

# FRP 쉬트 및 GSP로 보강된 RC 슬래브의 휨거동에 관한 실험적 연구

## Experimental Study on Flexural Behavior of RC Slab Strengthened by FRP Sheet and GSP

안 기 만\*      김 광 수\*\*      김 태 완\*\*\*      박 선 규\*\*\*\*      이 영 재\*\*\*\*\*  
Ahn, Ki Man   Kim, Kwang Soo   Kim, Tae Wan   Park, Sun Kyu   Lee, Young Jae

### ABSTRACT

Recently, an improved capacity for RC bridges is required by their deterioration or necessary to carry traffic increase. Strengthening is known as a better way to improve capacity of bridges than reconstructing. Fiber Reinforced Plastics (FRP) is introduced as one of the best strengthening structures in this paper. It is also known as an economical improvement. Therefore, FRP sheet and Glass Fiber-Steel Composite Plate (GSP) in this research were used in strengthening slab of RC bridges. Experimental data from the strengthening will be helpful to better understand the slab behavior and an effect of the strengthening.

### 1. 서론

국내 교량의 90% 이상이 RC 교량으로 이루어져 있고 그중 슬래브와 라멘교량이 대다수를 차지하고 있다. 최근에 교량의 노후화와 교통량의 증가로 교량의 성능개선이 요구되고 있다. 신축보다는 보강을 통한 성능개선이 경제적인 방법으로서 많이 이용되고 있다. 보강을 통한 성능개선으로 FRP 재료가 많이 사용되고 있는데, 본 연구에서는 FRP재료인 FRP 쉬트(Fiber Reinforced Plastics sheet)와 GSP(Glass Fiber-Steel Composite plate)를 이용하여 FRP재료를 사용한 보강공법의 보강효과를 검증하고자 한다.

상사법칙에 의하여 축소된 실험체 5개를 제작하였고, 변수로 보강재료와 보강량을 두고 이를 실험체에 적용하여 실험을 실시하였다. 그 결과를 분석하여 실제 현장에서 적용되는 FRP 재료를 이용한 보강공법에 대한 보강효율 및 보강효과를 평가하고 보강된 RC 슬래브의 거동을 파악하는데 도움을 주하고자 한다.

\* 정희원, 성균관대학교 토목환경공학과 석사과정

\*\* 정희원, 성균관대학교 과학기술연구소 책임연구원

\*\*\* 정희원, 성균관대학교 토목환경공학과 BK 연구교수

\*\*\*\* 정희원, 성균관대학교 토목환경공학과 교수

\*\*\*\*\* 정희원, 국립상주대학교 토목공학과 교수

## 2. 실험

### 2.1 실험체의 제원 및 실험변수

표준 실험체는 단면폭이 1000mm, 높이가 300mm, 길이 3500mm 인 복철근 직사각형 보로써 실험체의 형상은 그림 1, 2와 같다.

본 실험에서 사용된 실험변수는 보강재의 종류와 보강량이다. 보강재로서는 FRP 쉬트와 고강도 유리섬유와 강판을 합친 복합 플레이트인 GSP(Glass Fiber-Steel Composite Plate)를 사용하였다. 보강량으로는 표 1과 같다.

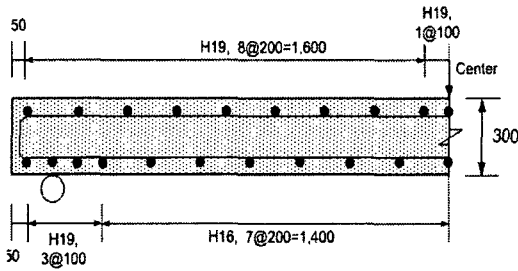


그림 1 실험체 종단면도

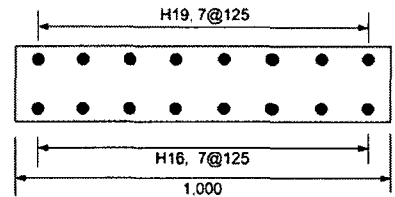


그림 2 실험체 횡 단면도

표 1 슬래브 실험의 실험 변수 및 실험체명

실험체명	실험 변수		비고
	보강재료	보강량	
CON	-	-	-
FS-1	FRP쉬트	55%	FRP 쉬트 1겹사용
FS-2	FRP쉬트	105%	FRP 쉬트 2겹사용
FP-2	GSP	49%	GSP 2개사용
FP-5	GSP	115%	GSP 5개사용

### 2.2 실험개요

1000kN 용량의 실린더와 로드셀을 사용하여 면재하 휨실험을 실시하였다. 하중재하 방법 및 변위계의 설치 위치는 그림 3과 같다. 작용하중은 로드셀을 통하여 측정하였으며, 실험체의 처짐은 보의 중앙부와 우측지점의 1/4되는 곳에서 LVDT를 이용하여 계측하였다. 중립축변화를 관찰하기 위해 보의 중앙부 측면에 변형률 게이지를 부착하였으며, 보강재의 변형률을 알아보기 위하여 보강재의 중앙부와 끝부분에 변형률게이지를 부착하였다.

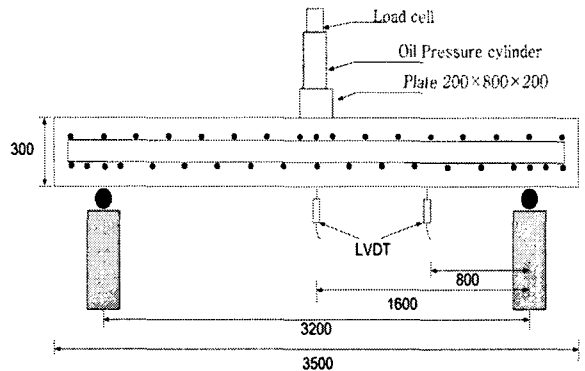


그림 3 재하방법 및 LVDT 설치 위치

### 3. 실험 결과 및 분석

각 실험체에 대한 실험결과를 이론적 해석결과와 비교, 분석한 결과는 다음의 표 2와 같다.

FRP 슈트가 균열하중에서는 GSP보다 4~8%정도의 좋은 성능을 보이지만 항복하중에서는 GSP가 약4~8%정도 더 좋은 성능을 보이고 있다. 극한 하중에서는 GSP가 4~17%가량 더 좋은 성능을 보이고 있다. 특히, FRP 슈트 1겹과 FRP 슈트 2겹은 보강량으로는 두배 차이지만 항복하중과 극한하중에서는 차이를 볼수가 없다. FRP를 사용하여 보강을 하였을 경우 횡과 전단이외의 부차효과를 고려하여야 한다. FRP 슈트의 경우 보강량은 두배이지만 부차면적은 동일 하기에 항복하중과 극한하중에서 별 차이를 볼 수가 없다. 반면에 GSP-2와 GSP-5는 보강량도 두배이고, 부차면적도 두배이상 차이가 나기 때문에 항복하중과 극한 하중에서 약 18%정도의 보강효과를 볼 수가 있다.

표 2 슬래브 실험 결과

실험체명	균열하중			항복하중			극한하중			
	이론 (kN)	실험 (kN)	이론/실험	이론 (kN)	실험 (kN)	이론/실험	하중 (kN)	보강 표준	처짐 (mm)	보강 표준
CON	38.8	47	0.83	182.3	276.5	0.67	350	1	43	1
FS-1	43.3	68.6	0.64	282.6	315	0.9	432	1.23	42	0.98
FS-2	48.5	85.3	0.57	373.6	336.5	1.11	433	1.24	32.3	0.75
FP-2	42.4	65.7	0.65	272	310.5	0.88	431.8	1.24	45.5	0.95
FP-5	50	78.4	0.64	392	365.5	1.07	507	1.63	37.1	0.86

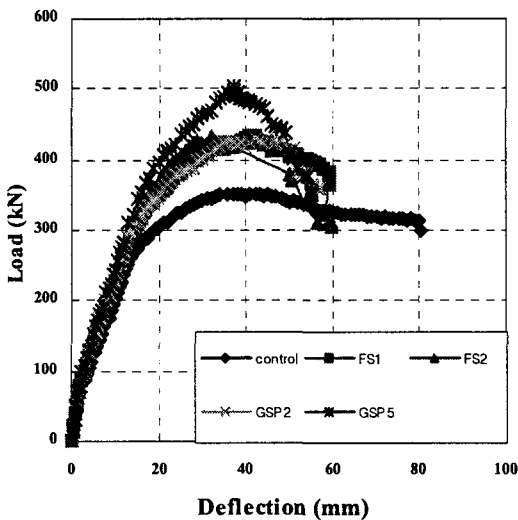


그림 4 하중-처짐 곡선

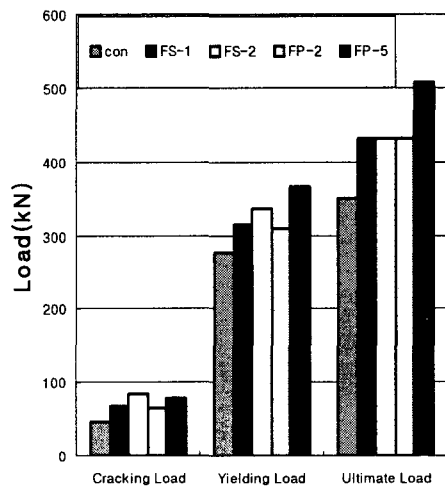


그림 5 하중별 비교

#### 4. 결론

본 연구에서는 FRP 재료의 보강효과를 알아보기 위하여 재료의 종류와 보강량을 변수로 두고 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 균열하중까지는 FRP 슈트가 GSP보다 3~5%의 더 좋은 보강 효과를 보이나 항복하중과 극한하중에서는 GSP가 4~17% 가량의 더 좋은 보강효과가 나타나는 것으로 판단된다.
- 2) FRP 재료는 보강량의 증가와 함께 부착면적도 증가 되어야 확실한 보강효과를 볼 수 있는 것으로 판단된다.
- 3) 파괴시의 최대처짐은 FRP 재료의 보강비가 증가할수록 다소 감소하는 것으로 나타났으며, FRP 슈트가 GSP 보다 8~16%정도 더 좋은 효율을 보이는 것으로 판단된다.
- 4) 실험 결과 FRP 재료를 사용하여 보강한 경우는 휨이나 전단파괴 이외에 부착파괴가 파괴에 지대한 영향을 미치는 것으로 판단되고, FRP 보강재료를 사용하여 보강할경우 부착파괴에 대한 고려가 필요한 것으로 판단된다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국건설교통평가원 지정 R&D(05기반구축 D04-01)의 일환인 “보수·보강된 콘크리트 교량의 성능 평가 / 개선 기술 개발 및 원격관리 시스템 구축” 연구과제와 한국건설교통부의 건설핵심기술연구 개발(05건설핵심D11)의 일환인 “고성능·다기능 콘크리트 개발 및 활용기술” 연구과제로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분들에게 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 박중열, 황선일, 조홍동, 한상훈 (2003), “CFRP로 보강된 철근콘크리트 보의 거동 특성”, 한국구조물진단학회, 제7권, 제3호, pp. 125~131
2. 양동석, 박선규, 이용학 (2002), “강연선 및 탄소섬유슈트로 보강된 철근 콘크리트 보의 휨거동 특성, 한국콘크리트학회 논문집, 제 14권 제 2호, pp. 216~222.
3. 이리형, 이현호, 구은숙(1998), “탄소섬유슈트로 휨보강한 RC보의 거동에 관한 실험적 고찰”, 대한건축학회 논문집, 대한건축학회, 제14권 제6호, pp. 77~84.
4. 이리형, 송성용, 나정민, 이용택 (1998), “탄소섬유슈트로 보강된 철근콘크리트 보의 휨거동에 관한 실험연구”, 대한건축학회 학술발표논문집, 대한건축학회, 제18권, 제2호, pp 347~352.
5. 연길환, “탄소섬유를 사용한 RC보의 구조거동에 관한 기초적 연구”, 대한건축학회논문집, 제7권 6호, 1991. 12. pp. 229~236.
6. Alfarabi, S.A., Al-Sulaimani, G. J. and Basunbul, I. A. (1994), “Strengthening of initially loaded reinforced concrete beams using FRP plates, ACI Structural Journal, 91,pp.160~168.
7. An, W., Saadatmanesh, H. and Ehsani, M. (1991), “RC beams strengthened with GFRP plates II: analysis and parametric study,”Journal of Structural Engineering,ASCE, 117,pp.3434~3455.