입하면, 바닥판에 국부적으로 상당히 큰 응력이 발생하여, 보강하려는 기존의 구조물에 손상을 줄 우려가 있다. 또한 초기에 도입되는 프리스트레스힘과 모든 거더를 긴장하고 난 후에는 프리스트레스힘이 일정하게 되지 않기 때문에 도입력을 나누어 도입하는 것이 바람직하다.

보강 대상 교량에 대한 외부 프리스트레스힘을 한번, 두 번, 세 번에 도입하는 경우의 각 거더의 순서를 나타내면 다음 표 2와 같다.

한편 외부 프리스트레스힘을 두 번에 나누어 도입하고 중앙의 거더부터 긴장하여 좌우로 긴장한 경우의 솟음값은 그림 3과 같다.

긴장순서에 따라 솟음량 및 바닥판과 내부지점의 응력은 차이가 나타났으며, 도입하중의 분배(33%, 50%, 100%)에 따라서도 솟음량과 바닥판의 응력 분배 거동도 다르게 나타났다. 이것은 응력을 검토하지 않고 긴장하는 경우, 바닥판에 손상을 줄 수도 있고, 보강효과가 적게 나타날 수 있을 의미하는 것이다.

특히 단순교를 연속화시킨 경우에는 응력 및 모멘트의 거동이 다르게 되므로, 충분한 구조검토와 해석을 통해 긴장순서 및 도입하중을 고려해야 한다.

표 2 외부 프리스트레스력을 도입하는 횟수 및 순서

긴장횟수 · 순서	1 번	2 번				3 번					
		①		②		①		②		③	
		순서	%	순서	%	순서	%	순서	%	순서	%
G5	4	4	50	8	50	4	30	6	30	12	40
G4	2	2	50	6	50	2	30	·	·	9	70
G3	1	1	50	9	50	1	30	8	30	11	40
G2	5	5	100	·	·	5	60	·	·	13	40
G1	3	3	50	7	50	3	30	7	30	10	40

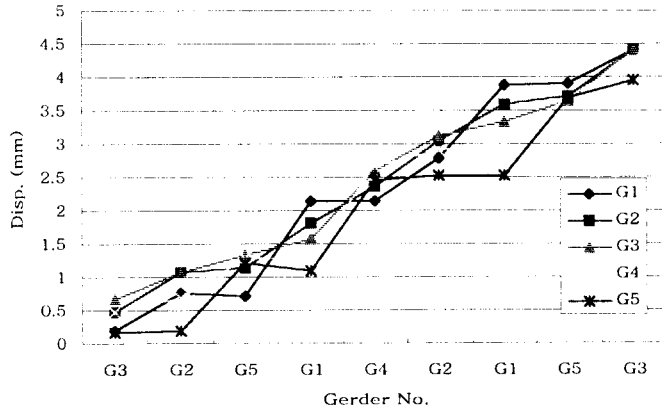


그림 3 외부 프리스트레스힘을 거더의 중앙부터 도입한 경우

4. 결론

- (1) 긴장하는 순서는 도입되는 외부 프리스트레스힘의 의한 바닥판의 응력상태를 고려하여 긴장하는 것이 보강 대상구조물의 손상을 줄이는 방법이다.
- (2) 연속화와 외부 프리스트레스힘에 의해 주형 하부의 휨응력은 줄어들고, 슬래브의 두께 증가에 따라 강성이 증가되어 교량의 진동도 감소되었다.
- (3) 1회에 프리스트레스를 전부 도입하는 경우보다 도입력을 분할하여 긴장함에 따라서 회복되는 슛음량이 다르며, 보강 교량바닥판의 응력상태와 분배효과도 많은 차이가 난다.
- (4) 연속화에 의해 신축이음부 개소의 감소로 차량의 주행성이 개선되는 효과도 나타났다.

참고문헌

- 1) E.G. Burdette and D.W. Goodpasture, "Correlation of Bridge Load Capacity Estimates with Test Data," National Cooperative Highway Research Program, Report No.306, 1988.6
- 2) M.A. Ketchum, "Redistribution of Stresses in Segmentally Erected Prestressed Concrete Bridges," UCB/SESM Report No. 86-07, 1986. 5