

외부강선을 이용한 연속교 보강공법의 실험적 연구

An Experimental study of External Prestress Strengthening Method for continuous bridges

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

ABSTRACT

This study is for the strengthening method of continuous bridge through external tendon strengthening that is the most general and effective among concrete bridge's strengthening method. Recently, it is numerous that slab's parts between spans have continuity for improving trafficable ability. However, in this case, slab would have a crack; bridge's durability would be damaged, and also it is too difficult to manage and maintain bridge due to the tensile strength of negative moment. Therefore, the purpose of this study is to demonstrate load-carrying through experiments and develop new external pre-stressing strengthening method for reinforcing continuous bridge.

1. 서론

최근 교량건설의 추세는 장경간 교량을 시공하는 방향으로 옮겨가고 있다. 우리나라는 아직까지 연속교 보다는 단순교가 많은 것이 사실이나, 단경간 구조물을 연속화 시키는 교량의 수가 증가하고 있음을 볼 때 효율적인 연속교의 보강공법 개발이 절실한 실정이다. 현재 연속교의 보강공법은 실제 시공에서 보편화된 방법을 찾기가 힘들다.

따라서 본 연구에서는 연속교에서 발생하는 정·부모멘트의 인장력으로 인한 교량의 피해를 효율적으로 줄일 수 있는 새로운 연속교 외부강선 보강공법을 개발하고자 다음과 같은 실험을 수행하였으며, 이에 따른 보강효과를 제시하고자 한다.

2. 연속교 외부강선 보강공법의 개념

연속교 외부강선 보강공법은 그림 1과 같이 양단부 정착장치, 새들(Saddle), 디비에이터(Deviator), 그리고 중앙부 정착장치로 구성되어 있다. 새들은 긴장력이 가해지면 외부강선이 각 보의 중앙부를 들어 올리도록 외부강선을 고정하며, 보와 보를 연결하는 연결부에서 외부강선의 압축력을 견디도록 고정하는 디비에이터와

* 정회원, 아주대학교 건설시스템공학과 정교수

** 정회원, 아주대학교 건설시스템공학과 박사과정

*** 정회원, 아주대학교 건설시스템공학과 석사과정

중앙부에서 외부강선의 한쪽 끝을 고정하는 중앙부 정착장치로 이루지는 것을 특징으로 한다. 디비에이터와 중앙부 정착장치까지 직선 연결되는 외부강선은 지점부 상단에서 교차하므로 긴장량의 두배가 작용하며, 부모멘트로 인한 인장력을 감소시킨다.

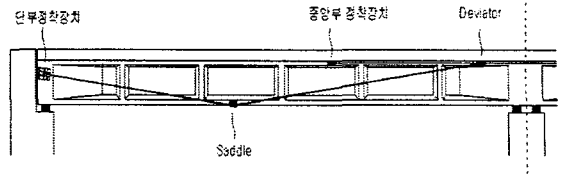


그림 1 연속교 외부강선 보강공법의 구성

3. 시험체 제작 및 실험 방법

3.1 시험체 제작

본 연구에 사용된 시험체는 그림 2와 같이 폭 0.2m, 높이 0.6m, 길이 3.4m의 단순보 2세트를 직선 배치한 후 폭 0.6m, 높이 0.1m의 슬래브를 일체로 타설하여 지간길이 6.8m의 2경간 연속보 시험체를 제작하였다. 실험에 사용된 철근 및 콘크리트의 물성치는 표 1과 같다.

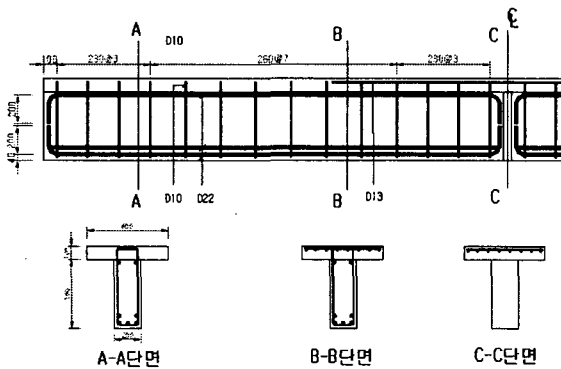


그림 2 시험체 단면형상 및 배근상세

표 1 시험체에 사용된 콘크리트 및 철근의 물성치

콘크리트 압축강도 (MPa)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	인장 및 압축철근 항복강도 (MPa)	전단철근 항복강도 (MPa)
24.6	12.9	3.2	400	300

3.2 긴장 및 계측방법

본 실험에 대한 긴장 및 계측에 대한 개념은 그림 3과 같다. 강선의 긴장은 시험체의 양 끝에 강선을 고정시킨 c-channel과 실린더 사이에 로드셀을 배치하여 긴장량을 측정하였다. 기타 정착장치와 강선의 배치는 그림 3과 같다. 강선은 SWPC 7B 7연선12.7mm 강선을 1가닥씩 보의 양측면에 사용하였다.

시험체의 처짐은 한 경간에 대하여 LVDT를 5개씩 총10개 배치하여 측정하였고 시험체의 최대모멘트가 발생하는 인장철근에 strain gauge를 각각 2개씩 총6개 부착하여 보강에 따른 효과를 비교할 수 있도록 하였다. 하중은 최대 정모멘트를 발생시키는 위치에 실린더와 로드셀을 이용하여 그림 3과 같이 집중하중으로 가력하였다.

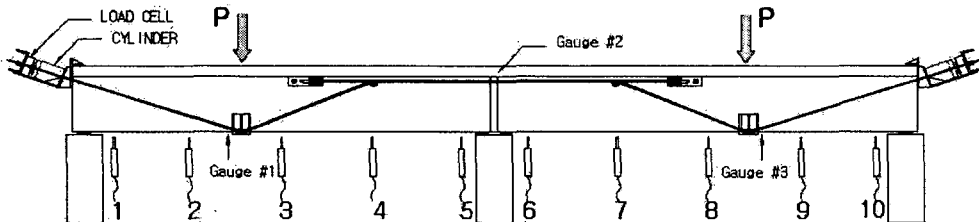


그림 3 시험체 긴장 및 계측 개념도

3.3 실험 순서

본 실험의 순서는 표 2와 같이 5단계로 진행된다.

강선의 긴장량 32t은 보의 양 측면에 대한 긴장량이며, P_y 에 대한 무보강과 보강의 측정치와 보강에 따른 솟음량을 측정하여 비교분석하였다.

표 2 시험체 긴장 및 계속 개념도

순서	내용
1	P_y 까지 가력 (한 경간에 38t씩 가력→처짐, 변형률 측정)
2	Unloading (보강전 처짐, 변형률 측정)
3	외부강선보강 (32t 긴장→솟음량, 변형률 측정)
4	보강 후 P_y 까지 가력 (처짐, 변형률 측정)
5	Unloading

4. 실험결과 및 분석

본 실험에 대한 결과는 표 3과 같다. 표 3은 38t 가력에 대하여 보강전·후의 측정값 비교와 긴장에 따른 솟음량과 변형률에 대한 비교를 보여주고 있다. 처짐은 한 경간의 최대처짐값을 가지는 LVDT 3번과 8번을 대표값으로 나타내었고, 변형률은 실험중 손상된 strain gauge를 제외한 나머지의 평균값을 나타내었다.

38t 가력시 무보강의 경우 최대 19.07mm의 처짐이 발생한 반면, 보강의 경우 11.67mm의 처짐이 발생하여 최대 7.4mm만큼의 차이값을 나타내었다. 그림 4는 보강 전·후의 연속교처짐 형상을 비교하여 나타낸 그림이다. 또한, 강선 긴장 전후 처짐값을 비교하여 솟음량을 측정된 결과 경간중앙에서 최대 4.45mm의 솟음을 보였다. 그림 5는 긴장 전 처짐과 긴장에 따른 솟음을 비교하여 나타낸 그래프이다.

표 3 실험결과 비교

	P_y (38t) 가력시		증감	긴장에 따른 솟음량 및 변형률비교		증감
	보강 전	보강 후		긴장 전	긴장 후	
L #3 (mm)	-18.87	-11.82	7.05	-8.66	-4.21	4.45
L #8 (mm)	-19.07	-11.67	7.40	-8.24	-4.08	4.16
SG #1 (μ)	1381	223	-1158	291	-437	-728
SG #2 (μ)	712	-309	-1021	28	-376	-404
SG #3 (μ)	1468	467	-1001	151	-496	-647

(※ 표기 : LVDT → L, strain gauge → SG)

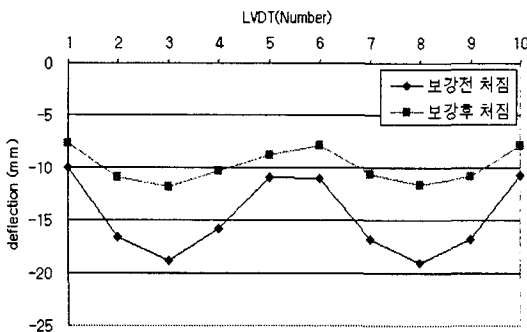


그림 4 P_y (38t) 가력시 보강 전·후 처짐 비교

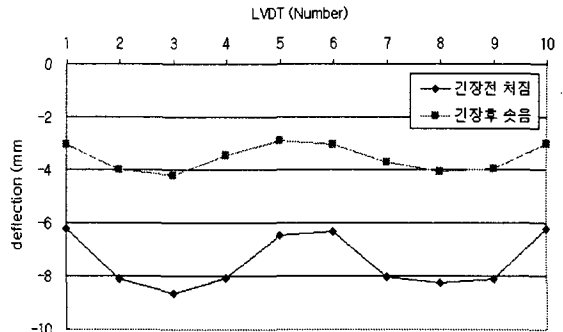


그림 5 긴장 후 솟음량 비교

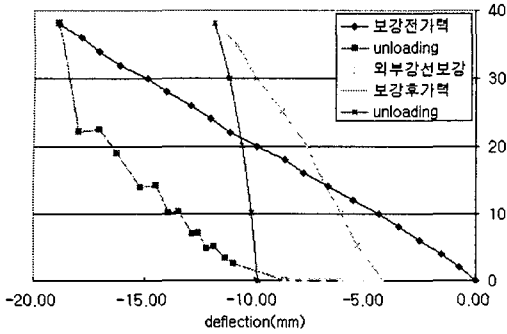


그림 6 실험순서에 따른 처짐 비교 (L #3)

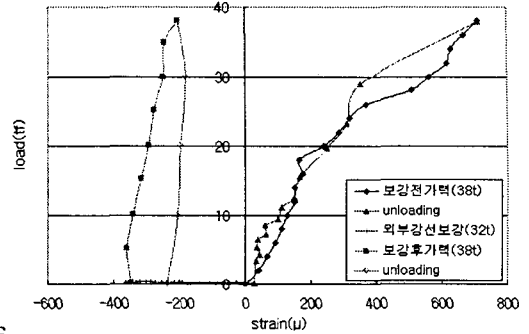


그림 7 실험순서에 따른 변형률 비교 (SG #2)

그림 6
은 실

험순서에 따른 처짐(L #3)의 변화를 나타내고 있으며, 보강과 무보강의 비교와 함께 강선 긴장에 의한
 솟음을 보여주고 있다. 경간 중앙 하단의 인장축 변형률(SG #1, SG #3)은 38t 가력 시 보강 전·후
 1000 μ 이상의 차이를 보이고 있으며, 강선 긴장 후 인장력에서 압축력으로 약 700 μ 의 변형률이 증가
 함을 보이고 있다. 또한, 경간 사이 지점부 상단의 인장축의 변형률(SG #2)은 직선 배치된 강선의 긴
 장으로 인해 376 μ 의 압축변형률을 발생 시켰으며, 보강 후 38t 가력 시 압축력이 지속적으로 유지되고
 있음을 보여주고 있다. 그림 7은 실험순서에 따른 변형률(SG #2)의 변화를 나타내고 있으며, 보강과
 무보강의 비교와 함께 긴장에 따른 압축변형률의 증가를 보여주고 있다.

5. 결론

본 연구는 연속교 외부강선 보강실험을 통해 보다 효율적으로 연속교를 보강하는 공법을 제시하였
 다. 실험에서 얻은 하중과 처짐, 변형률의 관계를 통해 다음과 같은 결론에 도달하였다.

- 1) 본 연구는 2경간 이상의 연속교에 대하여 보다 효율적인 연속교 외부강선 보강공법을 개발 하였다.
- 2) 외부강선 보강 전·후의 처짐 비교 시 약 40% 정도의 처짐이 감소함을 알 수 있다.
- 3) 인장력이 발생하는 부분의 보강 후 변형률이 보강 전 변형률보다 약 70% 정도 적게 나타났다.
 이는 외부강선에 의한 하중 부담률이 높아 보 자체의 하중분배를 감소시킨 것으로 사료된다.
- 4) 직선 배치된 강선의 보강에 의해 경간사이 지점부 상단의 인장력이 압축력으로 바뀌어, 슬래브
 상단의 균열 억제에 매우 큰 효과가 있을 것으로 판단된다
- 5) 외부 강선 보강의 특성상 이후의 재강선 긴장으로 재 보강이 가능하며, 외부에서 보강 상태를 확
 인 할 수 있기 때문에 시공 이후에 사후 관리가 쉬울 것으로 사료된다.

감사의 글

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

참고 문헌

1. 안원호 외, "콘크리트 교량의 보수·보강방법의 표준화", 건설교통부 시설안전관리공단, pp.9-277, 1999.12.
2. 한만엽, 김상완 "연속교 외부강선 보강을 위한 정착장치 개발연구" pp30-31, 아주대학교 2002
3. 한만엽, 이상욱, "외부 강선 보강 공법의 실교량 시공 사례 연구", pp357-360, 2004.11
4. 한만엽, "외부강선 보강의 신기술, 신공법", 구조보강 연구회, 2001. 6, pp165-18