

슬래브교 네트형 외부강선 보강 공법의 실험적 연구

A Study of Net Type External Prestress Strengthening Method for Slab Bridges

한만엽* 신재우*** 강태현*** 진경석** 강상훈***
Han, Man-Yup Shin, Jae-Woo Kang, Tae-Heon Jin, Kyung-Suk Kang, Sang-Hun

ABSTRACT

External pre-stressing strengthening method is the most popular way to strengthen concrete structures because of its efficiency and economic advantage. The laboratory test was performed to reinforce the slab bridge with the external tendon strengthening by longitudinally and transversally, which is concerned with formal feature of slab bridge, generally. Based on this test, anchoring device to strengthen the external tendon strengthening method was established and its strengthening effects were verified by evaluating the load bearing capacity.

1. 서론

우리 나라의 교량 분포 특성을 보면 전국 교량 중에서 RC슬래브교로 시공된 교량이 전체의 대략 60%로 과반수를 훨씬 넘고 있으며 기존 RC슬래브교 보강 공법은 막대한 공사비와 인력 및 공사기간이 소요, 차량을 완전히 통제해야 하는 문제점이 있어 현재는 널리 사용되지 못하고 있다. 이에 반해 프리스트레싱을 이용한 공법은 기존 구체물에 대한 적응성과 보강효율이 높아서 다양한 구조물의 보강에 활발하게 이용되고 있다. 따라서 본 논문에서는 구조체에 대한 적응성과 보강효율이 높은 외부 프리스트레싱 도입 공법을 이용하여 슬래브 교량을 보강하려고 한다. 종래의 슬래브교 보강에서 나아가 슬래브교의 형식적 특성을 고려하여 종·횡 양 방향으로 외부 프리스트레싱을 도입하기 위해 외부 프리스트레싱 보강용 정착장치를 개발하고 그 성능개선 효과를 제시하였다.

2. 외부강선 보강 공법의 개념

본 연구는 이전의 슬래브교 외부 강선 보강 공법의 단점을 개선한 새로운 방식의 슬래브교 외부 강선 보강 공법을 개발하고 이에 적합한 정착장치를 설계하여 슬래브교의 내하력과 안정성을 확인하는데 그 목적이 있다.

* 정회원, 아주대학교 건설시스템공학과 정교수

** 정회원, 아주대학교 건설시스템공학과 박사과정

*** 정회원, 아주대학교 건설시스템공학과 석사과정

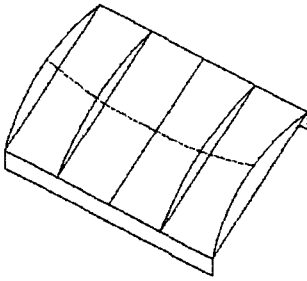


그림 1 종방향 보강 슬래브

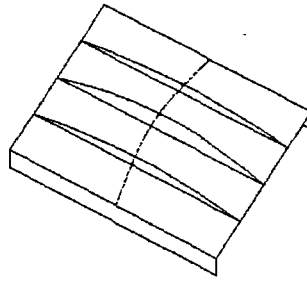


그림 2 횡방향 보강 슬래브

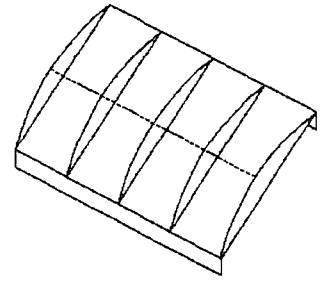


그림 3 양방향 보강 슬래브

본 보강 공법은 중앙부 처짐을 막기 위해서 그림1 에서와 같이 기존의 거더교에서 많이 사용되는 종방향 외부강선으로 슬래브교를 보강한 그림을 나타내고 있다. 이러한 종방향 외부 강선 보강 방법으로 슬래브가 충분히 보강 될 경우 종방향 외부강선 만으로도 슬래브를 보강 할 수 있다고 할 수 있다. 그러나 폭이 넓은 슬래브의 특성을 감안해 볼 때 종방향 외부강선 만으로 슬래브를 보강할 경우 중앙부의 처짐을 보강하기 위해 더욱 큰 보강력을 필요로 할 것이며, 그에 따른 정착장치나 정착장치 정착부에 큰 무리가 따를 것이다. 그림 2 에서는 횡방향으로만 슬래브를 보강한 형상이다. 이 형상은 중앙부의 처짐의 보강에는 효과가 있으나, 차량진행 방향에 의한 원 슬래브의 처짐보강에는 그 효과가 의문시 된다고 할 수 있다. 따라서 그림 3 에서는 종방향과 횡방향의 외부 강선의 효과를 적절히 이용하고자 종·횡 양방향(네트형)으로 보강을 하여 종방향과 횡방향에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하려고 하였다.

3. 실험

이를 위해 다음과 같은 실험을 실시하였다. 종·횡방향 외부강선 보강공법의 내하력을 평가하고 발생될 수 있는 문제점을 발견, 보완하기 위하여 설계된 정착장치를 실 교량에 사용되는 정착장치와 동일한 형상의 시험체를 제작하여 실험, 검증하였다. 슬래브의 내하력 크기와 각 부분별 거동의 측정을 위해 Strain gauge와 변위계를 설치하였으며, 강선 긴장량과 하중가력을 측정하기 위하여 Load Cell을 사용하였다. 또한, 외부강선 보강 효과를 위하여 실험용 정착장치를 제작하였다. 실험 대상 슬래브는 주철근 D16철근을 160@15 배근하였으며, 배력철근은 D16철근을 320@8을 배근하여 제작하였다. 콘크리트의 압축강도는 170kgf/cm²과 철근의 강도는 4000kgf/cm²를 사용하였다. 시험체(3.6m×2.4m×0.2m)는 총 3세트 3개를 제작하여 3회 실시하였다. 슬래브에 직선 배치된 횡방향 강선의 긴장을 위해 중앙부 정착장치를 제작하였다. 강선을 중심으로 유압실린더와 로드셀을 배치하여 편심에 대하여 안전하도록 하였으며, 압축보강판을 사용하여 실린더의 압축에 대하여 보강하였다. 슬래브의 양끝은 실린더와 로드셀을 배치하여 강선의 긴장량을 측정할 수 있도록 하였다. 또한 절곡 배치된 종방향 강선의 긴장을 위해 단부 정착장치를 제작하였다. 강선을 중심으로 유압실린더와 로드셀을 배치시키기 위해 강선의 경사각 만큼 정착장치에 경사를 주어 편심에 대하여 안전하도록 하였다. 횡방향과 마찬가지로 슬래브의 양끝은 실린더와 로드셀을 배치하여 강선의 긴장량을 측정할 수 있도록 하였다. 지름 12.7mm의 강선을 횡방향 2가닥, 종방향에 각2개씩 4가닥을 사용하였다. 그림 4는 슬래브 시험체 하중 가력의 정면도와 측면도이며, 그림 5은 슬래브에 배치된 강선과 정착장치의 개념도 이다. 본 실험에서는 재하점을 집중하중(C), 1/2 선형하중(L), 1/4편심하중(Q)을 주어 재하점에 따른 슬래브에 미치는 영향력을 고려하였으며 본 실험의 순서는 다음과 같다.

- ① P_y 까지 가력하여 하중, 처짐, 측정 ② unloading ③ PS 보강 (P_{cr} 까지) 한다. ④ 보강 후 P_y 까지 재하 ⑤ unloading

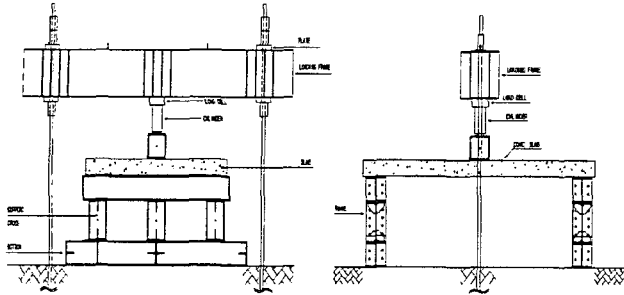


그림 4 시험체의 하중 가력 개념도

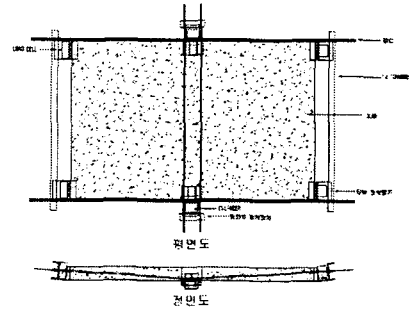


그림 5 정착장치 및 강선배치 개념도

4. 실험결과 및 분석

그림 6은 3가지 하중 조건중 집중하중에 대한 보강 전후의 하중 처짐 비교 그래프이다. 무보강 슬래브의 경우 횡방향에 대한 집중하중 21t에 의한 중앙 처짐이 25.2mm 발생하였고 보강 후 같은 집중하중 21t 가력시 23.74mm 발생하였다. 같은 하중에 대하여 보강에 따른 처짐의 감소를 나타내고 있으며, 무보강의 경우 극한 하중 21t에 비하여 보강 후 극한하중이 25.5t으로 내하력이 증가됨을 보여주고 있다

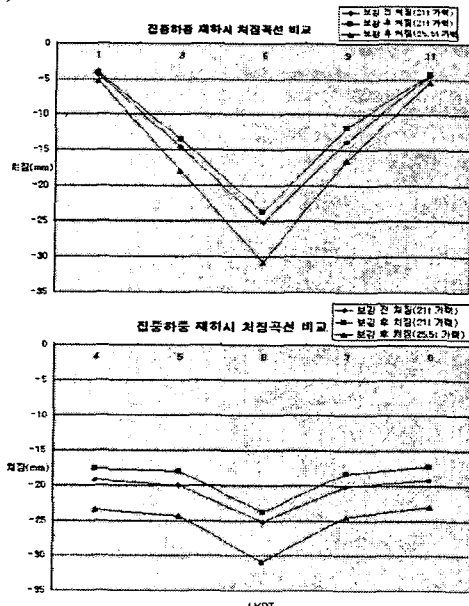


그림 6 집중하중 재하시 횡방향(상)과 종방향(하)의 보강전후 처짐비교

표 1은 하중조건에 따른 보강 효과를 비교한 표이다. 1/2집중하중의 경우 보강 후 최대하중이 4.5t 증가한 것에 비해 기타 하중조건은 각각 9t과 10t으로 편심하중에 대한 보강 효과가 더 큰 것으로 나타났으며, 최대 처짐 또한 1/2집중하중의 경우 1.38mm의 줄음이 발생하였으나 기타 편심하

표 3 하중조건에 따른 실험결과 비교

		최대 하중 (t)	최대 처짐 (mm)	최대인장 변형률 (μ)	최대압축 변형률 (μ)
1/2 집중하중	실험보강전 (보강후)	21	10.25 (8.87)	29657 (23654)	-354 (-384)
	보강전후 차이값	(25.5)	1.38	6003	-31
1/4 편기된 집중하중	실험보강전 (보강후)	20	8.89 (5.49)	25443 (23065)	-104 (-823)
	보강전후 차이값	(29)	3.30	1378	-719
1/2 편기된 선하중	실험보강전 (보강후)	18	8.61 (5.32)	28702 (20704)	
	보강전후 차이값	(28)	3.29	7998	

중에 대하여 각각 5.49mm, 5.32mm의 솟음이 발생하였으므로 본 실험의 경우 실제 슬래브교에서의 편심 하중에 대하여 큰 효과가 있음을 보여주고 있다.

5. 결론

본 연구는 종·횡방향 외부강선을 통해 보다 효율적으로 슬래브교를 보강하는 공법을 제시하였다. 실험에서 얻은 하중-처짐의 관계를 통해 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- 1) 본 연구는 양방향 강선을 이용하여 슬래브교를 보다 효율적으로 보강 할 수 있는 종·횡방향 외부강선 공법을 개발 하였다.
- 2) 외부 강선 보강 전, 후의 처짐을 비교해 볼 때 적게는 15%에서 많게는 65% 정도 처짐이 감소 하였음을 알 수 있다.
- 3) 슬래브에 처짐을 제어하기 위해 종방향 강선과 횡방향 강선을 긴장하여 Pcr만큼 보강하였을 때, 기존의 처짐이 제어되었으며, 특히 횡방향 강선을 이용하여 슬래브 자체적으로 하중을 받는 하중 분배 현상을 제어하여, 지점에 부담을 줄 일 것으로 사료된다.
- 4) 실제 시공 시에는 정착장치에 앵커볼트를 통한 정착장치를 고정하는 작업이 실행되어 앵커볼트의 과도한 사용으로 원 교량에 손상을 주며, 정착장치의 파괴에 의한 문제 보다는 앵커 볼트 인발에 의한 문제점이 더욱 부각되어있다. 그러나 네트형 외부강선 보강공법에 사용된 정착장치는 앵커 볼트로 고정하지 않고 사용할 수 있으므로 정착장치에 미치는 힘을 분산할 수 있어 정착장치에 의해 발생하는 문제점을 경감 시킬 수 있다. 따라서 보강 시 그 시공성과 적용성이 뛰어난 것으로 판단된다.
- 5) 외부 강선 보강의 특성상 이후의 재강선 긴장으로 재보강이 가능하며, 외부에서 보강 상태를 확인 할 수 있기 때문에 시공 이후에 사후 관리가 쉬울 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(C103A2000005-05A0200-00430) 지원으로 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고 문헌

1. “교량 현황 조서”, 건설교통부, 2004
2. “콘크리트 구조물의 보수 핸드북”, 건설도서, pp.511-514, 1996.
3. 한만엽, 이상열 “슬래브교 외부강선 보강을 위한 앵커기 정착장치의 개발연구”, 학술논문, pp9-20, 2002.2
4. 안원호 외, “콘크리트 교량의 보수·보강방법의 표준화”, 건설교통부 시설안전관리공단, pp.9-277, 1999.12.
5. 추영춘, “콘크리트의 균열조사, 보수·보강지침” pp.89-116, 1992.
6. 한만엽, 이재형, “외부프리스트레스트 보강 공법에 사용되는 단부 브라켓의 개발 연구”, 한국 콘크리트학회 봄 학술 발표회 논문집, 제11권 1호, pp.721-726, 1999.5
7. 한만엽, 김상완 “연속교 외부강선 보강을 위한 정착장치 개발연구” pp30-31, 아주대학교 2002
8. 한만엽, 이상숙, “외부 강선 보강 공법의 실패량 시공 사례 연구”, pp357-360, 2004.11
9. 한만엽, “외부강선 보강의 신기술, 신공법”, 구조보강 연구회, 2001. 6, pp165-188