

CFS보강 콘크리트 기둥부재의 응력-변형을 거동에 관한 실험적 연구

An Experiment Study On the Stress-Strain Behavior of Concrete Columns Strengthened with Carbon Fiber Laminate

장 일 영* 이 상 호** 박 훈 규*** 나 혁 충****
Jang, Il Young Lee, Sang Ho Park, Hoon Gyu Na, Hyuk Chung

ABSTRACT

Recently, the Carbon Fiber Sheet(CFS) is widely used to structure. But the behavior of the concrete column which is strengthened with the CFS is not clearly defined yet.

This study presents the result of experimental studies on the stress-strain behavior and the strengthening effect of laterally confined concrete by Carbon Fiber Sheets(CFS) subject to compression. In this experimental study, included three-parameters, which are the number of the sheets, the laminated angle of sheets, and concrete strength.

1. 서론

최근 비교적 시공이 단순하고 일체성을 확보할 수 있는 탄소섬유를 사용한 보강방법이 많이 쓰이고 있다. 탄소섬유시트는 매우 큰 인장강도와 탄성계수를 가지고 있어 기존 보강공법에서 사용하고 있는 강판 등의 재료에 비해 효율성이 높을 뿐만 아니라, 경량으로 운반과 취급이 용이하며 시공성과 가공성이 뛰어나 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다⁽¹⁾. 그러나 그 역학적특성 규명이 아직 미약한 실정이며 신소재 접착보강공법의 신뢰성확보를 위해서 더욱 많은 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 신소재 섬유 접착 보강공법중의 하나인 탄소섬유시트 부착 공법으로 콘크리트 압축부재를 횡보강하여 보강재의 부착각도, 부착량 및 콘크리트 압축강도에 따른 보강효과와 파괴양상을 비교·분석하였다. 결과분석을 통하여 횡방향으로 구속된 압축부재의 구조적 거동의 특성을 파악하여 기둥의 압축강도 부족으로 인한 부재의 내력을 보강하는 보강방법 수립에 기초적 자료를 제공하고자 하는데 연구의 목적이 있다.

2. 실험

시험체는 콘크리트 압축강도 250, 400kg/cm²을 목표로 하여 $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ 원주시험체와 15cm \times 30cm \times 30cm 각주시험체 64개(변수당 각 2개)를 제작하였으며 시험체 변수, 콘크리트 배합비 및 사용된 CFS의 물성에 대한 상세한 내용은 표1~3과 같다

* 정희원, 금오공과대학교 토목공학과 교수

** 정희원, 연세대학교 토목공학과 교수

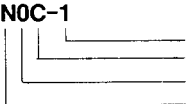
*** 정희원, 금오공과대학교 토목공학과 박사수료

**** 금오공과대학교 토목공학과 석사과정

표 1. 탄소섬유쉬트 보강시험체기호 및 실험결과

시험체	제원	보강 겹수	최대 압축강도 (kg/cm ²)	강도 증가비	최대 축 변형률	시험체	제원	보강 겹수	최대 압축강도 (kg/cm ²)	강도 증가비	최대 축 변형률
원주무보강	○15×30 (cm)	0	283	1	0.0026	원주무보강	○15×30 (cm)	0	357	1	0.0031
N0C-1		1	396	1.4	0.0027	H0C-1		1	704	1.97	0.0041
N0C-2		2	405	1.43	0.0030	H0C-2		2	716	2.01	0.0042
N45C-1		1	319	1.13	0.0019	H45C-1		1	587	1.64	0.0036
N45C-2		2	372	1.31	0.0031	H45C-2		2	634	1.78	0.0038
N90C-1		1	560	1.98	0.0028	H90C-1		1	730	2.04	0.0043
N90C-2		2	795	2.81	0.0033	H90C-2		2	902	2.53	0.0088
N(0+90)C-2		2	730	2.58	0.0035	H(0+90)C-2		2	724	2.02	0.0047
각주무보강	□15×30 (cm)	0	285	1	0.0023	각주무보강	□15×30 (cm)	0	365	1	0.0030
N0R-1		1	324	1.14	0.0030	H0R-1		1	417	1.14	0.0069
N0R-2		2	379	1.33	0.0026	H0R-2		2	418	1.15	0.0034
N45R-1		1	326	1.14	0.0030	H45R-1		1	544	1.49	0.0031
N45R-2		2	317	1.11	0.0030	H45R-2		2	448	1.23	0.0042
N90R-1		1	382	1.34	0.0026	H90R-1		1	496	1.36	0.0034
N90R-2		2	434	1.52	0.0031	H90R-2		2	544	1.49	0.0035
N(0+90)R-2		2	432	1.52	0.0033	H(0+90)R-2		2	482	1.32	0.0041

NOC-1



보강겹수 : 1겹
 공시체 단면 : C-원형, R-사각형
 보강형태 : 0 *보강
 콘크리트 압축강도: N-250kg/cm², H-400kg/cm²

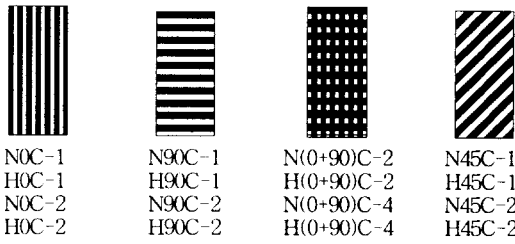
표 2. 콘크리트 배합표

강도 (kg/cm ²)	굵은 골재최 대치수 (mm)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	W/C (%)	S/A (%)	단위량(kg/m ³)				
						물 W	시멘트 C	잔골재 S	굵은 골재 G	AE제
250	19	20	4.0	48	43	211	440	662	908	0
400	19	20	4.0	31	40	211	603	569	881	0

표 3. 보강재의 특성

종류	설계용 인장강도 (kg/cm ²)	설계두께 (mm)	설계탄성계수 (kg/cm ²)	허용 휨인장 응력	단위폭당 CF 단면적 (cm ² /m)	단위면적당 CF 중량 (kg/cm ²)
탄소섬유쉬트	35,000이상	0.167	2.4×10 ⁶	11.1	1.11	300

보강재는 탄소섬유쉬트를 시험체에 부착하기전에 콘크리트 표면의 열화층(풍화, 레이턴스, 박리, 모르터, 페인트, 오염물질)을 완전히 제거한 후, 각주시험체의 경우 반경 10mm이상이 되도록 모서리 부분을 마감 처리 한후 에폭시수지를 일정한 두께로 도포하였다. 보강재는 보강시험체(표 1)의 종류에 따라 겹수 및 부착각도에 변화를 주어 시험체에 부착하였다. 부착각도는 그림 1에서와 같이 시험체의 재하 축방향을 0°로 정하여 0°, 90°, 45° 및 0°+90°로 시험체 전면에 완전부착하였으며, 10cm의 이음길이를 두었다.



*각주시험체 (R series)도 위와 동일

그림 1. 시험체 보강방법

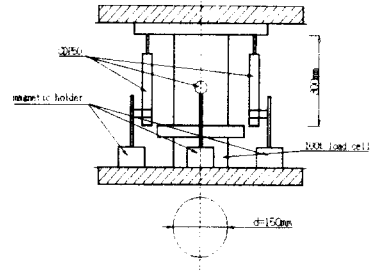


그림 2. 재하도

하중 및 축변위 측정은 그림 2와 같이 시험체 상하단의 재하판에 설치된 LVDT와 Load cell을 이용하여 측정하였으며, 하중은 예상최대하중의 약 75%까지는 하중제어방식에 의하여 가력을 하고 75%이상부터는 변위제어방식에 의해 하중을 가력하였으며 최대하중 이후 보강재가 파괴되면 가력을 서서히 중지하였다.

3. 실험결과

보강된 모든 시험체는 전반적으로 무보강 시험체에 비해 큰 강도증가를 보이다가 예상최대하중의 90%정도 이후에서 도포레진과 탄소섬유사이의 국부적인 섬유조직 탈락으로 인한 미세한 소리를 낸후 보강재의 파단에 의하여 큰 폭발음과 함께 급격히 파괴되는 양상을 보였다. 횡보강된 모든 시험체는 파괴되기 전까지 시험체 자체에는 균열이나 박리현상은 육안으로 확인되지 않았다. 특히 45°부착의 경우 겹침이음부의 파단에 의한 파괴가 예상되었으나 대체로 시험체 북부중앙에서 45°도 경사로 파단되어 CFS이음부에서의 탈락이나 부착력 손실은 없는 것으로 보인다.

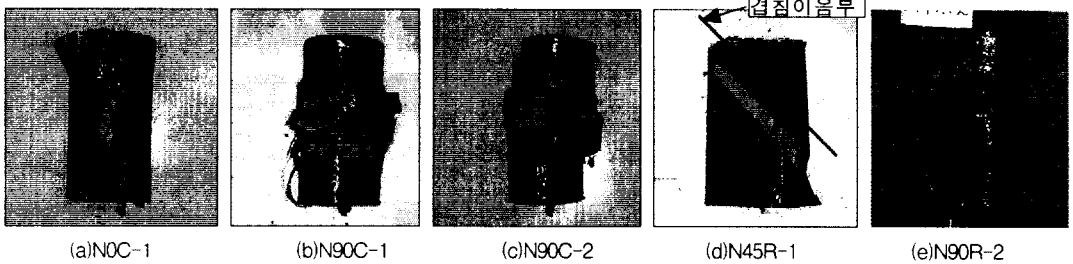
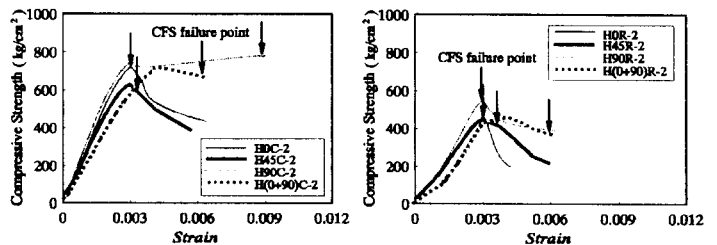


그림 3. 파괴 상황의 예

3.1 부착각도에 따른 영향분석

압축부재 CFS 횡보강시에 보강재의 부착각도에 따른 응력-변형률 거동을 그림 4와 같이 비교하였다.

그림 4(a)와 (b)에서 원주나 각주 시험체 횡방향으로 CFS를 보강한 90° 2겹의 경우가 가장 보강효과가 우수하며 0°+90°, 0°, 45°순으로 강도증가 효과가 있는 것으로 나타나, 45°부착의 경우 비교적 높은 강도의 콘크리트 압축 시험체에서 나타나는 원뿔형의 전단파괴에 대한 보강이 0°나 90°



(a) 원주시험체

(b) 각주시험체

그림 4. CFS부착각도에 따른 응력-변형률 비교

경우 비교적 높은 강도의 콘크리트 압축 시험체에서 나타나는 원뿔형의 전단파괴에 대한 보강이 0°나 90°

에 비해 효과적이지 못함을 알 수 있다.

3.2 보강재 겹수 및 시험체 형상에 따른 영향분석

보강재의 겹수 즉 CFS보강량 및 단면형상 따른 보강효과를 그림 5에서 비교하였다. 그림 5(a)와 (b)에서 1겹보강에 비해 2겹 보강이 경우가 10~35%정도 강도증진효과가 있으며, C시리즈의 원주시험체가 R시리즈의 각주시험체에 비해 40~50%정도 강도면에서 효과적임을 알 수 있다. 또한 이러한 강도증가효과는 그림 5(a)의 45°부착에 비해 그림 5(b)의 90°부착에서 양호하며, 부착겹수 증가에 따른 강도증가가 각주시험체에 비해 원주시험체가 우수함을 알 수 있다.

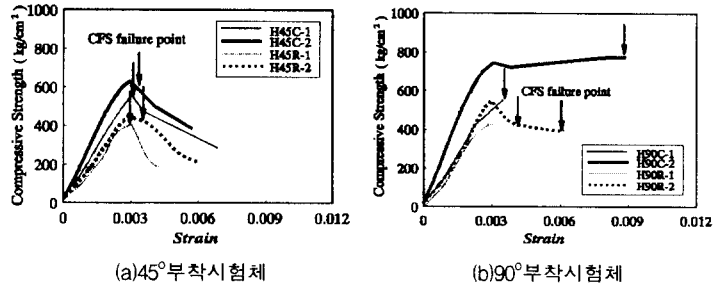


그림 5. CFS부착 겹수 및 단면형상에 따른 응력-변형률 비교

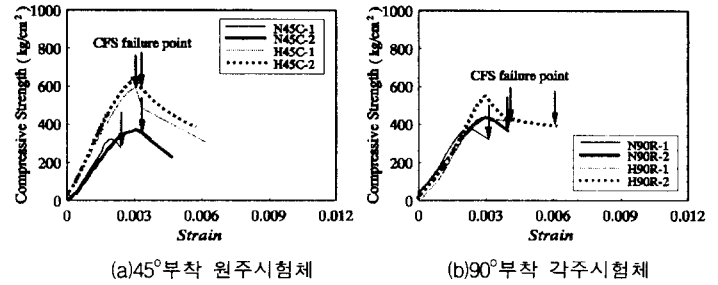


그림 6. 콘크리트 압축강도에 따른 응력-변형률 비교

3.3 콘크리트 압축강도에 따른 영향 분석

그림 6(a) 및 (b)에서 콘크리트 압축강도에 따른 응력-변형률 관계를 비교하였다. 그림6(a),(b)에서, 표 1에 나타냈듯이 무보강 시험체 압축강도가 280kg/cm²인 N시리즈의 경우에 비해 무보강 시험체 압축강도가 360kg/cm²인 H시리즈의 강도증가효과가 보강재 부착겹수에 상관없이 매우 효과적임을 알 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 신소재 섬유접착 보강공법중의 하나인 탄소섬유쉬트(CFS) 부착공법으로 콘크리트 압축 부재를 횡보강하여 보강재의 부착각도, 부착량 및 콘크리트 압축강도에 따른 보강효과와 파괴양상을 비교·분석하여 다음의 결론을 얻었다.

- 탄소섬유쉬트에 의한 압축보강효과는 시험체 횡방향으로 보강한 90°보강의 경우가 가장 우수하였으며, 45°의 경우가 전반적으로 보강효과가 낮았다.
- 부착겹수 증가에 따른 압축강도증가가 각주시험체에 비해 원주시험체가 대체로 40~50%정도 더 효과적인 것으로 나타났다.
- 콘크리트 압축강도 증가에 따른 압축강도증가효과는 보강재 부착겹수에 상관없이 증가하는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 이상호, 허원식, “적층성을 띤 CFS로 보강된 원형 콘크리트 기둥의 보강효과 해석”, 한국콘크리트 학회지, 제11권3호, 1999.6, pp.89-99