

中心軸壓을 받는 콘크리트充塡 角形鋼管기둥의 耐力에 관한 實驗的 研究

Experimental Study on Compressive Strength of Centrally Loaded Concrete Filled Square Tubular Steel Columns

金 鍾 聲¹⁾ · 吳 潤 泰²⁾ · 權 寧 煥³⁾
KIM, Jong Sung OH, Yun Tae KWON, Young Hwan

ABSTRACT : Concrete filled steel tube column has a large load carrying capacity through its steel and concrete interaction which makes it useful in construction. However, it has not been used often in a practical construction field. This is partly due to the non-destructive inspection method for concrete filling which has yet to be established. Furthermore, there are the lack of test data and a practical method in evaluating the ultimate load carrying capacity of concrete filled steel tube column.

This paper will attempt to predict the ultimate strength of short concrete filled square tubular steel columns through conducting several tests.

To accumulate the new test data on concrete filled steel tube columns, a total of 42 specimens of steel tubular columns were monotonically tested under concentric axial force, having the slenderness ratio($\lambda=10, 15, 20$), width-thickness ratio($d/t=25.0, 33.3$) and concrete strengths($F_c=210, 240, 270 \text{ kg/cm}^2$). The hollow sections and concrete filled steel columns were compared to check the lateral confined effects by steel tube.

Through these test results, we propose a coefficient $k=3.64$ for the strength evaluation formula(10) of concrete filled tubular steel short columns.

1. 序 論

최근 건물의 高層化 및 大型化 추세가 날로 증

대되어 가면서, 성수대교와 삼풍백화점의 붕괴로 구조적으로 더욱 더 안전한 구조물에 대한 관심이 집중되고 있고, 경제적이며 용적율의 증대를 꾀할

1) 정회원, 경일대 건축공학과 교수, 工博
2) 경북대 대학원 졸업, (주)우방, 工碩
3) 경북대 건축공학과 교수, 工博

수 있는 새로운 高層構造시스템의 研究 開發의 필요성이 대두되게 되었다. 이러한 상황에서 최근 많은 연구가 되고 있는 構造形式이 콘크리트充塡 鋼管構造이다.

鋼管을 콘크리트로 채우면 강관의 국부좌굴을 현저히 방지할 수 있으며 거푸집의 사용이 필요없으며, 콘크리트의 압괴에 의한 탈락현상이 방지되어 단면의 결손이 없게 되어 耐力低下가 작아진다. 또 강관은 내부의 콘크리트를 拘束하게 됨으로써 콘크리트의 延性和 部材의 에너지흡수능력을 증대시키게 되어 특히 耐震設計에 강한 잇점을 갖고 있다^{(1),(2),(3)}. 그러나 콘크리트充塡鋼管은 그 耐力 및 變形能力의 우수함이 입증되었지만 콘크리트 充塡性에 대한 불안과 耐力評價式의 미비로 인하여 아직은 일반적인 構造形式으로 발달하지 못하고 있는 실정이다.⁽²⁾

그런데 콘크리트충전강관구조는 여러 가지 장점을 갖고 있고 연구가 상당히 진행되어 왔으나 細長比, 폭두께비, 콘크리트 강도가 콘크리트충전 강관기둥의 耐力이나 변형능력에 미치는 영향에 대한 연구가 더욱 蓄積되어야 하며, 특히 강관내부의 콘크리트 耐力의 적절한 評價가 필요하다고 본다.

따라서 본 연구에서는 콘크리트充塡鋼管의 耐力評價에 대한 연구의 일환으로써 中心壓縮을 받는 角形鋼管에 대해서 細長比, 폭두께비, 콘크리트의 강도, 콘크리트의 充塡與否 등을 變數로하여 載荷實驗을 실시하여 實設計의 기초자료를 제공하는데 커다란 의의를 둔다.

2. 研究目的 및 範圍

1) 研究목적

본 연구에서는 角形鋼管을 기둥부재로 사용하는 경우, 콘크리트充塡 與否와 관련하여 기둥부재의 耐力 및 구조적 기둥에 대한 실험자료를 축적하기 위하여, 콘크리트 充塡鋼管과 非充塡鋼管(이하

“Hollow강관”이라 부름)의 中心壓縮載荷實驗을 통하여 기둥부재의 耐力評價, 강관이 콘크리트를 橫拘束함에 따른 耐力이나 延性の 상승효과, 콘크리트충전 여부에 따른 강관기둥의 耐力評價, 3축응력상태의 콘크리트의 거동 등에 대해 검토하고자 한다.

2) 연구범위 및 방법

실제의 鋼柱는 以前的의 연구(예를들면, 문헌(4))에서 밝혀졌듯이 비탄성역에서 挫屈하는 中間기둥이 가장 많이 사용되고 있는 점을 감안하여, 시험체의 단면치수를 정하고, 충전용 콘크리트의 強度를 변화시켜, 非彈性領域에서의 Hollow 각형강관과 콘크리트충전 강관의 壓縮耐力에 주목하여 연구를 진행한다.

따라서 본 연구에서는 短柱範圍의 각형강관에 대해서 載荷方法, 즉, 部分載荷(콘크리트만 재하)와 同時載荷(콘크리트와 강관을 동시에 재하)의 방법으로 單調載荷實驗을하여 실험결과와 기존의 이론치를 비교하여, 그 타당성을 검토한다. Hollow 鋼管의 경우는 실험결과를 중심압축 鋼管기둥의 座屈耐力에 대하여 고찰하며⁽⁵⁾, 콘크리트充塡鋼管의 경우는 3축응력 鋼管의 설계식⁽⁶⁾을 準用하기로 한다.

3. 角形鋼管기둥의 中心壓縮實驗

1) 一般事項

試驗體 製作時, 市中에서 쉽게 구할 수 있는 鋼管(P회사, SPS41급)을 이용해서 載荷實驗을 하기로 하며, Hollow 강관의 경우는, 鋼管의 여러가지 구조적 특성을 파악하고, 콘크리트充塡 鋼管의 경우는, 콘크리트만 재하하는 경우(이하 “部分載荷”라 부름)와 鋼管과 콘크리트가 동시에 재하(이하 “同時載荷”라 부름)되는 경우로 나누어, 횡방향 구속효과에 따른 舉動을 조사한다. 그런데, 鋼管과

콘크리트가 동시에 재하되는 것은 外部鋼管은 축방향 변형 뿐만아니라, 外角方向 변형도 동시에 받게 되는 상태에 놓이게 되나, 내부콘크리트만 재하되는 경우는 내부콘크리트의 체적팽창을 外部鋼管이 구속시켜 주는 역할만 하게 되므로, 鋼管에는 축방향 변형보다는 外角方向의 변형이 주된 흐름이 된다.

따라서 본 論文에서는 充填鋼管여부에서 재하 상태 및 鋼管의 폭두께비에 따른 構造舉動을 조사하기로 하며, 加力方法은(그림 3-1)과 같다.

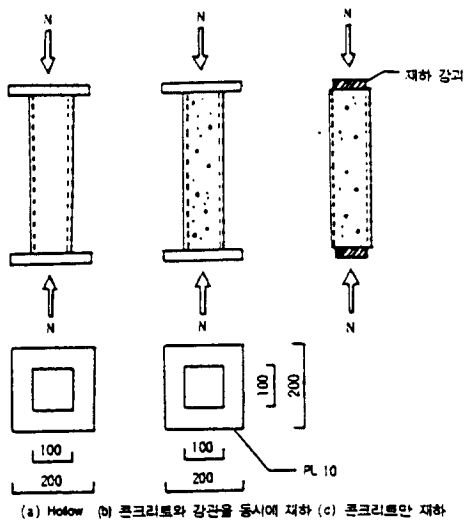


그림 3-1 시험체의 가력방법

2) 試驗體 計劃

시험체는 콘크리트 充填 鋼管기둥의 軸方向 耐力를 평가하기 위해서 중간규모의 기둥을 상정하여 細長比를 10, 15, 20으로 정하고, 단면형은 角形 鋼管 □-100×100×3.2, □-100×100×4.0의 2가지, 내부콘크리트 強度(F_c)를 210, 240, 270 kg/cm^2 3가지에 대해서, 하중의 재하상태에 따라 변화시킨 총 42개의 시험체를 제작하였으며, 實驗은 시험체 양단을 Hinge 지점으로 하여 單純載荷試驗을 하였다. Hollow 鋼管 기둥은 각 細長比와 폭두께비

($d/t=25, 33.3$) 별도로 6개를 제작하였으며, 콘크리트 充填 鋼管의 횡방향 구속, 載荷方法에 따른 응력상승효과를 판별하기 위한 기초 데이터만을 얻기 위하여, 적은 수의 시험체만 제작했다. 시험체는(그림 3-1(a))와 같은 것이며 柱脚부분의 엔드 플레이트는 20×20cm, 두께 1.0cm의 플레이트를 모살용접해서 제작했다. 그리고, 콘크리트 充填 鋼管기둥의 경우, 시험체는 그림 3-1의 (b),(c)에 나타냈으며, 또, 同時載荷의 경우 사용한 엔드 플레이트는 Hollow 鋼管의 경우와 같이 했고, 部分載荷의 경우는 시험체의 직경에 맞추어서 별도의 構座 ($(D-2t) \times (D-2t)$, $t=3.2, 4.0$ 鋼塊)를 제작했다.

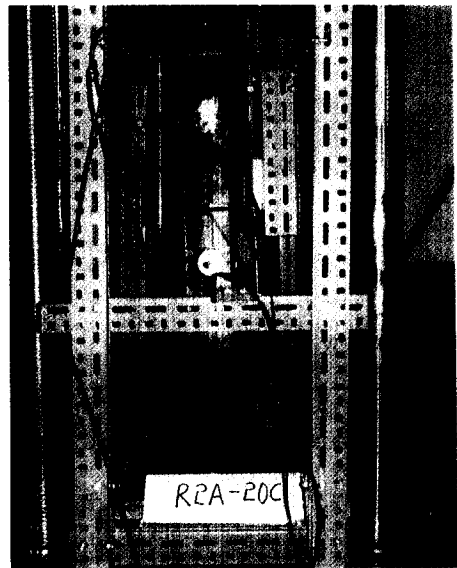


사진 1. 재하실험광경

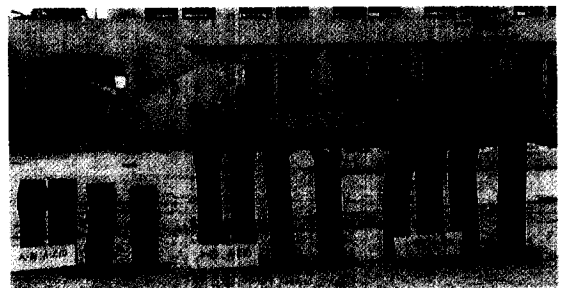


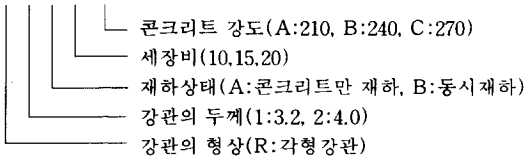
사진 2. 시험체의 좌굴모드($F_c=210$)

표 1. 시험체 일람표

(a) 부분재하

시험체명	콘크리트 압축강도 (kg/cm ²)	강관 외경 (mm)	강관 두께 (mm)	이차 반경 (i)	폭· 두께비 (b/t)	세장비 (λ)	시험체 길이 (cm)
R1A-10A	210	100.0	3.2	3.95	33.3	10	39.30
R1A-15A						15	58.95
R1A-20A						20	78.60
R1A-10B	240	100.0	3.2	3.96	33.3	10	39.30
R1A-15B						15	58.95
R1A-20B						20	78.60
R1A-10C	270	100.0	3.2	3.96	33.3	20	39.30
R1A-15C						15	58.95
R1A-20C						20	76.60
R1-10H	HOLLOW	100.0	3.2	3.96	33.3	10	39.30
R1-15H						15	58.95
R1-20H						20	78.60
R2A-10A	210	100.0	3.2	3.96	33.3	10	38.90
R2A-15A						15	58.35
R2A-20A						20	77.80
R2A-10B	240	100.0	3.2	3.96	33.3	10	38.90
R2A-15B						15	58.35
R2A-20B						20	77.80
R2A-10C	270	100.0	3.2	3.96	33.3	10	38.90
R2A-15C						15	58.35
R2A-20C						20	77.80
R2-10H	HOLLOW	100.0	3.2	3.96	33.3	10	38.90
R2-15H						15	58.35
R2-20H						20	77.80

R I A-10 A



한편, 본 研究에서 대상으로한 시험체의 폭두께비는 25, 33.3으로 鋼構造規準⁽⁹⁾에서 정한 값보다 적으므로 局部座屈의 염려가 없는 시험체로 되어 있다. 그리고 시험체 일람표는 표 1에서 나타냈다. 표 1(a)에서 Hollow는 콘크리트가 충전되지 않은 시험체이다.

3) 實驗方法

각 시험체는 정적변형을 측정기(Strain Indi-

(b) 동시재하

시험체명	콘크리트 압축강도 (kg/cm ²)	강관 외경 (mm)	강관 두께 (mm)	이차 반경 (i)	폭· 두께비 (b/t)	세장비 (λ)	시험체 길이 (cm)
R1B-10A	210	100.0	4.0	3.92	25.0	10	39.30
R1B-15A						15	58.95
R1B-20A						20	78.60
R1B-10B	240	100.0	4.0	3.92	25.0	10	39.30
R1B-15B						15	58.95
R1B-20B						20	78.60
R1B-10C	270	100.0	4.0	3.92	25.0	20	39.30
R1B-15C						15	58.95
R1B-20C						20	76.60
R1B-10A	210	100.0	4.0	3.92	25.0	10	39.90
R1B-15A						15	58.35
R1B-20A						20	78.80
R2B-10B	240	100.0	4.0	3.92	25.0	10	38.90
R2B-15B						15	58.35
R2B-20B						20	77.80
R2B-10C	270	100.0	4.0	3.92	25.0	10	38.90
R2B-15C						15	58.35
R2B-20C						20	77.80

cator) System 4000과 만능시험기(U.T.M 100ton)을 주로 사용하여, 시험체 상단에는 만능 시험기 Load Cell의 헤드에 내장되어 있는 힌지를 사용하고, 시험체의 하단에는 반원통형 口座(그림 3-2 참조)를 별도로 제작하여, 양단 힌지조건이 되도록 單調載荷試驗을 실시하였고, 시험기에 걸어 주는 하중은 예상 最大荷重의 1/2까지는 1.0ton으로 하였고, 그 이상은 시험체의 양상에 따라 하중간격을 조절하였다.

測定에있어서 變位量은 그림 3-2에서와 같이 Dial Gauge(20~100mm)를 이용하여, 軸變位, 橫變位, 상·하의 回轉角 그리고 材端의 모멘트를 구했으며, 각 시험체별 strain은 W.S.G를 각 시험체에 총 8개를 부착했고 측면위, 횡면위, 곡률을 구했다.

시험체를 설치할때, 시험체에 초기하중(초기 휨)이 걸리지 않도록 시험체에 만능시험기가 약간 걸린상태에서 데이터를 측정하고, 초기화를 했으며, 그 후에, 載荷實驗을 했다. 시험체의 加力方法

및 변위변환계와 W.S.G.의 위치는(그림 3-2)에 나타냈다.

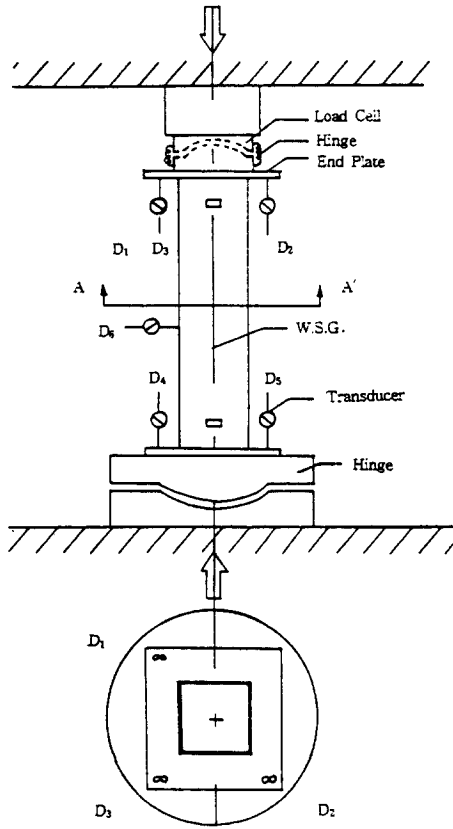


그림 3-2 실험장치도

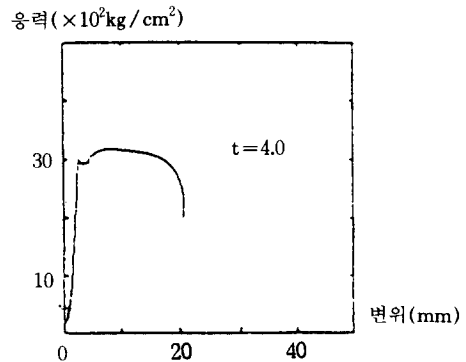
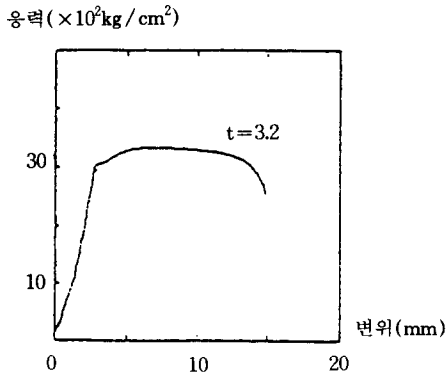


그림 3-3 인장시험 응력-변형도 곡선

4) 素材試驗

(1) 鋼材의 引張試驗

재료의 역학적 성질을 얻기 위하여 KSD 0801 다6호 試驗片(금속재료인장시험편)에 준하여 引長強度試驗을 실시하였다. 시험편은 장주시험체와 동일한 角形鋼管에서 용접부위를 제외한 평판 부분으로부터 관측에 평행하게 절취하였으며, 角形鋼管($\square-100 \times 100 \times 3.2\text{mm}$), ($\square-100 \times 100 \times 4.0\text{mm}$)의 관두께별로 3개씩 총 12개를 시험편으로 제작하여 시험했다. 素材의 引張強度試驗結果는 각 시험편을 평균하여 항복응력도(σ_y), 최대응력도(σ_{max}) 등을 표 2에 나타냈으며, 또한 응력-변형도 관계를(그림 3-3)에 나타냈으며, 0.2% offset 방법에 따라 항복점을 결정하였다. 鋼管의 引張試驗片에 대한 시험결과는 표 2와 같다.

표 2. 강재의 기계적 성질

관두께 (mm)	항복응력도 σ_y (t/cm^2)	인장강도 σ (t/cm^2)	탄성계수 E (t/cm^2)	연신율 ϵ (%)	항복비 σ_y/σ_{max}
3.2	2.928	3.335	2.267	21	0.877
4.0	2.760	3.876	2.360	19	0.712

(2) Stub Column의 壓縮試驗

시험체의 길이는 좌굴의 영향을 받지 않고 破壞되도록 단면폭의 3배로 계획하였으며, 시험체는

폭두께비에 따라 각각 3개씩 총 9개를 제작한다. 短柱 壓縮試驗에서는 시험체의 4면의 중앙에 W. S.G를 附着하여 변형률을 측정하였고, 시험체의 축변위와 균형을 보기위해 Dial Gauge를 설치하였다. 加力은 스크류식 100ton U.T.M.에 의해 단 순재하시험을 하였다. 短柱의 壓縮試驗으로부터 얻어진 시험결과는 표 3에 나타났다.

표 3. 각형강관 단주압축시험 결과

구 분	A_s	t	P_{max}	σ_y	σ_{max}	$\epsilon(\%)$	비고
시험체	(cm^2)	(mm)	(t)	(t/cm^2)	(t/cm^2)		
R1-H	100.0	3.2	30.30	2.062	2.50	10.86	
R2-H	100.0	4.0	38.96	2.50	2.61	27.65	

t : 강관의 두께 σ_{max} : 최대응력
 A_s : 강관의 단면적 σ_y : 0.2% OFF-SET법에 의한 항복응력
 ϵ : 연신율 P_{max} : 최대하중

그리고 시험체 제작시 사용한 콘크리트는 최대 치수가 잔골재는 1.2mm, 굵은 골재는 20mm이고, 비중은 잔골재는 2.54, 굵은 골재는 2.67였다. 또, 시험체에 사용된 충전 콘크리트의 압축강도를 구 하기 위한 시험편은 KSF2404에 따라 총 30개의 실린더(Cylinder)공시체(10×20 : 15개, 15×30 : 20개)를 제작하였으며, 콘크리트 사용재료 및 배 합은 표 4와 같다.

표 4. 콘크리트 배합비와 재료시험결과(m^3 당)

강도	시멘트	굵은골재	잔골재	물	W/C비	압축강도	최대강도
(kg/cm)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(%)		시변형률
210	334.94	1234	659	173	51	208	0.32
240	376.45	1234	598.55	183	48.73	230	0.27
270	405.55	1234	569.42	185	45.76	262	0.24

4. 實驗結果 및 傾向

1) 實驗結果

실험에서 얻어진 기둥의 座屈荷重은 기둥이 견 딜 수 있는 最大荷重에 따라 결정되는 것으로 보 고, 그 값을 座屈耐力으로 했다. 중심압축실험을

표 5. Hollow강관의 내력

시험체명	최대내력	평균	최대응력	최대변형
	P_{max}	P_{max}	σ_{max}	ϵ_{max}
	(t)	(t)	(t/cm^2)	
R1-10H	49.15	56.89	4.05	7323
R2-10H	64.62		4.32	6303
R1-15H	33.60	41.60	2.79	2126
R2-15H	49.40		3.30	2890
R1-20H	32.45	40.15	2.66	5067
R2-20H	48.05		3.21	5916

표 6. 콘크리트충전 강관의 내력

시험체명	콘크리트 압축강도	최대내력	$\frac{P_{max}}{P_c}$	$\frac{P_{max}}{P_s}$	$\frac{P_{max}}{P_s+P_c}$	비고
R1A-10A	210	52.67	2.890	1.345	0.920	Plate Thk:3.2 부분재하
R1A-15A		54.23	2.976	1.604	1.042	
R1A-20A		44.95	2.466	1.393	0.898	
R1A-10B	240	54.25	2.682	1.385	0.950	
R1A-15B		57.45	2.851	1.699	1.046	
R1A-20B		51.55	2.557	1.598	0.938	
R1A-10C	270	60.77	2.647	1.552	0.981	
R1A-15C		60.58	2.639	1.793	1.067	
R1A-20C		57.27	2.277	1.620	0.946	
R2A-10A	210	70.25	3.990	1.286	0.973	
R2A-15A		71.87	4.680	1.454	1.072	
R2A-20A		70.62	4.011	1.469	1.075	
R2A-10B	240	68.05	3.495	1.245	0.920	
R2A-15B		74.25	3.814	1.503	1.078	
R2A-20B		71.39	3.667	1.485	1.058	
R2A-10C	270	74.65	3.366	1.366	0.974	
R2A-15C		76.78	3.462	1.554	1.072	
R2A-20C		73.92	3.333	1.538	1.052	
R1B-10A	210	52.67	2.890	1.345	0.918	Plate Thk:3.2 부분재하
R1B-15A		49.65	2.720	1.470	0.954	
R1B-20A		48.30	2.650	1.490	0.956	
R1B-10B	240	57.95	2.870	1.480	0.977	
R1B-15B		49.39	2.450	1.460	0.915	
R1B-20B		48.02	2.360	1.480	0.916	
R1B-10C	270	49.60	2.160	1.272	0.801	
R1B-15C		55.46	2.410	1.640	0.977	
R2B-20C		52.10	2.270	1.620	0.943	
R2B-10A	210	65.45	3.717	1.198	0.906	
R2B-15A		64.82	3.682	1.312	0.967	
R2B-20A		64.10	3.640	1.334	1.976	
R2B-10B	240	65.45	3.362	1.198	0.883	
R2B-15B		65.27	3.352	1.321	0.947	
R2B-20B		66.93	3.438	1.393	0.991	
R2B-10C	270	68.20	3.075	1.248	0.901	
R2B-15C		69.40	3.129	1.404	0.969	
R2B-20C		67.25	3.032	1.399	0.959	

한 결과 座屈耐力는 細長比나 폭두께비에 크게 좌우된다기보다는 局部座屈에 의해 결정 되었고, 하중과 축변위 관계에서도 비탄성영역의 座屈임이 밝혀졌다.

실험으로 부터 각 시험체별 실험결과는 Hollow 鋼管의 경우는 표 5, 콘크리트充塡 鋼管의 경우는 표 6에 나타냈다.

2) 實驗結果의 傾向

(1) Hollow강관

荷重-軸變位の 관계

그림 4-1(a), (b)에서는, 彈性剛性的의 경우는 細長比에 관계없이 좋은 대응을 보이며 두께가 얇은 ($t=3.2$) 시험체에서는 細長比가 작을수록 耐力이 커지고 변형능력은 기대할 수 없는 상황이다. 이는 細長比(λ)가 20이하인 시험체가, 비탄성 영역에서 座屈하기 때문이라 사료된다.

두께가 두꺼운($t=4.0$) 시험체의 경우는 얇은 경우와 비슷한 경향을 보이나 세장비가 10인 경우는 변형능력을 다소 기대할 수가 있다.

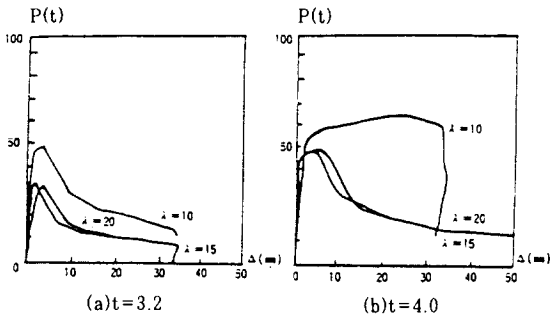


그림 4-1 하중-축변위 관계

모멘트-회轉角 관계

그림 4-2에, 加力시에 시험체의 상단, 하단의 회轉角(단, D값은 그림 3.2 참조)을 다음 식으로

$$\theta_u = \tan^{-1} (D_2 - D_3) / d \quad (\text{상단})$$

$$\theta_l = \tan^{-1} (D_4 - D_5) / d \quad (\text{하단})$$

계산한 角과 휨모멘트의 관계를 나타낸다. 여기서 알 수 있는 것은, 局部座屈은 細長比가 20인 경우는 대략 중앙부위에서 생겼으며, 細長比가 20보다 작은 시험체는 상·하단에서 약간은 불규칙하게 생기는 경향이였다.

따라서, 본 실험에서 사용한 실험장치(그림 3-2)를 사용한 실험결과는 편심압축에 의한 기동상·하단의 휨의 영향은 무시할 정도로 작고 중심압축 시험체로서 그 데이터를 이용해도 좋다고 사료된다.

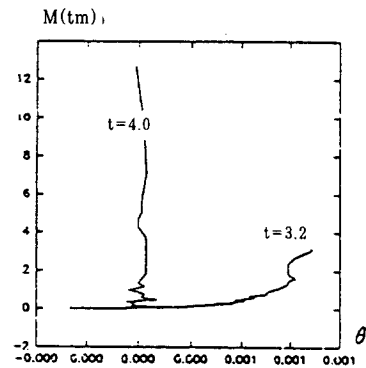


그림 4-2 모멘트-회轉角(상단)

(2) 콘크리트충전 강관기둥

(A) 部分載荷

荷重-軸變位 관계

그림 4-3은 콘크리트만 載荷한 경우 荷重과 軸方向變位の 관계를 나타낸 것으로 細長比가 클수록 局部座屈때문에 耐力이 떨어지지만 변형능력

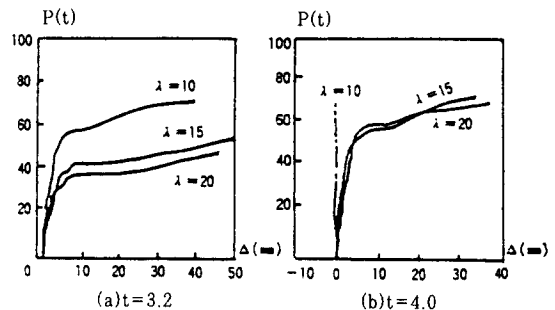


그림 4-3 하중-축변위관계

은 전반적으로 기대 할 수가 있다. $t=4.0$ 인 (b)의 경우가 $t=3.2$ 인 (a)보다 耐力이 약20% 더 크다. 또 축변위량도 最大荷重点을 기준으로 보면, 약 8mm정도로 적은 편이다.

모멘트-회轉角의 관계

그림 4-4는 充填鋼管의 경우($\lambda=20$, $t=3.2$), 콘크리트의 強度(F_c)에 대하여 모멘트(M)과 회轉角(θ)의 관계를 비교한 것이다. 이 경우는 콘크리트 강도가 작을수록(C→A) 회轉량과 모멘트가 많이 걸림을 알 수가 있다. 그러나 절대치는 모두 무시할 정도이며, 中心軸壓實驗의 결과로서 취급해도 좋다고 사료된다.

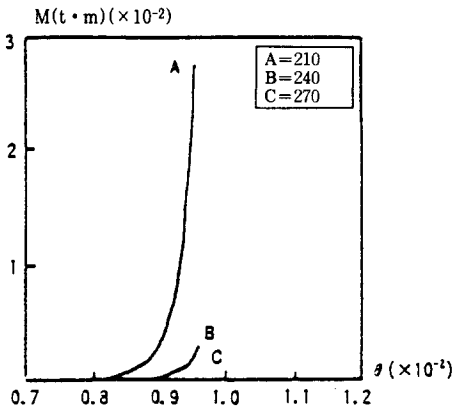


그림 4-4 모멘트-회轉각의 관계

(B) 同時載荷
荷重-軸變位の 관계

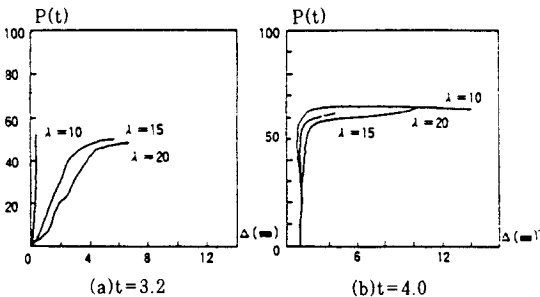


그림 4-5 하중-축변위 관계

그림 4-5는 콘크리트와 鋼管을 同時에 載荷한 경우로서, 축하중과 축변위의 關係를 나타낸 것으로 細長比가 적을수록 座屈耐力이 커지고 細長比가 10인 경우에는 축변위가 거의 일어나지 않았다. 그리고 모멘트-회轉각의 관계는 동시재하의 경우도 부분재하의 경우처럼, 그 양이 무시할 정도로 적었다.

3) 實驗結果의 擧動分析

(1) Hollow강관

그림 4-6은 응력-횡변위($t=3.2$)의 관계곡선으로, 細長比 =20인 시험체는 初期不整의 영향으로 재하 초기단계부터 횡변위가 약간 발생했으며, $\lambda=10$ 인 시험체의 경우는 最大耐力의 약 90%까지 彈性擧動을 보이다가 비탄성영역에서 最大耐力에 도달했다. 最大耐力이후 耐力의 저하와 함께 횡변위의 증가가 나타났으나 그 양은 무시할 정도이다.

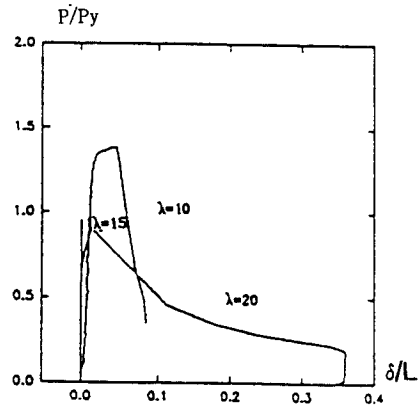


그림 4-6 응력-횡변위 관계

그리고 기준화한 중심압축기둥의 無次元化한 응력과 細長比의 관계는 그림 4-7에 나타났다.

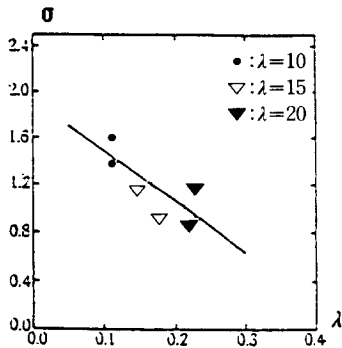


그림 4-7 기준화한 중심압축주의 좌굴내력

(2) 콘크리트 충전 鋼管기둥

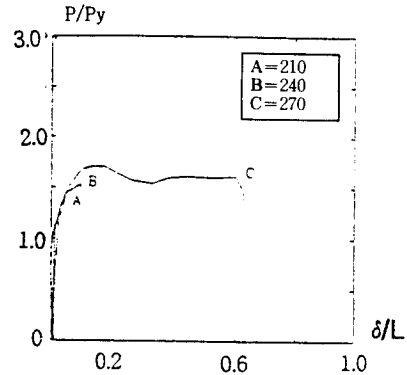
軸荷重-橫變位 관계

그림 4-8은, 부분재하의 경우, 축하중-횡변위의 관계를 나타낸 것이다. 그림 (a)는 $t=3.2$ 의 경우, 콘크리트強度 차이에 따른 舉動을 나타내는데 彈性剛性は 3가지 케이스 모두 거의 같고, 耐力도 거의 같다. 단지, $F_c=270 \text{ kg/cm}^2$ 의 경우는 아주 큰 변형능력을 보여주나, 이는 콘크리트強度가 클수록 횡구속효과가 상승함과 동시에 延性이 증가되는 것으로 보인다. 또, 그림 (b)는 $t=4.0$ 인 경우의 細長比 증가에 따른 舉動을 나타낸 것인데, 彈性剛性이나 변형능력은 細長比에 따라 큰 차이가 없고 耐力는 $\lambda=10$ 인 경우가 약간 더 크게 나타났다. 이는 시험체가 stub column과 거의 같은 細長比의 경우이므로 塑性耐力이 타시험체 보다 더 잘 나타난 탓이라 사료된다.

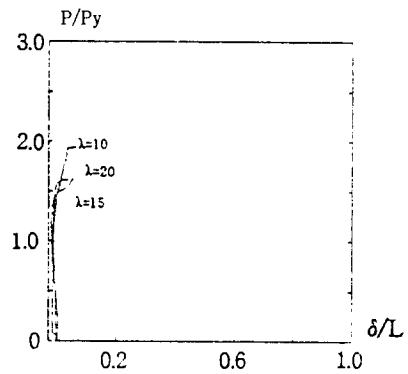
그리고, 동시재하의 경우도, 부분재하의 그림 4-8과 거의 유사한 기동을 보인다.

細長比 變化에 따른 舉動

실험중 관찰되었던 각 시험체의 舉動을 細長比에 따라 정리해보면, 細長比 10 시험체(총 12개)에서는 하중점 하부에서 鋼管의 급격한 부풀림이 있었고, 하중점에서 국한되는 특성을 보였다. 鋼管과 콘크리트가 同時에 재하된 경우를 보면, 鋼管의 형상이나 두께, 내부콘크리트의 強度에 관계없이 降伏荷重 이후, 항복점 부근에서 波形的의 局部座屈



(a) $t=3.2$



(b) $t=4.0$

그림 4-8 하중-횡변위 관계

이 생기며 終局에 도달했다.

細長比 15 시험체(총 12개)에서는 局部座屈과 더불어 약간의 面外座屈이 수반되어서 세장비 10인 시험체보다 耐力이 약간 떨어졌다. 部分載荷인 경우는 $\lambda=10$ 시험체의 경우와 마찬가지로 하중점 하부에서 급격한 체적팽창이 일어났고 이러한 체적팽창이 하부로 진전되지는 않았다. 同時載荷인 경우는 局部座屈이 발생하는 지점이 $\lambda=10$ 시험체와 비교하여 중앙으로 약간 이동하여 발생했고, 局部座屈의 형태는 鋼管의 외부방향으로 일어나는 波形的의 양상을 띄었다. 또, 部分載荷 상태에서는 最大耐力點이 거의 終局상태에 이르러서 나타나는 반면, 同時載荷時에는 초기항복점을 지나 最大耐力點이 나타나고, 鋼管의 형상에 관계없이 하

중-변형곡선에서 最大耐力点 이후에 延性이 크게 증가함을 볼 수 있다. 그리고, 細長比 20인 시험체에서는 콘크리트만 載荷된 경우는 鋼管의 형태에 관계없이 내부콘크리트의 체적팽창에 의한 鋼管의 파열(bursting)현상이 하중점부근에서 두드러졌다. 동시재하의 경우는 양단부의 엔드플레이트 부근에서 鋼管의 외부방향으로 波形의 局部座屈이 먼저 발생하고 시험체의 중앙부를 중심으로 面外座屈이 수반되었다.

5. 콘크리트充塡 강관기둥의 耐力에 관한 이론적 평가

1) 일반사항

일반적으로 充塡鋼管의 경우 그 耐力를 결정하기 위하여는 鋼管내부의 콘크리트에 대한 構造的 舉動의 규명이 뒤따라야 한다. 콘크리트充塡 鋼管에서 내부의 콘크리트가 最大荷重에 다다르게 되면, 내부 콘크리트는 급격한 체적 팽창을 일으키게 되고 이때 鋼管이 콘크리트를 구속하게 된다. 그런데, 外部鋼管의 경우는 콘크리트만 재하되는 경우는 내부콘크리트가 체적 팽창을 일으키기까지는 횡방향변형 보다는 내부 콘크리트와 鋼管의 부착으로 인한 축방향변형이 주가 되나, 일단 콘크리트가 最大荷重에 도달한 후 횡방향변형이 일어나게 되면 콘크리트와 鋼管의 부착은 떨어지게 되므로 축방향변형보다는 횡방향변형이 주가 되고, 同時載荷의 경우는 鋼管이 軸力의 일부를 부담하게 되므로 外部鋼管은 축방향응력과 길이방향응력이 동시에 작용하는 2축응력 상태에 놓이게 되며, 부분재하의 경우, 콘크리트는 3축응력을 받는 상태가 된다.

따라서 본 研究에서는 充塡鋼管의 構造舉動을 理論적으로 규명하는 하나의 방법으로서 3축응력 상태에 놓이게 되는 콘크리트의 舉動에 대하여 고찰해보고자 한다.

한편, 3축응력상태의 콘크리트가 파괴에 이르렀

을 때의 축방향 응력은 일반적으로 다음과 같이 표현한다.⁽⁶⁾

$$\sigma_1 = F_c + K\sigma_r \quad (1)$$

여기서, σ_1 = 파괴시의 축 방향응력

F_c = 일축응력시의 콘크리트 최대강도

σ_r = 횡방향 구속응력

K = 실험상수(일반적으로 4.1)

또, P 를 充塡鋼管의 最大荷重이라 하면 P 는 아래의 식으로 표현 할 수 있다.

$$\begin{aligned} P &= P_c + P_s \\ P &= A_c(\sigma_1) + \sigma_{ib}A_{is} \end{aligned} \quad (2)$$

단, 여기서

P : 종국하중, P_c : 콘크리트가 받는 하중, P_s : 강관이 받는 하중

σ_{ib} : 강관과 콘크리트간의 부착응력

A_{is} : 강관과 콘크리트의 접촉면적

그리고 鋼管과 콘크리트간의 부착은 K.S. Virid and P.J. Dowling⁽⁶⁾에 의하면 콘크리트의 축방향 변형이 약 0.35%에 달하면 분리가 일어나는 것으로 밝혀져 있고 内部콘크리트와 鋼管과의 부착응력은 콘크리트강도에 관계없이 약 10.3kg/cm²을 제안하였다. 따라서 본 研究에서는 鋼管과 콘크리트간의 부착응력으로서 Virid가 제안한 값을 이용하여 다음과 같이 終局荷重을 정의 하고자 한다. 즉, 콘크리트의 횡방향 변형으로 인하여 생기는 外部空間의 원주 방향 인장응력은 다음과 같다.

$$\sigma_r = r/t \sigma_c \quad (3)$$

식(1)을 식(2)에 대입하면

$$P = A_c F_c + A_c K \sigma_r + \sigma_{ib} A_{is} \quad (4)$$

식<4>대신에 식<3>을 대입하면

$$P = AF_c + A_c K(t/r)\sigma_t + \sigma_{ib} A_{is} \quad (5)$$

단, 여기서 K.S. Virid와 P.J. Dowling⁽⁶⁾은 콘크리트 充塡鋼管의 경우, 部分載荷의 耐力평가식을 윗 식과 같이 제안하고 $K=4.1$, $\sigma_{ib}=10.3$ 을 쓰도록 하고있다.

그리고, 同時載荷의 경우는 윗 식<5>를 다음과 같이 변형시켜서 쓰도록 하고 있다. 즉,

식<5>에서 r/t 값 대신 $A_s/(A_c \cdot 2)$ 를 대입하면

$$P = AF_c + A_s(K/2)\sigma_t + \sigma_{ib} A_{is} \quad (6)$$

이 되고, 식<6>의 앞의 두항은 3축응력 상태에 대한 콘크리트의 最大耐力이고 마지막 항은 콘크리트와 鋼管의 부착에 의한 耐力이 된다. 만일 횡방향 구속력이 없다면 식<6>은

$$P = AF_c + \sigma_{ib} A_{is} \quad (7)$$

과 같이 되고 鋼管과 콘크리트간의 부착이 없고 鋼管이 횡방향으로 降伏에 이르렀을 때의 終局荷重은 다음과 같다.

$$P = AF_c + (K/2)A_s \sigma_y \quad (8)$$

여기서 鋼管은 그림 3.2의 C와 같이 축방향 변형과 횡방향 변형을 동시에 받는 2축응력 상태에 놓이게 되고 2차원 응력 문제에서 최대 전단응력 이론을 적용하면

$$(\sigma_t + \sigma_{is})/2 = \sigma_y \quad (9)$$

여기서 σ_t : 횡방향응력 σ_{is} : 축방향응력
 σ_y : 강관의 항복응력

이 되어서, 식<9>를 식<8>에 대입하여 정리하면

$$P_u = A_c F_c + \frac{K}{4} A_s (\sigma_t + \sigma_{is}) + \sigma_{ib} A_{is} \quad (10)$$

여기서 P_u : 충전강관의 종국하중

A_c : 내부콘크리트의 단면적

F_c : 콘크리트의 최대강도

A_s : 강관의 단면적

σ_t : 강관의 횡방향 응력

σ_{is} : 강관의 축방향응력

σ_{ib} : 강관과 콘크리트의 부착응력

A_{is} : 강관과 콘크리트간의 부착면적

이에 K.S. Virid는 콘크리트 充塡鋼管의 경우, K 값을 4.1, σ_{ib} 를 10.3을 채택하도록 제안하고 있다.

2) 理論解析値와 實驗値의 비교

部分載荷의 경우는 K.S. Virid와 P.J. Dowling⁽⁶⁾은 콘크리트 充塡鋼管의 耐力평가를 식<5>에서 부착응력 σ_{ib} 는 무시하기로 하고 σ_{ib} 는 σ_y 로 간주하고 K 값을 변화시켜 계산한 P 를 理論解析値로 했으며, 同時載荷의 경우는 식<10>에서 $\sigma_{ib}=10.3$, $\sigma_t=\sigma_y$ 로 간주한 경우, K 값을 변화시켜 계산한 理論解析値(P)를 이용하도록 다음과 같이 제안하고 있다. 즉,

部分載荷 理論解析値 P 값은

$$P_1 = A_c F_c + K(t/d) \sigma_y + A_s \sigma_y \quad (11)$$

이고, 同時載荷의 경우 P 값은

$$P_2 = A_c F_c + K(t/d) \sigma_y + A_s \sigma_y + A_{is} \sigma_{ib} \quad (12)$$

이다.

그런데 본 연구에서는 위의 식들을 적용함에 있어 K 값을 다음과 같이 나누어 그 영향을 조사해 본다. 즉,

표 7. 실험치와 이론치에 의한 결과 비교표

(a) 부분재하

시험체명	F_c (kg/cm)	K	실험치 P_{max} (t)	해석치 $P_{max}(1)$ (t)	$\frac{P_{max}}{P_{max}(1)}$	해석치 $P_{max}(2)$ (t)	$\frac{P_{max}}{P_{max}(2)}$	해석치 $P_{max}(3)$ (t)	$\frac{P_{max}}{P_{max}(3)}$
RIA-10A	210	3.91	52.67	86.10	1.63		52.67		1.33
RIA-15A		4.08	54.23	87.53	1.61	81.59	54.23	70.12	1.29
RIA-20A		3.06	44.95	80.80	1.80		44.95		1.58
RIA-10B	240	3.86	54.25	85.75	1.57		54.24		1.34
RIA-15B		4.23	57.45	88.73	1.54	84.85	57.45	72.75	1.27
RIA-20B		3.56	51.55	73.24	1.47		51.55		1.42
RIA-10C	270	4.29	60.77	89.29	1.47		60.77		1.24
RIA-15C		3.90	60.58	89.11	1.47	86.85	57.28	75.38	1.32
RIA-20C		3.90	57.28	86.03	1.50		57.28		1.32
R2A-10A	210	4.38	70.25	99.62	1.42		70.25		1.15
R2A-15A		4.52	71.87	101.13	1.41	90.43	71.87	80.96	1.14
R2A-20A		4.42	70.62	100.2	1.42		70.62		1.15
R2A-10B	240	4.05	68.05	96.74	1.42		68.05		1.23
R2A-15B		4.57	74.25	101.58	1.37	93.97	74.25	83.50	1.13
R2A-20B		4.33	71.39	99.32	1.39		71.39		1.17
R2A-10C	270	4.38	74.65	99.81	1.34		74.65		1.15
R2A-15C		4.56	76.78	101.45	1.32	95.52	76.78	86.03	1.12
R2A-20C		4.32	73.92	99.45	1.35		73.93		1.16

(b) 동시재하

시험체명	F_c (kg/cm)	K	실험치 P_{max} (t)	해석치 $P_{max}(1)$ (t)	$\frac{P_{max}}{P_{max}(1)}$	해석치 $P_{max}(2)$ (t)	$\frac{P_{max}}{P_{max}(2)}$	해석치 $P_{max}(3)$ (t)	$\frac{P_{max}}{P_{max}(3)}$
RIA-10A	210	3.51	52.67	82.80	1.58				
RIA-15A		3.17	49.65	79.97	1.61	81.59	52.67	70.12	1.33
RIA-20A		3.01	48.30	78.71	1.63		49.65		1.41
RIA-10B	240	3.89	57.95	85.85	1.48		48.90		1.45
RIA-15B		2.92	49.39	78.01	1.58	84.85	57.95	72.75	1.26
RIA-20B		2.77	48.02	76.68	1.60		49.39		1.46
RIA-10C	270	2.64	49.60	75.64	1.53		48.02		1.51
RIA-15C		3.32	55.46	81.25	1.47	86.85	55.46	75.38	1.36
RIA-20C		3.26	55.10	70.72	1.47		55.10		1.37
R2A-10A	210	3.49	62.45	91.53	1.47		62.45		1.30
R2A-15A		3.59	64.82	92.51	1.43	90.43	64.82	80.96	1.25
R2A-20A		3.41	64.10	70.78	1.42		64.10		1.26
R2A-10B	240	3.49	65.45	91.53	1.40		65.45		1.28
R2A-15B		3.48	65.27	91.44	1.40	93.97	65.27	83.50	1.28
R2A-20B		3.60	66.93	92.58	1.38		66.93		1.25
R2A-10C	270	3.50	68.20	91.62	1.34		68.20		1.26
R2A-15C		3.59	69.20	92.46	1.36	95.92	69.20	86.03	1.24
R2A-20C		3.42	67.27	90.90	1.46		67.27		1.28

(1) K 값(각 시험체의 실험치)과 P 값(실험치로부터 구한 값)

(2) K 값(실험평균치 3.64)과 P 값(실험치로부터 구한 값)

(3) K 값(실험평균치 3.64)과 P 값(공칭치, 예를 들면, $\sigma_s=2.4 t/m^2$ 으로 구한 값)

위의 각 경우에대한 실험치와 이론치를 비교해 보면 (1),(2),(3)의 순서로 이론해석치에 대한 실험치의 비가 작어짐을 알 수 있으며, 그 결과를 표 7에 정리했다.

6. 考 察

1) 荷重-變形곡선

그림 6-1에는 $t=3.2$ 의 각 세 장비에 대한 결과를 나타냈다.

① $\lambda=10$ 시험체

Hollow鋼管의 경우는 最大耐力후 급히 強度가

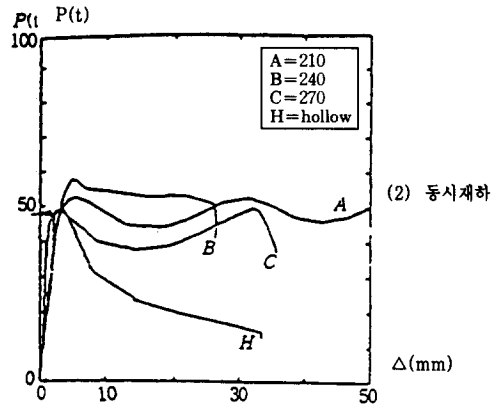
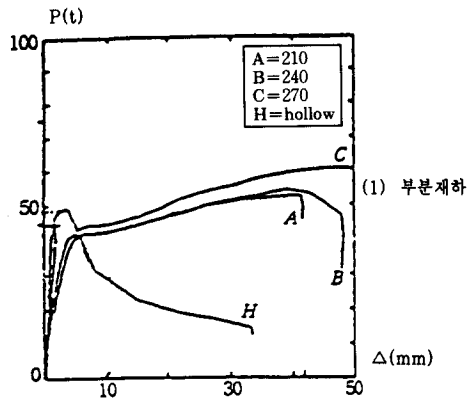
떨어지며 변형능력도 기대하지 못하나 部分載荷, 同時載荷의 경우는 모두 콘크리트充塡 鋼管의 경우가 延性이 훨씬 상승됨을 알 수 있다. 또, 부분재하와 동시재하를 비교해보면, 부분재하의 경우가 耐力이 同時載荷보다 더 크게 나타난다.

② $\lambda=15$ 시험체

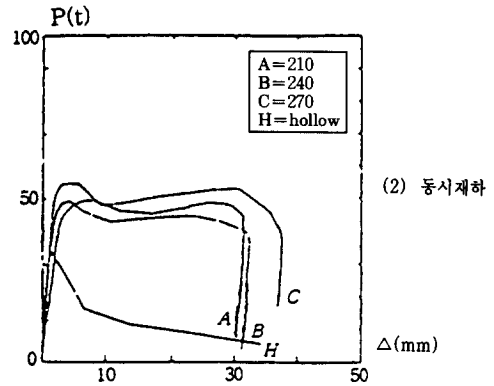
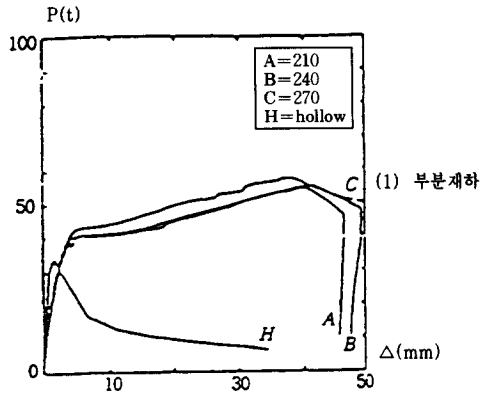
Hollow鋼管의 경우가 콘크리트充塡 鋼管보다 最大耐力후에 延性의 증가가 뚜렷이 나타난다. 단지 $\lambda=10$ 시험체보다 最大耐力이 다소 낮게 나타나는데, 이는 실험중 $\lambda=15$ 시험체에서는 局部座屈과 더불어 面外座屈이 관측되었기 때문이라 사료된다. 最大耐力에만 관점을 두면, $\lambda=15$ 시험체에서는 同時載荷의 경우가 部分載荷보다 耐力이 낮게 나타난다.

③ $\lambda=20$ 시험체

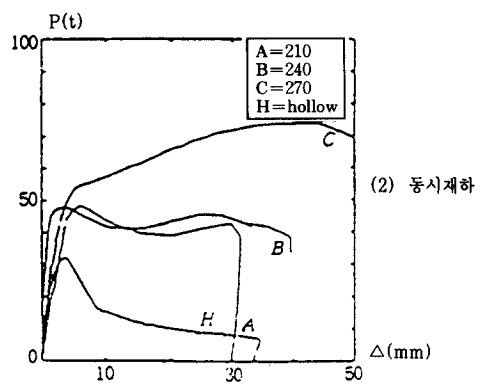
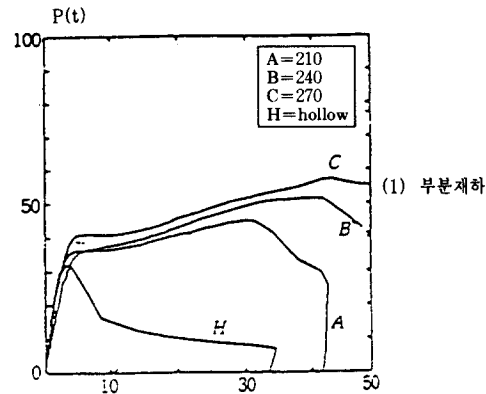
이 경우는 $F_c=270$ 인 경우의 耐力이 상대적으로 크게 나타났고, 변형능력은 Hollow鋼管의 경우가 最大耐力후 콘크리트充塡 鋼管보다 기대 못하게 되어 있고, 耐力도 훨씬 떨어짐을 알 수 있다.



(a) $t=3.2, \lambda=10$

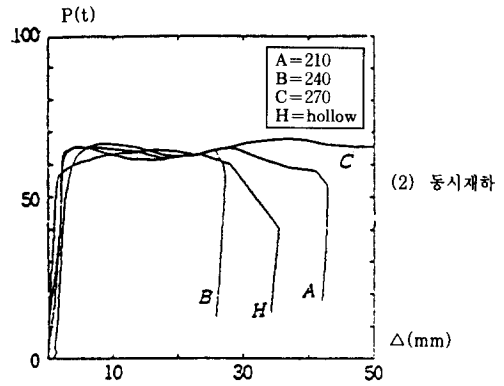
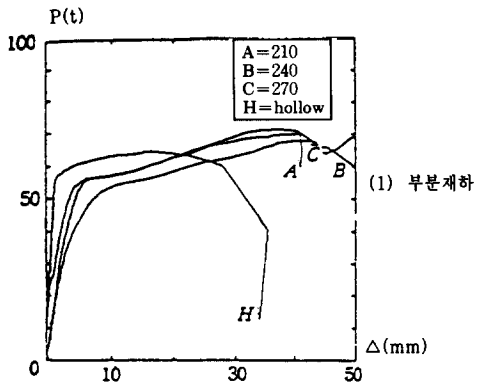


(b) $t=3.2, \lambda=15$

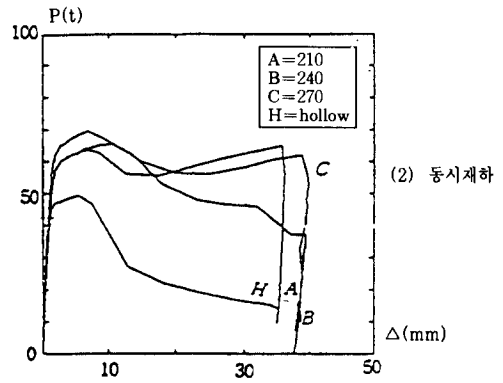
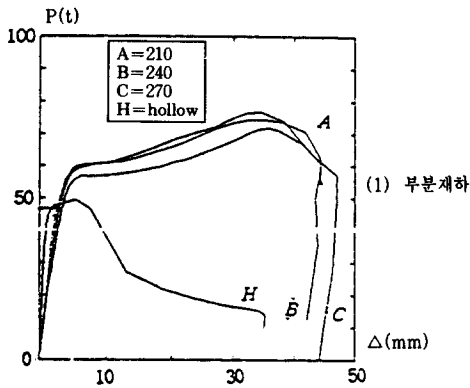


(c) $t=3.2, \lambda=20$

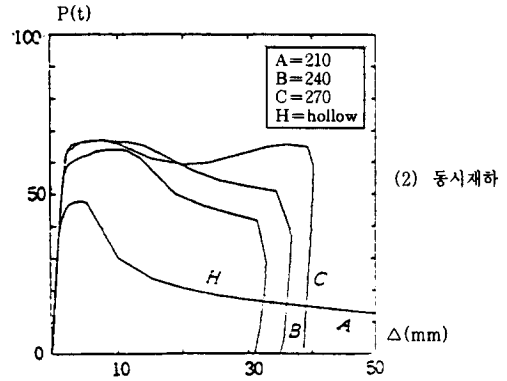
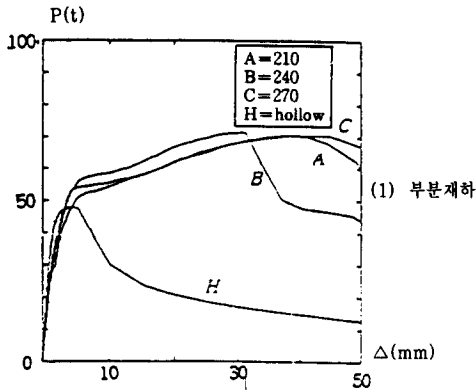
그림 6-1 하중-축변위 곡선($t=3.2$)



(a) $t=4.0, \lambda=10$



(b) $t=4.0, \lambda=15$



(c) $t=4.0, \lambda=20$

그림 6-2 하중-축변위 곡선($t=4.0$)

部分載荷, 同時載荷 모두가 전반적으로 비슷한 舉動을 보이고 있다. $\lambda=20$ 의 시험체에서도 콘크리트 充填 鋼管의 경우가 Hollow 鋼管보다 耐力, 變形능력이 크게 됨을 알 수가 있고, 이는 細長比에 관계없이 말할 수 있는 것으로 콘크리트의 延性증대 효과가 탁월함을 알 수가 있다. $F_c=240$ (kg/cm^2)의 경우, 강관의 좌굴모드는 사진 2에서 보여준다.

그리고 그림 6-2(a), (b), (c)에는 $t=4.0$ 인 경우의 결과를 나타낸다. 대체적으로 $t=3.2$ 의 경우와 비슷한 경향을 보인다.

2) 콘크리트 강도변화에 대한 내력평가

콘크리트 充填으로 인한 耐力上昇을 정량적으로 파악하기 위하여, 充填 鋼管의 最大耐力 및 降伏耐力를 비교하여 보면 h/D 가 증가하더라도 充填 콘크리트의 強度가 높을수록 最大耐力點은 높게 나타났고, 그 비율은 그림 6-3(a),(b)에서 나타난 바와 같이 非充填 鋼管(Hollow 강관)에 대한 充填 鋼管의 耐力上昇率이 角形 鋼管의 경우에는 $F_c=210(\text{kg}/\text{cm}^2)$ 의 경우 1.1~1.50배, $F_c=230(\text{kg}/\text{cm}^2)$ 의 경우 1.107~1.61, $F_c=262(\text{kg}/\text{cm}^2)$ 의 경우 1.01~1.88로 荷重載荷 상태와는 상관없이 細長比가 클수록 그 비는 낮은 반면 細長比가 작을수록 높게 나타났고, 콘크리트 強度가 높을수록 횡구속 효과는 上昇되는 것으로 나타났다. 이는

細長比가 낮은 경우는 鋼管의 局部座屈에 의하여 그 耐力가 결정되나 細長比가 커지면 部材座屈이 유발되는데 기인한 것으로 사료된다.

以上과 같은 結果를 토대로 充填된 콘크리트 強度에 따른 구속효과와 細長比의 관계를 回歸하여 보면 다음과 같다.

$$F_c=210 \text{ kg/cm}^2 : P_1=1.296+0.097\lambda,$$

$$P_2=1.103+0.160\lambda$$

$$F_c=240 \text{ kg/cm}^2 : P_1=1.357+0.108\lambda,$$

$$P_2=1.03+0.218\lambda$$

$$F_c=270 \text{ kg/cm}^2 : P_1=1.271+0.208\lambda,$$

$$P_2=1.176+0.162\lambda$$

여기서 P_1 = 부분재하의 경우, P_2 = 동시재하의 경우

3) 細長比에 따른 累加 強度의 비교

그림 6-4는 콘크리트 充填에 따른 누가강도비, 즉 P_{max}/P_{c+s} (표 6 참조)와 細長比의 관계를 나타낸 것이다. 여기서, P_{max} 는 실험치이고 $P_c=A_cF_c$, $P_s=A_s\sigma_s$ 으로 계산된 값이다. 이 그림에서 보면 $\lambda=15$ 인 경우는 콘크리트 強度에는 관계없이 거의 일정한 값을 나타내나 $\lambda=10, 20$ 의 경우는 약간의 오차가 있고, 部分載荷의 경우는 細長比의 평가에

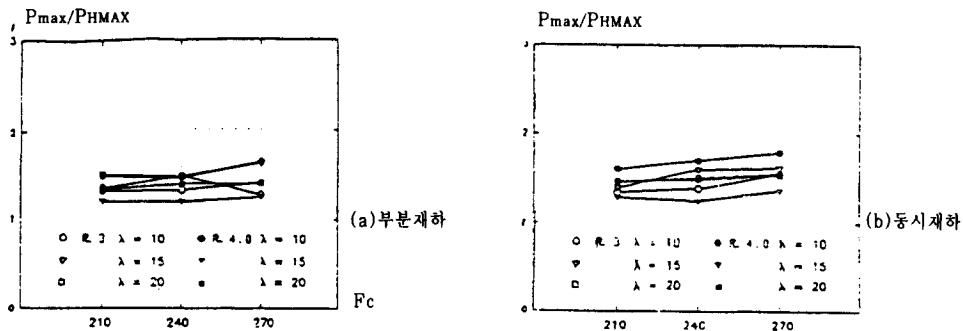


그림 6-3 강도별 최대내력 비교

따라 약간 증가되는 현상이며, 同時載荷인 경우는 거의 일정한 관계를 보인다. 이것은 실험에 의한 最大耐力를 평가하는데 중요한 의미가 있다고 생각되며, 追後 더 많은 실험 데이터를 통해 研究를 해 볼가치가 있다고 본다. 특히, 실제 현장에서는 시공상의 문제로 部分載荷 보다는 同時載荷를 선호할 가능성이 많음을 감안하면 追後 研究의 필요성이 절실하다고 간주된다.

(동시재하)

$$F_c=240(\text{kg/cm}^2) : 1.345 P_{max}/P_{Hmax} \leq 1.640$$

(부분재하)

$$1.198 P_{max}/P_{Hmax} \leq 1.699$$

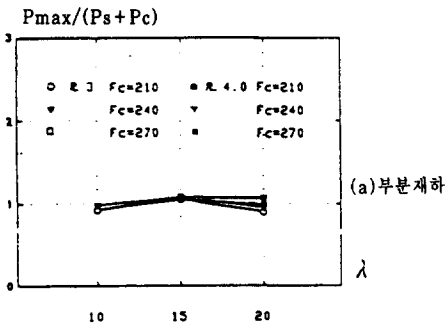
(동시재하)

$$F_c=270(\text{kg/cm}^2) : 1.366 P_{max}/P_{Hmax} \leq 1.793$$

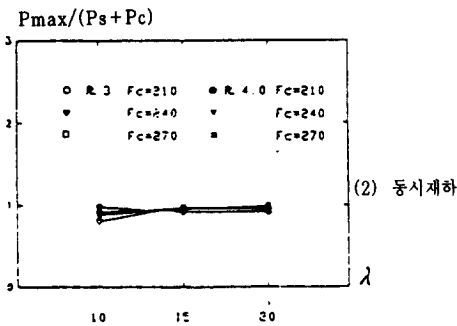
(부분재하)

$$1.248 P_{max}/P_{Hmax} \leq 1.699$$

(동시재하)



(a) 부분재하



(2) 동시재하

그림 6-4 충전누가강도

4) 載荷方法의 영향

部分載荷와 同時載荷의 경우, 最大耐力를 비교해 보면, 콘크리트強度에 따라 다음과 같은 차이를 보임을 알 수가 있다. 즉,

$$F_c=210(\text{kg/cm}^2) : 1.245 P_{max}/P_{Hmax} \leq 1.604$$

(부분재하)

$$1.087 P_{max}/P_{Hmax} \leq 1.490$$

여기서 알 수 있는 것은, 콘크리트強度가 커질수록 載荷方法에 관계없이 最大耐力比가 커짐을 알 수 있어서 콘크리트充塡 鋼管을 建築物에 사용할 경우는 部分載荷의 경우가 더 유리함을 의미한다. 특히, F_c 의 強度 폭이 30정도로 작고 콘크리트의 비빔을 손비빔으로 했으며, 시험체수가 충분히 많지 않았던 關係로 기대했던 전체흐름에서 다소 誤差가 있는 경우도 들었지만, 시험체수를 늘이고 F_c 의 간격을 크게 한다면, 콘크리트強度와 耐力上昇率의 전체적인 흐름이 상식적인 측면에서 쉽게 이해되는 결과가 되리라 사료된다.

5) 理論解析値와 實驗値의 비교

식(10)을 이용한 理論解析値와 實驗値와의 결과를 비교하여 보면, 前節 5, 2)의 (1)의 경우(즉, K값(각 시험체의 실험치)과 P값(실험치로 부터 구한 값)을 사용한 경우)은, 理論値가 實驗値에 약 1.50배 정도 상회하는 값으로 나타났다. 또한 鋼管의 細長比가 10인 경우는 1.46배, 15인 경우 1.46배, 20인 경우 1.54배로 나타났다. 여기서 알 수 있는 것은 細長比가 증가할수록 그 오차가 늘어남을 알 수 있었다. 그리고 그림 6-5에 이론해석치와 실험치를 비교한 것을 나타냈다.

(A) 部分載荷의 경우

그림 6-5(a),(c),(e)에 나타냈으며, Nole에 의하면 K값의 분포는 일반적인 3축응력상태시 채택하는 4.1값은 콘크리트가 파괴에 이르지 않았을 때

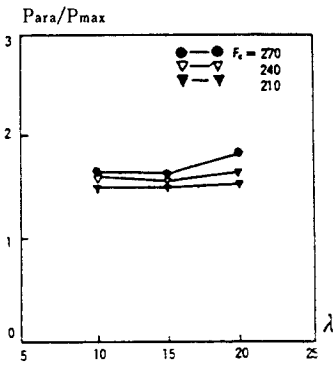
의 값이므로 充填鋼管의 耐力를 산정할 경우 K 값은 4.1보다 낮은 값으로 再定義 되어야 할 것으로 사료된다. 따라서 본 研究에서는 實驗結果를 토대로 K 값에 대하여 回歸分析하여 본 결과 K 값이 2.43의 값으로 추정되며, 평균치는 $K=3.64$ 였다. 이때 실험에 의한 最大耐力 값(P_{ana}/P_{max})는 평균해서 1.50이다.

(B) 同時載荷의 경우

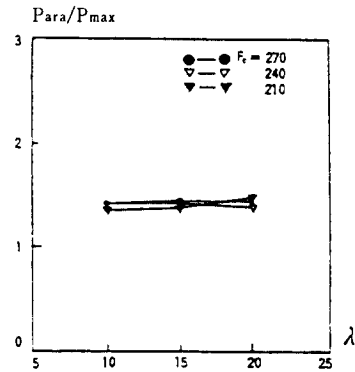
이 경우는 그림 6-5(b),(d),(f)에 나타냈으며 最大耐力이 콘크리트와 鋼管의 耐力를 누가한 누가강도와 비교하여 약간 상회하는 값으로 큰 차이가 없는 것으로 나타나 있다. 이는 콘크리트의 체적 팽창을 鋼管이 구속하는 시점에서 鋼管도 거의 항복상태에 다다른 것으로 사료된다. 따라서 鋼管和 콘크리트가 同時에 載荷되는 경우는 두 재료의

값을 單純累加한 것으로 내력식을 사용하는 것이 무방하다고 사료된다. 이때의 P_{ana}/P_{max} 는 평균해서 1.56이다.

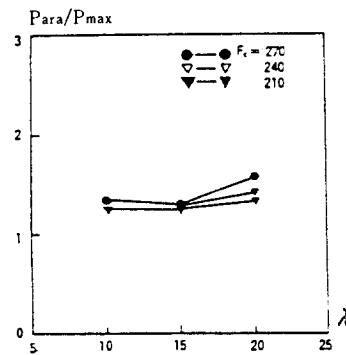
한편, 前節 5, 2)의 (2) K 값(실험평균치 3.64)과 P 값(실험치로 부터 구한 값)과 (3) K 값(실험평균치 3.64)과 P 값(공칭치, 예를 들면, $\sigma_c=2.4 \text{ t/m}^2$ 으로 구한 값)의 경우에는 (1)의 경우와 거의 비슷한 경향을 보이며 각각의 경우 P_{ana}/P_{max} 의 평균치는 다음과 같다. 즉, (2)의 경우, 부분재하의 경우는 1.42이고, 동시재하하는 1.47이다. (3)의 경우는 부분재하하는 1.25이고, 동시재하하는 1.34이다. 즉, (1), (2), (3)의 순서로 낮아 졌음을 알 수가 있다. 또, 콘크리트 充填鋼管 耐力 추정식으로는 (3)의 데이터를 식(10)에 대입한 경우가 가장 實驗値를 잘 評價한다고 생각할 수 있다.



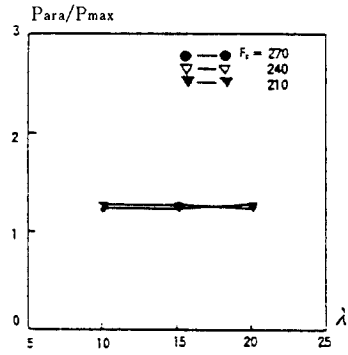
(a)부분재하(K=실험치, P=실험치)



(b)동시재하(K=실험치, P=실험치)



(c)부분재하(K=실험평균치, P=공칭치)



(d)동시재하(K=실험평균치, P=공칭치)

그림 6-5 이론치와 실험치의 비교

따라서, 充填鋼管의 耐力를 결정하기 위한 방법으로 채택한 식<10>의 경우 실험상수인 K 값으로 제안된 4.1을 充填鋼管에 적용할 경우 充填鋼管의 耐力를 과대 평가 되었으므로 실험상수로는 $K=3.64$ 를 사용하는 것이 바람직하다.

7. 結 論

中心軸壓을 받는 角形鋼管 短柱의 單純載荷 實驗 및 理論的 考察을 통하여, 본 시험체의 조건과 범위내에서는 다음과 같은 結論을 얻을 수 있었다.

(1) 鋼管의 内부를 콘크리트로 充填할 경우 耐力上昇效果를 실험치를 기준으로 非充填(Hollow) 鋼管에 대한 充填鋼管의 耐力比는 콘크리트 강도(F_c)가 커질수록 載荷方法에 상관없이 強度(P_{max}/P_{Hmax})는 향상되는 것으로 나타났다.

(2) Hollow 鋼管의 경우보다는 콘크리트 充填 鋼管기둥의 경우가 鋼管의 횡구속으로 인하여 延性의 效果를 증대시킬 수 있었다.

(3) 荷重 載荷狀態에 따른 最大耐力은 콘크리트 만 載荷되는 경우가 콘크리트와 鋼管이 同時에 載荷되는 경우보다 最大耐力이 증가함을 알 수 있었다.

(4) 콘크리트 充填 鋼管에 대한 耐力評價式으로 식<10>을 이용하는 경우에는, 횡구속효과를 결정짓는 K 값의 실험평균치인 3.64를 사용하는 것이 바람직하다.

參 考 文 獻

1. 오 윤 태, 콘크리트충전 각형강관 기둥의 중심압축내력에 관한 실험적 연구, 1994.12, 경북 대학교 석사논문
2. 박성무 외 : “콘크리트 充填鋼管 기둥의 縮壓縮舉動에 관한 實驗的 研究”, 포항제철 研究報告 書, 1994.7
3. “鋼管콘크리트構造 計算規準 同解説”, 日本建築學會, 1980年2月, pp37
4. 張錫權 : “偏心壓縮 角形鋼管柱의 座屈耐力에 관한 實驗的 研究”, 한양대 대학원 碩士論文, 1991. 12
5. 한국강구조규준 및 해설, 한국강구조학회, 1990
6. K.S.Virid and P.J.Dowling : “Bond Strength in Concrete Filled Steel Tube”, IABSE. Porceeding P.NO 33/80, 1980, March, pp. 125-139
7. 加雄勉, 秋山宏 : “鋼構造部材의 耐力(その1)”, 日本建築學會論文報告集, 第119, 昭和 41年 1月
8. 서성연 외 : “中心壓縮 冷間成形柱의 座屈耐力에 관한 實驗的 研究”, 大韓建築學會 全北支部 發表論文集, 1993.1
9. 서성연 외 : “냉간성형 角形鋼管柱의 構造特性에 관한 研究”, 大韓建築學會發表論文集, 1994.3, pp. 153-162
10. 李明宰 : “角形及ひ形鋼管柱의 最大耐力に關する 研究”, 東京大學 修士學位論文, 1984