

GFS로 성능향상된 교량 바닥판의 정적 보강효과

A Experimental Study on the Static Strengthen Effect of Bridge Deck Strengthened with GFS

심 종 성* 오 홍 섭** 류 승 무*** 박 성 재***

Sim, Jong Sung Oh, Hong Seob Ryu, Seung Moo Park, Sung Jae

ABSTRACT

The concrete bridge deck is quiteily required to be replaced or strengthened due to decreasing load carrying capacity. In this study, to increase load capacity of the reinforced concrete slab, bridge deck is reinforced with the glass fiber sheets. they are examined on the strengthen effect and the static behavior. This paper considers relation of load-displacement and strain-distance. The static behavior of the slab strengthened is represented to maximum load. Owing to that, they are examined on increasing load carrying capacity of reinforced bridge deck and strengthen effect about on the crack.

1. 서론

1.1 연구배경

현재 사용되고있는 보수·보강공법 중 기존에는 에폭시 접착제를 사용하여 강판으로 보강하는 방법이 지난 10여년 동안 주로 사용되어 왔으나, 제작과 이송, 그리고 시간경과에 따른 부식으로 인한 접착성능저하 등의 여러 가지 문제점이 지적되고 있다. 따라서 이러한 결점을 극복하기 위하여 부식저항능력이 우수하고 재료자체의 물성이 뛰어난 신소재들이 개발되고 있다.

이중 유리섬유쉬트(Glass Fiber Sheet : 이하 GFS)는 시공속도가 빠르며 작업성능이 우수하여 이를 이용한 보강공법이 널리 관심을 끌고 있다. 그러나, 이러한 보강재로 보강된 구조물은 상호 이질적인 재료로 구성된 복합구조로써 지금까지의 대부분의 연구결과가 일방향 거동을 하는 보구조에 국한하고 있고, 교량바닥판 등과 같은 이방향 거동을 하는 슬래브 구조물에 대하여 외부하중에 의한 정·

* 정희원, 한양대학교 토목·환경공학과 교수

** 정희원, 한양대학교 토목·환경공학과 박사후과정

*** 정희원, 한양대학교 토목·환경공학과 석사과정

동적 구조거동이 아직까지 명확하게 규명되지 않은 상태이므로 이에 따른 연구가 필요한 실정이다.

1.2 연구목적

본 연구에서는 콘크리트 교량바닥판의 성능향상을 위하여 GFS로 보강된 교량바닥판의 정적구조성능 평가를 실시하여 보강변수에 따른 파괴거동을 실험을 통해 분석하고 이를 기초로 성능향상된 교량바닥판의 보강효과를 검증하고자 한다.

2. 시험변수 및 제원

시험에 사용한 콘크리트는 설계강도가 240 kgf/cm²으로 설계된 레미콘제품을 사용하였으며, 슬럼프 값은 12cm로 측정되었다. 시험에 사용된 철근은 항복응력 3000 kgf/cm² 인 D16 철근이다. 사용재료의 역학적 성질은 표 1에 나타내었다.

표 1 철근 및 보강재의 역학적 성질

재료	물성	항복강도 (kgf/cm ²)	극한강도 (kgf/cm ²)	탄성계수 (kgf/cm ²)	신장률 (%)
철근		3,000	5,700	2.00 × 10 ⁶	-
GFS		3,600	5,000	2.52 × 10 ⁶	2.0~3.0
에폭시		-	800	28,000	-

제작된 시험체는 도로교 구조설계기준에 준하여 현재 시공중이거나 공용중인 교량과 유사하게 설계, 제작하였다. 바닥판의 두께는 DB-18 설계2등급의 교량 바닥판과 동일하도록 18cm로 제작하였으며, 폭과 길이는 각각 200cm와 240cm로 제작하였다[그림 1]. 일반적으로 거더교 바닥판의 경우 주철근 방향의 균열 이후, 배력철근 방향의 균열이 발달하여 바닥판을 관통하는 양상이 바닥판 손상의 주원인이므로 이와 유사한 거동양상을 획득하기 위하여 교량바닥판을 지지하기 위한 거더를 설계, 제작하였다. 본 연구에서는 실험변수로 보강량을 적용하였다[표 2].

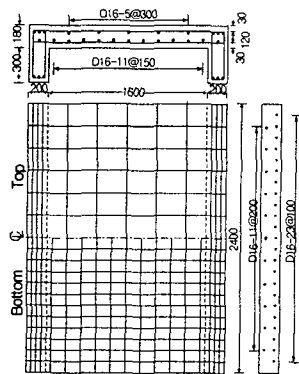
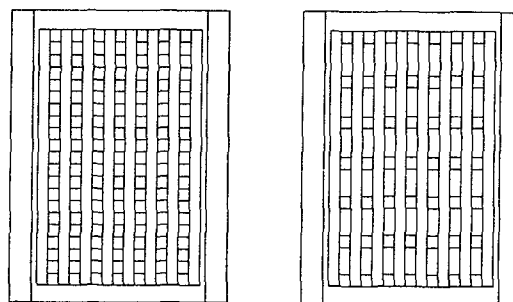


그림 1 시험체 제원 (mm)



GF-I

GF-O

그림 2 실험변수에 따른 보강방법

표 2 보강시험체의 실험변수

시험변수 보강재료	보강방법	보강간격(mm)		보강재폭	시험체명	두께	개수
		주철근	배력철근				
기본시험체	무보강	-	-	-	CON	-	1
GFS	등방성	100	100	100	GF-I-NO.1,GF-I-NO.2	1.3(2ply)	2
	직교이방성	250	100	100	GF-ONO.1,GF-ONO.2	1.3(2ply)	2

3. 실험결과 및 고찰

무보강 시험체는 15 tonf에서 초기 균열이 발생하였으며, 30tonf까지 배력철근 방향으로 일방향 균열이 발생하는 것으로 나타났다. 45tonf에서 주철근이 항복하면서 이방향 균열이 진전하였고, 60 tonf에서 배력철근의 항복과 동시에 지점부 국부파괴 발생하였다. GF-I-No.1 시험체와 GF-I-No.2 시험체는 20tonf 이후에 섬유부착면을 따라 균열이 발생하였으며, 주철근과 배력철근의 항복이후에 섬유면을 따라 계면박리가 발생한 이후에 70.13tonf과 70.55tonf에서 편칭파괴가 발생하였다. GF-O-No.1 시험체의 경우 초기에는 무보강시험체와 GF-I시험체와 유사한 거동을 하였으나, 그림 3에서 나타나는 바와 같이 주철근 항복이후 보강재의 미끌림현상으로 인하여 보강재의 계면이 탈락한 이후 66.6tonf에서 편칭파괴 되었다. 이는 보강공사시 양생불량 및 환경영향으로 조기파괴가 발생하였는 것으로 판단된다. GF-O-No.2 시험체의 경우 초기균열양상은 GF-I 시험체와 유사하게 나타났으며, 이후 충분한 연성을 보이며 76.5 tonf에서 파괴되었다. 상대적으로 GF-I 시험체에 비해 주철근방향의 보강재량이 적은데도 불구하고 파괴하중이 더 높은 것은 설계당시의 교량 바닥판이 주철근 방향으로 강성이 큰 이방성 슬래브였으나, 보강이후 GF-I 시험체에 비해 주철근 방향으로 적게 보강된 GF-O 시험체가 성능향상된 교량바닥판에서 등방성에 가깝기 때문인 것으로 판단된다.

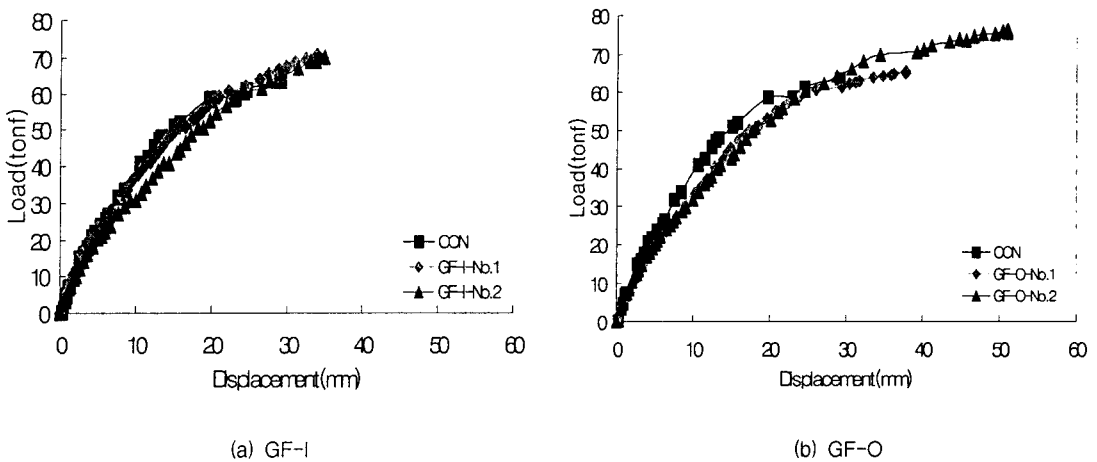


그림 3 보강시험체 하중-변위 관계

시험체의 거리에 따른 보강재의 변위분포가 그림 4에서 나타나 있다. 변위측정기의 위치는 교량 바닥판의 중앙부와 0.4m 지점과 거더 중앙에 설치를 하여 변위를 측정하였으며 무보강시험체의 경우 주철근이 40~50tonf에서 갑작스런 증가와 배력철근이 항복하는 60tonf의 파괴 직전에 변위가 갑작스럽게 증가하였다. 거리에 따른 변위분포에서는 무보강 시험체와는 달리 등방성과 이방성으로 보강한 모든 시험체가 0.4m지점에서 처짐이 상대적으로 증가폭이 크고 무보강시험체와는 다른 거동을 하는 것으로 나타났다.

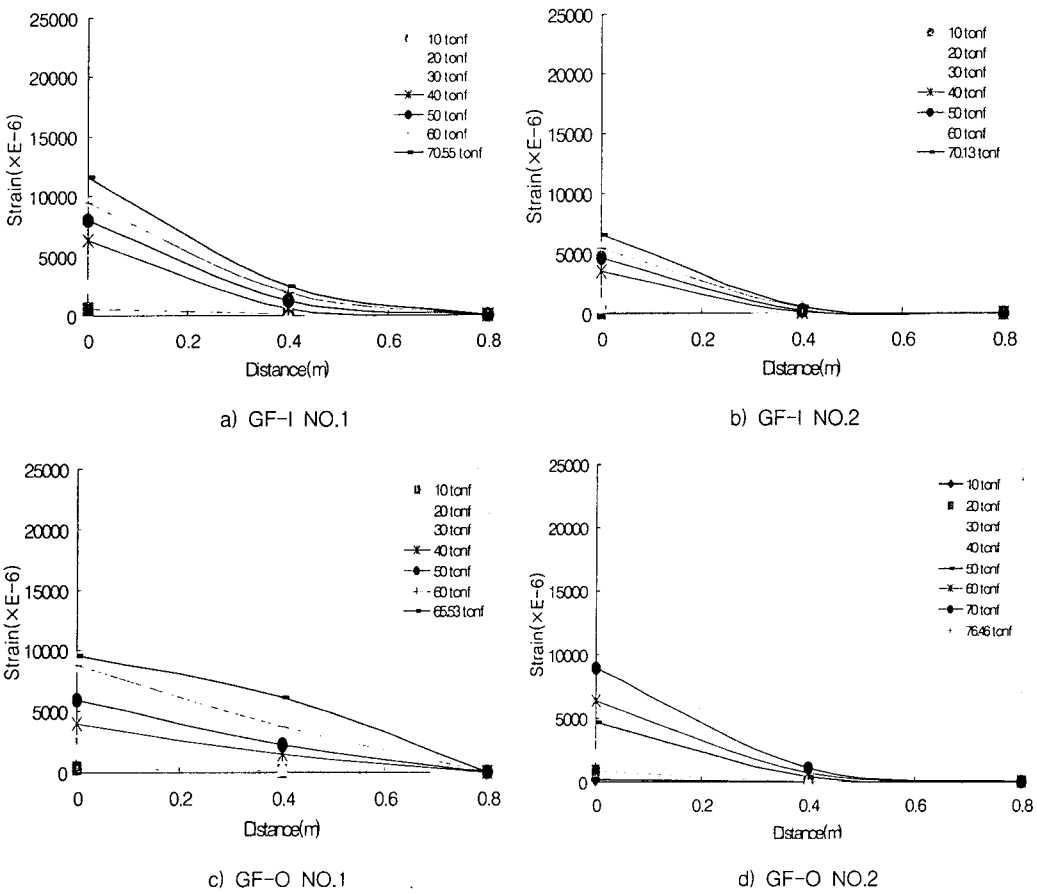


그림 4 시험체 거리에 따른 보강재의 변형률

그림 5는 주철근 방향의 거리에 따른 변형률 분포를 나타내고 있다. GF-I-No.1 시험체와 GF-I-No.2 시험체 그리고 GF-O-No.2 시험체의 경우 거의 유사한 거동으로 중앙부의 변형률과 중앙부의 변형률 값이 거의 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있으나, GF-O-No.1 시험체의 경우 주철근의 항복이후에 중앙부의 보강재 변형률이 갑자기 증가하는 것을 알 수 있으며, 중앙부 보강재의 미끌림으로 인하여

변형률이 비선형적으로 증가하는 것을 알 수 있다.

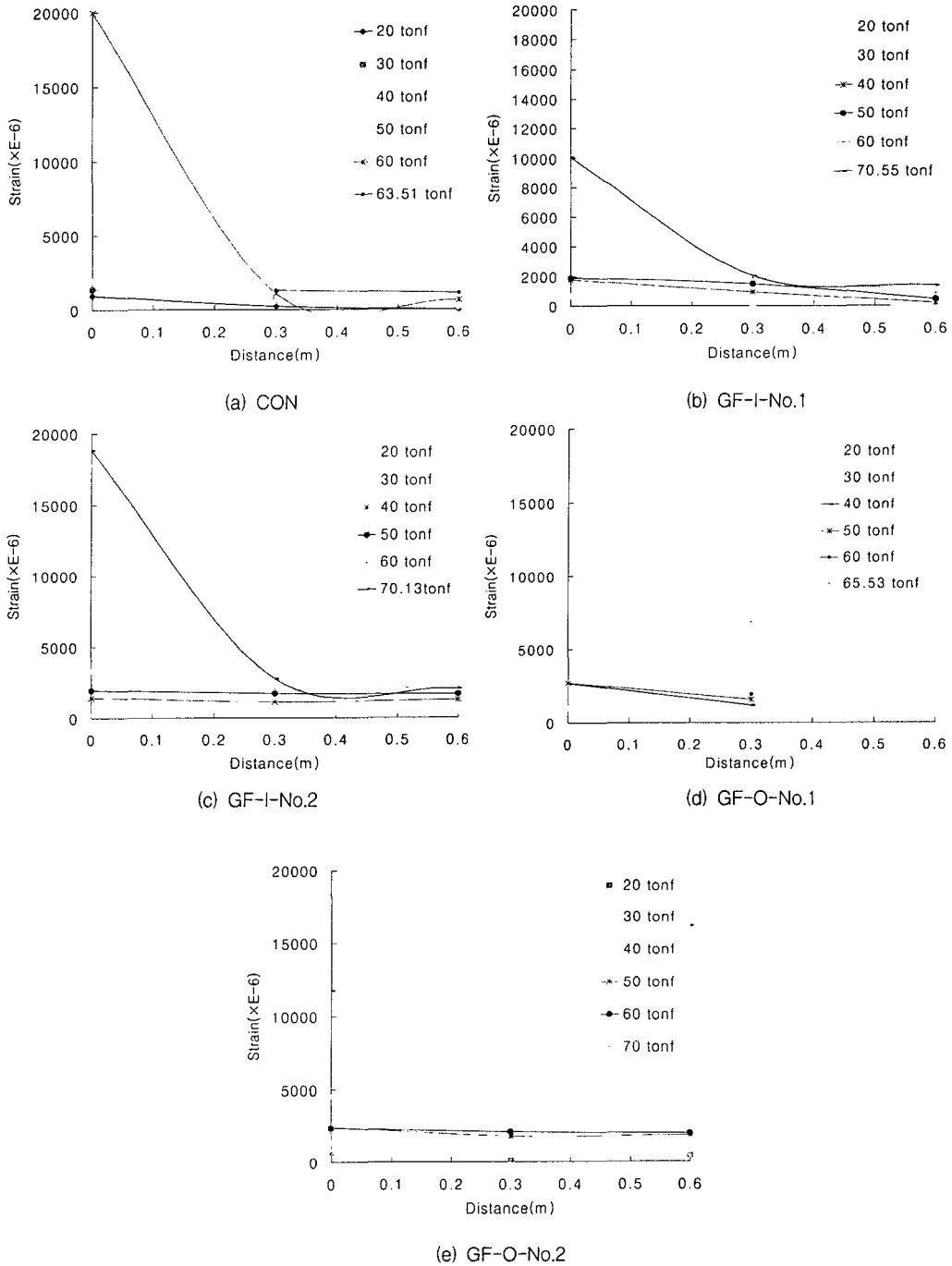


그림 5 주철근 방향의 거리에 따른 변형률

표 3 보강시험체의 파괴하중 및 보강효과

Specimen	항복하중(tonf)		파괴하중 (tonf)	보강효과 (%)
	주철근	배력철근		
CON	45	60	64	100
GF-I-No.1	64	68	70.5	110
GF-I-No.2	-	60	70.1	110
GF-O-No.1	52	55	65.5	102
GF-O-No.2	68	75	76.5	120

4. 결론

본 연구에서는 바닥판 슬래브의 성능향상을 위해 GFS로 보강된 총4개의 교량 바닥판 시험체의 정적 구조성능평가를 수행하였다. GFS를 이용하여 바닥판시험체를 직교 등방성과 직교 이방성으로 보강한 결과 보강효과는 보강방법에 따라 약 10~20%의 성능향상 효과가 있는 것으로 나타났다. 교량바닥판의 보강공법으로 이방성으로 보강된 시험체의 경우 등방성 보강 시험체보다 파괴 강도가 큰 것으로 나타났고, 보강효과도 약10%정도 증대되는 것으로 나타났다. 등방보강시험체는 콘크리트 전단 내하력 부족으로 0.003의 변형률이 발생하기전에 펀칭 파괴되고, 이방성 보강 시험체는 0.003의 콘크리트 변형률 이후 펀칭 파괴된 것으로 나타났다. 이방성으로 보강한 바닥판 시험체의 경우에는 주철근 방향과 배력철근 방향의 보강이 같은 비율로 보강되었기 때문에 등방향으로 거동하는 것으로 나타났고 균열 제어 효과도 얻어낼 수 있었다. 따라서 교량 바닥판에 이방성 보강을 적용하는 경우 등방향거동에 대한 적절한 보강효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

이 연구는 (주)콘크리닉에서 주관하는 “유리섬유 보강공법을 적용한 콘크리트 교량 바닥판의 정적 및 동적시험에 의한 성능향상 효과 분석”를 수행함으로써 얻어진 결과이며, 저자들은 (주)콘크리닉의 후원에 감사의 뜻을 전합니다.

참고 문헌

1. 배인환, “강판 및 탄소섬유로 보강된 철근콘크리트 보의 휨해석 및 설계기법 연구”, 한양대학교 박사 학위논문, 1998.
2. 심종성, “콘크리트 교량 바닥판에 대한 보수·보강 공법의 효과분석”, 한국도로공사, 2000.
3. 심종성, 오홍섭, “항복선 이론을 적용한 성능향상된 철근콘크리트 교량상판의 해석적 연구”, 대한토목학회 2000년 가을 학술발표회논문집, 2000, pp.67~70
4. 심종성, 오홍섭, 류승무, “일방향 섬유로 성능향상된 교량 상판의 파괴거동 및 항복선 이론을 적용한 해석적 연구” 한국콘크리트학회 2001년 봄 학술발표회논문집 2001, pp.81~86
5. Park, R., Gamble, “Reinforced Concrete Slabs”, 2nd Edition, Wiley, 2000.