

# 강판으로 보강된 철근콘크리트 기둥의 구조적 거동에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Structural Behavior of Reinforced Concrete Columns Rehabilitated with Epoxy-Bonded Steel Plates

김진배\*

Kim, Jin-Bai

원영술\*\*

Won, Young-Sul

조철호\*\*\*

Cho, Chul-Ho

## Abstract

The purpose of this study is to investigate the structural behavior of reinforced concrete columns rehabilitated with epoxy-bonded steel plates subjected to axial load. Eleven specimens were made to evaluate structural capacity of reinforced concrete columns rehabilitated with steel plates. This study considers the change of the internal force and the deformation of reinforced concrete column with reinforcing steel plates, and analyzes the effect of the improvement of strength and ductility. Based on the test results, this study brings the following conclusions. In case of the effect of reinforcement by the ratio of the same volume, the internal force for the test model, which the width of the reinforcing steel plate is small, is effectively higher. The smaller the width and the thickness of reinforcing steel plate, the more effective the effect of reinforcement is. For applying the theoretical equation by Uzumeri, the maximum load and the coefficient of effective crossing reinforcement by the width and the thickness of steel plate reflected the properties of reinforcing steel plate.

**Key words :** Steel Plates, Reinforcement, Column, Strength, Rehabilitate Cracks

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경

철근 콘크리트 구조물은 설계, 시공중의 결함 외에 사용기간 동안 구조체의 내구성, 안전성, 미관등 다양한 문제를 야기하고 있으며, 과다하중,

건조수축, 진동등 여러 가지 요인으로 인하여 손상을 입게 된다. 또한 시공 당시부터 재료적인 문제로 인하여 강도저하가 될 수 있으며, 균열, 과다한 변형 등이 발생하여 구조체의 보수·보강이 요구되는 경우가 있을 수 있다. 일반적인 구조물의 보수·보강은 구조체의 단면증가, 탄소섬유 및 유리섬유접착, 강판접착등이 있다. 구조체의 성능 저하에 대한 보수·보강대책으로 강판접착 방법이 많이 적용되고 있음에도 불구하고 철근콘크리트 기둥에 대한 현재까지의 보수·보강 연구에

\* 정회원, 건국대학교 건축공학과 박사수료

\*\* 정회원, (주)한울구조 대표이사, 공학박사

\*\*\* 건국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

있어서 보강재의 강판량이 강판보강에 미치는 영향을 분석하는 연구는 매우 미흡한 실정이다.

## 1.2 연구목적 및 방법

본 연구는 손상된 철근 콘크리트 기둥을 대상으로 하여 보강재인 강판의 폭과 두께를 변수로 하여 에폭시 보수 및 강판접착보강을 한 후 보강량에 따른 기둥의 내력 변화 및 구조거동을 고찰하여 기둥의 강도증진 및 연성에 미치는 영향을 연구하고 이를 바탕으로 합리적인 기둥의 보수·보강 설계에 적용할 수 있는 실험식을 제시하는데 연구의 목적이 있다.

본 연구에서는 손상된 기둥을 에폭시 보수공법으로 보수하였으며, 보강강판의 폭-두께를 변화시켜 내력과 변형성상을 고찰하고 이에 따른 이론해석을 병행하였다. 이론연구는 Uzumeri<sup>1)</sup>가 제안한 횡방향 보강에 따른 유효구속면적 개념을 도입하여 보수·보강된 기둥의 내력 및 변형에 영향을 미치는 강도증가계수를 고찰하였으며, 강도변화에 따른 이론치와 실험치를 분석·연구하고 이를 바탕으로 합리적인 기둥의 강판보강설계에 적용할 수 있는 실험식을 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 실험

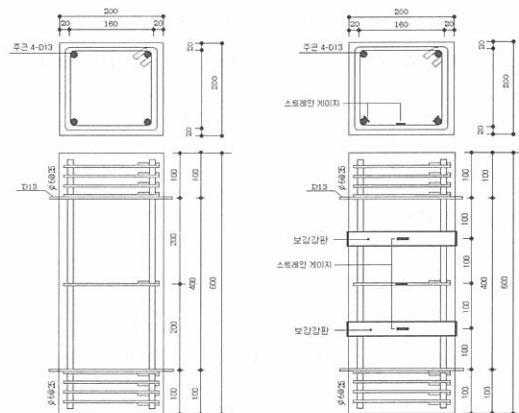
### 2.1 실험계획

본 실험은 보강 강판폭, 강판두께의 실험변수에 대한 보수·보강 구조물의 구조적 거동을 평가하기 위해 11개의 시험체를 제작하였다. 철근콘크리트 기둥에 있어서 띠철근의 구속효과를 고려하지 않고 순수한 강판의 구속효과만을 알아보기 위해서 띠철근은 중앙부에만 배근하였으며, 모든 시험체에 대하여 실험시 응력 집중으로 인한 국

부 파괴를 방지하기 위하여 시험체의 양 단부를  $\phi 6@25mm$ 로 배근하였다. 시험체의 단면 크기는 가로 200mm, 세로 200mm, 높이 600mm이며 모서리에 4-D13의 주근을 배근하였고, 이때 철근비는 1.27%이다. 보수·보강 구조물의 구조적 손상과 유사한 상태에서 보강효과를 파악하기 위하여 표준시험체(C-0)에서 구한 최대내력의 80%를 먼저 가력하여 균열을 발생시킨 후 에폭시로 보수하고 두께 2, 4mm의 강판을 폭 20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm의 강판으로 보강하였다. 보강강판의 위치는 단부와 중앙부 띠철근 사이에 위치하였으며, 보강강판의 종류와 시험체 일람은 Table 1과 같으며 시험체 배근과 보강형태는 Fig. 1과 같다.

Table 1. 시험체 일람표

시험체명	강판폭 (mm)	강판두께 (mm)	보강위치	
C - 0	무보강	-	-	
CR - 2 - 2	20	2 (2계열)	띠철근 중앙위치	
CR - 2 - 4	40			
CR - 2 - 6	60			
CR - 2 - 8	80			
CR - 2 - 10	100			
CR - 4 - 2	20	4 (4계열)		
CR - 4 - 4	40			
CR - 4 - 6	60			
CR - 4 - 8	80			
CR - 4 - 10	100			



C-0 시험체

보강시험체

Fig. 1 시험체 배근 및 보강

1) Sheikh, S.A., and Uzumeri S.M., "Analytical Model for Concrete Confinement in tied columns" ASCE, V.108, No.ST12, Dec. 1982, pp. 2703~2722

## 2.2 사용재료의 특성

본 실험에서 사용된 콘크리트의 배합설계표는 Table 2와 같고, 콘크리트의 역학적 성질은 Table 3과 같다. 시험체의 제작에 사용된 주철근은 D13 철근으로 재질은 SD40, 띠철근은  $\phi$  6mm, 강판은 SS41을 사용하였고 구부림 각은  $135^\circ$ 로 하였다. 정착길이는 모든 시험체에 대하여 50mm로 일정하게 제작하였으며, 이들 강재에 대한 역학적인 성질은 Table 4와 같다.

본 실험에서 사용된 콘크리트와 강판의 접착에 사용된 에폭시는 국내 D사에서 생산한 주입제와 셀링제이며, 그 역학적 성질은 Table 5와 같다. 강판의 보강 시공은 콘크리트의 재령 28일에 실시하였고 콘크리트의 설계기준강도는  $180\text{kgf}/\text{cm}^2$ 로 하였다.

Table 2. 콘크리트의 배합설계표

설계 기준강도 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	물시멘트비 (W/C) (%)	슬럼프 (cm)	단위 중량( $\text{kgf}/\text{m}^3$ )			
			물	시멘트	모래	자갈
180	58.2	8	178	306	665	1222

Table 3. 콘크리트의 역학적 성질

재령(일)	슬럼프치 (cm)	$f'c$ ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	$\varepsilon_c$ (%)	$E_c$ ( $\text{tf}/\text{cm}^2$ )
28	8.18	230	0.2	206

Table 4. 강재의 역학적 성질

	종류	$\sigma_y$ ( $\text{tf}/\text{cm}^2$ )	$\varepsilon_y$ (%)	$E$ ( $\text{tf}/\text{cm}^2$ )	$\sigma_u$ ( $\text{tf}/\text{cm}^2$ )	$\sigma_y/\sigma_u$ (%)	Elo. (%)
철근	$\phi 6$	5.93	0.31	$1.9 \times 10^3$	12.522	47.36	8.33
	D13	4.68	0.22	$2.1 \times 10^3$	7.38	63.46	17.78
강판	$t=2$ mm	5.26	0.25	$2.1 \times 10^3$	10.03	52.44	12.63
	$t=4$ mm	5.45	0.24	$2.3 \times 10^3$	10.29	52.96	14.34

Table 5. 에폭시 수지의 역학적 성질

용도	인장강도 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	압축강도 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	굴곡강도 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	접착강도 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )
주입제	655	1440	832	142
셀링제	602	1410	793	104

## 2.3 가력 및 측정

200tf용량의 만능시험기(U.T.M)를 사용하여 일방향 중심압축으로 가력하였다. 모든 시험체에 철근용과 콘크리트용 스트레인 게이지를 부착하여 하중 변화에 따른 콘크리트와 강재의 변형률을 측정하였다. 또한 시험체의 축방향 변형을 자동변위측정기(L.V.D.T)를 설치하여 측정하였다. 또한 매 실험의 종료시에 기둥의 파괴 양상을 기록하여 축하중 작용에 따른 철근콘크리트 기둥의 구조적인 거동을 살피고자 했다.

## 3. 실험 결과

### 3.1 시험체 파괴양상

C-0시험체는 32tf에서 초기균열이 발생한 후 주근이 항복하면서 최대하중에 도달한 후 급격하게 파괴되는 현상이 나타났다. 보수·보강한 CR 계열 시험체의 초기균열 하중은 20tf~120tf에서 발생하여 시험체에 따라 초기균열 발생하중의 폭이 광범위하게 나타났다. 1차 내력저하의 발생으로 비교적 균열진전 속도가 빠르게 나타났으며, 최대하중이후 급속하게 취성 파괴되는 양상을 보이고, 피복콘크리트의 박리도 다른 계열의 시험체에 비하여 빠르게 나타나고 있다. 보강강판의 용접부위가 탈락한 경우에는 그 부위에서 급격한 균열의 증가와 함께 피복콘크리트의 박리현상이 발생하였다.

### 3.2 응력-변형률 관계

#### 1) 축방향 변형

모든 시험체는 보강강판의 횡구속 효과에 의하여 최대응력이 증가하는 양상을 보이고 있다. Fig. 2와 Fig. 3은 보강강판의 동일한 두께에 따른 폭의 변화에 대한 축응력과 축변형률의 관계를 나타내었다. 보수·보강한 CR계열 시험체는 C-0시험체보다 최대응력은 증가하고 있으나,

최대응력시 변형률은 감소하는 양상으로 나타나고 있다. 이는 초기 손상된 기둥의 보수·보강이 응력증가에는 큰 역할을 하고 있으나 변형률의 증가에는 기여하지 못하는 것으로 나타났다. 최대 응력이후 축응력-축변형률 관계는 C-0시험체는 급격한 내력저하를 보이며, 보수·보강시험체는 보강강판에 의한 구속력의 증가로 내력저하가 감소하여 에너지 흡수능력이 우수한 것으로 나타났다. 보수·보강된 CR계열 시험체는 피복콘크리트의 박리에 의한 일시적인 응력의 저하 후 다시 증가하는 현상이 발생하였다. 이는 보강강판의 구속력에 의한 보강효과를 나타내는 것으로 보강기둥의 소성적 거동을 가능하게 한데서 비롯된 것으로 판단된다.

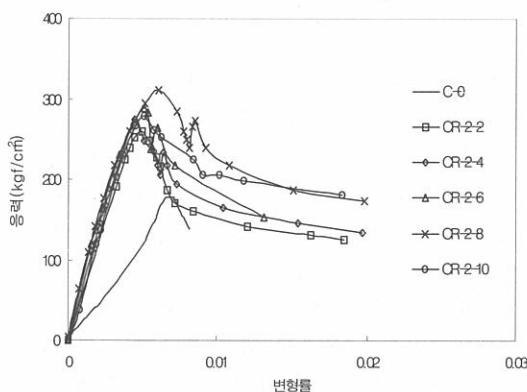


Fig. 2 CR-2계열 응력-축방향 변형률

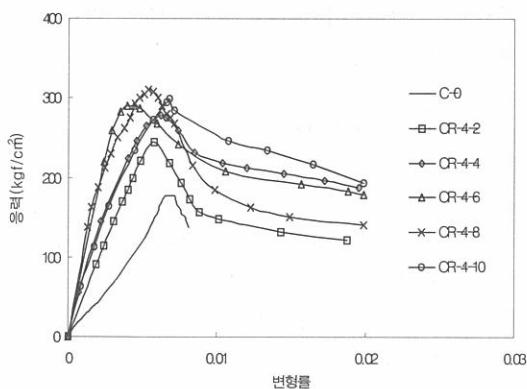


Fig. 3 CR-4계열 응력-축방향 변형률

## 2) 주근, 띠철근, 보조띠철근, 강판의 변형

주근의 초기응력 분담에 따라 변형률이 증가하고 있으며, 이후 응력이 증가되어 최대응력에 근접하면서 띠철근, 강판의 순서로 변형률의 증가가 나타나 띠철근과 강판의 응력분담이 이루어지는 것으로 나타났다.

주근을 제외한 강재의 거동은 초기 탄성범위 내에서는 변형의 진전이 없었으며, 시험체가 최대응력에 도달함에 따라 띠철근과 강판의 응력은 항복 변형률에 근접해 내력에 대한 기여도가 높음을 알 수 있었다. 띠철근의 변형률이 증가할 경우 강판의 변형률이 감소하는 양상을 보이고 있으며, 띠철근의 변형률이 감소하면 강판의 변형률이 증가하고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상을 통하여 띠철근과 강판의 횡구속효과가 상대적인 연관성을 갖고 있음을 알 수 있다.

모든 보수·보강 시험체에서 주근이 항복한 후에 보강강판의 변형이 점증적으로 증가하면서 최대응력에 도달하는 현상을 발견할 수 있는데, 이는 기둥에 사용되는 보강강판의 횡방향 구속효과를 통하여 내력을 증진시키는 보강 현상을 보여준 것으로 판단된다. Fig. 4~Fig. 7은 축응력과 주근, 띠철근, 강판의 변형률 관계를 나타낸다.

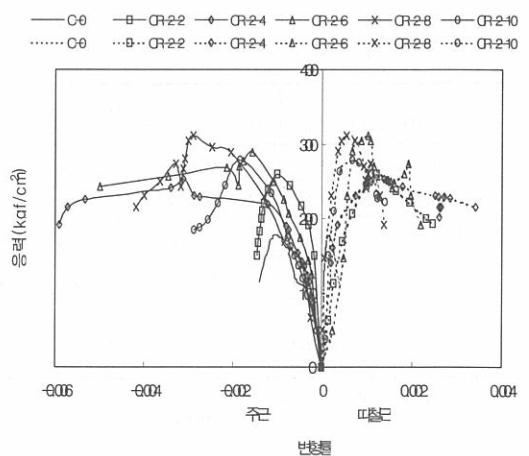


Fig. 4 CR-2계열 축응력-주근-띠철근 관계

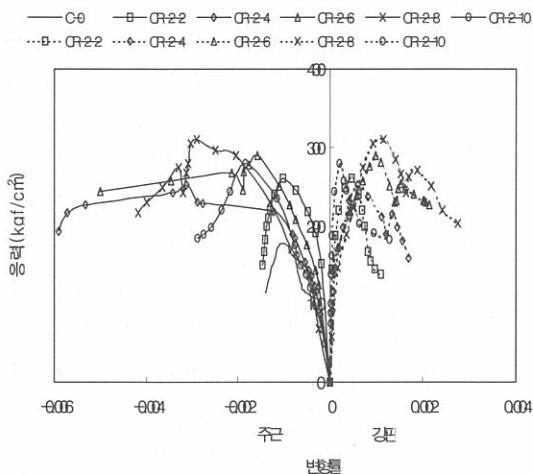


Fig. 5 CR-2계열 축응력-주근-강판 관계

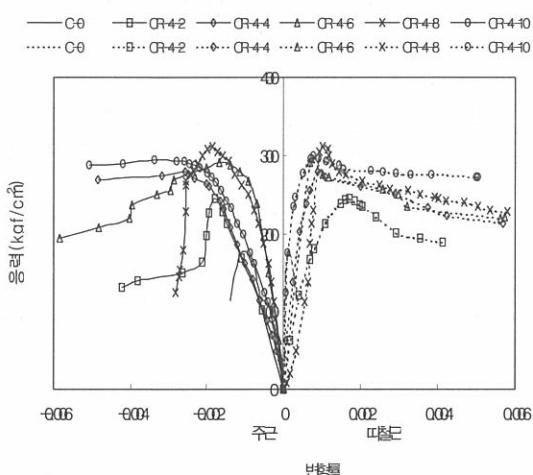


Fig. 6 CR-4계열 축응력-주근-띠철근 관계

#### 4. 실험 결과 분석

##### 4.1 강판의 보강효과

실험결과를 바탕으로 보강강판의 보강에 따른 강판의 폭과 두께의 변화가 기둥의 내력에 미치는 영향을 평가하기 위하여 Table 6과 같이 C-0시험체에 대한 각 계열의 보강효과와 증가비를 정량적으로 나타내었다. C-0시험체의 최대하중을

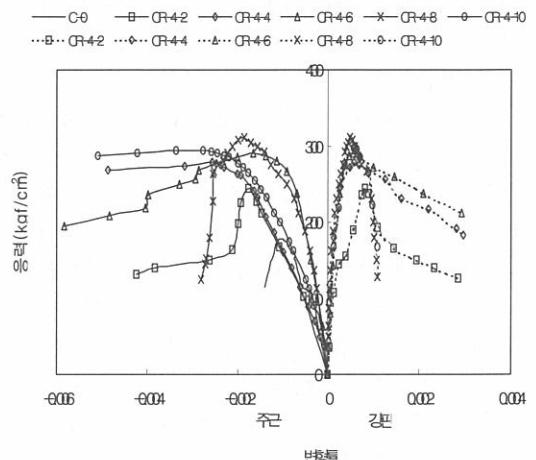


Fig. 7 CR-4계열 축응력-주근-강판 관계

Table 6. 강판 보강 효과

실험체	체적비			최대하중 $P_{max}$ (tf)	강판	
	띠철근	강판	전체		보강효과 (tf)	증가비 (%)
C - 0	-	0.0037	-	71.18	-	-
CR-2-2	0.004	0.0076	104.14	32.96	46.3	
CR-2-4	0.008	0.0116	109.98	38.80	54.5	
CR-2-6	0.012	0.0156	115.48	44.30	62.2	
CR-2-8	0.016	0.0195	124.20	53.02	74.5	
CR-2-10	0.00368	0.0235	111.46	40.28	56.6	
CR-4-2		0.008	0.0117	98.00	26.82	37.7
CR-4-4		0.016	0.0197	111.50	40.32	56.6
CR-4-6		0.024	0.0277	116.20	45.02	63.2
CR-4-8		0.032	0.0357	124.40	53.22	74.8
CR-4-10		0.040	0.0437	119.60	48.42	68.0

보강을 한 시험체의 보강효과를 측정하는 기준으로 정하고 각 시험체들의 최대하중과 C-0시험체의 최대하중과의 차이를 보강에 따른 강판의 폭과 두께의 변화에 대한 보강효과로 설정하였다.

실험결과 얻어진 보강효과를 살펴보면 다음과 같다.

1) 보수·보강한 시험체 2계열은 58.82%, 4계열은 60.06%의 내력증가를 보이고 있고, 강판의 폭이 증가함에 따라 보강효과는 증가하나, 강판의 폭이 10cm인 시험체는 보강효과가 작게 나타났다. 이는 보강강판의 연성보다 시험체의 취성적인 성질이 증가되어 강판의 내력분담이 발생하

기 전에 보강강판 사이의 콘크리트에서 파괴가 발생하여 보강효과가 감소되는 양상을 보이는 것으로 판단된다.

2) 동일체적비에 대한 보강효과는 보강강판의 폭이 작은 시험체가 내력의 증가효과가 높은 것으로 나타났으며, 보강강판의 체적이 증가할수록 내력의 증가효과는 증가하나, 체적비의 증가율과 비례적인 관계는 보이지 않는 것으로 나타났다.

3) 보강강판의 폭-두께에 있어서 보강효과는 폭과 두께가 작을수록 크게 나타났으며, 폭과 두께가 증가할수록 강판의 연성보다 시험체의 취성적인 성질이 증가되어 강판의 내력분담이 발생하기 전에 콘크리트의 파괴가 발생하여 보강효과가 감소되는 양상을 보이는 것으로 판단된다.

#### 4.2 횡구속이론에 따른 실험치 비교

Table 7과 Fig. 8~9에서 최대하중은 실험치와 Uzumeri의 이론치와 비교하였고, Uzumeri의 이론에 의한 강도증가계수와 실험강도증가계수를 비교하였다.

각 시험체의 최대하중을 Uzumeri의 이론식과 비교한 하중비를 살펴보면 CR-2계열은 0.91, CR-4계열은 0.85의 결과가 나타났고 CR-2계열의 하중비가 이론식에 근접하는 것은 보강강판의 두께에 따른 시험체의 취성이 증가한 것으로 판단된다. 보강강판이 동일한 두께의 경우 강판폭이

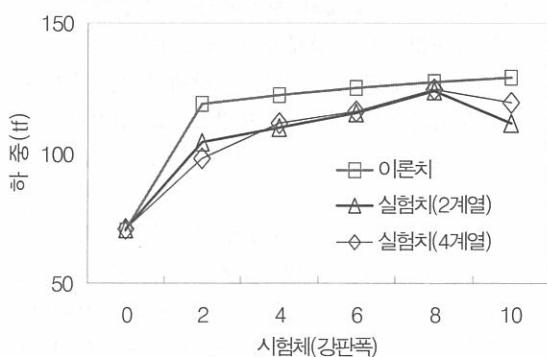


Fig. 8 시험체별 최대하중 비교

Table 7. 이론치와 실험치 비교

시험체	초기균열 하중		$P_u'$ (tf)	실험 최대 하중 $P_{max}(\text{tf})$	하 중 비	$K_s$	$K_s'$	$K_t$	$K_p$
	$cP_{max}(\text{tf})$	$C'$							
C-0	32	1	70.52	71.18	1.01	1.03	1	1	1
CR-2-2	20	0.63	119.00	104.14	0.87	1.21	1.17	1.46	1.25
CR-2-4	35	1.09	122.40	109.98	0.90	1.25	1.22	1.55	1.27
CR-2-6	65	2.03	125.00	115.48	0.92	1.29	1.25	1.62	1.30
CR-2-8	90	2.81	127.20	124.20	0.98	1.31	1.27	1.74	1.37
CR-2-10	72	2.25	129.10	111.46	0.86	1.34	1.30	1.57	1.21
CR-4-2	67	2.09	125.00	98.00	0.78	1.26	1.22	1.38	1.13
CR-4-4	85	2.66	130.10	111.50	0.86	1.32	1.28	1.57	1.22
CR-4-6	85	2.66	133.90	116.20	0.87	1.37	1.33	1.63	1.23
CR-4-8	120	3.75	137.20	124.40	0.91	1.41	1.37	1.75	1.28
CR-4-10	115	3.59	140.10	119.60	0.85	1.45	1.40	1.68	1.20

-  $cP_{max}$  : 초기 균열하중

-  $P_{max}$  : 실험 최대하중

-  $C'$  : C-0시험체를 기준으로 한 초기균열하중 비교

- 하중비( $P_{max} / P_u'$ ) : Uzumeri의 이론하중과 실험하중의 비교

-  $P_u' = P_{occ} K_s + P_{steel}$  : Uzumeri에 의한 기둥 최대하중 계산식

-  $K_s$  : Uzumeri의 강도증가계수

-  $K_s'$  ( $K_s / K_{s-0}$ ) : C-0시험체를 기준으로 한 Uzumeri의 강도증가계수비

-  $K_t$  ( $P_{max} / P_{C-0}$ ) : 실험강도증가계수

-  $K_p$  ( $K_t / K_s'$ ) : 강도증가계수비

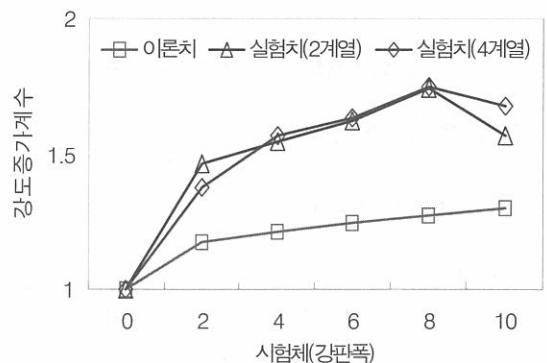


Fig. 9 시험체별 강도증가계수 비교

증가할수록 하중이 증가하며, 하중은 이론치가 실험치보다 높게 나타났다.

Uzumeri의 강도증가계수와 실험강도증가계수를 비교한 결과 실험치가 이론치보다 높게 나타났으며, 최대하중과 강도증가계수가 상반되는 현상을 보이고 있다. 따라서, 보수·보강에 대한 Uzumeri의 이론식을 적용하기 위해서는 보강 강판의 특성을 반영한 강판의 폭과 두께에 따른 횡보강 유효계수의 도입이 필요한 것으로 판단된다.

### 4.3 연성지수의 고찰<sup>2)</sup>

시험체의 연성변화를 분석하기 위하여 Fig. 10와 같이 하중-축변형률 곡선을 모델화 하였다. 최대하중( $P_{max}$ )의 수평직선을 A라 하고, 원점과 최대하중의 60%지점을 연결한 직선을 B라 할 때 직선 A와 직선 B가 만나는 교점의 변형률을 항복변형률( $\varepsilon_y$ )로, 이에 해당하는 하중을 항복하중( $P_y$ )이라 하고, 최대하중의 85%( $0.85P_{max}$ )인 점의 변형률( $\varepsilon_{85}$ )를 기준으로 하여 에너지 흡수능력의 지표로서 연성지수(Toughness index)를 다음과 같이 정의하였다.

$$\text{연성지수} = \frac{\int_0^{\varepsilon_{85}} P \cdot d\varepsilon}{\int_0^{\varepsilon_y} P \cdot d\varepsilon}$$

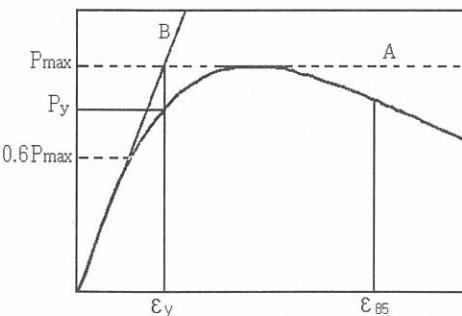


Fig. 10 시험체 하중-축변형률 곡선

2) Park, R., Priestley, M.J.N., and Gill, W.D., "Ductility of Square-Confining Concrete Columns", ASCE, V108, No. ST4, Apr., 1982, pp. 929~950

Table. 8에서 시험체별 연성지수는 보수·보강을 하지 않은 C-0 시험체는 1.60이었고, 보수·보강한 CR-2계열 시험체의 연성지수는 2.19로 나타났으며, CR-4계열 시험체는 2.61로 나타났다. 연성증대 효과는 CR-2계열은 36.88%, CR-4계열은 63.12%로 나타났으며, 연성지수를 고찰한 결과 기둥의 연성은 강판의 두께가 4mm인 CR-4계열이 CR-2계열의 시험체에 비해서 연성증대의 효과가 우수한 것으로 나타났다.

CR-4-8과 CR-4-10시험체의 경우 보강강판의 연성보다 시험체의 취성적인 성질이 증가되어 강판의 내력분담이 발생하기 전에 콘크리트의 파괴가 발생하여 연성지수가 감소되는 양상을 보이는 것으로 판단된다.

Table. 8 시험체의 연성지수

시험체	$P_y$ (tf)	$P_{max}$ (tf)	$0.85P_{max}$ (tf)	$A_{\varepsilon 85}/A_{\varepsilon y}$	연성지수
CR-0	56.94	71.18	60.50	52.34/32.71	1.60
CR-2-2	96.78	104.14	88.52	1.041/0.615	1.693
CR-2-4	103.2	109.98	85.83	1.044/0.543	1.923
CR-2-6	103.23	115.48	98.16	1.541/0.701	2.198
CR-2-8	103.85	124.2	105.57	1.57/0.634	2.47
CR-2-10	103.87	111.46	94.74	1.616/0.606	2.667
CR-4-2	92.26	98	83.3	1.042/0.599	1.74
CR-4-4	95.48	111.5	94.78	1.370/0.635	2.157
CR-4-6	107.1	116.2	98.77	1.565/0.500	3.13
CR-4-8	99.26	124.4	105.74	1.466/0.477	3.072
CR-4-10	101.98	119.6	101.66	2.388/0.812	2.942

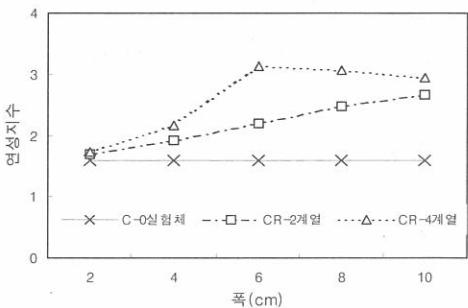


Fig. 11 시험체 연성지수

#### 4.4 시험체 회귀분석

손상된 기둥의 보수·보강에 있어서 보강강판의 폭-두께를 고려하여 얻어진 실험결과를 Uzumeri가 제안한 강도증가계수와 비교 분석한 결과 이론강도증가계수의 증가율이 실험치의 증가율보다 낮게 나타났다. 그러므로, 시험체의 보강강판의 특성을 반영한 횡보강 유효계수의 도입이 요구되며, 다음 식을 강도증가계수로 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 실험결과를 바탕으로 체적비와 폭/두께비에 대한 회귀분석을 통하여 강도증가계수 회귀식을 산출하였으며, 강도증가계수  $K$ 를 구하는 회귀식은 다음과 같다.

여기서,  $X_1$ 은 체적비,  $X_2$ 는 강판폭/두께를 나타낸다.

$$K = -5.33 \times X_1 + 0.0083 \times X_2 + 0.247$$

또한, 보수·보강에 의한 구속으로 강도가 증가된 콘크리트를 근거로 한 중심축압축력을 받는 기둥 단면의 극한강도를 다음과 같이 제안하고자 한다.

$$P_u = P_{occ} + P_{steel} + P_{add}$$

$$P_u = P_{C-0}$$

$$P_{C-0} = P_{occ} + P_{steel} + P_{add}$$

$$P_{max} = P_{C-0} + P_{sadd}$$

$$P_{sadd} = K (f''_s \times A'_{st})$$

$P_{sadd}$  : 보수·보강으로 증가된 하중

$K$  : 보강강판의 구속에 의한 강도증가계수,

$f''_s$  : 보강강판의 항복강도

$A'_{st}$  : 보강강판의 단면적

따라서,

$$\begin{aligned} P_{max} &= P_{C-0} + P_{sadd} = P_{C-0} + K (f''_s \times A'_{st}) \\ &= P_u + K (f''_s \times A'_{st}) \end{aligned}$$

$$K = -5.33 \times X_1 + 0.0083 \times X_2 + 0.247$$

#### 5. 결 론

보강재인 강판의 폭과 두께를 실험변수로 한 시험체의 실험결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 동일체적비에 대한 보강효과는 보강강판의 폭이 작은 시험체가 내력의 증가효과가 높은 것으로 나타났으며, 보강강판의 체적이 증가할수록 내력의 증가효과는 증가하나, 체적비의 증가율과 비례적인 관계는 보이지 않는 것으로 나타났다.

2) 보강강판의 폭-두께에 있어서 보강효과는 폭과 두께가 작을수록 크게 나타났으며, 폭과 두께가 증가할수록 보강강판의 연성보다 시험체의 취성적인 성질이 증가되어 강판의 내력분담이 발생하기 전에 콘크리트의 파괴가 발생하여 보강효과가 감소되는 양상을 보이는 것으로 판단된다.

3) 시험체의 최대하중은 이론치가, 강도증가계수는 실험치가 각각 높게 나타났으며, 보강방법에 따라 최대하중과 강도증가계수가 상이한 양상을 보이므로 Uzumeri의 이론식을 적용하기 위해서는 보강방법과 보강강판의 특성을 반영한 강판의 폭과 두께에 따른 횡보강 유효계수의 도입이 필요한 것으로 판단된다.

4) 기둥의 연성은 보강강판의 횡방향 구속이 증가할수록 연성효과도 증가하는 것으로 나타났다. 보강강판의 두께가 동일한 경우 시험체의 연성은 체적의 증가와 비례적인 관계를 보이는 것으로 판단된다.

5) 손상된 기둥의 보수·보강에 있어서 강판의 폭-두께를 고려하여 얻어진 다음 식을 강도증가계수와 극한강도로 적용하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

$$P_{max} = P_u + K (f''_s \times A'_{st})$$

$$K = -5.33 \times X_1 + 0.0083 \times X_2 + 0.247$$

여기서,  $f''_s$  : 보강강판의 항복강도,  $A'_{st}$  : 보강강판의 단면적,  $X_1$  : 체적비,  $X_2$  : 강판폭/두께를 나타낸다.

---

## 참 고 문 현

1. Sheikh, S.A., and Uzumeri S.M., "Analytical Model for Concrete Confinement in Tied Columns" ASCE, V.108, No.ST12, Dec. 1982, pp. 2703~2722
2. Samra, R. M., "Ductility Analysis of Confined Columns", J. Struct. Engrg., ASCE, V.116, No.11, Nov. 1990, pp. 3148~3161
3. Park, R., Priestley, M.J.N., and Gill, W.D., "Ductility of Square-Confining Concrete Columns" ASCE, V.108, No. ST4, Apr. 1982, pp. 929~950
4. Priestley, M.J.N., Fyfe, E., and Seible, F., "Column Retrofit Using Fiberglass / Epoxy Jackets", Research report, California Department of Transportation (Caltrans), 1994.
5. 이영인, "띠철근 배근형상에 따른 고강도 콘크리트 기둥의 내력과 연성에 관한 실험적 연구", 석사학위논문, 중앙대학교, 1998. 6.
6. 임칠순, "철근콘크리트 기둥의 내력증대와 띠철근 구속효과에 관한 연구", 박사학위논문, 건국대학교, 1991. 8.
7. 박선우, "강재로 보강된 철근콘크리트 기둥의 구조거동에 대한 실험적 연구", 석사학위논문, 인하대학교 1996. 8.
8. 홍남표, "내력 및 내진성능 향상을 위한 철근콘크리트 기둥의 보강에 관한 연구", 박사학위논문, 서울대학교, 1997. 6.
9. 박주현, 홍기섭, 홍영균, 신영수, 최완철, "압축 및 휨을 받는 철근 콘크리트 기둥의 강판 보강효과에 대한 실험적 연구", 대한건축학회 학술발표논문집 제16권 2호, 통권 32집, 1996, pp. 601-605