

작은 축력을 받는 H형강 기둥의 베이스플레이트 거동과 설계

Behavior and Design of H-Section Steel Column Base Plates for Light Concentric Load

심기철¹⁾ · 김은화²⁾ · 김원기³⁾

Sim, Ki Chul Kim, Eun Hwa Kim, Won Ki

요약 : 국내에서는 아직 철골구조의 베이스플레이트에 대한 설계기준이 작성되어 있지 않으므로 외국 기준 및 자료들을 근거로 중심축하중을 받는 H형강 기둥아래의 베이스플레이트에 대한 ASD 설계식을 제안하고자 한다. 또한 제안된 설계식과 하중을 변화시키며 설계한 예제를 비교한 결과, 보통의 축력을 받을 때에는 플레이트 면이 위험단면 $0.95d \times 0.8b_f$ 인 사각형 길이면에 고정시킨 외측캔틸레버 보와 H형강 기둥 내부3변고정 플레이트로 가정한 것 중 위험한 쪽으로 설계한다. 그리고 적은 축력을 받을 때에는 베이스플레이트의 위험단면 및 지압면은 웨브에 면한 기둥 플랜지 사이의 캔틸레버로 설계한다.

ABSTRACT : Since there are no specifications in Korea regarding the design of steel column baseplates that are subjected to concentric axial load, this paper proposes a more accessible stress design method for baseplates based on AISC specifications and guidelines. Some designs included in this paper were: (1) a full area of concrete bearing pressure under normal axial load and subsequent failure in external cantilevers at 0.95 d or 0.8 bf, and (2) a partial area of the pressure under a light axial load and subsequent failure as an internal cantilever model.

핵심용어 : 강재 베이스플레이트, 적은 축력, 캔틸레버, 지압력, 위험단면

KEYWORDS : Steel Base Plate, Light Load, Cantilever, Bearing Pressure, Critical Section

1. 서론

1.1 연구목적

강구조의 설계에 있어서 아직도 명료하지 못한 부분 중의 하나가 주각의 설계라고 볼 수 있다. 주각은 골조의 최하부에 위치하여 골조가 받는 여러 하중에 의한 응력이 최대로 되는 부분이고 구조물의 구조강도상 가장 중요한 부분이다. 지진 등에 의한 과거의 강구조 건축물 재해에 있어서도 주각의 파괴에 의한 비율이 작지 않다.

현재 AISC의 기준을 근간으로 개정 작업이 완료된 강구조의 허용응력도 설계기준과 한계상태설계기준에서도 주각부분에서는 명료하지 못한 상태이며 선진외국에서도 아직 연구성과가 명료하게 정리되어 있지 않다.

그 이유로서 주각부 형태가 다양하다는 점등도 주원인이다. 만 베이스플레이트의 하부로 전달되는 하중전달과정의 불명확성도 그 원인중의 하나라고 볼 수 있으므로 주각부분의 구조적 특성을 파악하기 위한 연구를 하여 그것을 바탕으로 주각부 설계법을 제시하는 것이 필요하다고 판단된다.

이에 본 연구에서는 가장 기본이 되는 중심축하중을 받는 철골주각의 거동을 조사하여 기존 문헌에서 제시하고 있는 축압축력을 받는 H형강 기둥 아래의 베이스플레이트 설계법 중 적은축력을 받을 시 고려되는 내측 캔틸레버법에 대한 필요성을 검토하고 H형강 기둥 아래의 베이스플레이트에 대한 설계법을 제안한다.

1) 정희원, 호서대학교 건축공학과 석사과정
(Tel. 041-540-5233, Fax. 041-548-5126, E-mail : protect79@hanmail.net)
2) 정희원, 구상구조, 공학석사
3) 정희원, 호서대학교 건축공학과 교수, 공학박사(wonkikim@office.hoseo.ac.kr)

본 논문에 대한 토의를 2005년 2월 28일까지 학회로 보내주시면 토의 회답을 게재하겠습니다.

1.2 기준 문헌 고찰

1.2.1 설계기준 및 지침

국내의 현행 강구조 허용응력설계법(ASD) 설계기준에서 철골 주각부 설계를 위해서는 콘크리트의 허용지압응력 F_p 에 대한 것만이 제시되어 있다. 그 식은 다음과 같다.

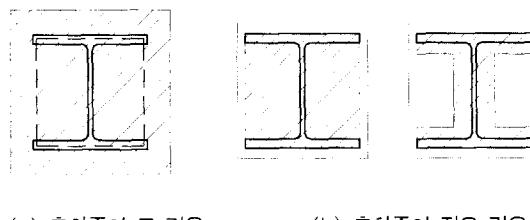
$$F_p = 0.35 f_{ck} \sqrt{A_2/A_1} \leq 0.7 f_{ck} \quad (1)$$

여기서, f_{ck} : 콘크리트의 압축강도 (tf/cm^2)

A_1 : 베이스플레이트의 면적 (cm^2)

A_2 : 베이스플레이트 하부의 콘크리트면적 (cm^2)

그림 1.1은 중심축하중을 받을 경우 설계방법의 개념에 따라 분류된 지압면을 보여주고 있다.



(a) 축하중이 큰 경우

(b) 축하중이 적은 경우

그림 1.1 중심축하중을 받을 경우 지압면

표 1.1은 H형강 기둥 아래 베이스플레이트의 설계방법에 대한 문헌들을 비교하여 보여주고 있다.

표 1.1 H형강 기둥의 베이스플레이트 AISC 설계 제안식

구분		외측 캔틸레버 길이	내부3변고정 환산캔틸레버 길이	내측 캔틸레버 길이	내부3변고정 + 내측 캔틸레버	발행연도
		A	B	C	C'	
		m, n	n'	L	L	$\lambda n'$
ASD	8th	○	○			1980
	9th	○		○		1989
LRFD	1st	○			○	1986
	2nd	○				1994
	3rd	○			○	2001
Steel Design Guide Series	ASD	○			○	1991
	LRFD	○			○	
	Appendix C	○	○			
Engineering Journal /AISC	1			○		1983/4th Quarter
	2	○		○		1990/3rd Quarter
	3	○	○			
	4	○		○	○	1990/4th Quarter
Steel Tips	5	○	○			1990/11
	6	○		○		

2. 실험적 연구

2.1 실험계획

중심축하중을 받는 강재주각부의 거동을 조사하기 위하여 시험체를 계획하였으므로 베이스플레이트 보다 그 이외의 구성요소인 기둥, 기초 콘크리트 페데스탈, 그리고 그라우팅이 더 많은 내력을 가지도록 설계하였으며, 그 형태는 그림 2.1과 같이 계획하였다.

시험체 설계 개요는 아래와 같다.

1) 기둥

종류 : H형강 (SH시험체 H-300x300x10x15)

강종 : SM490

2) 베이스플레이트

종류 : 9, 12, 16, 19, 22, 25, 30, 32, 35 (mm)

강종 : SM490

3) 그라우팅

종류 : 무수축 몰탈

압축강도 : 700 (tf/cm^2)

4) 콘크리트 페데스탈

콘크리트 크기 : 800×800×800 (mm)

주 근 : D19

띠철근 : D10@160

Anchor : Φ20



그림 2.1 시험체의 형상

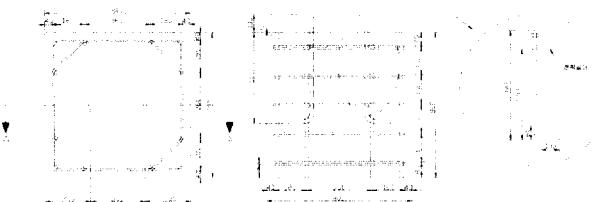
시험체는 하중을 변수로 하여 설계한 예를 바탕으로 기둥에 따른 최소 베이스플레이트 면적을 산정하였고 그 두께의 범위를 9~35mm 사이로 정하여 두께 종류가 9가지로 결정되었다. 그러므로 시험체 종류는 표 2.1과 같이 베이스플레이트의 두께에 따라 총 9개로 결정되었다.

기초부의 콘크리트 페데스탈은 기둥과 관계없이 모두 800×800×800 mm의 크기로 계획되었고 내부에는 그림

2.2와 같이 주근과 띠철근을 배근하도록 하였다.

표 2. 시험체 일람표

베이스플레이트 두께 (mm)	H형강 주각부시험체명
	H-300×300×10×15
9	SH-09
12	SH-12
16	SH-16
19	SH-19
22	SH-22
25	SH-25
30	SH-30
32	SH-32
35	SH-35



(a) 평면 (b) A-A' 단면 c) Anchor 상세
그림 2.2 H형강 기둥 기초부 콘크리트 페데스탈 철근 상세

2.2 실험방법

2.2.1 가력방법

시험체에 대한 압축실험은 1000tf 용량의 UTM을 이용하여 그림 2.3에서 보여지는 것처럼 기둥 단면 전체에 하중이 고르게 가해지도록 시험체를 설치하고 실험을 실시하였다.

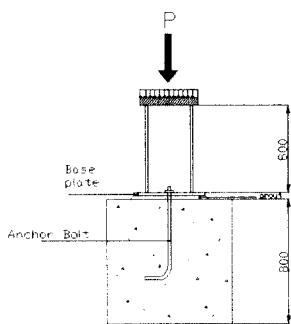


그림 2.3 시험체 가력방법

2.2.2 계측방법

시험체에는 베이스플레이트의 수직변위를 측정하고자 LVDT를 설치하였으며 베이스 플레이트의 휨응력을 측정하고자 Strain gauge를 부착하였다. 그림 2.4는 이러한 계측

기 설치의 수와 위치를 보여주고 있다. 기둥의 하부에 기준점의 수직변위를 측정하고자 1개의 LVDT를 설치하였으며 베이스 플레이트의 중요한 지점에서 수직변위를 5~7개의 LVDT를 설치하였다. 이러한 LVDT로부터 측정된 수직변위는 기준점의 수직변위에 대하여 상대적인 변위를 계측하는데 이용된다. 베이스 플레이트에는 중요한 지점에 스트레인 게이지를 부착하였다. 시험체의 종류에 따라 5~6개의 1축게이지와 4개의 2축게이지를 부착하였다. 반력의 분포상태에 따른 휨응력을 조사하는데 이 결과를 이용할 예정이다.

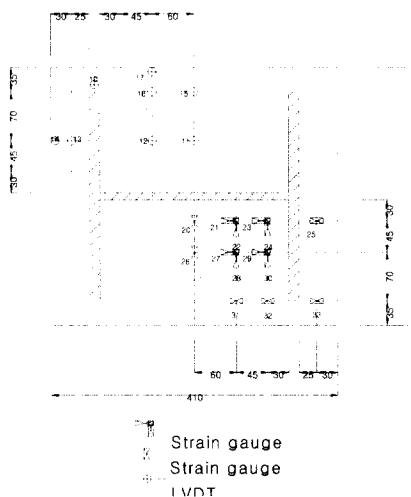


그림 2.4 계측기 설치 계획

2.3 실험결과 및 분석

2.3.1. 구조재료 실험결과

1) 강재의 특성

기둥에 이용된 H형강과 베이스플레이트에 이용된 9종류의 강재에 대하여 인장실험을 실시하였다. 사용된 구조용 강재는 SM490이며 강재의 설계기준항복강도 F_y 는 $3.3\text{tf}/\text{cm}^2$ 이고 설계기준인장강도 F_u 는 $5.0\text{tf}/\text{cm}^2$ 이다.

표 2.2는 인장시험결과를 보여주고 있으며 기본적인 구조용 강재의 요구사항을 만족하는 것으로 나타났다.

2) 콘크리트의 특성

기초부 콘크리트 페데스탈을 제작하기 위한 콘크리트는 외부 레미콘회사로부터 공급받았다. 제작시 주문한 콘크리트의 압축강도는 $0.21\text{tf}/\text{cm}^2$ 이었지만, 공시체 압축실험결과 압축강도는 $0.165\sim0.182\text{tf}/\text{cm}^2$ 로 나타났다. 그러므로 평균압축강도는 $0.175\text{tf}/\text{cm}^2$ 으로써 예상강도보다 다소 낮게 나타났다.

표 2.2 강재의 인장시험 결과

강재	두께 (mm)	기준항복 강도 (tf/cm ²)	항복 강도 (tf/cm ²)	인장 강도 (tf/cm ²)	연신률 (%)	항복비
Base Plate	9	3.3	3.78	5.60	28.8	0.68
	12	3.3	3.71	5.49	27.3	0.68
	16	3.3	4.38	6.01	24.0	0.73
	19	3.3	4.40	5.94	24.3	0.74
	22	3.3	3.46	5.36	29.0	0.65
	25	3.3	3.42	5.35	28.0	0.64
	30	3.3	3.60	5.56	28.0	0.65
	32	3.3	3.23	5.27	30.5	0.61
	35	3.3	3.49	5.54	29.8	0.63
H형강 Flange	14	3.3	3.72	5.57	27.0	0.68
H형강 Web	10	3.3	3.82	5.46	23.3	0.70

2.3.2 시험체 실험결과 및 분석

시험체에 대한 압축실험은 1000ton 용량의 UTM을 이용하였으며 천천히 압축력을 가력하여 실험을 실시하였다. 그림 2.5는 실험 전경을 보여주고 있다.



그림 2.5 실험 전경

중심축하중을 받는 강재주각부의 거동을 연구하기 위하여 9개의 주각부 시험체에 대한 실험을 실시하였다. 본 절에서는 9개의 시험체에 대한 실험으로부터 얻어진 실험결과를 그림과 표로서 제시한다. 또한 실험하는 동안에 관찰된 시험체의 거동과 파괴상태에 대하여 기술한다. 본 절에서 제시된 내용은 다음과 같다.

1) 시험체의 하중-변위곡선

시험체의 전체 거동을 보여주는 하중과 기준점에서 측정된 변위를 나타낸다.

2) 시험체의 하중-베이스플레이트의 상대적 변위 곡선

기둥의 하부점의 변위를 기준으로 베이스플레이트의 여러 지점에서 측정된 상대적 변위를 곡선으로 나타낸다. 이 곡선은 베이스플레이트의 각각 위치에 따른 흔에 의한 변위의 정

도를 나타내며 하중-상대변위 곡선으로 표현하였다.

3) 시험체의 하중-스트레인 곡선

힘이 증가함에 따른 베이스플레이트의 스트레인계이지 측정 지점의 변형률을 나타내는 곡선이다.

그림 2.6은 H형강 주각부 9개 시험체의 전체적인 거동을 보여주고 있다. 전체적인 하중-변위 곡선은 비슷한 양상을 보이고 있다. 하중이 증가하면서 베이스플레이트는 소성화되어가는 흔거동을 보였으며 H형강 기둥에 국부좌굴이 발생하였다. 그러나 H형강의 국부좌굴이 하중의 감소를 발생하게 하는 원인은 아닌 것으로 분석되었다. 시험체의 최대하중에 도달여부는 베이스 플레이트의 항복메카니즘의 발생 또는 콘크리트 페데스탈에 발생하는 수직균열에 의해 결정되었다고 분석되었다. 베이스플레이트의 두께가 얇은 경우(그림 2.7)는 전자의 경우이다. 베이스플레이트가 두꺼운 경우(그림 2.8) 후자의 경향을 보였다. 실험중 도달한 최대하중은 270~395tf이었으며 베이스 플레이트의 두께가 증가할수록 최대하중이 증가하는 경향을 보였다.

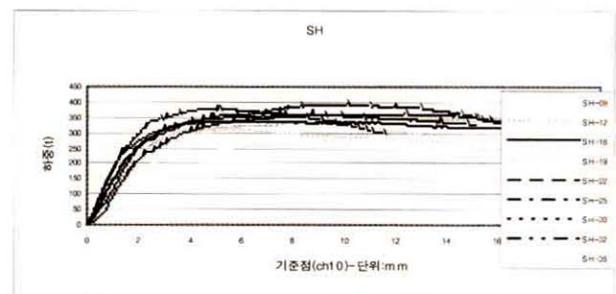


그림 2.6 H형강기둥 주각부 시험체의 하중-수직변위 곡선



그림 2.7 시험체 SH-12 베이스플레이트의 파괴형태



그림 2.8 시험체 SH-30 콘크리트 페데스탈의 파괴형태

그림 2.9는 H형강기둥 주각부의 베이스플레이트의 두께가 12mm인 시험체(SH-12)와 32mm인 시험체(SH-32)의 베이스플레이트에 설치된 LVDT로부터 측정된 수직변위를 보여주고 있다. 이 변위는 기둥의 하부에 설치된 기준점에 대한 상대적 변위를 나타내고 있다. 그림 2.9에서 베이스플레이트의 두께가 얇은 경우 상대변위는 위치에 따라 차이를 보이고 있으나 베이스플레이트의 두께가 두꺼운 경우 사용성 하중상태에서는 전체적으로 상대변위의 크기가 작고 거의 같은 양상을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 현상은 베이스 플레이트의 두께가 얇은 경우 반력이 등분포하게 작용하지 않아서 유효폭의 내부 캔틸레버 개념에 의한 설계법이 적용되어야 하고 두께가 두꺼운 경우 반력이 등분포한 설계법에 의해 설계하여야 함을 의미한다는 것을 보여주고 있다.

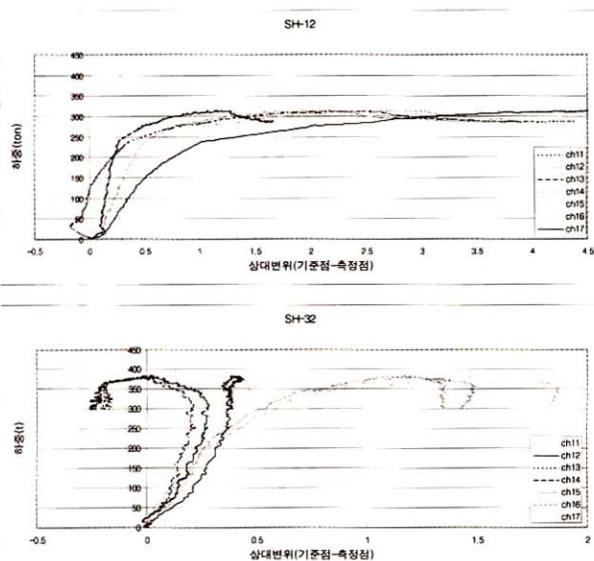


그림 2.9 시험체 SH-12와 SH-32의 하중-상대변위 곡선

그림 2.10은 베이스플레이트의 두께가 12mm인 시험체(SH-12)와 32mm인 시험체(SH-32)의 베이스플레이트에 설치된 스트레인게이지로부터 측정된 휨응력에 해당하는 스트

레인을 보여주고 있다. 이 스트레인은 탄성범위에서는 휨모멘트의 분포를 나타낸다. 그럼 2.10에서 베이스플레이트의 두께가 얇은 경우 부휨모멘트의 영역이 상대적으로 크다는 사실을 보여주고 있다. 이 분포도에 따라 반력의 분포를 추정할 수 있으며 유한요소해석에 의한 결과와 함께 비교 분석하여 현재 제안되고 있는 설계법의 타당성과 적용범위에 대한 검증을 할 수 있으며 그 결과에 따라 적절한 설계기준을 제시할 수 있다.

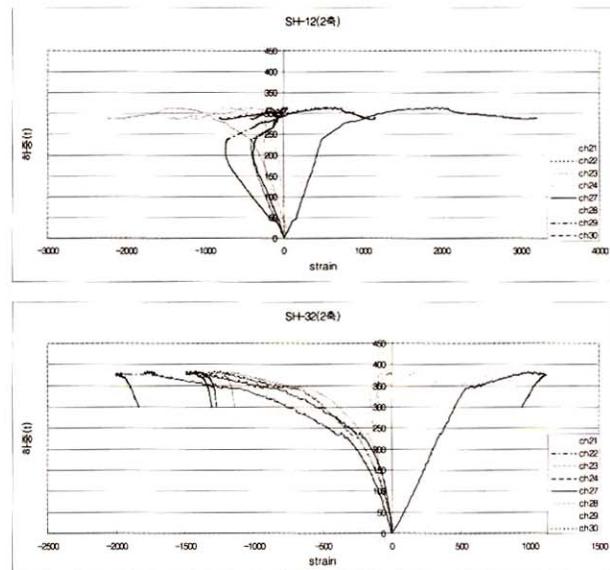


그림 2.10 시험체 SH-12와 SH-32의 2축 스트레인 곡선

3. 전산해석

3.1. 해석계획

응력도와 변형도 분포의 경향을 파악하기 위해 전산해석을 실시한다. 시험체 중 베이스플레이트 두께가 16mm인 시험체를 MIDAS-Gen으로 선형해석, ANSYS로 비선형 해석을 수행하는 것으로 계획하였다. 기둥과 베이스플레이트의 강재는 SM490이고 콘크리트 강도는 $f_{ck} = 0.21 \text{ tf/cm}^2$ 이다.

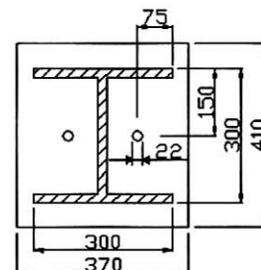


그림 3.1 기둥 베이스플레이트 평면

MIDAS-Gen으로 선형해석 할 경우 콘크리트 페데스탈은 Soil Elements, 베이스플레이트는 Plate wizard, 기둥은 Plate wizard, 요소로 모델링하도록 계획하였다. 강재주각의 기둥, 베이스플레이트, 콘크리트 페데스탈, 이 세 개의 부분이 만나 일체거동을 하기 위해 그림 3.2와 같이 세 개의 부분이 한 절점에서 만나게 해야하며 MESH를 할 때 이런 점을 고려하였다. 또한 베이스플레이트의 응력상태에 대해 좀더 정확히 알도록 베이스플레이트 부분은 다른 부분에 비해 좀더 촘촘하게 MESH를 구성하도록 계획하였다. 또한 기존 건물에서 철골 주각이 지지되는 상태를 고려하여 모델링에서는 콘크리트 페데스탈 하부 중앙의 9개만 δ_x , δ_y , δ_z 를 구속하고 나머지 부분은 δ_z 만 구속하도록 계획하였다. 전체 하중이 기둥단면에 고르게 가해지도록 계획하였다.

ANSYS로 비선형 해석을 할 경우 강재주각에 사용되는 재료의 성질과 지지형태, 그리고 MESH는 선형해석의 경우와 동일하게 하였고 강재주각에 사용되는 재료만 비선형을 고려하여 요소를 선택하였다.

3.2 해석방법

선형해석은 MIDAS-Gen, 비선형 해석은 ANSYS를 이용하여 해석을 실시하였다. 그림 3.2에 보이는 바와 같이 모델링하였으며 사용성 상태에서의 최대하중인 250tf을 재하하였다.

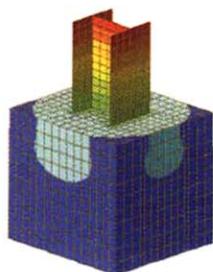


그림 3.2 모델링 형태와 응력분포

3.3 해석결과 및 분석

(1) MIDAS 해석

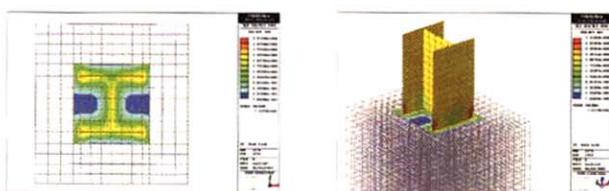


그림 3.3 MIDAS 해석

(2) ANSYS 해석



그림 3.4 ANSYS 해석

4. 설계법 제안

중심 축하중을 받는 베이스플레이트의 ASD 설계법을 제안하고자 한다.

베이스플레이트 설계는 크게 두 단계로 나뉘어진다.

- 1) 베이스플레이트의 면적산정
- 2) 베이스플레이트의 두께산정

1)은 콘크리트의 강도와 콘크리트와 베이스플레이트의 면적비에 의해 산정되는 것으로 4.1절에서 설명하고 있는 바와 같이 산정한다.

2)는 위험단면을 중심으로 외측은 캔틸레버로 내측은 내부 고정으로 나누어 두께를 산정 하는 것으로 4.2절에서 설명하고 있는 바와 같이 산정한다.

4.1 베이스플레이트 면적 산정

축하중을 받는 베이스플레이트는 허용지압응력이 균등하게 분포하는 것으로 가정하여 필요한 베이스플레이트의 면적을 산정한다. 콘크리트의 허용지압응력 F_p 은 콘크리트의 강도와 콘크리트와 베이스플레이트의 면적비에 의해 다음과 같이 구할 수 있다.

$$F_p = 0.35 f_{ck} \sqrt{A_2/A_1} \leq 0.7 f_{ck} \quad (2)$$

그러므로 콘크리트의 허용지압응력에 의해 필요한 베이스플레이트의 면적을 구할 수 있다.

$A_2 < 4A_1$ 인 경우는 다음과 같다.

$$A_1 = \left(\frac{1}{A_2} \right) \left(\frac{P}{0.35 f_{ck}} \right)^2 \quad (3)$$

$A_2 \geq 4A_1$ 인 경우는 다음과 같다.

$$A_1 = \frac{P}{0.7f_{ck}} \quad (4)$$

여기서, f_{ck} : 콘크리트의 압축강도 (tf/cm^2)

A_1 : 베이스플레이트의 면적 (cm^2)

A_2 : 베이스플레이트 하부의 콘크리트 면적 (cm^2)

P : 중심 축하중 (tf)

콘크리트 면적이 베이스플레이트의 면적보다 큰 경우에는 콘크리트의 횡구속 효과 때문에 허용지압응력이 증가한다. 면적비가 4일 때 최대이고, 이 때의 베이스플레이트 크기는 최소가 된다. 즉, 가장 경제적인 베이스플레이트는 콘크리트 면적의 비가 4.0이상일 경우에 나타난다. 이 때, 베이스플레이트 면적은 식(4)으로 산정한다.

4.2 베이스플레이트 두께 산정

허용지압응력 F_p 에 의해 베이스플레이트의 두께를 결정한다. 베이스플레이트 하부는 허용지압응력으로 균등하게 반력이 작용하고, 기둥 끝부분의 위험단면을 지점으로 하여 베이스플레이트에 작용하는 반력인 허용지압응력에 의해 모멘트가 발생하게 된다. 그러므로 위험단면을 중심으로 외측은 캔틸레버로 내측은 내부고정으로 나누어 두께를 산정 할 수 있으며 둘 다 만족하는 값을 베이스플레이트 두께로 정해야 한다.

4.2.1 외측캔틸레버에서 요구되는 두께 산정

베이스플레이트 하부는 허용지압응력으로 균등하게 반력이 작용하고, 기둥 끝부분의 위험단면에서 베이스플레이트가 그림4.1과 같은 캔틸레버 거동을 한다. 그러므로 위험단면에서의 휨모멘트를 산정하고, 응력이 베이스플레이트의 허용휨응력 이내가 되도록 베이스플레이트 두께를 결정한다.

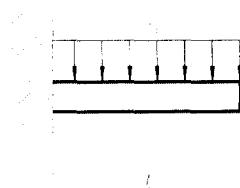


그림 4.1 캔틸레버 구조의 하중과 판두께

$$\sigma = \frac{M}{S} \leq F_p \quad (5)$$

$$f_p = \frac{P}{A_1} \quad (6)$$

$$M = \frac{f_p \cdot l^2}{2} \quad (7)$$

$$S = \frac{b \cdot t_{po}^2}{6} = \frac{1 \times t_{po}^2}{6} \quad (8)$$

$$F_b = 0.75 F_y \quad (9)$$

식(7), (8), (9)을 식(5)에 대입하면 다음과 같다.

$$\frac{f_p \cdot l^2}{2} \cdot \frac{6}{t_{po}^2} \leq \frac{3}{4} F_y$$

$$\therefore t_{po} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot f_p \cdot l^2}{F_y}} = 2l \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (10)$$

여기서, σ : 베이스플레이트의 실제휨응력 (tf/cm^2)

M : 위험단면에서 베이스플레이트의 캔틸레버 거동에 의한 휨모멘트 (tf/cm^2)

S : (탄성) 단면계수 (cm^3)

F_b : 베이스플레이트의 허용휨응력 (tf/cm^2)

f_p : 실제지압응력 (tf/cm^2)

P : 중심 축하중 (tf)

A_1 : 베이스플레이트의 면적 (cm^2)

l : 베이스플레이트 위험단면에서 캔틸레버로 거동하는 길이 (cm), $l = \max(m, n)$

b : 베이스플레이트의 단위폭 (cm)

t_{po} : 외측 캔틸레버에서 요구되는 베이스플레이트 두께 (cm)

F_y : 베이스플레이트 강재의 항복강도 (tf/cm^2)

(2) 내부고정에서 요구되는 두께 산정

기둥 종류에 따라 내부지지판의 지지조건 및 형태의 차이가 발생하므로 기둥 종류별로 나누어 설계식을 제안한다.

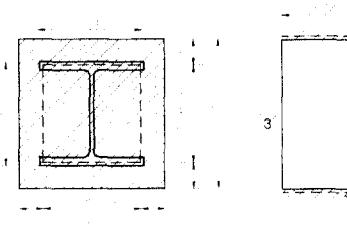


그림 4.2 H형강 기둥의 내부3번지지 구속조건

항복선 이론(yield line theory)을 적용하고 안전계수 2를 사용한다. m, n 이 작을 때, 베이스플레이트의 최대 응력

이 기둥의 웨브표면과 플랜지 내부표면에서 나타나므로 그림 4.2에서 보여지는 것처럼 기둥의 웨브표면 ①은 고정, 플랜지 ($b_f / 2$) 부분 ②는 회전자유, 이동구속, 그리고 나머지 한 변 ③은 회전, 이동 모두 자유인 구속조건을 갖는 내부3변지지 플랫 플레이트로 가정하였다. 참고문헌 8, 10에서는 이러한 H형강 기둥에 의한 내부3변지지에서의 yield line pattern 과 베이스플레이트 두께 유도과정에 대해 설명하고 있고 그것을 참고하여 아래와 같은 식을 알 수 있었다.

$$t_{pi} = \alpha \cdot b_f \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (11)$$

$$\alpha = 1/3 \left(\frac{6\eta^2 - \sqrt{1 - 12\eta^2 + 1}}{2\eta^2 + \sqrt{1 + 12\eta^2 - 1}} \right) \approx 1/2\sqrt{\eta} \quad (12)$$

$$\eta = \frac{d}{b_f} \quad (13)$$

$$\therefore t_{pi} \geq 2 (1/4 \sqrt{d \cdot b_f}) \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (14)$$

여기서, t_{pi} : 내부3변지지판에서 요구되는
베이스플레이트 두께 (cm)

4.3 비교 · 분석

표 4.1 SH 시험체 실험값과 설계값 비교

시험체 명	베이스 플레이 트 면적 (cm^2)	베이스 플레이 트 두께 (cm)	설계값(ASD)				실험값 설계값/ 설계값	
			콘크리 트 지압파 피 (tf)		베이스플레 이트 파괴 외측 (tf) 내측 (tf)			
			허용 내력 (tf)	파괴강 도 (tf)				
SH-09	1.517	0.9	186	24	18	18	272	15.1
SH-12	1.517	1.2	186	43	32	32	314	9.8
SH-16	1.517	1.6	186	76	57	57	338	5.9
SH-19	1.517	1.9	186	107	80	80	341	4.3
SH-22	1.517	2.2	186	143	108	108	365	3.4
SH-25	1.517	2.5	186	185	139	139	366	2.6
SH-30	1.517	3.0	186	267	200	186	396	2.1
SH-32	1.517	3.2	186	303	228	186	383	2.1
SH-35	1.517	3.5	186	363	273	186	333	1.8

5. 결 론

본 연구에서는 H형강 기둥이 사용될 때, 축압축력을 받는 베이스플레이트의 설계식을 제안하기 위해 수행한 전산해석을 통해 주각부의 일반적인 응력분포에 대해서 알 수 있었으며,

실험을 통해서는 베이스플레이트의 두께에 따라 휨응력의 분포가 달라진다는 것을 알 수 있었다. 또한 위험단면에서 내측과 외측의 휨모멘트가 다르게 분포하므로 둘 다 만족하도록 설계하도록 하였다.

5.1. 베이스플레이트 면적 산정

$A_2 < 4A_1$ 인 경우

$$A_1 = \left(\frac{1}{A_2} \right) \left(\frac{P}{0.35f_{ck}} \right)^2 \quad (15)$$

$A_2 \geq 4A_1$ 인 경우

$$A_1 = \frac{P}{0.7f_{ck}} \quad (16)$$

5.2. 베이스플레이트 두께 산정

- 외측 : 캔틸레버법

$$t_{po} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot f_p \cdot l^2}{F_y}} = 2l \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (17)$$

- 내측 : 항복선 이론을 적용한 내부3변지지

$$t_{pi} \geq 2 (1/4 \sqrt{d \cdot b_f}) \sqrt{\frac{f_p}{F_y}} \quad (18)$$

향후 연구에서는 기둥으로 H-형강이 사용될 때, 축압축력과 모멘트를 함께 받는 베이스플레이트에 대해서도 이론적 · 실험적 · 해석적 연구가 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 2002 - 2005년도 한국과학재단 목적기초연구 (과제번호 : R01-2002-000-00239-0) 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 현

AISC(1980), Manual of Steel construction, 8th Edition, American Institute of Steel Construction, pp.3-99 through 3-103

AISC(1989), Manual of Steel construction, 9th Edition, American Institute of Steel

Construction, pp.3-106 through 3-111

AISC(1986), Load and Resistance Factor Design,
Manual of Steel construction, 1st Edition,
American Institute of Steel Construction, pp.
2-101 through 2-105

AISC(1994), Load and Resistance Factor Design,
Manual of Steel construction, 2nd Edition,
American Institute of Steel Construction, pp.
11-54 through 11-64

AISC(2001), Load and Resistance Factor Design,
Manual of Steel construction, 3rd Edition,
American Institute of Steel Construction, pp.
14-4 through 14-25
AISC Steel Design Guide Series 1(1991), Column
Base Plates

(접수일자 : 2004. 1. 19 / 심사일 2004. 2. 25 /
심사완료일 2004. 5. 28)