

# 하중이력에 따른 콘크리트 압축부재의 CFS 보강효과에 관한 연구

## Confining Effect of CFS on Concrete Compressive Members under Load Actions

배 주 성<sup>\*</sup>      김 경 수<sup>\*\*</sup>      김 재 욱<sup>\*\*\*</sup>      고 영 표<sup>\*\*\*\*</sup>  
Bae, Ju Seong    Kim kyeong Soo    Kim, Jae Wook    Ko Yeong Pyo

### ABSTRACT

Advanced composite materials such as carbon fiber, aramid, and glass fiber sheet, are widely used recently to strengthening existing reinforced concrete structures. The purpose of this paper was to investigate the mechanical characteristics of concrete compressive members confined with carbon fiber sheet and evaluate the efficiency of the strengthening under load actions.

Uniaxial compression tests of concrete compressive members confined with carbon fiber sheet were experimentally used to develop a relationship between the axial stresses and the lateral stresses. The resulting axial and lateral strains were used to determine the confinement effect of concrete compressive members.

### 1. 서론

콘크리트 구조물은 여러 원인에 의해 손상을 받게 되며 이로 인해 내력저하를 가져오게 됨으로서 기대했던 수명을 다하지 못하고 그 성능을 상실하는 경우가 많다. 이러한 콘크리트구조물의 열화로 인한 내력저하를 보강하기 위해서는 우선 열화를 정량적으로 평가하고 이에 따른 보강방법 및 보강량을 결정하게 된다. 그러나 보강방법 및 보강량의 결정시 보강후의 성능을 정확히 평가하지 못한 상태에서는 잘못된 결정을 하는 경우가 발생하게 된다.

따라서 본 연구는 현재 국내·외적으로 널리 사용되고 있는 탄소섬유시트를 이용한 보강공법의 사용시 보다 합리적인 보강방법 및 보강량을 산정하기 위한 연구의 일환으로 외력에 의한 내력저하를 콘크리트의 탄성한도 이후의 하중이력을 통해 조사하여 보강효과를 고찰하였다.

\* 정회원, 전북대학교 토목환경공학부 교수 · 전북대학교 공업기술연구소

\*\* 정회원, 전북대학교 토목공학과, 공학박사

\*\*\* 정회원, 전북대학교 토목공학과 박사수료

\*\*\*\* 정회원, 전북대학교 토목공학과 석사과정

## 2. 실험개요

### 2.1 사용재료

시멘트는 국내산 S사의 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였고, 골재는 진안산 강자갈, 강모래를 사용하였다. 또한 보강에 사용한 섬유는 국내산 H사에서 생산한 카본섬유시트(Carbon Fiber Sheet, CFS)를 사용하였으며, 콘크리트배합, 탄소섬유시트, 에폭시의 특성은 표1과 같다.

표 1 콘크리트 배합표 및 재료의 특성

(a) Mixing table of concrete

W/C (%)	Max. size of aggregate (mm)	s/a (%)	Proportions by unit volume (kg/m <sup>3</sup> )			
			Water (kgf/m <sup>3</sup> )	Cement (kgf/m <sup>3</sup> )	Fine aggregate (kgf/m <sup>3</sup> )	Coarse aggregate (kgf/m <sup>3</sup> )
48	25	41	175	367.5	747.7	1050.1

(b) Properties of carbon fiber sheet

Tensile Strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Modulus of Elasticity (kg/cm <sup>2</sup> )	Density
35,500	$2.35 \times 10^6$	1.8

(c) Properties of epoxy

Comp. strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Tensile strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Flexural strength (kg/cm <sup>2</sup> )	Elongation ratio (%)	Poisson's ratio	Modulus of tensile elasticity (kg/cm <sup>2</sup> )
922.8	617.5	989.3	2.38	0.37	$39.4 \times 10^3$

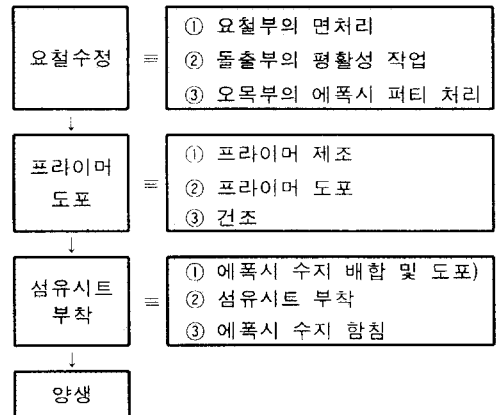
### 2.2 시험체의 제작 및 양생

시험체의 종류는 무보강공시체와 CFS 1겹보강 공시체로 구성하였으며, 하중이력조건에 따라 구분하였다. 시험체의 크기는  $\phi 15 \times 30$ cm규격의 원주형 공시체를 제작하였다. 양생방법은 습윤양생을 하였고, 양생기간은 Preloading시 재령일수에 대한 영향을 최소화하기 위해 84일간 양생하였다. 또한 CFS로 보강될 공시체는 1겹으로 그림1과 같은 순서에 의해 보강하였다. 본 시험체의 종류에 대한 세부내용은 표 2와 같다.

표 2 시험체의 종류

Load	Number of preloading	Test specimen			
		Unconfined	Failure strength (kg/cm <sup>2</sup> )	CFS-1Ply Confinement	Failure strength (kg/cm <sup>2</sup> )
-	-	UC-0	283.0	C1-N	452.6
0.5P <sub>max</sub>	7회	UC-50	307.9	C1-50	450.1
0.6P <sub>max</sub>	7회	UC-60	314.8	C1-60	449.2
0.7P <sub>max</sub>	7회	UC-70	294.0	C1-70	447.2
0.8P <sub>max</sub>	7회	UC-80	280.0	C1-80	442.1

그림 1 섬유시트보강순서



### 2.3 실험방법

본 실험에서는 공시체를 각각 무보강 공시체와 CFS 1겹보강 공시체로 분류하여 총54개의 공시체를 제작하고, 각 공시체에 대해 예상파괴하중의 50%, 60%, 70%, 80%에 해당하는 하중을 각 7회로 Preloading을 주었다. Preloading을 받은 무보강공시체와 CFS보강 공시체의 응력-변형률관계를 측정하기 위해 공시체의 축방향과 원주방향에 스트레인게이지를 부착하여, KS F 2405에 따라 200tonf용량의 Universal Testing Machine을 사용하여 일축압축시험을 실시하였다. 이때 측정된 변형률은 DAS-16으로 받아들여 컴퓨터를 이용하여 정리하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 파괴하중 및 양상

시험결과 무보강공시체의 경우, 파괴양상과 파괴하중은 Preloading에 대해 별다른 하중감소나 특별한 파괴양상은 보이지 않았지만, 50%, 60%의 Preloading을 받은 공시체의 파괴하중이 조금 증가하는 양상을 보였다. 그러나 CFS-1층 보강 공시체 경우, Preloading에 의한 CFS보강 공시체의 하중감소현상은 보이지 않았지만 파괴형상은 Preloading의 하중이 증가함에 따라 내부콘크리트가 파괴되어 공시체가 완전히 파괴되는 양상에서 CFS와 콘크리트사이의 계면박리에 의한 파괴양상으로 변하였으며 Preloading이 증가함에 따라 CFS의 하중부담율이 증가함을 알 수 있었다.

#### 3.2 응력-변형률곡선

무보강 공시체와 CFS 1층 보강 공시체의 응력증가에 따라 발생한 변형률 관계는 그림2와 그림3과 같다. Preloading에 대한 공시체의 파괴하중에는 별다른 변화가 보이지 않았지만, 본 실험결과 얻어진 응력-변형률 관계 곡선에서는 Preloading이 가중됨에 따라 각 공시체의 종방향과 횡방향의 변형률곡선 모두 기울기가 감소하는 것으로 보아 CFS의 초기변형이 증가됨을 알 수 있었고 이는 특히 Preloading이 가중됨에 따라 저하된 공시체의 내력을 CFS가 부담한다는 것을 알 수 있었다. 또한 그림5의 CFS 1층 보강 공시체의 체적변화율 곡선에서 보는 바와 같이 예상파괴하중의 70% 이상 Preloading을 받은 공시체에서의 체적변화율이 급격히 증가하는 것을 볼 수 있는데 임계응력은 Preloading이 가중되어도 70% 이하의 Preloading을 받은 공시체의 임계응력과 차이가 없어 CFS의 구속효과가 우수하다는 것을 알 수 있었으며, 또한 균열하중 이상의 하중을 받아도 CFS로 보강이 가능할 것으로 예측된다.

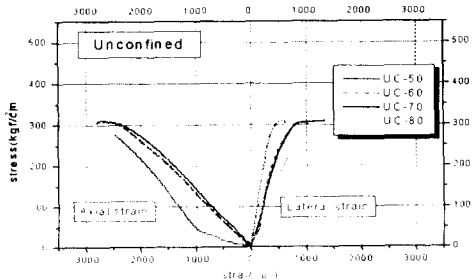


그림 2 응력-변형률곡선 I

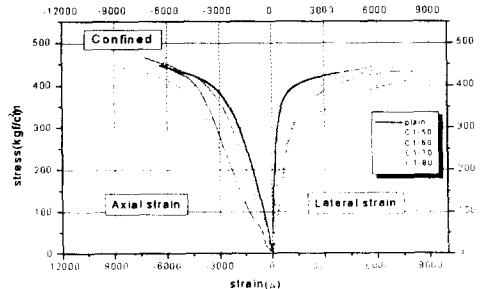


그림 3 응력-변형률곡선 II

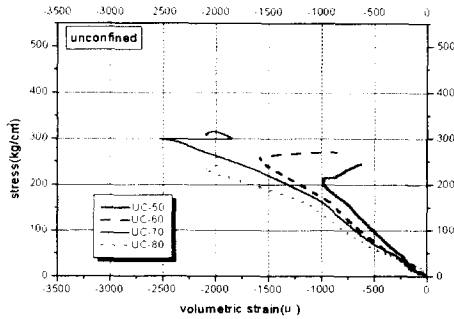


그림 4 응력-변형률곡선 III

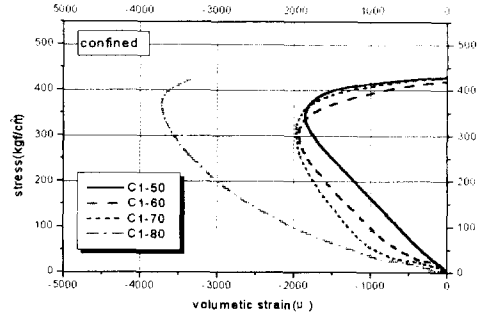


그림 5 응력-변형률곡선 IV

#### 4. 결론

- 1) 연구결과 CFS로 보강된 공시체는 Preloading의 하중이 증가함에 따라 계면박리파괴 양상을 보였으며, 공시체에 대한 CFS의 하중부담률이 증가하는 것을 알 수 있었다. 특히 예상파괴하중의 80%의 Preloading을 받은 공시체의 경우, CFS의 하중부담률이 급격히 증가하는 것으로 나타났다.
- 2) 예상파괴하중의 70% 이상 Preloading을 받은 공시체에서의 체적변화율은 급격히 증가하지만 임계응력은 Preloading이 가중되어도 70%이하의 Preloading을 받은 공시체들의 임계응력과 차이가 없었다.

이상과 같은 결론을 통해 압축부재의 경우, CFS의 보강시 콘크리트탄성한도 이상의 하중이력을 받아도 저하된 내력을 충분히 회복할 수 있는 구속력을 가지는 것을 알 수 있었으며, 따라서 후후 연구를 통해 이를 정량적으로 분석함으로써 합리적인 보강량의 산정이 가능하리라 판단된다.

#### 참고문헌

1. 한국화이버·한국카본, "탄소섬유쉬트 공법 기술자료(II)", 1998
2. Watanabe K. et al, "Confinement Effect of FRP sheet on Strength and Ductility of Concrete Cylinders Under Uniaxial Compression". Proceeding of the Third International Symposium on Non-Metallic(FRP)Reinforcement for Concrete Structures Japan Concrete Institute, 1997 pp223-240
3. 이 현호, 구은숙 "탄소섬유로 전단보강한 RC기둥의 이력성능평가에 관한 실험적 연구", 한국콘크리트학회 1999년도 봄 학술발표회 논문집, 1999, pp750-755.