

# 偏心軸力を 받는 鐵骨構造 柱脚部の 支壓強度

## Bearing Strength of Steel Baseplate under Eccentric Loads

최 문 식<sup>1)</sup> · 민 병 렬<sup>2)</sup>

Choi, Mun Sik · Min, Byung Yeol

요 약 : 최근, 철골구조, 철골·철근콘크리트 구조 및 합성구조의 주각부는 국부적으로 제한된 부분에 큰 집중하중이 작용하고, 이 하중은 베이스 플레이트를 통하여 철근콘크리트 기초에 전달하게 된다. 따라서 철골구조 및 철골·철근콘크리트 구조의 설계에서 큰 축력을 받는 주각부의 지압강도를 정확히 평가하기가 매우 어렵다. 철골주각부는 역학적 특성이 다른 재료의 접합부로 설계 및 시공상 제약을 받게되고, 응력전달도 매우 복잡하다. 특히, 구조설계시 지압강도의 적절한 평가는 무엇보다 중요하다. 지압강도에 영향을 미치는 요소는 지압응력을 받는 부재의 형태 및 재료, 하중의 작용형태, 지압면에서의 마찰구속력, 철근보강, 건조수축 등 매우 많다. 지압강도에 대한 대부분의 실험 및 연구에서는 중심축력을 받는 주각부에 대한 연구를 수행하였다. 그러나, 실제 철골주각부 설계에서는 일축편심 또는 이축편심축력을 받는 경우가 많이 있다. 본 연구에서는 베이스플레이트에 작용하는 편심축력과 편심거리에 따른 지압강도의 변화 및 실험체의 파괴형태에 대하여 검토하였고, 편심축력 작용시 지압강도 산정방법을 제시하였다.

ABSTRACT : Recently, the steel base has been increasingly used as an integrated part of high-rise buildings, which often composed of steel structures, steel reinforced concrete structures and composite structures. The steel base is designed to transfer the stresses induced from steel column to the reinforced concrete footing through the base plate. However, in the design of steel structures and steel reinforced concrete structure, it is generally difficult to evaluate the bearing strength of the steel base subjected to large axial force. Furthermore, the material used in steel base is quite different from those used in other connections and a load transferring mechanism of steel base is very complicated in nature. Therefore, a special attention must be placed in design and construction of steel base. In generally, the bearing strength test and research of the steel base subjected to concentrated load are carried out. But, in the design of the structures, uniaxial eccentric load is loaded to the steel base of the steel structures. In this research, the bearing strength and the mode of failure considering eccentric loads and eccentric length, were experimented when eccentric load is loaded to the steel base of steel structures. Based on the test results, a basic design reference is suggested for a reasonable design of steel structures, steel reinforced concrete structures and composite structures.

핵심용어 : 철골구조, 주각부, 지압강도, 베이스플레이트, 편심축력

KEYWORDS : Steel Structures, Steel Base, Bearing Strength, Baseplate, Eccentric Load

### 1. 서론

주거용 건축물 및 공공건축물의 초고층화를 위한 철골구조, 철골·철근콘크리트구조 및 복합구조의 구조설계에서 국부적으로 제한된 부분에 큰 집중하중이 작용하는 주각부의 적절한 지압강도 평가에 어려움이 있다. 특히, 철골주각부는 철골기둥의 응력을 베이스 플레이트를 통하여 철근 콘크리트 기초에 전달하게 된다. 이와 같이 철골주각부는 재료의 역학적 특성이

다른 접합부이므로 설계 및 시공상 제약을 받게 되고, 응력전달도 매우 복잡하게 작용하므로 구조설계시 특히 유의하여야 한다.

철골주각부에서 콘크리트의 지압강도에 관한 연구는 지금까지 많은 연구결과가 발표되고 있고, 이 연구결과에 따라 국가별로 지압강도 산정기준을 제정 활용하고 있다. 그러나 국내에서는 철골구조 주각부 콘크리트의 허용지압응력 산정방법에 대한 충분한 연구가 이루어지지 않고 있으며, 현재 이용되고

1) 정희원, 단국대학교 건축공학과 교수, 공학박사  
(Tel:031-370-9591, Fax:031-370-9599, E-mail:profchoi@dankook.ac.kr)  
2) 정희원, 한국건설기술연구원, 수석연구원, 공학박사(bymin@kict.re.kr)

본 논문에 대한 토의를 2004년 6월 30일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

있는 기준도 외국자료(SAA: Standards Australia)를 그대로 활용하고 있는 실정이다.

지압강도에 영향을 미치는 요소는 지압응력을 받는 부재의 형태 및 재료, 하중의 작용형태, 지압면에서의 마찰구속력, 철근보강 건조수축, 하중에 대한 3방향의 응력분포, 지압면의 압축응력 분배 등 너무나 많아 지압응력을 정확하게 평가하기가 매우 어렵다.

기 발표된 대부분의 실험 및 연구에서는 중심축력을 받는 주각부의 지압강도에 대한 연구를 수행하였다. 그러나 실제 철골 주각부 설계에서는 일축편심 또는 이축편심축력을 받는 경우가 많이 발생하게 되어 편심축력이 작용할 때의 지압강도에 관한 검토가 필요하다.

본 논문에서는 베이스 플레이트에 작용하는 편심축력과 편심거리에 따른 지압강도의 변화 및 실험체의 파괴형태에 대하여 검토하였고, 편심축력 작용시 지압강도 산정방법을 제시하였다.

## 2. 연구동향

지압강도에 관한 연구는 1876년 Bauschinger가 입방체 사암(砂岩)을 사용하여 지압면적비를 변수로 한 실험을 실시하여 지압강도를 추정하는 실험식을 제시한 이후 Graf (1934), Meyerhof(1953), Shelson(1957), Spieth (1959), Niyogi 등이 중심축력을 받는 무근 및 철근콘크리트 기둥에 대한 실험을 실시하여 각각 지압강도 산정식을 제시하였고, Kriz와 Rath는 프리캐스트 콘크리트 부재실험에서 수직하중 작용시의 지압강도와 수직하중과 수평하중이 동시에 작용할 때 콘크리트 블록 실험체에 배근한 횡방향 보강철근량을 변수로 하여 지압강도 산정식을 제안하였다.

이론적인 연구로서 Chen과 Drucker는 콘크리트 실험체 및 암석에 대한 지압강도를 소성이론에 근거하여 수리적으로 평가하는 방법을 제안하고 있으며, Au와 Baird 및 Hawkins 등은 실험적인 방법과는 달리 국부적으로 압축력을 받는 콘크리트 실험체의 파괴기구에 근거하여 반이론적(半理論的)으로 지압강도를 평가하는 방법을 제시하고 있다.

일본에서는 1941년 一木保夫가 최초로 콘크리트의 지압강도에 대한 연구를 수행한 이래 伊東茂富(1957), 六車·岡本 등이 콘크리트 및 프리스트레스트 콘크리트의 지압강도에 대한 연구를 계속하였고, 최근의 연구로는 노출형 주각에서 기초 콘크리트의 지압강도에 대하여 秋山·黒澤·和國·西村 및 加藤·佐藤·鈴木 등의 연구가 있으며, 増田·平坂은 축력, 모멘트 및 전단력을 받는 철골구조 및 철골·철근콘크리트 주각부의 역학적 특성에 대한 연구를 계속 진행하고 있다. 한편, 増

田·九谷은 노출형식 주각의 지압강도 연구에서 베이스 플레이트의 강도, 강성과 기초콘크리트 및 무근콘크리트 블록의 형상, 치수를 주요한 실험변수로 하여 중심 압축실험을 행하고, 지압강도의 실험식을 제시하였다. 또한, 秋山 등은 노출형, 보강형 및 매립형 등 각종 철골 주각부의 파괴모드, 항복내력, 강성, 변형능력의 평가와 내진설계기법 등에 대한 연구를 활발히 진행하였다.

특히, 본 논문에서 제시하고자 하는 편심축력을 받는 주각부의 지압강도에 대한 연구는 Niyogi가 수행하였으며, 그의 실험연구에서 편심축력이 작용할 때 지압강도는 지압면적이 일정한 경우 편심이 클수록 지압강도는 감소하고, 실험체 두축에 모두 편심되어 하중이 가해지면 더욱 불리하게 된다는 것을 실험을 통하여 확인하였고, 지압면적비가 작은 경우가 지압면적비가 큰 경우 보다 편심축력에 의한 영향을 더 많이 받는 것으로 보고하고 있다.

한편, Hiltcher와 Florin은 그들의 광탄성 모형실험에서 콘크리트 실험체의 폭과 지압판 폭의 비( $d/a$ )에 의한 박리인장력과 편심거리와의 관계를 검토하였다.

## 3. 실험계획

### 3.1 실험체 계획

철골주각부 기초콘크리트에 편심축력이 작용할 때 편심거리에 따른 지압강도의 감소 및 콘크리트의 파괴형태를 검토하기 위하여 비보강 실험체를 계획하였다.

실험체의 형태는 (그림 1)과 같이 실험체 크기( $a \times b \times h = 25 \times 25 \times 30 \text{cm}$ )를 동일하게 제작하였고, 지압면적비(지압면적( $A_b$ )/지승면적( $A_c$ ))는 구조설계시 기초 콘크리트와 베이스 플레이트의 크기를 고려하여 0.5와 1.0으로 계획하였으며, 일축 편심거리는 지압면적비에 따른 단면의 핵을 구하고 단면의 핵내에서 3등분 하였다. 콘크리트의 강도는 저장도 및 고강도 기초콘크리트에 대한 지압응력 분포를 검토하기 위하여  $f_{ck} = 210 \text{kgf/cm}^2$  및  $f_{ck} = 300 \text{kgf/cm}^2$ 를 실험변수로 하였다.

한편, 콘크리트 실험체의 상단면은 평활하게 제작하였고, 베이스 플레이트의 크기는  $A_b/A_c = 1.0$ 일 때  $a' \times b' \times h' = 25 \times 25 \times 5.0 \text{cm}$ ,  $A_b/A_c = 0.5$ 일 때  $a' \times b' \times h' = 17.68 \times 17.68 \times 5.0 \text{cm}$ 로 제작하였다.

본 실험에서 편심거리는 베이스 플레이트의 크기에 따라 편심축력 작용시 실험체에 인장력이 발생하지 않는 최대의 거리( $A_b/A_c = 1.0$ 일 때 4.17cm,  $A_b/A_c = 0.5$ 일 때 2.95cm)를 산정한 후 이 범위의 거리를 각각 3등분하고, 이 범위를 초과했을 때의 한 점을 편심거리로 한 것이며, 지압면적비에 따

른 편심거리는 다음과 같이 결정하였다.

- $A_b/A_c=1.0$  일 때  $e = 0, 1.39, 2.78, 4.17, 5.56\text{cm}$
- $A_b/A_c=0.5$  일 때  $e = 0, 0.98, 1.97, 2.95, 3.93\text{cm}$

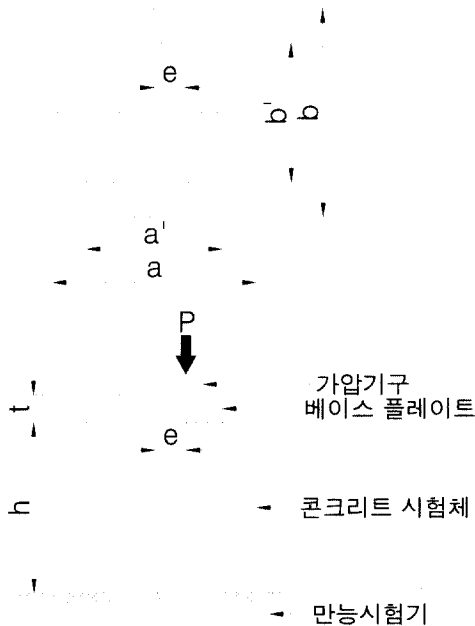


그림 1. 편심축력을 받는 실험체의 형태

기둥 역할을 하는 가압기구는 지압면적비에 관계없이  $a \times b \times h = 5.6 \times 5.6 \times 3.0\text{cm}$ 의 강재로 제작하였고, 이 가압기구를 통하여 중심축력 및 편심축력을 가력하였다.(그림 2참조)

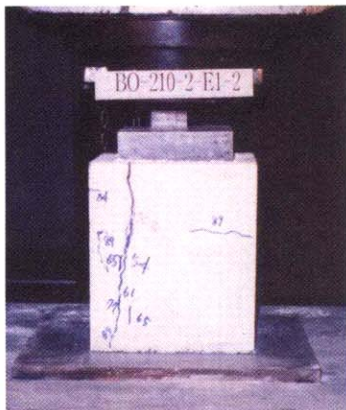


그림 2. 실험체의 설치상황

실험체 수는 실험체별 각각 2개씩 제작하였고, 콘크리트 강도별 20개 총 40개의 실험체를 계획하였다.

실험체의 표기방법은 다음과 같다.

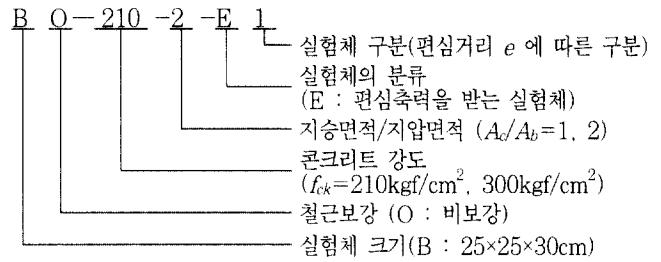


표 1. 편심축력을 받는 실험체 계획

실험체 형태	실험체 크기 ( $a \times b \times h$ ) (cm)	지압판 크기 ( $a' \times b' \times h'$ ) (cm)	가압기구 ( $a'' \times b'' \times h''$ ) (cm)	지 압 면적비 ( $A_b/A_c$ )	편심거리 (e) (cm)	콘크리트 강도 ( $\text{kgf/cm}^2$ )	실험체 수	
BO-E 계열	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	0.5	0, 0.98, 1.97, 2.95, 3.93	210	각 실험체 별 2개 (콘크리트 강도별 20개)	
				1.0	0, 1.39, 2.78, 4.17, 5.56			
총 계								40개

### 3.2 실험방법

본 실험은 실험체를 200tf 만능시험기 중앙에 설치하고 실험체 상부중앙에 베이스 플레이트를 설치한 후 계획된 편심거리( $A_b/A_c=0.5$ 일 때  $e=0, 0.98, 1.97, 2.95, 3.93\text{cm}$ ,  $A_b/A_c=1.0$ 일 때  $e=0, 1.39, 2.78, 4.17, 5.56\text{cm}$ )에서 강재 가압기구를 통하여 편심축력을 가력하였다.

실험체의 설치 편심된 가압기구의 중앙이 만능시험기 중앙에 위치하도록 설치하였고, 하중의 가력은 예상파괴하중의 1/2까지는 약 5.0tf/분 정도, 예상파괴하중의 1/2에서 파괴시까지는 3.0tf/분 정도로 가력하였다.

한편, 실험결과는 각 실험체 마다 하중을 점차 증가시키면서 초기균열강도, 균열의 진행방향 및 파괴강도를 조사하였고, 최종파괴시 균열도와 파괴형태를 도면으로 작성하였다.

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1 실험결과

지압면적비, 콘크리트의 강도, 편심거리에 따른 실험체의 초기균열강도 및 지압강도의 실험결과는 (표 2)와 같다.

표 2. 편심하중이 작용하는 실험체의 실험 결과표

실험체 번호	실험체 크기 (a×b×h) (cm)	베이스 플레이트 크기 (a'×b'×h') (cm)	가압기구 (a''×b''×h'') (cm)	편심 거리 (e) (cm)	e/a	지압 면적비 (A <sub>b</sub> /A <sub>c</sub> )	초기 균열강도 (f <sub>cr</sub> ) (kgf/cm <sup>2</sup> )	지압강도 (f <sub>b</sub> ) (kgf/cm <sup>2</sup> )	콘크리트 압축강도 (f <sub>ck</sub> ) (kgf/cm <sup>2</sup> )	지압 강도비 (f <sub>b</sub> /f <sub>ck</sub> )	n <sub>e</sub> /n*	시험 체수 (개)
BO-210-1-E0	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	0	-	1.0	114.4	202.4	207	0.98	1.0	2
BO-210-1-E1	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	1.39	0.056	1.0	71.2	189.0	207	0.91	0.93	2
BO-210-1-E2	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	2.78	0.111	1.0	81.1	159.7	207	0.77	0.79	2
BO-210-1-E3	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	4.17	0.167	1.0	54.4	138.7	207	0.67	0.68	2
BO-210-1-E4	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	5.56	0.222	1.0	53.6	122.4	207	0.59	0.60	2
BO-210-2-E0	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	0	-	0.5	173.8	279.0	207	1.35	1.0	2
BO-210-2-E1	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	0.98	0.039	0.5	199.0	276.5	207	1.34	0.99	2
BO-210-2-E2	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	1.97	0.079	0.5	193.6	232.6	207	1.12	0.83	2
BO-210-2-E3	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	2.95	0.118	0.5	192.0	228.2	207	1.10	0.81	2
BO-210-2-E4	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	3.93	0.157	0.5	166.4	200.0	207	0.97	0.72	2
BO-300-1-E0	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	0	-	1.0	128.8	239.2	273	0.88	1.0	2
BO-300-1-E1	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	1.39	0.056	1.0	112.8	196.5	273	0.72	0.82	2
BO-300-1-E2	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	2.78	0.111	1.0	80.8	166.6	273	0.61	0.69	2
BO-300-1-E3	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	4.17	0.169	1.0	112.8	143.2	273	0.52	0.59	2
BO-300-1-E4	25×25×30	25×25×5.0	5.6×5.6×3.0	5.56	0.222	1.0	84.5	130.6	273	0.48	0.55	2
BO-300-2-E0	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	0	-	0.5	252.2	359.7	273	1.32	1.0	2
BO-300-2-E1	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	0.98	0.039	0.5	203.5	341.8	273	1.25	0.95	2
BO-300-2-E2	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	1.97	0.079	0.5	248.6	308.5	273	1.13	0.86	2
BO-300-2-E3	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	2.95	0.118	0.5	187.2	278.1	273	1.02	0.77	2
BO-300-2-E4	25×25×30	17.68×17.68×5.0	5.6×5.6×3.0	3.93	0.157	0.5	161.3	241.6	273	0.88	0.67	2

\* n<sub>e</sub> : 편심축력 작용시 지압강도비, n : 중심축력 작용시 지압강도비

4.2 균열 및 파괴형태

본 실험은 일축 편심축력을 받는 비보강 콘크리트 실험체의 지압면적비(A<sub>b</sub>/A<sub>c</sub>=1.0, 0.5), 콘크리트 강도(f<sub>ck</sub>=207 kgf/cm<sup>2</sup>, f<sub>ck</sub>=273kgf/cm<sup>2</sup>) 및 일축 편심거리를 변수로 한 실험을 실시하였다.

실험결과, 초기균열은 중심축력 작용시 실험체 측면중앙 상부에서 발생하였고, 편심축력 작용시에는 편심축력이 작용하는 쪽의 측면 상부중앙 또는 편심축력이 작용하는 쪽으로 치우친 좌우 측면 상부에서 발생하고 있으나, 편심거리가 증가할수록 편심축력이 작용하는 쪽의 측면상부에서 집중 발생하였다.

지압강도에 대한 초기균열강도 비(f<sub>cr</sub>/f<sub>b</sub>)는 f<sub>ck</sub>=207 kgf/cm<sup>2</sup> 일때 지압면적비 A<sub>b</sub>/A<sub>c</sub>=1.0에서 약 45.6%, A<sub>b</sub>/A<sub>c</sub>=0.5에서 약 77.0%로 나타났고, f<sub>ck</sub>=273kgf/cm<sup>2</sup>일 때 지압면적비 A<sub>b</sub>/A<sub>c</sub>=1.0에서 약 60.6%, A<sub>b</sub>/A<sub>c</sub>=0.5에서 약 68.8%로 나타나 편심축력이 작용하는 경우 지압면적비가 작을수록 두 강도(f<sub>cr</sub> 과 f<sub>b</sub>)의 차이가 적게 나타났다.

실험체의 균열은 편심이 없이 베이스 플레이트 상부중앙에서 가압기구를 통하여 축력을 가할 경우 지압면적비(A<sub>b</sub>/A<sub>c</sub>)가 1.0으로 지압면이 전단면으로 재하될 때 실험체의 균열은 (그림 3(a))와 같이 실험체 좌우 상부에서부터 수직균열이 발생하였고, 지압면적비가 0.5로 약간 작은 경우에도 (그림 3(b))와 같이 역시 실험체 좌우 상부에서 수직균열이 발생하

고 있으며, 지압면적비가 클수록 수직균열이 더 많이 발생하는 것으로 나타났다.

한편, 편심거리에 따른 실험체의 균열은 (그림 4)과 (그림 5)와 같이 편심축력이 작용하는 축의 좌우면에서 수직균열이 많이 발생하고, 편심거리가 증가할수록 편심이 작용하는 쪽으로 더 치우쳐서 수직균열이 발생하고 있다.(그림 6(a), 그림 7(a) 참조)

또한, 실험체의 파괴형태는 편심축력이 작용하는 쪽의 좌우면 상부에서 심하게 파손되었고, 편심거리가 증가할수록 파괴의 정도가 더 심하게 나타났다.(그림 6(b), 그림 7(b) 참조)

수평균열은 편심축력이 작용하는 반대측면 중앙에 발생하고 있으며, 편심거리가 증가할수록 수평균열이 심하고 뚜렷하게 나타났다. 그러나, 콘크리트 강도에 따른 균열 및 파괴형태는 큰 차이를 보이지 않고 있다.

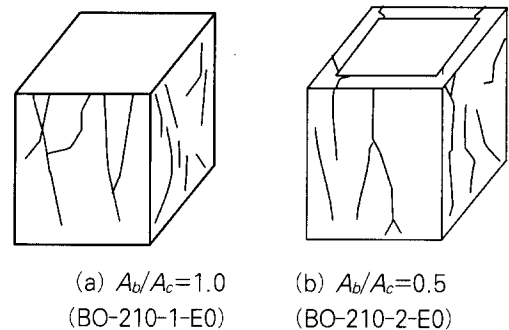


그림 3. 중심축력을 받는 실험체의 균열(가압기구를 통해 하중을 가함)

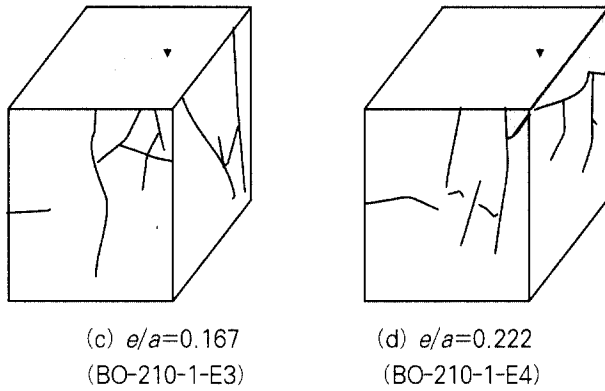
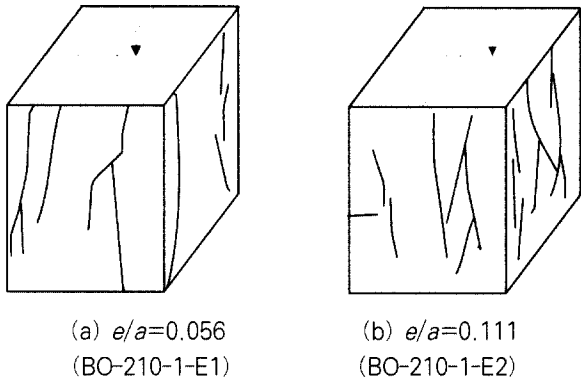


그림 4. 편심거리에 따른 균열상황( $f_{ck}=207\text{kgf/cm}^2$ ,  $A_b/A_c=1.0$ )

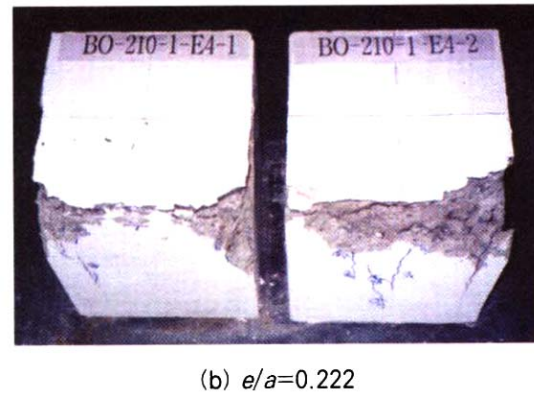
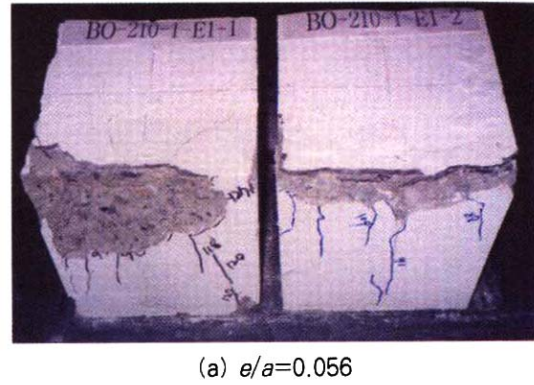


그림 6. 편심거리에 따른 파괴형태( $f_{ck}=207\text{kgf/cm}^2$ ,  $A_b/A_c=1.0$ )

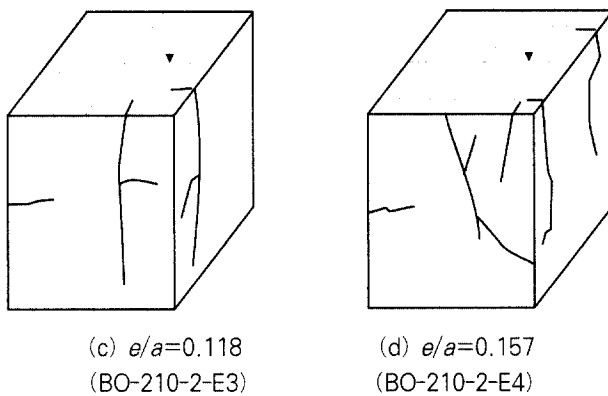
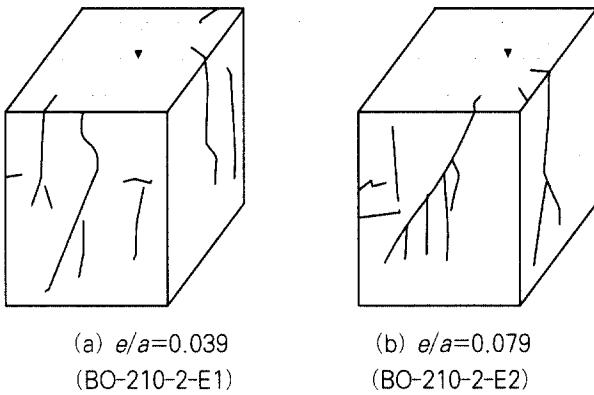


그림 5. 편심거리에 따른 균열상황( $f_{ck}=207\text{kgf/cm}^2$ ,  $A_b/A_c=0.5$ )

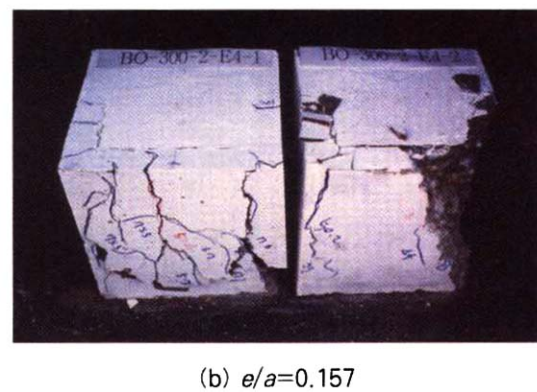
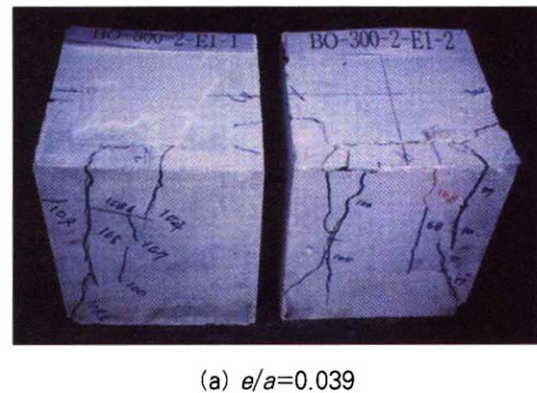
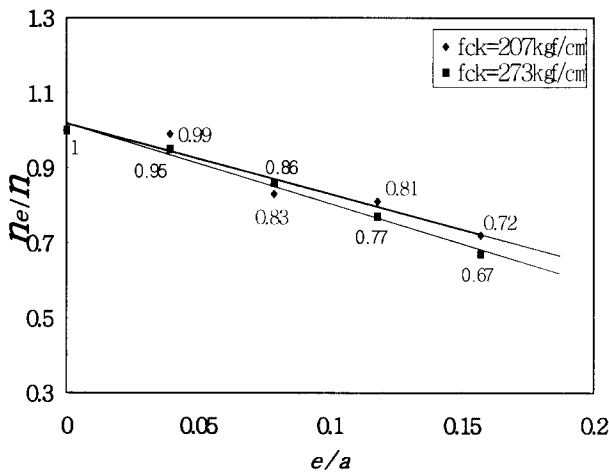


그림 7. 편심거리에 따른 파괴형태( $f_{ck}=273\text{kgf/cm}^2$ ,  $A_b/A_c=0.5$ )

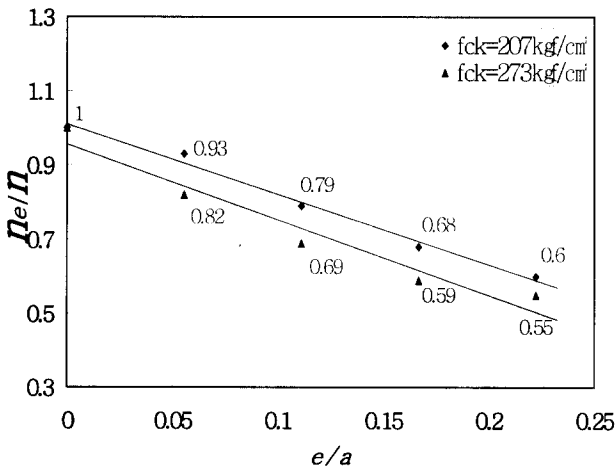
### 4.3 편심축력 작용시 지압강도 산정

#### 4.3.1 지압면적 및 콘크리트 강도에 의한 지압강도

콘크리트 실험체의 상부에서 일축 편심하중이 작용할 때 지압강도는 편심거리가 증가할수록 감소하였고, 중심축으로 부터의 편심거리( $e$ )와 실험체 한변의 길이( $a$ ) 비( $e/a$ )에 따른 지압강도의 감소율( $n_e/n$ )은 (그림 8)와 같이 지압면적비 0.5, 1.0에서 모두 콘크리트 강도가 클수록 지압강도비의 감소율이 더 크게 나타나고 있으며, 지압면적비에 따른 지압강도 감소율은 (그림 9)과 같이 지압면적비가 클수록 감소율에 더 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다.



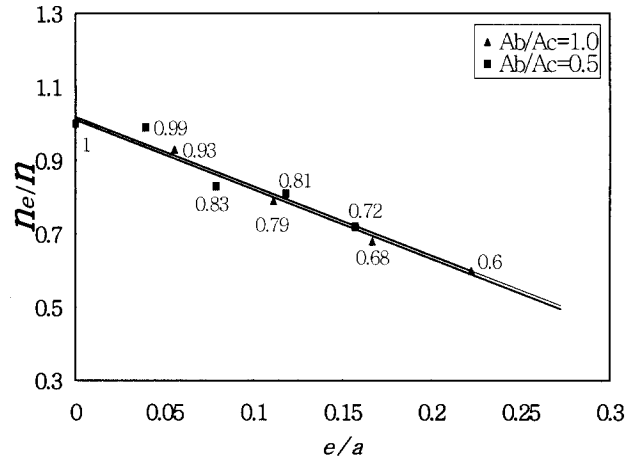
(a)  $A_b/A_c=0.5$ 의 경우



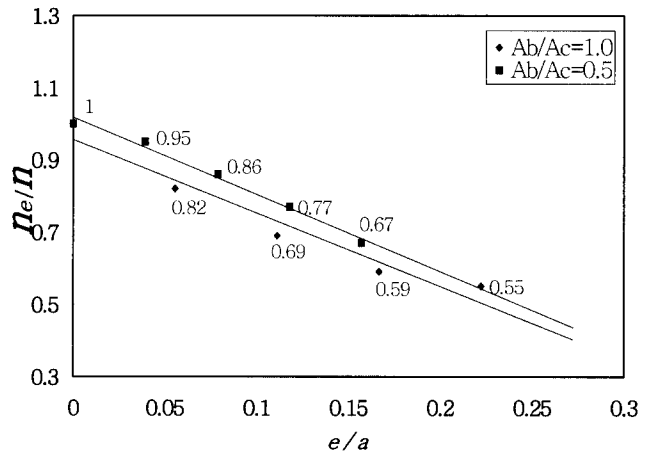
(b)  $A_b/A_c=1.0$ 의 경우

그림 8. 편심축력 작용시 콘크리트강도에 의한 지압강도

이와 같이 편심축력을 받는 주각부의 기초 콘크리트의 지압강도는 콘크리트 강도와 베이스 플레이트의 크기에 따라 영향을 받는 것을 알 수 있다.



(a)  $f_{ck}=207\text{kgf/cm}^2$ 의 경우



(b)  $f_{ck}=273\text{kgf/cm}^2$ 의 경우

그림 9. 편심축력 작용시 지압면적비에 의한 지압강도

#### 4.3.2 편심축력시 지압강도의 산정

Niyogi는 편심축력을 받는 콘크리트 정방형 실험체( $a \times b \times h = 8'' \times 8'' \times 8''$ )에서 지압면적비( $A_b/A_c$ )를 1/64, 1/32, 1/16 및 1/4 로 각각 달리하고, 일축 편심축력 작용시 편심거리( $e$ )와 실험체 한변의 길이( $a$ ) 비( $e/a$ ), 또는 두 축에 편심되어 축력이 작용할 경우, 각 축에 대한 편심거리( $e$  및  $e'$ )와 실험체 각 변의 길이 비( $e/a$  와  $e'/a$ )를 변수로 한 지압강도 실험을 실시하였다.

실험결과, 지압강도는 지압면적비가 일정할 경우 편심이 클수록 지압강도는 감소하고, 실험체의 두축에 모두 편심되어 하중이 작용할 경우 지압강도에 더 불리하며 지압면적비가 작은 경우 지압면적비가 큰 경우 보다 편심에 의한 영향을 더 많이 받는 경향이 있다는 것을 제시하였다. 한편, Niyogi는 실험결과를 근거로 하여 일축편심축력 작용시 지압강도비( $n_e$ )와 중심축력 작용시의 지압강도비( $n$ )의 상관관계식을 편심거리( $e$ )와 실험체 한변의 길이( $a$ ) 비( $e/a$ )를 변수로 하여 (식

1)과 같이 제안하였다.

$$\frac{n_e}{n} = 2.36 \left[ 0.83 - \left( \frac{e}{a} \right)^2 \right]^{1/2} - 0.94 \frac{e}{a} - 1.15 \quad (1)$$

Niyogi의 실험은 지압판을 통하여 직접 편심하중을 가하였으나, 본 연구에서는 베이스 플레이트( $Ab/Ac=1.0, 0.5$ )를 실험체 상부에 설치하고 가압기구를 통하여 편심하중을 가력하였다.

편심하중에 의한 지압강도는 지압면적비, 콘크리트 강도, 편심축 방향 및 편심거리 등 여러 가지 변수에 따라 차이를 보일 수 있으나, 본 실험결과에서는 지압면적비, 콘크리트 강도 및 편심거리에 따른 지압강도 변화를 검토하였고, 편심축력시의 지압강도 산정식은 편심거리와 실험체 한변의 길이 비( $e/a$ )를 고려하였을 때  $e/a$ 가 증가할수록 (그림 9)과 같이 지압강도가 감소하는 것으로 나타났으며, 이 결과를 1차 함수로 회귀분석하여 (식 2)와 같이 편심하중 작용시 지압강도 산정식을 제안하였다.

$$\frac{n_e}{n} = 1.0 - 2.028 \frac{e}{a} \quad (2)$$

- 여기서,  $n_e$  : 편심축력 작용시 지압강도비
- $n$  : 중심축력 작용시 지압강도비
- $e$  : 중심축으로부터의 편심거리
- $a$  : 실험체 한변의 길이

### 4.3.3 Niyogi의 실험과 본 실험결과의 비교

일축 편심축력 작용시 지압강도비( $n_e$ )와 중심축력 작용시 지압강도비( $n$ )와의 상관관계식( $n_e/n$ )에서 Niyogi의 실험결과에 의한 제안식(식 1)과 본 실험결과 및 실험식(식 2)와의 비교는 (표 3)과 같다.

(표 3)에서 Niyogi의 제안식은 다양한 지압면적비( $Ab/Ac=1/64, 1/32, 1/16$  및  $1/4$ )에서 지압판에 의해 직접 편심축력을 가한 것이고, 본 실험결과는 지압면적비가 1.0, 0.5인 베이스 플레이트의 상부에 기둥역할을 하는 가압기구를 통하여 편심축력을 가한 결과이다.

일축 편심축력 작용시 편심거리와 실험체 한변의 길이 비( $e/a$ )에 따른 지압강도비의 비교에서 Niyogi의 제안식에 의한 지압강도비와 본 실험결과에 의한 지압강도비가 큰 차이를 보여주고 있다. 이와 같은 현상은 Niyogi의 실험은 지압면적이 매우 작고, 제시된 편심거리에서 직접 베이스 플레이트를 통하여 축력을 가한 경우이고, 본 실험은 베이스 플레이트를

실험체 중앙에 고정시키고 베이스 플레이트의 상부에서 가압기구를 편심거리 만큼 이동시켜 축력을 가함으로써 베이스 플레이트 자체에 편심축력이 발생되어 베이스 플레이트를 통하여 실험체에 지압응력이 균일하게 전달되지 못한 것으로 판단된다.

따라서, 편심축력 작용시의 적절한 지압응력의 평가는 지압면적에 따라 베이스 플레이트를 편심거리 만큼 이동시키고 베이스 플레이트의 상부 중앙에 위치한 가압기구를 통하여 축력을 가력하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

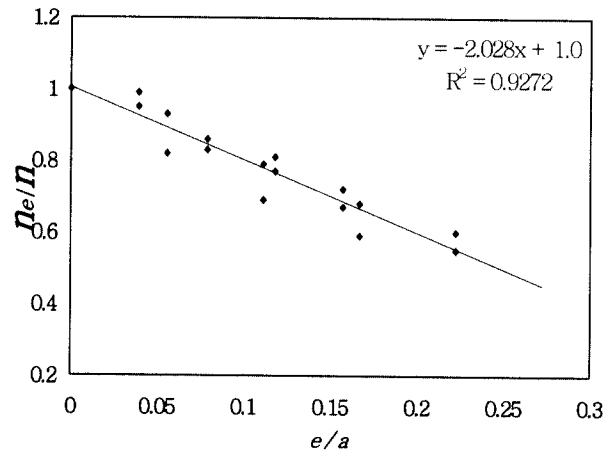


그림 9. 일축 편심축력 작용시 지압강도비의 변화

표 3. 일축편심 축력시 지압강도에 대한 Niyogi의 제안식과 실험값의 비교

실험체 번호	지 압 면적비	$e / a$	$n_e / n$		
			Niyogi 제안식	실험값*	실험식
BO-210(300)-1-E0	1.0	-	1.0	1.0	1.0
BO-210(300)-1-E1		0.056	0.944	0.875	0.887
BO-210(300)-1-E2		0.111	0.879	0.740	0.774
BO-210(300)-1-E3		0.167	0.807	0.635	0.662
BO-210(300)-1-E4		0.222	0.726	0.575	0.549
BO-210(300)-2-E0	0.5	-	1.0	1.0	1.0
BO-210(300)-2-E1		0.039	0.961	0.970	0.920
BO-210(300)-2-E2		0.079	0.918	0.845	0.840
BO-210(300)-2-E3		0.118	0.871	0.790	0.761
BO-210(300)-2-E4		0.157	0.820	0.695	0.681

주) \* 실험값은  $f_{ck}=207\text{kgf/cm}^2$  과  $273\text{kgf/cm}^2$ 의 평균값임

## 5. 결 론

철골주각부에 편심하중이 작용할 경우 편심거리, 콘크리트 강도 및 지압면적비에 따른 지압강도의 감소현상에 대하여 다음과 같은 결론을 얻었다.



- (1) 일축 편심축력에 의한 지압강도는 편심거리가 증가할수록 감소하였고, 중심축으로 부터의 편심거리와 실험체 한 변의 길이 비( $e/a$ )에 따른 지압강도의 감소율은 콘크리트 강도가 클수록 지압강도비의 감소율이 더 크게 나타나고, 지압면적비가 클수록 감소율에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다.
- (2) 편심축력 작용시 지압강도에 대한 초기균열강도( $f_{ck}/f_b$ )는 콘크리트의 강도와 지압면적비의 영향을 받고 있으며, 콘크리트의 강도가 작고, 지압면적이 작을수록 두 강도( $f_{ck}$  과  $f_b$ )의 차이가 적게 나타났다.
- (3) 실험체의 초기균열은 편심축력이 작용하는 쪽의 측면 상부에서 발생하고, 실험체의 균열형태는 편심축력이 작용하는 축의 좌우면에서 수직균열이 발생하였으며, 편심거리가 증가할수록 편심이 작용하는 쪽에서 더 많은 수직균열이 발생하였다. 한편, 편심축력을 점차 증가시킴에 따라 실험체는 편심축력이 작용하는 쪽의 좌우면 상부에서 심하게 파손되었고, 편심거리가 증가할수록 파괴의 정도가 더 심하게 나타났다.
- (4) 편심축력 작용시 지압강도의 산정은 지압면적비, 콘크리트 강도 등 여러 요인에 따라 차이를 보일 수 있으나, 본 연구에서는 편심거리와 실험체 한변의 길이 비 ( $e/a$ )에 따라 식 2)와 같이 제안하였다.

본 연구에서는 철골주각부에 일축 편심하중이 작용할 때의 지압강도에 대해 검토하였으나, 향후 연구에서는 주각부에 이축 편심하중이 작용할 때의 지압강도에 대한 연구를 수행할 예정이다.

### 참 고 문 헌

大韓建築學會, 鋼構造計算規準·解說, 1983  
 崔文植, 金圭石, 閔丙烈, 金景淵, 軸力を 받는 鐵骨柱脚의 支壓強度에 關한 實驗的 研究 大韓建築學會論文集, 12卷, 第 5號, 通卷 91號, 1996. 5. p141~153  
 崔文植, 閔丙烈, 中心軸荷重을 받는 鐵骨柱脚部의 鐵筋補強에 따른 支壓強度에 관한 實驗的 研究(鐵筋補強에 따른 支壓強度) 大韓建築學會論文集, 第 1卷, 第 8號, 通卷 106號, 1997. 8. p175~185  
 崔文植, 閔丙烈, 軸力を 받는 鐵骨柱脚部의 鐵筋補強에 따른 支壓強度에 관한 實驗的 研究(螺旋鐵筋補強에 따른 支壓強度) 大韓建築學會論文集 構造系, 第14卷 第 9號, 通卷119號, 1998. 9. p43~53  
 一木保夫, 內務省土木試驗所 土木試驗報告, No.60, 1941. 3.,

p.89~105.  
 伊東茂富, 콘크리트의 支壓強度에 關する 實驗的 研究, セメント 콘크리트, No.123, 1957. 5, p.9~15.  
 六車 熙, 岡本 伸 : プレストレスト 콘크리트, Vol.5, No.5, 1963. 10. p22~29  
 秋山 宏, 黒澤 埴, 和國信之, 西村 功, 鐵構造露出柱脚의 強度と 變形, 日本建築學會論文報告集, 第 342號, 1984. 8., p.46~54.  
 加藤 勉, 佐藤邦昭, 鈴木周偉 外 鐵鋼製柱脚金物HIBASEを用いた露出型 柱脚의 研究(立上がり基礎部의 支壓強度), 日本建築學會大會學術講演梗概集, 1984, p1221~1222.  
 増田貴志, 九谷和秀, 鐵骨構造露出形式柱脚部의 終局耐力에 關する 實驗的 研究, 日本建築學會構造系論文報告集, 第433號, 1992. 3. p.39~49.  
 Baushinger, J., Versuche mit Qudern aus Naturstein, Mitteilungen, Mechanisch und Technichen Laboratorium der kgl. Technischen Hochschule, Munich, Germany, Vol. 6, 1876.  
 Graf, O., Über einige Aufgaben der Eisenbeton forschung aus alter und neuerer Zeit, Beton und Eisen, Vol.33, No.11, June 1934, p165~173.  
 Meyerhof, G. G : The Bearing Capacity of Concrete and Rock, Magazine of Concrete Research, London, England, Vol.4, No.12, 1953. 4. p.107~116.  
 William Shelson, Bearing Capacity of Concrete, Journal of ACI, Proceedings, Vol.54, No.5, 1957. 11.  
 Spieth, H. P., Das Verhalten Von Beton under Hoher örtlicher Pressung und Teilbelastung unter Besonderer Berücksichtigung von Spannbetonveran Kerungen, Diss. TH Stuttgart, 1959  
 Au, T. and Baird, D. L., The Bearing Capacity of Concrete Blocks, Journal of the ACI, Proceedings, Vol.56, No.9, 1960. 3., p.869~879.  
 Hiltcher R., Florin G., Spalt-und Abreißzugspannungen in rechteckigen Scheiben, die durch eine Last in Verschiedenem Absand Von einer Scheibenebene bleastetsind, Die Bautechnik 40. H.12, S.401~408, 1963.  
 Kriz L. B. and Raths, C. H., Connections in Precast Concrete Structures - Bearing Strength of Column Headed, Journal of the PCI, Proceedings Vol.8, No.6, 1963. 12., p.45~75.  
 Hawkins, N. M., The Bearing Strength of Concrete Loaded Through Rigid Plates, Magazine of



*Concrete Research*, Vol.20, No.62, 1968.  
Chen, W. F and Drucker, D. C. : Journal of  
Engineering Mechanics Division, ASCE, Vol.95,  
No.EM4, 1969. 8., p.955~978.  
Sanat K. Niyogi, Bearing Strength of Concrete

-Geometric Variations, *Journal of Structural  
Division, ASCE* Vol.99, No. ST7, 1973. 7., p.1471  
~1490.

(접수일자 : 2003. 8. 14 / 심사일 2003. 9. 5 /  
심사완료일 2003. 11. 18)