

탄소섬유쉬트로 보강된 철근콘크리트 보의 휨거동에 전단키와 U 스티립이 미치는 영향

Effect of Shear Key and U strip on Flexural Behavior of Reinforced Concrete Beams Strengthened by CFS(Carbon Fiber Sheet)

최 홍 식* 이 진 용** 이 성 태* 이 시 우*** 허 권****
Choi, Hong Shik Lee, Chin Yong Yi, Seong Tae Lee, Si Woo Heo, Gweon

ABSTRACT

It is generally known that the bonding strength of RC(Reinforced Concrete) flexural members strengthened by fiber sheet composites are sufficient and the bonding failure does not occur until the sheet failed. However, many researchers have been reported that, before the failure of the sheet, the bonding failure happens even though the bonding length is sufficient.

This study was carried out to evaluate the effectiveness of shear key and U strip on flexural behavior of reinforced concrete beam structures. The ply number of CFS(Carbon Fiber Sheet), location of shear key, and existence or not of U strip were selected as the main test variables. Test results show that the behavior of a beam of which shear key is located in the nearby of support and U strip is not existent, and having CFS of 1 ply is mostly improved.

1. 서 론

최근 들어서는 생활수준의 향상과 인구의 증가에 따라 사회기반시설물의 안전성에 대한 관심이 점점 고조되고 있다. 그동안 시공불량, 환경의 변화, 유지관리의 소홀 등으로 사용성과 안전성이 노후화된 콘크리트 구조물의 보수·보강 공법에 대하여 CFS(Carbon fiber sheet), 아라미드섬유 및 유리섬유 등과 같은 신소재의 개발과 함께 많은 연구가 진행되어왔다. 그러나 이 재료들을 콘크리트 구조물에 적용함에 있어서 이들 연구의 대부분은 섬유쉬트와 콘크리트사이의 부착강도는 충분하며 섬유쉬트가 인장강도에 도달할 때까지 부착파괴가 발생하지 않는다는 가정을 전제로 하고 있다

한편 기존의 몇몇 연구자들은 철근콘크리트 휨부재에서 쉬트의 부착길이가 충분한 경우에도 쉬트가 파단되기 전에 부착파괴가 발생한다고 보고하고 있다. 즉, 조기의 부착파괴가 먼저 해결되어야 하는 문제인데도 불구하고 이 보다는 부재의 강도증가에 주안점을 둔 연구들이 많이 진행되어 왔다. 따라서 본 연구에서는 CFS로 보강한 철근콘크리트 부재의 휨거동을 개선하기 위하여 전단키와 U 스티립이 부착강도에 미치는 영향을 검토하고자 한다. 즉, 보 공시체에 CFS의 보강 매수(ply) 및 길이, 전단키의 유·무 및 위치, 그리고 U 스티립의 유·무를 변수로 하여 실험적 연구를 수행함으로써 CFS로 보강한 콘크리트 복합재료의 휨거동을 파악하고자 하였다.

* 정회원, 충청대학 토목공학과 교수,
*** 정회원, 충청대학 건축공학과 교수,

** 정회원, (주) 케어론 대표이사
**** 정회원, 충청대학 실용소재과 교수

2. 실험

2.1 실험변수 및 시험체의 개요

본 실험을 위하여 시험체는 ①탄소판이 없는 경우, ②탄소판이 부재의 전길이에 걸쳐 1겹, 2겹이 부착된 경우, ③전길이에 1겹, 중앙부에는 1겹, 2겹이 부착된 경우, ④전단키가 지점 부근에 있는 경우와 중앙부에 있는 경우, 및 ⑤U자형 보강이 지점부에 있는 경우로 나누어 제작되었으며 시험체의 명칭 및 보강현황은 표 1과 같다. 공시체의 단면적은 15×25cm이고, 지점간의 길이와 전체길이는 각각 180cm와 220cm이며 인장쪽과 압축쪽의 피복 두께는 3.0cm로 하였다. 시험체의 형상과 치수는 그림 1과 같다. 한편, 그림 2는 전단키와 U 스티립의 상세를 나타내고 있다. 인장 및 압축철근, 그리고 전단철근으로는 D10의 철근을 사용하였고 콘크리트 설계기준강도는 27.5MPa로 하였다.

Table 1 Details of specimens

No. of specimens	보강매수 (ply)	부착길이 (cm)	전단키의 위치	U자형 보강 유·무	비고
CF	0	-	-	무	기준시험체
CF1	1	140	-	무	
CF1-SE	1	140	단부	무	
CF1-SC	1	140	중앙	무	
CF2	2	280	-	무	
CF2-SE	2	280	단부	무	
CF1.5-SE	1.5(=1+0.5)	250	단부	무	
CF1.5.5-SE	2(=1+0.5+0.5)	360	단부	무	
CF1.5-U	1.5(=1+0.5)	250	-	유	

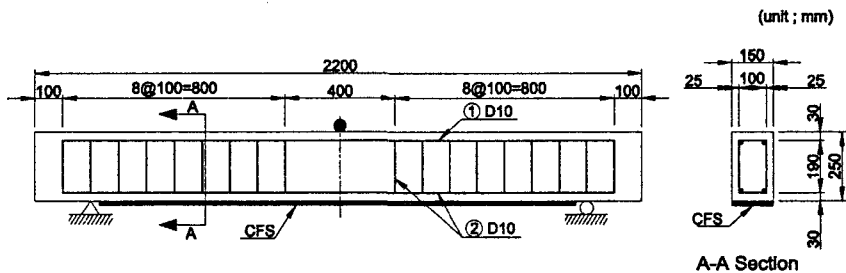


Fig. 1 Details of the specimen

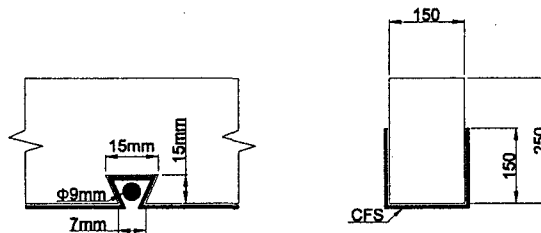


Fig. 2 Details of shear key and U strip

표 1에서 CF는 Carbon fiber sheet를, SE와 SC는 전단키가 단부와 중앙에 있음을, 그리고 U는 U자형 보강이 있음을 나타낸다. 기 실시된 예비실험에서 조건이 다른 공시체 간에 뚜렷한 특성이 관찰되었으므로 본 실험에서는 조건 별로 1개씩의 공시체를 제작한 후, 3점 휨실험을 실시했다. 그림 2에서

CFS와 콘크리트는 에폭시를 이용하여 부착되었으며 CFS는 무수지형 일방향 탄소섬유쉬트로 H사에서 제작된 NR72를 사용했으며 에폭시는 프라이머 수지로 PR67+PH33 제품을 사용했다.

2.2 실험개요

시험체를 만들기 위해 선택된 콘크리트의 배합표는 표 2에 주어져 있다. 시멘트는 보통 포틀랜드 시멘트(1종 시멘트)를 잔골재와 굵은골재는 각각 일반 강모래와 최대치수 25mm의 쇄석을 사용하였다. 또한 감수제는 표준형 AE 감수제를 사용했다. 시험체의 콘크리트는 수직으로 치기를 했으며 24시간이 경과하여 탈형했다. 양생은 양생포와 비닐을 깔고 물을 뿌린, 후 비닐과 습윤포를 순서대로 덮고 실험 때까지 28일 이상 기건양생하였다.

Table 2 Mixture proportions of concrete

w/c(%)	s/a(%)	unit weight(kg/m ³)				S.P.*(%)	f _{cu} (MPa)
		W	C	S	G		
45.3	45.6	189	417	796	904	2.5	29.4

* superplasticizer (ratio for cement weight)

3. 실험결과와 분석

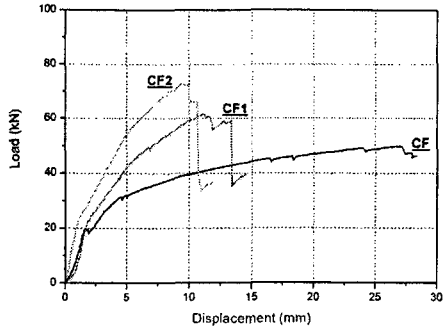
그림 3은 본 연구에서 얻은 하중-처짐 곡선을 몇 가지 경우로 나누어 비교한 것이다.

그림 3(a)는 쉬트의 보강 매수에 따른 곡선을 보이고 있다. 이 그림으로부터 보강 매수가 증가함에 따라 최대하중과 쉬트의 부착과피 시 취성도가 증가함을 알 수 있다. 또한 최대하중에 도달한 직후에는 쉬트가 부착과피되면서 조금의 저항을 보인 후 부착과피 뒀을 알 수 있다. 그리고 부착과피발생 후에는 보강을 하지 않은 보의 강도 이하로 강도가 떨어지나 이 강도는 곧 회복되어 보강을 하지 않은 보와 같은 거동을 보임을 알 수 있다. 이는 본 연구의 보강한 전 공시체에서 관찰할 수 있는 현상이다.

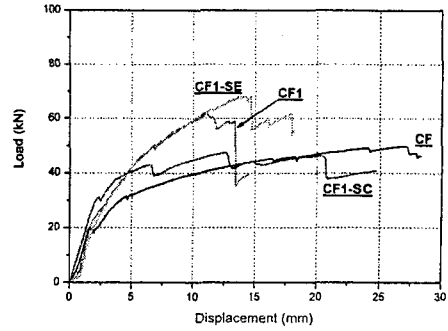
그림 3(b)는 쉬트 1매 보강 시, 전단키의 유·무 및 위치에 따른 하중-처짐 곡선을 보이고 있다. 쉬트를 1매 보강하고 전단키가 보의 지점에서 5cm에 있는 경우는 전단키가 없으며 쉬트 1매로 보강된 경우와 유사한 거동을 보이지만 연성이 보다 개선되며 전단키가 풀리고 나서도 쉬트가 외부하중에 저항하여 하중과 처짐이 증가함을 보이고 있다. 한편 전단키가 중앙단면에서 좌·우로 25cm에 위치하는 경우, 보강을 하지 않은 보와 비교해서 초기에는 하중과 처짐이 조금 개선되나 곧 비슷한 거동을 보임을 알 수 있다. 즉, 전단키는 지점에 가까이 위치 시켜야 보다 개선된 결과를 얻을 수 있으며 중앙 단면에 있으면 보강이 되는 것이 아니라 오히려 초기 늦치의 역할을 하게 됨을 알 수 있다.

그림 3(c)는 쉬트 2매 보강 시, 전단키의 유·무에 따른 하중-처짐 곡선을 보이고 있다. 쉬트가 보강될수록 그림 3(a)에서 설명된 바와 같이 하중과 처짐 능력이 증가되며, 같은 보강 매수에서도 전단키가 지점 부근에 추가되면 최대하중과 연성이 보다 개선됨을 알 수 있다.

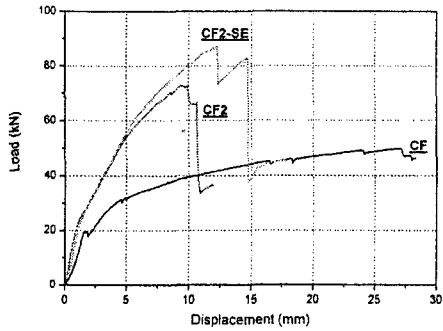
그림 3(d)는 부재의 단부에 전단키의 설치 시, 쉬트의 보강 매수에 따른 하중-처짐 곡선을 보이고 있다. 1매 보강 시, 무보강과 비교하여 하중과 처짐이 당연히 증가했다. 2겹을 부재의 전 길이에 걸쳐 보강한 경우와 1겹은 전 길이에 그리고 1겹은 부재 중앙부 절반에 보강한 경우, 초기 거동은 전자가 유리하나 최대하중과 연성 부분에서는 후자가 더 유리함을 알 수 있다. 이는 전단키를 만들 때, 2겹의 보강에 어려움이 있는데 그 이유가 있는 것으로 판단한다. 쉬트가 1겹은 전 길이에 그리고 1겹은 부재 중앙부 절반에 보강한 경우에 비해 1겹이 부재 중앙부 절반에 추가로 보강된 경우는 곡선의 초기기울기가 증가하며 연성은 유사하나 최대하중에 대응하는 변형률이 감소함을 알 수 있다. 그림 3(e)는 쉬트를 1겹은 전 길이에 그리고 1겹은 부재의 중앙부 절반에 보강한 경우, 단부의 전단키와 U 스티럽이 하중-처짐 곡선에 미치는 영향을 보이고 있다. 즉, 1겹은 전 길이에 그리고 1겹은 부재 중앙부 절반에 보강한 후 지점에서 3cm에 U 스티럽을 위치한 경우와 전단키를 설치한 경우, 상호간의 연성은 유사하나 최대하중이 작아짐을 알 수 있다.



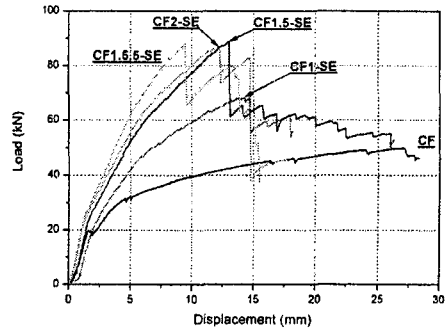
(a)



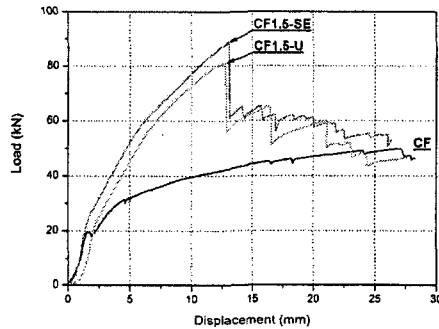
(b)



(c)



(d)



(e)

Fig. 3 하중-처짐 곡선

4. 결론

본 논문에서는 전단키 및 U 스티립이 철근콘크리트보의 휨거동에 미치는 영향에 대한 실험적 연구를 수행했다. 그 결과, 슈트가 1점은 전 길이에 그리고 1점은 부재 중앙부 절반에 보강한 경우 및 전 단키가 지점 부근에 있는 경우가 보의 휨거동을 가장 우수하게 개선함을 알 수 있었다.

참고문헌

1. 최기선, 유영찬, 이진용, 김궁환, "유리섬유슈트로 휨보강된 RC보의 부착파괴 방지 상세에 관한 실험적 연구," 봄학술발표회논문집, 한국콘크리트학회, 제16권 1호, 2003, pp.531~536.