

GFRP로 보강된 철근콘크리트 T형 교량의 성능향상 효과검증

Rehabilitation Efficiency of the Deteriorated RC T Bridge Strengthened with GFRP

심종성^{*} 오홍섭^{**} 김진하^{***}
Sim, Jongsung Oh, Hong-Seob Kim, Jin-ha

ABSTRACT

In this study, strengthening effect of the deteriorated reinforced concrete T type bridge with epoxy-bonded glass fiber reinforced plates(GFRP) is experimentally investigated. This test makes a comparison between before strengthened and after strengthened with GFRP structural behavior experimentally in the field. The results generally indicate that the flexural strength of strengthened RC T-type bridge is increased.

Keywords : GFRP strengthening, Deteriorated RC T bridge

1. 서론

국내 교량 중 소규모 교량에서 T형교가 널리 사용되었으며, 그중 사용연한이 20년이 경과한 교량의 수가 증가하고 있다. 따라서 지방 국도 또는 지방 진선도로에 있는 교량의 경우 교체보다는 보수·보강을 통한 안전성향상의 필요성이 서서히 증가하고 있다. 보강 설계시 보수·보강 위치선정은 구조적으로나 경제적으로 매우 중요하다. 본 시험에서는 T형교의 보강을 통해 교량의 성능향상 효과를 검증하고자 하였으며, 유인현 보강재료인 유리섬유보강판(GFRP)으로 노후화된 T형 실험교량에 섬유보강공법을 적용하였다. 대상교량에 대한 진차선제하와 편심제하의 정적실험을 통하여 극한하중, 초기 휨관력하중, 신단관력하중과 관력성강 및 파괴양상을 측정하였고, 하중과 처짐관계, 횡방향 하중의 분배 여부를 고찰하였다. 그 결과 노후 교량의 강성 및 관력세어효과가 상당히 증진된 것이 관찰되었고 만족할 만한 보강효과를 얻을 수 있었다.

2. 실험

2.1 교량실험

보강전과 보강후의 구조거동을 현장에서 실험적으로 고찰하기 위해 국내 콘크리트 교량 형식 중 노후화 정도가 심한 RC T형 교량 형식을 대상교량으로 선정하였다. 선정된 교량은 국도 28호선상의 고로교이며 폐도근간이 위치한다. 그림 1에 고로교의 선경과 단면도를 나타내었다. 인속교 구간의 내부지침을 키

* 강희원, 한양대학교 토목환경공학과 교수

** 강희원, 한양대학교 토목공학과 대학원 석사과정

*** 신영태, 한양대학교 토목환경공학과 대학원 석사과정

팅하였으며, 개2김진에서 실험을 실시하였다

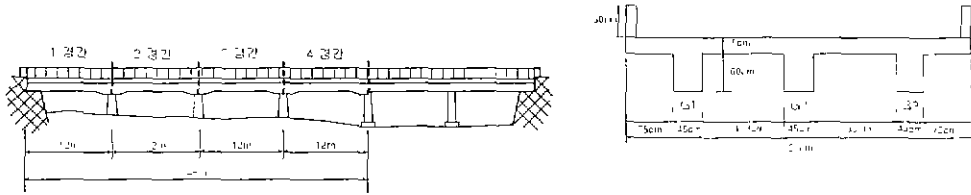


그림 1 시험대상교량 및 단면도

2.2 보강설계

쉬미트 해미에 의한 비파괴 조사를 실시하였고, 반발 정도값을 동정도 재료시험소 식을 사용하여 계산하였으며 제령보정 계수 및 타격위치에 대한 보정을 수행하여 압축강도를 추정하였다.

보강설계는 강도설계법을 적용하였고, 보강방법에 관계없이 손상이 없다고 가정한 무보강단면에 비하여 휨강도는 10%정도 향상되도록 설계하였다 그리고 전체 교량의 횡단면을 단순 T형 단면으로 모델링하여 공칭강도를 계산하였다 또한 활하중에 대한 적형모멘트를 계산하기 위하여 공칭모멘트와 사하중모멘트를 각각 계산하였다 거더 단면에 대한 전단검토 결과, 헌치부가 끝나는 부분과 지점으로부터 유효길이만큼 떨어진 곳의 전단력은 콘크리트와 스테리프만으로 외부 활하중에 대하여 충분히 안전한 것으로 검토되어 추가적인 전단보강 설계는 수행하지 않았다.

표 1 압축강도 및 재료물성과 설계내하력

추정된 압축강도(kgf/cm ²)		보강세	극한강도(kgf/cm ²)	극한 변형률	두께(cm)	거더 넓 보강폭(cm)	보강 층수	$M_n - M_d$ (tonf · m)
거더	슬래브							
1651	1808	무보강	—	—	—	—	—	118
		(FRP)	45X	2	0.13	35	1ply	206

2.3 보강방법

교량의 보강은 그림 2와 같이 하면의 보강폭을 각 거더의 모따기 부분을 제외한 35cm 폭으로 일싱하게 고려하였고, U자형으로 거더 단부를 보강하여 하중가림시 휨보강재의 단부박리와 신단파괴를 방지하도록 하였다

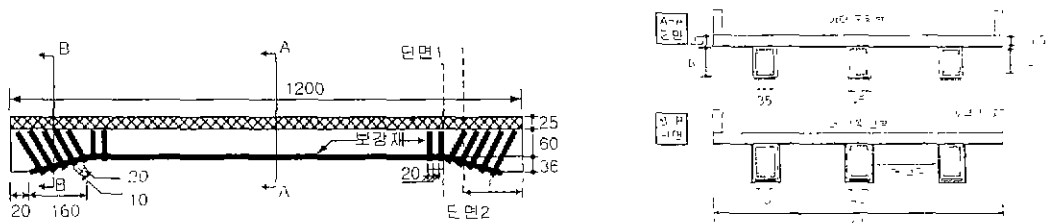


그림 2 보강단면 상세도 (단위 : cm)

2.4 재하방법

무보강 상태(1차)와 유리섬유(GFRP)로 보강한 상태(2차)의 두 차례에 걸쳐 인기선재하와 원기선 재하 시

험을 실시하였다. 재하시험시 콘크리트 블록의 사용은 안전성과 지속적인 하중 개하 효과를 얻을 수 있었다. 전차선 재하시험은 4점 재하방식으로 지간 중앙부 좌·우측으로 각각 1m 떨어진 곳에 가력점을 설치하였고 전폭에 걸쳐 하중이 작용하도록 하였다. 편차선 재하시험은 교축 방향 한편으로만 하중이 재하되었을 때 하중의 횡 분배효과와 그에 따른 각 거더 거동의 적합성을 관찰하기 위해서 전차선 재하시험 후, 실시하였다.

3. 시험결과 및 분석

3.1 보강 후 구조거동분석

보강 후 초기 휨균열이 발생하였고, 하중이 증가함에 따라 사인장균열이 발생하였다. 이는 시공불량으로 인한 주립근과 콘크리트와의 부착성능 저하와 콘크리트 중성화에 의한 스티럽의 부식으로 진단저항 능력이 감소한 것으로 판단된다. 균열발생 개소 수는 보수·보강 전보다 상당히 감소하였다. 균열폭은 감소하였고, 미세균열이 고루 분포되어 발달한 것으로 관찰되었다. 전차선재하 및 편재하 시험 후 균열을 측정 한 균열도는 그림 3에 나타내었다. 전체적으로 휨강성이 보강 전에 비하여 증가한 것으로 조사되었고, 휨 균열 개수와 폭에 비하여 사인장균열이 큰 것으로 보아 휨 및 진단응력의 조합에 의하여 구조물이 거동함을 일 수 있었다.

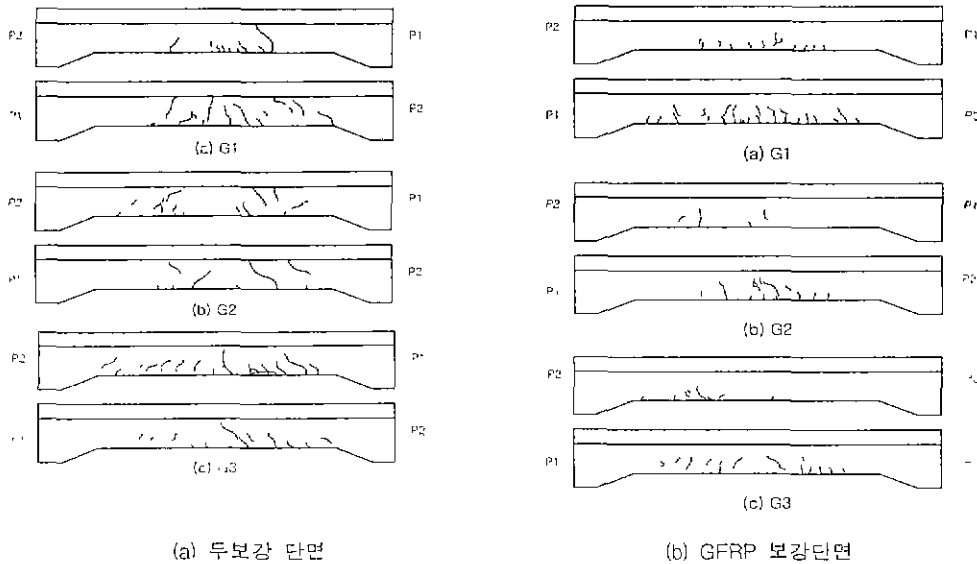


그림 3 재하시험 후 균열도

3.2 전차선 재하시 하중-변위 관계 분석

초기 20tonf를 넘는 하중에서 초기 휨균열이 발생한 것으로 관찰되었고, 부분보강 상태의 1차 시험에서 신장적으로 회복하였기 때문에 2차 시험시의 회복하중이 증가하지 않은 것으로 판단된다. 내측거더와 외측거더의 변위차이가 거의 없는 것으로 보아 전폭에 대한 하중 분배가 원활히 진행되고 있는 것으로 판단된다. 하중 1거시 산유변위는 2mm 정도로 관찰되었다. 그림 4는 내측거더의 중앙부와 적침으로부터 4m 떨어진 곳의 하중-변위 관계를 나타내었다.

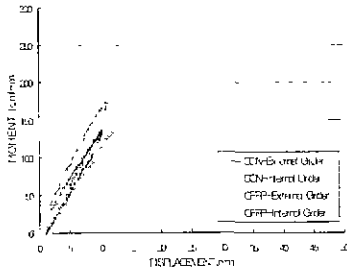


그림 4 하중-변위 곡선 (전차선)

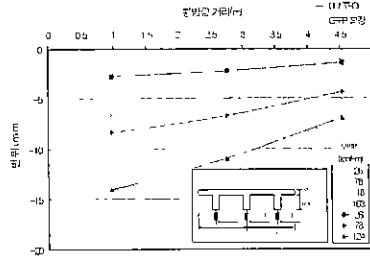


그림 5 중앙부 변위 선도 (편차선)

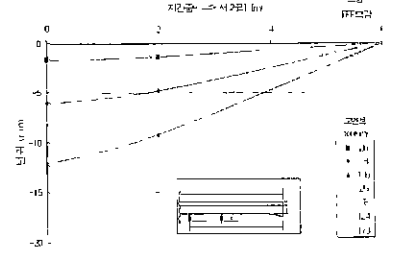


그림 6 내측거더의 변위 곡선(편차선)

3.3 편개하시 지간별 하중-변위관계 분석

횡방향 하중분배효과 및 각 거더의 내부 손상정도를 고찰하기 위하여 편개하시험을 하였으며, 지간별로 교축직각방향의 중앙부 변위 선도를 그림 9에 나타내었다. 각 거더의 처짐이 비례적인 관계를 나타내고 있고 따라서 횡방향 하중분배는 원활한 것으로 고찰되었다. 내측 및 상류측 외측거더는 하중 제거시에도 선형적인 거동을 보이는 것으로 나타났다.

4. 결론

노후화 교량의 보수·보강공사를 통한 성능향상은 계획, 설계 및 시공의 각 단계가 서로 조화를 이루어야 하는 것으로서 각 구조물의 특성을 충분히 반영할 수 있어야 한다. 따라서 계획단계의 조사 및 노후화 판정 등이 특히 중요하며, 이때 충분한 조사와 합리적인 판정이 필요하다. 본 연구에서 섬유보강공법을 적용하여 공정에 따라 실시된 노후화 된 교량의 보수·보강공사는 제안된 공정 및 기준에 맞추어 적절히 시공된 것으로 판단되었다 그리고 각 공정단계에서의 품질관리 또한 용이한 것으로 판단되었다

재하시험 결과, 설계대로 10%정도 증진된 보강효과를 나타내고 있으며, 강성 및 균열제어효과가 상당히 증진된 것으로 관찰되었다. 내측과 외측의 변형증가량이 거의 유사한 것으로 이는 조사된 균열도와의 일치하는 것이므로, 1차 시험 후 적절한 보수·보강에 의하여 기존의 손상으로 인한 강성 및 강도 감소가 일정정도 회복된 것으로 판단되며, 특히 사용하중 상태에서 충분한 보수·보강효과가 있는 것으로 판단된다

감사의 글

본 연구는 시설안전기술공단의 지원에 의한 “콘크리트 교량의 보수·보강방법의 표준화” 연구의 일환으로 수행되었으며, 실험수행에 많은 도움을 주신 시설안전기술공단, 풍림파이버랩 관계자 여러분들께 깊은 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 김기봉 외 다수, 국토상 노후교량의 성능개선기법 개발에 관한 연구, 건설교통부, 1997. 12
- 2) 김종성, 방명석, 이용수, “콘크리트 교량의 보수·보강방법의 표준화” 시설안전기술공단, 1999. 12
- 3) Quantil R. L., Holloway L. C., Tbrone A. M., "Experimental and analytical investigation of FRP strengthened beam response". Mag Concr Res., 48, No. 177, 1996