

# 탄소섬유판으로 보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강응력의 산정

## Estimation of Confinement Stress for Concrete Compressive Member Rehabilitated with Carbon Fiber Laminate

이 희 경<sup>\*</sup>      김 성 철<sup>\*</sup>      유 성 훈<sup>\*\*</sup>      김 중 구<sup>\*\*\*</sup>      정 란<sup>\*\*\*\*</sup>  
Lee, Hee-Kyoung    Kim, Sung-Chul    Yoo, Seong-Hoon    Kim, Joong-Koo    Chung, Lan

### ABSTRACT

In this study, confinement stress of concrete compression members rehabilitated with C.F.L. were analyzed from the test. Test parameters are spacing, thickness and ply of rehabilitation material. Displacement, failure load were measured during test. The failure mode and ultimate load were analyzed from these measured data.

In this study, a model equation for calculation of the confining stress with C.F.L. was proposed based on the test results investigated here. The proposed equation included the effects of spacing, thickness and ply of rehabilitation material.

key words : compression member, carbon fiber laminate, rehabilitation, confinement stress

### 1. 서 론

최근에는 철근콘크리트 구조물의 보강방법으로 탄소섬유와 아라미드섬유 등의 신소재섬유를 콘크리트 표면에 접착하여 내력을 보강시키는 신소재섬유의 접착공법에 대한 연구가 많이 수행되고 있다. 신소재섬유 접착공법은 기존의 철근콘크리트 구조물의 보강방법인 콘크리트 단면중대나 강판접착공법에 비하여 비교적 시공이 단순하고 일체성을 확보할 수 있는 장점이 있다. 그러나 신소재섬유접착공법에 대한 연구들은 철근콘크리트 구조부재 중 보부재에 대하여 치중하고 있어 탄소섬유판을 철근콘크리트 압축부재의 보강용으로 사용하기 위해서는 탄소섬유판으로 보강된 콘크리트 압축부재의 구조적 거동에 관하여 연구할 필요성이 있다.

본 연구는 콘크리트 압축부재를 탄소섬유판을 이용하여 횡보강하여 실험한 후 그 실험결과를 바탕으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 구조적 거동을 파악하고, 탄소섬유판으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강응력 산정법을 제안함으로써 실제 구조물의 압축부재 보강 시 활용할 수 있는 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

연구의 목적을 위하여 압축부재의 보강재 간격, 겹침길이, 보강 겹수, 보강재 두께, 보강재 폭,과 같은 변수로 압축부재 시험체를 보강하여 실험을 수행하고, 그 결과를 분석·고찰하여 탄소섬유판으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강응력 산정방법을 유도하였다.

\* 정회원, 단국대학교 대학원 건축공학과 석사과정

\*\* 정회원, 한국안전진단기술연구소 연구원, 공학석사

\*\*\* 정회원, 한국안전진단기술연구소 소장, 공학박사

\*\*\*\* 정회원, 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사, 연구담당이사

## 2. 실험

### 2.1 시험체 계획 및 제작

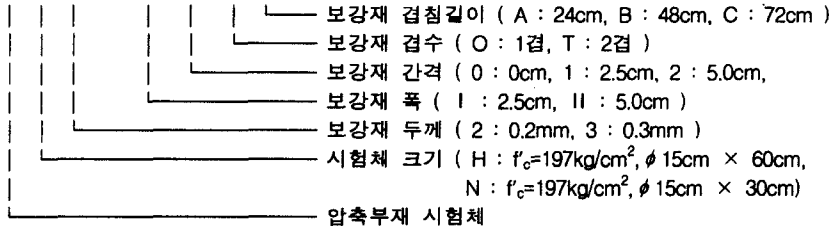
시험체는 실험실의 조건과 압축재의 구조적 거동을 적합하게 나타낼 수 있도록 시험체의 크기를 지름과 길이의 비율 1:2로 하여  $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ 인 CN계열 시험체와 지름과 길이의 비율 1:4로 한  $\phi 15\text{cm} \times 60\text{cm}$ 인 CH계열 시험체를 계획하였다. 보강재의 두께는 시공이 용이하도록 0.2mm와 0.3mm으로 하였다.

시험체의 변수는 연구의 목적을 위하여 보강재의 두께, 보강재의 폭, 보강재의 겹수, 보강재의 이음길이 등을 상이하게 계획하여 총 60개의 시험체를 각 변수에 따라 3개씩 계획하였으며 각각의 시험체 변수별 상세는 <표 1> 과 같다.

표1 원형 압축부재 시험체 변수별 상세

시험체명	보강재 두께 (mm)	보강재 폭 (cm)	보강재 순간격 (cm)	보강재 겹수 (겹)	보강재 이음길이 (cm)	시험체명	보강재 두께 (mm)	보강재 폭 (cm)	보강재 순간격 (cm)	보강재 겹수 (겹)	보강재 이음길이 (cm)
CH						CN					
CH2-10-O	0.2	2.5	0	1	·	CN2-11-O	0.2	2.5	2.5	1	·
CH2-11-O	0.2	2.5	2.5	1	·	CN2-112-O	0.2	5.0	5.0	1	·
CH2-12-O	0.2	2.5	5.0	1	·	CN3-110-O	0.3	5.0	0	1	·
CH2-13-O	0.2	2.5	7.5	1	·	CN3-112-O	0.3	5.0	5.0	1	·
CH2-14-O	0.2	2.5	10.0	1	·	CN3-11-O	0.3	2.5	2.5	1	·
CH2-11-T	0.2	2.5	2.5	2	·	CN3-11-T	0.3	2.5	2.5	2	·
CH2-11-TA	0.2	2.5	2.5	2	24	CN3-11-TA	0.3	2.5	2.5	2	24
CH2-11-TB	0.2	2.5	2.5	2	48	CN3-11-TB	0.3	2.5	2.5	2	48
CH2-11-TC	0.2	2.5	2.5	2	72	CN3-11-TC	0.3	2.5	2.5	2	72
변수당 각각 3개씩 총 30개						변수당 각각 3개씩 총 30개					

### CH2 - 11-TA



시험체 제작 시 사용한 콘크리트는 배합강도  $210\text{kg/cm}^2$ 이고, 슬럼프 12cm, 최대굵은 골재치수 25mm인 기성품 콘크리트를 레미콘 회사에서 주문 의뢰하여 사용하였다. 타설 시 진동다짐을 실시하였으며, 동시에 공시체 20개를 제작하였다. 공시체의 28일 압축강도는  $197\text{kg/cm}^2$ 였다.

사용된 콘크리트의 배합표와 보강재료의 역학적 성질은 <표 2> 와 같다.

표2 (a) 콘크리트 배합표

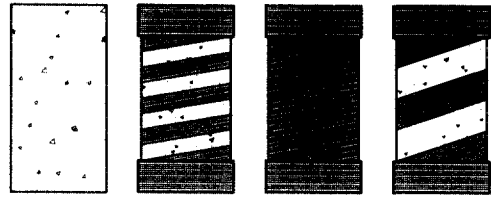
배합강도 ( $\text{kg/cm}^2$ )	W/C (%)	배합중량 ( $\text{kg/m}^3$ )				슬럼프 (cm)
		물	시멘트	모래	자갈	
210	54.7	179	327	864	951	12

표2 (b) 보강재의 특성

종류	인장강도 ( $\text{kg/cm}^2$ )	절계탄성계수 ( $\text{kg/cm}^2$ )	비고
탄소섬유판	$1.95 \times 10^4$	$1.55 \times 10^9$	TZ-307사용

표2 (c) 보강용 접착재료의 특성

종 류	배합비		압축강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	접착강도 (kg/cm <sup>2</sup> )	TYPE
	주재	경화제			
에폭시 모르타	3	1	316	162	이액형 대기양생



CN CN2-11-O CN3-110-O CN2-112-O  
 CN3-11-O  
 CN3-11-T  
 CN3-11-TA  
 CN3-11-TB  
 CN3-11-TC

그림1 (a) CN계열 시험체의 보강 후 형상

시험체의 보강은 보강전문업체에서 실시하였으며 보강방법은 다음과 같다.

보강재인 탄소섬유판을 시험체에 부착하기 전에 보강재의 표면을 사포로 갈고 깨끗이 닦아낸 후 시험체에 에폭시 모르타를 일정 두께(2mm)로 도포하였다. 보강재는 각각의 변수에 따라 보강재의 간격, 겹수, 이음길이에 변화를 주어 시험체에 접착하였다. 보강 후 시험체 단부의 파괴를 방지하기 위하여 크기가  $\phi 15\text{cm} \times 60\text{cm}$ 인 CH계열 시험체는 상·하 단부 부분을 폭 10cm, 길이 150cm의 보강재로 감아서 보강을 하였고, 크기가  $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ 인 CN계열 시험체는 상·하 단부 부분을 폭 5cm, 길이 150cm의 보강재로 감아서 보강을 하였다.

시험체의 보강 후의 각각의 변수별 시험체의 형상은 [그림 1] 과 같다.

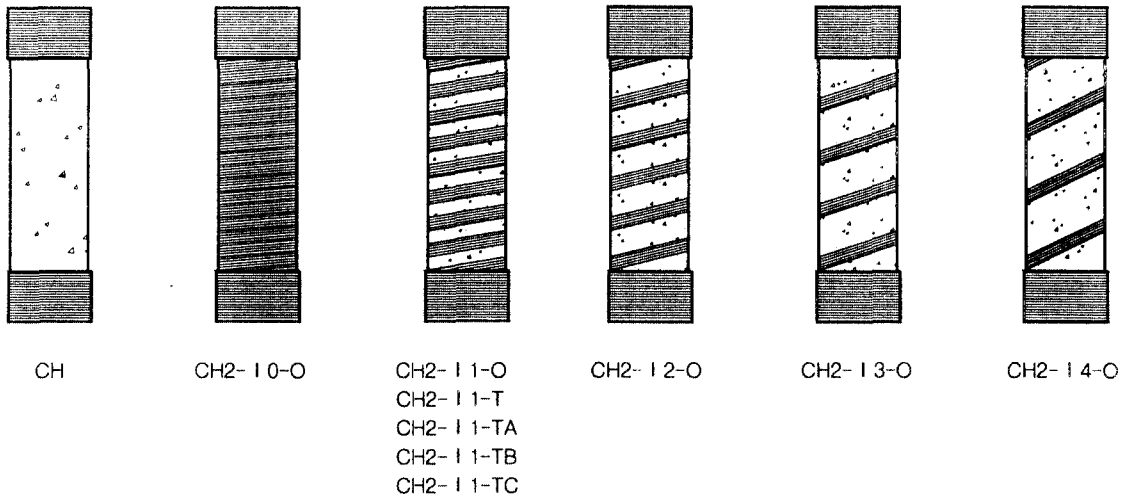


그림1 (b) CH계열 시험체의 보강 후 시험체 형상

## 2.2 시험체 설치 및 가력

만능시험기 가력대의 중앙부에 하중측정기를 설치한 후 시험체를 하중측정기의 중앙부에 올려놓고 수평기를 이용하여 시험체의 수직·수평을 유지하여 편심이 발생하지 않도록 시험체를 설치했다. 변위의 측정은 시험체의 상·하단부에 철물을 설치하고 철물 위에 좌·우 양측에 변위측정기 (L.V.D.T)를 설치하여 축방향변위를 측정하였다. 하중의 가력은 예상최대하중의 75%에서부터 변위제어방식 (Displacement Control)에 의해 하중을 가력하였으며 최대하중 이후 보강재가 파단되어 시험체가 파괴되면 가력을 중지하였다. 가력시의 하중측정기의 하중과 변위측정기의 변위는 자료취득기 (UCAM-5BT)를 이용하여 취득하였다.

### 2.3 실험결과

보강된 모든 시험체는 전반적으로 상당한 인성을 보이다 보강재의 파단에 의하여 급격히 파괴되는 양상을 보였다. 시험체는 파괴시에 큰 폭발음과 함께 파괴되었으며 파괴된 시험체는 원뿔모양의 형태를 나타냈다. 보강된 모든 시험체는 보강재의 간격이나 겹수에 관계없이 최대하중에 도달하였다. 시험체가 파괴되기 전까지 시험체 자체에는 균열이나 박리현상이 나타나지 않았고, 단지 접착제로 사용된 에폭시 모르타만이 균열과 박리현상을 보였다. 균열과 박리현상은 각 시험체들의 예상최대하중의 65% 정도 가력 이후 에폭시 모르타가 박리되는 작은 소리를 내기 시작하였다. 각 시험체들의 예상최대하중 90~95% 정도 가력 이후 에폭시 모르타가 균열을 시작하여 박리되며 작은 파편들이 튀었다. 균열과 박리의 정도는 보강재의 보강 간격이 넓어질수록 약간씩 증가하였다. 실험결과 변수별 최대하중 등을 <표 3>에 나타내었다.

표3 실험결과

시험체명	최대하중 (ton)	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{oc}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{oc} - f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	시험체명	최대하중 (ton)	$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{oc}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{oc} - f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )
CH	45.67	258.45	258.45	0	CN	36.60	207.12	207.12	0
CH2-10-O	73.75	258.45	417.37	158.92	CN2-11-O	48.77	207.12	275.97	68.85
CH2-11-O	61.78	258.45	349.59	91.14	CN2-112-O	49.58	207.12	280.59	73.47
CH2-12-O	50.49	258.45	285.72	27.27	CN3-110-O	70.75	207.12	400.37	193.25
CH2-13-O	54.42	258.45	307.94	49.49	CN3-112-O	45.73	207.12	258.80	51.68
CH2-14-O	52.78	258.45	298.68	40.23	CN3-11-O	54.00	207.12	305.59	98.47
CH2-11-T	72.43	258.45	409.90	151.45	CN3-11-T	68.00	207.12	384.81	177.69
CH2-11-TA	68.21	258.45	385.98	127.53	CN3-11-TA	58.67	207.12	331.99	124.87
CH2-11-TB	70.04	258.45	396.37	137.92	CN3-11-TB	60.33	207.12	341.43	134.31
CH2-11-TC	63.23	258.45	357.82	99.37	CN3-11-TC	67.67	207.12	382.92	175.80

## 3. 분석 및 고찰

### 3.1 실험결과 분석

무보강 시험체인 CH, CN 시험체는 균열이 발생한 후 중앙부 전단파괴로 파괴되었다. 무보강 시험체를 제외한 다른 모든 시험체는 보강재인 탄소섬유판 인장파단 후 큰 폭발음을 내며 취성파괴되었으며 파괴 후 콘크리트의 파괴면은 원뿔형상을 취하고 있었다.

실험결과 얻어진 최대하중을 보강재의 간격에 따라서 비교하여 보면, 보강재의 간격이 넓어질수록 시험체의 최대하중이 감소하고는 있으나, 이러한 최대하중의 감소는 보강량의 감소에 따른 보강용량의 저하로 판단된다. 따라서, 콘크리트 압축부재를 탄소섬유판으로 횡보강하였을 경우, 보강재의 간격이 ACI규준<sup>3)</sup>에서 정하고 있는 나선근의 순간적인 1in~3in (2.5cm~7.5cm)간격 뿐만아니라 ACI규준에서 정하고 있는 나선근의 간격 이외의 범위에서도 콘크리트의 횡보강효과는 있는 것으로 나타났다. 그러나, 보강재의 간격이 좁을수록 동일하중에서의 변위가 작고 연성이 크게 나타나, 에너지 흡수가 요구되는 경우 간격이 좁을수록 유리한 것으로 판단된다.

또한 탄소섬유판을 이용하여 콘크리트 압축부재를 횡보강하였을 경우에 보강재의 두께에 따른 영향을 분석하기 위하여 보강재의 간격(2.5cm)은 동일하고, 보강재의 두께(0.2mm, 0.3mm, 0.2mm×2, 0.3mm×2)가 상이한 시험체의 실험결과를 비교하였다. 비교 결과 무보강시험체에 대한 압축강도 증가율이 0.2mm의 경우에는 1.34배, 0.3mm의 경우에는 1.47배, 0.2×2mm의 경우에는 1.5배, 0.3mm×2의 경우에는 1.74배로 나타나 보강재의 두께가 증가할수록 압축강도의 증가가 보강량의 증가에 미치지 못하는 것으로 나타났다. 이와 같이 횡보강효율이 감소하는 원인은 보강재의 두께가 증가할수록 탄소섬유판의 제작 시 함유된 에폭시 수지의 증가로 인해 탄소섬유판의 취성적인 성질이 증가하기 때문이라고 사료된다.

### 3.2 기존 제안식과의 비교 및 검토

나선근으로 횡보강된 콘크리트 압축부재는 밀접하게 배근된 횡방향 보강철근에 의해 구속된다. 이러한 경우 콘크리트의 응력이 낮은 단계에서는 횡방향 보강철근의 응력은 거의 작용하지 않기 때문에 콘크리트는 구속되지 않는다. 그러나 응력이 1축 압축강도에 접근하여 내부균열이 진전하면 콘크리트가 횡방향 보강철근을 밀어내어 보강철근의 변형도가 매우 높아지면서 보강철근에 발생하는 응력이 콘크리트를 구속하는 반력으로 작용하게 된다. 따라서 횡보강 철근에 의한 구속은 높은 변형을 받는 콘크리트의 응력-변형도 특성을 상당히 증진시킬 수 있다. 나선근으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강응력은 이미 기존의 연구자들에 의하여 많은 실험과 그에 따른 횡보강응력 산정방법이 제안된 바 있다.

분석결과 탄소섬유판으로 횡보강된 콘크리트 압축부재도 압축력이 가해질 경우에 탄소섬유판에 발생하는 응력이 콘크리트를 횡구속하는 반력으로 작용하여 콘크리트 압축부재의 압축응력을 증진시키고 있는 것으로 나타났다.

따라서, 실험결과와 기존에 제안된 횡보강응력 산정식에 의한 예상 횡보강응력을 비교하여 나선근으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강응력 산정방법을 탄소섬유판으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강응력 산정 시에도 적용할 수 있는지를 비교하였다.

기존 연구자들에 의해 발표된 횡보강된 콘크리트 압축강도 산정식은 다음과 같고, 각 연구자들이 제시한 횡보강 유효계수는 <표 4> 와 같다.

횡보강된 콘크리트 압축강도 산정식<sup>4)</sup>

$$f_{oc} = f_c + f_l \times k_e$$

$f_{oc}$  : 횡보강된 콘크리트의 압축강도

$f_c$  : 횡보강되지 않은 콘크리트의 압축강도

$f_l$  : 보강재의 횡보강응력

$k_e$  : 횡보강 유효계수

$$f_l = \frac{2 A_{cl} f_{cl}}{d_c S}$$

$A_{cl}$  : 보강재의 단면적

$f_{cl}$  : 보강재의 인장강도

$d_c$  : 횡보강된 콘크리트의 단면적의 지름

$S$  : 보강재의 중심사이 간격

표4 각 연구자에 따른 횡보강 유효계수 ( $k_e$ )

연구자	횡보강 유효계수 ( $k_e$ )	용어정의
Iyengar <sup>1)</sup>	$4.6 \left(1 - \frac{S}{d_c}\right)$	S : 보강재의 중심사이의 간격 $d_c$ : 나선근의 외경
김진근 <sup>2)</sup>	$4.2 \left(1 - \sqrt{\frac{S}{d_c}}\right)$	
Razvi <sup>3)</sup>	$6.7 f_l^{-0.17}$	

비교결과 보강재의 간격이 좁고(간격 2.5~7.5cm 사이) 보강재의 두께가 0.2mm인 실험체는 나선근으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강응력 산정방법을 적용하여 계산한 예상하중과 대체적으로 잘 맞고 있으나 보강재의 간격이 넓어질수록(간격 10~12.5cm사이) 실험결과가 예상하중보다 더 높게 나타났고, 보강재의 두께가 두꺼워질수록 실험결과가 예상하중보다 더 낮게 나타났었다. 그러므로 기존의 연구자들에 의해서 제안된 횡보강응력 산정방법을 탄소섬유판으로 보강된 압축부재에 적용하기 위해서는 탄소섬유판의 특성을 반영한 보강재의 간격과 보강재의 두께에 따른 횡보강 유효계수의 도입이 필요한 것으로 판단된다.

실험결과와 나선근으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강응력 산정방법을 적용하여 계산한 예상하중을 [그림 2] 에 나타내었다.

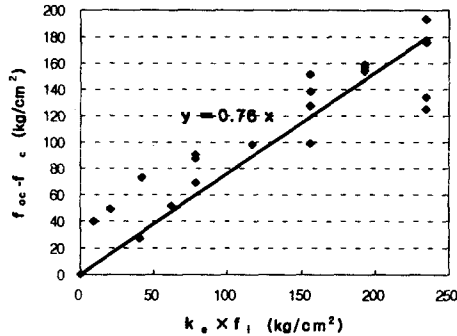


그림2 (a) Iyengar의 제안식에 따른 비교

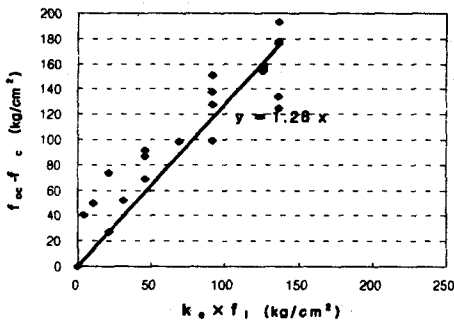


그림2 (b) 김진근의 제안식에 따른 비교

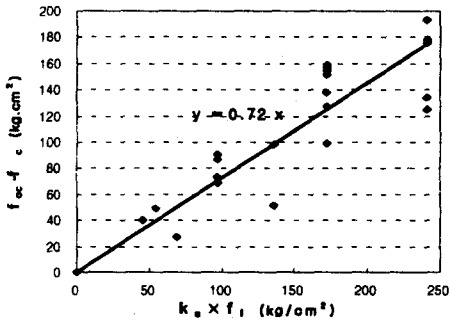


그림2 (c) Razvi의 제안식에 따른 비교

점을 에폭시 수지와 함침시켜 제작한 것이다. 그러므로 0.2mm 탄소섬유판 1점으로 보강했을 경우에 두께에 따른 휨보강 유효계수( $k_f$ )가 1이 될 수 있도록 보강재의 두께와 접수의 관계를 가정하였다. 그러므로 보강재의 두께에 따른 휨보강 유효계수( $k_f$ )는 보강재 두께와 폭에 대한 함수로서 (식 7)과 같이 정의할 수 있다.

$$k_f = f(50T \cdot P) \quad \text{--- (식 7)}$$

### (1) 보강재의 간격비에 따른 휨보강 유효계수 ( $k_s$ )

보강재의 간격에 따른 휨보강 유효계수( $k_s$ )는 보강재 폭, 보강재 두께, 보강재 접수는 모두 동일하게 하고, 보강재의 간격만을 변수로 한 시험체를 선정하여 비교·분석하였다.

먼저 보강재 간격에 따른 휨보강 유효계수  $k_s$ 라 하고, 보강재의 두께의 증가에 따른 휨보강 유효계수  $k_t$ 라 하고 한다면, 선정된 시험체 모두가 동일한 보강재 두께와 보강재 접수를 가지고 있으므로 보강재 두께의 증가에 따른 휨보강 유효계수  $k_t$ 는 1로 가정한다.

보강재 간격에 따른 휨보강 유효계수( $k_s$ )는 시험체의 직경에 대한 보강재 간격비에 대한 함수로서 (식 5)과 같이 나타낼 수 있다.

$$k_s = f\left(\frac{S}{d_c}\right) \quad \text{--- (식 5)}$$

$$k_s = 4.22 \left(\frac{S}{d_c}\right)^{0.16} \quad \text{--- (식 6)}$$

회귀분석한 결과는 [그림 3]과 같다. 회귀분석 결과를 살펴보면 휨보강된 콘크리트 압축부재의 휨보강 용력은 보강재의 간격이 넓어질수록 보강효과가 증가하는 것을 알 수 있다. 회귀분석한 결과 보강재 간격에 따른 휨보강 유효계수( $k_s$ )는 시험체 직경에 대한 보강재 간격비에 대한 함수로서 (식 6)과 같이 계산되었다.

보강재 간격에 따른 휨보강 유효계수( $k_s$ )는 보강재의 간격이 넓어질수록 증가하여 탄소섬유판으로 휨보강된 콘크리트 압축부재의 휨보강 용력 산정 시에 강도증가계수로 작용한다.

### (2) 보강재의 두께에 따른 휨보강 유효계수( $k_f$ )

보강재의 두께에 따른 휨보강 유효계수( $k_f$ )는 보강재 간격, 보강재 폭은 동일하게 하고, 보강재의 두께와 접수를 변수로 한 시험체를 선정하여 비교·분석하였다.

0.3mm의 탄소섬유판은 단위중량 200g의 탄소섬유 1

보강재 간격에 따른 횡보강 유효계수( $k_s$ )는 대상 시험체의 보강재 간격이 모두 5.0cm이므로 (식 6)를 적용하여 계산하였다. 회귀분석한 결과는 [그림 4] 과 같다.

회귀분석 결과를 살펴보면 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강 능력은 보강재의 두께와 접수가 증가할 수록 보강효과가 감소하는 것을 알 수 있다.

회귀분석한 결과 보강재 두께에 따른 횡보강 유효계수  $k_t$ 는 보강재의 두께와 접수에 반비례하는 함수로서 (식 8)와 같이 정의할 수 있다.

$$k_t = \frac{1}{\sqrt{50T \cdot P}} \quad \text{--- (식 8)}$$

보강재 두께에 따른 횡보강 유효계수( $k_t$ )는 보강재의 두께가 두꺼워질수록 감소하여 탄소섬유판으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강능력 산정 시에 강도감소계수로 작용한다.

본 연구의 실험결과를 바탕으로 회귀분석을 통하여 정의된 횡보강 유효계수  $k_s$ ,  $k_t$ 를 (식 1)에 대입하여 새로운 탄소섬유판으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강 능력 제안식을 (식 9)와 같이 나타낼 수 있다.

$$f_{oc} = f_c + 4.22 \left(\frac{S}{d_c}\right)^{0.16} \cdot \frac{1}{\sqrt{50T \cdot P}} \cdot f_t \quad \text{--- (식 9)}$$

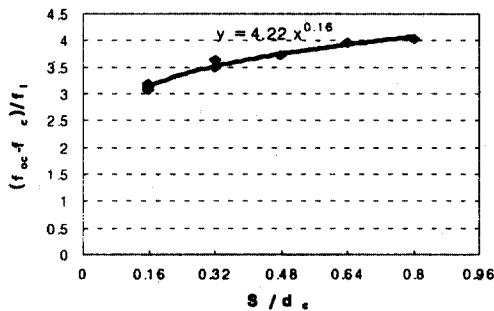


그림3 간격에 따른 횡보강 유효계수( $k_s$ )의 회귀분석 결과

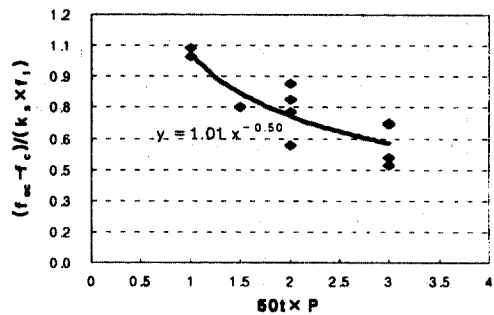


그림4 두께에 따른 횡보강 유효계수( $k_t$ )의 회귀분석 결과

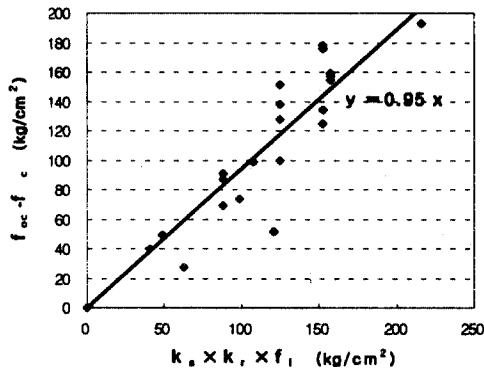


그림 5 제안식에 보강효과의 비교

실험결과와 본 연구결과로 제안된 탄소섬유판으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강능력 산정방법을 적용하여 계산한 예상하중을 비교하여 [그림 5] 와 <표 5> 에 나타내었다.

표5 제안식에 따른 최대하중의 비교

시험체명	$k_s$	$k_r$	$f_l$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{oc} - f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	예상하중 실험결과	시험체명	$k_s$	$k_r$	$f_l$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$f_{oc} - f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	예상하중 실험결과
CH	0	0	0	0	1.00	CN	0	0	0	0	1.00
CH2-10-O	0.84	1.00	50.0	158.92	1.01	CN2-11-O	0.77	1.00	25.0	63.69	0.78
CH2-11-O	0.77	1.00	25.0	91.14	1.04	CN2-112-O	0.55	1.00	25.0	67.96	0.75
CH2-12-O	0.72	1.00	16.7	27.27	0.44	CN3-110-O	0.68	0.82	75.0	178.77	0.90
CH2-13-O	0.68	1.00	12.5	49.49	1.01	CN3-112-O	0.55	0.82	37.5	47.81	0.43
CH2-14-O	0.64	1.00	10.0	40.23	0.99	CN3-11-O	0.77	0.82	37.5	91.09	0.91
CH2-11-T	0.77	0.71	50.0	151.45	1.22	CN3-11-T	0.77	0.58	75.0	164.37	1.17
CH2-11-TA	0.77	0.71	50.0	127.53	1.03	CN3-11-TA	0.77	0.58	75.0	115.51	0.82
CH2-11-TB	0.77	0.71	50.0	137.92	1.11	CN3-11-TB	0.77	0.58	75.0	124.24	0.88
CH2-11-TC	0.77	0.71	50.0	99.37	0.80	CN3-11-TC	0.77	0.58	75.0	162.68	1.15

4. 결 론

횡보강된 콘크리트 압축부재의 보강효과를 파악하기 위하여 탄소섬유판으로 보강한 압축부재시험체의 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 무보강 시험체는 전단파괴 양상을 보이는 반면, 횡보강된 압축부재 시험체는 탄소섬유판의 인장파단 후 취성파괴 양상을 보였다.
- (2) 보강재의 간격이 좁을수록 횡보강효과는 증가되었으나, 보강효율은 감소되는 것으로 나타났다.
- (3) 보강재의 간격이 좁을수록 동일하중에서의 변위가 작고, 연성이 큰 것으로 나타났다.
- (4) 보강재의 두께가 두꺼워질수록 보강효과가 더 우수한 것으로 나타났으나, 보강효과가 보강재의 두께가 증가한 만큼 증가하지는 않고 아주 미량만의 증가를 보여 보강효과가 보강재의 두께와 비례적이지는 않은 것으로 나타났다.
- (5) 기존의 연구자들에 의해서 제안된 횡보강용력 산정방법을 탄소섬유판으로 보강된 압축부재에 적용하기 위해서는 탄소섬유판의 특성을 반영한 보강재의 간격과 보강재의 두께에 따른 횡보강 유효계수의 도입이 필요한 것으로 판단된다.
- (6) 실험결과를 바탕으로 회귀분석을 통하여 탄소섬유판으로 횡보강된 콘크리트 압축부재의 횡보강용력 산정방법을 제안하면 다음과 같다.

$$f_{oc} = f_c + 4.22 \left( \frac{S}{d_c} \right)^{0.16} \cdot \frac{1}{\sqrt{50T \cdot P}} \cdot f_l$$

감사의 글

본 연구는 단국대학교 대학연구비 지원으로 수행된 연구로서 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 박 찬규, "고강도 콘크리트 부재의 구조역학적 거동에 관한 연구", 박사학위 청구논문(대전:한국과학기술원, 1997)
2. Saatcioglu, M., and Razvi, S. R., "Strength and Ductility of Confined Concrete," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 118, No.6, 1992, pp.1590-1607
3. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-95)", American Concrete Institute, Farmington Hills, 1995
4. Park, P., and Paulay, T., "Reinforced Concrete Structures," John Wiley & Sons, New York, 1975.