

# 탄소섬유시트로 구속된 원형 RC기둥의 일축압축 거동

## Uniaxial Compression Behavior of Circular RC Columns Confined by Carbon Fiber Sheet Wraps

한 상 훈\*                      홍 기 남\*\*  
Han, Sang Hoon              Hong, Ki Nam

### Abstract

External confinement by CFS (Carbon Fiber Sheet) is a very effective retrofit method for the reinforced concrete columns subject to either static or seismic loads. For the reliable and cost-effective design of CFS, an accurate stress-strain curve is required for CFS-confined concrete. In this paper, uniaxial compression test on short RC column with circular section was performed. To evaluate the effect of confinement on the stress-strain relationship of CFS-confined concrete, CFS area ratio, spiral area ratio, and concrete compressive strength are considered as the test variables. Experiment results indicate that CFS jacketing significantly enhances strength and ductility of concrete. In addition, the CFS-jacketed specimens with the spiral steel show the lower load increasement ratio than those without the spiral steel.

### 요 지

CFS로 둘러싸서 외부에서 구속하는 방법은 정적 혹은 지진하중을 받는 철근콘크리트 기둥을 보강하는데 매우 효과적이다. 이러한 CFS 보강법의 신뢰성 있고 경제적인 설계를 위해서는 정확한 CFS 구속콘크리트의 응력-변형률 관계를 파악하는 것이 필요하게 된다. 본 연구에서는 원형단면을 갖는 단주 RC 기둥에 대해 일축압축 실험을 실시하였다. CFS 면적비, 나선철근 면적비, 그리고 콘크리트 압축강도가 CFS로 구속된 콘크리트의 응력-변형률관계에 대한 영향을 평가하기 위한 실험변수로서 고려되었다. 기둥을 CFS로 확보감 함으로서 콘크리트의 강도 및 연성이 크게 증가되었다. 또한, 나선철근이 배근된 실험체의 강도증가율은 CFS만으로 확보감된 실험체보다 확보감능력이 크고 작게 나타났다.

**Keywords :** Carbon fiber sheet, Confinement effect, Uniaxial compression test, RC column

**핵심 용어 :** 탄소섬유시트, 구속효과, 일축압축실험, RC기둥

\* 정희원, 충북대학교 토목공학과 교수, 공학박사  
\*\* 정희원, 충북대학교 토목공학과 전임강사, 공학박사

E-mail : hong@chungbuk.ac.kr 010-4466-3478

• 본 논문에 대한 토의를 2007년 4월 30일까지 학회로 보내 주시면 2007년 7월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

## 1. 서 론

철근콘크리트(reinforced concrete, 이하 RC) 구조물은 재료, 시공, 환경, 구조적인 요인 등에 의해 시공 직후 또는 사용 중 시간이 경과되면서 내력저하 등 여러 가지 구조적인 성능이 저하되는 경우가 빈번하다. 따라서 적절한 시기에 보수·보강이 절대적으로 요구된다.

기존의 보강방법으로는 강판보강법, 단면증설법, 에폭시그라우팅 방법이 많이 이용되어 왔다. 그러나 이 공법들은 시공이 복잡하고 많은 노력이 요구되어 최근에는 합성섬유를 이용한 보강공법이 널리 이용되고 있다. 합성섬유는 단위 무게당 높은 강도, 시공의 용이성, 일체성 확보의 용이, 내부식성 등으로 인하여 강판보강법보다 선호하는 공법으로 인식되고 있으며 지난 10여년간 국내·외에서는 이를 이용한 구조물의 보수·보강을 철근콘크리트 연구의 중요한 분야로 인식하여 많은 연구가 수행되었다.

국내의 연구로 한상훈 등<sup>(1)</sup>은 사각단면을 갖는 단주 RC 기둥에 대해 탄소섬유시트로 횡보강을 실시하고 일축압축 실험을 실시하였다. 실험변수로 탄소섬유시트 면적비와 띠철근 면적비를 고려하여 횡구속 효과를 정식화하고, 응력-변형률 모델을 제안하였다. 이정훈 등<sup>(2)</sup>은 섬유원사를 몰드에 직접 감아 튜브를 제작하는 와인딩 공법을 적용하여 제작된 카본튜브로 보강된 원형 무근 기둥에 대해 실험을 실시하고 극한강도를 예측할 수 있는 실험식을 제안하였다. 또한 천성철 등<sup>(3)</sup>은 탄소섬유시트로 보강된 원형기둥에 대한 실험으로부터 얻어진 합성섬유의 횡변형률을 Mander 등<sup>(4)</sup>의 횡방향철근 모델에 적용하여 합성섬유로 보강된 콘크리트의 구속효과를 평가하였다.

국외의 연구로 Antonio N.과 Nick M. B.는<sup>(5)</sup> 탄소섬유, 유리섬유, 그리고 아라미드섬유로 횡보강된 기둥에 대한 일축압축 실험을 실시하여 실험결과를 기존 모델들과 비교한 결과 기존에 발표된 모델들은 압축강도는 비교적 정확하게 예측하였으나 응력-변형률 곡선의 형태에는 많은 오차가 발생한다고 발표하였다. 그리고, Hosotani 등<sup>(6)</sup>은 원형기둥과 사각기둥에 탄소섬유시트를 횡보강한 실험체를 대상으로 일축압축

실험을 실시하고 실험결과를 회귀분석하여 응력-변형률 모델을 제안하였다.

현장의 보강대상이 되는 원형기둥은 모두 나선철근이 배근되어 있지만 기존에 수행되었던 대부분의 연구는 무근 콘크리트를 대상으로 실시되어왔다. 이에 나선철근이 탄소섬유시트로 구속된 콘크리트 기둥의 거동에 주는 영향이 정확하게 평가되지 못한 것이 현실이다. 따라서, 본 연구에서는 나선철근과 탄소섬유시트의 면적비, 그리고 콘크리트 압축강도를 실험변수로 고려한 원형 RC기둥의 일축압축 실험을 실시하여 원형기둥에 대한 탄소섬유시트 보강효과를 규명하고자 한다. 또한, 추후 수행에 될 탄소섬유시트 보강 원형기둥의 응력-변형률 모델 연구에 기초자료로 활용하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

본 연구의 실험체는 Fig. 1에 나타낸 것과 같이 200 mm×200 mm의 원형단면이며 높이는 600 mm이다. 실험체의 구성은 탄소섬유시트(Carbon fiber sheet, 이하 CFS)로 횡보강된 RC 기둥의 성능개선효과를 분석하기 위해 Fig. 1에 나타낸 것과 같은 실험체를 각 변수에 따라 총 20개 제작하였다. 실험체명은 Table 1에 나타낸 것과 같이 본 연구의 실험변수인 콘크리트 압축강도, 나선철근 보강비, 그리고 CFS 보강비에 따라 명명하였다.

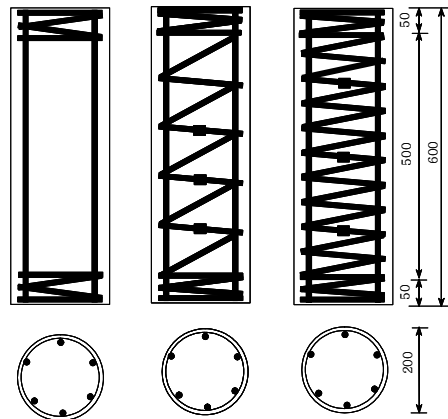


Fig. 1 실험체 제원

Table 1 실험체 제원

실험체명	콘크리트 압축강도 (MPa)	나선철근 보강간격 (mm)	나선철근 보강비, $\rho_w$ (%)	CFS 보강겹수	CFS 보강비, $\rho_{cfs}$ (%)
L3CF0	19.8	50	1.67	0	0.00
L3CF1				1	0.12
L3CF2				2	0.24
L3CF3				3	0.36
M0CF0	22.6	-	0.00	0	0.00
M0CF1				1	0.12
M0CF2				2	0.24
M0CF3				3	0.36
M2CF0		100	0.84	0	0.00
M2CF1				1	0.12
M2CF2				2	0.24
M2CF3				3	0.36
M3CF0	50	1.67	0	0.00	
M3CF1			1	0.12	
M3CF2			2	0.24	
M3CF3			3	0.36	
H3CF0	33.1	50	1.67	0	0.00
H3CF1				1	0.12
H3CF2				2	0.24
H3CF3				3	0.36

실험체명은 순서대로 콘크리트 압축강도(L: 19.8, M: 22.6 H: 33.1MPa), 나선철근 보강비(0: 0, 2: 0.84, 3: 1.67%), 그리고 CFS 보강비(CF0: 0, CF1: 0.12, CF2: 0.24, CF3: 0.36%)를 의미한다. 나선철근 보강비와 CFS 보강비는 콘크리트 단면적에 대한 면적비로 정의하였다. 실험체의 축방향철근은 모든 실험체에서 동일하게 SD30의 D10을 6개씩 배근 하였으며, 나선철근으로는 SD40의 D10을 사용하였다. 횡보강을 위해 사용된 CFS는 두께 0.12mm, 인장강도 3480MPa, 그리고 탄성계수  $2.3 \times 10^5$ MPa의 재료적 특성을 갖는다. 실험체 중앙부에서의 띠철근 간격은 실험변수에 따라 변화시켰으며, 상·하단부 50mm의 구간에는 20mm간격으로 실험변수와 관계없이 조밀하게 배근하여 실험과정에서 발생할 수 있는 단부파괴를 방지하였다.

콘크리트 타설 28일이 경과한 후 콘크리트 표면은 레이턴스를 완전히 제거하고 굵은 골재의 조직이 충분히 나타날 정도로 그라인더를 사용하여 갈아내었다. 표면처리 작업이 종료된 후에는 살수 후 철술을 이용하여 먼지를 완전히 제거하고 물로 세척하였다. 콘크리트 표면의 물기가 완전히 건조된 이후에는 CFS보강을 위하여 프라이머를 CFS접착 하루 전에 도포하여 콘크리트 조직내로 충분히 스며들 수 있도록 도포하였다. CFS보강시에는 CFS 보강비 변수에 따라 시트를 부착하고, 띠철근의 배근과 같이 단부에서의 파괴를 방지하기 위하여 상·하면으로부터 50mm 구간에 CFS를 2겹씩 추가적으로 보강한 후 7일간의 양생을 거쳐 실험을 실시하였다. 실험을 수행하기 직전에는 압축하중 증가에 따른 CFS의 횡방향변형률을 측정하기 위해 변형률 게이지를 양쪽 면에 3개씩 총 6개를 CFS면에 횡방향으로 부착하였다.

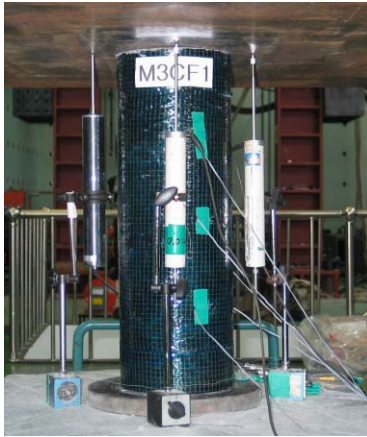


Fig. 2 실험전경

CFS로 보강한 실험체의 압축실험을 위해 Fig. 2와 같이 시험장비를 구성하였으며, 하중은 7MN 용량의 UTM을 이용하여 내력을 거의 상실할 때까지 재하하였다. 하중은 변위조절방법으로 분당 약 1.0mm의 속도로 재하하였다. 또한 실험체의 변위는 각 면에 1개씩 총 4개의 LVDT를 설치하여 각 하중단계에서의 변위를 측정하였다. 데이터 수집은 데이터로거를 사용하고 컴퓨터 자동데이터수집 프로그램을 이용하여 작용하중, 처짐, 나선철근과 CFS의 변형률을 획득하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 파괴양상

무근 실험체 M0CF0는 단부에서 시작된 균열이 하중의 증가와 함께 중앙부로 진전하고 최대하중에 도달하면서 파열음을 동반한 급작스런 파괴를 일으켰다. 나선철근이 보강된 M2CF0와 M3CF0 실험체의 경우에는 띠철근량이 증가할수록 최대하중 이후의 하중감소 속도가 감소하였으며 주철근의 좌굴이 제어되면서 구속콘크리트의 손상정도가 감소하였다.

CFS로 보강된 실험체는 주철근의 변형률이 항복변형률에 도달한 후 CFS의 변형률이 크게 증가하기 시작하였다. 최대강도에 도달하기 직전부터 보강구간 일부에서 약간의 파음이 발생하면서 변형률이 CFS의 종국변



(a)  $\rho_{cfs}=0.12\%$



(b)  $\rho_{cfs}=0.24\%$



(c)  $\rho_{cfs}=0.36\%$

Fig. 3 실험체 파괴형상

형률 이상으로 증가하였다. 최대하중에 도달한 순간 파열음과 함께 급작스럽게 그 부분의 시트가 찢어지면서 실험이 종료되었다. Fig. 3(a)~3(c)에  $\rho_{cfs}=0.12\%$ ,  $\rho_{cfs}=0.24\%$ , 그리고  $\rho_{cfs}=0.36\%$ 인 실험체들의 최종 파괴형상을 나타내었다. Fig. 3에서 알 수 있듯이 CFS의 보강량이 증가할수록 심부콘크리트의 손상이 크게 발생하였다. 이는 CFS 보강비가 증가할수록 축방향 변위능력이 증가하게 됨으로써 그만큼 심부 구속콘크리트의 손상이 크게 발생하는 것으로 판단된다.

Table 2 실험결과

실험체명	최대하중 (kN)	하중증가율 (%)	축방향 변형률 $\epsilon_1$	횡방향 변형률 $\epsilon_3$	체적변형률 $\epsilon_v = \epsilon_1 + 2\epsilon_3$
L3CF0	929.00	-	0.0140	-	-
L3CF1	1322.68	42.37	0.0208	-0.0174	-0.014
L3CF2	1669.69	79.42	0.0275	-0.0128	0.0019
L3CF3	1825.52	96.52	0.0362	-0.0128	0.0106
M0CF0	657.31	-	0.0038	-	-
M0CF1	1054.81	60.52	0.0167	-0.0124	-0.0081
M0CF2	1465.00	122.90	0.0239	-0.0122	-0.0005
M0CF3	1779.40	170.75	0.0291	-0.0114	0.0063
M2CF0	666.59	-	0.0063	-	-
M2CF1	1055.36	58.29	0.0181	-0.0082	0.0017
M2CF2	1402.10	110.32	0.0223	-0.0078	0.0067
M2CF3	1664.37	149.67	0.0350	-0.0025	0.0300
M3CF0	990.38	-	0.0155	-	-
M3CF1	1356.38	39.69	0.0233	-0.0114	0.0005
M3CF2	1772.99	79.06	0.0326	-0.0109	0.0108
M3CF3	1879.29	87.78	0.0360	-0.0084	0.0192
H3CF0	1348.20	-	0.0105	-	-
H3CF1	1803.42	10.46	0.0140	-0.0136	-0.0132
H3CF2	2095.85	55.46	0.0193	-0.0124	-0.0055
H3CF3	2280.06	69.14	0.0190	-0.0100	-0.0010

또한, 파괴시에도 CFS 보강비가 증가할수록 방출되는 에너지가 증가하면서 파괴가 더욱 취성적이며 실험장치 주변으로 콘크리트 조각들이 날아갈 정도로 큰 파괴력을 보였다. CFS 보강비가 동일한 실험체에서는 나선철근 보강비가 증가할수록 파괴시 CFS가 찢어지는 범위가 감소하는 결과를 Fig. 3으로부터 확인할 수 있다.

또한 나선철근 보강비가 증가할수록 심부콘크리트의 손상이 감소하는 현상도 보이고 있다. 이러한 파괴거동은 주철근의 좌굴장과 밀접한 관계가 있다. 나선철근의 간격이 큰 경우에는 주철근의 좌굴장이 증가하기 때문에 큰 범위에 걸쳐 CFS가 찢어지면서 파괴되는 반면, 나선철근의 배근간격이 작은 경우에는 주철근의 좌굴장이 감소하기 때문에 국부적으로 CFS가 찢어지면서 파음을 확인할 수 있다. 이는 주철근이 없는 무근콘크리트 기둥을 대상으로 제안된 식으로 보강성능을 평가할 경우 나선철근에 의한 영향을 무시하게 됨으로 정확하게 CFS 보강 기둥의 성능을 파악할 수 없음을 나타내는 결과이다.

을 나타내는 결과이다.

### 3.2 강도특성

Table 2에 실험을 통해 얻은 하중 및 변형률 결과를 나타내었다. Table 2에서 하중증가율은 CFS로 보강하지 않은 실험체의 실험결과에 대한 CFS로 보강된 실험체의 최대하중비로써 CFS에 의한 하중증가율을 의미한다. 나선철근 및 CFS의 보강량이 증가할수록 최대응력 및 최대변형률이 크게 증가함을 실험결과를 통해서 확인할 수 있다. M series중에서 CFS로 보강하지 않은 실험체는 나선철근 보강비가 최대일 때 약 50%정도의 하중증가를 나타내었다. 반면 나선철근이 없고 CFS로만 보강된 실험체에서는 CFS 보강량이 증가함에 따라 최대 170%의 하중증가를 보여 나선철근에 의한 구속보다 CFS에 의한 구속효과가 월등하게 우수함을 알 수 있었다.

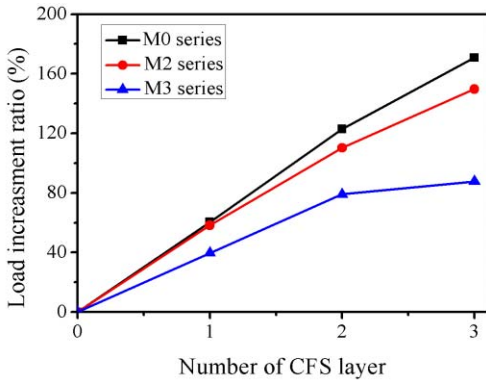


Fig. 4 하중증가율에 대한 나선철근 보강비의 영향

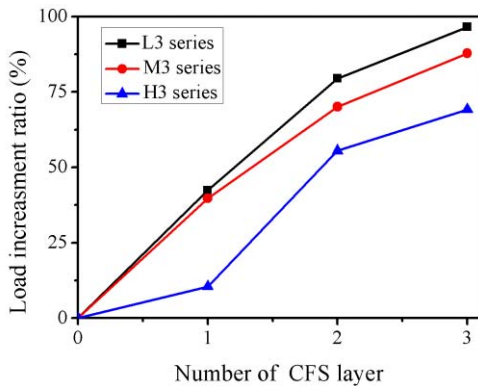
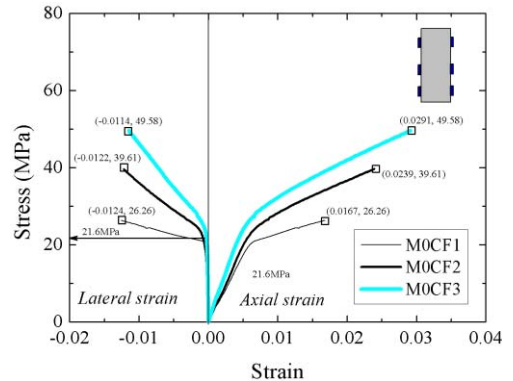


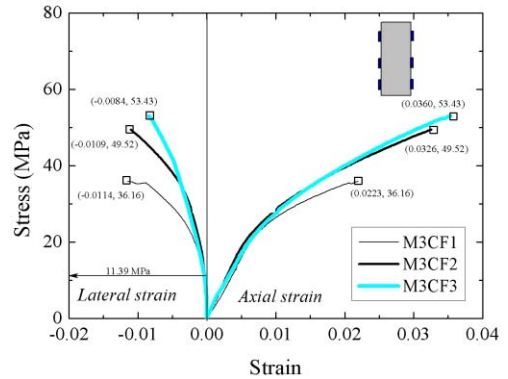
Fig. 5 하중증가율에 대한 콘크리트 강도의 영향

Fig. 4와 Fig. 5에 각각 CFS로 보강된 실험체의 하중증가율에 대한 나선철근 보강비의 영향과 콘크리트 압축강도의 영향을 나타내었다. Fig. 4는 나선철근 보강비가 0.00%인 M0 series와 0.84%인 M2 series의 경우 하중증가율에 큰 차이는 아니지만 M0 series가 CFS에 대한 보강 효율이 다소 우수함을 보이고 있다. 이에 반해 M3 series는 다른 실험체들에 비해 CFS 보강효율이 크게 떨어짐을 알 수 있다. 즉, 나선철근 보강비가 큰 실험체는 나선철근에 의해서도 구속효과가 크게 발휘되기 때문에 CFS의 역할이 다른 실험체에 비해 감소하는 것으로 판단할 수 있다.

Fig. 5는 콘크리트 압축강도가 증가함에 따라 CFS의 보강효율이 크게 감소함을 보이고 있다. 이는 콘크리트 압축강도가 증가함에 따라 심부콘크리트에 발생하는 미소균열이 감소하여 CFS에 의해 가해지는 수동적인 구속압이 감소하기 때문으로 생각된다.



(a) M0 series

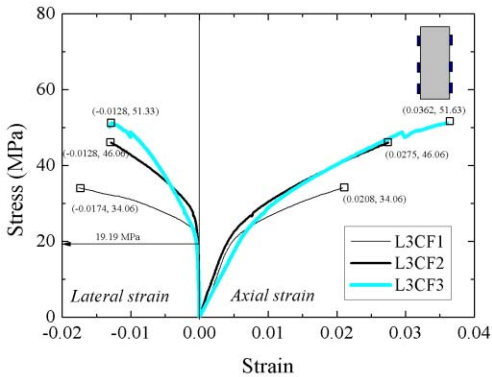


(b) M3 series

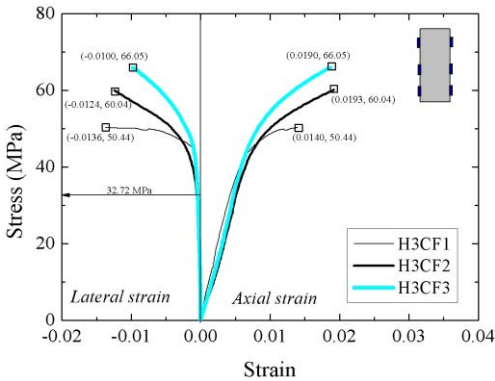
Fig. 6 나선철근비 변화에 따른 축방향-횡방향 변형률 비교

### 3.3 팽창특성

CFS에 의한 횡구속효과를 평가하기 위해 실험체의 축변형률-횡변형률 관계를 분석하였다. Fig. 6과 7에 각각 나선철근비 변화에 따른 축방향-횡방향 변형률 비교와 콘크리트 압축강도 변화에 따른 축방향-횡방향 변형률 비교를 나타내었다. 그림에서 하중재하 방향을 기준으로 축변형률을 양(+), 횡변형률을 음(-)로 정의하였다. Fig. 6과 7에 나타난 응력은 파괴시까지 콘크리트 전단면이 동일한 응력상태에 있다고 가정하여 기둥의 총단면적으로 축방향 철근의 부담을 제거한 축하중을 나누어서 계산한 평균응력이며, 변형률은 4개의 LVDT로부터 얻어진 축방향 변위의 평균치를 실험체의 높이로 나누어서 산정한 평균변형률이다. 또한, 횡변형률은 CFS에 부착한 6개의 스트레인 게이지로부터 획득한 데이터의 평균치를 나타낸다.



(a) L3 series



(b) H3 series

Fig. 7 콘크리트 강도 변화에 따른 축방향-횡방향 변형률 비교

앞에서 언급한 바와 같이 CFS에 의해서 구속된 기둥의 파괴는 국부적으로 발생한다. 이로 인해 최대중 발생시 4개의 LVDT로 측정된 변위와 평균변위의 표준편차는 16개의 실험체에서 평균적으로 0.14, 6개의 스트레인 게이지를 통해서 얻어진 CFS 변형률과 평균변형률의 표준편차는 전체 실험체의 평균이 0.28로 나타나 측정위치에 따른 차이가 매우 크게 나타났다. 즉, CFS로 횡보강된 기둥에서도 파괴가 전 구간에 걸쳐 발생하는 것이 아니라 국부적인 파괴가 발생함을 알 수 있다.

Fig. 6(a)와 6(b)에 각각 콘크리트의 압축강도가 22.6MPa로 일정하면서 나선철근비가 0.00%인 실험체들과 나선철근비가 1.67%인 실험체들의 축변형률-횡변형률 관계를 나타내었다. Fig. 6은 나선철근비와 관계없이 CFS 보강비가 증가할수록 횡방향 변형률은

감소하는 반면 축방향 변형률은 크게 증가하는 경향을 나타내고 있다. 즉, CFS 보강비가 증가함에 따라 구속콘크리트에 가해지는 구속압이 크게 증가하여 횡구속효과가 크게 발휘됨을 알 수 있다. 한편, 나선철근비가 0%인 실험체들은 CFS 보강비가 증가함에 따라 압축강도 및 연성이 거의 비례적으로 증가하였으나 나선철근비가 1.67%인 M3 시험체에서는 CFS 보강점수가 2겹이상이므로 증가하게 되면 보강효율이 크게 감소하는 경향을 Fig. 6(b)는 보이고 있다. 또한, 나선철근이 없는 M0 series에서는 압축응력이 21.6MPa에서 횡변형률이 증가하기 시작하였으나 M3 series에서는 11.39MPa에서 횡변형률이 증가하기 시작하였다. 이는 나선철근을 배근하게 되면 덮개 콘크리트와 나선철근사이에 부착력이 크게 감소하여 훨씬 작은 하중에서 덮개 콘크리트와 나선철근 부착면 파괴가 발생하게 된다. 이로 인해 CFS에 의한 횡구속 효과나 나선철근이 배근된 실험체에서 초기에 발휘되는 것으로 예측할 수 있다. 따라서 기존에 수행된 연구들과 같이 나선철근이나 띠철근이 없는 무근 실험체들에 대한 실험을 통해 얻어진 CFS 횡보강 성능을 나선철근이나 띠철근이 배근된 구조물의 보강설계에 직접적으로 적용하는 것은 타당하지 않다고 말할 수 있다.

Fig. 7(a)와 7(b)에는 콘크리트 강도 변화에 따른 횡보강 효과를 평가하기 위해 각각 콘크리트 압축강도가 19.76MPa와 33.08MPa인 실험체들의 축방향-횡방향 변형률 관계를 나타내었다. Fig. 7에서 L3CF3 실험체의 파괴시 횡변형률과 축변형률은 각각 0.0362와 -0.0128를 나타내고 있는 반면 H3CF3 실험체의 횡변형률과 축변형률은 각각 0.0190과 -0.0100으로 크게 연성이 감소하는 거동을 확인 할 수 있다.

또한, Fig. 7에 나타난 바와 같이 L3 series 실험체들의 횡변형률은 압축응력이 19.19MPa부터 증가하기 시작하였으나 H3 series 실험체들의 횡변형률은 32.72MPa부터 증가하기 시작하였다. 즉, CFS에 의한 횡구속효과가 발휘되는 시점이 콘크리트 압축강도가 증가함에 따라 지연되는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 8에는 M0 series 실험체와 M3 series 실험체들의 체적변형률을 비교하여 나타내었다. 체적변형률은 식(1)를 이용하여 산출하였다.

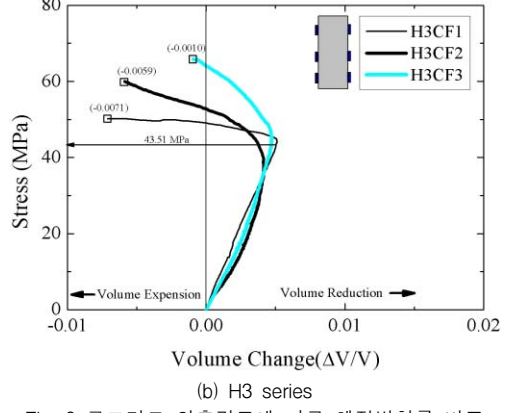
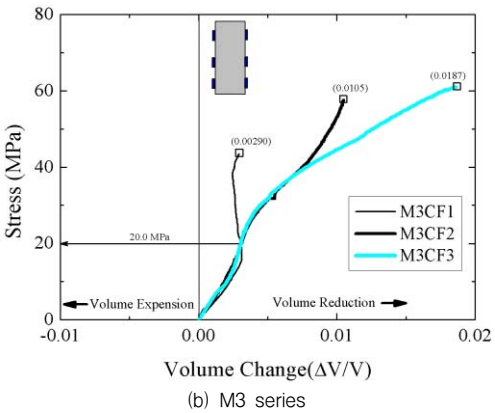
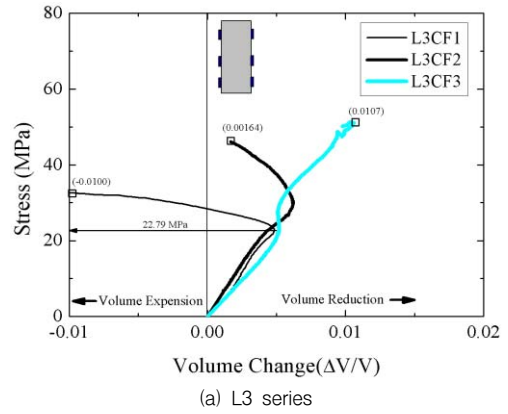
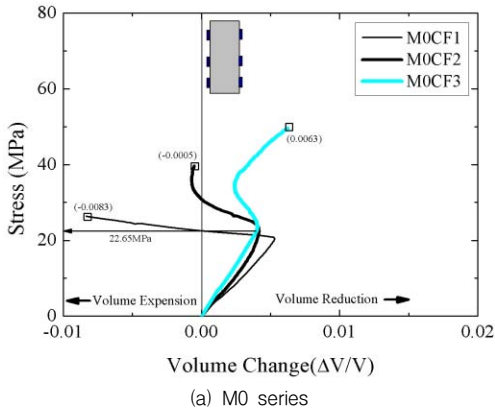


Fig. 8 나선철근 보강비에 따른 체적변형을 비교

Fig. 9 콘크리트 압축강도에 따른 체적변형을 비교

$$\epsilon_v = \epsilon_1 + \epsilon_3 + \epsilon_\theta = \epsilon_1 + 2\epsilon_3 \quad (1)$$

여기서,  $\epsilon_v$  = 체적변형률

$\epsilon_1$  = 축변형률

$\epsilon_3 = \epsilon_\theta$ : 횡변형률과 후프변형률

Fig. 8에서 음(-)부호는 체적 증가를, 양(+ )부호는 체적 감소를 의미한다. Fig. 8(a)에서 CFS를 1겹과 2겹 보강한 실험체인 M0CF1과 M0CF2 실험체들의 체적변형률은 각각 -0.0083, -0.0005로 체적이 증가하여 파괴되는 거동을 보이고 있다. 반면에 나선철근 비가 1.63%인 M3CF2와 M3CF1의 파괴시 체적변형률은 각각 0.0105와 0.0187로 나타나 체적이 감소하여 파괴되는 거동을 나타냄을 Fig. 8(b)를 통해서 확인할 수 있다. 즉, M3 series 실험체의 횡구속 압

력이 M0 series 실험체들에 비해 크게 작용하였음을 확인할 수 있다.

Fig. 9에는 콘크리트 압축강도 변화에 따른 체적변형을 비교를 나타내었다. Fig. 9(a)는 콘크리트 압축강도가 19.19MPa일 때 CFS 보강겹수를 1겹에서 3겹으로 변화시키는 경우 파괴시 체적변형률이 -0.0100에서 0.0107로 감소하여 파괴되는 경향을 보이고 있다.

한편, Fig. 9(b)에 나타낸 것과 같이 압축강도가 32.72MPa 시험체들은 파괴시 체적변형률이 H3CF1 실험체에서는 -0.0071, H3CF2 실험체에서는 -0.0059, 그리고 H3CF3 실험체에서는 -0.0010으로 나타나 모든 실험체가 파괴시 체적이 증가하여 파괴되는 거동을 나타내었다. 즉, 콘크리트 압축강도가 증가함에 따라 횡구속 효과가 크게 감소한다는 것을 확인할 수 있다.



#### 4. 결 론

본 연구를 통해서 얻은 결론을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 나선철근이 없고 CFS로만 보강된 실험체에서는 CFS 보강량이 증가함에 따라 최대 170%의 하중증가를 보여 나선철근에 의한 구속보다 CFS에 의한 구속효과가 월등하게 우수함을 알 수 있었다.
- 2) 나선철근을 배근하게 되면 피복 콘크리트와 나선철근 사이에 부착력이 크게 감소하여 CFS에 의한 횡구속 효과가 나선철근이 배근된 실험체에서 조기에 발현되는 것으로 나타났다. 따라서 기존에 수행된 연구들과 같이 나선철근이나 띠철근이 없는 무근 실험체들에 대한 실험을 통해 얻어진 CFS 횡보강 성능을 나선철근이나 띠철근이 배근된 구조물의 보강 설계에 직접적으로 적용하는 것은 타당하지 않은 것으로 나타났다.
- 3) CFS를 1겹과 2겹 보강한 M0 실험체는 체적이 증가하여 파괴되는 거동을 보인 반면에 나선철근비가 1.63%인 M3 시험체들은 모두 체적이 감소하여 파괴되는 거동을 나타내었다. 즉, M3 series 실험체의 횡구속 압력이 M0 series 실험체들에 비해 크게 작용하였음을 실험결과로부터 확인할 수 있다.
- 4) 콘크리트 압축강도가 19.19MPa일 때 CFS 보강겹수를 1겹에서 3겹으로 변화시키는 경우 파괴시 체적변형률이 -0.0100에서 0.0107로 감소하여 파괴되었다. 한편, 압축강도가 32.72MPa 시험체들은 모든 실험체 들이 파괴시 체적이 증가하여 파괴되는 거동을 나타내었다. 즉, 콘크리트 압축강도가 증가함에 따라 횡구속 효과가 크게 감소하는 결과를 나타내었다.

#### 감사의 글

본 연구는 2005년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 수행되었음(This work was supported by Chungbuk National University Grant in 2005).

#### 참고문헌

1. 한상훈, 홍기남, "탄소섬유시트로 구속된 RC 기둥의 일축압축 거동", 구조물진단학회논문집 제9권 2호, 2005. 4, pp. 207-216.
2. 이경훈, 김희철, 홍원기, "카본시트튜브로 구속된 압축재의 성능평가", 구조물진단학회논문집 제10권 3호, 2006. 5, pp. 152-158.
3. 천성철, 김지영, 박형철, 박칠립, "탄소섬유로 횡구속된 콘크리트의 응력-변형률 모델에 관한 연구", 대한건축학회논문집 제15권 1호, 1999. 1, pp. 27-36.
4. Mander, J. B., Priestley, M. J. N., and Park, R., "Theoretical Stress-strain Model for Confined Concrete", Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 8, 1998, pp. 1804-1826.
5. Antonio N. and Nick M. B., "FRP Jacketed Concrete under Uniaxial Compression", Construction and Building Materials, Vol. 8, No. 2, 1995, pp. 115-124.
6. Hosotani, M., Kawashima, K., and Hoshikuma J., "a Stress-strain Model for Concrete cylinders confined by Carbon Fiber Sheets," Journal of Materials, Concrete Structures and Pavements, JSCE, Vol. 39, No. 592, 1998, pp. 36-52.

(접수일자 : 2006년 11월 13일)