

외부긴장재를 이용한 프리스트레스트 콘크리트 거더교의 성능평가

Performance Evaluation of Prestressed Concrete Girder Bridges by External Tendon

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

ABSTRACT

The analysis and design of composite girders prestressed by external tendons involve difficulties related mainly to the position of anchorages and the construction sequences.

In this paper, the efficiency of the external tendon profiles and the position of anchorages is examined for the internal and external prestressing of statically indeterminate structures. It is shown that strengthening of a prestressed girder can be accomplished using a variety of methods; bonded external prestressing, tendon replacement and unbonded external prestressing.

1. 서론

현재 국내에서 가장 많이 시공된 보강공법은 강판 접착공법이며, 그 밖에 보 또는 기둥의 증설공법, 단면 증설공법, 세로보 증설 및 가로보 증설공법, 탄소·유리·아라미드섬유 부착공법, 외부 프리스트레스트 도입공법 등이 있다.

이러한 공법중 외부 긴장력 도입공법을 제외하고는 대부분의 보강공법이 구조물의 일부분을 복원시키는 방법인 반면, 외부 긴장력 도입공법은 기존 구조물의 부재력이나 내하력을 향상시켜 구조물 전체를 보강하는 공법이라 할 수 있다.

정착장치의 설치방법에 따라 전단지지방식, 지압지지방식, 마찰지지방식, 복합지지방식 등으로 분류할 수 있으며 이러한 정착장치의 구조와 설치위치에 따라 하중전달 및 보강효과에 있어 상당한 차이를 보이고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 정착구 설치방법에 따른 특성을 분석하고 효과적인 보강방법을 제시하고자 한다.

* 정회원, 충남대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 충주대학교 교수

*** 정회원, 충남대학교 토목공학과 대학원

2. 보강 개요

외부 텐던 방식의 정착구 설치방식에 따라 대표적으로 가) 전단지지방식 나) 지압지지방식 다) 마찰지지방식 라) 복합지지방식 등이 사용되고 있으나, 이들 정착방식은 정착구의 구조와 설치위치에 따라 하중전달개념이 상당히 차이를 보이고 있으며, 그 특징 및 장·단점은 다음과 같다.

2.1 전단지지방식

전단지지방식은 PS 강재의 긴장력(P)에 대하여, 앵커볼트의 전단력으로 지지시키는 방식으로 긴장력이 증가함에 따라 앵커볼트의 개수가 늘어나게 된다.

전단지지방식은 텐던의 인장력에 해당하는 양의 철근을 보강 구조체에 매입시켜 정착블럭을 형성시킨 다음에 여기에 지압판을 설치하여 시공하는 방식으로 철근 대신 anchor bolt를 사용하는 경우도 있다.

전단지지방식의 특징은 다음과 같다.

(1) 장 점

- ① 자재의 구입이 용이하며 시공이 간단하다.
- ② 과거 시공경험이 풍부하다.

(2) 단 점

- ① 보강을 요하는 경우 대부분 콘크리트의 강도가 부실하며 이로 인한 앵커볼트의 전단내력 저하의 우려가 높다.
- ② 기존 구조물의 콘크리트 강도가 작을 경우 앵커볼트가 뿔쳐 파괴될 가능성이 크다.
- ③ 앵커볼트 설치를 위해 드릴(drill) 작업시 기존 구조체에 손상을 줄 우려가 높다.
- ④ 앵커볼트의 설치의 한계에 따른 도입 가능한 긴장력의 한계가 있다.
- ⑤ 긴장력에 대한 소요 앵커 볼트의 개수가 많아 정착구의 크기가 커지게 된다.

2.2 지압지지방식

지압지지방식은 구조체 단부에 강(Steel)으로 제작된 □ 모양의 정착장치를 설치하고, 외부 프리스트레스힘을 보강하려는 구조물의 단부에서 전달시키는 방식으로 구조물 단부의 충분한 지압용력과 정착구 설치를 위한 작업공간의 확보가 되어야 시공이 가능하다. 외부 프리스트레스를 도입하기 위하여 정착구를 PSC보 단부에 설치하는 것은 내부의 PS 스트랜드의 집중배치로 인한 응력 집중과 보강철근의 밀집, Shoe의 설치로 인한 3축응력 등, 매우 민감한 부위로 앵커볼트를 설치하기 위하여 PSC보 단부에 함부로 손상을 주는 것은 단부에 국부적 파괴를 유발시킬 수 있으며 이로 인한 Shoe 지지부 파괴시 주형의 침하와 기울어짐이 발생할 우려가 높다. 따라서, 보강 공사시 가능한한 기존 PS 스트랜드가 밀집된 곳을 피하여 보강부재를 설치하는 것이 안전하며 기존 구조물에 대한 손상을 최소화하는 것이 무엇보다도 가장 중요하다.

지압지지방식의 특징은 다음과 같다.

(1) 장 점

- ① 보강효과가 가장 확실하다.
- ② 긴장효과를 전 SPAN에 균등하게 줄 수 있다.
- ③ 적은 비용으로 빔의 강성증대 효과를 준다.
- ④ 정착자켓이 빔단부를 감싸므로 큰 긴장력에도 거는 안전하다.

(2) 단 점

- ① 정착구 설치단부의 작업(설치 및 인장)공간이 충분히 확보되어야만 한다.
- ② 텐던의 긴장력에 대한 보 단부의 충분한 강도가 확보되어야 한다.
- ③ 텐던 긴장시 정착구에 변형이 발생하지 않아야 한다.
- ④ 지압판의 두께가 얇은 경우 prying effect에 의하여 변형되어 보강효과를 저감시킬 수 있다.
- ⑤ PSC빔과 빔사이에 철판이 삽입되는 구조가 되므로, 교량의 신축, 팽창거동이 제약을 받는다.
- ⑥ 현장 용접시공시 철저한 품질관리가 요구된다.



그림 1 지압지지 방법에 의한 외부 프리스트레스 도입

2.3 마찰지지방식

정착구를 PSC보 내부의 PS강재가 집중적으로 배치되지 않은 곳에 설치하기 위하여 보 단부에서 약 4~5m 떨어진 곳에 설치하며, 텐던의 긴장력에 상응하는 마찰력을 유발시키기 위하여 PS강봉으로 정착구와 기존 구조물을 긴장시키는 방식이다.

정착장치는 강재(Steel), 프리캐스트 콘크리트 및 현장치기 콘크리트로 제작된다. 우리나라의 보강형태는 모두 강재(Steel)로 시공되었다.

마찰 지지방식의 특징은 다음과 같다.

(1) 장 점

- ① 강재로 제작한 경우에는 정착구의 크기가 작으며, 다른 방식에 비하여 무게가 가볍다.
- ② 기존 구조체의 손상을 최소화 할 수 있다.
- ③ 공사기간이 짧고 공사비가 저렴하다.
- ④ 외관이 양호하며 유지관리가 용이하다.
- ⑤ 큰 힘의 프리스트레스력 도입이 가능하다.
- ⑥ 작업이 간단하며, 교통에 관계없이 작업이 가능하다.

(2) 단 점

- ① PS 강봉의 가격이 고가이다.
- ② 시공에 있어 전문 기술을 요한다.
- ③ 긴장재의 최종지점이 교각까지 연장되지 않으므로 정착장치와 지점사이의 응력분포와 안전성에 대한 검토가 필요하다.
- ④ 한 경간의 길이가 25m이내인 경우 텐던의 새들을 중앙에 1개소만 설치하여 긴장 각도가 커 압축력을 적게, 상향력은 크게 작용하여 기존 강선의 응력이 손실될 수 있다.
- ⑤ 편향장치(Deviator)에 집중응력이 발생하여 상부에 균열이 발생할 우려가 있다.



그림 2 마찰지지 방법에 의한 외부 프리스트레스 도입

3. 보강효과

다음 그림 3은 DB-18하중으로 설계되고 공용년수가 약 20년이 경과한 지간이 30m인 교량을 마찰지지 방법을 사용하여 긴장할때의 솟음량을 측정된 것이다.

내하력을 증가시키기 위한 외부 프리스트레스 도입에 사용한 PS강재는 직경 15.2mm이며, 거더 한쪽 에 Strand를 4개씩 사용하였으며 도입력은 거더 한쪽면에 64tonf씩 도입하였고, 긴장순서는 거더 1부 터 차례로 긴장하였으며, 도입력은 세 번에 분할하여 도입하였다.

그림 4는 지압지지방식과 연속화에 의해 시공된 지간이 25m인 교량의 솟음량을 측정된 것이고, 도입 력은 50tonf을 2번에 나누어 도입하였다.

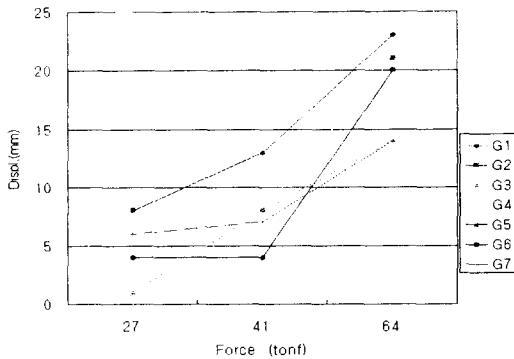


그림 3 마찰지지 방법에 의한 솟음량

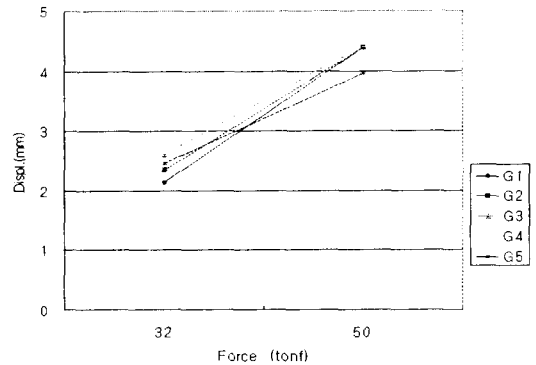


그림 4 지압지지방법과 연속화에 의한 솟음량

4. 결론

- (1) 교량의 보강 공법중 내하력을 가장 확실하게 증가시키는 공법인 외부 프리스트레스의 도입공법에 대한 각 정착장치에 대한 특성을 고찰하였다.
- (2) 기존의 구조물에 가장 손상을 적게 하는 것이 무엇보다 중요하며, 교량의 성능향상을 위해서는 사전에 미리 보강 대상교량의 상태를 파악하여 가장 최적의 방안이 무엇인지 선택해야 할 것이다.
- (3) 정착방법에 따른 외부 프리스트레스 도입 방법에 의해 보강공사시 프리스트레스의 도입단계부터 용력의 분배를 고려하여 기존 구조물에 과도한 힘이 발생되지 않도록 긴장순서나 도입방법에 대한 검토를 실시해야 한다.

참고문헌

- 1) National Construction Research Institute, "Safety Evaluation of Existing Bridges," Ministry of Construction, No. 519, 1991, 12.
- 2) Dunker, K. F., "Strengthening of Simple Span Composite Bridges by Post-Tensioning," Iowa State University, 1985
- 3) Chen, W. F., Plasticity in Reinforced Concrete, McGraw-Hill Book Company, 1982.
- 4) M.A. Ketchum, "Redistribution of Stresses in Segmentally Erected Prestressed Concrete Bridges," UCB/SESM, Report No. 86-07, 1986. 5