

중공 콘크리트충전 각형강관 기둥의 거동에 관한 연구 (I. 중심 압축실험)

An Experimental Study on the Behaviours of Hollow CFT Column Subjected to Axial Load

김철환*
Kim, Cheol-hwan

김종길**
Kim, Jong-kil

요약

콘크리트 충전 강관(Concrete Filled Steel Tube : CFT) 기둥은 내력 및 변형능력 등 구조적 성능이 뛰어나면서도 불구하고 강관내부에 충전한 콘크리트의 재료분리저항성 및 유동성이 확보되는 고품질의 콘크리트가 요구되며, 또한, 다이어프램 하부의 충전 확인이 어렵다는 문제점을 안고 있다. 따라서 CFT 기둥의 장점인 내력 및 시공성을 살리고, 현장 충전 공법에서의 단점을 극복하기 위하여 CFT부재의 PC화가 연구되어 왔다. 그러나 CFT부재의 PC화는 고중량물이기 때문에 운반과 양중능력의 확보 등 다른 문제를 낳게 된다. 본 연구에서는 현장타설 CFT기둥의 단점과 공장생산 CFT기둥의 단점을 보완하기 위하여 새로운 형태인 중공 CFT 구조를 제안하고 중심축하중 하의 이력특성에 대한 기본적인 연구를 수행하였다. 이를 위하여 설정된 주된 실험변수는 CFT기둥의 충전율과 충전재의 강도이며, 특히 충전율은 0%, 30%, 50%, 80%, 100%를 설정하였다. 얻어진 결과는 기본적으로 항복강도레벨에 이르기까지 선형적인 거동을 나타내고 있으며, 내부 충전율이 증가함에 따라 강도, 강성 및 변형능력이 크게 나타나고 있다.

Abstract

Concrete Filled Steel Tube (CFT) system is advantageous because it increases the load-carrying capacity without increasing the size of column. However CFT system has many benefits, it is not applied to field generally because of its heavyweight and difficulty of concrete filling method. As a solution to these problems, we proposed concrete filled steel tube column with hollow made by factory-manufactured PC method. The hollow concrete filled steel tube system is expected to obtain the high strength and high capacity of deformation despite it is a lightweight. This study deals with mechanical properties, strength and deformation, of hollow concrete filled steel tube subjected to axial load. 9 specimens were tested to examine mechanical properties closely, and the following results were obtained: All specimens basically showed higher initial rigidity and maximum strength with increased concrete filling rate. And most specimens showed almost linear behavior until around 80% of maximum strength regardless of filling rate, it is estimated that the elastic range is up to a half of the maximum strength which is the yield strength level.

키워드 : 중공 CFT기둥, 내력, 강성, 변형능력, 단조가력

Keywords : Hollow CFT column, Strength, Stiffness, Deformation capacity, Monotonic load

1. 서론

최근 경제의 급격한 성장으로 인한 건축물의 초고층화와 내부 설비의 고급화에 의해 기둥과 같은 구조부재가 부담해야 하는 하중이 크게 증가하게 되었다. 이러한 높은 하중에 저항하기 위해서는 구조부재의 단면 증가와 같은 재래적인 방법으로는

구조체의 자중이 도리어 증가하게 되고 내부공간의 활용도도 떨어지는 단점이 발생하게 된다. 따라서 단면의 증가없이 고강도·고강성화에 적합한 구조형식으로 콘크리트 충전 강관구조형식이 제안되어 연구가 진행되어 왔다.

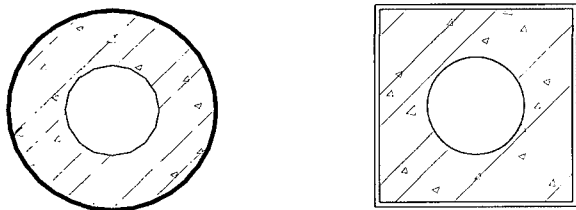
콘크리트 충전강관(Concrete Filled Steel Tube: 이하 CFT라 함)기둥은 강관의 구속효과로 인해 내력 및 강성, 변형능력에 있어서 뛰어난 구조형식으로 인정을 받고 있으며, 외부의 강관이 거푸집 역할을 하고 있어 시공성에 있어서도 뛰어난 것으로 평

* 정희원, 상주대학교 건축공학부 부교수, 공학박사
Tel : 054-530-5374 Fax : 054-530-5379
E-mail : chkim@sangju.ac.kr

** 동경건축사사무소 소장, 건축사, 공학석사

가받고 있다. 그러나 CFT기둥에 있어서의 현장시공 시 내부 콘크리트 재료분리를 방지할 수 있고 충전성이 확보되는 고품질의 콘크리트가 요구되며, 다이어프램 하부의 충전 확인이 어렵다는 문제점을 안고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 내부 충전 콘크리트를 공장에서 타설 양생하는 공장 제작 PC화를 들 수 있다. CFT기둥의 PC화는 건설 공기의 단축, 품질의 균일성 확보 및 부재의 표준화 작업에 효과적으로 대응할 수 있다. 또한, 공장에서 콘크리트를 타설 양생 과정에 의해 다이어프램 하부의 충전성을 확보가 가능하다는 장점을 가지고 있다. 하지만, 충전된 콘크리트로 인해 순수강관기둥보다 기둥의 중량 커지므로 운반성이 떨어지게 되며, 현장 조립 시에는 양중장비의 용량에 많은 제약을 받게 되는 단점을 가지게 된다.

본 연구에서는 이러한 단점을 극복하고 고품질의 CFT기둥을 제작하기 위하여 <그림 1>과 같은 원심성형으로 제작이 가능한 중공형 CFT기둥을 제안하고 실험을 통하여 역학적 특성을 규명하여 적용방향에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.



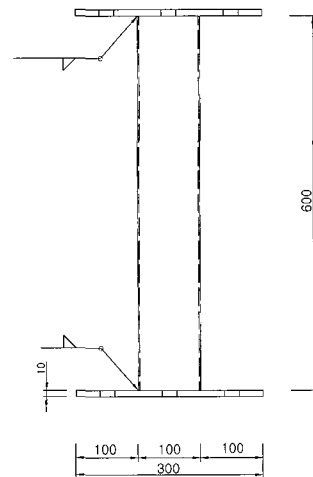
<그림 1> 중공 CFT구조형식

2. 실험

2.1 실험체

실험체의 형상은 <그림 2>와 같이 높이 600mm 인 단주를 대상으로 하고 있으며, 단면의 형상은 □-100mm×100mm×2.3mm (B×D×t) 으로 하며, 각형 강관 내부에 강도 180kgf/cm², 220kgf/cm²의 2종류의 콘크리트를 충전한 실험체를 제작하여 중심압축 실험을 실시한다.

실험체의 일람은 <표 1>에 나타낸다. 실험 변수는 위에서 언급한 것과 같이 충전콘크리트의 강도 및 충전율로 하며, 충전율에 있어서는 100%, 80%,



<그림 2> 실험체 형상

<표 1> 실험체 일람

실험체명	설계콘크리트 강도 (kgf/cm ²)	목표충전율 (%)	실 충전율 (%)
C0A100	180	0	0
C30A100		30	31.5
C50A100		50	50.2
C80A100		80	80.1
C100A100		100	100
C0B100	220	0	0
C30B100		30	31.5
C50B100		50	50.2
C80B100		80	80.1
C100B100		100	100

C100A100

┌ 강관의 단면크기
 └ 충전콘크리트의 강도
 (A: 180kgf/cm², B: 220kgf/cm²)
 충전율 (100:100%, 80:80%, 50:50%,
 30:30%, 0:순수강관)

50%, 30%, 0%를 목표로 한다. 충전율 0%는 순수강관을 의미한다. 표 중의 목표 충전율은 실험의 변수로 설정한 충전율을 나타내며, 실 충전율은 충전시 중공을 만들기 위해서 삽입한 원형 파이프의 크기에 따라 산정한 충전율을 나타낸다.

2.2 사용재료

2.2.1 강재

본 연구에서 사용된 강재는 SPSR400을 사용하였

으며 강재의 특성을 파악하기 위하여 KS B 0801의 금속재료 인장시험법에 따라 시험편을 제작하였다. 강재의 기계적 성질은 <표 2>에 나타낸다.

<표 2> 강재의 기계적 성질

시험편	σ_y (tf/cm ²)	σ_u (tf/cm ²)	YR	Es (tf/cm ²)	Elo (%)
PL-2.3	3.75,	4.50,	0.83,	2,178,	21.78,
	3.47,	4.03,	0.86,	2,233,	26.73,
	3.09	3.90	0.79	1,895	29.88
	(3.43)	(4.14)	(0.82)	(2,102)	(26.13)

()는 평균치
 σ_y : 항복 강도, σ_u : 인장 강도,
 YR : 항복비, Es : 탄성계수, Elo : 연신율

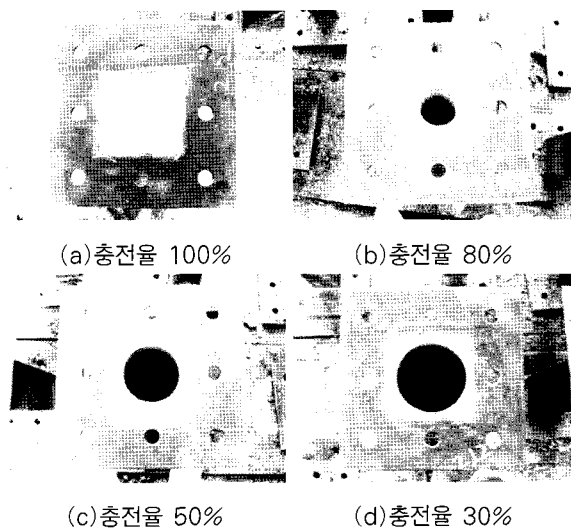
2.2.2 콘크리트

실험에 사용된 충전용 콘크리트는 실험체의 크기에 적합한 충전재로서 잔골재가 선배합된 재료를 사용하였으며, 충전재의 강도는 물시멘트 비를 조절

<표 3> 콘크리트 배합표

사용재료	단위 용적 중량(kgf/m ³)								
	W	C	S	혼화제		팽창제		SP	
				Fly-ash	Slag	A	B		
설계강도	220	295.6	360	1,319	73.9	27.7	33.3	33.3	1.80
	180	314.0	360	1,319	73.9	27.7	33.3	33.3	0.92

※W: 물, C:시멘트, S:잔골재, SP:고성능감수제
 ※팽창제: A(Cao-CaSo4계), B(CaSo4)



<그림 3> 실험체 제작상태

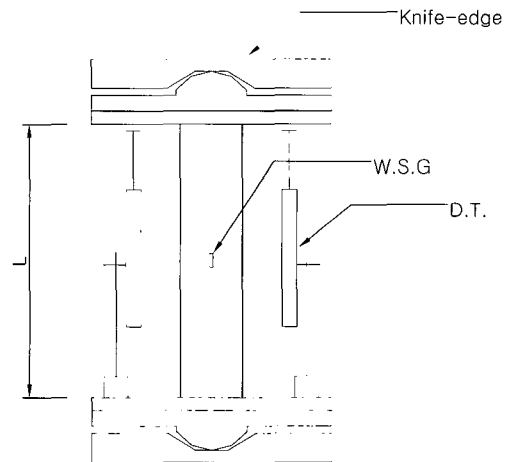
<표 4> 콘크리트 압축강도 시험결과

설계기준강도 (kgf/cm ²)	Fck (kgf/cm ²)	Ec (tf/cm ²)	Slump (cm)
220	219	194	20
180	178	173	17

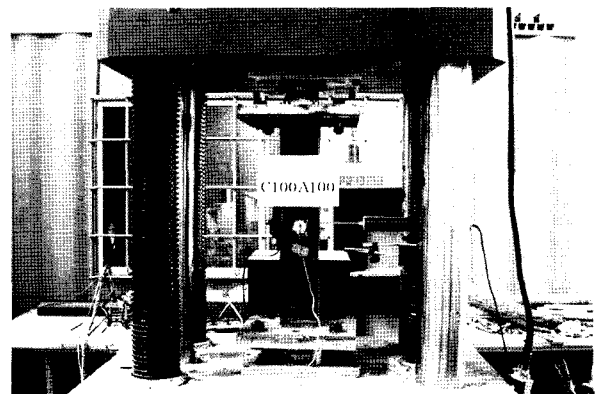
하여 목표설계강도가 발현되도록 배합하였다. 실험체에 사용된 콘크리트의 배합비 및 공시체 실험결과는 <표 3>, <표 4>에 나타낸다.

2.3 가력장치 및 측정방법

실험은 200tf급 만능시험기(U.T.M.)를 사용하여 실험체를 양단 핀 지지상태로 설치한 후 단순 압축 가력하며 실험체에 편심이 작용하지 않도록 하였다. 실험 결과는 각형강관 기둥의 축방향 변형율은 기둥의 중앙부 양면에 변형율 게이지를 부착하여 측정하며, 기둥의 축방향 변위는 만능시험기의 베드면



<그림 4> 실험결과 측정 방법



<그림 5> 실험체 set-up

과 크로스 헤드면과의 상대변위를 변위계(LVDT)로 측정하였다. 또한, 실험 중 발생 가능한 수평변위를 측정하기 위하여 실험체의 길이방향 중앙부에서 x, y 2방향으로 변위계를 설치하여 측정하였다. 변위 및 변형 측정 위치는 <그림 4>에 나타내고 있으며, 실험체 설치상황은 <그림 5>에 나타내고 있다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 항복내력 및 최대내력

실험 결과는 <표 5>에 나타내고 있다. <표 5>에는 실험결과와 더불어 계산치로서 $\phi P_n, P_a$ 를 나타내고 있으며, 이는 현행 우리나라의 설계기준에 있어서의 한계상태설계법에 의한 내력 및 허용응력도 설계법에 의한 허용내력을 나타내고 있다. 실험결과의 평가를 위하여 최대내력인 P_{max} 외에 탄성범위인 항복내력으로서 P_y 를 산정하여 나타내고 있으며, 산정방법은 초기강성의 연결선과 순간강성이 초기강성의 1/3되는 점의 접선과의 교점으로 정의하여 평가하였다.

실험결과에서 알 수 있듯이 모든 실험체가 내부 충전 콘크리트 충전율의 증가에 따라 최대강도 및 항복강도가 높게 나타나고 있으나, 강관 내부에 충전한 콘크리트의 강도에 따른 차이는 크게 나타나

지 않고 있다. 이는 내부에 충전한 콘크리트의 강도의 차이가 그다지 크지 않은 때문으로 판단된다.

충전 콘크리트의 강도 180kgf/cm^2 인 A100시리즈의 실험체에 있어서 순수강관의 경우에는 최대내력이 우리나라 설계기준의 설계강도인 ϕP_n 에 미치지 못하고 64%전후에 머물고 있으며, 항복강도도 허용내력인 P_a 에 도달하지 못하고 조기에 항복하고 있다. 이는 강관의 내부에 충전 콘크리트가 없어 강관이 충분한 변형과 더불어 최대 내력에 도달하지 못하고 조기에 판재의 국부좌굴이 발생하기 때문이다.

한편, 강관의 내부에 콘크리트를 충전한 실험체의 경우에는 대부분의 실험체에 있어서 항복강도가 허용응력도 설계법에 의한 허용내력을 상회하고 있다. 그러나 충전율이 작은 경우에는 최대강도가 극한설계강도에 도달하지 못하고 파괴에 도달하고 있으나, 각형강관의 내부의 충전율이 높을 수록 설계강도에 근접하거나 상회하고 있다. 이는 내부의 충전율이 높을 수록 강관에 의한 구속력이 높아지기 때문에 내부의 콘크리트가 다축 응력을 받게 되어 강도가 증가하기 때문으로 판단된다.

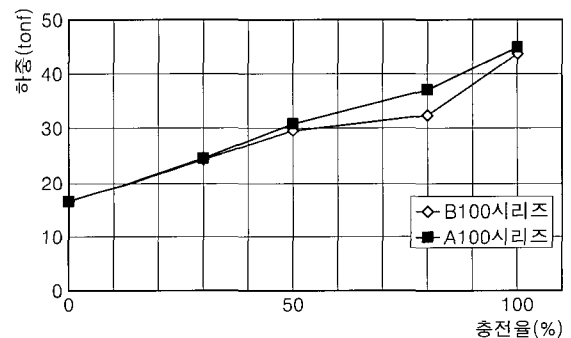
<그림 6>은 실험체의 충전율과 최대강도의 상관곡선을 나타내고 있다.

충전율이 증가할수록 부재의 축방향 압축내력도 거의 비례적으로 증가하는 경향을 나타내고 있으며 이러한 현상은 내부 충전콘크리트의 강도의 차이에 따른 영향은 없다.

<표 5> 실험 결과

실험체명	계산치		실험치		$\frac{P_y}{P_a}$	$\frac{P_{max}}{\phi P_n}$
	P_a (tf)	ϕP_n (tf)	P_y (tf)	P_{max} (tf)		
C0A100	16.53	25.81	14.33	16.46	0.87	0.64
C30A100	18.21	28.42	20.97	24.47	1.15	0.86
C50A100	19.20	29.95	23.51	30.78	1.22	1.03
C80A100	20.79	32.43	26.03	37.05	1.25	1.14
C100A100	21.84	34.07	36.85	44.84	1.69	1.32
C0B100	16.53	25.81	14.33	16.46	0.87	0.64
C30B100	18.59	29.02	19.65	24.25	1.06	0.84
C50B100	19.79	30.91	21.05	29.49	1.06	0.95
C80B100	21.73	33.95	30.08	32.34	1.38	0.95
C100B100	23.03	35.97	31.62	43.66	1.37	1.21

P_a : 허용응력도 설계법에 의한 허용강도
 ϕP_n : 한계상태 설계법에 의한 부재강도
 P_{max} : 최대하중, P_y : 항복 하중



<그림 6> 최대강도

3.2 변형 능력

구조물의 변형능력을 평가하기 위하여 아래와 같이 부재의 최대변위 또는 연성 평가점의 변위를 항

복변위로 나누어 연성율로 정의하여 실험체별 연성을 평가하였다.

$$\mu = \frac{\Delta}{\Delta_y} \quad (1)$$

또한, 각 부재에 있어서 실험시의 오차 및 실험시의 가력속도 등과 같은 제반 조건에 따라 연성의 차이가 크게 나타나게 될 뿐만 아니라 최대내력 접이후의 거동을 평가하기 위하여 최대하중이후 내력이 최대하중의 80%로 저하한 점의 변위(Δ_{80})를 대상으로 하여 연성을 각각 평가하였다.

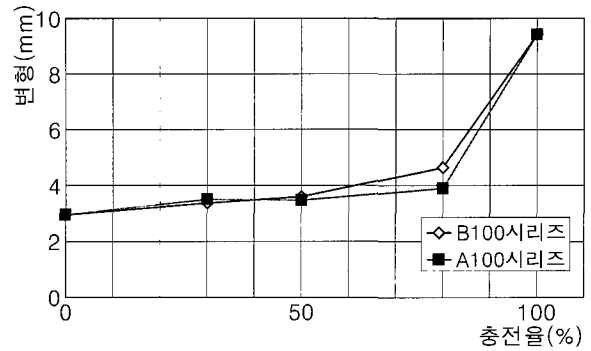
실험결과에 의한 변위 및 연성율은 <표 6>에 나타난다. 표에서 알 수 있듯이 항복하중점에 있어서의 변형량은 강관 내부의 충전율과는 크게 상호관계가 없이 나타나고 있으며 전반적으로 1.3mm에서 3.7mm의 범위를 나타내고 있다. 최대하중점의 변형량은 <그림 7>에 나타내고 있다. 그림에서와 같이 순수각형강관의 경우 2.95mm 전후이나 충전율이 증가함에 따라 변형량도 크게 증가하여 충전율이 100%인 경우에는 순수강관의 변형량의 3.2배에 달하여 9.42mm의 변형량을 나타내고 있다. 이는 100% 충전율을 가지는 경우에는 파괴이후에도 내부 충전콘크리트가 완전하게 다축응력을 받게 되므로 높은 변형능력을 가지는 것으로 판단된다.

<표 6> 연성율 비교표

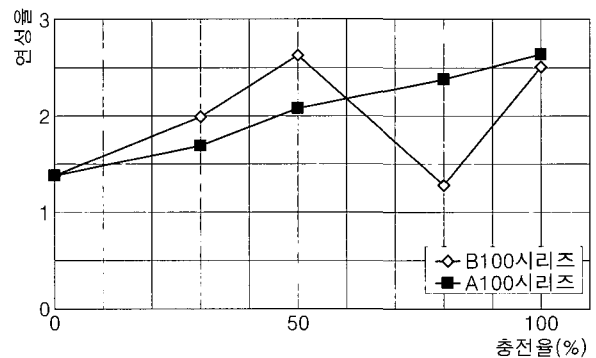
실험체명	Δ_y (mm)	Δ_{max} (mm)	Δ_{80} (mm)	μ_{max}	μ_{80}
C0A100	2.13	2.95	6.88	1.38	3.23
C30A100	2.07	3.50	7.34	1.69	3.55
C50A100	1.67	3.47	6.24	2.08	3.74
C80A100	1.66	3.90	6.51	2.35	3.92
C100A100	3.57	9.42	17.58	2.64	4.92
C0B100	2.13	2.95	6.88	1.38	3.23
C30B100	1.69	3.37	5.73	1.99	3.39
C50B100	1.37	3.60	5.82	2.63	4.25
C80B100	3.64	4.65	7.06	1.28	1.94
C100B100	3.75	9.42	>	2.51	>

μ : 연성률, >는 내력의 저하가 없는 경우

$$\mu_{max} = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y}, \quad \mu_{80} = \frac{\Delta_{80}}{\Delta_y}$$



<그림 7> 최대 하중점의 변형



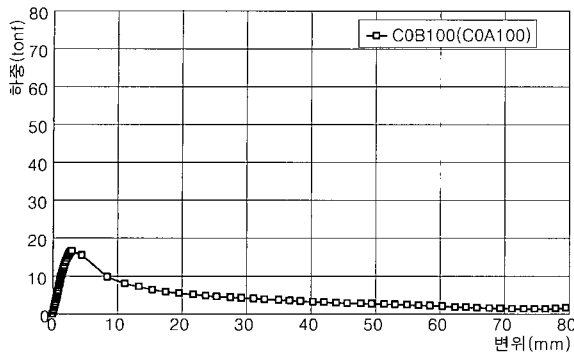
<그림 8> 연성율

또한, 연성율에 있어서는 최대하중점에 대한 연성율은 순수각형강관의 경우를 제외하고 1.6에서 2.6전후의 범위에 있으며, <그림 8>에 나타나는 것과 같이 내부 충전콘크리트가 220kgf/cm² 인 B100시리즈의 경우에는 충전율의 증가에도 불구하고 부분적으로 낮은 경우가 발생하고 있으나, 이는 실험조건에 따른 오차의 범위로 판단되어지며, 전반적으로 내부의 충전율이 높아질수록 높아지는 경향을 나타내고 있다.

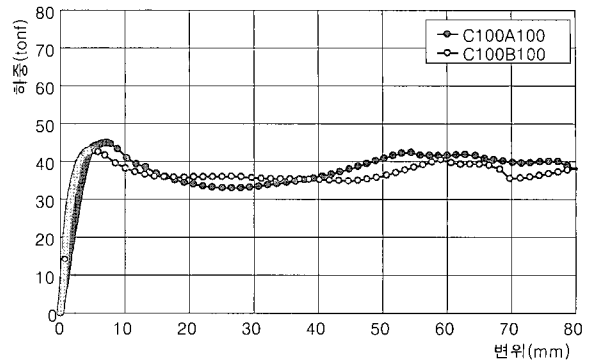
최대하중이후 내력이 최대강도의 80%에 달한 점에서의 변형량으로 산정된 연성율은 최대하중점에 대한 연성율에 비해 전반적으로 고른 분포를 나타내고 있으며, C80B100실험체를 제외하고 대부분의 실험체가 3.23에서 4.92의 범위에 있다. 그러나 C100B100실험체의 경우에는 실험종료 시까지 높은 내하능력으로 내력이 최대내력의 80%이하로 저하하지 않고 높은 변형량을 나타내고 있다.

3.3 하중-변형 관계

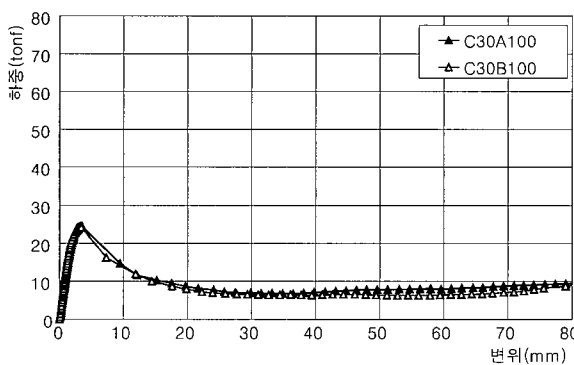
각 실험체의 하중-변형관계는 <그림 9>에 나타낸



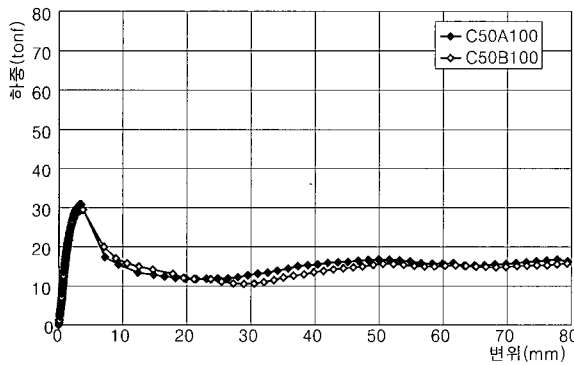
(a) 순수강관 실험체



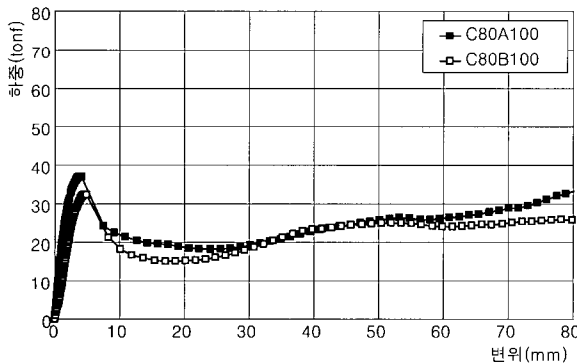
(e) 충전율 100%실험체



(b) 충전율 30% 실험체



(c) 충전율 50%실험체



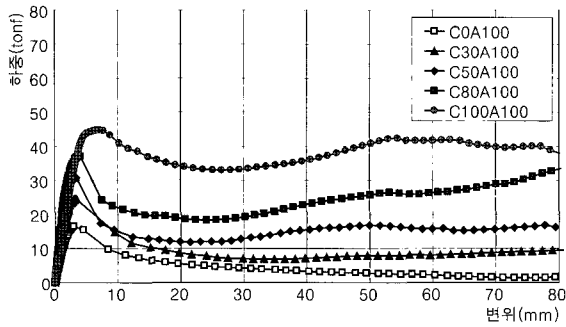
(d) 충전율 80%실험체

〈그림 9〉 실험체 하중-변형관계

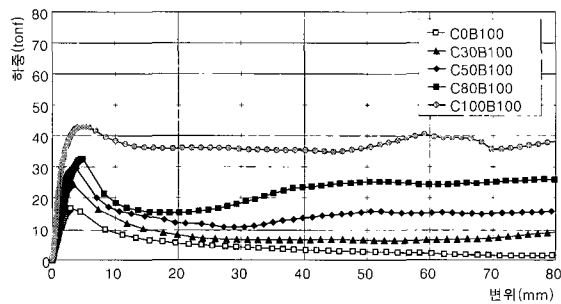
다. <그림 9>에는 충전 콘크리트의 강도가 서로 다르지만 동일한 충전율을 가지는 실험체를 같이 비교하여 나타내고 있다. 모든 실험체가 기본적으로 항복내력 범위까지는 거의 선형적인 거동을 하고 있어 실험체가 탄성범위에 있음을 알 수 있으며, 항복하중이후 부분적으로 강성의 저하현상이 발생하며 최대 내력점에 도달하고 있다. 최대내력에 있어서는 내부의 충전 콘크리트의 충전율 증가에 따라 최대내력이 높게 나타나고 있으며, 최대하중 이후에도 급격한 내력의 저하없이 높은 변형능력을 나타내고 있다.

한편 내부 콘크리트 충전율이 낮은 실험체의 경우에는 최대하중에 도달한 이후 추가적인 내력의 상승이 나타나지 않고 있으나, 내부에 충전콘크리트의 충전율이 높은 경우에는 최대하중이후 내력의 저하 현상을 나타내다가 다시 내력이 상승하는 현상을 나타내고 있다. 이는 하중의 증가에 따라 최대 하중에 도달함에 따라 내부의 충전콘크리트에서 파괴가 발생함과 동시에 강관의 국부좌굴이 발생하여 내력의 저하가 발생하였으나, 이후 변형의 증가와 함께 응력이 재분배되어 내력이 상승하였으며, 2차 국부좌굴 발생함에 따라 다시 내력의 저하점이 발생하고 있다.

순수강관인 COA100(COB100)실험체의 경우에는 내부에 충전된 콘크리트가 없음으로 인해 최대 하중점에서의 변형은 거의 발생하지 않고 최대 하중점에 도달한 후 급격하게 내력의 저하를 나타내고 있다. 이에 반해 콘크리트 충전율이 높아질수록 최



(a) 충전콘크리트 강도 180kgf/cm² 실험체



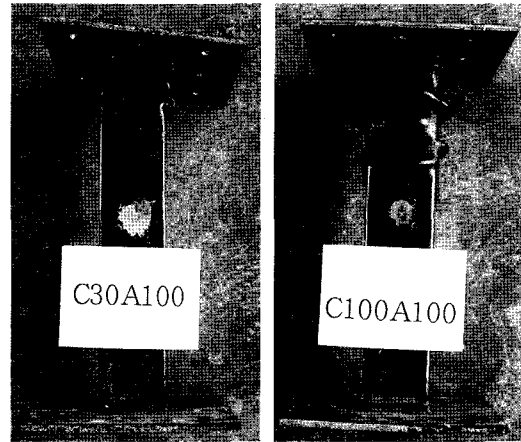
(b) 충전콘크리트 강도 220kgf/cm² 실험체

<그림 10> 충전율에 따른 비교

대 하중 점에서의 변형이 크게 발생하고 있음을 알 수 있다. 이는 내부에 충전된 콘크리트가 강관의 국부좌굴의 발생을 지연시키는 역할을 하고 있기 때문으로 판단된다. 또한, 이러한 현상은 내부의 충전 콘크리트의 강도에 따른 이력거동의 차이는 거의 나타나지 않고 있다.

충전율에 따른 실험체의 하중-변위관계는 <그림 10>에 나타내고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 실험체의 충전율이 높을수록 최대내력도 높게 나타나고 있으며, 실험체의 축방향 강성도 충전율이 높을수록 높게 나타나고 있다. 특히, 충전율이 100%인 C100A100 실험체의 경우에는 실험 초기에 안정되지 못하여 강성이 낮게 나타나고 있으며, 최대 내력점 이후 급격한 내력의 저하 없이 큰 변형이 발생하고 있다.

실험종료후의 실험체 파괴형상은 <그림 11>에 나타내고 있다. 충전콘크리트의 충전율이 낮은 경우에는 1회의 국부좌굴이 발생한 이후 파괴에 도달하고 있으나, 충전율이 높은 경우에는 국부좌굴발생이후에도 충전 콘크리트 강관에 의해 구속됨에 따라 내



(A) C30A100 실험체 (B) C100A100 실험체

<그림 11> 실험종료후 파괴상황

력이 상승하게 되고 지속적으로 국부좌굴이 발생하고 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 충전각형 강관에 콘크리트 충전을 및 내부 충전 콘크리트의 강도 등을 변수로 설정하여 중심압축 실험을 수행하였으며, 얻어진 결론은 아래와 같다.

(1) 항복강도 및 최대강도에서 강관 내부의 충전율에 따라 비례적으로 강도가 상승하고 있으며, 강관 내부에 충전한 콘크리트의 강도에 따른 영향은 크게 나타나고 있지 않다.

(2) 항복하중점에 있어서의 변형량은 강관 내부의 충전율에 따라 큰 차이가 나타나고 있지는 않지만, 최대하중점에 있어서의 변형량은 충전율에 의해 크게 좌우하고 있으며 특히, 100% 충전율을 가지는 경우에는 순수강관에 비해 3.2배에 달하는 변형량을 나타내고 있다.

(3) 연성율은 내부에 충전 콘크리트의 충전율 증가에 따라 연성율도 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 내력이 최대내력의 80% 지점에 대한 연성율에 있어서는 C80B100 실험체를 제외하고는 대부분의 실험체가 3.23 이상으로서 높은 변형능력을 나타내고 있다.

(4) 하중-변형 이력관계에서 모든 실험체가 항복 내력점까지 선형적인 거동을 나타내고 있어 부재가

탄성범위 내에 있음을 알 수 있다.

(5) 충전강관기둥에 있어서 내부의 충전율의 증가에 따라 항복하중이후 강성의 저하가 적게 나타나므로 최대 하중점의 변형이 크게 발생한다. 또한 100%충전율을 가지는 경우에는 최대하중이후에도 지속적인 변형과 함께 응력의 재상승이 발생하여 높은 변형능력을 나타내고 있다.

참고문헌

1. 함영덕, 편심하중을 받는 중공콘크리트 충전강관기둥의 구조적 거동에 관한 연구, 상주대학교 석사학위논문, 2006. 2.
2. 김규석, "콘크리트 충전 각형강관 단주의 내력에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 제13권 제2호 통권100호, pp. 209-218, 1997. 2.
3. 김철환 외 1인, "콘크리트 충전 각형강관 기둥의 역학적 특성에 관한 연구", 대한건축학회 논문집 제13권 제5호 통권103호, pp. 259-270, 1997. 5.
4. 강창훈 외 2인, "중심축하중을 받는 콘크리트 충전 각형강관단주의 내력", 한국강구조학회 논문집 제13권 제3호 pp. 279-287, 2001. 6.
5. 최성모, "콘크리트 충전 원형강관기둥 및 접합부의 특성에 관한 연구, 서울시립대학교 대학원 박사학위논문, 1995.
6. 강구조학회, "강구조의 설계", 구미서관, 2006.3.
7. 대한건축학회, "건축구조설계기준(KBC-S)", 2005.4.
8. Roeder, Charles W., Cameron, B. and Brown, Colin B., "Composite action in Concrete Filled Tubes," Journal of Structural Engineering, ASCE, V125, N.5, pp 477-487, 1999.
9. Architectural Institute of Japan (AIJ), "Recommendations for Design and Construction of Concrete Filled Steel Tubular Structures", 1997.