

외부긴장 보강을 위한 CFRP 판의 정착부 거동 실험

Experimental Study on the Behaviore of Anchorage for Externally Prestressed CFRP Laminate

유영준* · 박종섭** · 박영환*** · 정우태**** · 강재윤*****

You, Young-Jun · Park, Jong-Sup · Park, Young-Hwan · Jung, Woo-Tai

ABSTRACT

FRP strengthening system that bonds FRP sheet or laminate underneath structure has been used popularly thesedays. The failure of this bonding system occurs mainly at the interface of bonded surface abruptly. So it is difficult to expect the failure and FRP can't show its full material capacity that makes it uneconomically.

By that reason, KICT proposed a system to install FRP laminate to structure for strengthening not by bonding but by unbonding. It is to install both ends of FRP laminate by anchoring underneath structure without bonding. Then, the failure is not an interfacial problem any more, it is governed by mechanical anchoring.

This paper includes an experimental study about anchoring system for prestressing CFRP laminate.

1. 서론

최근에는 성능이 저하된 철근콘크리트(이하 R.C.) 교량에 대해서 주로 Fiber Reinforced Plastics(섬유복합체, 이하 FRP) 슈트나 판을 이용하는 사례가 급증하고 있다. FRP를 이용한 보강공법은 주로 FRP 슈트나 판을 에폭시 등을 사용하여 주형 하면에 부착하므로써 하중을 분담하도록 하는 시스템으로서, FRP로의 하중 분담은 접착계면을 통하여 이루어지게 된다. 그러나, FRP와 콘크리트 계면 사이의 거동 특성에 따라 부착파괴나 저장도에서 FRP의 파단 등 예기치 못한 조기파괴가 발생하여 FRP가 지닌 성능이 미처 발현되기 전에 파괴에 도달하는 양상을 나타낸다.

이러한 문제점은 FRP 복합재료 단부를 기계적 정착장치로 정착하는 것에 의해 개선이 가능하다. 그러나, FRP 복합재료가 부착된 상태에서 단부를 정착하는 경우에는 중간부 부착파괴시에 발생하는 이완 변형에너지에 의한 충격에 의해 복합재료의 성능을 충분히 발현하지 못한 상태에서 파단될 위험

* 정회원, 한국건설기술연구원 연구원
** 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원
*** 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원
**** 정회원, 한국건설기술연구원 연구원
***** 정회원, 한국건설기술연구원 선임연구원

이 있으므로, 효과적인 보강성능을 확보하기 위해서 기계적 정착장치에 의한 확실한 단부 정착과 함께 비부착으로 시공하는 것이 유리하다(한국건설기술연구원, 2002).

정착-비부착 공법의 실효성을 위해서는 신뢰성 있는 정착부의 거동 규명이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 외부 긴장 보강을 위한 CFRP 판의 정착부에 대한 전단실험을 통해 정착방법에 따른 정착부의 거동 특성 및 정착 성능을 고찰하였다.!

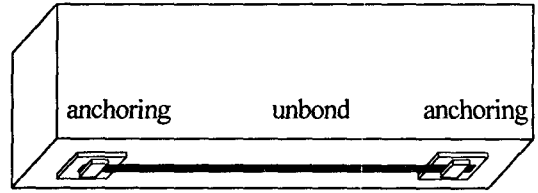


그림 1 비부착 보강 시스템

2. 실험계획

본 연구에서는 그림 2와 같이 실험변수를 설정하였다. (a)는 CFRP 판에 도입되는 긴장력을 순수하게 앵커의 성능만으로 지지하는 형태이고, (b)는 정착구와 콘크리트 표면 사이를 에폭시로 접착한 경우, (c)와 (d)는 정착구를 콘크리트 속으로 매립하여 각각 정착구의 앞면, 전면에 에폭시를 충전한 경우이다.

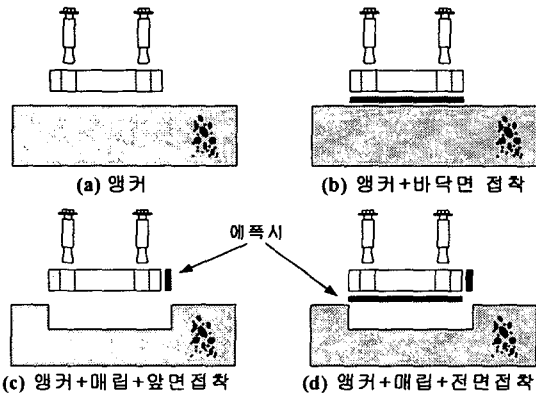


그림 2 실험 변수

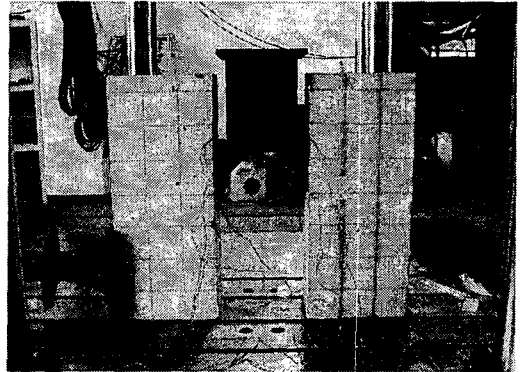


그림 3 실험 전경

정착구를 설치한 보는 압축강도 27MPa에 단면이 폭 200mm, 높이 300mm로 차후 실제 시공할 보와 동일하며, 다만 실험을 위해 길이를 750mm로 하였다. 실험체는 그림 3에서 보는 바와 같이 대칭으로 제작하여 가력속도 0.01mm/sec의 변위제어로 실험하였다.

정착구 설치에 사용한 앵커는 H사의 M12 고하중 앵커(설거전단 저항력은 57.4kN/개) 4개를 사용하여 CFRP 판의 인장강도 2,700MPa(189kN)를 견딜 수 있도록 하였으며, 정착구는 120×150mm로 두께가 25mm인 강판을 사용하여 제작하였다. 정착구를 매립하기 위한 홈은 정착구의 높이와 동일하게 25mm로 시공하였다(힐티코리아주식회사, 2004).

3. 실험 결과 및 고찰

3.1. 최대하중

실험결과를 표 1과 그림 4에 나타내었다. 실험결과는 대칭 실험체이므로 CFRP 판의 설계인장강도

의 2배에 해당하는 378kN을 충분히 지지할 수 있는 것으로 나타났다. 특히, (d)의 경우에는 UTM의 최대용량이 900kN인 관계로 더 이상 실험을 진행할 수 없었다.

정착성능은 앵커만으로 지지하는 경우보다 매립하거나, 에폭시로 충전한 후 매립하는 방법이 우수한 것으로 나타났으며, 특히 에폭시 충전 후 매립하는 방법은 앵커만으로 지지하는 방법에 비해 120%의 성능 향상을 보였다.

(b)의 경우에는 (a) 경우보다 더 큰 하중값을 나타낼 것으로 예상하였으나, 제작상의 오차와 실험 중의 문제점 등으로 인하여 낮은 값을 나타낸 것으로 판단된다.

표 1 정착구의 최대 하중

실험변수	실험결과	최대하중 (kN)	최대하중 / CFRP인장강도	최대하중 / (a)
(a) 앵커		405	1.1	-
(b) 앵커+바닥면접착		350	0.9	0.9
(c) 앵커+매립+앞면접착		601	1.6	1.5
(d) 앵커+매립+전면접착		≥897	2.4	2.2

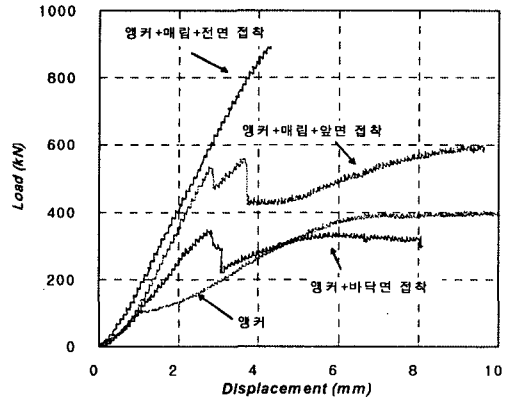


그림 4 하중-변위 곡선

3.2. 파괴 형상

각 시편의 파괴 형상을 그림 5에 나타내었다. (a)와 (b)의 경우에는 전면 앵커의 전단에 대한 일반적인 파괴 형상인 cone 형태(그림 6)로 정착구 전후부에서 파괴가 진행되었으며, 이후에는 앵커의 변형이나 뽑힘 등의 현상으로 예측되는 연성적인 거동(그림 4)을 보였다. 제작된 시편의 폭이 앵커설치에 대해 다소 좁기 때문에 본 실험에서는 보의 측면이 cone 형상으로 파괴되어 떨어져 나왔다.

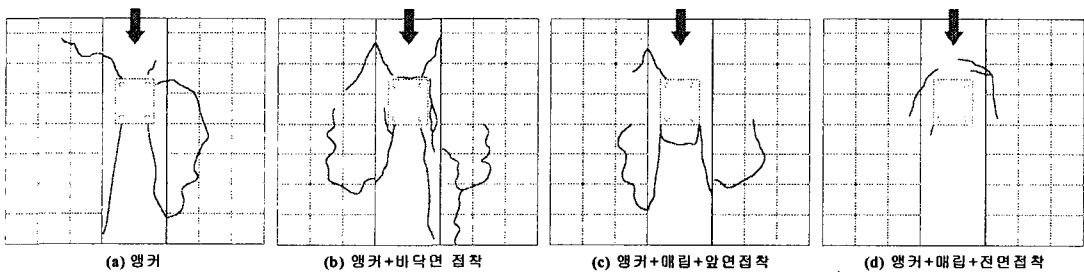


그림 5 균열도

(c)의 경우에는 정착구 앞면의 콘크리트 표면이 부풀어 오르면서(그림 7) 파괴가 시작되었고, 그림 4에서 548kN 이후 연성적인 거동을 보이고 있다. 이는 정착구에 전달되는 전단력을 먼저 콘크리트가 저항하여 파괴에 이르고 이후 앵커의 슬립이나 변형 등으로 연성적인 거동을 보이는 것으로 판단된다.

(d)의 경우에는 균열이 정착구의 뒷부분에서 먼저 시작되었으며, 그 형상은 다른 경우와 다르게 나

타났다. 이 경우에는 정착구에 작용하는 전단력을 매립깊이만큼의 콘크리트와 에폭시의 전단강도가 충분히 지지하여 주된 파괴력은 전단력에 의한 모멘트로써 정착구의 뒷부분을 들어올리는 힘으로 작용하기 때문인 것으로 판단되며, 앞의 cone 형상의 파괴보다는 정착부가 뜯어져 나오는 파괴(concrete breakout)를 일으킬 것으로 판단된다.



그림 6 (a), (b) 경우의 파괴형상



그림 7 (c) 경우의 파괴형상

4. 결론

본 연구는 R.C. 보의 보강을 목적으로 CFRP 판을 비부착 시스템으로 설치하였을 때, 이를 지지하기 위한 정착구의 성능을 알아보기 위한 실험으로서 도출된 결론은 다음과 같다.

1. 비부착 보강시스템용 정착구는 앵커를 사용한 설치로 CFRP 판의 인장강도를 지지할 수 있다.
2. 다만, 앵커를 중심으로 cone 형상의 콘크리트 파괴가 발생할 수 있으므로, 정착부의 면적을 충분히 확보하는 것이 안전할 것으로 판단된다.
3. 정착부의 면적을 충분히 확보하지 못할 경우에는 정착구를 매립하여 에폭시를 충전하는 방법을 통하여 지지성능을 확보할 수 있을 것으로 판단된다.
4. 전단력에 저항하기 위한 정착구의 성능은 콘크리트에 매립하여 에폭시를 충전하여 설치하는 것이 가장 우수하나, 앵커만에 의해 지지할 경우보다 균열 분포가 적고 정착부에 집중되어 있어 상대적으로 취성적인 콘크리트 파괴거동을 보일 수 있다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 기관고유사업인 “노후교량의 성능향상 기술 개발” 3차년도 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 1) 한국건설기술연구원, 노후 교량의 성능향상 기술 개발, 2002.
- 2) 힐티코리아주식회사, Fastening Technology Manual, 2004.