

# 네트형 슬래브교 외부강선 보강공법의 실험적 연구

## An Experimental Study on the Net Type Prestress Strengthening Method for Slab Bridges

한만엽\*  
Han, Man Yop

황태정\*\*  
Hwang, Tae Jeong

---

### ABSTRACT

This study is to develop a strengthening method for RC slab bridges and rigid-frame bridges with external prestressing. In this study, we design the slab specimen that have a strength of the DB-13 and set up the longitudinal tendons placed on both side of slab strengthens the whole bridge, and lateral tendons placed under the slab strengthens the middle of slab, and conveys the load at middle slab to both sides. Structural analysis for the tensile force for strengthening were analysed and we know that displacement and strain was improved from this test. This method has no upward roof work, so it is very convenient for installing. And no spaces under the slab are need, so it is good for shallow slabs which has less space under the slab.

---

### 1. 서론

슬래브교는 단기간 소형 교량에 적합한 가장 보편적인 형식으로서, 우리 나라의 지형적 특성에 적합하여 현 교량의 50% 이상을 차지하고 있다. 또한 슬래브교는 교량 건설 초기 부터 건설된 교량이 많기 때문에 노후화 되었으며, 대부분 낮은 내하력을 가진 교량으로 설계, 건설되어 있어, 중차량의 증가에 의한 균열과 처짐의 문제가 발생하는 현재의 상황을 반영해 볼 때 보강 대상 교량의 80%을 차지하고 있을 만큼 그 중요성이 대두되고 있다. 이에 따라 다양한 슬래브교의 보강공법이 개발되고 사용되고 있으나, 대부분의 방법들이 각각의 장·단점을 갖고 있기 때문에 가장 두드러진 장점을 갖고 있는 방법을 찾기 힘들다. 따라서 본 연구에서는 이런 슬래브교의 보강에 관한 문제점을 해결하기 위해 네트형 외부 강선 보강 공법을 제시하고 그 실험 결과를 제시하고자 한다. 본 보강공법은 손상된 슬래브 교량에 강선을 이용한 외부 프리스트레싱 방법을 사용하고 있다. 특징적인 보강방법으로 슬래브의 측면에 정착장치를 설치하고 프리스트레싱을 도입하여 일차적으로 슬래브교를 보강하고 이차적으로는 슬래브교의 횡방향으로 슬래브교 하면에 외부 강선을 설치함으로써 슬래브교의 종·횡방향 길이 특성을 고려한 보강 공법이다. 본 공법의 시험을 위하여 DB-13의 내하력을 가진 시험용 시편 5기를

---

\* 정회원, 아주대학교 토목공학과 교수

\*\* 정회원, 아주대학교 석사과정

만들어 하중재하, 하중제거, 중방향 측면 강선 보강, 횡방향 측면 강선 보강, 하중 재 재하, 하중제거, 중·횡방향 강선 제거 순으로 실험을 진행하였으며, 이에 따른 P- $\delta$ , P- $\epsilon$ 의 결과를 통해 본 공법의 타당성에 대해 검증하였다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험체

그림 1은 본 연구에서 실험을 진행하기 위한 시험체를 나타내고 있다. 본 시험체는 DB-13의 내하력을 가진 슬래브 시편으로 설계하였으며, 상부 및 하부의 중앙(C), 1/4편심(Q), 중앙 가장자리(E)에 steel strain gauge를 설치 하였으며, 상부 중앙 가장자리에 concrete strain gauge를 1단 설치하였다. 그림 2에서는 본 실험에서의 하중 가력위치, LVDT의 위치와 중방향 측면강선, 횡방향 중앙부-측면 강선의 위치를 보여주고 있다. 본 실험에 사용된 정착장치는 일반적으로 앵커볼트로 시험체에 고정하는 방법을 사용하지 않고, 단부의 경우 정착장치가 시험체를 감싸는 형태로 반복 사용하였다. 횡방향 측면 강선 보강 정착장치의 경우 중방향의 상향력이 정착에 유리하게 작용하였다.

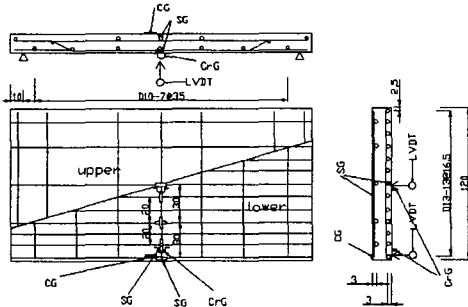


그림 1 실험 슬래브의 배근 및 게이지 부착도면

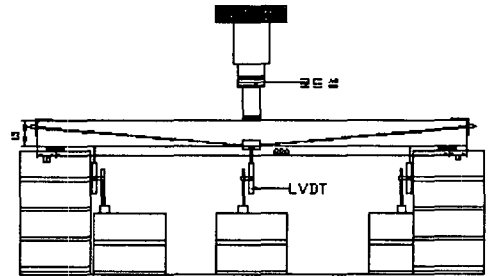


그림 2 슬래브 설치 및 가력

### 2.2 실험체의 구성

실험체의 크기 및 구성은 표 1과 같으며, 강선량과 가력위치를 실험변수로 두어 슬래브 보강에 미치는 영향을 비교하였다. 본 실험에서는 편의상 보강 횡강선을 ILine로 통일하였다. 그러나 실제 슬래브에서는 그 형상에 따라 다수의 횡방향 보강용 강선이 사용 될 수 있음을 밝혀둔다. 콘크리트 구조

표 1 실험체의 크기와 구성

실험체	강선량	가력위치	시험체 크기	비고
S2A-C	2	C(중앙)	(2.4*1.2*0.15)	$P_{cr}=2.64t$
S2A-Q	$2 A_{ps}$	Q(1/4편심)		$P_y=9.5t$
S2A-E	$2 A_{ps}$	E(가장자리)		$P_n=9.9t$
S2A-L	$2 A_{ps}$	L(선형하중)		
SA-Q	$A_{ps}$	Q(1/4편심)		

설계 기준에서 제시한 산정식을 근거로 균열하중, 항복하중, 극한하중을 산정하였으며, 외부 강선 보강은  $P_{cr}$  만큼 보강하여 처짐 제어와 슬래브에 솟음이 유발 될 수 있도록 외부 강선으로 보강하였다.

### 2.3 외부 강선 보강 실험

시험 슬래브의 구조내력을 검토하기 위해 2.4m\*1.2m의 슬래브판을 재하점에 따라 가력 하였으며, 하중 가력은 단순 정방향으로 하였다. 슬래브판 양단에 힌지를 설치하여 지지하였다. 이 때 지점간 거리는 2.2m로 하였다. 슬래브의 전 부분에 걸쳐 10개의 LVDT를 설치하여 슬래브의 처짐을 측정하였다. 실험 순서는 슬래브에 항복 하중까지 가력하여 하중, 처짐을 측정, 이후 하중을 제거하고 외부 강선으로 균열 하중까지 보강 한다. 외부 강선 보강 후 항복하중까지 재 재하 및 하중 제거를 통해 외부 강선 보강효과를 비교, 검토하는 방식을 취하였다.

### 3. 실험 결과 및 분석

(그림 3) 및 (그림 4)는 네트형 외부강선으로 보강시 하중-처짐과 하중에 따른 철근 및 콘크리트의 변형율을 나타내고 있으며, 시험체에 따른 약간의 차이는 있지만 전체적으로 유사한 형태를 나타내고 있다.

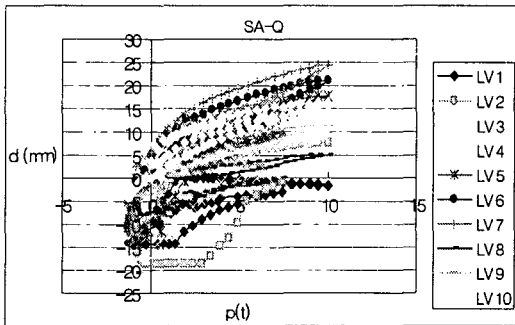


그림 3 실험체 SA-Q의 P- $\delta$  결과

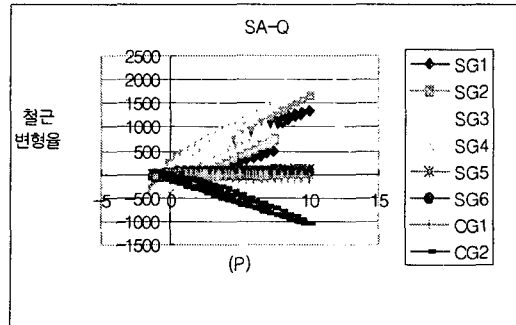


그림 4 실험체 SA-Q의 P- $\epsilon$  결과

표 2 보강 전후의 P- $\delta$ , P- $\epsilon$  비교 결과

실험체명	처짐		변형량	
	보강 전 $\delta/P$ (mm/ton)	보강 후 $\delta/P$	보강 전 $\epsilon/P$	보강 후 $\epsilon/P$
S2A-Q	32 / 11	13.4 / 9.3	18.49 / 11	1226 / 9.3
S2A-E	24.3 / 8.9	22.8 / 8.0	15.77 / 8.9	2.46 / 8.0
S2A-L	16.7 / 9.1	15.3 / 10	878 / 9.1	793 / 10
SA-Q	24.2 / 9.5	16.5 / 9.1	1802 / 9.5	977 / 9.5

<표 2>에서는 보강 전후의 P- $\delta$ , P- $\epsilon$  비교 결과를 나타낸 것이다. 보강 전과 비교해 볼 때 작게는 2-3mm에서 크게는 20mm까지 처짐이 줄어 들었으며, 강선을 이용한 보강으로 철근의 변형이 확연히 줄어 들었음을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 새로운 슬래브교의 보강공법을 제시하고, 이 공법의 장단점과 보강량 산정방법을 검토 후 재하 실험을 통해 본 논문에서는 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 외부 강선 보강 전, 후의 처짐을 비교해 볼 때 적게는 15%에서 많게는 50% 정도 처짐이 감소 하였음을 알 수 있다.
- (2) 일부의 외부 강선이 철근의 역할을 수행함으로써, 철근의 변형률이 감소하였다.
- (3) 실험 결과에서 제시한 값은 슬래브 중앙부에서 처짐, 변형률의 최대값이며, 슬래브의 모서리 부분에서는 중앙부에서와 같이 큰 처짐이나 변형이 발생하지 않은 점을 고려해 볼 때, 중앙부에만 필요로 하는 횡방향 보강 강선을 설치함으로써 효율적으로 취약한 부분을 보강할 수 있다.
- (4) 기존의 정착장치는 앵커볼트로 정착장치를 고정하여야 했으나, 본 실험에의 정착장치 중 종방향 단부의 정착장치는 슬래브의 세 면을 둘러싸는 형식으로 간편하고, 시공이 간편 할 것으로 사료 된다.
- (5) 슬래브의 횡방향 중앙부 정착장치는 종방향에서 발생한 상향력을 이용하여, 정착장치의 정착과 보강 후 정착장치에 집중되는 힘을 분산 시켜줌으로서 기존 보다 더 작고 효율적으로 정착장치를 사용 할 수 있을 것으로 사료된다.
- (6) 보강 공법이 간단하여 구조적으로 설계가 정확하게 가능하고, 시공이 간편 할 것이다.

#### 참고 문헌

1. 한만엽, 이상열, "슬래브교 외부강선 보강을 위한 앵커기 정착장치의 개발 연구." 아주대학교 토목 기술연구센터, 2001.3, pp.94.
2. 한만엽, 최완철, 김병국, "99 콘크리트 구조물의 보수보강 기술 세미나", 구조보강연구회, 1999.8, pp1-13, pp44-86
3. 한국콘크리트학회, 콘크리트구조설계기준-해설, 2000.
4. Antoine Naaman, "External Prestressing in Bridge", American Concrete Institute, pp.34-37.